

THESE DE DOCTORAT

EN URBANISME ET AMENAGEMENT DE L'ESPACE

Corridors urbains et Transit Oriented Development : Enseignements d'une modélisation intégrée des transports et de l'usage du sol appliquée à la métropole lilloise

Présentée par Liu LIU

Date de Soutenance : 10 Novembre 2016

À l'UFR Géographie et Aménagement de l'Université des Sciences et Technologies de
Lille I, Villeneuve d'Ascq, France

Devant le jury composé de :

Laurent Chapelon, Professeur, Université Montpellier III	Rapporteur
Dominique Badariotti, Professeur, Université de Strasbourg	Rapporteur
Philippe Menerault, Professeur, Université Lille I	Directeur de thèse
Alain L'Hostis, Chargé de recherche HDR, Université Paris-Est, LVMT-IFSTTAR	Co-directeur
Gebhard Wulfhorst, Prof. Dr.-Ing., Technische Universität München	Examineur
Tomàs De La Barra, Professeur, Universidad Central de Venezuela	Examineur-invité

REMERCIEMENTS

Les toutes premières personnes à qui j'adresserais mes remerciements sont mes encadrants durant mon doctorat. Alain L'Hostis m'a appris au fur et à mesure de gagner de la confiance dans mes activités de recherche avec son accompagnement quotidien. Sa personnalité m'a fortement influencé sur ma compréhension du métier d'un chercheur, qui combine la rigueur et la créativité. Il a également su m'aider à construire mon réseau de recherche et à travailler avec nos collaborateurs malgré la distance géographique et les barrières linguistiques. Nous avons toujours pu nous organiser pour travailler en semble, de façon libre, flexible et extrêmement efficace. Cette ambiance d'encadrement me laisse souvent imaginer et espérer une scène dans vingt ans où le même tableau de travail réapparaîtrait avec un changement de mon rôle.

Philippe Menerault, mon directeur de thèse, m'a guidé aux moments les plus cruciaux, sans qui je serais perdu dans les méandres sur le chemin de la recherche. Il a toujours apporté de conseils les plus sincères tant sur les travaux de thèse pour éviter une déviation de mes axes de recherche prioritaires que sur l'orientation professionnelle lorsque je devais faire face aux choix délicats. Sa disponibilité, réactivité et assiduité se reflètent dans ses corrections de mes textes. Surprise par sa capacité de compréhension malgré mon français loin d'être satisfaisant, j'ai pris goût de le relire. Ses capacités d'une transmission de savoir-faire à l'oral et par écrit m'impressionnent si fortement pour m'avoir encouragé dans ma détermination de devenir une enseignante-chercheuse.

Parallèlement, Tomàs De la Barra, professeur des universités à l'Universidad Central de Venezuela, est d'abord un collaborateur respectueux. Il est toujours à la hauteur pour répondre toutes mes questions théoriques et pratiques quelques soit son fuseau d'horaire ou son lieu de connexion. Je crois comprendre qu'un chercheur appliqué doit posséder un *territoire-réseau* géant car Tomàs réussi à gérer toutes les sollicitations depuis n'importe quel coin du monde de manière rapide et de haute qualité. Puis, c'est également un personnage admirable qui a un fort goût pour la vie en rose comme pour les nourritures pimentées. Ses amours aux arts et à la nature ont enrichi mes trois mois de séjour académique à Caracas, et m'a renseigné sur une belle corrélation entre la vie et la recherche appliquée.

Les deuxièmes personnes à remercier sont mes collègues au sein du laboratoire LVMT. Olivier Bonin, Nicolas Coulombel, Vaclav Stransky, Florent Le Néchet, Fabien Leurent, Pierre Zembri et Jean Laterasse ont su me montrer exemplaire par leur altitude à la recherche et leur solidarité académique. Samuel Mermet, Alexis Poulhès sont les jeunes ingénieurs de recherche qui ont toujours trois solutions pour une de mes questions posées. Fausto Lo Feudo, Eloïse Libourel, Etienne Riot, Matthieu Schorung, Vincent Lasserre, Benoît Conti, Cyril Pivano, et d'autres doctorant ont chacun leurs axes de recherche, mais avec qui j'apprends toujours énormément dans leurs méthodologies de recherche et leur respect aux travaux de thèse.

Je n'oublierai jamais le pôle de la gestion et du secrétariat du LVMT. C'est une équipe de filles de grande compréhension et d'efficacité. Sophie Cambon-Grau, Sandrine Fournials, Sandrine Vanhoutte, Virginie Debusschere et Hortense Clement ont su tolérer toutes mes excuses, mes oublis et mes organisations de la dernière minute. Leur sympathie et le sens d'organisation de la direction de LVMT nous rend une atmosphère de travail excellente et extrêmement humaine. C'est la raison pour laquelle je ne souhaite plus quitter ce laboratoire et espère pouvoir y contribuer de tous mes efforts.

Le site de Villeneuve d'Ascq de l'IFSTTAR est aussi une famille magique. Il se passe là toutes sortes d'histoire avec des forts caractères. Certains assurent le rôle d'intellectuel studieux comme Joaquin, Charles, Mohammed, Simon, Sébastien, Corinne, Guy, Gérard, Philippe, Christophe, David, Juliette, Julie et Amaury ; bref, la liste est longue. Certains d'autre assurent le rôle de parent comme Bernard, Emmanuel, Daniel, Corinne, Lidwine et Valérie. Certains sont passagers mais ils apportent de la jeunesse et de la dynamique à la famille, comme Nora, Antoine, Pierre, Christophe, Hassanein, Charles, Logan, Pengfei, Baisi, Julien, Ni, Ci et Zeting, etc. Les chaleureuses filles comme Jessica, Marianne, Sonia, Martine, Odile, Nadja, Souhir, Emilie et Amélie m'ont souvent fait rire avec leurs chuchotements. Toutes ces personnes ont embelli le temps du Nord et m'ont accompagné tout au long de mon doctorat.

Troisièmement, j'aimerais remercier les membres du laboratoire TVES, à qui je dois de présence mais non pas de pensée. De nombreux chercheurs m'ont volontairement aidé tant sur l'écriture des publications que sur les missions d'enseignement. Les chercheuses comme Elodie Castex, Sylvie Delmer, Marie-Thérèse Gregoris, Annette Groux, et chercheurs comme Didier Paris, Guillaume Schmitt, Olivier Blanpain, les doctorantes comme Madina Mussakulova, Charlotte Charpentier et le secrétariat comme Elsa Delfort et Nadège Devaux m'ont tous encouragé dans les domaines différents. Nos discussions courtes, mais chaleureuses, m'ont apporté de la chaleur dans les hivers froids et humides à Lille.

Quatrièmement, grâce aux nombreux séminaires, conférences, séjour académique et missions d'enseignement, j'ai pu rencontrer un grand nombre de chercheurs et professeurs des autres instituts de recherche et d'universités. Mes reconnaissances à Emmanuel Prados et Elise Arnaud de l'INRIA, à Anne Volvey et Cyril Trépier lors de nos pauses de cours à l'Université d'Artois, à María Alejandra Guilarte Castro, Diego Zapata et Hector Constant à l'Universidad Central de Venezuela, et à beaucoup d'autres qui ont su renforcer ma détermination de poursuivre mon chemin de recherche et de l'enseignement supérieur.

Puis, j'aimerais dire un grand merci à mes amis à Lille. Ils sont entrés dans ma vie et m'ont aidé à composer mes plus beaux souvenirs de cette période de jeunesse. Avec Lin, Sheng, Qiqi, Rongrong, Sijia, Shiqi, Ruiqi, Caroline, Simona, Asia et Zhifan, j'ai pu faire mon singe dans les petites rues pavées en plein centre de Lille sans inquiétude. J'adresse mes salutations à mes amis un peu plus loin, à Pars, à Lyon, à Nice, et encore un peu plus loin, en Chine, au Venezuela, aux Etats-Unis, au Canada et ailleurs en Europe pour leurs petites pensées pendant ces quatre ans.

En dernier, à ma famille, à qui je ne trouve aucun mot pour exprimer ma gratitude. Ma façon de leur remercier ne passe pas par les mots ou des gestes, mais dépasse certainement la distance géographique. Ce remerciement le plus profond ne peut être traduit que par ma continuation dans mes futurs travaux, par le début d'un métier passionnant et motivant et le démarrage d'une vie aventureuse.

Lille, Fête de la lune, le 15 Septembre 2016

« Corridor Urbain : une stratégie d'aménagement pertinente pour la mise en œuvre d'une mobilité orientée ? » - Le cas de l'arrondissement de Lille

Depuis la naissance de l'« urbanisme », la relation entre transport et forme spatiale a toujours été essentielle dans le monde académique comme dans la planification opérationnelle. La morphologie territoriale en France au XXI^{ème} siècle se plaint de son héritage géographique sous forme d'un étalement urbain et d'une fragmentation des espaces. En effet, nous constatons une série de problèmes dans nos territoires comme la connexion majoritairement automobile entre zones peu denses, la surconsommation d'énergie et la distribution inégale des fonctions urbaines, etc. En revanche, le mécanisme du développement de nos territoires et l'organisation de notre société font nos espaces un système extrêmement complexe pour l'urbanisme à s'intervenir. Les collectivités territoriales rencontrent des difficultés variées pour réduire l'impact de la morphologie actuelle sur l'environnement. Cette planification « en rattrapage » a plus que jamais besoin des stratégies contemporaines pour adapter au développement de nos territoires, avec un prospectif à long terme.

Les études récentes issues de « Nouvel urbanisme » et « Smart Growth » proposent des formes spatiales plus compactes et mixtes, via une organisation du territoire autour du réseau de transports collectifs. On peut espérer une stimulation du redéveloppement autour des lignes de transports de masse et cette hypothèse est en partie confirmée par le concept du *Transit Oriented Development* (TOD) et de ses applications dans nombre de régions-villes aux Etats-Unis. Le concept du TOD, fondé par Peter Calthrope et développé ensuite par Robert Cervero, est basé sur les principes du développement urbains suivants : Densité, Diversité et « Design » (les fameux 3D), visant à créer des quartiers à fonctions multiples autour des stations de transports collectifs, afin d'orienter une mobilité alternative à l'automobile et une forme urbaine moins consommatrice. Du système de Rapid Transit in San Francisco Bay Area au projet franco-allemand Bahn.Ville, Le TOD comme principe des projets démontre son succès en termes de développement durable. Cependant, son succès dans certaines métropoles ne représente pas son applicabilité sur tous les territoires. Est-ce que ce concept peut être appliqué sur un territoire français dans un contexte différent ? Comment pouvons-nous nous approprier de ces principes sur notre terrain d'étude ?

Ma thèse porte sur l'analyse du système complexe des espaces urbains sur un terrain français, celui de l'arrondissement de Lille, afin d'aider aux décisions des collectivités territoriales à long terme. L'objectif est de proposer des pistes de réflexion sur les stratégies d'aménagement, à la fois sur le réseau de transport et sur les espaces urbain et périurbain, pour une mobilité plus intelligente et une forme spatiale plus harmonieuse. Ce travail de recherche prend une approche d'économie urbaine en employant un outil de modélisation intégrée d'usage de sol et de transport – Land Use Transport Integration (LUTI). Après un diagnostic du territoire d'étude dans sa dynamique d'ensemble à l'aide du SIG, nous proposons des scénarios pour une planification globale à long terme.

L'arrondissement de Lille est constitué de 124 municipalités avec des densités variables. Il est structuré par un réseau de transports relativement complexe et une forme urbaine pouvant être qualifiée polycentrique. Selon les documents de planification et les entretiens réalisés avec les acteurs des collectivités, il y a un affichage fort de volonté publique favorable au développement des transports collectifs et à une forme urbaine plus compacte. Chronologiquement, nous avons d'abord trouvé dans la « Directive Régionale d'Aménagement – Maîtrise de la périurbanisation » (2009, région Nord-

Pas de Calais) des objectifs d'organiser l'armature urbaine autour des réseaux de transports en commun. De même année, la Métropole Européenne de Lille (MEL – la Communauté Urbaine) qui possède la plupart des compétences en matière d'aménagement fait évoluer ses politiques en urbanisme et en transport. En réponse aux objectifs de la MEL dans une vision contemporaine, qualitative et durable de l'aménagement de son territoire, sa direction « Aménagement et Renouvellement urbain » propose de faire « la Ville Intense » en juin 2009. Juste dans la foulée en décembre, nous voyons apparaître les « DIVAT », déclinés de la politique globale de « la Ville Intense », pour favoriser la densité et les modes doux autour des stations des transports publics. Afin de concrétiser les stratégies du territoire et fédérer des échelles et des acteurs hétérogènes, un instrument opérationnel appelé « Contrats d'axe » est sorti de terre pour faciliter la mise en œuvre des « DIVAT ».

Sous condition que notre fondement théorique coïncide avec l'intention politique, nous tentons de proposer une stratégie d'aménagement pertinente pour notre territoire. Si le *TOD* s'est développé selon une variété de modèles urbains, le développement d'une mobilité quotidienne suivant une forme linéaire semble être imaginé depuis des décennies et approprié à l'arrondissement de Lille. La *Cité linéaire* de Soria Y Mata (1882) figure déjà une forme spatiale contenant une signification des fonctions urbaines accompagnées de la fonction majeure de transportation. Le *Corridor Urbain* est aujourd'hui repris comme un modèle qui décline le principe du *TOD*, constitué d'un ensemble d'espace urbain ayant une forte densité, une grande diversité de fonctions quotidiennes et une conception coordonnée. Il s'agit de redéployer des fonctions urbaines majeures en appui sur les opportunités foncières générées par le développement des lignes des transports collectifs. Les modèles de *Corridor Urbain* proposent une mobilité alternative à l'automobile, et participent ainsi à éviter la surconsommation des espaces et des énergies tout en faisant interagir l'usage des sols et les services des transports. Exigeants au niveau de la gouvernance, les modèles de *Corridor Urbain* se doit une considération holistique permettant une intervention collective de rôles distincts, prometteur d'une coordination entre différentes stations desservies tout au long d'un axe. De cette façon, les modèles de *Corridor Urbain* assurent une cohérence territoriale et des liens sociaux *sine qua non*.

Nous sommes encouragés à procéder à un diagnostic profond du terrain d'étude avant d'appliquer nos scénarios prospectifs. Deux espaces de vie en forme linéaire se sont émergés à l'aide d'une analyse des données que nous avons recueillies. Cette analyse se veut une échelle entre locale (quartier) et globale (métropole). Nous avons donc divisé notre périmètre d'étude aux zones fines – à l'échelle des IRIS – pour simuler les interactions entre zones. L'ensemble de données, associant à la fois l'usage des sols, des informations sur le marché immobilier, et des données socioéconomiques, a été retraité pour conformer à l'échelle choisie. En utilisant les algorithmes d'économie urbaine, nous procédons à une désagrégation et une réorganisation des données afin de produire les indicateurs illustrant l'intensité de la mobilité et de l'usage du sol. La méthodologie adoptée, basée sur une série des hypothèses de modélisation, est une innovation en soi. Notre méthodologie a pour la première fois permis au public d'associer des indicateurs différents dans un même modèle intégré, facilitant la lecture du territoire.

En effet, deux espaces de *Corridor Urbain* s'apparaissent dans notre scénario de base, à l'horizon 2010. Le premier espace de corridor correspond à l'axe Lille-Roubaix/Tourcoing. Il est desservi sur une distance de plus de 20km et sur une largeur assez épaisse. Il prend une forme linéaire, mis discontinue. La densité sur cet axe est irrégulièrement répartie, forte aux deux extrémités et relativement faible sur certains tronçons au milieu. Nous avons trois modes de dessertes collectives, respectivement le Métro, le tram et le train régional. Malgré l'existence de ces modes lourds, l'automobile

prend une part modale importante. Traversant sept différentes municipalités le long de l'axe, on constate un aménagement fragmenté par manque de coordination. Le deuxième axe Lille-Villeneuve d'Ascq, en comparaison, est beaucoup plus continu, mais plus court (8km). Il est principalement desservi par le métro, mais avec une fréquence très haute surtout à l'heure de pointe. Cette efficacité est soutenue par la présence de différents pôles d'échange situés aux certaines stations sur l'axe, mais les autres stations restent monofonctionnelles et moins fréquentés.

A l'aide de QGIS (un des outils SIG) et de TRANUS (un des outils LUTI), la validation du scénario de base en 2010 nous permet ensuite de tester des leviers d'actions recommandés par la MEL, et d'examiner la pertinence des stratégies que nous proposons. Trois scénarios tendanciels sont conçus pour comparer les effets territoriaux à long terme. Un premier scénario « au fil de l'eau » poursuit la logique du marché d'aujourd'hui sans intervention spécifique. Le deuxième scénario « *TOD* » vise à mettre en place des politiques en matière de transport (contrainte en stationnement, fluidification de la circulation des transports collectifs, tarif intégré des parkings relais, etc) et en matière d'usage des sols (densification, reconversion, diversification, etc). Le troisième scénario « *Corridor* » introduit, en plus des actions dans le deuxième scénario, des modes de gouvernance alternatifs dans la concrétisation des projets (aide aux logements sociaux, taxation du péage utilisée pour l'amélioration de l'accessibilité en modes doux, subvention à l'implantation des commerces de proximité, etc...). L'analyse des résultats issus des scénarios porte sur les aspects économique, environnemental et sociétal, à la fois sur la mobilité et sur l'espace. Il nous semble crucial, à travers cette thèse, d'anticiper les conséquences de nos actions en matière d'aménagement sur notre territoire, avec une démarche innovatrice.

MOTS-CLÉS

TOD, Corridor Urbain, métropole lilloise, aménagement intégré d'urbanisme et de transport

SOMMAIRE

Remerciements	iii
Résumé	v
Mots-clés	vii
Sommaire	ix
Liste des figures	xiii
Liste des tableaux	19
Liste des équations	21
Introduction Générale	23
Chapitre 1 Harmoniser la ville et les réseaux par le concept du TOD et le modèle du Corridor Urbain ?	29
1.1 Comprendre la ville et le territoire : Les équilibres existent-ils dans notre société ? 30	
1.1.1 L'équilibre pour un ménage ou un individu	30
1.1.2 Les équilibres entre acteurs économiques, politiques et techniques	34
1.1.3 L'équilibre entre la ville et les réseaux	43
1.1.4 Les possibilités de coordonner l'urbanisme et les réseaux	48
1.2 Fondements théoriques	51
1.2.1 Le concept du TOD	51
1.2.2 Le modèle du Corridor Urbain	63
1.3 Politique d'articulation entre l'urbanisme et les transports dans le contexte territorial	66
1.3.1 Entre 1970s et 2000s	68
1.3.2 Période à partir des années 2000	73
1.3.3 Par où commencer les bonnes initiatives ?	78
1.3.4 Potentialité d'application du TOD pour la métropole lilloise	79
Chapitre 2 L'agglomération lilloise : terrain d'application pour un modèle de corridor ? 81	
2.1 Localisation et périmètre	83
2.2 Généralités sur la population et les ménages	85
2.2.1 Population	85
2.2.2 Ménages	87
2.2.3 Flux migratoire	88
2.3 Tissu urbain	89

2.3.1	Conurbation	89
2.3.2	Infrastructures majeures existantes.....	89
2.3.3	Projets urbains récents et en cours.....	92
2.4	Economie	98
2.4.1	Les secteurs d'activités.....	98
2.4.2	Quelques traits sur le marché de l'emploi.....	99
2.4.3	Les pôles de compétitivité.....	104
2.5	Parc de logement.....	106
2.5.1	Marché immobilier	108
2.6	Caractéristiques de l'usage des réseaux de transports	110
Chapitre 3	Modélisation intégrée d'usage du sol et de transport de l'agglomération lilloise	119
3.1	Choix de la méthodologie générale pour l'étude de cas	120
3.1.1	Choix de l'outil de modélisation LUTI	125
3.1.2	TRANUS retenu pour notre étude	126
3.2	L'application sur l'Arrondissement de Lille	128
3.2.1	Structure du modèle de l'Arrondissement de Lille.....	129
3.2.2	Définition générale.....	130
3.3	Spécialité de TRANUS dans la famille LUTI en termes de calibration.....	145
3.4	Calibration du sous-module activité-localisation avec l'option ' <i>freeze</i> '	147
3.4.1	L'algorithme de base pour le sous-module activité-localisation pour l'année de référence.....	147
3.4.2	Méthode traditionnelle pour la calibration d'un module activité-localisation : les paramètres les plus sensibles et les indicateurs de convergence	150
3.4.3	Données d'entrée pour le sous-module activité-localisation	151
3.4.4	un modèle simplifié : Structure de la feuille de calcul avant l'usage de la fonction 'solver' sous l'environnement Excel.....	152
3.4.5	Convergence du sous-module Activité-localisation.....	156
3.5	Calibration du sous-module Transport	160
3.5.1	Première phase de la calibration du sous-module Transport.....	161
3.5.2	Deuxième phase de la calibration du sous-module Transport et l'interface transport-activité-localisation	166
Chapitre 4	Un scénario de « Corridor Urbain » pour l'agglomération lilloise en 2040 : Enseignements d'une modélisation intégrée des transports et de l'usage du sol	169
4.1	Hypothèses de notre application et les scénarios.....	171

4.1.1	hypothèses générales de l'application.....	171
4.1.2	La structuration des scénarios.....	173
4.1.3	Le périmètre et le découpage du terrain d'étude.....	174
4.1.4	Les zones TOD et le corridor dans le territoire.....	176
4.1.5	Simplification de la réalité dans l'application.....	181
4.2	Résultats issus du modèle d'activité-localisation	182
4.2.1	Densité de ménages	182
4.2.2	Densité d'emplois	187
4.2.3	Indice de revenus des ménages	191
4.2.4	Indice de prix des sols	195
4.2.5	Habitabilité pour les ménages à bas revenus	199
4.3	Résultats issus du modèle de transports	206
4.3.1	Parts modales	207
4.3.2	Volume de trafic selon modes de transports	211
4.3.3	Relation entre distance et vitesse de déplacement	215
4.3.4	Intermodalité et multimodalité.....	222
4.3.5	Bénéfices pour les usagers	224
4.3.6	Pistes pour des recherches futures	229
Chapitre 5	Conclusion générale	231
Références		237

LISTE DES FIGURES

Figure 1-1 Des 3D de Cervero et Kockelman aux 5D de la communauté du TOD	54
Figure 1-2 Progression de démarches territoriales dans le temps, Liu.L, Août 2013	72
Figure 1-3 Exemple d'une procédure de planification intégrée	77
Figure 2-1 La métropole Lilloise dans son environ géographique et la localisation de ses communes principales.....	83
Figure 2-2 Population par sexe et âge en 2012, Source : Insee, RP2012 exploitation principale.	86
Figure 2-3 Diminution générale de la taille de ménages, Sources : Insee, RP1968 à 1999 dénombremets, RP2007 et RP2012 exploitations principales.	88
Figure 2-4 Les établissements publics de coopération intercommunale dans la métropole lilloise et le réseau des grandes infrastructures de transport. (Réalisation : auteur)	90
Figure 2-5 Le réseau de Bus dans la métropole lilloise. Date de mise à jour : 2010, Source : Transpole	91
Figure 2-6 Quatres quartiers constituent le site entier de la phase 1 du projet d'Euralille – marqué en rouge, et la zone d'influence du système des gares de Lille Europe et Lille Flandres – entouré avec les tampons jaunes (réalisation : auteur, 2014).....	93
Figure 2-7 Vue aérienne d'Euralille Phase 1 avec l'orientation du nord vers la droite de la figure (SPL-Euralille, 2014)	93
Figure 2-8 Taux de chômage (au sens du recensement) des 15 à 64 ans de l'arrondissement de Lille, par sexe et âge en 2012 et 2007, Source : Insee, RP2012 exploitation principale.	102
Figure 2-9 Population active de 15 à 64 ans de l'arrondissement de Lille selon la catégorie socioprofessionnelle en 2012 comparée à celle en 2007, Source : Insee, RP2007 et RP2012 exploitations complémentaires.	102
Figure 2-10 Résidences principales en 2012 selon le type de logement et la période d'achèvement, Source : Insee, RP2012 exploitation principale.	108
Figure 2-11 Charge des réseaux TER, métro et tramway en 2008.....	111
Figure 2-12 Le commerce sur le Grand Boulevard, Oct. 2008	113
Figure 2-13 Le commerce sur le Grand Boulevard avec les parcelles rouges représentant un ou plusieurs commerces.....	113
Figure 2-14 Les arrêts de bus les plus fréquentés en 2008 (montées supérieures à 500)	114

Figure 2-15 Part des moyens de transport utilisés pour se rendre au travail en 2012, réalisés sur le champ des actifs de 15 ans ou plus ayant un emploi. Source : Insee, RP2012 exploitation principale.....	115
Figure 3-1 Arbre de théories principales structurant le système de modélisation TRANUS, source : Modelistica.....	124
Figure 3-2 L'interface permettant la définition générale du projet d'application, imprime-écran de notre modèle.....	130
Figure 3-3 Définition du terrain d'étude et du zonage en fonction du périmètre IRIS de l'INSEE (réalisation : auteur).....	131
Figure 3-4 Représentation des zones et des réseaux dans l'interface du système TRANUS, imprime-écran de l'application.....	132
Figure 3-5 Relation de production-consommation entre les secteurs d'activités, les types de sols, et les catégories de ménage. A gauche de la figure, sont listés les secteurs de consommateur ; et à droite, les secteurs de producteur. Demand-consumption relationships between activity sectors and land sectors in the activity-location sub-model.....	134
Figure 3-6 Les secteurs (au sens de la modélisation) et les données d'entrée.....	135
Figure 3-7 Les interrelations entre les secteurs dans le sous-module d'activité-localisation et la génération de flux dans le sous-module de transport en passant par la transformation vers les catégories-demandeurs de transport.....	137
Figure 3-8 Différents types d'arc représentés selon différentes couleurs et épaisseurs selon la nature et la capacité d'infrastructure, imprime-écran de l'interface de l'application MEL.....	138
Figure 3-9 Définition de la matrice de transfert indiquant le tarif, l'interdiction ou la gratuité de transfert entre deux opérateurs de mobilité.....	142
Figure 3-10 Un exemple de tendance de consommation d'essence par kilomètre en fonction de vitesse de circulation pour les bus et les voitures, source : manuel d'application de TRANUS, modelistica	143
Figure 3-11 Les fonctions de demande de 4 types de sols provenant du secteur de ménages de revenus moyens à l'atteint de la convergence	148
Figure 3-12 Organisation des données d'entrées en termes d'activités et des caractéristiques des sols au sein d'une fiche Excel, par secteur et par zone dans le sous-module d'activité-localisation.....	152
Figure 3-13 (a) Paramètre du secteur tertiaire quant à ses consommations de différents types de sols ; (b) les courbes de demande de chaque type de sol provenant du secteur de tertiaire.....	153
Figure 3-14 (a) Les dépenses pénalisées de différents types de sols calculé à partir des courbes de la demande du secteur tertiaire ; (b) Les courbes de dépenses de chaque type de sol pour le secteur tertiaire.....	153
Figure 3-15 Calcul de probabilités pour chaque type de sol consommé par la catégorie de ménages aux moyens revenus dans chaque zone.....	154

Figure 3-16 Le terme exponentiel de l'utilité avec l'application d'un facteur de dispersion précisé en haut à gauche du tableau. En dernière colonne, la désutilité zonale représentée par « le coût composé » – "composite cost ».....	154
Figure 3-17 La consommation unitaire de différents types de sols par le secteur tertiaire, et la distance à la consommation minimale sur la courbe de demande.	154
Figure 3-18 La consommation finale de chaque type de sol est la multiplication de la consommation unitaire par les unités de consommateurs et par la probabilité calculée dans la figure précédente.	155
Figure 3-19 Vérification des cellules de la colonne "Data", dont les valeurs doivent être inférieures aux sommes de consommations maximales de tous les secteurs de consommation.....	155
Figure 3-20 La distribution de consommation de chaque type de sol par zone et par secteur de consommation, ainsi que le graphe de corrélation en comparaison avec les données de production, exemple pour le type de sol de densité moyenne.	156
Figure 3-21 Les ajustements de prix réalisés par le modèle, comme données de sortie, comparées aux données d'entrée dans les trois dernières colonnes.....	159
Figure 3-22 Les éléments principaux du système d'interaction entre les sous-modules "activité-localisation" et "transports".....	160
Figure 3-23 L'interface entre deux sous-modules "Activité-localisation" et "Transport" et leur processus itératif.....	161
Figure 3-24 Démonstration du premier choix parmi les 10 choix d'itinéraire au départ de la zone 120 pour arriver à la zone 26.....	163
Figure 3-25 Démonstration du premier choix parmi les 10 choix d'itinéraire au départ d'une zone centrale de Roubaix pour arriver à une autre zone centrale de Lille	163
Figure 3-26 Démonstration d'un choix d'itinéraire combinant mode privé et mode collectif. En ordre : accès au bus de ligne 18 à pied, puis changement de bus vers la ligne 82, pour enfin arriver à la destination à pied	164
Figure 3-27 Démonstration d'un choix d'itinéraire à l'aller, d'un chemin différent que celui du retour.....	164
Figure 3-28 Démonstration d'un choix d'itinéraire au retour, d'un chemin différent que celui d'aller	165
Figure 3-29 L'arrêt normal du programme PASOS – la recherche d'itinéraires.....	166
Figure 3-30 Paramétrage du nombre d'itération et du critère de convergence pour le sous-module d'activité-localisation	167
Figure 3-31 L'avant-dernière itération démontrant la tendance de convergence du sous-module "activité-localisation"	167

Figure 3-32 Les itération pour le sous-module de "Transport" démontrant la tendance de convergence, capture-d'écran.....	168
Figure 4-1 Selection des IRIS en tant que zones TOD à partir des tampons des arrêts de TC structurant les espaces de corridor.....	176
Figure 4-2 Disques de Valorisations des Axes de Transport (DIVAT) dans le Plan de Déplacements Urbains de Lille Métropole (PDU Lille).....	179
Figure 4-3 Evolution de densités de ménages selon scénarios A B et C.....	183
Figure 4-4 Evolution de densité de ménages selon scénarios à l'intérieur et à l'extérieur des espaces de corridors	185
Figure 4-5 Evolution de densités d'emplois selon scénarios A B et C.....	188
Figure 4-6 Evolution de densité d'emplois selon scénarios à l'intérieur et à l'extérieur des espaces de corridors	189
Figure 4-7 Evolution d'indices de revenus de ménages en 2010A, 2040A, 2040B et 2040C	192
Figure 4-8 Evolution d'indice de revenu de ménages selon scénarios à l'intérieur et à l'extérieur des espaces de corridors.....	194
Figure 4-9 Evolution d'indices de prix de sol en 2010A, 2040A, 2040B et 2040C	196
Figure 4-10 Evolution d'indice de prix des sols selon scénarios à l'intérieur et à l'extérieur des espaces de corridors	198
Figure 4-11 Evolution de relation entre l'habitabilité et la représentation des MBR en 2010A, 2040A, 2040B et 2040C	202
Figure 4-12 Habitabilité pour les ménages de bas revenus.....	205
Figure 4-13 Evolution de la répartition modale selon scénarios A, B et C à l'horizon 2040	208
Figure 4-14 Différences des parts modales entre les trois scénarios en 2040	209
Figure 4-15 Evolution des parts modales agrégées au pas de cinq ans et selon scénario	210
Figure 4-16 Evolution de volumes de trafic selon mode et selon scénario (en passages-kilomètres).....	211
Figure 4-17 Temps totaux de voyage en moyenne selon scénario et par catégorie-demandeur de transport.....	216
Figure 4-18 Distances moyennes de voyage selon scénario et par catégorie-demandeur de transport.....	216
Figure 4-19 Temps d'attente en moyenne par catégorie avant de monter dans un métro dans le scénario de référence et les scénarii projetés.....	219
Figure 4-20 Temps d'attente en moyenne par catégorie avant de monter dans un bus dans le scénario de référence et les scénarii projetés.....	219

Figure 4-21 Temps d'attente en moyenne par catégorie avant de monter dans un tram dans le scénario de référence et les scénarii projetés.....	219
Figure 4-22 Bénéfice pour les usagers de différentes catégories-demandeurs de transport selon la destination de leurs déplacements, sortie de simulation	225
Figure 4-23 Bénéfice pour les usagers de différentes catégories-demandeurs de transport selon l'origine de leurs déplacements, sortie de simulation	225

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1-1 Le contexte urbanistique aux niveaux nationaux, régionaux, départementaux et métropolitains.....	67
Tableau 2-1 Evolution de la population et de la densité de population selon recensement, Sources : Insee, RP1968 à 1999 dénombremments, RP2007 et RP2012 exploitations principales.	85
Tableau 2-2 Indicateur d'évolution démographique, Sources : Insee, RP1968 à 1999 dénombremments, RP2007 et RP2012 exploitations principales - État civil....	86
Tableau 2-3 Familles/Ménages selon leur composition. Sources : Insee, RP2007 et RP2012 exploitations complémentaires.....	88
Tableau 2-4 Caractères généraux de l'emploi et d'activités dans l'arrondissement de Lille en 2012 et 2007, Sources : Insee, RP2007 et RP2012 exploitations principales lieu de résidence et lieu de travail.....	100
Tableau 2-5 Population de 15 à 64 ans par type d'activité, Sources : Insee, RP2007 et RP2012 exploitations principales.....	100
Tableau 2-6 Nombre d'emplois selon les cinq gros secteurs d'activité dans l'arrondissement de Lille, en 2012 en comparaison avec ceux de 2007. Sources : Insee, RP2007 et RP2012 exploitations complémentaires lieu de travail....	101
Tableau 2-7 Caractères généraux de chômage (au sens du recensement) des 15 à 64 ans dans l'arrondissement de Lille, Sources : Insee, RP2007 et RP2012 exploitations principales.	102
Tableau 2-8 évolution du nombre de logements par type de résidence, Sources : Insee, RP1968 à 1999 dénombremments, RP2007 et RP2012 exploitations principales.	106
Tableau 2-9 Nombre de résidences principales selon le nombre de pièce dans l'arrondissement de Lille en 2012 et 2007, Sources : Insee, RP2007 et RP2012 exploitations principales.	107
Tableau 2-10 Nombre en moyenne de pièces des résidences principales, Sources : Insee, RP2007 et RP2012 exploitations principales.	107
Tableau 2-11 Équipement automobile des ménages, Sources : Insee, RP2007 et RP2012 exploitations principales.....	116
Tableau 3-1 Définition et codage des secteurs dans l'application MEL et leurs caractéristiques.....	133
Tableau 3-2 Définition des secteurs générateurs des flux et les catégories-demandeurs de transport correspondants.....	136
Tableau 3-3 Définition et Codage de différents types d'arc selon la nature d'infrastructure	140
Tableau 3-4 Définitions d'abréviations utilise dans les titres des colonnes dans la figure suivante	158

Tableau 4-1 Lieu de travail des actifs de 15 ans ou plus ayant un emploi qui résident dans l'arrondissement de Lille ; Sources : Insee, RP2007 et RP2012 exploitations principales.	175
Tableau 4-2 Classification selon l'habitabilité zonale vis à vis des ménages à bas revenus et leur représentation.....	200
Tableau 4-3 Evolution de vitesse de circulation selon opérateur	218
Tableau 4-4 Nombre d'embarquements dans les opérateurs "marche intégrée" et "Parking Relais" selon l'année et le scénario.....	222

LISTE DES ÉQUATIONS

Équation 3-1	143
Équation 3-2	148
Équation 3-3	149
Équation 3-4	149
Équation 3-5	149
Équation 3-6	150
Équation 3-7	150
Équation 4-1	191
Équation 4-2	195
Équation 4-3	224

INTRODUCTION GENERALE

On constate souvent que l'environnement peut influencer nos façons de vivre et de nous déplacer : meilleure est la qualité d'habitat, plus nous sommes attirés pour y vivre ; plus un quartier devient accessible, plus un plan de connexion est lisible, plus nous devenons mobiles. Nous avons tendance à concevoir les choix des personnes de la même façon, notamment le choix d'habiter, et la façon de se déplacer. Cependant, le fait qu'il existe de nombreuses raisons qui influencent les choix des personnes, et que ces raisons interagissent entre elles, est parfois négligé. Du point de vue de l'aménagement, les raisons influant sur les comportements humains sont multiples : la qualité de l'habitat, la densité résidentielle, l'accessibilité de toutes sortes d'aménités de services, la taille d'un logement, son degré de dégradation, le prix unitaire à la surface-plancher, le coût total, les lieux d'emplois des membres du ménage, etc. La liste peut difficilement être exhaustive. Si l'objectif urbanistique est de réorienter les choix des individus et des ménages, un réaménagement ponctuel ou sectoriel peut s'avérer simpliste, voire biaisé, quelle que soit la nature de l'opération envisagée. De ce point de vue, la réhabilitation d'un parc de logements, ou bien l'amélioration des services de quelques lignes de transports publics, ou encore la redynamisation d'un seul type d'activité économique ne peut seule modifier significativement les choix des individus.

La raison pour laquelle nous avons choisi de travailler dans cette thèse sur un aménagement intégré réside dans notre envie de comprendre globalement comment les individus interagissent avec le système complexe dans

lequel ils vivent : leur, notre espace de vie. C'est à la fois l'enjeu et la difficulté de nos travaux de recherche. Nous ne sommes pas en mesure de construire une étude exhaustive de tous les domaines, qui deviendrait un sujet sans frontière et sans fin, d'autant plus que beaucoup de facteurs sociologiques ou émotionnels ne peuvent être pris en compte dans leur intégralité. Néanmoins, le fait d'associer les éléments principaux constituant notre espace de vie – fil conducteur de nos travaux de recherche – nous paraît un bon compromis entre l'envie de travailler dans une perspective holiste et la particularité d'un sujet scientifique, qui est celui de l'interaction entre l'urbanisme et transport. Les éléments majeurs de nos axes de recherche sont choisis comme étant les infrastructures et les éléments de base nous permettant structurer notre espace de vie : les parcelles de sol assurant les terrains sur lesquels les activités se déploient ; et les réseaux de transports garantissant la circulation entre ces activités.

En prenant une place considérable dans notre société, ces éléments majeurs ne sont pas apparus sans justification. Beaucoup de nos précurseurs ont déjà soulevé les liens entre ces éléments, les circonstances dans lesquelles ils sont apparus et leurs influences mutuelles au sein d'un système complexe. Nous ne sommes donc pas à l'origine de ce champ de recherche. Certains urbanistes (Ewing et Cervero 2001; Ewing et Cervero 2010) décomposent ces liens dans une approche macroscopique, c'est-à-dire qu'au lieu de décrire les évolutions des sols et des transports en tant qu'objets, ils analysent les contextes provoquant leurs évolutions et leurs interactions. Ces contextes sont d'ordres politiques, économiques, technologiques et sociologiques.

En effet, le contexte politique est représenté généralement par les actions de planifications et les régulations mises en œuvre par les collectivités territoriales ; le contexte économique, envisagé sous la forme de divers marchés et d'ajustements entre l'offre et la demande ; le contexte technologique est marqué

par une accélération du développement de produits et de services ; et le contexte sociologique est composé des cultures et de valeurs particulières qui influencent conjoncturellement les choix des hommes.

Dans le but de relier la recherche et la pratique, nous nous positionnons dans une perspective d'aide à la décision publique. C'est une position à la fois importante et stimulante : importante, car les acteurs publics accompagnent les avancées technologiques, et assistent ainsi les marchés économiques afin d'activer le développement d'améliorations de notre espace de vie ; stimulant, car les collectivités et le gouvernement n'ont pas de pouvoir universel sur tous les mécanismes du système complexe de nos espaces de vie.

De plus, nous devons appréhender le plus justement possible les réactions de la population vis-à-vis des stratégies de planification. Face à une société en mouvement, soumise à des changements accélérés, les résidents font des choix différents, nécessitant des temps de décision différents en raison de leurs capacités de réactions variables et leurs capital économique, mais aussi social et intellectuel. Une approche uniforme des besoins des personnes serait, à notre sens, un manque tant de considération que de pertinence.

L'intérêt du travail de recherche que nous allons développer provient à la fois de son positionnement par rapport à la société, et de sa dimension méthodologique. L'idée d'aider à la décision publique se matérialise ici en une étude prospective recourant à des outils qui vont nous permettre de comprendre les choix multiples des individus selon les logiques de l'économie spatiale à l'œuvre. Les diverses approches de l'économie spatiale sont associées aux volontés de comprendre les mécanismes de localisations et de flux dans les agglomérations. Le coût est bien-sûr la valeur centrale. La localisation est associée à un coût foncier, l'échange à un coût de déplacement, le temps

à une valeur monétaire. L'espace, éloignant ces acteurs économiques de leurs différentes activités, est considéré comme l'autre concept central de l'économie spatiale. L'espace est approprié par les acteurs économiques ce qui génère des flux physiques et monétaires.

À partir du modèle de Von Thünen, mis au point au 19^{ème} siècle, tous les choix des hommes ont été considérés comme logiques ; c'est seulement à travers le renouvellement de ces approches de l'économie spatiale que certains chercheurs, à la suite de McFadden, ont introduit le principe des choix aléatoires. Ces choix incluent les options des individus quant à leurs localisations d'habitat et d'emploi, les choix des collectivités pour l'ouverture à l'urbanisation ou l'interdiction de densification, ainsi que les choix des opérateurs de transports pour produire une offre plus fréquente ou encore une diminution de la tarification. Aujourd'hui, nous pouvons reproduire ces choix au sein d'un système complexe *via* les outils qui nous sont disponibles.

Nous vivons dans un système complexe, fait d'un ensemble de liens entre ses composantes qui reproduisent les influences mutuelles entre les individus et leur environnement spatial et économique.

L'espace de vie a pour rôle de soutenir tous les besoins basiques de la vie quotidienne. Ces besoins : habiter, travailler, circuler et se cultiver comme les définissait Le Corbusier mais, au-delà, se divertir, se soigner, avoir accès aux services administratifs ... sont en train de consommer les ressources les plus précieuses et menacent d'endommager l'équilibre écologique qui soutient la vie humaine.

Avec la diffusion massive de l'automobile au siècle précédent, nos modes de déplacements ont changé, des transports collectifs vers les véhicules privés. Avec la possibilité de réaliser des déplacements pendulaires sur des distances de plus en plus longues, les marges de la ville se sont étendues vers des périphéries

de plus en plus lointaines, consommant des espaces autrefois qualifiés de ruraux. Ces choix humains ne sont pas seulement permis par l'avancée des techniques de déplacements, et par un manque de connaissance des acteurs publics, mais ils sont aussi poussés par des raisons économiques. Le marché foncier et immobilier croît vers l'extérieur de la ville. Ce marché reste assez peu contrôlé par la puissance publique, et il se nourrit du désir naturopathe des hommes, entretenu par les médias, à la recherche d'un cadre de vie aéré dans les limites d'un budget abordable.

Il y a près de cinquante ans, si l'on pense aux motivations de la Loi d'orientation foncière de décembre 1967, que des élus, des techniciens, des aménageurs et des chercheurs ont réalisé les effets néfastes de ce mode de vie, préjudiciable à notre écosystème. Certains redécouvrent aujourd'hui les vertus d'une vie dans une ville dense et de proximité, au moment où montent les préoccupations pour la préservation des espaces verts et des réserves naturelles. D'une tendance à la mode, la ville étalée devient à un phénomène non-souhaité contraire aux visées d'un développement durable qui imprègne toutes les procédures de planifications, les politiques urbaines, jusqu'aux dénominations des Ministères.

Du point de vue des résidents, une vie permettant des déplacements de courtes distances, cette ville cohérente (d'E. Korsu, M.H. Massot et J.P. Orfeuill), peut être souhaitée : des services et des emplois atteignables à l'aide de modes de déplacements peu polluants à partir du lieu d'habitation, une diversité de fonctions, et une accessibilité aux aménités publiques obligatoires qui soient suffisantes par rapport aux demandes. Du côté des acteurs publics, les objectifs résident dans la réduction des émissions des polluants, de consommation énergétique et d'espace. C'est pourquoi, les automobiles, qui sont considérées comme des sources de pollution et l'étalement urbain, nécessitent un contrôle non pas uniquement à travers les

lois du marché foncier, mais aussi par une maîtrise plus directe. Parallèlement, les acteurs publics sont conscients du fait que le recours à l'amélioration des services de transports collectifs est rendu plus difficile à cause de la prédominance du marché de l'automobile et que les réseaux de transports collectifs ne peuvent plus couvrir l'ensemble des besoins de déplacements à cause de l'éparpillement des activités humaines.

C'est dans ce contexte que nous situons notre problématique qui vise à proposer des formes de régulation permettant de parvenir à un cadre de vie plus conforme aux enjeux du développement durable. Afin d'atteindre cet objectif d'un mode de vie et de déplacements plus soutenable, nous avons cherché des justifications à la fois théoriques et pratiques.

Nos justifications théoriques se fondent sur le concept du Transit-Oriented-Development (TOD) et son modèle dérivé du corridor Urbain. S'appuyant sur l'interaction entre l'aménagement urbain et les transports, le TOD et le corridor urbain visent à réorganiser les fonctions basiques de façon cohérente et coordonnée le long des axes de transports publics lourds, afin de permettre une vie quotidienne plus concentrée dans l'espace du corridor. En appliquant ces idées théoriques à notre terrain d'étude, la métropole lilloise, nous avons fait un choix de corridors qui illustre à la fois le concept et le modèle. Notre application repose sur une méthode de modélisation intégrée, nous permettant de réaliser une projection sur un territoire analysé à l'horizon 2040 et selon des visions de développement contrastées. Les modèles LUTI (Land Use Transport Interaction), plus particulièrement, l'outil de simulation utilisé ici – le système TRANUS – permettent de tester des hypothèses en nous offrant la possibilité de simuler le devenir de notre territoire de recherche à travers des analyses prospectives.

Dans les circonstances où nous ne pouvons pas maîtriser l'orientation du développement technologiques dans les 25 ans à venir, nous supposons que les technologies de tous les domaines permettront aux individus de faire des choix de façon de plus en plus rapide. La part des décisions publiques que nous souhaitons éclairer est celle qui concerne l'usage du sol en supposant une maîtrise du marché foncier et immobilier. Nous proposons ainsi l'application de politiques foncières et immobilières à long terme qui soient en mesure d'influencer les choix des résidents et des agents immobiliers. L'outil que nous avons utilisé suit strictement les règles économiques et considère que les choix des hommes sont rationnels et immédiats, ce qui est discutable. Par ailleurs, nous considérons que les politiques concernant l'usage du sol sont moins coûteuses à réaliser que les projets de transports ou les projets urbains ponctuels. L'idée est d'exercer ces actions sur l'usage du sol dans un cadre global et cohérent, selon la logique de TOD et du corridor urbain, à l'échelle de l'ensemble de l'arrondissement de Lille, afin d'observer les éventuels changements. Les analyses portent sur les manières dont les hommes interagiront avec leur espace de vie, à horizon 2040 si différentes actions publiques sur l'usage du sol sont menées.

Le déroulement de la thèse est décrit brièvement ici.

Dans le premier chapitre, il est discuté des interactions entre l'organisation spatiale de la ville et les déplacements des personnes dans un cadre général. Les facteurs majeurs entraînant les déséquilibres dans ces interactions sont exposés, selon les aspects économiques, technologiques, politiques et sociaux. Nous faisons l'hypothèse qu'une meilleure maîtrise de l'urbanisation et de l'offre de transports sont des conditions nécessaires et essentielles pour les rééquilibrages de ces interactions. Cette orientation pourrait contribuer à une

consommation moindre d'espace et à une mobilité plus durable que celles d'aujourd'hui. Le concept d'aménagement du Transit-Oriented-Development (TOD) et le modèle du Corridor Urbain sont ainsi proposés à cette occasion afin de soutenir une quête de rééquilibrages dans notre espace de vie. Le concept du TOD et le modèle du Corridor Urbain sont décrits de façon détaillée suivis par un énoncé de notre problématique de recherche. Cet énoncé est présenté en vertu de nos propres définitions, car nous voulons l'adapter à une application métropolitaine de moyenne taille en France. Pour rester cohérent avec la problématique, nous avons retenu la métropole lilloise comme terrain d'exploration et avons plus spécifiquement étudié le contexte politique lié à ce terrain.

Si le premier chapitre sert à établir les bases théoriques de nos travaux de recherche, le deuxième chapitre nous permet de connaître le territoire de la métropole Lilloise dans son contexte géographique et selon plusieurs secteurs variables. Dans l'ordre, les aspects démographiques, morphologiques et économiques sont recensés. Pour compléter le diagnostic spécifique tout en étant cohérent avec notre problématique, les usages du parc de logement et des réseaux de transports sont développés en fin du chapitre II.

Notre méthodologie de recherche est présentée dans le chapitre III. Il s'agit d'abord de choisir un outil adapté à notre problématique et approprié à notre terrain d'étude. En l'occurrence, nous avons adopté TRANUS comme logiciel de modélisation intégrée parmi la famille de modèles de *Land Use and Transport Integration* (LUTI). Puis, la conception de notre application constitue la seconde partie de ce chapitre méthodologique avec une présentation de la structure du projet, les définitions des secteurs modélisés ainsi que leurs relations d'interactions. Enfin, nous validons l'utilité de l'application et la cohérence avec la réalité à travers une procédure de calibration.

Longue mais innovatrice, cette procédure de calibration nous permet de construire une reproduction numérique de notre territoire contribuant à une étude prospective sur les stratégies de réaménagement.

Nous enchaînons directement dans le chapitre IV par la conception des différentes visions du réaménagement de la métropole lilloise en nous appuyant sur le concept du TOD et le modèle de Corridor Urbain. À l'aide de TRANUS, trois scénarios contrastés représentant les trois visions de réaménagement sont établis afin de simuler leurs impacts respectifs à long terme sur notre territoire. Les résultats de la modélisation sont ensuite analysés en fonction d'une série d'indicateurs afin de traduire les conséquences divergentes des stratégies orientant l'usage du sol et la mobilité des personnes.

Nous terminons l'étude prospective par une conclusion générale, dans laquelle nous résumons nos façons de vivre et nos comportements de déplacement futurs, si les différentes stratégies territoriales sont mises en opération. Il s'avère que les actions volontaristes d'usage du sol sont efficaces en termes d'impacts sur la localisation des ménages et sur la mobilité des personnes. Accompagnées par une amélioration de services de transports collectifs, les conséquences peuvent éventuellement prendre plus d'envergure dans ce système complexe.

Chapitre 1 HARMONISER LA VILLE ET LES RESEAUX PAR LE CONCEPT DU TOD ET LE MODELE DU CORRIDOR URBAIN ?

Ce premier chapitre sert de base pour révéler les principaux mécanismes de fonctionnement du système complexe dans lequel nous vivons. Avant de détailler la problématique urbaine que nous allons traiter dans ce travail de recherche, nous avons choisi de commencer par discerner les principaux acteurs qui structurent notre société, en d'autres termes, nos villes et nos territoires.

Interagissant de façon croisée et superposée, il nous semble que les équilibres de trois différentes échelles sont recherchés dans le système complexe. D'abord, à l'échelle individuelle : chaque unité humaine est à la recherche d'un équilibre pour organiser ses activités, dans l'espace et dans le temps. Un individu ou un ménage dessine son territoire-réseau en fonction de ses lieux d'exercice (emploi, habitation, achat, loisir, etc.) et en fonction de ses horaires. Puis, à l'échelle sectorielle : les différents corps de métiers coexistent pour structurer un réseau multisectoriel. Les rapports de forces entre ces secteurs exercent des impacts sur l'individu comme sur la société en termes d'économie, de technologie, de politique et de culture. Enfin à l'échelle territoriale : la ville et les réseaux s'inscrivent dans un perpétuel balancement entre la distance et la proximité, entre la vitesse et la densité, entre la périurbanisation et la métropolisation.

Après avoir souligné les problèmes urbains menaçant un des équilibres, nous proposons un concept de réaménagement et son modèle dérivé afin de proposer de nouveaux équilibres. L'artificialisation excessive de la terre, l'exploitation insensée de la nature, accompagnée d'un rallongement évitable des distances

et une perte de temps dans la congestion, allant à l'encontre de la recherche d'une élévation de la vitesse, sont des maladies urbaines en quête de guérison. Au lieu de rechercher un remède ailleurs dans les domaines technologiques ou organisationnels, nous proposons de rechercher une réponse en retrouvant la réversibilité naturelle de notre territoire.

Le Transit-Oriented-Development (TOD), inspiré des courants de pensée urbanistiques européens, mais inventé par des Américains est introduit dans la seconde partie du chapitre. Avec notre propre compréhension du concept, nous recommandons l'application du TOD via un modèle urbain adapté au contexte d'une métropole de taille moyenne. Le modèle du Corridor que nous précisons respecte à la fois les principes du TOD et la linéarité existante de l'arrondissement de Lille. Inspiré des principes du TOD et des anciennes réflexions sur la linéarité urbaine, nous nous approprions de ces théories pour définir notre problématique et nos hypothèses de recherche.

En fin du chapitre, avant d'envisager l'application du modèle de Corridor dans l'arrondissement de Lille, nous nous sommes référés aux documents d'urbanisme pour nous positionner dans un contexte politique local. Il résulte que nous nous situons dans une atmosphère politique plutôt favorable à l'implantation du modèle de Corridor, cohérent avec de nombreuses orientations collectives.

1.1 COMPRENDRE LA VILLE ET LE TERRITOIRE : LES ÉQUILIBRES EXISTENT-ILS DANS NOTRE SOCIÉTÉ ?

Il est aussi noble de tendre à l'équilibre qu'à la perfection ; car c'est une perfection que de garder l'équilibre.

Jean Grenier, Nouveau Lexique, Gallimard

Le choix de l'intitulé du chapitre d'ouverture est loin d'être innocent. L'équilibre, est un terme abstrait, capable d'inclure toutes les problématiques que l'auteur adressera dans l'ouvrage actuel ; aussi est-il un terme rempli de significations, largement utilisé dans le champ de recherche abordé par cette thèse de doctorat. Pour autant, ce dernier terme est aussi toujours à la mode, et employé pour rendre compte de nombreuses situations, ce qui nous permet d'en donner une définition la plus générale possible sans rigueur scientifique absolue, tirée de Wikipédia :

*L'équilibre (du latin *aequilibrium*, de *aequus* « égal » et *libra* « balance, poids ») est le concept qui décrit les situations où les « forces » en présence – les parties dans le cas d'une métaphore – sont égales, ou telles qu'aucune ne surpasse les autres.*

Un équilibre peut être statique ou dynamique. Un équilibre dynamique caractérise un système plus évolué où des rétroactions de sens contraire peuvent se produire pour maintenir ou tenter de maintenir un certain niveau dit d'équilibre. Cela peut mettre en jeu des complexes boucles de rétroaction, agissant le cas échéant de manière réflexe.

Le texte qui suit s'inscrit dans le vaste champ de l'urbanisme et de l'aménagement du territoire. Aussi abstrait que le mot « équilibre », il existe de multiples entrées pour l'interpréter, divers angles pour l'estimer et quelques perspectives pour l'anticiper.

L'objectif de cette partie est d'éclaircir l'état des différents sous-systèmes, au sein du système complexe de notre société. Sont-ils équilibrés dans leur propre état d'existence ? Dans quelles dynamiques d'équilibre s'inscrivent les sous-systèmes de la ville ? La qualification de ces sous-systèmes nous permettra de tracer quelques évolutions dans notre société selon plusieurs points de vue, avant d'aborder le cœur de notre question de recherche. Sans vouloir donner une hiérarchisation entre ces sous-systèmes, corrélés les uns avec les autres, les paragraphes suivants contournent le problème de l'ordre entre sous-systèmes. Nous proposons un point de départ avec une lecture sur les individus, à l'échelle microscopique, avant de décrire les sous-systèmes, à l'échelle macroscopique.

1.1.1 L'ÉQUILIBRE POUR UN MÉNAGE OU UN INDIVIDU

« Le territoire peut être défini comme la portion de la surface terrestre, appropriée par un groupe social pour assurer sa reproduction et la satisfaction de ses besoins vitaux. C'est une entité spatiale, le lieu de vie du groupe, indissociable de ce dernier... »

(Le Berre 1992)

1.1.1.1 La territorialité humaine

« ...la structure latente de la quotidienneté, la structure relationnelle, pas ou peu perçue, de la quotidienneté » (Raffestin et Bresso 1982)

Ce n'est pas la première fois que nous assimilons notre monde à une « société fluide », ou que nous rapprochons les mouvements d'individus de mouvements browniens. Au sens figuré, les individus sur notre planète peuvent être imaginés comme quatorze milliards d'atomes dont les mouvements sont aléatoires dans un système non homogène. Ils reconstituent différentes unités ménagères : certains restent en état d'atome tandis que d'autres

configurent des molécules regroupant plusieurs atomes. Si l'on assume que les atomes et les molécules sont stables à un instant donné, alors ils ne se déstabilisent qu'en suivant certaines forces et via des conducteurs qui leur sont appropriés, provoquant leurs déplacements. Les différences des comportements moléculaires s'expliquent par leurs différences en termes de propriétés, de capacité de réagir eu égard aux forces modificatrices, à l'égard de même milieu.

Les points de démarrage pour les atomes ou molécules sont logiquement leurs positions centrales, comme l'énonce R. Fishman avec son concept de centralité ménagère (Fishman 1982), *chaque ménage, chaque unité économique constitue sa propre ville à partir d'un point central, unité résidentielle, localisation industrielle... Cet urbanisme sui generis consiste pour les acteurs en question à utiliser leur pouvoir d'organisation, aussi réduit soit-il, pour réaliser sous forme de réseaux l'ensemble de leurs projets transactionnels.*

C'est une vision microscopique qui permet de concevoir l'organisation de la ville et des réseaux, en mettant l'individu au centre de leur territoire pratiqué. Sans vouloir définir la « centralité » ici, Fishman développe ses explications : « *à partir de ce point de départ central, les membres du ménage créent leur propre ville sur la base de la multitude des destinations qu'ils peuvent atteindre en voiture. ...* » Fishman prend l'automobile comme exemple plutôt qu'un autre moyen de transport ou de communication, mais son message importe en ce qu'il concerne la population dans son ensemble et dans sa vie quotidienne.

Dans la théorie de Fishman, l'individu ou l'unité ménagère est la perspective d'entrée. Il développe l'existence d'un projet territorial à partir d'un citoyen ou d'un ménage, et l'importance de cette pratique unitaire d'urbanisme, qu'il désigne par les termes de territorialité hu-

maine. Cette territorialité, centrée sur les unités microscopiques, est en effet un défi de l'urbanisme. Comme indique C. Raffestin, la territorialité humaine ne peut se passer de signes qui lui donnent sens. Les habitats, les quartiers de vie, les lieux d'activités font sens car ils constituent des unités particulières pour chacun avec leurs frontières et leurs accès. C'est donc à l'urbanisme à rechercher, créer et modifier les éléments pour ces unités microscopiques, les êtres-humains.

La territorialité humaine d'un individu, ou d'un ménage n'est jamais figée. Des adaptations sont possibles lorsqu'un ou plusieurs facteurs puissants s'exigent, par exemple, le changement de lieu de travail, ou bien les choix d'éducation des enfants. Mais il faut tout de suite donner les limites de ces évolutions. La territorialité humaine organisée par une unité de famille semble souvent achevée, ossifiée, parce qu'elle correspond à l'obtention d'un compromis difficile que chaque membre de la famille n'a pas d'intérêt à remettre en cause.

Sans préjuger de leur qualité, bons ou mauvais, les comportements humains se caractérisent par une certaine inertie. Ce caractère atténue les difficultés de l'urbanisme car la pratique de la territorialité humaine se fonde sur les *habitus* ((Bourdieu 1972). Les *habitus* se reconnaissent en tant que dimension sociologique de la pratique de territorialité humaine. De ce point de vue, les lieux d'habitation et de travail sont les composants de base qui structurent la territorialité humaine, à partir de laquelle s'ajoutent les activités d'achat et de loisir. Bien qu'aujourd'hui, les allers-retours entre le domicile et le travail constituent une part décroissante des déplacements totaux, on peut donc se permettre de placer ces deux composants de base au cœur de l'analyse, notamment parce que ce sont eux qui déterminent les points de trafic et donc le dimensionnement des infrastructures. La multiplication de déplacements ne contredit pas le caractère peu réversible de la territorialité humaine.

En effet, notre mode de vie est encore structuré par les réseaux « classiques », visibles, transporteurs de matières. Comme mentionné précédemment, la vision des individus se fonde encore beaucoup sur les *habitus* (Bourdieu 1972). L'adresse du citoyen est son lieu de domicile, la tranche horaire 7h-9h est représentative de son trajet domicile-travail, le lieu de travail est associé à son activité principale. Cette stabilité, protégée et régularisée par le contexte politico-économique, aide à former notre interprétation du territoire, de la territorialité humaine. La territorialité humaine a donc besoin de cette stabilité ou inertie pour structurer les cartes mentales des individus. Celles-ci ressemblent à une routine (Pradel et Belton Chevallier 2010), abstraite à comprendre, qui dirige notre façon de penser et se comporter. Les prochains paragraphes de cette thèse reflètent cette complexité de la territorialité. Dans le paragraphe suivant, nous nous focaliserons sur la manière dont la territorialité se fonde sur la pratique de nos réseaux.

Plus concrètement, l'organisation physique d'un citoyen comprend ses choix de localisations, en termes d'activités et d'habitat, en lien avec l'espace et le territoire, d'une part, et ses choix d'itinéraires, et de modes de déplacements entre les espaces, relatifs au réseau, d'autre part. C'est ce que Dupuy appelle le propre *territoire-réseau* (Dupuy 1991) de chacun. Le passage de la territorialité humaine au *territoire-réseau* des individus, est la transformation d'un concept en une pratique.

1.1.1.2 *Le territoire-réseau de l'individu : entre désordre et généralité*

« L'individu ne serait pas seulement aménageur de son territoire-réseau, il en serait en même temps le gestionnaire, dans une économie généralisée, dont les règles, bien sûr, restent à préciser. »

(Dupuy 1991)

Différente de la notion de la territorialité, le *territoire-réseau* d'un individu, en tant que pratique, possède une emprise physique qui s'étend au cours du temps. Prenons le mouvement entre la maison et le lieu de travail comme exemple. Ce mouvement n'est pas un simple déplacement physique dans le *territoire-réseau* de l'individu, mais il lui permet aussi de réaliser deux autres déplacements, dans le temps et dans son rôle social, qu'il en ait conscience ou pas. Dans l'acception d'un mode de transport lui permettant de se déplacer, l'individu réalise une routine (De Coninck 2015), tout en restant dans le même univers, dans sa territorialité personnelle. Le parcours de cette routine, dans un registre matériel, se compose d'un « accès aux modes de déplacements », de « voyager avec les modes », et de « quitter les modes pour accéder à la destination finale » au sein duquel le territoire et le réseau exercent leurs forces modificatrices en permanence en fonction de l'offre. Aujourd'hui, la composante « voyager avec les modes » est fortement soutenue par la volonté d'augmenter les vitesses. En outre, le parcours physique s'est rendu compatible avec la communication à distance qui autorise une multiplication de rôles sociaux. La communication virtuelle a sans doute aidé à l'agrandissement du composant « voyager avec les modes » d'un parcours. Ainsi, le périmètre du *territoire-réseau* s'étend avec la maturité des technologies de communication.

Malgré tout, la structuration d'un rythme de vie ne peut être fondée seulement sur la virtualité rendue possible par les technologies de communication à distance, qui se placent aujourd'hui sur le devant de la scène. L'effacement de la distance et l'instantanéité de la communication virtuelle ne sont pas les seuls moteurs générant l'évolution du *territoire-réseau*. Elles sont à la fois concurrentes et complémentaires des formes géographiques de notre territoire de plus en plus étendues et aux

réseaux de transports offrant une vitesse de plus en plus rapide : concurrentes, puisqu'elles créent une ubiquité communicationnelle ; complémentaires, car elles stimulent des contacts et des déplacements physiques. Sous ces effets mutuels, l'univers de *territoire-réseau* individuel s'étend, dans ses registres géographiques et virtuels.

On peut constater qu'un nouvel équilibre dans le *territoire-réseau* individuel est recherché. Par exemple, la relation entre la vie familiale et l'activité de travail a évolué pendant les dernières décennies (Rosa 2003). Plusieurs facteurs ont permis la transformation de cette relation : l'avènement de moyens de déplacements de plus en plus efficaces ; la connexion omniprésente aux réseaux de communication ; la flexibilisation des horaires de travail dans beaucoup de secteurs d'activités, etc. Si l'accélération de la vitesse des transports a conduit à une distance physique plus longue entre le lieu du travail et la résidence, l'accès aux réseaux de communication a encore plus creusé la distance virtuelle entre les deux activités ; et la flexibilité individuelle a entraîné une superposition de deux distances à constituer un *territoire-réseau* largement étendu.

Cette transformation engendre quatorze milliards de modes de vie différents chaque jour, où chaque individu recherche son propre équilibre entre ses activités. Un désordre total ? Oui, mais au-delà, les observations des chercheurs en géographie et en aménagement semblent avoir trouvé quelques généralités :

- que l'horaire de travail structure malgré tout l'organisation quotidienne des individus.
- que l'omniprésence des réseaux de communication ne peut remplacer complètement le contact physique dans le travail ou dans la vie familiale ;

- que les lieux de travail sont en effet plus en plus éloignés des lieux d'habitat ;

Approfondissant ces observations, J. Lévy (Lévy 2009) explique ces généralités par la coexistence de trois modalités de gestion de la distance : le déplacement matériel, principalement réalisé par des moyens de transports ; le déplacement immatériel, via les moyens de télécommunication ; et la coprésence à l'origine de la ville. Dans l'objectif de conserver les liens sociaux et de satisfaire aux besoins d'interactions, un individu dispose de solutions alternatives pour diminuer l'écart avec d'autres objets ou individus, qui incluent la coprésence, le déplacement physique ou le recours à la télécommunication. Il existe toujours une marge de substituabilité entre ces trois moyens. Mais la rapidité des changements qui se produisent affecte l'équilibre des avantages comparatifs. Ce « ménage à trois » évolue à vitesses différentes, et des écarts significatifs apparaissent.

Les transports entrent dans des relations de concurrence et de complémentarité avec les autres moyens de gestion de la distance. Toutes ces réalités connaissent des évolutions rapides, ce qui remet en question en permanence les équilibres des systèmes spatiaux globaux. Pour « réduire les distances » entre individus, les technologies de l'Information et de la Communication (TIC) sont sans doute les outils les plus rapides et les plus économes en ressources si les conditions de connexions sont satisfaisantes, mais aussi la moins directe et la moins transparente. Ces outils ont connu les changements les plus spectaculaires, et se présentent comme un immense marché pour les citoyens. En comparaison, les moyens de transports matériels ont aussi progressé en efficacité. Toutes les inventions dans l'ingénierie les ont rendu de plus en plus rapides et de prix plus abordable. Un parcours ayant recours aux transports matériels procure aux citoyens une impression de voyage, de changement environnemental, et une habileté à se repositionner à

l'achèvement d'une distance matérielle. Mais il faut disposer d'une capacité de mobilité et d'un budget temps (Zahavi 1976) avant de réaliser un déplacement matériel, rendant ce moyen moins compétitif. La concurrence entre la coprésence et le déplacement, est issue d'une longue et passionnante histoire. Dans un pays développé comme la France, la morphologie urbaine largement héritée du passé a depuis longtemps instauré des références pour les citoyens. Les points de repère des fonctions héritées (ex. la cathédrale se situe dans le vieux-centre inscrivant un lieu d'échange spirituel) permettent aux individus de ressentir leur propre existence et leur sociabilité ; la coprésence dans ces lieux constitue le média la plus expressif de leur appartenance.

Les rythmes de développement de ces trois modalités de gestion divergent car ils ont un degré de corrélation différent par rapport aux périodes antérieures. L'inertie liée au territoire est plus grande que celle liée aux transports matériels, elle-même plus forte que celle relative aux TIC. Parmi les trois formes de gestion de la distance, l'effet de mode joue également dans la perception et la conception du territoire-réseau. Lorsque les TIC se situent au cœur d'une mutation sociétale en cours, et que les transports matériels essaient avec un succès plus ou moins grand de rattraper cette attractivité via des nouveaux matériels et services, la ville comme espace de coprésence ne peut se limiter à jouer un rôle d'intendance, répondant aux besoins résiduels échappant aux deux modalités précédentes (L'Hostis 2014). *La gestion et la programmation des transports devront s'intégrer dans une vision plus globale des systèmes spatiaux et prendre en considération les dynamiques complémentaires et concurrentes de l'urbanisation et des télécommunications.*

C'est basé sur cette approche de la territorialité que nous pourrions développer notre question de recherche : la situation de déséquilibre

n'étant pas soutenable dans le temps, un individu cherche toujours à atteindre un nouvel équilibre dans son *territoire-réseau*. L'élargissement incessant du territoire-réseau individuel s'explique par cette constante recherche : d'un équilibre d'abord d'espace-temps entre le temps passé dans les espaces figés – pour la présence – et le temps passé dans ses réseaux – pour la communication ; puis d'un équilibre social entre un contact physique et un déplacement virtuel ; et enfin d'un équilibre budgétaire entre le coût-bénéfice dans les activités et le coût-bénéfice dans les déplacements.

1.1.2 LES ÉQUILIBRES ENTRE ACTEURS ÉCONOMIQUES, POLITIQUES ET TECHNIQUES

La situation actuelle de l'urbanisme subit de nombreuses critiques face à des intérêts divers. On condamne l'incapacité de l'urbanisme à organiser la ville selon les logiques intersectorielles, ou entre acteurs, alors l'urbanisme est un terme incluant un ensemble de disciplines, l'économie, la politique et les ingénieries, et intègre un ensemble d'échelles spatiales imbriquées. On oublie parfois le caractère changeant de l'urbanisme, où les métiers d'urbanisme se sont spécialisés mais aussi diversifiés au fil du temps. Il est de plus en plus difficile à réconcilier les métiers de l'urbanisme, et de l'aménagement territorial. Il convient de préciser ici que le terme « urbanisme » porte une signification différente de celle d'aménagement. D'un plan d'urbanisme à une mise en œuvre, il s'agit d'un consentement de tous les acteurs à intervenir, de surmonter ou détourner tous types de contraintes, d'une interaction permanente dans l'espace et dans le temps.

L'urbanisme semblait être en bonne voie de définition à la fin du XIX^{ème} siècle. C'est pendant cette période en pleine croissance où il apparaissait les « visionnaires », des intellectuels inspirés, pour une planification globale et de long terme. Cet urbanisme totalitaire s'affirmait un peu partout en Europe au début du

XXème siècle. Plusieurs personnalités ont marqué l'histoire de l'urbanisme en Europe : Haussmann (1852) sous le Second Empire, Cerdà (1860) à la même époque, Soria Y Mata (1882), etc... C'est aussi le siècle d'une société en plein essor où les innovations techniques bouleversantes enrichissent l'architecture et l'urbanisme. Le secteur ferroviaire en tant qu'innovation majeure de mobilité est un bon exemple :

Dès que les possibilités du chemin de fer sont avérées, des lignes ferroviaires apparaissent dans les plans d'urbanisme. Cerdà évoque déjà l'avènement d'un chemin de fer électrique (Cerdà 1979). Howard prévoit dans son modèle un ensemble de lignes hiérarchisées et différenciées (voyageurs/marchandises). Il entoure en particulier sa cité-jardin d'une voie ferrée en boucle qui la relie directement au monde extérieur (Howard 1965). Garnier dote la cité industrielle d'une gare d'où part une voie ferrée « complètement droite, de manière à permettre l'usage des trains à grande vitesse¹ ». Il est vraisemblable aussi qu'à partir de là, très progressivement, la vitesse du chemin de fer deviendra une nouvelle référence pour les flux de déplacements urbains (Gokalp 1988).

L'exemple est donné dans le domaine ferroviaire. Mais il est remarquable que ces visionnaires fissent place aux nouvelles techniques de l'époque pour la conception des urbanisations, pour l'idéologie urbaine, même sans formation préalable d'ingénieries. Notons qu'ils ont tous une ligne de force commune : ils étaient à la fois des urbanistes, mais aussi des aménageurs, acteurs qui ont œuvré à transformer leurs villes en promouvant des innovations de l'époque. Ils avaient une vision avancée sur les nouvelles techniques dont ils

avaient perçu le potentiel. Plusieurs de ces acteurs, si l'on pense à Haussmann notamment, ont occupé une place prépondérante dans les pouvoirs publics, et surtout ont eu accès à un pouvoir financier considérable.

Néanmoins, la rencontre entre l'urbanisme et les innovations, plus particulièrement, dans le domaine des réseaux techniques fut de plus en plus difficile dans la pratique urbanistique ; lorsque le changement profond de la société a nécessité une sectorisation dans le marché de travail ; et une spécialisation des besoins, lorsque le poids des technologies s'accroît à vitesse élevée, lorsque des capitaux privés remplacent au fur et à mesure le rôle des pouvoirs publics. Les objectifs des responsables des compagnies de réseaux techniques s'écartent de ceux qui élaboraient une doctrine urbanistique à vocation d'intervention publique, à finalité sociale, globalisante et surtout référée à la forme urbaine et à l'action sur le bâti : les premiers s'investissent dans les produits rentables pour plus de bénéfices privés en un court laps de temps, tandis que les urbanistes œuvrent pour un intérêt collectif et pour un temps relativement long. Une seule action issue des secteurs privés n'a peut-être pas d'effet direct sur la morphologie, mais un ensemble de causes résultant d'actions aux buts divergents est en mesure de transformer la morphologie urbaine sur le long terme.

Quel qu'ait été l'apport des tendances théoriques urbanistiques, sous l'influence de personnalités citées précédemment, l'aménagement qui a suivi a été dominé, pendant toute son histoire et jusqu'à aujourd'hui, par le courant progressiste (Dupuy 1991). Dans d'autres mots, il apparaît que ce modèle progressiste a largement prévalu dans les réalisations (Merlin

¹Tony Garnier, *Une cité industrielle* (Princeton Architectural Press, 1996). J.-P. Frey insiste sur le fait que

la « Cité industrielle » donne d'abord une représentation d'un mode de travail. (Frey 1982).

et Choay 1988) (Choay et Merlin 2010). Le progressisme qui date de la fin de l'industrialisation se caractérise par une spécialisation et une professionnalisation, et se réfère étroitement à un fonctionnalisme, traduit spatialement par le zonage. Dans les trois sous-parties de cette section, cet urbanisme est décrit en lien avec les réseaux de transports, car les transports mécanisés se développent principalement débutant du XXème siècle. En tant que pratique professionnelle, l'urbanisme d'aujourd'hui est influencé par trois forces majeures que l'on développera dans cette section : technique, économique et politique.

1.1.2.1 *La recherche du profit via les innovations techniques*

Les réseaux de transports comme toutes innovations techniques doivent beaucoup à l'initiative et aux intérêts privés. « ...En France, la plupart des réseaux dont il a été question jusqu'ici relèvent du service public. Cela conduit à imaginer que les pouvoirs publics ont été, historiquement, les artisans de leur réalisation. En fait, quels que soient les pays considérés, la plupart des réseaux ont été créés à l'initiative de compagnies privées espérant bénéficier de marchés nouveaux pour faire des profits. Il en fut ainsi des tramways, des métros, de l'éclairage public, de l'électricité, du gaz, du téléphone, du télégraphe.... L'adaptation de la voirie aux nécessités de la circulation automobile se fit grâce à l'intervention d'acteurs privés, comme la firme Michelin en France (Ribeill 1989). »

De fait, les réseaux de transports se sont d'abord développés chez une petite partie de citoyens, issu non d'une logique de seule réponse aux besoins, mais aussi d'une logique de capital. L'omnibus ou bien le Fiacre, est ap-

paru comme service destiné à une clientèle aisée, notamment les commerçants. Les tarifs ont été élevés, accessible seulement à la petite bourgeoisie, dans le contexte d'une forte croissance économique et industrielle. Contrairement au nom donné (omnibus signifiant « pour tous » qui n'a pas nécessairement de points d'arrêts fixes), les premières lignes de desserte allèrent d'abord là où il y avait plus de marchandise, implicitement pour les personnes pouvant payer leurs places.

Sous couvert d'avancée technique, il fut d'abord une création de luxe, pour le profit et pour une population aisée (Musée des Transports 2014). Si le démarrage était plutôt réservé et timide, au-delà d'un certain usage critique, se manifestent des effets de réseaux (*économies d'échelle du côté de l'offre, effet d'avalanche du côté de la demande*) (David 1987)². En effet, il suffira d'un contexte favorable et d'une période de transition pour que cette « création de luxe » se diffuse, et devienne « une innovation vulgarisée ».

En revanche, la compagnie de production suscitera une demande qui dépasserait largement les besoins initiaux en profitant de l'effet de mode. La population répond aux sollicitations que sont l'abaissement du coût unitaire de consommation et à la familiarisation au produit ou au service. L'essai de maintenir le profit n'est pas toujours garantie par la clientèle de classe moyenne. La réponse inattendue de la demande d'une part, mais aussi les erreurs de conception des promoteurs du système de transport d'autre part ont abouti à un ensemble d'ajustements parfois brutaux. Ces évolutions extrêmes rompent l'équilibre entre la demande sociétale et l'offre des secteurs privés, ainsi conduisent en général à une intervention des pouvoirs publics. La « *régulation* »

² P. David insiste particulièrement sur les effets dus à la standardisation.

avait ses raisons : nécessité de contrôler les tarifs, continuité du service, maintien de l'ordre public, absence de discrimination, besoin de planification, importance des externalités, enjeux stratégiques, y compris au sens militaire du terme. Le service public forgeait sa doctrine dans le domaine des réseaux. Mais cette tendance lourde vers le service public ne doit pas faire oublier la propriété essentiellement privée et la soumission aux lois du marché qui caractérisèrent les premiers réseaux urbains. (Dupuy 1991)

Cette logique économique ou cette logique du marché se reflète tout au long de la vie d'une technique ou d'un service, qui démarre par la production de l'innovation dans le privé, en passant par la maîtrise des intérêts collectifs par les pouvoirs publics. Dans le domaine de transports et de réseaux, après les intérêts tirés par les fournisseurs de véhicules et de services, les acteurs publics interviennent pour les intérêts fonciers. Voici un terrain où les collectivités retrouvent toute leur légitimité de relayer les intérêts en place, car les réseaux possèdent toujours des liens forts avec les éléments bâtis. Il faudrait noter, et on y reviendra dans le prochain paragraphe, que les évolutions technologiques, substituant d'autres formes énergétiques à l'effort humain, notamment à la marche à pied, ont joué un rôle notable dans l'extension de l'usage de l'espace. La généralisation des réseaux techniques fait évoluer les espaces sous les aspects fonctionnels, morphologiques et culturels.

Il existe des relations évidentes entre certains réseaux et les bâtis, par exemple, les transports collectifs lourds, sous contrainte géographique, sont souvent construits dans les endroits où il engage le moins de contraintes techniques. Sous l'angle économique, le choix se fait souvent là où il implique la moindre de consommation de ressources, d'énergie, ou le moindre coût. Ces tensions sont moins évidentes dans le cas du tracé sinueux d'une ligne

de transport collectif lourd à travers une agglomération. La sinuosité du tracé engendrant une inefficacité de service s'explique parfois par la concurrence entre plusieurs municipalités voisines le long de cette ligne, et plus généralement par les enjeux politiques (L'Hostis 2014). L'usage des espaces qui se poursuit peut donc être justifié par les rapports de forces. Dans les futurs deux sous-sections, nous parlerons respectivement les relations des réseaux techniques avec les bâtis (valeur foncière), et avec les pouvoirs publics (valeur publique).

1.1.2.2 La régulation des réseaux de transports avec les bâtis – Foncier

Nous avons vu dans l'introduction de cette sous-partie que le corpus théorique de l'urbanisme naissant s'incorporait parfaitement dans les réalisations, plus particulièrement, dans les œuvres des grands visionnaires, qui font de l'urbanisme un métier de génie dans la ville. De Haussmann à Le Corbusier, en passant par Cerdà, Hénard, Soria y Mata, Howard, Sitte et Wright, toutes les fonctions de la ville, y compris les circulations sont parfaitement incluses dans les plans de villes, et concrétisées dans leurs quelques réalisations. Leurs visions, donnant naissance à l'urbanisme et focalisant sur une ville circulaire, rencontrent de nombreux obstacles dans les pratiques urbanistiques.

Que ce soit une rénovation d'un quartier ancien, ou l'ouverture à l'urbanisation d'un terrain vierge, la question des valeurs foncières et immobilières des propriétés est toujours au centre du conflit. À la fin de XIX^{ème} siècle, l'urbanisme a enfin compris qu'il a fallu acquérir la propriété, par un acteur public ou privé, avant toute action de construction, destruction ou de réaménagement ; que cette propriété soit protégée par la loi ; et que les droits de constructions soient régularisés par les règles précises (Gaudin 1989).

Une forte demande de logements et des terrains d'activités, un désordre des flux de déplacements, une urgence de lutter contre la spéculation : c'est dans ces circonstances que les règles d'urbanisme ont été créées, justifiant les actions publiques urbanistiques et les règles pour les propriétaires. Un outil puissant, Le Plan d'Urbanisme, s'applique au fur et à mesure dans de nombreux pays, y compris l'Allemagne, la Grande-Bretagne, et la France, au début du XX^{ème} siècle. Il vise à fixer les trames des rues et des aires à destination de différentes fonctions urbaines. En achetant les terrains, les municipalités se servent des Plans d'Urbanisme pour envisager d'importantes redistributions financières. En France notamment, la Loi d'Orientation Foncière (LOF 1967) (Comby 1997) a su soutenir les institutions politiques dans la pratique de l'urbanisme par l'affectation des espaces à valeur foncière et immobilière complexe. Cette loi a établi les principaux documents d'urbanisme, employé ensuite par toutes municipalités, pour un aménagement décentralisé : le Plan d'Occupation du sol (POS), Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (SDAU), Coefficient d'Occupation des sols (COS) et Zone d'Aménagement Concerté (ZAC), etc., où les intérêts fonciers ont été toujours au centre du sujet.

En France, l'observation foncière et immobilière est effectuée à l'échelle d'une agglomération ou d'une région. Le SCOT, en tant que schéma intercommunal, assure la cohérence des différentes politiques sectorielles, participe à l'élaboration d'une politique foncière en amont pour les 20 ans à venir. Puis, le Plan Local d'Urbanisme (PLU) identifie des orientations d'aménagement propres à certains quartiers ou secteurs dans l'intégralité du territoire d'une commune ou d'un établissement public de coopération intercommunale (EPCI). Il a pour objet de préciser un programme spécifique pour un emplacement réservé, ou un secteur réservé.

Le PLH, quant à lui, est un outil de mise en œuvre des politiques locales de l'habitat. Il vise à apporter des solutions opérationnelles en précisant les secteurs d'intervention prioritaires pour les intercommunalités, et en s'interrogeant sur la faisabilité réelle des objectifs affichés avec les secteurs ou les territoires retenus au sein de l'agglomération. Mettant de côté son articulation avec les autres documents d'urbanisme (SCOT, PLU), le PLH se dote notamment d'un volet foncier, lui permettant de diagnostiquer l'offre foncière et de réfléchir au programme d'actions afin de mettre en œuvre les interventions en matière foncière.

Les acteurs publics disposent aussi d'instruments plus opérationnels. Le COS peut s'avérer très utile afin d'inciter à une diversification de fonctions et de favoriser la construction de logements sociaux notamment, mais il doit être manié avec précaution, et s'avère d'une plus grande efficacité s'il est combiné avec d'autres règles morphologiques (volume des édifices, hauteur urbaine...) (Dupuy 1975). De plus, la ZAC est devenue un mode pour les projets de grande envergure. Elle est conçue pour engager de nouvelles urbanisations, ou restructurer fortement des zones aux usages inadaptés. Même si la possession des terrains n'est pas un préalable obligatoire à la création de la ZAC, une opération de ce type nécessite une bonne évaluation dans le cadre du bilan financier et une prise en compte de la charge foncière (Certu 2007).

Il existe encore bien d'autres dispositifs pour la maîtrise foncière : le droit de préemption urbaine (DPU), la zone d'aménagement différé (ZAD), les baux de longue durée, etc.

Selon le principe de zonage, il est en effet relativement simple d'attacher des valeurs aux parcelles de sols, aux héritages patrimoniaux, ou bien, aux intérêts collectifs ou privés. Ces valeurs s'établissent sur des morceaux de terrain propres, dans ou autour des lieux d'habitation ou d'activités. L'ensemble de ces valeurs

constitue ce que Cerdà appelle l'*habitabilité*. Pour lui, l'îlot correspond au séjour, et la voie au mouvement dans la ville ; et la ville elle-même se définit comme « un écart d'habitabilité dans le grand système de la *vialidad* universelle ». Les valeurs, liées aux sols que l'on qualifie de « foncières », revêtent donc une signification fondamentale reconnue au moins depuis cette époque, et même avant toute pensée urbanistique. Ces valeurs foncières, historiquement marquées par leur monumentalité et leur faible distance au centre, s'expriment aujourd'hui avec force par la densité de l'espace bâti et la connexité aux équipements publics.

Aujourd'hui, les promoteurs ont tendance à élever les édifices afin de créer plus de surfaces de plancher, notamment dans les localisations qui présentent la meilleure connexité. Cette inégalité de densité, liée à la spéculation foncière et immobilière, a pourtant été strictement contrôlée dans l'ère de l'urbanisme naissant. Cerdà cherchait à empêcher la surdensité en fixant une densité uniforme dans ses plans d'extension de Barcelone. Ses règles ont été transformées en codes d'urbanisme pour la période récente, pour continuer à maîtriser l'inégalité de densités et la périurbanisation. A un siècle de distance, la périurbanisation se déroule en accompagnement d'une croissance démographique rapide. Le XX^e siècle est marqué par une vague de construction, une élévation de la vitesse de déplacement, et une déconcentration de la vie urbaine. La conséquence est une dilatation en trois dimensions, soit en hauteur, soit par emprise au sol, qui aboutit à une inégalité croissante de la densité.

Pourtant, cent ans plus tard, la pression démographique se réduit, se ralentit, voir disparaît. Les espaces constructibles, rendus accessibles par les réseaux, dépasse largement la superficie nécessaire pour accommoder une population qui se stabilise. Mais la tendance de construction rurale continue, poursuivie par l'exode rural en raison de l'offre de parcelles à coût

modéré. Les flux excessifs vers les périurbains à partir du centre-ville traduit clairement l'état d'occupations de sols par l'habitat et par les activités. Les axes portant ces flux, dans toutes directions possibles qui forment une toile d'araignée, représentent toutefois des trous, des espaces inoccupés. Cela ressemble à des taches noires entremêlées des vides mal versé d'une cartouche d'encre. L'étalement urbain qui se poursuit rompt avec les tendances antérieures, au profit de l'actuelle fragmentation spatiale aux densités disparates.

A travers une analyse des règlements urbanistiques, nous observons une adaptation aux évolutions sociétales et aux changements des paysages urbains. Le coefficient d'occupation des sols (COS) a été créé en 1958 pour lutter contre une trop grande densité pour des raisons de salubrité. En un demi-siècle de temps, à l'opposé des objectifs de limiter la densité par un seuil maximal, le code de l'urbanisme dans l'article L123-1-5, alinéa 13, impose – via les PLU des zones délimitées affectées – une densité minimale de construction, « dans des secteurs situés à proximité des transports collectifs existants ou programmés », n° 2012-955 du 6 août 2012. Début 2014, la loi ALUR (loi pour l'Accès au Logement et un Urbanisme Rénové) vise à supprimer le COS, considéré comme n'étant plus adapté. L'objectif de cette suppression est de densifier les secteurs déjà urbanisés, objectif qui était déjà contenu dans les lois précédentes relatives à l'urbanisme (loi SRU de 2000, Loi urbanisme et habitat de 2003). La lutte contre une trop grande densité dans les quartiers selon le modèle haussmannien se transforme en lutte contre une trop faible densité ne pouvant garantir une dynamique urbaine suffisante. Comme observé, la loi ALUR pourrait toujours être modifiée pour imposer des nouveaux coefficients, sous le nom de COS ou non. Mais la notion de densité persiste tant par une contrainte minimale que par les contraintes maximales.

En fait, la définition des seuils de densité est non seulement un moyen pour le contrôle de la répartition de la population, mais aussi une mesure pour maîtriser l'exploitation des sols et pour juguler les déséquilibres dans le marché foncier, parfois un levier possible pour maintenir l'équité sociale parmi les différentes catégories de ménages. Une collectivité dispose en effet de nombreuses méthodes réglementaires pour défendre l'équilibre social de son territoire (maintien du parc de logements sociaux d'un certain quota, les acquisitions foncières en vue d'un projet d'aménagement, etc.).

Malgré tous les instruments mentionnés précédemment, il s'avère que le problème foncier reste posé et ne peut être dissocié d'autres problèmes territoriaux. Plus l'outil foncier est ciblé et opérationnel, plus le territoire est traité de manière sectorisée et parcellisé. Héritée des infrastructures délimitant nos espaces dans lesquels de différentes fonctions sont clairement réparties dans les îlots, la ville est conçue de façon sectorisée. En appliquant bêtement les coefficients et les fonctions définis dans les outils fonciers, l'urbanisme conventionnel a tendance à faciliter la division parcellaire par secteur et la fragmentation des espaces. Certes, cet aménagement centré sur le foncier a de grande importance, mais il promeut excessivement le zonage qui peut entraîner un déséquilibre avec le contexte environnant. Lorsque le rôle de zonage est trop marquant, celui des réseaux est facilement négligé.

Nous avons compris d'ici que les seules valeurs liées au sol, autrement dit, les intérêts fonciers propres, ne suffisent plus pour représenter la valeur généralisée d'une localisation. L'*habitabilidad*, pour reprendre le terme de Cerdà, nécessite davantage d'inclure sa notion de la *viabilidad* pour être comprise (l'habitabilité et l'accessibilité si j'ose traduire). *Quid* de la connexion urbaine et comment on peut la mesurer ? Peut-on corriger le contresens du maillage en assumant un urbanisme incorporant le

rôle fondamental des réseaux ? De nombreuses recherches et expériences actuelles visent à mieux faire interagir la parcellisation des sols et la structure des réseaux. Il nous semble qu'un point de convergence central de ces différents objectifs est d'axer le développement urbain autour des nœuds de transports publics, en particulier les gares, qui offrent souvent de nombreuses opportunités foncières. Des implantations de logement, d'entreprises et de services articulées aux gares et points nodaux de transports publics composent une configuration compatible avec les différents objectifs des politiques urbaines actuelles. Mais l'effort à consentir par les acteurs publics et les enjeux de la coordination restent considérables.

1.1.2.3 Les équilibres dans la gouvernance

En 1973, Murray Bookchin critique radicalement l'urbanisme contemporain qui n'a pas le pouvoir de planifier puisque l'espace est d'abord structuré par la bourgeoisie et les forces économiques. *La vieille métropole avec son centre et ses banlieues a été rejetée aux marges de l'économie, surtout dans la société américaine, et tout cela dans l'inconscience d'une aide publique massive, assortie de moyens inouïs de planification urbaine !*

La France, longtemps marquée par une intervention venant du haut, manifeste un décalage de développement économique par rapport à la société américaine, mais subit tout de même aux critiques de certains urbanistes. En employant les termes de Marcel Roncayolo, « *Le rêve orgueilleux et totalitaire de traiter la société à travers les formes spatiales échoue. Le grand renversement des années 1970, c'est la conscience de cette limite, la fin de la représentation projetée* (Roncayolo et Brun 1985). »

De manière générale, la question de la spécificité des pouvoirs politiques territoriaux se pose. Le territoire n'est pas une ressource renouvelable. Il est à la fois à la base de l'organisation publique, le résultat d'une histoire

longue, et le support d'une culture. Il reflète donc la façon dont les politiques territoriales se coordonnent, et selon quelles approches culturelles ou quelle tradition elles se déploient.

Premièrement, le débat sur la façon de gérer le territoire est vif. Sur le thème de la coordination entre transports et urbanisme, Kaufmann aborde la polémique opposant « gouvernement » et « gouvernance » ((Kaufmann et al. 2003). Le modèle de « gouvernement » met en avant le rôle régulateur de l'administration dans son sens le plus fort, et insiste sur l'importance de la légitimité et surtout le volontarisme de l'action publique. Au contraire, le modèle de « gouvernance » insiste sur le rôle incitateur de la même administration, sous une forme souple de management, où la mise en œuvre s'effectue à travers un réajustement économique et social de la société. Au lieu d'imposer une organisation rigide, ils proposent un partenariat complexe, mais des modes souples d'articulation. Sans entrer dans le détail, il est évident qu'il est nécessaire d'analyser en profondeur les procédures de coordination et les conditions de leur efficacité, qui font l'objet de thèses en analyse politique. Dans ce travail de recherche, nous ne prétendons pas mener des analyses poussées sur les procédures politiques. Plutôt que de mener une thèse sur le mode de gouvernance, nous explorerons les nouvelles possibilités d'aide à la décision pour anticiper les effets des actions publiques concrètes.

Deuxièmement, la question du rôle de l'administration et de son organisation est centrale pour les politiques territoriales. En effet, lorsque l'administration a été organisée de manière hiérarchique et de plus en plus sectorielle, comment mettre en place des structures qui permettent une transversalité horizontale (dans la hiérarchie) et longitudinale (entre secteurs) ? Quelle organisation est adaptée et adaptative au contexte actuel et futur du terri-

toire ? Plus concrètement, dans des procédures d'aménagement souvent complexes, jusqu'où l'administration peut-elle assurer son rôle ? Comment les enjeux de pouvoirs s'organisent-ils, autour des questions techniques, ou politiques ? Si elle ne peut anticiper les effets, peut-on au moins évaluer ex-ante le succès ou l'échec d'une politique sur les résultats affectés ?

Il semble moins ardu de répondre au deuxième questionnement qu'à celui posé dans le premier débat. Nous rappelons que le territoire auquel les politiques d'aménagement s'adressent n'est pas une ressource renouvelable et que les actions concernant l'espace géographique ont des incidences à beaucoup plus long terme que d'autres politiques (politique de santé publique ou de recherche par exemple), ce qui met la notion de durabilité au premier plan de leurs enjeux. Théoriquement, les politiques à incidences spatiales mettent en jeu une multitude d'acteurs de différents niveaux institutionnels – transversalité horizontale – entre l'état, la région, le département, la métropole, la municipalité, etc., et aussi appartenant des secteurs très divers – transversalité longitudinale – entre les secteurs de transport, d'urbanisme, d'aménagement, et d'environnement. Il faut aussi mentionner le fait qu'au sein d'une même institution, il peut exister des orientations discordantes (service des stationnements versus service des transports publics), en plus d'intérêts disjoints entre les acteurs de différents types (administrations publiques ou opérateurs de transport par exemple). Si nous ajoutons à cela la question de la concertation des citoyens ? Cet ensemble d'acteurs implique parfois des négociations interminables qui débouchent sur des conclusions partielles, limitées à la seule question technique et concrète posée.

Ces quelques remarques montrent la complexité d'une action relative au transport et au territoire d'une agglomération qui se trouve,

d'une part, aux carrefours de niveaux institutionnels multiples, de la commune à l'état, voire à l'Union Européenne, et, d'autre part, au carrefour d'actions publiques multiples : environnement, transport, aménagement du territoire, etc. Cette multiplicité d'acteurs et de niveaux constitue une des caractéristiques propres à l'ensemble des politiques territoriales.

En réalité, pour la réalisation de certains projets ponctuels on ne peut pas attendre de réunir les conditions d'une négociation traversant toute la hiérarchie ou croisant tous les secteurs. En effet, la décentralisation française a donné à chaque maire une légitimité dont le pouvoir urbanistique paraît être l'emblème. L'aménagement du territoire est défini à partir d'une loi-cadre qui laisse une grande marge de manœuvre aux communes. Des maires voulant œuvrer pendant leur mandat dessinent l'avenir de leurs communes par la réalisation de quartiers de ville. Le choix du terme traduit bien les limites des actions communales : elles s'arrêtent aux frontières des villes et se limitent dans une seule et même commune. Dès que le périmètre d'action dépasse la limite communale, la nature de l'aménagement change, ce qui suppose le plus souvent un allongement de la durée d'achèvement. On multiplie les tâches et on complexifie le processus. La mise en place d'une action urbanistique intercommunale implique une coopération, une négociation, donc une coordination.

Pourtant, l'urbanisme réticulaire, nécessite des actions qui dépassent le plus souvent les périmètres communaux. Plus particulièrement, dans un contexte actuel de métropolisation, la question de la mobilité à l'échelle de l'agglomération est largement liée au transport à l'échelle régionale. Un projet portant sur la connexion à distance touche plusieurs communes le plus souvent. Quand il s'agit de mettre toutes communes en interaction, de sorte que chacune est associée à une autre ou plusieurs mais fait partie de l'ensemble, en

même temps, chacune joue un rôle plus ou moins différent, plus ou moins important, une composition purement architecturale ou paysagère ne suffit plus. Dans l'architecture institutionnelle actuelle, l'intercommunalité, poussée par la décentralisation, n'efface pas la responsabilité édilitaire des maires, et cette dernière semble être un obstacle à la territorialisation réticulaire.

Visiblement, un urbanisme s'est enquis d'un périmètre d'intervention adéquat bien avant la loi Chevènement en juillet 1999. La transformation des EPCI, avec les compétences intercommunales grandissantes en matière d'aménagement, est une expérimentation de l'Etat afin de renforcer et faciliter la coopération intercommunale. Or le cadre théorique d'une conception globale d'aménagement existe dès les premières pensées urbanistiques. Poursuivie par des chercheurs et par des praticiens, cette conception urbanistique globale est espérée de devenir un consensus.

Par ailleurs, la question de la coordination et de la cohérence est aussi importante que délicate. Comme remarque J-M. Offner, « *Cumordinatio*, mettre en ordre ensemble... Coordonner n'est pas une mince affaire. (Offner 2003) » La coordination renvoie à un ensemble complexe de programmations, de procédures, de projets, de régulations, de suivis concourant aux mêmes objectifs. « Sans coordination, pas de cohérence, donc pas de politique. » Pour cause de multiplication des intervenants, de dilution de pouvoir, et surtout de division de l'action publique, la coordination et la cohérence restent extrêmement difficiles à atteindre.

Mais la question de fragmentations urbaines est profonde et globale, comme le pose Illich (Illich et Lang 1973): la spécialisation liée à la fragmentation du savoir technique est un trait de la modernité. Il s'agit ici d'une culture de travail, ancrée dans la société d'aujourd'hui, dans laquelle la spécification des secteurs et la

fragmentation de pouvoir domine toute action. Ni l'éducation ni le corps de métier ne poussent vers une transversalité ou une vision panoramique des questions territoriales.

Au-delà de la complexité organisationnelle de la gouvernance et de la coordination, les opérateurs restent en quête d'une démarche planificatrice apte à lier durablement les politiques de déplacements et d'urbanisme. *En Europe au moins, le contrôle des collectivités locales et l'absence de coordination des « opérateurs » de services empêchèrent en général un développement urbain « par les réseaux ».* (Dupuy 1991) La correspondance entre réseaux et densité du bâti ne doit pas se réduire qu'à diverses formes de normalisation, liant la construction d'immeubles et desserte par les réseaux, mais doit s'ouvrir à une conception « par les réseaux ».

Nous proposons de développer l'idée d'une territorialité « par les réseaux ». Différente de la territorialité humaine que nous avons définie précédemment, la territorialité de réseaux a trait aux territoires marqués par les réseaux de transports. Celle-ci ne se limite pas aux seules zones de chalandise, définies par les dessertes, mais génère et représente un territoire spécifique de réseaux. La territorialité de réseaux désigne une propre organisation de réseaux vis-à-vis à la territorialité humaine. La forme d'un réseau découle le plus souvent d'un rapport des forces dans l'espace. En d'autres mots, la délégation des pouvoirs affecte la territorialité du réseau. Justifié par l'objectif de satisfaire au mieux un besoin collectif de base, le réseau réel construit un territoire orienté. « Ce sont les réseaux qui assurent le contrôle de l'espace et le contrôle dans l'espace », écrit C. Raffestin, et « tout réseau est une image du pouvoir du ou des acteurs dominants ». En effet, un réseau peut impliquer l'engagement de nombreux acteurs et être objet de rapports de forces. Ces pouvoirs provenant des différents acteurs s'imposent sur le réseau, et ainsi influencent sa territorialité. En

ce sens, la territorialité de réseaux appelle concertation et coordination.

Il est remarquable de noter que la territorialité de réseaux possède une forte stabilité temporelle, plus grande même que celle de la territorialité humaine, parce que les réseaux impliquent non seulement de lourds investissements techniques, économiques et politiques, mais représentent aussi une empreinte spatio-temporelle à usage collectif. Il est donc essentiel d'exprimer ces territorialités par les réseaux mêmes et par leurs relations avec le territoire, ne serait-ce que d'incarner la hiérarchie des nœuds-espaces dans un corridor de TCSP, ou de répartir les fonctions-pouvoirs sur l'ensemble de territoire-réseau de manière comparable et équilibrée. Déléguées par l'administrateur, les opérateurs de réseaux sont en charge de ces expressions, et arbitrent les rapports entre les réseaux et son environnement. Encore une fois, il ne s'agit pas de donner une place prédominante aux réseaux plutôt qu'aux éléments bâtis, mais de promouvoir une démarche intégratrice lors de la mise en action des planifications transversales.

1.1.3 L'ÉQUILIBRE ENTRE LA VILLE ET LES RÉSEAUX

Nous avons vu avec les équilibres précédents que l'urbanisme est doublement fondé sur la notion de réseau. Dans le champ de la théorie d'abord, puisque les penseurs théoriques de l'urbanisme ont accordé aux réseaux une place majeure dans leur conception de la ville dès les premières pensées urbanistiques jusqu'à nos jours. Dans le champ de la ville réelle également, puisque la réalisation des réseaux, qui, *de facto*, organisent la ville depuis toujours, appelle une intervention au service de la collectivité dans ses aspects économiques, politiques et techniques.

Cerdà apparie les réseaux et la ville dans son mémoire de trois tomes, intitulé Théorie Générale de l'urbanisation. C'est cet ouvrage qui

fonde la proposition d'I. Cerdà³. Certains auteurs interprètent Cerdà de manière à mettre l'accent sur son concept d'accessibilité (*vialidad*), exprimant un but ultime de pouvoir se déplacer rapidement et directement, mais il se distingue des urbanistes qui séparent les réseaux de la ville. Au contraire, Cerdà cherche à éviter le divorce entre la ville et la modernité apportée par les réseaux, et veut rendre au citoyen le désir de l'urbanité. Il a contribué dès la naissance de l'urbanisme, longtemps avant ses successeurs – les pratiquants du métier de l'urbanisme – à un paradigme moderne du réseau⁴ placé au centre de l'urbanité.

Si Cerdà a seulement hiérarchisé les voies de circulation sans définir les modes de déplacement, Wright avait imaginé un système complexe d'espace-réseau avec de multiples modes de vie et de déplacement. Sa *Broadacre city* (Wright 1923) (Wright 1935) est constituée d'un tissu-urbain installé dans la nature, doté d'une connexion en tout lieu, et une flexibilité permanente ; où le réseau de déplacements et de communication est la structure de base pour son utopie.

Soria y Mata, lui aussi, raisonne explicitement selon la coordination entre la localisation et de connexion lorsqu'il conçoit sa *Ciudad Lineal*. Il a en même temps instauré la notion de temps dans sa conception : « La forme d'une ville est ou doit être une forme dérivée des nécessités de la locomotion... (Elle) sera parfaite lorsque la somme des temps employés pour aller de

chaque maison à toutes les autres sera au minimum : tel est le cas dans les cités linéaires (Soria y Mata 1984). »

L'étude de ces théories publiées il y a plus qu'un siècle conservent un intérêt pour l'urbanisme actuel. La morphologie des villes change avec les réseaux. Le fait que les visions de ces penseurs aient été altérées par les évolutions réelles de la ville n'enlève rien à l'acuité et à la pertinence de leurs propositions. En effet, la croissance urbaine de ces dernières années s'est développée selon un double axe. Premièrement, la périurbanisation, consiste dans l'extension urbaine dans des espaces autrefois ruraux. Deuxièmement, le métropolisation, renvoie à un développement de vastes zones métropolitaines, caractérisées par une plus forte concentration des emplois que de l'habitat (Schuler et Joye, 1995), et accompagnée d'une répartition du pouvoir dans les plus grands centres urbains au détriment des unités urbaines plus petites. Dans ces tendances, bien entendu, les systèmes de transport ont joué, et jouent dans les deux cas un rôle important. La propagation des modes de transport divers et leurs services associés ont permis la possibilité de la maîtrise d'un espace-temps considérablement étendu, tant pour les citoyens que pour les aménageurs. De fait, l'espace-temps est un terme qui a été inventé pour accompagner ce double cursus de périurbanisation et métropolisation.

Jacques Riboud écrit en 1971 : « C'est le temps de parcours qui compte et non la distance (Riboud 1981) ».

³ Outre l'édition en langue espagnole de la *Teoría general de la Urbanización*, on se reportera utilement à l'ouvrage français publié sous la direction de F. Choay : « Ildefonso Cerdà - La théorie générale de l'urbanisation », présentée et adaptée par Antonio Lopez de Aberasturi, Paris: Editions du Seuil (1979).

⁴ Cf. L'étude très pertinente publiée lors de la redécouverte de Cerdà par Aruro Soria y Puig. L'article établit d'intéressants rapports entre la pensée de Cerdà et celle de Soria y Mata. (Soria y Puig 1967)(Soria y Puig 1967).

En effet, le terme espace-temps décrit bien une transformation sociétale profonde. Le changement de l'urbanité passant de la « pedestrian city » à la « networked city » (Tarr 2005), marquée par un accroissement considérable des réseaux, des distances parcourues, ainsi que de la mobilité quotidienne, d'une part ; et le changement de la cognition géographique de la distance, la maîtrise du territoire et des modes de déplacement, d'autre part. L'avancée des techniques est souvent considérée comme l'accusé principal de l'allongement des distances parcourues, car cette dernière a rendu possible la construction des réseaux de transports, l'apparition de divers modes de déplacement motorisé (Salomon et al. 2013). Cependant il faut noter que l'augmentation de la vitesse moyenne de déplacement en ville n'est pas proportionnelle à la lourdeur des investissements techniques consentis pendant les 150 dernières années. Pendant les douze ans séparant 1982 et 1994, la vitesse moyenne de déplacement a seulement augmentée de 19km/h à 25km/h (INSEE, 1994)⁵. En fait, la vitesse maximale que l'on peut atteindre est largement augmentée. Certaines classes de population aisée sont capables de se déplacer plus loin en employant un mode de transport plus rapide. Mais la moyenne de vitesse ne surmonte à un ordre supérieur, ce qui explique l'extrême inégalité de vitesses et de mobilité.

La vitesse moyenne a peu augmenté au même moment où la densité moyenne s'est même atténuée. Ces tendances sont associées l'une à l'autre selon un processus que l'on peut voir comme une double bipolarisation. Une bipolarisation du métropolisation et de la périurbanisation, reflétée par la répartition plus en plus

hétérogène de la densité ; et une autre de modes doux et de modes extrêmement rapide, reflétée par une inégalité de vitesse de déplacement. Certains trouvent ce double processus inévitable et que ce dernier symbolise justement la modernité de l'urbanité. La disparité des formes urbaines accompagnée d'une inégalité de la mobilité caractérise le développement des espaces urbains actuels, et des modes de vie dans un futur proche si aucune action n'est introduite (Donzelot 2004).

Nous allons développer les relations respectives entre la vitesse et l'urbanité, et entre la densité et l'urbanité plus tard. L'Europe en général, que ce soit la France ou l'Angleterre, semble promouvoir une forme urbaine compacte et affiche une volonté de lutte contre l'étalement. Les objectifs énoncés par Le Corbusier, où il est économe et rationnel d'occuper les espaces de façon condensée, se poursuit. Au-delà du contrôle d'une consommation excessive de sol, il est admis que la densité peut engager un mode collectif de consommation plutôt qu'un mode individuel, en plus de susciter une interaction sociale plus intense par le biais de la proximité. En Europe, dans un contexte de difficulté d'accès au logement à cause des prix fonciers élevés au centre, le développement urbain a été porté jusque dans les années 1970 par la réduction constante des prix de l'énergie (Pfister, 1995) et par l'augmentation générale du bien-être qui l'accompagnait (Güller et Breu, 1996). Tout cela s'est manifesté par un urbanisme toujours en rattrapage, basé sur une pratique du « zonage », où le territoire est subdivisé en zone d'une certaine fonction et où le rôle des réseaux est réduit à celui de connecteur. Nous cherchons à mettre en place cet urbanisme correcteur des

⁵ Issu d'une étude de l'INRETS, sur deux enquêtes de déplacements à l'échelle nationale, réalisées respectivement entre 1981-1982 et entre 1994-1994 dirigées par l'INSEE.

problèmes entraînés par le marché, et anticipent les inégalités pouvant être causés par les secteurs privés.

Outre les déséquilibres mentionnés, les transformations récentes de l'espace urbain ont entraîné le développement d'un cercle vicieux de dépense publique. La forte demande d'infrastructures de transport est elle-même en partie le produit d'une offre tout aussi remarquable. Ces infrastructures ont exigé et vont continuer à exiger un financement important, dû aux réflexions concernant les accessibilités à ces infrastructures. Les aménités supplémentaires dédiées à l'accès aux infrastructures sont aussi coûteuses que celles proprement dévouées aux circulations.

En plus, la course à la vitesse crée un effet de tunnel, ainsi la discontinuité dans l'espace (L'Hostis 2014). Pour les usagers, le temps de déplacement inclut non seulement le temps dans le transport, mais aussi le temps passé dans les ports, les stations, les gares, les hubs d'échange, bref le temps d'accès et d'attente. Le sacrifice de temps d'existence et d'espaces pour une recherche de vitesse est parfois disproportionné. L'espace de vie des citoyens, est ainsi délimité par les réseaux, et découpé par les parcelles de bâtis.

Le réseau est toujours le lieu de ces mutations du rapport espace/temps. ... Ce n'est pas tant la vitesse pure du véhicule ou du signal, de la fusée, de l'impulsion ou du rayon lumineux qui importe à ceux que l'on a cités. C'est la possibilité de disposer de cette vitesse en de multiples points de l'espace, sans que sa mise en œuvre se heurte aux obstacles de bifurcations, correspondances, etc. La dimension cinétique du réseau est donc fortement liée à la dimension topologique ...

(Dupuy 1991)

Si l'on voit le territoire comme un espace discret, ou discontinu, alors chaque point dans

cet espace est marqué par des vitesses différentes (Ollivro 2000). Chaque couple point-vitesse génère des relations assurant la circulation des personnes, des objets et des informations dans un rapport espace-temps différent (Chardonnel 2001). La difficulté de l'urbanisme aujourd'hui est de comprendre le sens de cette urbanité, et d'offrir une variété de vitesses propice à la vie des hommes, et permettant d'accéder à toutes les activités que l'on peut imaginer (Hägerstrand 1970).

Après avoir abordé les multiples relations entre la ville et les réseaux, nous avons à la fois aperçu les désaccords entre la théorie et la réalité, et constaté des déséquilibres. Il est encore plus difficile de rattraper les insuffisances dans l'urbanisme dans un contexte où d'autres enjeux sont reconnus. Mis à part les enjeux économiques et sociaux, ceux relatives à l'environnement et l'énergie ne peuvent être ignorés. En France, la conscience de la nécessité d'économiser les ressources date réellement de la fin du XX^e siècle au début du millénaire. La durabilité est recherchée dans tous les secteurs de l'urbanisme. Aujourd'hui, la préservation de la ressource sol et de l'environnement, la concurrence territoriale et les possibilités de financement réduites font partie des préoccupations principales de l'État et des collectivités territoriales en matière de politique d'aménagement du territoire et de transports.

Et ce d'autant plus que l'investissement et le fonctionnement des réseaux et les investissements immobiliers supposent un contexte stable, un accord collectif inscrit dans une perspective à long terme. Il est donc essentiel de fixer les éléments majeurs tels les chemins de fer, les routes principales et les grands équipements dans le plan d'urbanisme. Les autres éléments peuvent s'incorporer dans la ville avec plus de flexibilité. Que la logique soit économique, sociale ou environnementale, les occupations des sols trouveront toujours leur justification la plus forte là où les réseaux sont

les plus accessibles. Autrement dit, la durabilité s'établit là où l'ensemble d'espace-temps dans un territoire est minimum.

L'objectif n'est pas de réduire le nombre de déplacement en limitant la fourniture de fonctions urbaines. Au contraire, il s'agit de rendre notre espace de vie convivial par une richesse en fonctions urbaines qui sont atteignable agrément en modes doux. Si l'interaction entre le système immobilier et les réseaux se réduisait à un développement adjacent des bâtis, le rôle des réseaux resterait toujours passif, et l'occupation des sols resterait peu optimisée du point de vue de la durabilité.

En effet, la coordination entre la localisation et la desserte est facilement négligée en raison du vaste corps de métiers de l'aménagement territorial. Au cours du développement de l'urbanisme, les métiers d'aménagement de réseaux se séparent de celui d'aménagement de quartiers. Les acteurs travaillant dans les secteurs de transports se focalisent sur la performance des moyens de déplacement tandis que les aménageurs focalisent sur la qualité de l'habitat ou d'autres activités économiques. En raison de la spécialisation dans le corps de métier, cette séparation continue, voire s'accroît en raison de l'avancement de techniques. L'ingénierie exigée dans chaque spécialité de l'urbanisme est pointue, et demande une accumulation de formation et d'expérience. La complexité dans chaque spécialité n'autorise pas facilement une vue globale sur l'ensemble du métier d'aménagement.

Prenons l'exemple de l'automobilisation au XX^e siècle au cours duquel la façon de consommer l'espace et les modes de vie ont été modifiée en profondeur. La morphologie territoriale n'a pas été la première chose à être affectée, et la focalisation se pointait vers les ingénieries des véhicules et des infrastructures dans un premier temps. Il a fallu attendre de voir les phénomènes massifs, comme la mise en réseau des voiries routières et l'évasion vers

le rural que les urbanistes commencent à réfléchir sur les effets de la périurbanisation.

Un certain aveuglement est parfois présent aussi même dans le même secteur faute de communication. Au moment où l'usage de l'automobile prenait une place dominante dans les parts modales, les acteurs publics travaillant pour les transports collectifs s'enferment encore dans leur tour d'ivoire. *Ils étaient tenus d'avoir des rapports étroits avec les exploitants des réseaux. Ils furent manifestement influencés par les seules statistiques aisément disponibles à l'époque en matière de déplacements urbains, c'est-à-dire celles que leur fournissaient les compagnies de tramway. Or le discours des responsables du tramway est, jusqu'en 1935, lénifiant. Souhaitant conserver leurs rentes de situation, ils s'efforcent de faire croire que leur trafic continue de s'accroître et s'accroîtra davantage encore dans l'avenir. Il faut attendre 1935 et un changement de cap destiné à obtenir un financement des pouvoirs publics pour que la crise soit reconnue.* (Dupuy 1984)

Nous ne souhaitons pas dénoncer une naïveté de certains aménageurs, ni une focalisation abusive sur les chiffres faussés, mais une coordination inachevée entre les différents métiers de l'aménagement. La nature des métiers de l'urbanisme exige une interdisciplinarité, et une forte volonté de voir les situations par le haut. La capacité de juger la pertinence de statistiques et d'analyser les situations réelles se développent en fréquentant d'autres acteurs de domaines variés. Pour éviter un écart d'orientation de développement trop important entre les offres d'activités et ceux de déplacement, les problématiques provenant de l'autre domaine nécessite une prise en compte.

Dans le traitement de la problématique comme le développement durable, cette question de coordination reste posée. Il s'agit de satisfaire les habitants soucieux d'améliorer

leur cadre de vie, à commencer par leurs lieux d'activités, d'une part, et d'offrir la possibilité des mobilités écologiques, plaidants pour les modes de transports peu destructeurs à l'environnement, d'autre part. La coordination entre la ville et les réseaux réside dans une interprétation partagée et durable des modes de vie futurs. Dans les orientations économiques, environnementales et sociales où les politiques d'aménagement et de transports sont spécifiées séparément, il s'agit de trouver un prospectif en commun et les points d'entrées.

La question est donc de trouver des lieux d'interventions : où peut-on situer les actions d'un urbanisme coordonnant les localisations et les réseaux ? Les changements se réalisent dans une lente continuité, en accumulant en grande quantité des actions de petite envergure, puisqu'il s'agit à la fois de rééquilibrer l'usage de l'automobile avec d'autres moyens de transport aux effets environnementaux moins indésirables, de réorganiser le management de l'espace de façon économe et conforme à l'économie, mais surtout d'imposer à long terme un plan d'aménagement intersectoriel, en faveur d'un redéveloppement durable.

L'enjeu principal et commun à toutes les actions intersectorielles est la composition des impératifs de plusieurs principes d'urbanisme. Ainsi, l'organisation de la mixité piétons/automobiles dans certaines voies urbaines a trait à la combinaison d'une territorialité humaine et une territorialité du réseau routier. Il peut aussi y avoir substitution, c'est-à-dire utilisation des réseaux pour contrôler l'urbanisme, maintenir la logique de densité et favoriser une vitesse modérée. Ou inversement, utilisation de la forme urbaine, et de la planification spatiale pour relier les réseaux, fluidifier les circulations et améliorer l'accessibilité. La composition des principes d'urbanisme est nécessaire pour façonner les mobilités et marquer le territoire dans un sens souhaité, que ce soit à l'échelle locale (Richer et Vuidel 2011), dans le cas d'une rénovation des gares et des stations, ou à

l'échelle régionale, dans le cas d'une agglomération desservie par des lignes de transport de masse efficaces.

1.1.4 LES POSSIBILITÉS DE COORDONNER L'URBANISME ET LES RÉSEAUX

L'urbanisme a toujours comporté un part d'idéalisme. La pratique apprenait à composer avec la réalité pour obtenir quelques résultats sur le terrain. (Dupuy 1991)

Nous nous sommes beaucoup référés à la vocation historique de l'urbanisme car ce dernier s'est construit à partir d'une « discipline [...] qui se veut science et théorie de la ville, à caractère réflexif et critique » comme le note F. Choay (Choay 1979). Il a été longtemps dominé par des courants théoriques voire idéologiques, mais est ensuite devenu une « pratique » professionnelle dans la ville contemporaine. Est-ce que son corpus théorique et méthodologique est encore adapté à cette pratique ? Quel est le problème entre les courants théoriques et la mise en pratique de ces derniers ?

Le problème est moins dans le fait que la ville se réalise contre l'urbanisme que dans le sentiment qu'elle se réalise à côté ; et que cette évolution n'est non seulement pas maîtrisée mais pas comprise, pas représentée et pas expliquée correctement par l'urbanisme. ... il apparaît que l'urbanisme raisonne à côté de ce qu'est réellement la ville moderne pour la très grande majorité de nos contemporains. (Dupuy 1991)

Cette première partie d'analyse du développement de la ville avec et par les réseaux permet de montrer quelques courants théoriques représentés par les conceptions de quelques précurseurs, en particulier ceux qui mettent en avant l'articulation réseaux-urbanisme, d'une part ; et d'identifier les principales contraintes qui affectent les pratiques urbaines que les aménageurs doivent les prendre en charge : le rôle des données économiques, des possibilités techniques, des contraintes politiques...,

d'autre part. Nous avons pris appui sur l'identification de plusieurs territorialités, celles de maillage, de réseaux, et la territorialité humaine. Le rééquilibrage de la ville et ses réseaux n'est pas une mince affaire, puisqu'il nécessite une gestion de distances et de l'espace-temps, une gestion des vitesses et des densités, et aussi une maîtrise des ressources énergétiques et des sols.

Depuis l'apparition du premier manuel français d'urbanisme (1915) (Gaudin 1989), le zonage des plans d'urbanisme est mis au service, que ce soit pour la défense d'une zone de centralité contre l'éclatement de pouvoir (Dupuy 1975)⁶, ou pour lutter contre la taudification, tant pour récolter les intérêts selon les périmètres différenciés que pour économiser le coût dans la construction des réseaux de transports. Michel Bassand affirme que « La cité et la ville classique sont les produits de sociétés pour lesquelles l'exploitation de la terre est la principale source de richesse et de pouvoir : c'est en fonction de la propriété des sols que les rapports sociaux s'élaborent. Morphologiquement, ces caractéristiques se traduisent par des plans urbanistiques et des monuments bien typés (Bassand 1983). » Le mécanisme de zonage, dans ce sens, est le plus sensible aux tendances centrifuges résistantes à la gouvernance. Il est donc le plus facile à déployer pour corriger telles tendances à l'encontre de gouvernance.

En mettant au second plan les réseaux en tant que levier de contrôle de l'urbanisation, les villes françaises ont choisi d'avoir recours au plan de zonage, au contraire de celui des réseaux. L'attention majeure des urbanistes pour la forme est emblématique : certains auteurs considèrent que la limitation stricte des mailles

a été privilégiée plutôt que ce maillage a empêché l'évolution des réseaux par les zones d'urbanisme, qui a exclu le réseau comme structure territoriale. Le sens de réseau a été longtemps perdu, et c'est seulement depuis les années 70s que la thématique « réseaux et territoires » a amorcé.

Certains urbanistes, dits des réseaux, espéraient accorder à la circulation des flux un rôle majeur via l'urbanisation. Mais la doctrine urbanistique s'est instituée selon d'autres principes. Elle a, trop souvent, négligé la signification profonde de connections (Richer 2008), en dehors de ses fonctions de transport et de communication. Au contraire, un urbanisme de zonage est mis devant la scène. Il met l'accent sur la forme, insiste sur la fonction, définit la limite et la frontière, traite un obstacle ponctuel et statique. Cette discipline est devenue fragmentée et réduite aux sciences de l'architecture, des ingénieries, de l'économie et de la politique. La spécialisation du métier d'urbaniste conduit à une relégation au second plan de la notion de la connexion dans la pratique urbanistique, qui n'est pas en mesure de mettre en relation de manière optimale les différents composants d'une vie urbaine « connectée ».

La position adoptée dans cette thèse n'est pas de travailler uniquement sur la connexion, ni d'ignorer toute autres territorialités existantes que celle de réseaux des transports. Il s'agit de souligner que la reconnaissance des réseaux ne s'oppose pas à l'illusion d'ordonnance rendue par le maillage, mais renforce la territorialité humaine ; que la territorialité des réseaux est dominante dans nos sociétés, les relations qu'une société entretient à l'aide des territoires et des réseaux. Que les acteurs en aient

⁶ Il est clair que le phénomène de la centralité, par sa complexité, ne peut être maîtrisé par le seul recours au plan d'urbanisme. Mais la combinaison de

l'urbanisme commercial, des Plans de sauvegarde, des ZAC et des POS, pèse sans doute très lourdement.

conscience ou pas, toutes les interventions urbanistiques dépendent de la connexion et se placent en quelque sorte sur le territoire d'un ou plusieurs réseaux. Il est donc important d'intégrer les territorialités des réseaux depuis la conception et l'évolution du réseau, en passant par les bonnes méthodes et démarches.

Pour intégrer la considération de connexion et de la territorialité des réseaux, Claude Reffestin a mentionné les trois contraintes qui conditionnent les actions, respectivement « techniques, économiques et politiques ». Techniques, car les infrastructures, les véhicules et les services sont issues de créations techniques, nécessitant généralement un fort investissement intellectuel et organisationnel pour devenir des innovations d'ampleur ; économiques, car il s'agit non seulement des profits rétribuant les investisseurs privés du domaine, mais aussi des bénéfices généraux pour la population, en passant par les intérêts fonciers pouvant servir à l'Etat et les régions ; enfin politique, car il s'agit d'un débat vif et sans fin sur l'organisation et la coordination des collectivités de différentes échelles, aux différentes compétences d'interventions, entre rôle volontariste ou incitateur, bref de réguler la société en projetant les actions aussi bien à court terme qu'à long terme.

Devant ces nombreuses contraintes, il nous semble que la mission des urbanistes est d'offrir aux citoyens « une territorialité composite » combinant une territorialité humaine, une territorialité de réseaux et de maillage. Face aux différents moyens de la gestion de la distance et de l'espace-temps, La coprésence physique ou la communication virtuelle ne suffisent pas à représenter le territoire-réseau des citoyens dans sa plénitude. Pourtant, l'attention donnée aux réseaux de transports semble encore mineure. Dans cette perspective, dans l'espace de la vie urbaine, il est aussi important d'identifier le rôle que les vitesses offertes par ces trois moyens de gestion, puis de mettre ces vitesses à disposition que de rationaliser

les densités par une maîtrise de réseaux et de leur environnement territorial. Dans les parties suivantes, nous proposons donc une organisation de nos espaces, de nos vies, aux équilibres indiqués dans cette partie, compose avec l'ensemble de territorialités, les couplages de gestion, la cohérence et la coordination que la théorie de l'urbanisme a reconnus de longue date.

1.2 FONDEMENTS THÉORIQUES

Le concept du *TOD* et le modèle de *Corridor Urbain* sont associés à de nombreuses réflexions théoriques sur l'urbanité et la circulation. Parmi les urbanistes les plus représentatifs, Ildefonso Cerdà (I. Cerdà, 2005) considère que la *territorialité humaine* (G. Dupuy, 1991) procède de la distinction entre séjour et mouvement. L'îlot correspond au séjour, la voie au mouvement – c'est ainsi qu'il a dessiné le plan de Barcelone en l'appelant *Ensanche*⁷. Dans sa théorie, le concept de *vialidad*, qui exprime la possibilité impérative de circuler, toujours et partout, de manière rapide, directe et sans borne, est celui qui a influencé le plus précocement l'urbanisme des réseaux. Cerdà avait particulièrement étudié la hiérarchie des voies et la multiplication des carrefours visant à faciliter une accessibilité généralisée. Même si l'inventeur de l'urbanisme n'avait pas spécifié le mode de déplacement dans son concept de *vialidad*, il se distingue de ses précurseurs par l'alliance de la ville et la circulation. Le concept et le modèle que nous exposons dans cette partie poursuit ses réflexions, en reliant la *vialidad* et l'*habitabilidad*.

1.2.1 LE CONCEPT DU TOD

Malgré l'émergence récente du vocabulaire, le concept du *TOD* est l'héritier d'une histoire longue et évolutive. Un des principes majeurs du *TOD* – celui de corréler les transports ferroviaires et la ville – date du début du XX^{ème} siècle. Ainsi, Ce principe a largement inspiré d'Ebenezer Howard (E. Howard, 2010), créateur d'un modèle urbain structuré par des cités satellites desservies par un accès aux lignes

ferroviaires. Howard a introduit sa *Cité-Jardin* en 1902. L'idée était de développer des zones en se concentrant premièrement sur le marché immobilier en relation avec le service de transports ferroviaires. En effet, jusqu'au milieu de XX^{ème} siècle, les transports en commun ont toujours été le mode majeur de déplacement pour les longues distances.

Après la baisse des investissements en infrastructures ferroviaires pendant la grande dépression et la seconde guerre mondiale, le paysage de la mobilité a reconnu la montée en puissance de l'automobile à l'échelle internationale. La prédominance des automobiles semble irréversible dans cette période. Mais c'est aussi à cette même époque que de nombreux mouvements favorables à l'environnement émergent.

Vingt ans après, à savoir en 1964 aux USA, nous retrouvons dans le discours présidentiel de Johnson l'idée qu'il faut financer le système de transports collectifs. Le président John F. Kennedy rappelle également que la richesse nationale nécessite une offre de transports équilibrée, qui participe à la formation des tissus urbains ainsi qu'à la croissance urbaine. Sous ces impulsions politiques, la reconstruction des infrastructures de transports collectifs démarre progressivement.

Un ensemble de réflexions visant à préserver l'environnement émergent alors. Les écologistes défendent les systèmes naturels et ruraux compatibles avec la périurbanisation tandis que les citoyens des anciens centres-villes appellent à la revitalisation des tissus urbains.

⁷ Ensanche signifie « élargissement » (plutôt « extension ») en espagnol. Le plan initial inclut des espaces ouverts importants (50% de la surface des îlots construits et de nombreux parcs correspondant à des blocs entiers. La hauteur des bâtiments

a été fixée par référence à la largeur de la rue adjacente. Beaucoup de ces exigences ont été modifiées et les volumes de constructions ont augmenté, en raison d'amendements ultérieurs commençant en 1864 (Madrid).

Des mouvements visant à conserver le patrimoine se mobilisent également pour protéger les quartiers historiques des transformations de la modernité. C'est l'ensemble de ces mouvements qui ont donné naissance au *Nouvel Urbanisme* (P. Calthorpe, 1993)(Carlton 2009). Les années 1980 sont marquées par ces courants de pensées et ces mouvements favorables à l'environnement, qui constituent une étape significative dans l'histoire de l'urbanisme, où l'objectif principal est de reconstruire les tissus urbains suivant une forme plus durable et de meilleure qualité.

Issus du *New Urbanism*, les principes du *Smart Growth* (A. Duany et al., 2010) se répandent largement dans le monde, y compris en France sous le nom de *Croissance Intelligente en 2010* (Commission européenne 2010). Le *TOD* est apparu au même moment, mais reste comparativement moins reconnu. Sa position en second plan s'explique par son positionnement particulier dans les domaines des transports et de l'urbanisme. Il se focalise essentiellement sur les marchés des transports en commun et de l'immobilier. Au contraire, le *Smart Growth* inclut un vaste champ de métiers et d'actions, allant de la conception d'une identité d'un lieu d'activité à la participation des citoyens dans un espace de travail, en passant par les aspects sociologiques de techniques et d'ingénieries dédiées à l'habitat ou aux déplacements, etc. Le *Smart Growth* apparaît comme un schéma englobant tandis que le *TOD* cible les opérateurs de transports en commun et les aménageurs (Handy 2005) (Renne 2008).

Avec la volonté de remplir les transports en commun existants, les opérateurs de transports publics aux USA ont compris l'importance du marché immobilier le long de leurs lignes d'infrastructures. Ils sont devenus instigateurs de projets immobiliers en coopération avec les promoteurs privés. Les recherches menées depuis les années 70s aux Etats-Unis (I. Carlton, 2009) montrent qu'une forte densité d'activités (bureaux, habitations

et commerces) permet la synergie d'un développement conjoint. Dans cet esprit, les autorités de transports publics travaillent non seulement avec les investisseurs privés sur leurs terrains loués, mais aussi sur l'environnement autour de leurs lignes afin de créer les activités diverses accessibles aux piétons.

Durant les années 1980 apparaît également un mouvement de pensée dénonçant la périurbanisation. Sous cette impulsion, des acteurs hétérogènes comprenant les parti-sans de transports collectifs, les agences de transports et des groupes opposés à la périurbanisation recherchent une synergie à travers d'une meilleure coordination. Dans cette période, le concept du *TOD* apparaît pleinement intégré au courant du *New Urbanism*.

Les transports et les environnements bâtis sont deux entités qui sont systématiquement impliquées dans la création des formes urbaines. L'idée d'orienter le développement urbain par les transports collectifs et vice versa n'est certainement pas nouvelle. Malgré la naissance du concept du *TOD* aux États-Unis, le courant de réflexion sur l'articulation entre transports et urbanisme vient notamment de l'Europe de l'Ouest. Effectivement, Peter Calthorpe, fondateur du *TOD* se considère comme ravivant plutôt que créant des idées ('a reviver rather than an originator of ideas') (Newman 1991).

Inspiré par Ebenezer Howard, Calthorpe n'a développé le *TOD* qu'après plusieurs années de pratique professionnelle. En 1986, il a d'abord fondé sa propre agence d'urbanisme et a promu son premier concept de *Quartier Durable (Sustainable Community)* dans l'ouvrage cosigné avec Van der Ryn. Nous retrouvons dans sa rédaction la racine du *TOD* où il met l'accent sur la *Cité-Jardin* d'E. Howard. Les principes du concept ont été développés au fur et à mesure des expériences professionnelles de Calthorpe. Il travaillait sur les quar-

tiers urbains néotraditionnels avec des professeurs de diverses universités. À l'époque où Calthorpe réfléchissait à l'articulation de son *Quartier Durable* avec l'urbanisme, des échanges avec un comité regroupant les professeurs de l'université de Washington, de l'Université de Californie à Berkely et d'autres universités l'ont aidé à faire évoluer ses idées vers une véritable théorie urbaine et environnementale. Un membre de ce comité, Dan Solomon, est devenu ensuite un des fondateurs du *Congrès du Nouvel Urbanisme*. Calthorpe remplace alors le terme de *Quartier Durable* par celui de *Poche Piétonne*, en 1989, après trois ans de travaux menés avec ces chercheurs.

L'idée de combiner les projets de *Poche Piétonne* avec le système de transports collectifs est due à un autre professeur de l'université de Berkeley, Elisabeth Deakin, lorsqu'elle travaillait avec Calthorpe pour la métropole de Portland, Oregon. Lorsqu'ils ont montré que le couplage entre la *Poche Piétonne* et le tramway permettait de réduire de 35% les distances parcourues en voiture, ils réussirent à attirer l'attention des décideurs politiques. La montée en popularité de Calthorpe l'a amené à travailler un an après sur la région de Sacramento en Californie. En suivant le même principe, Calthorpe propose le schéma du *pedestrian/Transit Oriented Development* le long des stations ferroviaires. En 1989, c'était la première utilisation officielle du terme du *TOD*, même si Calthorpe continuait à désigner son concept sous le nom de la *Poche Piétonne*.

Ici, il est indispensable de citer un acteur important dans l'introduction du *TOD*, Robert Cervero, un autre professeur de l'université de Berkeley, spécialiste du domaine de la coordination entre transports et usage des sols. Il avait suggéré à Calthorpe d'utiliser le terme *Transit-Supportive Development* mais Calthorpe avait préféré l'acronyme *TOD*. Le *TOD* a été ainsi utilisé pour la première fois dans un article du New York Times en 1991 (Newman

1991) et s'enracine alors petit à petit dans le lexique de l'urbanisme.

Il faut ensuite noter le rôle du *Congrès de Nouvel Urbanisme* à travers lequel Calthorpe a pu répandre ce nouveau concept. Le fait qu'il ait été élu le premier président du Conseil du *Congrès de Nouvel Urbanisme* marque la reconnaissance de sa contribution aux questions de l'urbanisme.

1.2.1.1 Les principes du TOD et notre propre définition

Depuis son introduction, de nombreuses recherches et des pratiques dans le monde contribuent à l'enrichissement du concept. Aujourd'hui, Robert Cervero est devenu l'un des principaux promoteurs de l'articulation entre transport et urbanisme sur la scène scientifique internationale. Grâce à sa contribution à la diffusion des connaissances, de nombreux projets adoptant les principes du *TOD* en Amérique du Sud comme en Europe, sont reconnus. Les recherches associées se sont également développées en Asie, en Australie et aux USA. Les analyses sur les différents territoires du monde continuent à alimenter les principes du *TOD*, tout en les déclinant et en les adaptant aux différents contextes territoriaux.

Dans de nombreux pays, les villes sont en quête de moyens pour promouvoir l'intégration des transports en commun et du développement urbain, en référence explicite au *TOD* ou non. Dans de nombreux cas, cependant, certaines tentatives d'intégration, au lieu d'être basées sur une stratégie globale couvrant l'ensemble de la région métropolitaine et des réseaux, sont restreintes à l'environnement immédiat des stations, (Cervero 1998a; Curtis, Renne, and Bertolini 2009; Dittmar and Ohland 2004; Dunphy et al. 2004). Pourtant, il est intéressant de voir comment les principes de *TOD* ont été interprétés différemment, et se sont développés par le travail des chercheurs

et des praticiens à travers le monde. En parallèle, d'autres vocabulaires dérivés du *TOD* sont apparus pour distinguer le périmètre d'intervention.

Les 3D de Cervero et de Kockelman (Cervero and Kockelman 1997) constituent les principes de base du *TOD*. Le premier D correspond à l'idée reconnue depuis longtemps, que la

(l'accessibilité aux destinations, qui indique les lieux accessibles par le système de transport en commun). Les dimensions liées au bâti et à l'environnement construit sont ainsi englobées et constituent les principes fondamentaux du *TOD*. Certains facteurs pris isolément, comme la conception urbaine, n'ont pas d'influence décisive sur le choix modal. Par contre, l'idée que la combinaison de toutes les dimen-

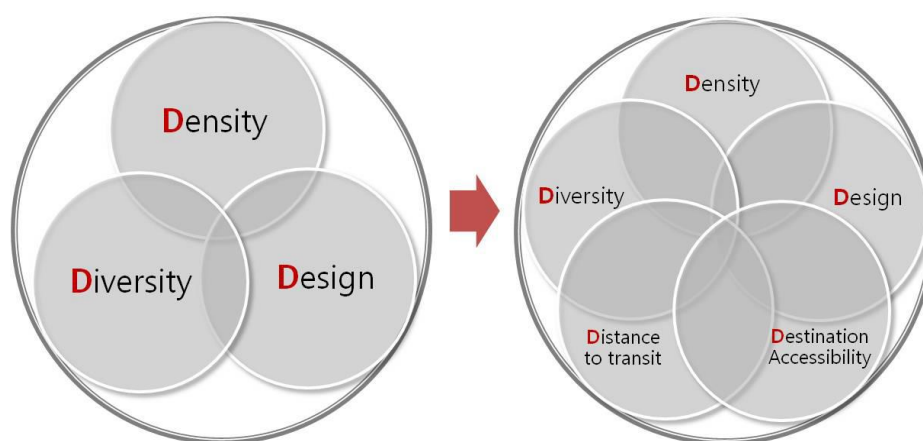


Figure 1-1 Des 3D de Cervero et Kockelman aux 5D de la communauté du TOD

« Densité » a un effet considérable sur la demande de déplacement et le mode de transport. Les deux autres D figurent respectivement la « Diversité » et le « Design », ou traduit en français, la conception urbaine dans une acception qui met en avant la conception des espaces publics et des voiries. Les effets de ces deux derniers D sur la mobilité ont longtemps été négligés. Cervero et Kockelman ont démontré avec le San Francisco Bay Area qu'une diversité d'usage des sols et une conception orientée vers les modes de déplacement doux aident à réduire largement la part modale de l'automobile. En plus, une corrélation entre les 3D a un effet encore plus considérable que l'application d'un seul D, quel qu'il soit.

En quête d'un effet plus ample sur la réduction des trajets en automobile, d'autres chercheurs poursuivent cette étude et ont étendu les principes de *TOD* à 5D, rajoutant la « Distance to transit » (Distance à la station de transports en commun) et la « Destination accessibility »

sions environnementales du bâti est déterminante pour façonner les comportements de déplacement émerge dans la communauté scientifique comme un consensus.

Les deux derniers D – « Distance to transit » et « Destination accessibility » – méritent en effet notre attention car la distance à l'arrêt de transport en commun et l'accessibilité sont deux facteurs spécifiques pouvant susciter un report modal. Pourtant, ces deux derniers facteurs n'ont pas encore été reconnus comme principes fondamentaux car ils peuvent être compris dans le troisième D – Design. La distance à la gare est fortement reliée à la conception urbaine (Design), et la perception de la distance peut facilement évoluer selon la conception d'espace également. En deuxième lieu, l'accessibilité, au sens économique du terme, est un facteur combinant une longue série de variables d'utilité, la densité, la mixité d'opportunité, la distance, la condition de circulation, et beaucoup d'autres. Il nous semble que l'ac-

cessibilité est un facteur extrêmement généralisé et vaste, qui peut inclure tous les principes précédemment mentionnés. De ce fait, nous choisissons de rester sur les 3D de base, mise en avant par Cervero et Kockelman.

Au cours du temps, la définition du *TOD* est devenue de plus en plus précise. Les premiers exemples d'application du *TOD* ont mis en avant le principe d'un nœud de transport bien articulé à un espace urbain dense composé de fonctions diverses ; mais ceci est une compréhension étroite du concept. Certains auteurs (Dittmar et Ohland 2004) (Berg 2007) argumentent que le *TOD* ne devrait pas se limiter à un unique point, que le concept ne s'adresse pas qu'à un quartier, mais à un ensemble de zones, sur l'ensemble d'une ligne. Une réalisation de *TOD* sur plusieurs axes de transports en commun diffère d'une application ponctuelle de ce dernier, et est à la fois beaucoup plus ambitieuse et plus difficile à accomplir. C'est sur ce point de vue que nous introduisons notre propre compréhension du *TOD* : si le *TOD* est compris étroitement pour exercer un mode de développement autour d'une seule station de transport de masse, le *TOC*⁸ – Transit Oriented Corridor – est une forme d'aménagement qui encourage un développement coordonné sur un espace de corridor, et le *TOR* – Transit Oriented Region – représente l'objectif large où la région métropolitaine serait formée sur la base d'un réseau de transports en commun.

Précisons qu'entre le *TOD* et le *TOR*, il n'est pas question d'étapes temporelles d'un développement à l'échelle d'une région, mais plutôt de stratégies différentes de développement. Au

lieu de focaliser sur l'intégration urbanisme-transport localement (Filion et Kramer 2011) (Reusser et al. 2008) (Atkinson-Palombo et Kuby 2010) (Debrezion, Pels, et Rietveld 2007), de nombreuses études ont montré qu'une intégration réussie d'urbanisme et de transport exige une stratégie globale, couvrant une aggrégation de zones métropolitaines (Cervero et Kockelman 1997). En effet, le *TOD* ne peut entrer en vigueur sans le T de transit, contrairement à des prises de position divergentes. De notre point de vue, la station de transport collectif reste l'élément focal essentiel du *TOD*, et le T de transit figure dans sa nature une linéarité et une globalité au sens étymologique (Chatman 2013).

Lorsqu'on parle du passage du *TOD* au *TOR*, la question de l'intégration de réseaux à l'urbanisme est abordée sous l'angle de la forme spatiale et de la macrostructure, sans pour autant oublier les fonctions de base et les implications en termes de durabilité. La macroforme finale, celle de la *TOR* est un idéal type difficilement atteignable, car elle nécessite des contextes particuliers et extrêmes dans lesquels la voiture particulière ne structure pas significativement l'espace urbain en particulier dans les périphéries, situation qui échappe probablement à l'observation. Donc, le *TOC*, une forme de corridor orienté vers les transports de masse autrement dit, nous semble une unité spatiale pertinente pour être appliquée sur notre territoire d'étude. Avant de parvenir à un *TOR* – une région entièrement basée sur les principes de *TOD* –, la réalisation de quelques corridors *TOD* paraît réaliste et convenable. Le *TOC* est aussi de ce point de vue

⁸ Une autre interprétation concernant la définition de *TOC* : *TOCs* (Busby, 2010 ; TransLink, 2011) signifie Transit Oriented Communities. Il précise que la pratique de *TOD* devrait se focaliser plus sur la réhabilitation des zones déjà urbanisées d'un

territoire en même temps que les réseaux de transports. *TOC* et *TOCs* sont deux concepts temporels développés depuis les principes de *TOD*. Tandis que *TOCs* se focalise plus sur le degré d'urbanisation, *TOC* met son accent sur la forme et la structure.

un moyen de tester la possibilité de mise en œuvre d'une réelle TOR.

Comme tout dispositif théorique, le concept du *TOD* – exigeant au niveau de ses principes – a également reçu énormément de critiques, notamment dans sa mise en œuvre. Les déficiences altérant une bonne pratique du *TOD* sont multiples : les places de parking trop nombreuses, l'environnement vulnérable pour les piétons, la qualité insuffisante des services de transports collectifs, la non-mixité de l'usage des sols, l'accessibilité déficiente entre le logement et l'emploi, les règles d'urbanisme vétustes, etc. Dans ces situations, un plus grand investissement des acteurs et des ressources aurait certainement contribué à réduire ces insuffisances pour atteindre les objectifs du *TOD*.

De plus, il n'y a pas encore une définition claire du *TOD* ni une vision partagée sur les résultats concrets attendus. Les principes du concept sont connus, mais, malgré des tentatives notables en ce sens (Dittmar et Ohland 2004)(Dunphy et al. 2004), il manque des critères standardisés afin d'évaluer la réussite d'un projet *TOD*. Ce manque est compréhensible car aucun projet urbain ou rural n'a le même contexte ni le même objectif. La méthode et les démarches pour réaliser un projet de *TOD* dépend du contexte singulier de chaque terrain. Nous adoptons, malgré ces contraintes, notre propre définition du *TOD* comme étant celle-ci :

Le *TOD* est un principe d'aménagement, liant le transport et l'urbanisme, visant à maîtriser la périurbanisation. Il se caractérise par une *densité* forte de population, une *mixité* des fonctions, une *capacité* élevée de la desserte en transport collectif et une *conception* des espaces favorable aux modes actifs.

Encore adolescent, le *TOD*, malgré des tentatives de recensement internationales d'am-

pleur par exemple par Tan (Tan 2013) nécessite plus de projets concrets qui répondent à ses principes de base et plus de modèles adaptés aux situations réelles des territoires. De nombreuses études ont montré qu'une intégration réussie entre transports en commun et usages des sols nécessite des plans d'urbanisme à l'échelle de la région métropolitaine, et qui sont cohérents sur une longue période de temps (Chorus and Bertolini 2016 ; Cervero 1998a; Curtis, Renne, and Bertolini 2009; Dittmar and Ohland 2004; Filion and McSpurren 2007). Les exemples que nous allons présenter en dessous ont réussi à dépasser la simple intégration d'une zone de chalandise, d'une station, et sont tous basés sur une unité spatiale linéaire qui vont au-delà de ce que l'on peut atteindre sur une unique zone *TOD*.

1.2.1.2 Enseignements tirés des exemples internationaux

Certaines réalisations urbanistiques basées sur les principes de *TOD* ont connu des succès internationaux et nous aident à appréhender les formes métropolitaines du *TOD*. En Europe, le Finger Plan de Copenhagen date de 1947 et est devenu exemplaire pour de nombreuses villes en Europe et au-delà. L'U-Bahn de Karlsruhe a réussi à gagner de la visibilité par son emploi de nouvelles technologies en transport guidé, sous la forme d'un monorail, et d'une approche différente de l'aménagement. En Amérique latine, le corridor le plus convainquant est celui du BHNS de Curitiba, Brésil. En Asie Pacifique, les systèmes de corridors encore plus complexes sont réalisés à Tokyo (R. Cervero, 1998) (Chorus et Bertolini 2016) comme à Hong-Kong. Il n'existe cependant pas de recette universelle facile à l'emploi.

Dans la plupart des villes de moyenne taille, y compris la métropole lilloise, nous ne disposons pas d'une vision partagée depuis plus d'un demi-siècle comme dans le cas du « Finger Plan » de Copenhagen, ni d'une densité

exceptionnelle comme celle de la ville de Tokyo. Nous n'avons ni les technologies de Karlsruhe, ni un contexte d'un pays en développement avec une croissance urbaine vigoureuse comme à Curitiba, Brésil ou à Mexico City. Pourtant, nous recherchons des points communs avec des expériences réussies afin de tirer des leçons pour cette métropole. Il ne s'agit pas de rapprocher l'agglomération lilloise d'un unique exemple spécifique, ni de reproduire une forme spatiale similaire à celle d'une autre métropole, mais d'essayer d'atteindre plusieurs objectifs généraux.

Sans vouloir décrire trop en détail les nombreux exemples, nous illustrerons, en quelques points, comment une articulation cohérente entre les réseaux transports en commun et la ville peut apporter des bénéfices en termes de durabilité. Ces points sont choisis, car ils permettent de discuter une série de préjugés évoqués à propos du *TOD*. Ici, il nous chercherons à discuter ces préjugés et à exposer une image renouvelée du *TOD*.

- 1) L'efficacité du mode de transport collectif est centrale, mais le déploiement urbain est encore plus important. Ce sont les perspectives du développement d'une métropole qui déterminent la mobilité des personnes, et qui passe par la conception et l'offre de services de transports.

Le mode de planification et de développement des zones *TOD* à Tokyo nous renseigne sur une bonne échelle de coordination. De fait, dans le modèle japonais du système ferroviaire local, en plus de la planification et de l'exploitation des lignes ferroviaires, les compagnies de chemin de fer, d'un statut complètement privé, élaborent elles-mêmes leur plan d'usage de sol. Elles s'investissent aussi dans les activités immobilières, tertiaires, dans et à proximité des gares. L'intégration des plans d'urbanisme dans le plan de développement du réseau fer-

roviaire est le moyen qu'utilisent les entreprises privées pour compléter leurs revenus, originellement issus uniquement de flux de personnes. De fait, ce sont même les activités extérieures au service de transport qui apportent les bénéfices les plus grands aux compagnies de chemin de fer.

Le contexte à Tokyo est certes particulier : La réussite du *modèle d'affaires* de Tokyo n'est pas reproductible tel quel sur un autre terrain, dans un autre contexte particulier. Nous pouvons retenir néanmoins que la position dominante des zones des gares traduit la priorité de ces espaces de chalandise en termes d'aménagement. De plus, les densités élevées d'usage des sols traduisent les forces du marché immobilier et tertiaire.

Dans toutes les métropoles qui adoptent le concept du *TOD*, ce sont les plans d'aménagement, et d'usage de sol qui devraient configurer les mobilités de personnes et non la seule organisation du système de transport. Les personnes et les espaces sont ce qui importe le plus pour la ville ou la région, que ce soit pour habiter, travailler, se socialiser, ou se détendre. Les transports - comme moyens de déplacer les personnes entre les espaces - sont un élément où l'on souhaite passer un minimum de temps et auquel on souhaite consacrer un minimum de ressources. Pour ceci, l'efficacité des transports est en effet centrale, mais il est plus important de travailler sur les espaces. De ce point de vue, c'est la vision de l'aménagement et du développement qui devrait dicter la politique de transport, et non pas l'inverse.

- 2) Le *TOD* ne se limite pas à un unique mode de transport de masse, mais englobe une diversité de modes de déplacements. Le *TOD* est structuré par un mode de transport de masse central, mais bien articulé avec des axes plus légers irriguant l'ensemble du territoire.

Une bonne qualité de service est très largement indépendante du véhicule ou du matériel roulant utilisé, que ceux-ci soient propulsés par l'électricité ou par les combustibles fossiles, ou qu'ils aient des roues en acier ou des pneumatiques. Tous types de services peuvent engendrer un développement compact de type TOD. C'est le haut niveau d'accessibilité qui attire le développement immobilier, au lieu du mode de desserte. Cependant, ces modes de transport représentent des coûts d'investissement différents et des modes de gestion distincts. Chaque mode peut présenter ses propres avantages : flexibilité/adaptabilité, rentabilité dans le temps, équilibre entre coûts d'investissement et coûts d'exploitation, facilité de les combiner avec d'autres modes, etc.

Le Finger Plan de Copenhague, le Plan de Markelius pour Stockholm, le Masterplan de Singapour, etc. reposent sur le mode ferroviaire, tandis que Curitiba, Ottawa ont fait le choix du BHNS. Munich, Melbourne et Karlsruhe font alterner le tram et le train, lorsque Zurich, Mexico City au Mexique, et Adelaide en Australie combinent les systèmes de métro et de bus. Il est donc manifeste que les modes de transport en commun et leurs combinaisons dans les réseaux sont nombreux et diversifiés. Reste à identifier le mode le plus adapté.

De plus, un seul mode de transport collectif ne peut desservir l'ensemble de territoire. En plus des questions de flexibilité et d'adaptabilité, un unique mode de transport pose la question du monopole. Il est essentiel de structurer l'ensemble des réseaux de transports collectifs de manière organisée et hiérarchisé, afin de diversifier et compléter le système. Toutes les combinaisons d'origine-destination peuvent difficilement être satisfaites par un seul mode ou un seul réseau. Il est donc souvent question d'intégrer plusieurs modes de transport, par des connecteurs intermédiaires, à différentes échelles. A Zurich, Munich, Karlsruhe, et à Melbourne, le tram complète le réseau ferré lourd ; tandis qu'à Curitiba et Ottawa, les bus

aux arrêts limités desservent essentiellement la périphérie tangentielle, entre les espaces suburbains.

- 3) Les ménages aisés qui possèdent une ou plusieurs voitures auront recours aux modes de transport alternatifs à la voiture, non seulement parce que cette situation existe dans certains pays, mais aussi parce que ces alternatives de mobilité méritent une part modale équilibrée avec les automobiles.

Le stigmate de transports en commun vu comme un moyen de transport dédié à une population déclassée et marginalisée est associée à l'idée de services de mauvaise qualité. L'amélioration de la qualité de service et l'élévation des niveaux de richesse économique peuvent défier ce préjugé.

À Stockholm, l'une des villes les plus riches d'Europe, plus de 60% des déplacements domicile-travail au centre-ville et plus d'un tiers des déplacements vers les sites d'emplois de banlieue, se font en transport en commun. Le nombre de voyages en transport en commun par habitant Zurich dépasse ceux de presque toutes les villes dans le monde alors que celle-ci est l'une des villes les plus riches du monde, aux prix de l'immobilier commercial parmi les plus élevés. Curitiba possède à la fois le plus haut revenu par habitant et la plus grande part modale de transports en commun de toutes les villes brésiliennes.

Dans ces villes, la qualité de vie et les transport en commun se renforcent et prospèrent mutuellement. Les transports de masse ne sont donc pas réservés aux personnes n'ayant pas les moyens d'acheter un véhicule privé. Les transports en commun et la richesse ne sont pas intrinsèquement en contradiction. A Melbourne et Zurich, un retour des ménages aisés dans les quartiers centraux est observé, ainsi

que l'omission de l'achat d'un deuxième véhicule pour les ménages qui résident près des arrêts de transports en commun.

En plus, de Singapour à Tokyo, de nombreuses métropoles ont imposé des restrictions aux automobiles pour favoriser les déplacements à pied, en vélo et en transports collectifs. Les dispositifs opérationnels prennent des formes différentes d'une ville à l'autre. Certains sont purement économiques : des surtaxes à caractère punitif pour l'achat d'essence ou d'automobile ; de lourdes taxes pour l'importation de véhicules ; des prix de stationnement dissuasifs au ville-centre, etc. Singapour a, par ailleurs, introduit une tarification routière à vaste échelle, d'abord appliquée aux voitures pénétrant au ville-centre pendant les heures de pointe, mais plus récemment à travers un système complexe combinant la détection optique, d'images et de « smart puce » pour le calcul instantané de la redevance d'usage. D'autres dispositifs régulent l'usage de l'automobile par des règlements et des stratégies de conception de voirie. Beaucoup de villes comme Mexico City tentent de réduire la pollution par l'interdiction alternée des véhicules selon leur numéro de plaque d'immatriculation. Là encore, le système unique des quotas de véhicules à Singapour indique le nombre de véhicules que la métropole accepte d'immatriculer en fonction des conditions de circulation et environnementales. Munich, Zurich et Curitiba ont ralenti, redistribué et découragé les déplacements en véhicules privés dans les quartiers résidentiels, particulièrement via le rétrécissement des voies, la conception des plateaux de vitesse et la diminution de la taille des intersections. Plus couramment, la gestion du stationnement est devenue cruciale pour la rationalisation de l'usage de l'espace et des modes de déplacement en ville. Une limitation du stationnement libère de l'espace pour les modes doux et les transports collectifs, et incite à un équilibrage entre tous les modes de déplacements. A Ottawa comme à Zurich, les résidents de villes de taille moyenne ont choisi

de laisser leur voiture dans leur garage ou sur les Parking Relais périphériques.

Les planificateurs de transport font souvent référence aux mesures de réduction d'usage de l'automobile comme des « mesures dissuasives de l'automobilisation ». Dans cette conception l'automobile est vue comme une menace contre la volonté de tous. Illich a appelé l'automobile *monopole radical*, en ce sens qu'elle tend à exclure tous les autres modes et usages de la voirie (Illich et Lang 1973). Ces mesures visent à régulariser l'abus d'usage d'un unique mode de transport.

Ainsi, l'accès au véhicule privé n'est pas lié de manière univoque à la richesse territoriale. Notons que nous ne prétendons pas pour autant associer l'usage fréquent des transports collectifs à la richesse. Ici, il n'est tout simplement pas question de relier un mode de déplacement à la richesse d'une société. Ce qui peut représenter cette richesse, selon notre point de vue, est une diversité de modes offerts aux citoyens pour leur meilleur choix, pour reprendre une idée défendue par Cervero (Cervero 2012).

4) Le long d'un axe de transport de masse, l'espace est « trop dense, trop urbain ».

À Ottawa et à Curitiba, l'habitat, les commerces et les bureaux ont en effet créé un effet de masse autour des stations de bus, par la hauteur des bâtiments dans les corridors de BHNS. Mais la densité n'est pas équivalente à la hauteur de bâtiments. Ottawa et Curitiba ne représentent pas la seule forme urbaine compacte. La compacité ne se traduit pas nécessairement par des bâtiments de grande hauteur. Certaines villes nouvelles à Stockholm, notamment Skarpnäck, montrent que les quartiers possédant des immeubles de logements d'au plus trois étages peuvent générer une part modale de transports en commun élevée, tout en étant attractives et agréables à vivre. Les

exemples de quartiers relativement denses mais attractifs sont nombreux : les parcs d'Ara-bella et de Zamila à Munich, le Tiergarten de Zurich, et le Tama Denen Toshi de Tokyo ont réussi à garder un usage mixte de l'espace avec des hauteurs de bâtiments peu élevées. Ces quartiers attirent à la fois des logements anciens et nouveaux, des espaces commerciaux locatifs, et une part modale prépondérante en transports en commun.

En effet, si l'environnement est aménagé de façon agréable, qualitative, couplée avec une desserte en transports en commun de bonne qualité, il est fort possible que la densité soit perçue plus positivement. Les citoyens attirés par les aménités et les équipements divers, tendent à percevoir leur environnement de manière positive. D'autant plus qu'une densité peut aller de pair avec certaines formes de mixité. Ces idées sont saisies dans la tendance à la gentrification telle que la décrit Donzelot (Donzelot 2004). Une riche palette de choix et un environnement efficace est non seulement bénéfique pour les consommateurs, mais aussi pour toute la société dans son ensemble.

- 5) La coordination urbanisme/transport ne s'arrête pas à une zone délimitée de manière précise, mais est planifiée à l'échelle d'un corridor, voire à une échelle plus vaste. Dans cet esprit, quelques pôles majeurs sont complétés par une série de pôles hiérarchisés dans un ensemble coordonné.

Les mécanismes de gouvernance et les caractéristiques de transport, ainsi que l'usage des sols de plusieurs lignes ferroviaires à Tokyo semblent soutenir la proposition que le corridor peut être une unité spatiale commode pour intégrer les transports en commun et le développement urbain.

Une caractéristique essentielle dans le mode de gouvernance tokyoïte est qu'il se déploie à l'échelle d'une ligne ferroviaire entière, voire

entre deux lignes. Les compagnies de chemin de fer reconnaissent l'interdépendance entre les différentes gares et s'appuient sur la synergie entre différentes localisations, empruntant des réseaux différents. Pour elles, il n'est pas viable de donner un poids égal à chaque composant de la ligne ferroviaire, et c'est l'ensemble de la ligne qui compte pour compléter les fonctions à assurer. Un plan d'urbanisme sur l'ensemble d'une ligne permet aux zones des stations de se développer de manière cohérente, et peut être porteur de synergies.

D'autres expériences, Stockholm, Ottawa et Curitiba montrent qu'une mixité interzonale d'usage des sols le long d'un corridor linéaire peut générer des flux efficaces. Le fait de placer une activité de façon répartie et dispersée à l'échelle régionale, à proximité des stations de transport collectif lourd, génère une fréquentation élevée dans tous les sens. Stockholm a réussi à illustrer le fait qu'il est moins important d'avoir un équilibre entre l'emploi, l'habitat, les commerces et les services au sein d'une même commune que de réaliser un macro-équilibre entre communes au sein d'une région. La mobilité des personnes profite facilement, dans ce cas de figure, d'une concentration d'usage des sols mixte dans les espaces de corridors, et ainsi est compatible avec une politique d'équilibre emploi-logements et celle de la croissance intelligente.

Du point de vue de la planification des transports, ce type d'organisation permet non seulement d'éviter les flux trop importants dans un seul sens à l'heure de pointe, mais aussi d'éviter la compétition entre les stations. Une coordination à l'échelle globale rend possible la génération des voyages hors heures de pointe et le développement de flux multidirectionnels. Ici, il convient de préciser que cet équilibre en termes de transport et de mobilité n'est pas nécessairement un objectif, mais une conséquence d'une mixité spatiale entre zones, que l'on appelle « polycentrisme » ou

« multipolarité » dans le vocabulaire urbanistique. Enfin, l'échelle de coordination dépend de la taille du territoire fonctionnel, mais aussi du périmètre du système de transport.

Les réalisations mentionnées, et on peut en citer beaucoup d'autres, n'adoptent pas forcément le nom de *TOD* ou de *Corridor Urbain*, mais elles se rapprochent objectivement des règles du *TOD*. Les deux fonctions principales – séjour et circulation – sont assurées et mises en cohérence. Les activités dans les pôles urbains représentent le séjour, tandis que la circulation est produite par un mode privilégié de transport collectif structurant l'axe principal.

Notons que le développement d'une métropole orientée vers la mobilité durable est souvent initié par un visionnaire, porté par une imagination et une capacité d'étendre sa conception prospective à l'ensemble d'une région métropolitaine. C'était le cas pour le plan régional de Stockholm associé à la personnalité de Sven Markelius ; pour la réorientation de Singapour lancée par Lee Kuan Yew ; pour la réforme de Curitiba sous la gouvernance de Jaime Lerner. Les exemples de transformations urbaines réussies sont multiples, mais ils sont souvent associés à une personnalité d'importance qui a su projeter sa vision à long terme et susciter un engagement d'envergure à une échelle large.

La passion, l'engagement et la détermination des visionnaires ne peuvent suffire à eux seuls et se substituer à des principes cohérents de développement durable. L'orientation d'une métropole vers un fonctionnement efficace passe par une maîtrise d'espaces via la densité, la diversité et le « design ». Ce sont justement ces 3D, cités précédemment comme constituant les principes de *TOD*, qui structurent les constructions métropolitaines dans le temps long. Certes, les métropoles exemplaires se distinguent les unes des autres, mais elles

exercent toutes une forte maîtrise de leurs sols.

Cette maîtrise passe par un aménagement intégré et hiérarchisé. Sans être nécessairement de caractère public, la maîtrise du sol suppose une connexion cohérente avec les systèmes de transport en commun. Le terrain est porteur de la localisation, pour les activités ou pour l'habitat ; et les services de transports sont porteurs du déplacement, pour toutes combinaisons d'origine-destination. Nous avons vu précédemment que les métropoles exemplaires possèdent souvent un système hiérarchisé de transports collectifs, et qu'elles sont généralement équipées d'un usage des sols approprié. La hiérarchisation et l'organisation de l'espace sont cohérents avec le type de service de transports collectifs. Un accent est donc habituellement mis le long des axes de transports collectifs principaux, dans des espaces bien dessinés au sein d'une région métropolitaine.

Ces exemples nous invitent à réfléchir sur le futur de nos territoires de vie. En effet, le *TOD* comme stratégie de développement ou de mobilité est absent des politiques françaises, et peu présent dans la littérature académique comme dans les pratiques urbanistiques (Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques 2010) (Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques 2010). Même si un nombre de projets poursuit certains de ses principes, le vocabulaire est loin d'être vulgarisé chez les acteurs de l'aménagement. Réciproquement, la revue de la littérature scientifique montre que les expériences françaises pouvant être qualifiées *TOD* sont quasiment inconnues à l'étranger.

Le Grand Paris et ses réseaux comme incarnation typique d'une organisation territoriale à la française n'a jamais été reconnu comme bonne pratique de *TOD* et se distingue nettement des formes d'aménagement dans les

métropoles de taille moyenne. Dans les métropoles de taille moyenne en France, les noyaux historiques sont souvent bien conservés et leurs aménagements récents tendent à privilégier les piétons et les cyclistes, plutôt que les voitures. Avec la vague de renaissance des tramways en France (Harman, l'Hostis, et Menerault 2007), il y a une tendance assez forte à associer les systèmes de transport légers sur rail de haute qualité avec les modes doux, complétée par la création de zones 30 et des rues sans voiture. Cette approche d'aménagement vise à favoriser une échelle adaptée aux modes doux et un rythme de vie plus modéré. Néanmoins, ces aménagements nous semblent pertinents à une échelle locale, mais manquent parfois de cohérence à l'échelle globale de l'agglomération, si l'on pense notamment à leur incapacité à stopper la tendance à l'étalement urbain associé à l'automobilité⁹. Comme nous l'avons souligné dans notre [cinquième point \(La coordination urbanisme/transport se déploie à une échelle plus vaste\)](#), il est plus important d'établir un macro-équilibre entre l'emploi, l'habitat, les commerces et les services à l'échelle d'une intercommunalité que de viser un micro-équilibre à l'intérieur d'une zone, en l'occurrence, seulement en centre-ville.

Pour l'ensemble des raisons que nous avons mentionnées jusqu'à présent, nous souhaitons appliquer les principes de *TOD* sur un terrain concret, dans la métropole lilloise. Dans la partie descriptive de notre terrain d'étude, nous présenterons le territoire en termes d'usage des sols et de réseaux de transport de manière globale et synthétique. Observons d'ores et déjà qu'il existe dans l'agglomération lilloise des espaces reliés par plusieurs axes de trans-

ports en commun de masse et donc susceptibles d'incarner les principes du *TOD*. Le potentiel de ces espaces nous permet de concevoir notre territoire selon une certaine linéarité. C'est sur cette unité spatiale que nous déployons notre problématique.

Comme dans les exemples cités précédemment, nous souhaitons cibler quelques corridors au sein de la métropole lilloise, avec l'objectif de limiter la consommation d'espace et des ressources. Nous formulons l'hypothèse que, dans ces espaces de corridors, il est possible de considérer des formes de coordination des fonctions urbaines de base nécessaires à la vie quotidienne – y compris la circulation – en articulation avec d'autres modes de transport desservant le corridor de façon cohérente.

L'analyse des métropoles exemplaires nous permet d'éclairer notre propre territoire d'étude. Cette analyse montre la nécessité de coordonner le territoire avec ses réseaux et nous permet d'appréhender le potentiel d'un territoire à se régénérer dans différents contextes. La richesse économique, ou la qualité d'un service de desserte ne peut être le seul déterminant pour une métropole orientée vers une mobilité durable, mais un urbanisme global et basé sur des structures linéaires significatives est envisageable. Nous voulons tester le principe des corridors comme étant la structure de base de l'urbanité qui assure non seulement la fonction de transport, mais également la vie quotidienne le long des transports en commun. Avant tout emploi du modèle de corridor à l'échelle urbaine, nous introduirons dans le paragraphe suivant, quelques ré-

⁹ L'artificialisation du sol accrue par 3.4% en Europe entre 2000 et 2006 (European Environment Agency 2013).

flexions théoriques sur les corridors qui apparaissent dans les démarches d'urbanisme antérieures.

1.2.2 LE MODÈLE DU CORRIDOR URBAIN

Si l'idée de *Corridor Urbain* n'est pas explicite dans les pratiques métropolitaines, la dimension linéaire du réseau est à la base des projets de Soria y Mata, praticien mais aussi théoricien de la forme urbaine. Le principe de la *Ciudad Lineal* (A. Soria y Mata, 1984) comporte la possibilité de concevoir des modifications du plan de déplacement par des allongements de l'axe central, permettant d'envisager un développement indéfini de la ville.

Dans la proposition de Soria y Mata, l'infrastructure ferroviaire est le support de la linéarité de la cité. Avec la montée en puissance des automobiles et des infrastructures routières au début de XX^{ème} siècle, le stéréotype de la *Ciudad Lineal* a été transformé selon la proposition de l'urbaniste espagnol Hilarión González del Castillo dans les années 1920 (Coronado, Rodríguez, et Ureña 2009). En quête d'une théorie de cité linéaire idéale, Hilarión González del Castillo a proposé plusieurs organisations linéaires, notamment entre Oviedo et Gijón, en faisant coexister les infrastructures ferroviaire et routière selon un même axe, mais cette tentative s'annonce défailante car il n'a jamais indiqué clairement le mode principal structurant sa cité linéaire. L'axe routier peut être facilement interprété comme porteur de la cité linéaire comme l'axe ferroviaire vu que plusieurs modes principaux sont confondus dans ses plans. Si Hilarión González del Castillo n'a pas réussi à imposer une idée unique du mode de déplacement dans ses plans de cité linéaire, il a malgré tout joué un rôle important dans la diffusion du modèle linéaire.

Outre l'indétermination du mode de transport, les cités linéaires n'ont pas d'étendue unique (Soria y Mata 1984). Le modèle d'un espace urbain linéaire qui a émergé semble accepter une diversité de formes, une variété dans les

modes d'organisation, et une gamme d'échelles spatiales. Il peut prendre aussi bien la forme d'une multipolarité en chapelet que celle d'un ruban épais de densité continue. Il peut comporter une distribution de fonctions diverses relativement homogène le long de l'axe de desserte ou bien une répartition distribuée et coordonnée entre différents points de desserte. Concernant son périmètre territorial, un corridor peut décrire aussi bien la macroforme de multiples agglomérations regroupant plusieurs départements que celle d'un espace métropolitain s'inscrivant sur le territoire de quelques communes. Qu'un corridor potentiel prenne la forme d'un collier circulaire ou d'une ellipse linéaire ; agencé en parallèle ou en série ; qu'il soit d'une dimension intercommunale ou interrégionale ; combinant plusieurs modes de déplacement ou TCSP, qu'il soit desservi par un tram-train ou un BHNS, dans tous ces cas, une étude spécifique selon le territoire est indispensable avant toute application du modèle.

Aujourd'hui encore, la pratique de Cerdà, la théorie de Soria y Mata, les plans de Castillo et de Wright restent des piliers de la doctrine de l'urbanisme des réseaux (Dupuy 1991). Elle se distingue de l'urbanisme de zone qui néglige la connectivité et la globalité des réseaux. Le *TOD* s'inscrit dans la continuité de cette doctrine, de l'urbanisme des réseaux. L'emploi du concept nécessite des concrétisations par des modèles urbains dérivant de ce dernier, et les applications pour illustrer les avantages d'une territorialité réticulaire. Nous développerons ainsi un modèle d'espace urbain qui s'inspire de toutes ces réflexions empiriques, et nous l'appellerons *Corridor Urbain*. Le *Corridor Urbain* correspond au modèle, et la réalisation du modèle dans un contexte territorial réel, Lille par exemple, correspond à une application.

Malgré de multiples réflexions théoriques chez nos prédécesseurs, nous constatons que la définition d'une cité linéaire ou d'un *Corridor Urbain* est encore trop floue dans la littérature

académique et les écrits des praticiens. Inspirée par les réalisations exemplaires auxquelles nous avons fait référence, nous poserons notre propre problématique, adaptée au contexte actuel et au territoire d'étude.

1.2.2.1 Définition du Corridor et des hypothèses

Dérivé du principe général de *TOD*, nous définissons le modèle de *Corridor Urbain* selon la description suivante :

Le *Corridor Urbain* est un modèle d'aménagement, liant le développement de l'usage des sols et des transports, visant à orienter une mobilité quotidienne durable et une accessibilité équitable. Il est issu du principe d'aménagement du *TOD* et prend une forme linéaire, structurée par un ou plusieurs modes de transport de masse efficaces. Il s'agit non seulement d'un ensemble d'espaces urbains ayant une forte densité, une grande diversité de fonctions urbaines majeures et une conception coordonnée, mais aussi d'un mode d'aménagement permettant une intervention collective des différents acteurs.

La considération holistique des fonctions urbaines sur l'ensemble de l'espace autour de l'axe est un aspect de ce modèle. Une coordination des fonctions entre tous les pôles desservis est inscrite dans cette réflexion. L'espace du corridor peut donc posséder une distribution relativement homogène des fonctions le long de l'axe ou bien des fonctionnalités très variées d'un pôle à l'autre.

La forme du *Corridor Urbain* importe peu. Il peut être purement linéaire, circulaire (Maupu 2006) ou divisé en différentes branches ; il peut aussi bien être plein et ramassé créant une densité continue, ou comporter des vides entre les pôles urbains éloignés laissant la place à une trame verte et bleue ou à l'agriculture (Frankhauser 1998). Le mode de transport collectif structurant la forme urbaine est massif

et efficace mais peut être diversifié et innovant, selon le terrain.

En termes de dimension, le modèle que nous étudions dans cette thèse se distingue des Corridors à Grande Vitesse, la gare TGV à Barcelone par exemple (Libourel 2015). Le *Corridor Urbain* étudié ici est d'une échelle métropolitaine, faisant référence aux réalisations internationales mentionnées précédemment.

En jouant sur ces variables – la distribution de fonctions et leurs densités et diversités, le mode de transport structurant, la dimension et la conception spatiale – le modèle du *Corridor Urbain* est susceptible d'être appliqué sur les territoires en fonction de situations spécifiques. L'hypothèse que nous posons sur notre terrain d'étude est que la métropole lilloise pourrait être un exemple d'application du modèle de *Corridor Urbain*. Cette hypothèse exigeante en termes de volonté politique nécessite un diagnostic territorial avant toute application. Nous allons d'abord énoncer nos hypothèses précises, puis dans le chapitre suivant, tester le potentiel de la métropole lilloise pour le déploiement de ce modèle.

La logique de *Corridor Urbain* se veut une stratégie d'aménagement intermédiaire pertinente pour la mise en œuvre d'une mobilité orientée.

Il est nécessaire d'apporter des précisions sur plusieurs termes employés et soulignés dans la définition.

1) Corridor Urbain :

- Un Corridor Urbain se fonde d'abord sur un système intégré d'usage de sol et de transport permettant l'interaction entre les parcelles de terrain et le dispositif qui les connecte les unes aux autres. Ce système intégré se distingue du reste de l'espace fonctionnel par un aménagement coordonné entre une forte accessibilité et une offre abondante d'aménités urbaines.

- C'est ensuite un ensemble d'espaces urbains ayant une densité plus forte que l'espace en dehors, une diversité de fonctions urbaines (notamment commerces et services) pouvant couvrir les nécessités quotidiennes de base, ainsi qu'une conception favorisant un espace agréable à vivre et de haute qualité environnementale.

- Cette logique décrit aussi une forme urbaine linéaire structurée par un mode de transport de masse efficace du point de vue de son service. Ce corridor est approvisionné par plusieurs autres modes de transport collectif formant un système irriguant les espaces en dehors du corridor.

- Il permet enfin un mode d'aménagement imposant une intervention collective de rôles et de compétences différents, à plusieurs échelles et divers secteurs d'interventions.

2) Intermédiaire :

- Le *Corridor Urbain* prend forme d'abord à une échelle intermédiaire, entre local et global, car nous nous concentrerons non seulement sur la zone autour d'une station, mais aussi sur toute une série de zones dans plusieurs municipalités, au sein d'une métropole fonctionnelle.

- Il correspond ensuite à une stratégie devant être suivie selon une temporalité relativement intermédiaire, entre moyen et long terme.

- C'est enfin une logique de coopération qui se positionne à l'interface de plusieurs domaines, nécessitant une coordination de compétences entre urbanisme et transport.

3) Mobilité orientée :

- Une mobilité plus concentrée et plus intense dans l'espace de corridor que dans le reste du territoire serait la conséquence d'une concentration et d'une diversité de fonctions

dans le corridor, laissant la place aux espaces naturels en dehors du corridor.

- Réduire la mobilité n'est pas un objectif. Il s'agit plutôt de développer une mobilité favorable aux transports collectifs et aux modes actifs et un moindre usage des véhicules privés.

A la recherche d'une organisation spatiale adaptée à notre territoire, nous allons envisager une orientation stratégique visant à redéployer le tissu urbain et les infrastructures de transports existants de la métropole lilloise. Le modèle proposé et les hypothèses sur sa performance sont certes plus complexes à tester et mettre en œuvre sur un territoire déjà construit et stabilisé que dans une ville nouvelle. Nous allons donc exposer le contexte territorial de la métropole Lilloise et examiner ses potentialités de disposer d'un modèle de *Corridor Urbain*.

1.3 POLITIQUE D'ARTICULATION ENTRE L'URBANISME ET LES TRANSPORTS DANS LE CONTEXTE TERRITORIAL

Nous présentons dans cette sous-partie, les stratégies territoriales associées à l'arrondissement de Lille. Cette partie vise à examiner si le contexte politique nous incite à orienter notre terrain d'étude vers le modèle du Corridor Ur-

bain. Une prolifération des documents de planification illustre l'attention particulière des acteurs variés sur la problématique de coordination transport et urbanisme. Mais sont-ils coordonnés, et en cohérence ? Une analyse du discours tenus dans les documents d'urbanisme aux différentes échelles, au fil du temps, nous aide à comprendre l'évolution des démarches territoriales. Pour la question de lisibilité, un schéma synthétique est présenté dans le Tableau 1-1.

Echelle / Date d'approbation	National	Régional	Métropolitain (communauté urbaine et arrondissement)
Déc. 1967	Loi LOF ¹⁰		
Fév. 1995			Programme Communautaire de l'Habitat
Oct. 1997			Schéma Directeur de développement et d'urbanisme (annulé en 2000)
1998			Propositions d'orientations du PDU (document provisoire)
Déc.2000	Loi SRU ¹¹		
Déc.2002			Schéma Directeur
Oct.2004			PLU

¹⁰ Adoptée le 30 décembre 1967, la loi n°67-1253 dite « d'orientation foncière » (LOF) a établi les principaux documents et outils d'urbanisme qui ont servi à l'aménagement local : plan d'occupation des sols (POS), Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (SDAU), remplacée ultérieurement par le Schéma Directeur, Taxe Locale d'Équipement,

Coefficient d'Occupation des Sols (COS) et Zone d'Aménagement Concerté (ZAC).

¹¹ Adoptée le 13 décembre 2000, La loi n°2000-1208 relative à la Solidarité et au Renouvellement Urbain (loi SRU), est un texte complexe qui a modifié en profondeur le droit de l'urbanisme et du logement en France, sous le gouvernement de Lionel Jospin.

Avr.2009			Délibération Mobilité
Juil.2009			Ville Intense
Nov.2009		DRA-SRADT ¹²	
Déc.2009			DIVAT
Juil.2010	Grenelle 2		
Avr.2011			PDU 2010-2020
Juin.2011		Action Foncière	
Déc.2012			PLH 2
Mars 2014	Loi ALUR		
En cours			SCOT / Projet de Contrat d'axe

Tableau 1-1 Le contexte urbanistique aux niveaux nationaux, régionaux, départementaux et métropolitains

Le schéma précédent montre le large éventail des documents de planification. Trois types de documents croisant trois échelles d'interventions sont disponibles :

- les documents d'aménagement du territoire régional comme le DRA et les schémas thématiques ;
- les documents d'urbanisme à l'échelle métropolitaine tels que le PLH, le PDU,

le PLU et les cartes communales, y compris le SCOT (l'arrondissement de Lille);

- les nouveaux instruments de la Communauté Urbaine Lille Métropole comme « Ville Intense », les « DIVAT », le « Contrat d'Axe ».

Parmi les nombreux documents de planification analysés, deux générations peuvent être

¹² Dans le cadre du Schéma Régional d'Aménagement et du Territoire (SRADT), le Conseil régional Nord-Pas de Calais a souhaité mettre en place un instrument d'aménagement et de planification qui prend la forme des Directives Régionales d'Aménagement (DRA) dont le principe est détaillé dans la dernière partie du SRADT « La déclinaison du Schéma Régional d'Aménagement et de Développement du Territoire ».

observées : avant l'adoption de la loi SRU (13 décembre 2000) et après. L'évolution des contenus est ici analysée de façon continue et juxtaposée, sans réelle coupure. C'est pour la facilité d'analyse et de lecture que l'auteur a divisé les deux générations de documents en deux parties : à partir des années 70s jusqu'au début de XXIème siècle ; et du début de l'année 2000 jusqu'à maintenant.

1.3.1 ENTRE 1970s ET 2000s

Le développement durable est un concept qui a été élaboré graduellement à partir des années 70, et qui est apparu au plan international dans la stratégie mondiale de conservation de 1980 et dans le rapport Brundtland de 1987 (Chansou 1994) (Vaillancourt 2002). Les agglomérations françaises qui ont rang de métropoles européennes, comme des agglomérations de taille moyenne, commencent à orienter leurs politiques territoriales en réponse à cette problématique. L'agglomération de Lille en fait partie dans ce courant de l'urbanisme contemporain. Via l'analyse d'un panel de documents de planification, est recensée ici la pratique du Développement Durable, sous l'angle précis de la relation urbanisme-transport. Les actions proposées à travers ces outils de planification peuvent être classées suivant quatre grands enjeux :

- La maîtrise de l'étalement urbain
- La mise en cohérence des réseaux de déplacement
- L'intégration sociale et urbaine des quartiers défavorisés
- La localisation cohérente des activités inductrices de déplacements

1.3.1.1 La maîtrise de l'étalement urbain

La maîtrise de l'urbanisation nouvelle, déjà inscrite dans la LOF de 1967, est présente dans le

schéma directeur de développement et d'urbanisme de Lille Métropole en 1997. Il est évoqué dans ce document de maîtriser l'étalement, premièrement par une réduction significative de l'espace à urbaniser ; deuxièmement, par la mise en place d'une action foncière.

Il s'agit, selon le premier axe, de reporter l'ouverture à l'urbanisation d'un tiers des zones d'extension après l'an 2005, de restructurer de vastes zones urbanisées sans mésestimer les exigences liées à la demande d'extension nouvelles, et d'avoir dans le temps, une perception souple et évolutive des territoires concernés, alimentée par l'observation continue des évolutions sociales et urbaines. Ici, est introduit le principe de précaution : les ouvertures des surfaces à urbaniser font l'objet d'une sorte de « planning d'ouverture », qui sera à réviser régulièrement. Cette mesure doit permettre une adaptation fine (quantitativement et qualitativement) à la situation nouvelle.

Selon le deuxième axe, il est proposé de mettre en place des dérogations fiscales incitatives pour la reconquête des secteurs urbanisés avec de l'immobilier résidentiel et économique articulée avec l'harmonisation fiscale de l'agglomération. Il s'agit de remettre sur le marché ces terrains en les rendant concurrentiels au niveau qualitatif et économique, par rapport à l'offre d'extension urbaine en périphérie. Il faut mentionner que l'action foncière (opérateur foncier et mesures fiscales) est un outil de maîtrise de l'étalement urbain évoqué dans les Schémas Directeurs de cette époque mais pas antérieurement alors qu'il s'agit d'un outil utilisé depuis longtemps par les aménageurs.

En plus des restrictions sur l'urbanisation nouvelle et l'action foncière, le lien avec les réseaux de transport passe par une proposition de structurer le territoire autour des pôles d'appuis, articulés sur les axes majeurs. En effet, dans le SD de 1997, 12 centres de moyenne importance ont été identifiés comme des

points d'appuis pour offrir des services et activités adaptés, autour des axes majeurs. Ces pôles d'appuis présentent de fortes potentialités de développement et constituent une réponse à l'émiettement communal, en vue de faire une métropole diversifiée en types d'habitats, et structurée par ces pôles urbains périphériques à moins de 30 minutes de l'hypercentre. Cette ambition nécessite donc de mener une politique de reconquête urbaine volontariste par la cohérence entre urbanisation et réseaux de déplacements. Lille étant une agglomération fortement touchée par la crise économique dont le territoire est marqué spatialement, la reconquête urbaine des friches industrielles mais aussi des sites d'habitats dégradés est un des objectifs majeurs du schéma directeur. Cette reconquête s'accompagne aussi de mesures concernant les espaces nouveaux à urbaniser en périphérie.

Rédigé en parallèle des règles locales d'urbanisme (Schéma Directeur 1997), le dispositif en matière de politique du logement au niveau local reprend les objectifs principaux déjà mentionnés. Dans le rapport final du Programme Communautaire de l'Habitat (aujourd'hui PLH), les concepts de « ville renouvelée » et de gestion économe de l'espace sont repris par la proposition de la mise en œuvre d'une véritable politique de renouvellement des parcs de logements. Les moyens mis en œuvre sont également listés, à savoir, une concertation permanente entre les pouvoirs publics ; la mise en place d'un observatoire de l'habitat pour disposer des données réactualisées ; et la mise en place d'un outil foncier. Il faut noter que, dès 1996, la dégradation des parcs de logements est considérée comme problématique. La reconquête des logements déqualifiés et le suivi de ces derniers sont donc réfléchis dans le dispositif local pour s'adapter de façon volontaire aux besoins à travers une gestion publique. Dans le Programme Communautaire de l'Habitat, on retrouve clairement la proposition de « la mise en œuvre d'une véritable politique de renouvellement

de l'habitat en cohérence avec les reconquêtes urbaines » : véritable application du concept de ce que l'on nomme alors la « ville renouvelée », issu du SD 1996, sur la politique de l'habitat dont François-Xavier Roussel, à l'Agence d'urbanisme, est l'instigateur.

Dans les années 1990s, Lille fait partie des villes qui affirment clairement que la cohérence entre les réseaux de déplacements et l'urbanisation nouvelle est un facteur de maîtrise de l'étalement urbain (Mignot et al. 2007). Le fait que cette mesure soit préconisée sur notre terrain d'étude n'est probablement pas étranger au fait qu'il existe des problèmes de congestion de la voirie importants, que Lille avait les moyens financiers pour investir dans les réseaux lourds de Transports en Commun et qu'il semble normal qu'elles souhaitent rentabiliser ces investissements. Dans une agglomération où le concept de « ville renouvelée » est développé en priorité et l'extension périphérique mise au second plan, la notion de reconquête urbaine semble être étroitement liée au développement des réseaux de transport. Le Plan Déplacement Urbain évoque une « gestion concertée » du territoire dans la politique d'aménagement, autrement dit, une cohérence dans les investissements publics liés aux déplacements.

1.3.1.2 La mise en cohérence des réseaux de déplacement

Ce volet est principalement compris dans deux documents de planification : le Schéma Directeur Lille Métropole 1997 et la proposition d'orientation du PDU 1998. Tandis que le SD définit les enjeux et les grandes orientations, le PDU décline des pistes de réalisation plus précises. Les orientations fixées par le SD qui ont été reprises sont notamment de favoriser l'intermodalité, de rendre les TC compétitifs et de développer les cheminements piétons et vélos ; de hiérarchiser les réseaux de voirie et partager la voirie ; de renforcer la coordination des institutions responsables des transports, d'organiser les conditions d'une cohérence

entre politique d'aménagement, d'urbanisme et politique des déplacements ; et de créer une structure unique de gestion et de coordination des transports publics dans un délai de 5 ans.

Il est, en effet, complexe de favoriser l'intermodalité et de rendre les TC compétitifs, parce que l'intermodalité signifie un échange, donc un temps de parcours et d'attente, entre les modes de déplacements, surtout lorsqu'il inclut un TC. Le fait de substituer la complémentarité modale à la concurrence modale signifie donner des poids équilibrés aux différents modes de déplacements, dans un contexte où l'automobile représente le mode préféré des citoyens. Il a donc été suggéré de hiérarchiser les réseaux autour des axes de TCSP en améliorant les services de transport et les aménagements des stations, pour solliciter les échanges entre voiture et réseau lourd de TC pour désengorger les entrées de ville. En plus d'augmenter le volume d'offre par le TC, le PDU a proposé une intégration tarifaire pour des pôles d'échanges et de parkings relais. Ces mesures risquent cependant de repousser la limite de l'urbanisation et d'engendrer un usage de l'automobile supplémentaire pour aller encore plus loin.

L'idée de désengorger la ville ne se restreint pas au traitement du réseau TC, mais comprend aussi le partage de la voirie. Il s'agit de redonner de la place aux modes de déplacements alternatifs à la voiture. Des couloirs de bus sans chicane, des trottoirs plus agréables, des itinéraires et des parkings de vélos, ainsi que les dispositifs pour inciter à un moindre usage des automobiles, notamment par la réduction de leur vitesse, sont introduits. Ces mesures semblent aller à contre-courant du désir des automobilistes qui veulent toujours aller au plus vite, mais elles contribuent à une meilleure sécurité et à une meilleure qualité de vie en ville. Parmi les réflexions figure une gestion des déplacements optimisée qui ne se concentre pas seulement dans le périmètre de la ville centre, car une réduction de vitesse en

ville peut changer les comportements des automobilistes dans la périphérie ou en milieu périurbain. En effet, les acteurs de l'agglomération lilloise sont conscients que le périmètre de certains réseaux de transport dépasse la limite administrative de la métropole. Le PDU évoque donc la création d'un document de planification multimodal à l'échelle du bassin de vie, et d'un comité responsable du suivi. Ainsi, le SD et le PDU se présentent comme étant en rupture avec la tendance des années antérieures par une politique globale de transport, via la mise en place d'une structure unique de gestion de la mobilité. Effectivement, une cohérence des réseaux de déplacements nécessite une réflexion globale sur tous les modes de transport en plus des réflexions locales. La mise en cohérence des réseaux de déplacements passe donc par une meilleure coordination des institutions, et une meilleure communication.

En plus de cette cohérence des réseaux de déplacements, il est proposé d'organiser les conditions d'une cohérence entre politique d'aménagement, d'urbanisme et politique des déplacements. Cette coordination politique et institutionnelle, permettant la réalisation de la cohérence entre les différentes politiques, était rarement évoquée à l'époque. La notion de coordination entre les institutions qui interviennent dans l'aménagement et qui organisent les transports est pour la première fois mentionnée dans les documents de planification urbaine et de transports (Duflos et Turchetti 1999). Pour prendre en compte des aspects liés aux réseaux de TC dans les projets d'aménagement, le PDU propose des "micro-PDU" pour les projets d'aménagement ; de réfléchir aux modes de déplacements alternatifs à la voiture dans les aménagements des espaces naturels et de loisirs ; des outils d'étude et d'évaluation des politiques publiques dans le domaine des déplacements gérés en commun avec les collectivités publiques (modélisation multimodale et impacts, observatoire,

tableaux de coûts financiers et environnementaux), etc..

1.3.1.3 *L'intégration sociale et urbaine des quartiers défavorisés*

Non seulement [la maîtrise de l'étalement urbain](#) et [la mise en cohérence des réseaux de déplacements](#) ont été les deux points essentiels dans les discours politiques, l'intégration sociale des quartiers en difficulté est souvent mentionnée comme une problématique urbaine qui impacte l'usage des espaces, y compris l'usage des transports collectifs dans ces espaces.

Les quartiers défavorisés ont toujours été la cible du Schéma Directeur, dans le but de combattre la pauvreté et les inégalités sociales. L'amélioration de l'offre de logements et d'accessibilité dans ces quartiers est considérée comme prioritaire afin de pousser à leur décroissement. Le service public de transport, est jugé, en soi, un élément déterminant de la cohésion sociale dans les propositions d'orientation du PDU de l'époque (Métropole Européenne de Lille 2011). Cependant, les préconisations semblent assez générales : c'est le « décroissement par les TC qui constitue un enjeu essentiel pour une meilleure intégration des territoires enclavés », alors que la desserte ne peut que marginalement transformer la dynamique économique des quartiers défavorisés. Aucun document de planification ne propose de piste concrète à part le renforcement des liaisons entre ces quartiers et le reste de l'agglomération.

1.3.1.4 *La localisation cohérente des activités inductrices de déplacement*

La localisation des activités génératrices de déplacements comme axe d'orientation est mentionnée en dernier parmi les quatre grands enjeux, mais il n'est pas le moins important. Le Schéma Directeur de Lille s'appuie sur ce thème pour développer son concept de « ville

renouvelée ». Encore une fois, Lille était pionnière parmi les agglomérations de taille similaire pour traiter ce volet de façon fine et élaborée.

Dans le contexte des métropoles françaises, les investissements publics peuvent jouer un rôle primordial dans la régulation des conditions économiques (Davezies 2008). Un urbanisme opérationnel focalisé uniquement sur la réponse à la pression de la demande aboutit à un mauvais amortissement de l'investissement public et à une gestion éparpillée de l'espace et du développement. Lille Métropole, après avoir identifié les conséquences d'une politique au fil de l'eau, renonce à cet urbanisme passif et tend à proposer une gestion rationnelle de l'investissement. L'accent est mis sur le couple habitat/travail, pour intégrer le fait que chaque station de métro, investissement lourd s'il en est, constitue un point de développement à valoriser. D'autant plus que le positionnement de la métropole et de ses réseaux d'infrastructures constitue de fortes potentialités pour entretenir des relations économiques intenses dans un territoire régional élargi. La stratégie métropolitaine était donc de rentabiliser les investissements publics réalisés par ailleurs, essentiellement en matière d'infrastructure de transport, et d'assurer une équité territoriale dans la localisation des nouveaux sites de développement, avec une réponse pas seulement spatiale, mais aussi par la régulation fiscale.

Cette orientation se retrouve, plus concrètement décrite dans le SD 1997, réalisable par la localisation cohérente de deux types de sites économiques : les parcs d'activités et les surfaces commerciales. Concernant les parcs d'activité, une sélection de sites est introduite pour éviter la multiplication d'opérations concurrentes, et pour valoriser au mieux les grandes infrastructures. Deux pôles d'excellence sont d'ores-et-déjà identifiés comme moteurs de développement : Euralille et

l'Union, en même temps qu'une hiérarchisation des autres parcs est proposée. Une telle stratégie suppose de recréer une offre foncière alignée sur les prix du marché de l'immobilier d'activités grâce à la mise en place d'un outil foncier doté de moyens conséquents. Il était donc envisagé de mettre en place un outil mé-

la Haute-Borne à Villeneuve-d'Ascq). Les projets réalisés récemment ou en cours de réalisation sont décrits dans la *partie 2.3.3 Projets urbains récents et en cours*.

Lors d'une rencontre de la FNAU, en 1998, une étude sur la planification depuis les années 70s

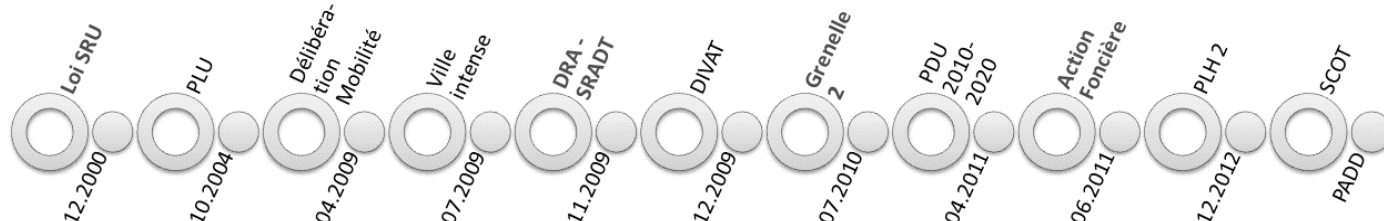


Figure 1-2 Progression de démarches territoriales dans le temps, Liu.L, Août 2013

tropolitain, jouant un rôle fédérateur de coordination et d'impulsion de la stratégie de développement économique. Quant aux implantations commerciales, le SD propose de définir un Schéma Directeur d'urbanisme commercial et une charte engageant les partenaires à privilégier le commerce de centre-ville et les quartiers à potentialité commerciale. Ce travail de définition est un travail en commun, associant les structures intercommunales de l'arrondissement de Lille qui s'appuie sur la loi Raffarin (5 juillet 1996) et vise à limiter les développements et les extensions des équipements commerciaux périphériques et à encourager les commerces de proximité.

Le PDU, en conformité avec ces orientations du SD, propose donc des pistes favorisant le développement urbain et l'implantation des équipements et activités le long des axes lourds de TC, par exemple, à travers la densification de zones bien desservies ou des choix de localisation des grands équipements accessibles en TC.

Suite à ces documents d'orientation, les lignes de métro ont été prolongées, le centre commercial Euralille a été mis en chantier comme d'autres pôles de compétitivité dans des secteurs en reconversion (à l'exception de celui de

a rapporté une difficulté commune de l'urbanisme dans 24 agglomérations françaises. Les 30 ans de planification, après la Trente Glorieuse, montraient « *les contradictions de la planification, tout au moins la difficulté de planifier la ville, de maîtriser la croissance urbaine et ses coûts économiques sociaux, de mettre en cohérence ses réseaux et infrastructures de transports, d'éviter une ville à deux vitesses socialement parlant, de capitaliser les territoires et ses attributs urbains pour une localisation 'adaptée' des activités...* ». Entre objectifs de planification, projets et effets induits, où se trouve le décalage si les difficultés de planification et de gestion urbaine persistent et s'accroissent ? Les approches, ou les enjeux mentionnés dans les quatre précédents paragraphes, énoncés formellement dans des principales politiques publiques et dans les procédures de planification n'ont cependant pas fourni tous les effets escomptés. Les pistes semblent nombreuses et variées mais il a manqué notamment une coordination efficace pour concrétiser les orientations choisies dans les délais envisagés. Dans la suite du texte, la lecture d'une deuxième génération des documents de planification nous révélera les constantes et les évolutions des discours dans les politiques publiques.

1.3.2 PÉRIODE À PARTIR DES ANNÉES 2000

Une nouvelle génération de documents d'urbanisme s'ouvre avec l'approbation de la loi SRU (Déc. 2000) que nous présenterons chronologiquement pour en faciliter la lecture et l'interprétation.

Commençons par le prédécesseur du « Schéma de Cohérence Territoriale » – le Schéma Directeur de Lille Métropole. L'autorité du syndicat mixte du schéma directeur de Lille Métropole a approuvé son Schéma Directeur en 2002. Dans un objectif principal de définir un projet d'aménagement et de développement durable, le Schéma Directeur réclame un système de déplacements performant et cohérent avec les politiques d'urbanisme, où *les transports en commun et le réseau ferroviaire sont appelés à jouer un rôle plus important alors que la place de l'automobile est plus strictement encadrée*¹³. Effectivement, concevoir un tel système ne peut relever de la seule offre de transport, mais plutôt d'une politique globale des déplacements. A l'aide du PDU, il s'agit d'assurer un équilibre durable entre les besoins en matière de mobilité et de facilité d'accès, d'une part, et la protection de l'environnement et de la santé, d'autre part (DGHUC 2008).

« Article 19 - LOI n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement (1) »

Parmi les membres du syndicat mixte, Lille Métropole Communauté Urbaine (LMCU) – établissement public de coopération intercommunale – est actif dans le domaine de l'articulation entre transport et urbanisme. Dans son PLU adopté en 2004, LMCU souligne que la mise en œuvre de la politique communautaire

en matière de déplacements aura d'importantes répercussions sur le développement urbain ultérieur. Cette dernière guidée par les principes du développement durable, se fixe sur trois objectifs : réduire les nuisances des transports ; améliorer le cadre de vie et la qualité des espaces publics ; maîtriser l'évolution des pratiques de déplacements. Pour réaliser ces objectifs, la politique communautaire en matière de déplacements préconise six types d'actions. Il est utile pour notre propos de mentionner deux actions proposées dans ce document : une première propose de faire évoluer une ville et ses réseaux de transport en synergie ; et une deuxième propose une action publique globale et cohérente à long terme. En effet, quelques réalisations en cours sont inscrites dans le PLU de 2004 – puis modifié en Septembre 2008 – telles que le renforcement des axes lourds de transport collectif métropolitain, des aménagements pour favoriser l'intermodalité et l'utilisation des modes doux de déplacements, et une urbanisation spécifique autour des axes lourds de transport collectif.

Dans le corpus des documents du PLU, une fiche est explicitement dédiée à la thématique sur la « Valorisation des abords des axes lourds de transports en commun par l'association des problématiques urbaines et des problématiques de déplacements ». En mettant en avant le rôle des espaces autour des transports de masse, plusieurs questions ont été abordées individuellement : la centralité, l'accessibilité des stations, le stationnement et la densification par la réhabilitation. Même si cette fiche ne dépasse guère une page, elle reste, à notre connaissance, le premier document d'urbanisme dans lequel se trouvent les

¹³ Schéma Directeur de Développement et d'Urbanisme de Lille Métropole, préparé sous

l'autorité du Syndicat mixte par l'Agence de développement et d'urbanisme de Lille Métropole.

principes fondamentaux du *TOD* et du *Corridor Urbain* pour notre territoire¹⁴.

En 2009, pour répondre aux objectifs en matière de développement urbain dans une vision contemporaine, qualitative et durable, la direction Aménagement et Renouvellement Urbain de la communauté urbaine a élaboré un document intitulé « Faire la Ville Intense » pour la métropole. L'idée est de procéder à une rupture dans les formes urbaines du XX^{ème} siècle et dans leurs modes de production. Selon le document, les modèles traditionnels¹⁵ de production de la ville ont inspiré la majeure partie des extensions urbaines, entraînant un rattrapage de périurbanisation par les réseaux de transports.

« Faire la Ville Intense » a donc d'abord défini les caractères d'une ville intense, les exigences concernant l'accessibilité en transports collectifs en faisant appel à la mixité sociale et fonctionnelle. Le document a proposé successivement des critères de qualité, des objectifs de densité, et a ensuite identifié *la démarche [projet] comme mode de co-production pour réguler et contextualiser les projets et pour les phaser dans le temps*. Enfin, le document de « Faire la Ville Intense » a sollicité l'engagement de tous les secteurs pour faire converger Lille Métropole vers une ville intense, à travers les politiques de chaque domaine et en passant par tous les projets urbains. Ce document peut être apprécié comme une démarche d'orientation et un appel à une politique globale en vue d'une coordination entre tous les domaines de l'aménagement.

La région Nord Pas-de-Calais a également joué un rôle important dans la coordination

entre urbanisme et transports en commun. En fin 2009, un peu plus tard que la sortie de « Faire la ville intense », la région a publié une « Directive Régionale d'Aménagement – Maîtrise de la périurbanisation » (DRA), un document exprimant sa volonté de maîtriser l'étalement urbain bien que celui-ci implique de mobiliser des compétences qui ne sont pas dans ses attributions directes, et de favoriser l'utilisation des transports de masse. Parmi les quatre grands objectifs dans ce document, deux parlent de la réorganisation des espaces autour de lignes de transports en commun et des circulations douces. Une réflexion approfondie a été menée pour reconsidérer les principaux types de tissu urbain.

La DRA suggère de donner une valeur stratégique aux abords des transports en commun urbains où il faut regrouper un maximum d'origines et de destinations des usagers potentiels. *C'est en rendant ces abords plus denses, plus mixtes et plus attractifs que nous pourrions valoriser les réseaux de transports en commun et les espaces urbains centraux. Cependant, une partie majoritaire du tissu urbain n'est pas desservie et ne le sera pas à court terme par une offre performante de transports en commun*. Le document propose donc de développer également un double maillage pour les espaces urbains moins denses – celui de circulations douces – combiné avec les transports collectifs interurbains ou inter-quartiers. Ce double maillage permettrait des trajets locaux de courtes distances et faciliterait un changement intermodal pour les trajets longs. Enfin, le document cherche à désigner un autre avenir que le périurbain pour les territoires ruraux en rééquilibrant les emplois et les services, mais aussi en préservant l'identité

¹⁴ Discussion avec Céline Depierre, Service Mobilité, Pôle d'études et Plan de déplacement urbains.

¹⁵ Ceci fait référence au « zoning », à un aménagement fragmenté et sectoriel sans réflexion globale sur une ville, ni de considération sur la connexion par les réseaux.

rurale. La DRA s'adresse à l'action publique locale qui possède les principales compétences d'aménagement pour atteindre ces objectifs aussi bien dans les espaces urbains que dans les territoires ruraux. Elle a indiqué le chemin : ces réseaux à développer peuvent être implantés en amont dans les projets de nouvelles opérations urbaines, mais il convient aussi d'envisager leur implantation dans le tissu urbain existant. Elle donne des obligations de résultats comme des obligations de moyens. En termes d'obligation de résultats, les indicateurs d'accessibilité vers les espaces de nature et les réseaux alternatifs à la voiture sont proposés. En termes d'obligations de moyens, il s'agit de mesures hiérarchisées. La DRA propose les étapes précises comme l'observation, l'expertise, l'ingénierie, ainsi que l'intégration de la démarche de double-maillage dans la planification réglementaire. Par exemple, intégrer les secteurs d'accessibilité dans les documents de planification ; créer des réserves foncières, emplacements réservés et servitudes utiles pour intégrer *a posteriori* dans le tissu urbain les réseaux et y consolider la présence et les fonctions de la nature en ville ; imposer l'aménagement de réseaux de circulations douces dans les opérations d'aménagement de nouvelles zones résidentielles et économiques.

Dans cette perspective, la Communauté Urbaine de Lille Métropole, compétente en matière d'aménagement, a réalisé une étude spécifique en réponse aux exigences de « Faire la Ville Intense » et aux objectifs définis par la « DRA-Maîtrise de la périurbanisation » – en mettant en valeur les « DIVAT¹⁶ ». Cette étude a été conçue pour préparer la révision du PDU et à la réalisation du nouveau SCOT. Elle a plus particulièrement souligné les enjeux en ce qui concerne l'aménagement des espaces au sein

des DIVAT, des disques de 500 mètres de rayon centrés sur les stations de transports collectifs lourds de type métro, tramway ou train. Les enjeux consistent à tendre vers des densités réglementaires plus fortes et mieux adaptées aux sites, à rendre confortables et directes les liaisons piétonnes et vélos vers les stations, et à travailler sur les stationnements automobile et vélo pour favoriser l'utilisation des modes alternatifs.

Néanmoins, l'étude sur les DIVAT n'a pas pu développer des solutions pour tous les enjeux mentionnés. Elle a en revanche proposé des pistes de réflexion pour une politique foncière, une stratégie urbaine d'ensemble, et des éléments à intégrer dans le futur SCoT et le PLU, comme dans le projet de PDU de 2010. En termes d'objectifs d'urbanisation, l'étude a divisé les zones des DIVAT en trois niveaux, en fonction de la densité urbaine et de l'intensité des flux de passagers, et a mentionné quelques actions concrètes et hiérarchisées. Par exemple, pour les DIVAT de niveau 1, il est proposé d'atteindre une densité brute supérieure à 70 logements par hectare pour toute nouvelle construction à usage d'habitat, une densité supérieure à 1,5 (COS) pour les immeubles de bureaux et une densité supérieure à 1 pour les autres activités économiques. Et en termes des services de transports collectifs, elle suggère aussi de renforcer la capacité des deux lignes de métro existantes. Le doublement de la longueur des rames sur la ligne 1 et le prolongement de cette même ligne vers le sud, ainsi qu'une augmentation des fréquences sur la ligne 2 sont ainsi visés.

Ce faisant, l'étude des DIVAT a réussi à fixer les zones prioritaires d'aménagement dans le territoire tout en proposant l'intégration d'une

¹⁶ Disque de Valorisation des Axes de Transports. Le rayon de 500 mètres du disque correspond à une accessibilité aux stations de transports

collectifs concernées de moins de 10 minutes à pied.

politique d'ensemble dans plusieurs documents de planification de la métropole.

Dans le contexte national du Grenelle II pour l'environnement, les stratégies territoriales sont incitées à travailler en synergie et à traiter une série de questions urbanistiques, y compris l'articulation entre formes urbaines et transports de façon plus durable. Dans le cas de Lille Métropole, le Plan de Déplacements Urbains de 2010-2020 (adopté en avril 2011) exprime une inflexion forte en direction de l'interaction entre transport et urbanisme. Parmi ses grands axes d'actions, deux thèmes (parmi six) traitent cette interaction avec ses propres spécificités territoriales :

Axe 1 : Ville intense et mobilité – Promouvoir un développement et des formes urbaines durables

Consolider l'organisation territoriale d'aujourd'hui et asseoir son développement futur exigent de composer une Ville intense en lien avec l'ensemble du système de déplacements, de créer et gérer des réseaux de transports collectifs lourds qui soient les supports et les vecteurs du développement urbain métropolitain, tout en déclinant localement la politique de mobilité par territoire. Il s'agira enfin de diffuser les bonnes pratiques et les connaissances en matière d'articulation et d'interactions entre urbanisme et déplacements.

Axe 2 : Réseaux de Transports Collectifs – Favoriser les transports collectifs pour les échanges avec le territoire métropolitain

Les échanges du territoire métropolitain avec les territoires qui l'entourent sont croissants et l'ambition de rayonnement de la Métropole vise la poursuite de ce développement. Il convient donc de proposer dès à présent un système de

transports collectifs robuste et puissant qui offre de véritables alternatives à la voiture, en s'appuyant sur le réseau ferré métropolitain et sa densité. C'est en valorisant les infrastructures ferroviaires et leur utilisation que les objectifs ambitieux en matière de déplacements d'échange réalisés en transports collectifs seront atteints.

Si le PDU poursuit la logique de travailler sur l'interaction entre urbanisme et transport, on peut s'attendre à ce que le document d'orientation du Programme Local de l'Habitat 2012-2018 contribue à soutenir cette politique. De fait, trois critères combinés ont été spécifiés pour la localisation des logements dans le PLH : *construire deux tiers des logements dans le tissu urbain existant ; construire en proximité des transports en commun, autour des stations de transports en commun cadencés et des lignes de bus à haute fréquence ; construire en proximité des services et des centralités (écoles, marchés, linéaires commerciaux)* (« Document d'Orientation_PLH 2012-2018 » 2013). En effet, voté en 2012, le PLH définit les sites où l'urbanisation peut avoir lieu : sur l'existant (1); ayant l'accès sur les services et les commerces multiples (2); et dans les périmètres DIVAT (3).

Enfin, comme le Schéma Directeur (2002) doit être remplacé par un SCoT¹⁷. Début 2016, l'élaboration du SCoT sur l'arrondissement de Lille

¹⁷ Le 27 novembre 2008, le Syndicat mixte a décidé de réviser le Schéma directeur de Lille Métropole adopté en 2002 et de lancer l'élaboration

du Schéma de cohérence territoriale (Scot) de Lille Métropole.

Les critères de territorialisation du PLH

tache urbaine, transports en commun,
accessibilité des services

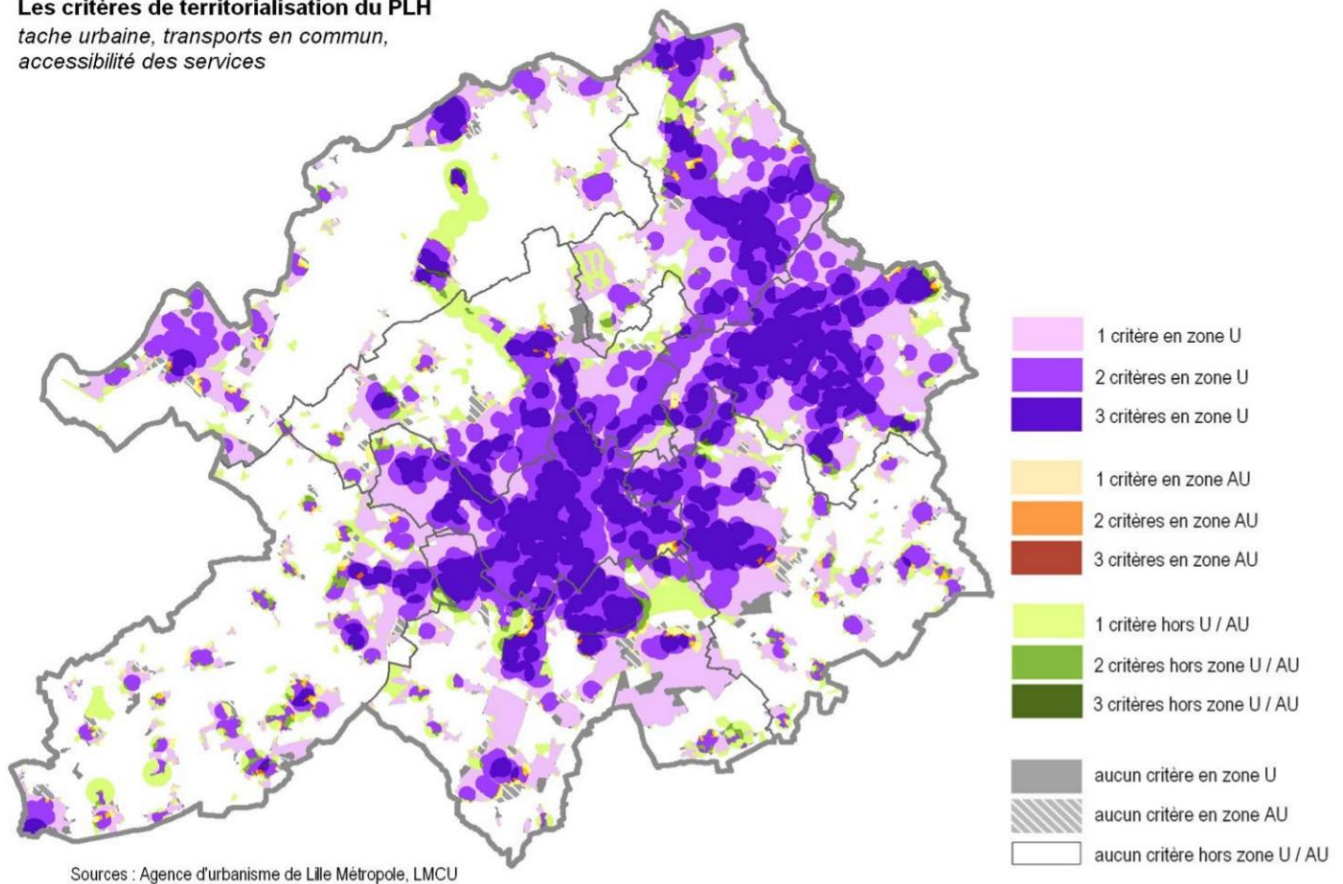


Figure 1-3 Exemple d'une procédure de planification intégrée

n'est pas encore achevée, mais nous avons pu suivre la progression des réflexions à travers les ateliers et les documents de travail. En janvier 2012, l'Agence de Développement et d'Urbanisme¹⁸ a mené une première restitution des travaux en consultant trois équipes d'urbanistes internationales ; ces analyses sont résumées dans un document appelé *Lille Métropole 2030*. Cette consultation doit alimenter les ateliers du Projet d'Aménagement et de Développement Durable¹⁹ (PADD) du SCoT.

Au-delà des divergences entre les propositions des trois équipes, la consultation a mis en évidence plusieurs points communs sur l'état du territoire.

- La métropole Lilloise se distingue d'autres aires métropolitaines françaises et connaît une organisation spatiale non radio-concentrique et hiérarchisée – elle suit une organisation polycentrique.

¹⁸ Sous l'autorité d'un Syndicat mixte composé d'élus des villes concernées et de représentants du Conseil Général du Nord et de la Région Nord-Pas-de-Calais, le SCoT est préparé par l'Agence de Développement et d'Urbanisme (ADU) de Lille.

¹⁹ Le Scot comprendra un rapport de présentation, un Projet d'aménagement et de développement durables (Padd) ainsi qu'un Document

d'orientation et d'objectifs (DOO). Après un premier diagnostic fin 2010, dont les mises à jour sont continues, le futur Projet d'aménagement et de développement durables (Padd) constituera le deuxième « volet » important du Scot et énoncera les grands choix stratégiques du Syndicat mixte du Scot de Lille Métropole pour les deux décennies à venir.

- L'hybridité est reconnue comme une caractéristique du tissu urbain métropolitain.
- Le recyclage urbain est un thème stratégique majeur pour ce territoire, aujourd'hui et demain.
- Il existe une structure agricole en hémisphère, répétée à la périphérie de la zone urbaine centrale. Ces espaces agricoles se sont implantés en limite de la ville dense et au pourtour d'un de ses satellites.
- Le territoire nécessite une cohérence plus forte entre urbanisation et infrastructures : eau et fer.

Effectivement, la métropole possède une morphologie singulière où l'espace agricole occupe une moitié du territoire. L'héritage du territoire (la surreprésentation de l'industrie) a également engendré une métropole hybride, au sens de la mixité, de la diversité et de l'intensité. La distribution hétérogène des situations urbaines – *une ville mosaïque au centre, des archipels au sud, ainsi qu'un sprawl et des villes dans le nord* (Lille Métropole 2010) – rappelle l'importance des transports collectifs comme support du développement.

1.3.3 PAR OÙ COMMENCER LES BONNES INITIATIVES ?

En 1971, M. Albin Chalandon, Ministère de l'Équipement et du Logement, évoque, entre autres batailles que l'urbanisme se doit de livrer, *"la lutte contre le gigantisme, qui fait perdre son caractère humain à l'agglomération, aux quartiers (...), le combat contre la congestion, qu'entraîne le développement en tache d'huile de la ville autour de son centre (...)"*. *"C'est pourquoi, écrit-il, tous les schémas directeurs doivent être basés sur le multcentrisme qui permet de garder à chaque centre une dimension et un caractère humains."*

Dans les deux générations de documents d'urbanisme, il existe des termes constants – « lutter contre l'étalement urbain », « mixité des fonctions et de mixité sociale », « polycentrisme » ou bien « qualité de vie », motivés par des finalités changeantes pour réduire les inégalités territoriales. Ces finalités peuvent être culturelles et politiques, économiques ou environnementales, comme par exemple la restauration de la vie urbaine dégradée, la sortie d'une crise de l'énergie, la préservation de l'espace et de l'environnement. Pourtant et finalement, nous faisons l'analyse que les orientations convergent toutes dans les discours politiques sur le seul couple urbanisme-transport.

Ces documents, articulés les uns avec les autres nous fournissent une lecture globale sur la stratégie territoriale en matière d'urbanisme et de transport. Cette lecture approfondie des documents de planification aux différentes échelles nous a permis de tracer l'évolution des démarches territoriales en suivant une ligne directrice forte de développement – celle de corréliser l'agencement des fonctions urbaines et l'organisation des transports collectifs. Les démarches de l'Etat (les lois), de la région et de la métropole vont dans le même sens. Cette convergence a permis aux documents de planification de progresser depuis un cadre réglementaire vers les actions opérationnelles, en passant par les objectifs qualitatifs et quantitatifs. Effectivement, le document intitulé « Faire la ville intense » a donné un cadre contemporain de développement sur le mode de production de la ville. Si les « DIVAT » peuvent être considérés comme un outil visant à adapter l'urbanisme réglementaire au service d'un projet de ville articulé aux transports collectifs, une réflexion sur le « Contrat d'axe » se précise comme un outil opérationnel possible de développement urbain au sein de la communauté urbaine. Cette dernière réflexion en cours d'élaboration démontre une attention constante sur le couplage urbanisme et trans-

port en commun, et illustre une attention particulière au modèle linéaire de forme urbaine structurée par les transports de masse.

Dans ce contexte où l'agglomération de Lille est particulièrement marquée par ses ambitions sur le couplage transport et urbanisme, est-ce que les évolutions repérées sur les documents d'urbanisme se traduisent dans des opérations significatives d'un aménagement durable ? Reste à trouver le déclencheur pour cela car, dans le court terme, le marché foncier et immobilier est déprimé et dans le répertoire des valeurs collectives, la recherche d'espaces peu denses pour l'habitat associée à la mobilité individuelle sont ancrés dans les habitudes.

1.3.4 POTENTIALITÉ D'APPLICATION DU TOD POUR LA MÉTROPOLE LILLOISE

Cette partie a eu pour objectif d'explorer si l'application du concept de TOD sur notre terrain d'étude, à savoir l'arrondissement de Lille pouvait bénéficier d'un contexte réceptif. Basée sur la politique actuelle et le réseau structurant du territoire, nous pouvons poser comme hypothèse que l'arrondissement de Lille a le potentiel pour s'approprier le TOD, en se dotant d'un propre modèle d'aménagement, celui du corridor urbain. Afin de vérifier cette hypothèse, nos analyses portent sur la morphologie du territoire, illustrant un espace linéaire qui capte les fonctions majeures de la vie quotidienne.

Cette idée correspond au concept mentionné auparavant de « ville compacte ». La « ville compacte » désigne un tissu urbain offrant sur un minimum d'espace la plus riche diversité possible de services, d'institutions et de surfaces d'habitation (Burton, Jenks, et Williams 2003). Au niveau des transports, cela correspond à l'idée « d'échelle du piéton (Fouchier 1998; Lévy 1999), donc à une planification urbaine conforme aux besoins de mobilité sur de brèves distances, parcourables à pied, et dans le cas de certains quartiers, accessibles par des transports publics efficaces. L'aménagement

du territoire devient ainsi un facteur déterminant de la politique des transports (et de l'environnement).

Chapitre 2 **L'AGGLOMERATION LILLOISE : TERRAIN D'APPLICATION POUR UN MODELE DE CORRIDOR ?**

Dans le premier chapitre, nous avons pu préciser la définition de notre problématique de recherche et l'éclaircissement des fondements théoriques sur lesquels notre étude s'est basée. L'objectif du deuxième chapitre est maintenant de présenter et d'étudier notre terrain d'étude auquel nous appliquerons le concept du TOD et du modèle de Corridor. Un diagnostic détaillé est réalisé selon des secteurs multiples.

En premier lieu, les habitants sont représentés par un taux de solde naturelle relativement élevé, mais de flux migratoire négatif. La forte présence des étudiants et couples sans enfants apporte une actuelle dynamique à l'arrondissement. Néanmoins, ce mouvement de flux déforme la pyramide démographique, qui est basée sur les tranches d'âges les plus jeunes, et contribue à une structure familiale de plus petite taille. Ainsi, la projection de la croissance de la population et des ménages est relativement conservatrice dans les vingt prochaines années. Dû à la diminution de la taille de ménage, la croissance prévue du nombre de ménage suit un taux (0,7% par an), qui est un peu plus élevé que celui de la croissance de population (0,3% par an).

En deuxième lieu, le tissu urbain de la métropole lilloise et son caractère intercommunal sont présentés. La fin du XIXème siècle représente, pour la métropole, le début d'une vague de redéveloppement, avec la mise en opération du projet d'envergure d'Euralille. Suivi par les autres projets éparpillés dans la métropole. Notre territoire semble présenter une volonté

forte de renouvellement et de recyclage en termes d'usage de sol.

En effet, il s'avère que le riche passé de notre territoire d'étude était plongé dans une période de crise suite au mouvement de la désindustrialisation. Les activités textiles et minières, ainsi que les grandes distributions, ayant contribué dans le passé à la prospérité du Nord, perdent de l'attractivité dans l'ère des services numériques et tertiaires. Les secteurs d'activités majeurs du territoire et le marché d'emploi local sont confrontés à une situation difficile, exprimée par des taux élevés de chômage et de pauvreté. Il a donc été nécessaire pour les collectivités territoriales d'envisager des grands projets urbains et de chercher à redresser l'économie du territoire avec les pôles de compétitivité, visant à faire collaborer l'enseignement supérieur, la recherche et l'industrie selon de nouvelles formes.

En dernier lieu, le territoire de l'arrondissement et ses réseaux de transports sont décrits de façon détaillée. Nous avons mis l'accent sur les occupations du parc de logement, du marché immobilier et sur l'usage des infrastructures et des services de transport. Ces diagnostics sectoriels servent à nourrir notre compréhension de l'arrondissement de Lille. Plus concrètement, ces recensements nous alimentent sur le choix de méthodologie pour traiter notre problématique de manière intégrale et complète. Dans la seule condition de bien discerner l'usage des infrastructures, des aménités et des sols, nous pouvons procéder à choisir l'ou-

til d'application et concevoir une étude prospective pour un projet de recherche visant à l'aide à la décision politique.

2.1 LOCALISATION ET PÉRIMÈTRE

La métropole lilloise est située dans le Nord de la France, au centre du département du Nord, à une dizaine de kilomètres de Belgique. Elle s'est établie dans la vallée de la Deûle dont plusieurs affluents, parcourent l'arrondissement. Navigués depuis l'époque gallo-romaine, et utilisés lors de la révolution industrielle, les canaux de la Deûle et de Roubaix traversent l'arrondissement du sud-ouest au nord pour rejoindre la Lys, qui longe la frontière franco-belge au nord. La métropole lilloise appartient à la vaste plaine de l'Europe du Nord qui se prolonge au-delà de la frontière vers la Moyenne et la Basse Belgique. Son altitude est faible et varie entre 10m dans la vallée de la Lys à Halluin et 106m à Mons-en-Pévèle.



L'arrondissement de Lille est une division administrative française au sein de la région Nord-Pas-de-Calais (Hauts-de-France depuis le 4 janvier 2016). C'est à ce niveau qu'est défini le schéma de cohérence territoriale (SCOT) de Lille Métropole. Il couvre 28 cantons et 124 communes regroupant plus de 1,2 million d'habitants sur une surface de 880 km² avant 2015²⁰. Ce périmètre est issu du schéma directeur adopté en 2002, élaboré par la Communauté urbaine de Lille, comptant les 85 communes de la Métropole Européenne de Lille - MEL -, les cinq communautés de communes du Pays de Pévèle, de la Haute Deûle, du Carembault, du Sud Pévélois, de Weppes et la commune de Pont à Marcq²¹.

Le périmètre de l'arrondissement de Lille correspond donc à celui du SCOT de Lille qui représente l'espace le plus influent au niveau économique, politique, culturel de la région,

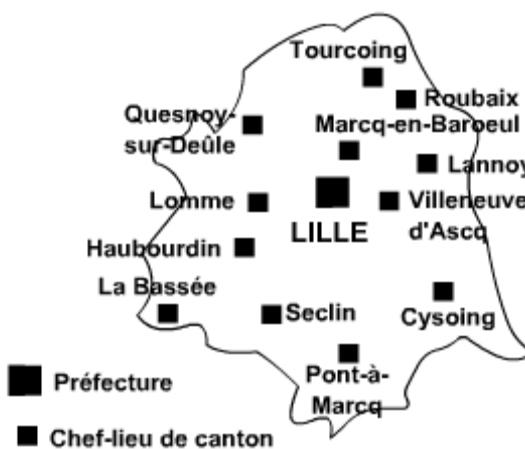


Figure 2-1 La métropole Lilloise dans son environ géographique et la localisation de ses communes principales

²⁰ Depuis 2015, L'arrondissement compte 125 communes réparties en 17 cantons (Annoëullin - Armentières - Croix - Faches-Thumesnil - Lambersart - Lille-1 - Lille-2 - Lille-3 - Lille-4 - Lille-5 - Lille-6 - Roubaix-1 - Roubaix-2 - Templeuve - Tourcoing-1 - Tourcoing-2 - Villeneuve-d'Ascq).

²¹ Dans le cadre du Schéma départemental de coopération intercommunale, la Communauté de communes Pévèle Carembault a été créée par fusion le 1er janvier 2014. Le Comité syndical a accepté le

rattachement de cette intercommunalité au SCOT de Lille Métropole. Au total, aujourd'hui, 133 communes couvrent l'ensemble du périmètre du SCOT de Lille Métropole, soit un bassin de vie formé par le regroupement de Lille Métropole (85 communes), des deux communautés de communes de la Haute Deûle (5 communes) et de Weppes (5 communes), et d'une partie de la communauté de communes Pévèle-Carembault (38 communes). Dans le cadre de la thèse, l'ancien périmètre du SCOT est conservé et utilisé.

ainsi que le premier pôle en termes de population et d'emploi. La ville de Lille abrite le siège la préfecture du Nord et du conseil régional, mais ce territoire se distingue de la majorité des conurbations françaises car la ville de Lille n'en constitue pas le seul centre urbain. La MEL est bordée par plusieurs villes fortement peuplées telles que Roubaix, Tourcoing ou Armentières. Villeneuve d'Ascq, la ville nouvelle créée à la fin des années 1960 à seulement 6 km à l'est du centre de Lille, est également un pôle secondaire à la dynamique urbaine importante. La MEL, peuplée d'environ 1,2 million d'habitants (2010), a une densité moyenne de 1951 hab./km², mais répartie de façon hétérogène.

2.2 GÉNÉRALITÉS SUR LA POPULATION ET LES MÉNAGES

2.2.1 POPULATION

L'arrondissement de Lille est d'abord une vaste conurbation transfrontalière parmi les plus peuplées de France et de Belgique avec plus de 1,2 million d'habitants et une surface de plus de 980 km². La première expansion démographique de Lille, principale ville de cette conurbation, remonte aux XII^{ème} et XIII^{ème} siècles, lorsqu'elle se constitue en cité marchande jusqu'au début du XIV^{ème} siècle. La seconde phase d'expansion survient avec la révolution industrielle, tout au long du XIX^{ème} siècle où la population a triplé en moins d'un siècle. Après cette forte expansion, Lille a connu trois grands chocs démographiques au XX^{ème} siècle, deux pendant les deux guerres mondiales et un dernier en raison du mouvement de la périurbanisation. La création de la ville nouvelle de Villeneuve d'Ascq a attiré

dans les années 1970 une partie de la population anciennement résidente du centre urbain de Lille. C'est seulement dans le courant des années 1990, que la conurbation a de nouveau connu une croissance démographique grâce, pour l'essentiel, à l'afflux d'une population étudiante. On peut observer que la réorganisation des périmètres administratifs est influencée par les dynamiques de peuplement au sein de l'arrondissement à la fin de XX^{ème} siècle²².

Pendant la dernière décennie, la population enregistre une croissance très faible mais stable et cette augmentation est déjà plus marquée dans la métropole lilloise que dans les autres communes et agglomérations de la même région. L'analyse des recensements montre que la faible croissance de la population de la métropole lilloise est le résultat d'un déficit migratoire vers d'autres régions de la France, notamment l'Île-de-France et vers les pays étrangers.

	1968	1975	1982	1990	1999	2007	2012
Population	1057690	1113999	1126088	1152883	1182026	1200059	1217202
Densité moyenne (hab/km ²)	1202.5	1266.6	1280.3	1310.8	1343.9	1364.4	1383.9

Tableau 2-1 Evolution de la population et de la densité de population selon recensement, Sources : Insee, RP1968 à 1999 dénombrements, RP2007 et RP2012 exploitations principales.

Selon l'INSEE (Insee 2012), la composition démographique est aussi problématique car elle se caractérise par une population très jeune, résidant pour ses trois-quarts en milieu urbain, en attente de partir ailleurs pour des meilleures opportunités de travail. De plus, c'est

aussi un territoire où l'on ne reste pas l'âge de la retraite venu.

²² « Ces fusions de communes ont d'abord des visées électorales, pour maintenir à gauche une ville

de Lille qui s'embourgeoisant se tourne. » Alain L'Hostis, discussion libre.

	1968 à 1975	1975 à 1982	1982 à 1990	1990 à 1999	1999 à 2007	2007 à 2012
Variation annuelle moyenne de la population en %	0.7	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3
due au solde naturel en %	0.9	0.7	0.8	0.7	0.8	0.8
due au solde apparent des entrées sorties en %	-0.1	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.5
Taux de natalité (‰)	19.9	17.8	17.4	15.5	15.3	15
Taux de mortalité (‰)	11.1	10.4	9.3	8.2	7.6	7.3

Tableau 2-2 Indicateur d'évolution démographique, Sources : Insee, RP1968 à 1999 dénombremments, RP2007 et RP2012 exploitations principales - État civil.

On observe que la faible croissance démographique est obtenue principalement grâce à un solde naturel (naissance – décès) relativement élevé, mais contrebalancé par un solde migratoire apparent négatif.

L'examen de la pyramide des âges de la population dans l'arrondissement en 2012 fait apparaître que la classe d'âge la plus nombreuse est celle des 15 à 29 ans, suivie de celles des 30 à 44 ans et des moins de 15 ans. On mesure

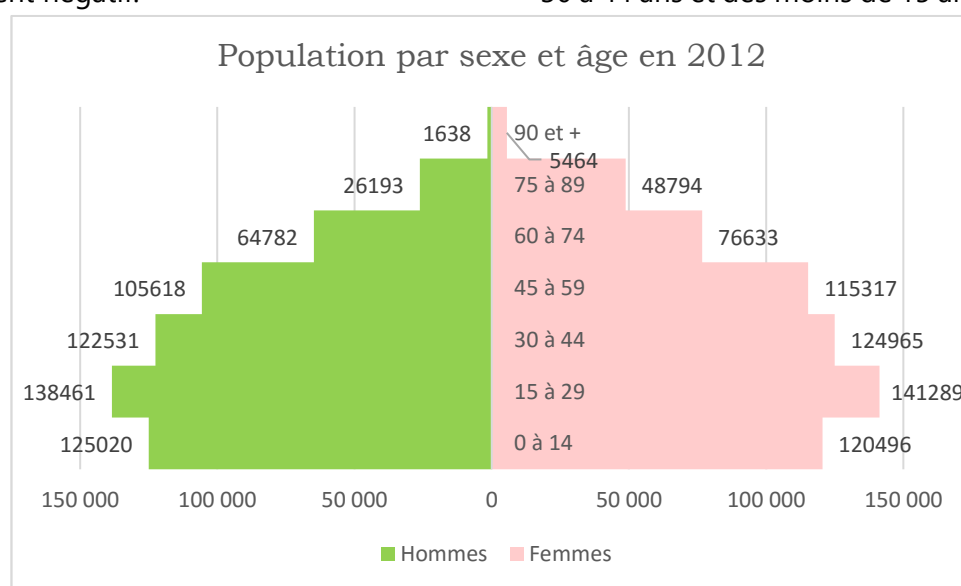


Figure 2-2 Population par sexe et âge en 2012, Source : Insee, RP2012 exploitation principale.

ainsi le poids de la population étudiante et des jeunes actifs.

La projection démographique de l'INSEE (Dau-baire, Fabre, et Hublau 2009) prévoit une continuation de cette tendance dans les prochaines décennies. Dans une étude réalisée dans le cadre du PLH de Lille Métropole 2012-2018 (Agence de développement et d'urbanisme de Lille Métropole 2012), des projections de population et de ménage sont réalisées jusqu'à 2020. Selon une projection tendancielle, il y aura 40 000 habitants de plus en 2020 par rapport à l'année 2007 (pour arriver à environs 1 240 000 habitants en total) et 50 000 ménages de plus (pour atteindre environs 540 000 ménages). Et selon une projection plus ambitieuse, si la métropole regagne d'attractivité, il y aura environs 1 260 000 habitants en total (à savoir 60 000 de plus par rapport à 2007) et environs 550 000 ménages en total (à savoir 60 000 ménages de plus).

L'exercice de ces projections théoriques semble indiquer une réduction de la taille de ménage en moyenne, comme dans le cadre de la préparation du SCOT. Dans la partie suivante, nous discuterons plus sur l'état actuel des ménages dans l'arrondissement et la projection correspondante.

2.2.2 MÉNAGES

Le taux de croissance du nombre de ménages est toutefois plus élevé que celui de la population, particulièrement dans les communes périurbaines. Les données fournies par la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL, 2013) montrent une augmentation du nombre de ménages, particulièrement due aux changements structurels des familles (décohabitation, monoparentalité, etc.)

	Nombre de ménages				Population des ménages	
	2012	%	2007	%	2012	2007
Ensemble	511102	100	492197	100	1190456	1174525
Ménages d'une personne	179841	35.2	167056	33.9	179841	167056
<i>hommes seuls</i>	72902	14.3	64789	13.2	72902	64789
<i>femmes seules</i>	106938	20.9	102267	20.8	106938	102267
Autres ménages sans famille	16382	3.2	14539	3	38742	35061
Ménages avec famille(s) dont la famille principale est :	314879	61.6	310602	63.1	971873	972409
<i>un couple sans enfant</i>	115574	22.6	112477	22.9	237116	230680
<i>un couple avec enfant(s)</i>	145290	28.4	147844	30	583995	599664

<i>famille monoparentale</i>	54015	10.6	50281	10.2	150762	142065
-------------------------------------	-------	------	-------	------	--------	--------

Tableau 2-3 Familles/Ménages selon leur composition. Sources : Insee, RP2007 et RP2012 exploitations complémentaires.

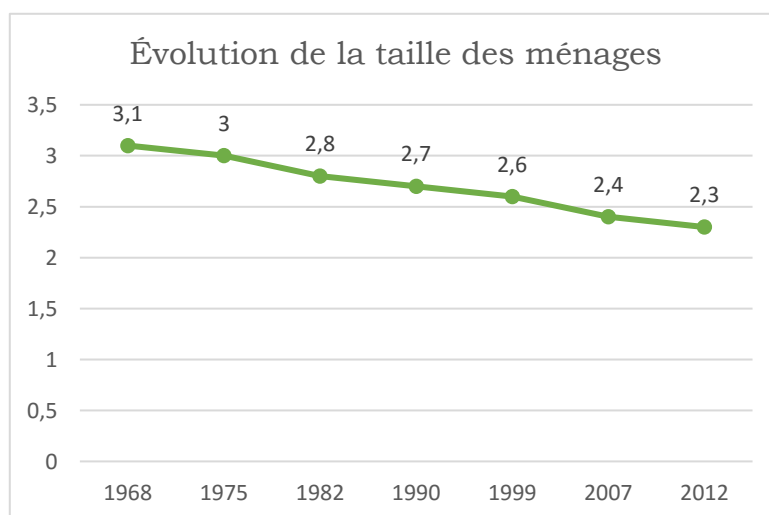


Figure 2-3 Diminution générale de la taille de ménages, Sources : Insee, RP1968 à 1999 dénombrements, RP2007 et RP2012 exploitations principales.

En 2012, le nombre total de ménages dans la métropole lilloise est de 511,102 (Insee 2012). Voici ci-dessus, les données en nombre et en pourcentage de la répartition de ces ménages par rapport au nombre total de ménages. Une structure de ménages qui se caractérise par une augmentation du nombre de couples sans enfants ou de personnes seules.

2.2.3 FLUX MIGRATOIRE

Comme toutes les métropoles européennes, l'agglomération lilloise a également connu des vagues d'immigration. La première survient au milieu du XIX^{ème} siècle lorsque, après la crise de 1845 en Flandre belge, des milliers de familles franchissent la frontière pour chercher du travail dans les usines textiles du Nord de la France, notamment à Roubaix, Tourcoing et à Lille. Entre les deux guerres, les Italiens et déjà plusieurs milliers de travailleurs maghrébins contribuent au repeuplement. Des Polonais viennent aussi s'installer à Lille, mais plus massivement dans le Bassin Minier au sud de l'agglomération. Après la Deuxième Guerre mondiale, l'agglomération connaît de nouveau une forte immigration, en provenance du sud

Enfin, le nombre moyen d'occupants par résidence principale nous montre une diminution continue de la taille des ménages. Cette tendance est significative et est prise en compte dans la projection démographique de l'INSEE (INSEE 2009a; INSEE 2009b).

de l'Europe, principalement d'Italie et du Portugal, et surtout du Maghreb, essentiellement d'Algérie et du Maroc. L'immigration en provenance du Moyen-Orient, de l'Asie ou d'Afrique noire est plus récente et de moindre ampleur.

Dans les prochaines décennies, la part de croissance démographique provenant de l'immigration est considérée comme non négligeable. Un taux de croissance, bien que faible, est maintenu dans la projection démographique de l'arrondissement.

2.3 TISSU URBAIN

2.3.1 CONURBATION

La métropole lilloise a comme particularité une forme multipolaire. Des communes puissantes se sont développées dans les environs de Lille, en particulier, au cours de la révolution industrielle. Si, entre 1861 et 1931, la ville de Lille enregistre une croissance de 50% de sa population, c'est un doublement que connaît sa banlieue tandis que les populations de Roubaix et Tourcoing se trouvent multipliées par 2,5. Cette agglomération appartient également à une vaste conurbation qui s'étend en Belgique avec, notamment, les villes de Courtrai, Tournai, Roulers, Mouscron, Ypres et Menin. Selon l'Atlas transfrontalier de l'Insee, l'ensemble formé par l'agglomération transfrontalière lilloise comprend plus d'un million d'habitants côté français et un autre million côté belge. Cela a donné naissance, en 2008, au premier groupement européen de coopération territoriale (GECT), l'Eurométropole Lille Kortrijk Tournai.

2.3.2 INFRASTRUCTURES MAJEURES EXISTANTES

La métropole lilloise occupe une position stratégique au cœur des grandes régions économiques européennes que sont l'Île-de-France, la Ruhr, le Randstad et le Sud-Est anglais. Frontalière avec la Belgique²³, proche du littoral, son faible relief en fait une voie de communication naturelle entre l'Europe du Nord et l'Europe du Sud. Avec l'arrivée du tunnel sous la Manche et du TGV, le territoire est devenu un des carrefours majeurs de l'Europe du Nord-

Ouest, passage fréquent des flux régionaux, nationaux et internationaux. Les infrastructures lourdes offrent une grande accessibilité pour les arrivants internationaux : l'aéroport de Lille propose 60 destinations nationales et internationales ; 7 autoroutes relient la métropole lilloise aux villes de Londres (2h30), Paris (2h), Bruxelles (1h), Luxembourg (3h), Amsterdam (3h) ; 2 gares TGV et leurs liaisons directes avec les grandes métropoles françaises (Paris à 1h, Lyon et Strasbourg à 3h, Marseille à 4h40) et européennes (Londres à 1h20 et Bruxelles à 40 min) ; enfin le 3ème port intérieur de France avec un trafic de 8 millions de tonnes en 2004 permet des échanges de la métropole avec le reste de la France et avec les pays voisins.

Les transports urbains sont également bien articulés avec les infrastructures interurbaines. Comme illustré sur la figure suivante, la métropole lilloise possède un réseau ferré radial vers toutes les directions qui irrigue particulièrement les espaces périurbains dans la couronne sud (le contour du nord de l'arrondissement correspond à la frontière franco-belge). Pour une question de lisibilité, seules les infrastructures principales sont affichées sur cette carte. Elles comprennent les autoroutes, les routes principales et les sites propres ferrés, mais les dizaines de lignes de bus et les dessertes locales n'ont pas été représentées.

Malgré la simplification de la carte, nous identifions quand même un regroupement de réseau urbain, surtout autour de Lille, et en direction de la liaison nord-est vers les pôles secondaires de Roubaix et Tourcoing. Cet axe est

²³ Le lundi 28 janvier 2008 a été installé le 1er Groupement Européen de Coopération Territoriale (GECT), l'Eurométropole Lille-Kortrijk-Tournai, répartie sur la région de Lille métropole, du Sud de la Flandre occidentale et de la Wallonie picarde. L'Eurométropole regroupe 2 millions d'habitants et

a pour objectif de mettre fin aux « bugs transfrontaliers » en réalisant des projets en continuité et en cohérence entre les 2 pays, notamment dans les domaines de l'emploi, des transports, de l'aménagement du territoire, de l'assainissement et de la culture.

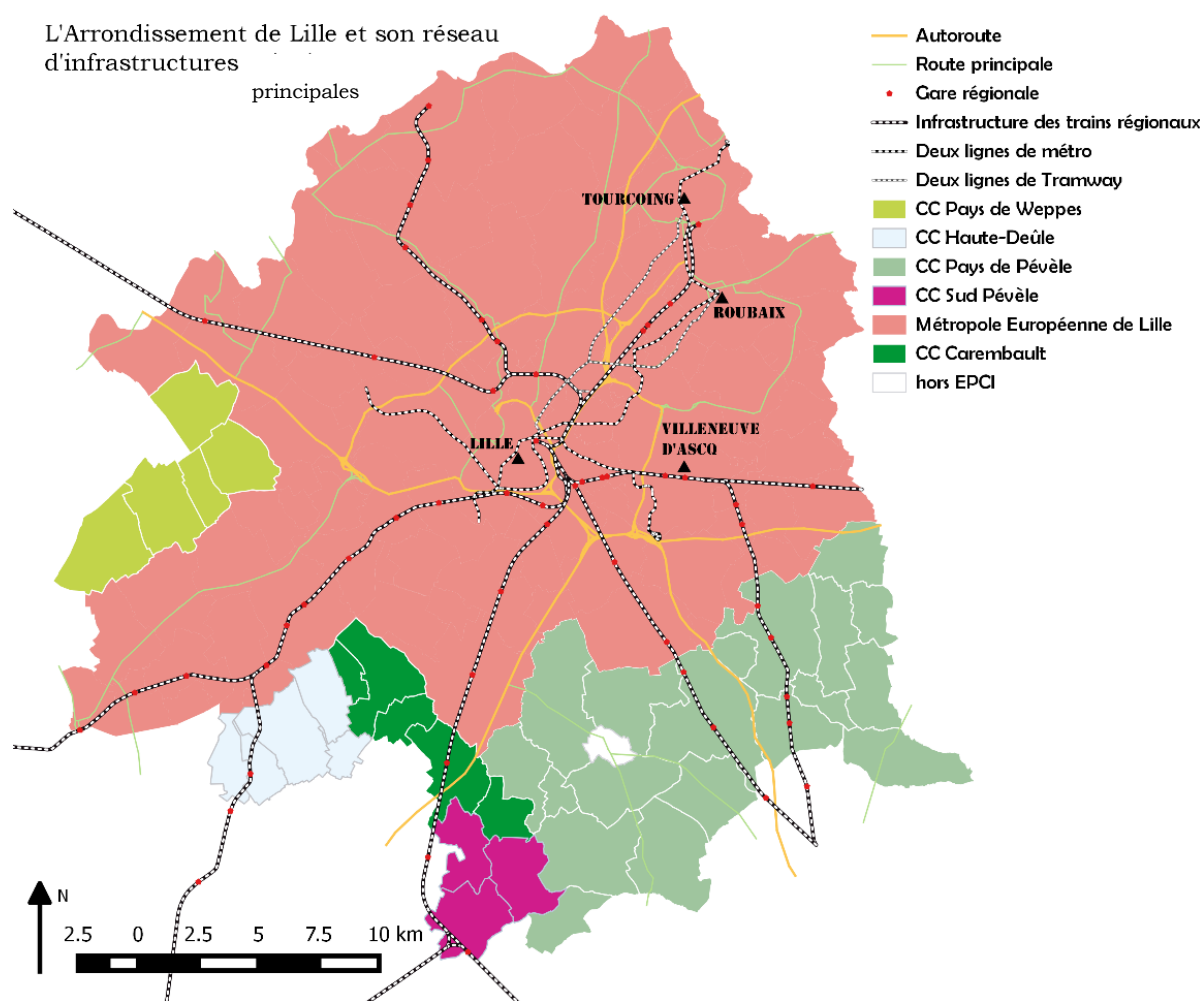


Figure 2-4 Les établissements publics de coopération intercommunale dans la métropole lilloise et le réseau des grandes infrastructures de transport. (Réalisation : auteur)

structuré par trois modes de TC, le train régional, le métro (VAL) et le tramway.

L'offre détaillée de chaque type d'infrastructure est présentée sur les figures qui suivent. Globalement à l'heure actuelle, l'arrondissement est desservi par un réseau ferré assez stable. En comparaison, celui des bus urbains est relativement plus évolutif et a fait l'objet de multiple réaménagement depuis 2008. La Métropole a initié depuis 2011, un Plan Bus programmé en 3 étapes, programmées entre septembre 2011 et septembre 2013. Les sites propres bus ont aussi évolué partiellement, dans une période récente, sous le nom des BHNS.

Le réseau de transports collectifs lourds s'organise autour d'un axe urbain majeur, constitué par l'agglomération de Lille-Roubaix-Tourcoing, s'allongeant sur une dizaine de kilomètres. Cet axe majeur se prolonge à l'Est par un axe secondaire, issu de la « ville nouvelle » de Villeneuve d'Ascq (appelé Lille-Est dans un premier temps de sa création).

Autour de ces axes urbains principaux, les communes environnantes agglomérées se sont développées de façon diffuse et variée. Dans la zone péri-urbaine de la première et de la deuxième couronne, proche des axes routiers majeurs, des villes de petite et moyenne importance jouent le rôle de relais vis-à-vis de la centralité métropolitaine.

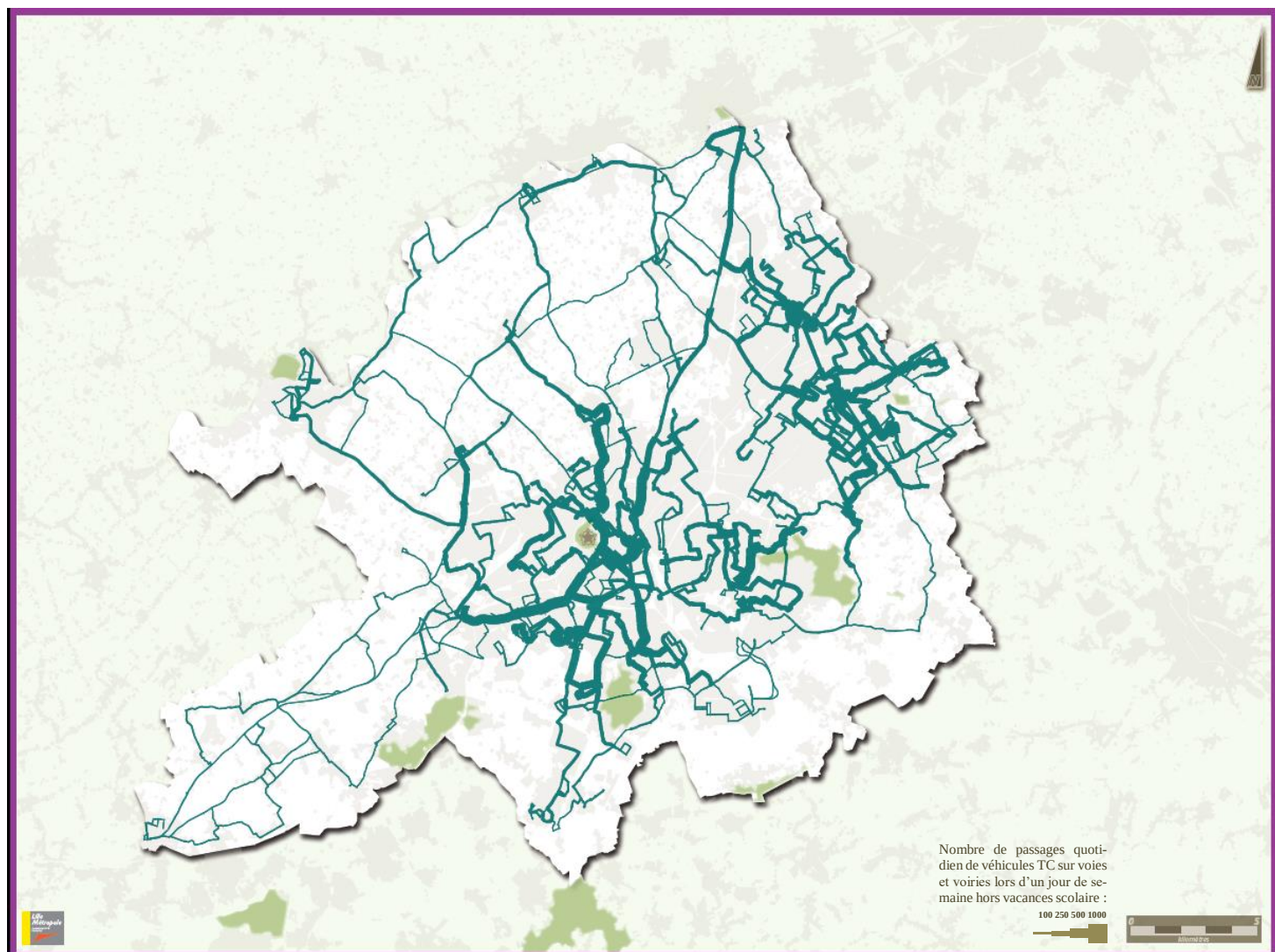


Figure 2-5 Le réseau de Bus dans la métropole lilloise. Date de mise à jour : 2010, Source : Transpole

Une centaine de lignes de bus existent sur la métropole Lilloise, en complément de plusieurs dizaines de lignes départementales et frontalières. Au lieu de montrer une carte sur les lignes de bus de plus hautes fréquences, celles les plus fréquentées sont affichées sur la Figure 2-5.

A une échelle plus détaillée, la voirie urbaine et l'espace public constituent également un élément important dans l'offre d'infrastructure. La prise en compte de la modération de vitesse en ville s'est matérialisée via la mise en place d'une première « zone 30 » en 1983 à Lille. Vient-il ensuite les « boîtes à radar » en 1987. Ces actions, antérieures au décret de 1990 instaurant officiellement les zones 30, re-

flétaient déjà les réflexions portant principalement sur l'amélioration de la sécurité routière, et accessoirement, sur la réduction des nuisances, et l'amélioration de la qualité de vie. La maîtrise de l'évolution des modes de déplacements, aussi important que le retour à la proximité du quartier, comme enjeux sociaux et territoriaux, n'ont émergé que plus tard. La convivialité entre les différents usagers de la voirie, une voirie pour tous et le partage des espaces, sont des idées récentes.

La réalisation des zones 30 et les pistes cyclables depuis le début des années 1990 n'était pourtant pas simple. Outre les questions techniques liées à l'hétérogénéité des voiries (matériaux, profil de la voirie, limites de zones difficilement identifiables, etc.)(Cerema 2016), la

pression de la population auprès des élus pour le maintien du stationnement reste très forte encore aujourd'hui. Pourtant, une quantité abondante de réaménagements en « zone 30 » et de pistes cyclables a été réalisée. Les travaux qui se poursuivent sont inscrits dans le PDU avec une forte volonté de continuation.

2.3.3 PROJETS URBAINS RÉCENTS ET EN COURS

Les nombreuses friches industrielles laissent des opportunités pour réinventer des quartiers à proximité des centres villes en espaces attractifs en termes d'activités économiques, sociales et culturelles. À part les projets ponctuels, en général de durée relativement courte, quelques grandes opérations d'envergure sont entreprises par la métropole engageant une structure de projet et des coûts élevés. Nous détaillerons ici les grands projets traités sur un plan urbanistique (Carré et Barbet-Massin, s. d.) et nous détaillerons ultérieurement leur dimension économique, dans la section portant sur ce thème.

1) Euralille + 14 000 emplois & 4 000 habitants
--

Au XIX^{ème} siècle, au moment de l'arrivée du train à Lille, son caractère de place forte impose l'aménagement d'une gare terminus. Ce choix initial très vite contesté entraîne un siècle de débats et de projets urbains avant la création, en 1994, d'une gare de passage. La disponibilité des terrains *non aedificandi* a suscité, dès 1880, l'idée d'une gare de passage comme base d'un réaménagement du quartier. La gare Lille Europe, construite à côté de la gare existante, rebaptisée gare Lille Flandre, est l'aboutissement de cette réflexion (Menerault et Barré 2001) (Menerault 2009).

Projet urbain de référence, lancé en 1989 par Pierre Mauroy et mise en œuvre par Jean-Paul Baietto et Rem Koolhaas, Euralille avait pour objectif de doter l'agglomération lilloise d'un centre international d'affaire qui lui permette

de rivaliser avec ses voisines européennes. Il s'inscrit dans la lignée des projets qui l'ont précédé et plus particulièrement du projet de Centre Directionnel au début des années 1970 (Carré 2009). La réalisation de la première phase du projet a en effet changé l'image de la métropole et les habitants expriment des avis satisfaits (Métropole et Euralille 2010). D'un point de vue rétrospectif, le rayonnement d'Euralille a contribué au redéveloppement de Lille, où d'autres projets urbains émergent en suivant son empreinte (Liu et Alain 2014). Ils sont décrits dans les paragraphes qui suivent.

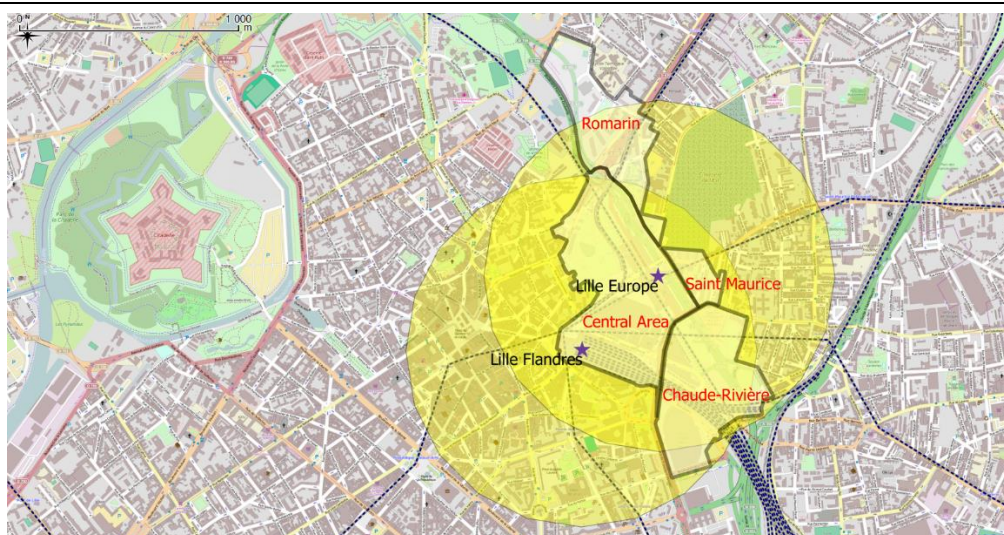


Figure 2-6 Quatres quartiers constituent le site entier de la phase 1 du projet d'Euralille – marqué en rouge, et la zone d'influence du système des gares de Lille Europe et Lille Flandres – entouré avec les tampons jaunes (réalisation : auteur, 2014).

Implanté sur les anciens glacis militaires, au contact direct du centre historique de Lille, le projet s'étend sur près de 110 hectares et est divisé en deux phases. Par rapport à la première phase, Euralille 2 marque un tournant avec la politique et la conception de l'aménagement impulsées dans le cadre d'Euralille 1. « Si la première phase du projet était essentiellement axée sur une stratégie Eurométropolitaine de la grande échelle, dont l'arrivée du TGV et l'ouverture du tunnel sous la manche étaient

gravité, se définit plutôt par la volonté de tisser avec un environnement proche et veut aborder le projet urbain comme la réconciliation de différentes échelles territoriales et urbaines qui jusqu'alors pouvaient être perçues et vécues comme antagonistes. » (Vermandel 1995) (Prévot et Vermandel 2006)

Il s'agit donc, dans le cadre d'Euralille 2 en cours de réalisation, de s'inscrire dans la continuité d'un processus engagé depuis plus de



Figure 2-7 Vue aérienne d'Euralille Phase 1 avec l'orientation du nord vers la droite de la figure (SPL-Euralille, 2014)

les fers de lance²⁴, Euralille 2, dont la zone de l'ancienne Foire de Lille constitue le centre de

vingt ans, tout en modérant les ambitions initiales au travers d'un programme fondé sur

²⁴ Sur la genèse et le développement d'Euralille première phase, voir Frank Vermandel, « La ville en projet. Euralille : stratégies, méthodes, conceptions

», *Euralille, poser, exposer*, éd. Espace croisé, 1995, p.12-37.

une continuité urbaine au lieu d'une exacerbation des réseaux dans une logique de quartier d'affaires en rupture avec la ville traditionnelle. La mixité fonctionnelle prime désormais sur la polarité des activités tertiaires.

2) EuraSanté
+ 2 600 emplois

Situé au Sud de l'agglomération lilloise, le site se déploie sur le territoire des communes de Loos et de Lille, au point de rencontre de trois secteurs d'urbanisation très différents. Au nord-ouest, le complexe hospitalier du CHRU de Lille, volontairement implanté aux marges de la ville à la faveur des théories hygiénistes, s'est développé de façon tentaculaire en grignotant petit à petit le territoire agricole. Il fonctionne comme une enclave autonome dans la ville, ignorant les quartiers de faubourgs du sud de Lille, en partie classés en Grand Projet de Ville (GPV). Face à cette situation et à ce contexte, ce projet de parc d'activités est considéré comme un outil de recomposition urbaine pour ce vaste territoire allant, au-delà des terres agricoles, jusqu'au parc de la Deûle (Estienne, Escudie, et Gaudefroy 2008).

C'est la direction du CHR, soucieuse de développer la recherche et développement à proximité directe des hôpitaux, qui a pris l'initiative d'aménager sur ses réserves foncières un pôle d'accueil pour les entreprises et laboratoires. Ayant l'ambition de regrouper la recherche et les entreprises de la région dans le secteur de la biologie-santé, une agence est créée sous le nom d'Eurasanté en 1995. En 1996, alors que les premiers aménagements démarrent (sous la forme d'un lotissement) et que la première entreprise s'installe, Eurasanté se transforme en GIE et regroupe plus de 25 partenaires publics (Etat, région, Département du Nord, LMCU...), économiques (CRCI, CCI de Lille Métropole...), scientifiques et sanitaires (CHRU de Lille, Institut Pasteur de Lille...).

Inscrit au Schéma Directeur de décembre 2002, EuraSanté est au cœur d'un vaste projet de recomposition urbaine des faubourgs Sud de Lille, en redynamisation suite au projet ANR. Aujourd'hui, le parc EuraSanté se déploie sur plus de 300ha. C'est l'un des pôles d'excellence du développement économique de Lille Métropole. Le programme d'aménagement est réparti en 4 opérations (ZAC Ouest : 10ha, Epi de Soil : 15ha, ZAC Est : 25ha ; ZAC Sud : 80ha) et repose sur un projet paysager aux ambitions de Haute Qualité Environnementale (HQE). Une partie des espaces de bureaux disponibles est classée en Zone Franche Urbaine offrant des exonérations fiscales aux entreprises qui s'y implantent.

3) Euratechnologies
+ 1 600 emplois & 5 000 habitants

Le projet Euratechnologie et celui, associé, des Rives de la Haute Deûle se situe entre les villes de Lille et Lomme, au point de rencontre entre les quartiers Bois Blancs et Canteleu à Lille, et ceux du Marais et du Mont à Camp à Lomme. Cependant, la zone d'étude du projet concerne un territoire plus large, compris entre l'extrémité ouest du port de Lille et la Citadelle, d'une part, et entre le port de Lille et les quartiers sud de Lomme et Lambersart, d'autre part.

Le tissu urbain résulte d'un développement industriel intense au XIX^{ème} siècle. Il se compose d'habitats ouvriers, d'usines en activité et de friches industrielles. Aujourd'hui, de vastes terrains abandonnés représentent un important potentiel foncier au cœur de la métropole. Malgré sa proximité avec le centre de Lille, le quartier souffre de l'absence de continuité avec la ville *intramuros*. Le passage du canal de la Deûle à grand gabarit, la présence du port de Lille et le passage de la ceinture routière au sud en sont les premières causes.

En 1999, les villes de Lille et Lomme fusionnent. À la suite de cette union, la Communauté

urbaine de Lille décide de créer un nouveau centre pour ce quartier en bordure de ville. Ce sera le projet Euratechnologie et les Rives de la haute Deûle, un des cinq grands Projets métropolitains avec Euralille, Eurasanté, La Haute Borne et l'Union. Son objectif est la requalification urbaine du quartier à travers l'insertion d'un pôle technologique (Estienne, Lorthiois, et Neff 2008). Le site des Rives de la Haute Deûle, situé au sud-ouest de la Citadelle, à la charnière des villes de Lille et de Lomme, a de ce fait un rôle stratégique important. Depuis la fermeture de l'usine Leblan-Lafont (textile) en 1983, il a fait l'objet d'une succession de recherches et d'études menées suite à la mobilisation de différents acteurs, seuls ou en partenariat, autour d'un certain nombre de projets. L'histoire de ces études et projets antérieurs révèle, à travers les ambitions, les jeux d'acteurs et les difficultés rencontrées quelles ont été les conditions nécessaires au lancement de cette opération, aussi bien dans la formation des partenariats que dans la conception urbaine et architecturale. Aujourd'hui Euratechnologies est un pôle d'emplois dynamique et en plein essor autour des technologies numériques.

4) Fives Cail-Babcock + 1 200 logements
--

Situés sur le versant Est de la métropole lilloise, le quartier de Fives (19 000 habitants) et la commune d'Hellemmes (18 500 habitants) forment un vaste ensemble urbain qui s'étire de la ville centre jusqu'à la ville nouvelle de Villeneuve-d'Ascq et ses universités. Proches d'Euralille et du centre-ville, jouissant d'une bonne accessibilité tant en voiture qu'en métro, Fives et sa voisine souffrent pourtant de l'absence de continuité avec la ville intra-muros du fait des coupures provoquées par les infrastructures (voies ferrées et périphérique routier).

Ces anciens faubourgs ouvriers témoignent d'un riche passé industriel aujourd'hui en cours de requalification. La densité de leur

tissu urbain, héritée du XIX^{ème} siècle, résulte de l'imbrication habituelle dans la ville industrielle entre habitat ouvrier et activités commerciales et industrielles. La crise des années 1970-1980 a laissé de nombreux terrains en friches en plein cœur de ces quartiers. Du fait de la proximité de ces deux secteurs, de nombreux projets concernent les deux communes, mais font l'objet d'une gestion séparée des processus d'aménagement. Si l'histoire industrielle leur a légué une morphologie quasi identique, l'histoire économique et sociale récente les différencie permettant à Fives et Hellemmes d'affirmer leur identité respective.

En 2000, la communauté urbaine de Lille Métropole décide de créer un nouveau centre à Fives (Escudie 2008). Dans cette morphologie complexe, héritée de l'histoire industrielle, l'opération cherche, à partir du réaménagement des espaces publics, à développer une dynamique commerciale et à retrouver une attractivité résidentielle, garantie annoncée d'une nouvelle mixité sociale. Ce bouleversement du centre de Fives, ainsi que la reconversion de l'ancienne usine Fives-Cail-Babcock, représentent les deux enjeux majeurs pour le quartier.

Sur Hellemmes, commune associée de Lille depuis 1977, le déclin de l'industrie depuis ces 30 dernières années a laissé de nombreux sites en attente de projets. La friche Mossley monopolise l'attention, les projets proposés par la municipalité suscitent toujours le débat.

Si le nord de la ville, bien desservi, se développe, la présence des ateliers de la SNCF et de son faisceau de voies ferrées impose la mise à l'écart du sud de la commune. Au début du XX^{ème} siècle, l'essor industriel a conduit à l'extension de plusieurs usines. C'est le cas de l'entreprise de métallurgie fivoise FCB qui s'est étendue sur le territoire d'Hellemmes. Fives et Hellemmes partagent aujourd'hui ces territoires de reconquête urbaine. Les enclaves résultant de la crise et de l'abandon de ces sites

sont aujourd'hui l'objet de préoccupations locales et environnementales : des projets d'espaces verts, de résidentialisation et de reconversion économiques sont à l'étude.

5) L'Union
+ 6 000 emplois & 3 500 habitants

Territoire de 80 ha aux confins des villes de Roubaix, Tourcoing et Wattrelos, la zone de l'Union est marquée par un fort développement industriel à dominante textile, du début du XIX^{ème} au milieu du XX^{ème} siècle (Gaudefroy 2008). Suite au déclin de ce secteur industriel dans les dernières décennies, la désolation du site masque un potentiel de développement important. Les multiples infrastructures développées au temps de l'essor industriel constituent un réseau important pour son accessibilité. Sa situation géographique est certes décalée par rapport à Lille, mais elle se place au centre du versant Nord-Est de la métropole, à proximité immédiate des deux centres-villes de Tourcoing et de Roubaix et à moins de deux kilomètres de la frontière belge. Ce sont autant d'atouts pressentis dès les années 1970 par différents acteurs locaux : les municipalités, la chambre de commerce et d'industrie de Lille-Roubaix-Tourcoing et la communauté urbaine de Lille, créée en décembre 1967. Pourtant, la nécessaire reconversion économique, sociale et urbaine de ce site a attendu plusieurs décennies avant d'être engagée réellement. En effet, plus de trente ans se sont écoulés entre le moment où l'idée d'implanter un centre tertiaire sur cette zone en déclin émerge à la CCI et l'adoption, en 2004, du plan d'urbanisme de Reichen & Robert, qui a pour objectif de transformer le secteur en « pôle d'excellence métropolitain », au même titre qu'Euralille.

6) La Haute-Borne
+ 6 000 emplois & 482 logements

Identifié pour la première fois dans l'avant-projet de Schéma Directeur d'aménagement

et d'urbanisme publié en novembre 1993 par l'Agence d'Urbanisme de Lille (ADULM), la ZAC du « Parc scientifique de la Haute-Borne » à Villeneuve d'Ascq s'étend sur un site de 140 ha, encore en partie agricole. A proximité directe d'un pôle d'échanges (grands axes routiers, métro, bus de ville et interurbain), il jouxte l'université de Lille 1 et se trouve à faible distance du centre ville de Villeneuve-d'Ascq. Cependant, sa position en limite de zone urbanisée, sur des terres encore cultivées, n'a pas permis à ce projet de prendre une ampleur comparable à celle d'autres grands projets urbains tels qu'Euralille ou l'Union.

Dès l'origine, une volonté forte sous-tend ce projet qui doit devenir un levier économique pour la métropole. L'attrait principal du site porte autant sur la valorisation des liens entre le parc d'activité tertiaire et l'Université des Sciences et Technologies de Lille toute proche que sur son paysage champêtre et verdoyant. L'idée d'implanter des entreprises spécialisées dans les hautes-technologies au sein d'un parc « semi-urbain » (entre ville et campagne) apparaît dès les années 1980. Après la dissolution de l'Etablissement Public d'Aménagement de Lille-Est (EPALE) en 1983, la ville de Villeneuve-d'Ascq cherche une nouvelle dynamique de développement. Elle se choisit alors un nouveau slogan, la « technopole verte » et propose sa candidature pour l'implantation d'un cyclotron, le projet Soleil, sur les terres de la Haute Borne acquises par l'EPALE au début des années 1970 (Estienne et Gaudefroy 2008). La présence de logements au Nord-est de cette même ZAC, imposée par la mairie de Villeneuve-d'Ascq, permet de faire de cette zone d'activités tertiaires un secteur de transition entre la ville constituée et l'espace rural.

Parmi les grands projets qui restent encore à terminer, on peut citer la reconversion de l'emprise de l'ancienne gare Saint-Sauveur, la rénovation de l'habitat social et de l'habitat ancien des quartiers Lille-Sud et de la Porte de Valenciennes dans le quartier de Moulins qui

sont en cours. *Par son évolution récente, initiée au milieu des années 1980, la métropole lilloise offre un bon exemple de mutation urbaine cohérente avec le cadre stratégique défini par les acteurs locaux (acteurs politiques, monde économique, universitaires...) et menée principalement selon la logique du projet : projet métropolitain partagé par les acteurs et projets urbains mis en œuvre, dont l'aboutissement, par exemple à Euralille ou Roubaix, contribue à la transformation physique de l'agglomération et des villes qui la composent. Cette dynamique du projet accélère par ailleurs la mutation structurelle de l'économie métropolitaine et de la société locale et permet la production d'une image renouvelée visant à repositionner Lille dans le concert des eurocités et à lui procurer ainsi quelques avantages comparatifs qui puissent favoriser son développement économique. Cette évolution, définie comme une « bifurcation métropolitaine » (Paris et Stevens 2000) s'inscrit en rupture avec un passé d'agglomération industrielle, sans toutefois le renier, puisque cet héritage est constamment mobilisé dans les réalisations (reconversion d'anciennes usines à des usages nouveaux...) (Paris 2008).*

2.4 ECONOMIE

L'économie de la métropole lilloise s'est développée grâce à son emplacement géographique au cœur d'une région agricole, maritime et frontalière. L'arrondissement de Lille dispose d'un très riche passé industriel et commercial, en particulier dans les domaines de l'agroalimentaire, du textile (villes spécialisées dans la laine, le coton ou le lin), de la mécanique à destination notamment de l'automobile et du ferroviaire. Ces entreprises font de la métropole lilloise la deuxième place française en termes de sièges sociaux après la région francilienne, parmi lesquelles Auchan, ATAC, Leroy Merlin, Castorama, Eurauchan, Petrovex, La Redoute, Supermarchés Match, Dalkia, Ingram Micro, etc.

2.4.1 LES SECTEURS D'ACTIVITÉS

- L'Agriculture

Contrairement à son image industrielle, la métropole lilloise comporte un secteur agricole important. Avec 33.000 ha consacrés à l'agriculture (plus de la moitié de la superficie de l'arrondissement), la métropole est la plus rurale de France, malgré une population agricole décroissante. Les zones rurales se concentrent dans les Weppes, le Pévèle, le Mélantois et autour d'Armentières, avec les productions céréalières, fourragères, légumières (maraîchers...) et animales.

- L'industrie

Roubaix et Tourcoing obtiennent en 1469 un droit sur le commerce des laines importés d'Angleterre. Une activité de filage se développe pour fournir les ateliers de Lille qui en 1482 obtient le privilège de fabrication de

tissu. Dès le XVI^{ème} siècle, l'agglomération affirme sa vocation industrielle, particulièrement dans le domaine du textile avec ses filatures de lin, de coton. Durant la révolution industrielle, à partir du XIX^{ème} siècle, la part du secteur industriel augmente jusqu'à atteindre près de 50 % de la population active de l'agglomération travaillant dans l'industrie dont le textile représente les deux tiers de l'activité industrielle, selon le recensement de 1896. Lille, Roubaix et Tourcoing profitent de l'avènement de la machine à vapeur et des importants gisements de charbon de la région pour s'industrialiser fortement. Les métiers à tisser deviennent mécaniques et le chemin de fer arrive à Lille en 1846. L'épuisement des gisements de charbon du bassin minier qui alimentait l'industrie de toute la région, fera disparaître des milliers d'emplois dans la métropole. La crise du textile plongera le versant Nord-est dans le chômage.

S'ajoutant à la perte d'attractivité dans le premier pôle textile de France, le secteur mécanique entre aussi en crise dès les années 1960. La grosse industrie – chaudronnerie, locomotive, métallurgie, ... – a souffert notamment du départ du secteur automobile vers le sud de la région²⁵. Des usines d'assemblages des produits de grande consommation ont aussi disparu²⁶. La métropole a néanmoins conservé des ateliers de maintenance ferroviaire (notamment celles des rames TGV) et mise sur une collaboration avec le secteur universitaire pour redévelopper les activités autour des infrastructures ferroviaires.

Par ailleurs, le secteur de la chimie lourde est aussi en voie de disparition. L'industrie chimique lourde pâtit d'une pression urbaine et d'une préoccupation croissante pour l'air, l'eau, les sols et les écosystèmes chez les élus

²⁵ Le groupe Fives-Cail quitte la région avec 140 ans d'histoire avec l'agglomération lilloise, dû à la fermeture de Peugeot-Lille.

²⁶ Parmi celles-ci on peut citer l'usine élec-troménagère Brandt.

et la population. Contrairement à celui de la chimie lourde qui provoque de lourdes conséquences environnementales, le secteur de la chimie fine est en pleine croissance. La chimie fine continue à se développer grâce au secteur agro-alimentaire et pharmaceutique, et plusieurs sièges sociaux d'entreprises d'envergure internationale sont localisés dans l'agglomération lilloise²⁷.

- Le secteur tertiaire

En termes du commerce, plusieurs enseignes nationales de la grande distribution sont basées sur la métropole lilloise : Auchan, Décathlon, Leroy Merlin, Match, Agapes restauration, Pic Wic, Youg's, Castorama, etc. L'arrondissement a également une longue tradition dans la spécialité de la vente à distance, avec Roubaix et Tourcoing comme centres où sont nés les 3 Suisses et la Redoute. L'activité Vente à distance de la métropole représente 65% de l'activité française et 15% de celle de l'Europe mais sa restructuration, en lien avec les nouveaux outils de communication, nuit à l'emploi local.

L'importance du secteur de la distribution – directe et à distance, la localisation géographique de la métropole, la densité et la diversité des moyens de transport ont poussé le développement du secteur logistique. Ce secteur emploie plus de 20.000 personnes et de nombreuses entreprises logistiques nationales et internationales sont présentes²⁸. Plusieurs plates-formes d'échanges sont disponibles qui

font de Lille un réel nœud multimodal au cœur de l'Europe du Nord. Le port de Lille est relié au nœud autoroutier ; le centre régional des transports de Lesquin permet la liaison avec le fret aérien de l'aéroport Lille-Lesquin ; de nombreuses gares de marchandises subissent la concurrence de la plateforme de Dourges (Delta 3 dans le Pas-de-Calais) ouverte en 2004. En raison de leur localisation près des centres de Roubaix, Lomme ou Lille, ces gares de marchandises, autrefois importantes, verront leurs activités évoluer et le ferroviaire se rétracter, voire disparaître, au profit de projets urbains diversifiés.

2.4.2 QUELQUES TRAITS SUR LE MARCHÉ DE L'EMPLOI

La situation transfrontalière pourrait nourrir d'intenses mouvements pendulaires liés au lieu de travail, de part et d'autre de la frontière. Mais la métropole rassemble seulement 2% de travailleurs venant de l'autre côté de la frontière. Par ailleurs, le nombre de belges travaillant en côté français est passé en 25 ans de 15 000 à 5 000 ; alors que dans le même temps, le nombre de Français travaillant du côté belge est passé de 4 000 à 15 000 (en raison du dynamisme de la région flamande et de la convention fiscale franco-belge qui avantage le passage vers le côté belge des frontaliers français). La majorité des employés résidant en France et qui travaillent en Belgique habitent dans la métropole lilloise (91.4%) (Insee 2012).

²⁷ Par exemple, Rhône-Poulenc devenu Rhodia ; la société Roquette (spécialiste dans les dérivés de l'amidon et est devenu leader mondial des Polyols

: utilisés en alimentation, pharmacie, chimie, cosméto-logie ; la société Lesaffre, spécialisée des levures basée à Marcq-en-Barœul.

²⁸ Calberson, Dubois, Jet Services.

	2012	2007
Nombre d'emplois dans la zone	528 688	516 143
Actifs ayant un emploi résidant dans la zone	483 026	476 795
Indicateur de concentration d'emploi²⁹	109.5	108.3
Taux d'activité parmi les 15 ans ou plus en %	58.9	58

Tableau 2-4 Caractères généraux de l'emploi et d'activités dans l'arrondissement de Lille en 2012 et 2007, Sources : Insee, RP2007 et RP2012 exploitations principales lieu de résidence et lieu de travail.

	2012	2007
Ensemble	812 315	805 280
<i>Actifs en %</i>	70	68.6
<i>actifs ayant un emploi en %</i>	59	58.9
<i>chômeurs en %</i>	11	9.6
<i>Inactifs en %</i>	30	31.4
<i>élèves. étudiants et stagiaires non rémunérés en %</i>	14.2	15.1
<i>retraités ou préretraités en %</i>	7	6.7
<i>Autres inactifs en %</i>	8.8	9.6

Tableau 2-5 Population de 15 à 64 ans par type d'activité, Sources : Insee, RP2007 et RP2012 exploitations principales.

²⁹ L'indicateur de concentration d'emploi est égal au nombre d'emplois dans la zone pour 100 actifs ayant un emploi résidant dans la zone.

La population active totale s'établissait en 2012 à plus de 528 000 personnes (taux d'activité 70%), parmi lesquelles presque 480 000 ont un emploi (taux d'emploi 59%).

Le niveau de l'emploi lillois n'a guère évolué au cours des dernières années, mais sa structure s'est profondément modifiée (Insee 2012). L'industrie traditionnelle lourde qui constituait un secteur d'emploi privilégié, a pratiquement disparu et est remplacée par une industrie légère. Le tertiaire (commerce, transports, ser-

vices divers) prend le relais du secteur industriel et traduit la mutation économique inachevée dont parlaient J.F. Stevens et D. Paris (1993). Vient ensuite le secteur public (santé, action sociale et enseignement) qui atteint, en 2012, plus du tiers de l'emploi total qui amortit les effets de crises (Davezies 2008).

	2012		2007	
	Nombre	%	Nombre	%
Ensemble	528 669	100	515 170	100
Agriculture	3 068	0.6	3 328	0.6
Industrie	48 850	9.2	56 792	11
Construction	29 518	5.6	28 593	5.6
Commerce, transports, services divers	269 051	50.9	259 682	50.4
Administration publique, enseignement, santé et action sociale	178 182	33.7	166 774	32.4

Tableau 2-6 Nombre d'emplois selon les cinq gros secteurs d'activité dans l'arrondissement de Lille, en 2012 en comparaison avec ceux de 2007. Sources : Insee, RP2007 et RP2012 exploitations complémentaires lieu de travail.

Malgré un taux chômage significatif en fin de XXème siècle, la métropole lilloise pèse lourdement dans l'économie du Nord Pas-de-Calais car 50% des entreprises de la région sont situées dans ce noyau central. Entre 1994 et 2001, le chômage a connu une baisse dans la

région mais continue à augmenter depuis. La même tendance d'évolution a été constatée au niveau national et au niveau local, même si elle est plus marquée au niveau de la métropole qu'au niveau national.

	2012	2007
Nombre de chômeurs	89 289	77 660

Taux de chômage en %	15.7	14.1
Taux de chômage des hommes en %	16.4	14.2
Taux de chômage des femmes en %	15	13.9

Tableau 2-7 Caractères généraux de chômage (au sens du recensement) des 15 à 64 ans dans l'arrondissement de Lille, Sources : Insee, RP2007 et RP2012 exploitations principales.

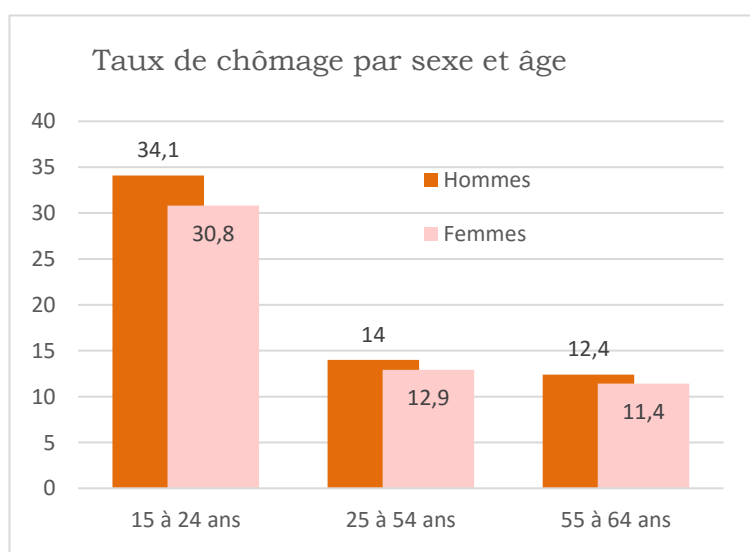


Figure 2-8 Taux de chômage (au sens du recensement) des 15 à 64 ans de l'arrondissement de Lille, par sexe et âge en 2012 et 2007, Source : Insee, RP2012 exploitation principale.

Même si l'écart entre la zone d'emploi de Lille et celle de Roubaix-Tourcoing s'est légèrement réduit donnant plus d'importance aux

pôles urbains secondaires, le taux de chômage du périmètre de l'arrondissement ne cesse d'augmenter pendant la dernière décennie. En

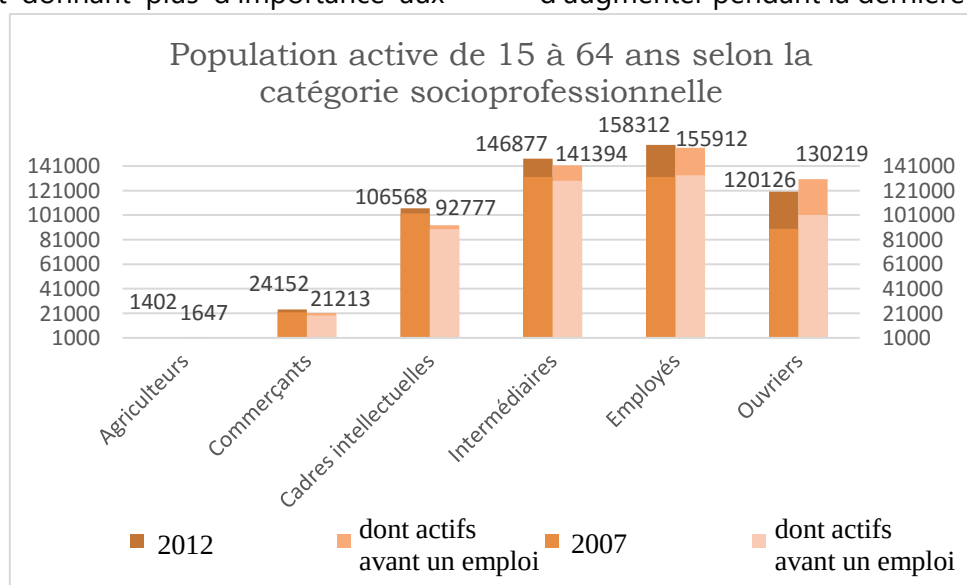


Figure 2-9 Population active de 15 à 64 ans de l'arrondissement de Lille selon la catégorie socioprofessionnelle en 2012 comparée à celle en 2007, Source : Insee, RP2007 et RP2012 exploitations complémentaires.

plus, la tranche d'âge manifestant le plus grand pourcentage de chômage est celle des jeunes, entre 15 et 24 ans. Cette inactivité chez les plus jeunes représente une crise sociale profonde, car c'est cette part de population qui détermine le futur du marché de l'emploi de l'arrondissement.

2.4.3 LES PÔLES DE COMPÉTITIVITÉ

Aujourd'hui, l'arrondissement donne de plus en plus d'importance aux activités tertiaires, tels que la finance, l'assurance et le tourisme, etc. Afin de maintenir sa place économique en France et plus largement en Europe, cinq pôles de compétitivité sont implantés sur Lille Métropole ouvrant de nouvelles voies pour la dynamique de l'arrondissement qui correspondent à des projets urbains présentés précédemment.

- « Nutrition, Santé, Longévité »

Le parc Eurasanté fait partie de 5 pôles d'excellence de la métropole Lilloise. Avec le CHR et l'Institut Pasteur, il constitue le plus grand campus hospitalo-universitaire d'Europe, composé de 600 entreprises et 23 écoles d'ingénieurs, comprenant 15,000 étudiants et 2000 chercheurs. Eurasanté est destiné à accueillir des établissements dans la filière de la biologie, des biotechnologies et de la santé. Il a vocation à former un organisme prestataire de services spécialisés en biologie-santé, incluant notamment les trois facultés de Médecine, Pharmacie et Odontologie.

- « Matériaux et Applications pour une Utilisation Durable »

Basé à Villeneuve d'Ascq et dans le parc technologique de la Haute-Borne, le pôle de compétitivité MAUD³⁰ vise à créer une nouvelle filière touchant aux problématiques des matériaux (verre, céramique, polymères, plastiques biosourcés, papier, carton, métal, bois), la chimie verte et le développement durable. Rassemblant aujourd'hui plus de 80 entreprises et

partenaires de la recherche et de la formation³¹, MAUD s'est constitué autour d'un noyau composé de trois grands acteurs régionaux : Arc International (leader mondial des arts de la table), Roquette Frères (premier producteur français et quatrième mondial de l'industrie amidonnière) et l'Université des Sciences et Technologies de Lille (Université Lille I).

- « I-Trans »

En s'appuyant sur les relations qui existaient depuis plus de 30 ans entre chercheurs, universitaires et des industries ferroviaires et automobiles, le pôle de compétitivité « I-Trans » est performant dans le domaine des transports terrestres durables. On note l'importance de l'héritage local en termes de transports terrestres et la longue tradition de coopération entre les chercheurs et l'industrie ferroviaire. En 1983 déjà, le VAL, présenté comme le premier métro automatique au monde, est issu d'une collaboration entre l'industriel Matra, l'université de Lille 1 et la communauté urbaine de Lille. En 1991, une association est créée par le président de la chambre de commerce, des chercheurs et l'industriel Arcelor ; elle est dénommée Transports terrestres Promotion. C'est cette union qui a initié le pôle de compétitivité, associant les actions dans les domaines de l'automobile, du ferroviaire et de la multimodalité fret et voyageurs.

- « PICOM Industrie du commerce »

Hérité de la culture de la vente à distance mentionnée précédemment, PICOM (Pôle de com-

³⁰ Depuis le 25 septembre 2014, MAUD est devenu Matikem pour symboliser l'enrichissement de son offre de services.

³¹ Les entreprises telles que : Bureau Veritas, Cascades Blendecques, Laboratoire Anios, Norampac Avot Vallée SAS, Sical, Ugine & ALZ, Bonduelle, Mac Bride, Sa-verglass, Vesuvius ; et les institutions de recherche telles que : l'Université

pétitivité des Industries du COMmerce) a vocation à inventer le commerce de demain. Il a également permis le rapprochement entre les entreprises de distribution et de vente à distance et la recherche publique, notamment à la faculté de Lille II dans des locaux basés à Roubaix. Aujourd'hui, sous l'impulsion publique, PICOM fédère 60 grandes entreprises de distribution et PME de services et de technologies, de nombreux établissements d'enseignement supérieur et de recherche et 12 partenaires économiques et collectivités publiques, localisées dans le parc scientifique de la Haute Borne – cité scientifique à Villeneuve d'Ascq, dans le site EuraTechnologies et dans la zone de l'Union – Plaine de l'image de la métropole Lilloise.

- « Up Tex »

Basé à Marcq-en-Barœul, une des plus riches communes de Lille Métropole, Up-Tex rassemble des entreprises et des organismes de recherche dans le domaine du textile, tissus techniques spéciaux et innovants. « Ce pôle a pour ambition de devenir le centre de référence au niveau européen, dans le domaine des matériaux textiles avancés, des technologies de la perception d'un produit par les sens et de customisation de masse ». Il s'appuie notamment sur le Centre Européen des Textiles Innovants implanté dans l'écoquartier de l'Union, où l'industrie textile a été très active de la révolution industrielle jusqu'aux années 1980. Les crises de l'énergie puis les délocalisations ont conduit à la fermeture des lainières et autres activités industrielles classiques, amenant l'industrie à se recentrer sur les tissus techniques spéciaux et innovants, pour des applications dans les domaines plus en plus diversifiés.

celle-ci focalise sur la demande et les utilisations effectives du sol, du parc de logements, des infrastructures et des services de transports.

Dans cette sous-partie, les usages des infrastructures existantes dans la métropole lilloise seront présentés. Si la sous-partie précédente examine le territoire sous l'angle de l'offre,

2.5 PARC DE LOGEMENT

La plupart des logements dans l'arrondissement sont des résidences principales : il y a plus de 500.000 résidences principales, soit

93.4% de l'ensemble des logements. On ne compte que 3171 résidences secondaires et logements occasionnels (0.6%). Les logements vacants sont par ailleurs relativement peu nombreux (32,803, soit 6.0%).

	1968	1975	1982	1990	1999	2007	2012
Ensemble	347,026	393,326	425,818	454,813	490,920	521,834	547,092
Résidences principales	328,233	364,764	390,484	414,778	452,324	492,190	511,118
Résidences secondaires et logements occasionnels	1,830	2,388	3,105	5,171	3,798	2,619	3,171
Logements vacants	16,963	26,174	32,229	34,864	34,798	27,025	32,803

Tableau 2-8 évolution du nombre de logements par type de résidence, Sources : Insee, RP1968 à 1999 dénombremments, RP2007 et RP2012 exploitations principales.

Parmi les logements principaux, le parc locatif, privé ou social, est fortement représenté : 49% du parc, mais inégalement réparti dans l'arrondissement. Près d'une moitié du parc locatif privé de Lille Métropole se situe à Lille où il accueille 46% des ménages. En même temps, les pôles principaux abritent aussi des agrégats de logements locatifs sociaux, comme Lille (25%), Roubaix (12%), Villeneuve d'Ascq (9%) et Tourcoing (9%).

La demande s'oriente vers des logements de taille de plus en plus petite. La raison en est économique, d'une part, car le coût par unité de surface augmente que ce soit pour une location ou pour un achat immobilier ; d'autre part, l'évolution de la structure familiale mentionnée antérieurement, selon laquelle la taille de ménage continue à diminuer sur les 40 dernières années, contribue à expliquer cette tendance.

	2012	%	2007	%
Ensemble	511 118	100	492 190	100
1 pièce	36 608	7.2	35 698	7.3
2 pièces	68 129	13.3	60 543	12.3
3 pièces	84 141	16.5	75 997	15.4
4 pièces	106 763	20.9	104 004	21.1

5 pièces ou +	215 477	42.2	215 949	43.9
----------------------	---------	------	---------	------

Tableau 2-9 Nombre de résidences principales selon le nombre de pièce dans l'arrondissement de Lille en 2012 et 2007, Sources : Insee, RP2007 et RP2012 exploitations principales.

À l'échelle de l'arrondissement, nous observons que les logements principaux sont pourtant de type moyen et grand (43,9% de 5 pièces ou plus et 36,5% de 3 et 4 pièces) sauf dans le territoire lillois où les petits logements dominent (47% de 1 et 2 pièces). Selon le diagnostic du PLU (Lille Métropole Communauté Urbaine 2012), les logements de grande taille

sont surtout présents dans le parc locatif social (60% de 3 et 4 pièces) mais aussi en propriété occupante (47% de 3 et 4 pièces, et autant de 5 pièces et plus). En revanche, le parc locatif privé compte une majorité de petits logements (55% de 1 et 2 pièces).

LOG T4 - Nombre moyen de pièces des résidences principales

Résidences principales	2012	2007
Ensemble	4.1	4.2
Maison	5.1	5.2
Appartement	2.8	2.9

Tableau 2-10 Nombre en moyenne de pièces des résidences principales, Sources : Insee, RP2007 et RP2012 exploitations principales.

L'arrondissement est également caractérisé par un parc de logements relativement ancien. Plus d'une moitié des résidences principales ont été construites il y a plus de 15 ans (249 415, soit 50,1 % de 1946 à 1990). La part des logements anciens est importante : 172.458, soit plus d'un tiers (34,7 %), datent d'avant 1946, parmi lesquels 45 % des logements sont dans les communes de Lille, Roubaix et Tourcoing. Seulement 15,2 % datent d'une période récente, entre 1991 et 2009 (75.552 au total). L'ancienneté va souvent de pair avec la dégradation de l'habitat. Plus de 10 % de logements du parc privé (cela fait 38 600 logements) sont insalubres. La plupart entre eux (55 %) sont situés à Lille (23 %), Tourcoing (16 %) et Roubaix (16 %).

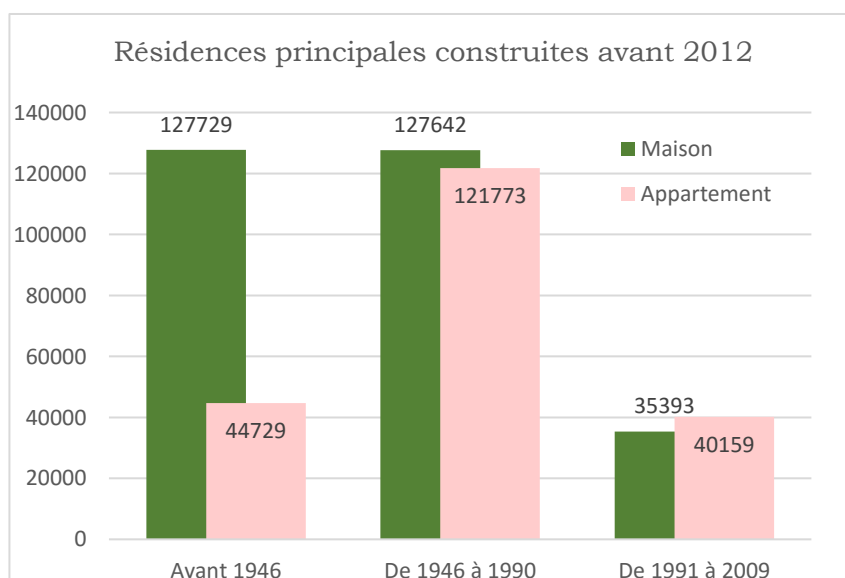


Figure 2-10 Résidences principales en 2012 selon le type de logement et la période d'achèvement, Source : Insee, RP2012 exploitation principale.

Entre 2006 et 2010, l'activité de la construction neuve fluctue avec, en moyenne, 4 300 logements mis en chantier par an. Cela fait 23.600 logements en cours de construction dont 2 sur 5 sont à Lille ou à Roubaix. Dans la même période, les projets de construction concernent surtout des petites (37 % de 1 et 2 pièces) et moyennes typologies (45 % de 3 et 4 pièces). Une part importante d'appartements parmi les constructions récentes est observée (64 %), supposant une demande d'appartements plus forte que de maisons. Enfin, les projets de logements individuels sont nombreux (36 %) dans les périphéries, particulièrement dans le territoire Est (62 %), les Weppes (58 %) et la Lys (47 %).

Nous observons de grandes hétérogénéités dans le parc de logements de l'arrondissement. Généralement, les villes centres de Lille, Roubaix et Tourcoing sont caractérisées par des logements anciens, connaissant pour une bonne part des problématiques d'insalubrité, une présence importante du parc locatif privé, ainsi que de logements relevant de petites typologies avec un taux de rotation relativement plus élevé que dans le reste du territoire. Au contraire, dans le périurbain, les logements sont souvent de moyennes, voire de grandes

typologies, moins anciens et occupés en grande partie par les propriétaires.

2.5.1 MARCHÉ IMMOBILIER

Par contraste avec l'analyse du parc de logements, la connaissance du marché immobilier est plus indirecte et moins transparente. Nous avons utilisé comme source principale, une plate forme dénommée "meilleursagents" qui affiche la tendance des prix immobiliers grâce aux transactions réalisées *via* les agences pendant les derniers mois. Pour compléter cette source, sur la situation globale de l'arrondissement, nous nous sommes référés au diagnostic du PLH (Lille Métropole Communauté Urbaine 2012).

Entre 2006 et 2010, le marché immobilier est largement soutenu par les transactions dans le parc existant, en particulier des maisons (plus de 60 %) et des biens de 4 et 5 pièces (presque 70 %). Seule la commune de Lille se singularise avec un marché dominé par les appartements, plutôt anciens (52 % de ventes anciens vs. 19 % de neufs). Hors Lille, le marché des maisons est très important : de 65 % dans la couronne nord et à 92 % dans les Weppes.

Il existe d'importants contrastes selon les territoires, selon les types de logements, et selon le caractère des biens, neufs ou anciens. Par exemple, le marché du neuf reste confidentiel (17% de transactions totales) et assez localisé, avec une moitié de ventes dans les territoires lillois et roubaisien ; et 15% dans la Couronne nord.

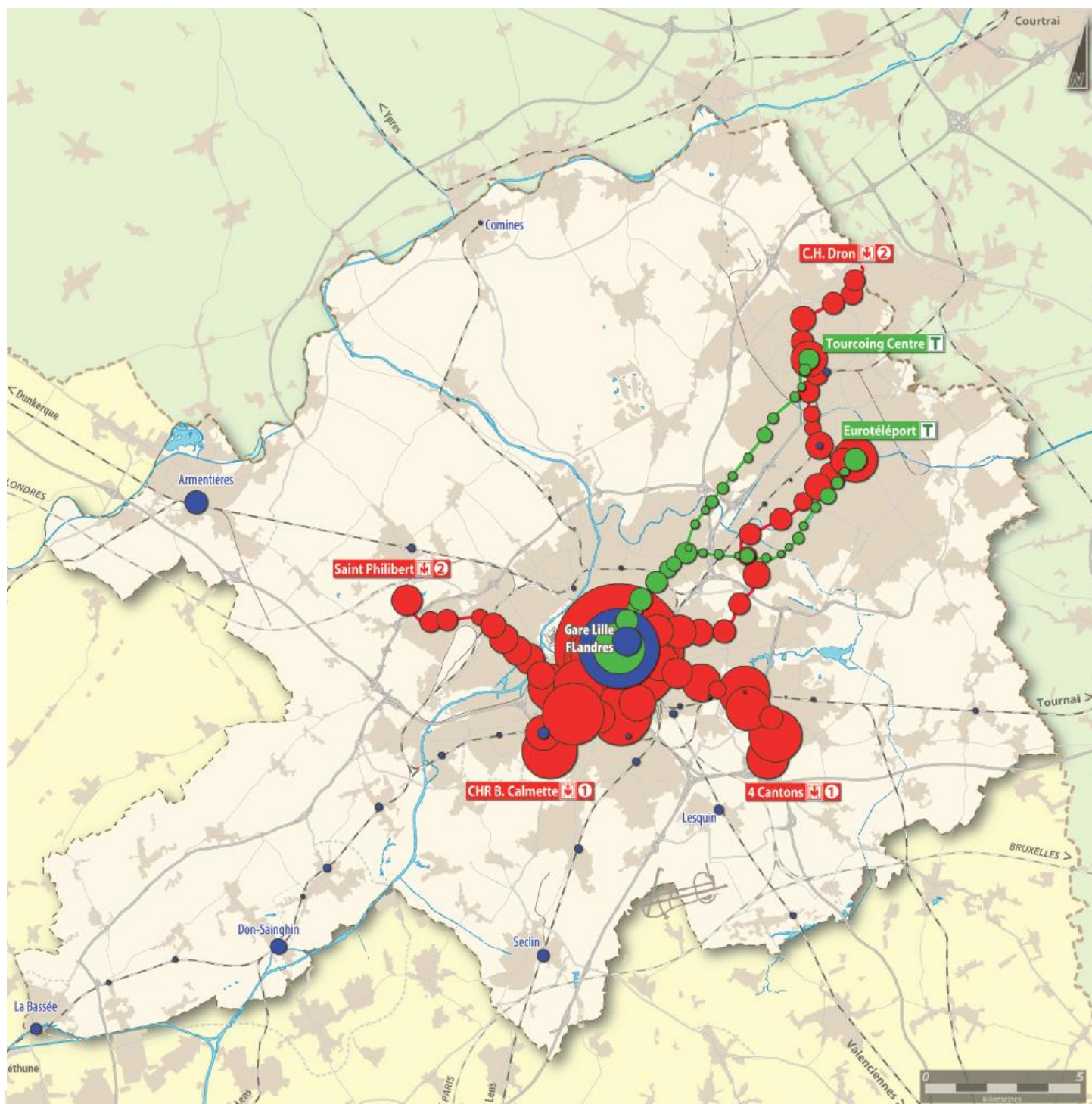
En général, il est observé que les évolutions des prix sont largement déconnectées de l'évolution des revenus dans la métropole lilloise qui n'est pas un cas isolé parmi les autres métropoles. De plus, les loyers progressent toujours dans le parc privé (+60 % en 10 ans), beaucoup plus fortement que les revenus des ménages.

2.6 CARACTÉRISTIQUES DE L'USAGE DES RÉSEAUX DE TRANSPORTS

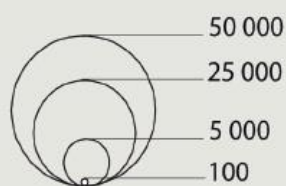
Sur la Figure 2-11 de l'usage du système ferroviaire régional, les cercles bleus représentent les charges des gares et haltes du train régional. Les deux gares de Lille Flandres et Lille Europe sont les plus chargées. Puis, la gare d'Armentières constitue un pôle d'échange important à l'entrée nord-est du territoire. Sur les branches vers le sud-ouest, les gares de Don-Sainghin et de La Bassée sont aussi d'importance significative. Enfin, Seclin et Lesquin sont les deux autres gares relativement chargées sur les lignes régionales dirigées vers le bassin minier, notamment vers Lens et Douai.

En comparaison, les lignes de métro, représentées en rouge, sont considérablement plus utilisées, en lien avec leurs fortes fréquences. La ligne de métro 1, reliant CHR B. Calmette et 4 Canton, en passant par Lille Centre et la gare

Lille Flandres, est la plus fréquentée. Desservant non seulement la commune de Lille vers le centre-Nord suivant un tracé courbe, elle assure la desserte de Lille depuis ses deux extrémités en moins d'un quart-heure. Son terminus Sud-Ouest à CHR B. Calmette constitue un pôle majeur de santé et hospitalier, tandis que l'autre terminus à Villeneuve-d'Ascq au Sud-Est le campus de l'Université Lille 1 et le parc technologique de la Haute Borne. C'est une ligne de 13 km, relativement courte si on la compare à la ligne de métro 2 (32 km), avec la même capacité mais avec une plus grande fréquence. En heure de pointe, l'écart entre deux passages de métro sur la ligne 1 est de 58 secondes. Elle fait aujourd'hui l'objet d'une modernisation qui s'accompagne d'un doublement de la longueur des rames visant à augmenter sa capacité.



Montées quotidiennes aux stations sur un jour de semaine de référence :



Source : LMCU

Figure 2-11 Charge des réseaux TER, métro et tramway en 2008

La ligne de métro 2 est aussi très utilisée par les habitants. Elle a été ouverte le 1er avril 1989 sur un premier tronçon allant de Saint-Philibert à la gare Lille-Flandres en tant que ligne 1 bis. C'est seulement lors de la construction du quartier Euralille que la ligne a été prolongée et a changé de nom. Son extension relie Lille à Roubaix puis Tourcoing jusqu'à C.H.Dron. Cette infrastructure, a connu un succès en partie dû au report de la clientèle du tramway (Barré et Menerault 2001). Il faut ici mentionner les rapports de forces politiques qui ont abouti à cette longue extension et à ce tracé (Menerault 1996). Ainsi, la ligne passe actuellement dans la ville de Mons-en-Barœul pour rattraper un refus initial des habitants et des élus qui ont rejeté une desserte lors de la construction de la ligne 1 du VAL, craignant les nuisances d'une infrastructure en viaduc. La difficulté d'achèvement de la ligne 2 réside donc non seulement dans son tracé, mais aussi dans son coût lié à sa longueur. Ayant bénéficié de subventions de la part de Fonds Européens de développement régional, ainsi que du soutien de l'État, cette ligne a été ouverte après 15 ans de travaux (1985-2000).

Malgré un tracé différent, les deux branches de tramway ont pâti de l'arrivée de la ligne 2 du métro. Conçu au début du XXème siècle, bien avant le métro pour relier les trois villes de Lille, Roubaix et Tourcoing en passant par plusieurs autres communes, le tramway est aujourd'hui beaucoup moins fréquenté (6% de l'usage des transports urbains de la communauté urbaine). Maintes fois menacé de suppression par l'élargissement des chaussées sur le Grand Boulevard puis par l'arrivée de la ligne 2 du métro à la fin du XXème siècle, le tramway a finalement été préservé. Il est lié au projet du Grand Boulevard visant à relier et à urbaniser une liaison entre Lille, Roubaix et Tourcoing parcourue par une diversité de modes de déplacements (piétons, vélos, cavaliers, usagers du tramway, voitures). Grâce à l'action des maires concernés, la rénovation du tramway appelé Mongy (du nom de son concepteur) a

été fortement soutenue en même temps que l'adoption du tracé de la ligne 2.

Comme le montre la carte, les voies de tramway suivent la forme d'un Y. En sortant du nord de Lille, le tronc commun traverse la commune de La Madeleine vers le Nord-Est, puis Marcq-en-Barœul, jusqu'au point de séparation de la ligne au Croisé-Laroche, à Marcq-en-Barœul. Une branche se dirige ensuite vers Tourcoing, en passant par Wasquehal, de nouveau Marcq-en-Barœul et Mouvaux. L'autre branche s'oriente vers Roubaix en passant par Wasquehal, Flers-lez-Lille (rattachée à Villeneuve-d'Ascq en 1970) et Croix.

La branche nord-est de la deuxième ligne de métro a adopté un tracé différent et partiellement complémentaire : elle traverse le faubourg Saint-Maurice dans la première couronne du Nord de Lille et dessert la commune de Mons-en-Barœul, puis Villeneuve-d'Ascq, Wasquehal et Croix avant d'arriver à Roubaix et enfin Tourcoing.

Nous avons proposé des cartographies détaillées des réseaux de Lille, de Roubaix et de Tourcoing. Comme le montrent les cartes, une ligne ferroviaire est également présente sur la liaison Lille-Roubaix-Tourcoing (LRT). Mais, sur cette liaison entre Lille, Roubaix et Tourcoing, les principaux flux de trafic sont ceux de l'automobile en raison de la présence sur le boulevard d'une 2 X 2 voies centrales et d'une voie latérale par sens. Le trafic automobile a été largement facilité grâce à l'élargissement des chaussées pendant les années 1970, accéléré grâce aux multiples mini-tunnels, fluidifié grâce aux interdictions de tourner à gauche, et régularisé grâce aux feux tricolores mis en place pour éviter les collisions avec les autres modes. De plus une autoroute urbaine relie les trois villes.

L'idée initiale du Grand Boulevard étant de relier les trois communes de Lille, Roubaix et Tourcoing, le tracé en Y passait au milieu des champs. Sur une majeure partie du tracé, un

tissu urbain s'est développé après l'ouverture de la voie à la circulation. Le contexte urbain du grand boulevard est issu de cette histoire, et l'analyse de l'offre commerciale permet de montrer les spécificités de cet espace. Aujourd'hui le commerce n'y est pas aussi présent qu'on pourrait le souhaiter pour une voie urbaine majeure. Entre Romarin et Croisé-Laroche, le Grand Boulevard compte 113 commerces, soit un commerce tous les 52 mètres en moyenne. Or, 67 % des établissements se situent à hauteur d'un des tunnels. Même s'il existe un hypermarché à proximité du Croisé-Laroche, l'offre de produits alimentaires reste marginale. Comme la voie accueille un fort trafic routier, la présence automobile est très forte. Concernant les activités commerciales, le secteur le plus représenté est celui de l'hygiène (Association Axe Culture 2010). À l'inverse, les secteurs des services à la personne, de la maison et des loisirs et de la culture sont peu représentés. La rotation des commerces est également très faible, ce qui indique que ceux-ci ont trouvé leur marché.

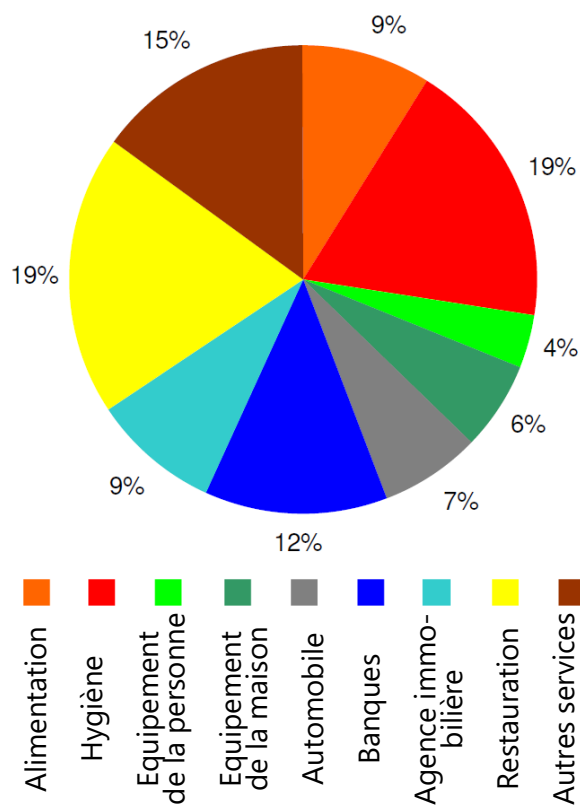


Figure 2-12 Le commerce sur le Grand Boulevard, Oct. 2008

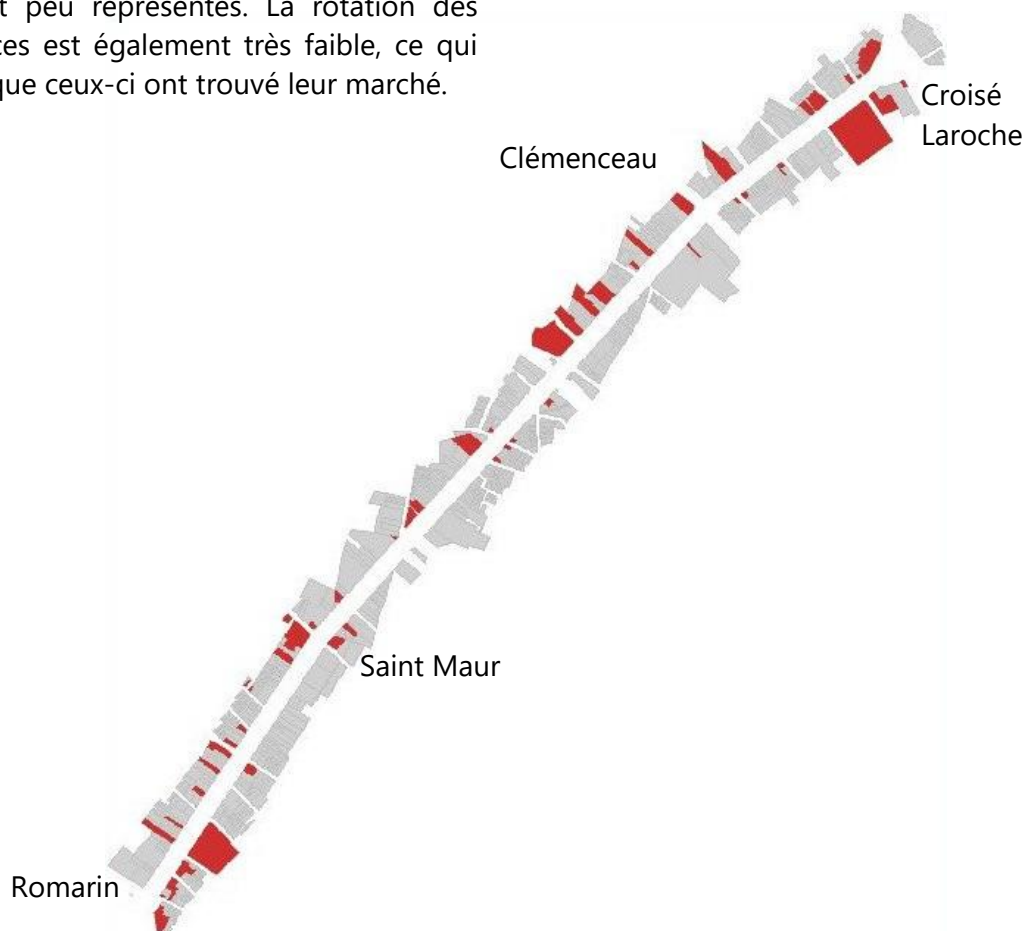
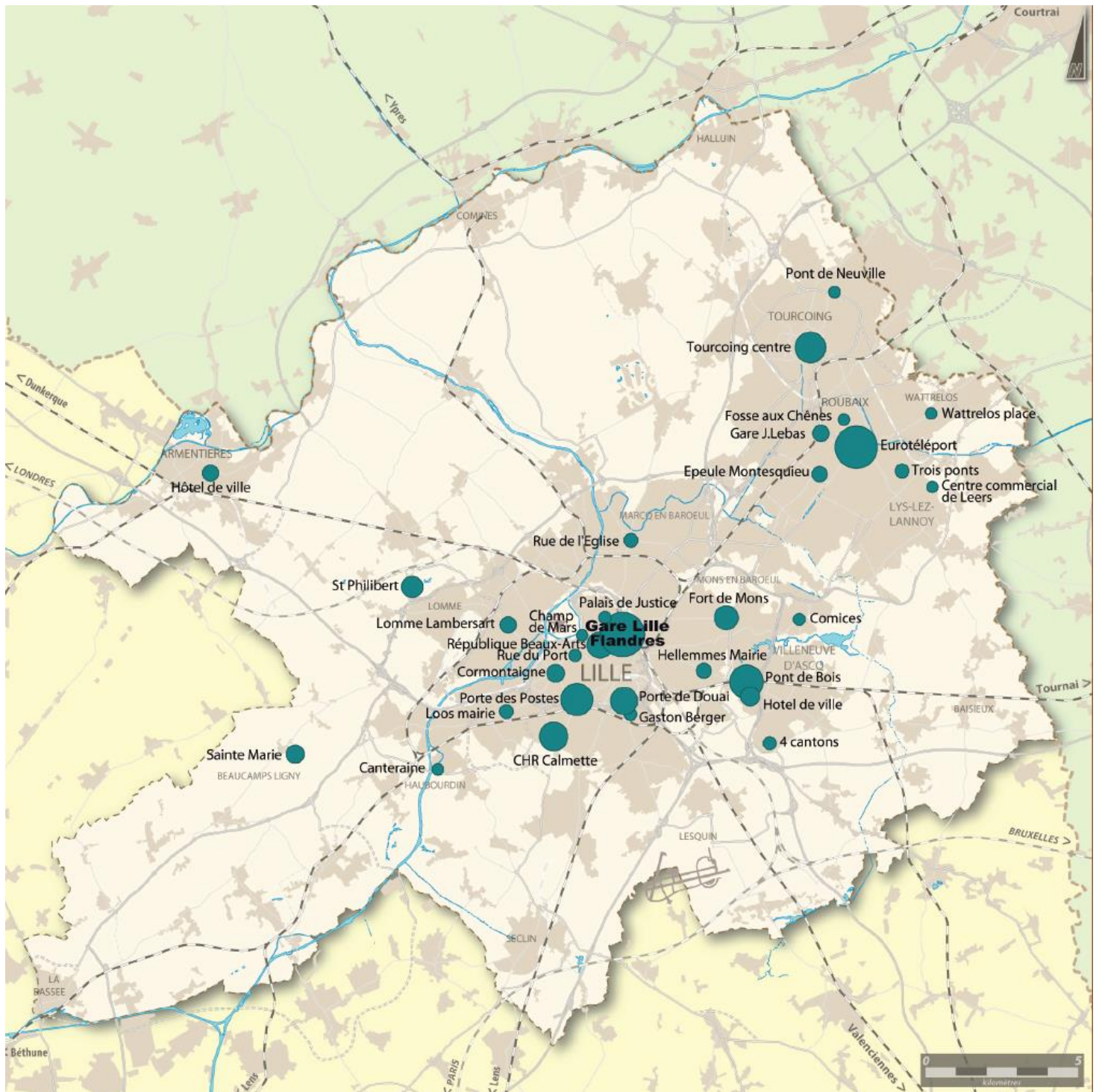
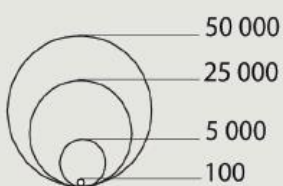


Figure 2-13 Le commerce sur le Grand Boulevard avec les parcelles rouges représentant un ou plusieurs commerces



Montées quotidiennes aux stations sur un jour de semaine de référence :



Source: LMCU

Figure 2-14 Les arrêts de bus les plus fréquentés en 2008 (montées supérieures à 500)

De façon similaire, nous n'avons pas de localisations exactes des arrêts de cars départementaux en dehors du périmètre de la communauté urbaine. Nous les avons localisés grâce aux sites internet du réseau du département du Nord. Cependant, nous avons également recensé les horaires et les fréquences des lignes de cars afin de comprendre leurs logiques d'articulation avec les autres réseaux de transports publics parcourant la communauté urbaine de Lille. Il en résulte que les stations de cars départementaux les plus fréquentées correspondent à celles situées à proximité des gares SNCF. Dans ce cas, il s'agit de pôles d'échange permettant aux usagers de changer de mode. Les principaux pôles d'échanges sont situés à Armentières, à l'entrée nord-est du territoire ; à Don-Sainghin et La Bassée, au sud-ouest de la communauté urbaine ; à Seclin et Libercourt, dans la couronne sud de l'arrondissement ; et enfin à Wannehain, Genech et

très faibles comparé à celui des stations représentées sur la carte. Pour l'ensemble de ces raisons, nous avons indiqué seulement les arrêts de cars les plus fréquentés dans le périmètre de la communauté urbaine de Lille.

Globalement, l'agglomération lilloise est caractérisée par une forte utilisation de l'automobile. Le réseau de transports collectifs est certes assez étendu et stabilisé, mais reste bien moins développé que l'usage de la voirie par l'automobile qui représente un équipement essentiel pour une majorité de ménages. En effet, plus de trois quarts de ménages possède une voiture dans le territoire. Nous n'avons pas pu recenser l'ensemble du stationnement existant sur le territoire, mais plus d'une moitié des ménages dispose au moins d'un emplacement réservé au stationnement, et les parkings sont généralement gratuits sauf dans les centres villes de Lille, Roubaix et Tourcoing. Le sys-

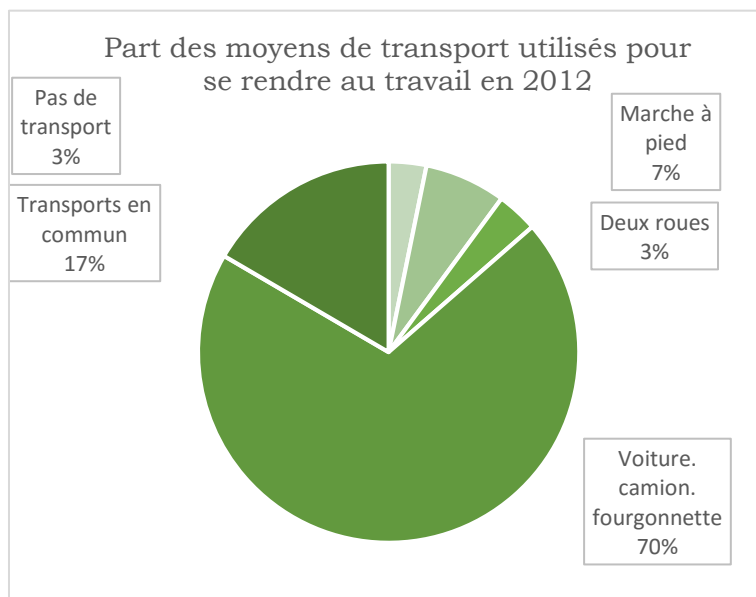


Figure 2-15 Part des moyens de transport utilisés pour se rendre au travail en 2012, réalisés sur le champ des actifs de 15 ans ou plus ayant un emploi. Source : Insee, RP2012 exploitation principale.

Mouchin, à l'entrée Sud-Est de l'arrondissement. Mais le nombre de montées et de descentes journaliers dans ces stations de cars est

La prégnance de l'automobile se traduit, entre autres, par la part significative des trajets

tème automobile, bien connu et décrit, explique la dominance actuelle de la voiture et représente une habitude de déplacement difficile à transformer.

courts réalisés en voiture. Pour les trajets dont la longueur est inférieure à 2 km, la marche à

pied et la voiture sont les 2 modes dominants. Selon l'enquête ménage déplacement de Lille Métropole de 2006, si la marche concerne 4 déplacements sur 5 pour les trajets inférieurs au kilomètre, entre le premier et le deuxième kilomètre, l'usage de la voiture devient majoritaire (2 déplacements sur 3). D'autant plus

qu'un déplacement en voiture dans le territoire communautaire ne se fait pas à une vitesse moyenne de 50 km/h. Le temps passé aux feux, à se garer fait baisser la vitesse moyenne de l'automobile à seulement 22 km/h sur ce type de déplacements.

	2012	%	2007	%
Ensemble	511 118	100	492 190	100
Au moins un emplacement réservé au stationnement	263 056	51.5	252 364	51.3
Au moins une voiture	385 883	75.5	370 731	75.3
1 voiture	242 205	47.4	232 689	47.3
2 voitures ou plus	143 678	28.1	138 042	28

Tableau 2-11 Équipement automobile des ménages, Sources : Insee, RP2007 et RP2012 exploitations principales.

Cette vitesse se rapproche de celle d'un déplacement en vélo. Mais, sur l'ensemble du territoire, la part des déplacements réalisés en vélo a diminué entre 1998 et 2006, les deux dernières enquêtes ménages déplacements (celle réalisée en 2016 est actuellement en cours d'analyse). L'usage du vélo représente seulement 2 % des déplacements des habitants de la Communauté Urbaine en 2006, en diminution de 21 % par rapport à 1998. Cette baisse n'est pas homogène sur l'ensemble du territoire en raison des aménagements des pistes dédiés au vélo. Les Lillois utilisent le plus le vélo et la commune de Lille affiche une progression avec 2,3 % de déplacements totaux réalisés en vélo. Au contraire, les habitants des deux autres communes les plus denses, Roubaix et Tourcoing, sont ceux qui utilisent le

moins le vélo : moins de 1 % de leurs déplacements sont réalisés en vélo en 2006 (en forte diminution). Dans les franges du territoire, l'usage de vélo qui était d'autrefois important a également chuté, notamment dans le secteur d'Armentières où la mobilité en vélo a chuté de 70 % entre 1998 et 2006. L'analyse a été faite que 72 % de la population habite à moins de 10 minutes en vélo d'une station de transport collectif lourd (métro, tramway, TER) (Lille Métropole Communauté Urbaine 2012). Ceci montre un potentiel d'amélioration des liaisons entre un mode de transport lourd et les modes doux dans le territoire.

Chapitre 3 **MODELISATION INTEGREE** **D'USAGE DU SOL ET DE TRANSPORT DE L'AG-** **GLOMERATION LILLOISE**

Ayant fondé notre étude sur les théories urbaines énoncées dans le premier chapitre, et après avoir examiné l'actuel déploiement de notre territoire et des réseaux de transport dans le deuxième chapitre, nous sommes confrontés à la question de la méthodologie pour conduire une étude d'une telle complexité.

Ne souhaitant pas isoler les éléments majeurs au sein d'un même système complexe tout en développant une approche intégratrice de notre problématique urbaine, nous avons décidé de réaliser notre étude en employant un outil de modélisation interdisciplinaire. Un outil quantitatif et spatialisé permettant des analyses en sciences humaines et sociales nous paraît essentiel.

Cet outil doit pouvoir à la fois reproduire le système complet, à savoir, représenter la réalité, et soutenir le concept et le modèle théorique que nous souhaitons implanter. Nous voulons expérimenter les théories, pour imaginer les futurs de notre territoire. Nous sommes donc amenés à nous reposer sur les modèles d'équilibre spatial qui font interagir les systèmes d'usage de sol et de transport. La formation de ce type de modèles, appelé LUTI – Land Use Transport Integration, a connu plusieurs vagues de développement grâce à la maturation dans les domaines des modèles urbains purs, des modèles économiques et aussi de l'informatique et de bases de données.

Le choix d'un outil de la famille LUTI – TRANUS – a été motivé par plusieurs expériences dans notre environnement de recherche. Soutenus par le concepteur du logiciel TRANUS, nous avons choisi de construire une application détaillée de A à Z, pour qu'elle puisse servir aux

études de précision et à échelle suffisamment fine.

En effet, la flexibilité de TRANUS nous accorde une grande liberté tant sur le plan de la représentation de la réalité actuelle que sur celui de la conception de scénarios futurs. Cette liberté dépend fortement d'une compréhension profonde du territoire et de la mobilité locale que nous avons soigneusement diagnostiquée dans le chapitre II, ainsi d'une compréhension précise du contexte politique, associée aux théories urbaines à appliquer, que nous avons étudié avec soin dans le chapitre I.

Le niveau de détail que nous avons pu construire à travers l'application de l'arrondissement de Lille se réalise au prix d'une quantité de données importante. Le temps et l'énergie consacrés aux traitements et à l'harmonisation de ces données sont considérables. Pourtant, cette dernière procédure n'est pas celle qui est la plus consommatrice de temps, ni d'énergie. La calibration du modèle, à savoir la validation de ce dernier en cohérence avec la réalité, suivie par la conception de scénarios futurs sont les étapes de modélisation les plus importantes. Dans cette phase de travaux appliqués, aucun élément ne peut manquer.

Après plus d'un an de calibration et de réglages, nous avons non seulement réussi à atteindre la convergence du modèle, mais aussi développé de nouvelles méthodologies en termes de calibration et d'analyse de résultats.

La conception de l'application pour l'arrondissement de Lille est décrite en détail dans ce troisième chapitre, accompagné de la description de quelques étapes essentielles de la calibration de cette dernière.

Il a été montré à la fin du chapitre que la validation de ces étapes nous permettra de produire des résultats à la fois intéressants et pertinents.

3.1 CHOIX DE LA MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE POUR L'ÉTUDE DE CAS

Les transports et les usages du sol s'influencent mutuellement de façon complexe et dynamique. L'accessibilité, rendue possible par les transports, influence les décisions de localisation des agents immobiliers, des entreprises et des ménages. Vice versa, les usages du sol déterminent les besoins d'interactions spatiales. L'appréhension du système urbain nécessite donc une procédure intégrant les interactions entre les transports et les usages du sol. Les modèles de Land Use and Transport Integration (LUTI) prennent en compte ces interactions. Ils sont de plus en plus utilisés pour les études d'impacts et d'évaluations des politiques de transports, d'usages du sol et d'environnement. Ils participent à la procédure d'aide à la décision pour estimer les impacts de certaines mesures liées aux services de transports, aux réaménagements et aux investissements, permettant aux urbanistes et aux décideurs de mieux comprendre leurs systèmes complexes.

Les modèles LUTI peuvent être définis comme une simplification du système urbain réel avec laquelle les analyses d'impacts et les évaluations des politiques de planification peuvent être réalisées dans les aspects concernés. Le propos majeur est de comprendre comment les usages de sols et les transports interagissent, puis en conséquence, d'utiliser ces savoir-faire afin d'expliquer les effets causés par les modifications exercées au système urbain. Par exemple, si nous connaissons la sensibilité d'augmentation du prix du carburant pour un ménage, nous aurons une meilleure idée sur les conséquences d'usage de l'automobile par rapport aux autres modes de transports. La

connaissance des effets potentiels peut ensuite être utilisée afin de définir plus précisément les objectifs de planifications et les mesures d'amélioration. Afin d'établir une compréhension partagée d'un territoire, nous préciserons les objectifs pour lesquels le modèle est construit, discuterons les hypothèses générales de modélisation et ainsi, définirons les concepts et mécanismes les plus importants. Ces précisions nous permettent d'appliquer LUTI dans un contexte réel.

« A model is basically a simplification of reality » (Gilbert et Troitzsch 1999). Lorsque nous appréhendons un objet – l'objet étant un système urbain –, nous pouvons créer un modèle LUTI afin de maîtriser l'ensemble de ses sous-systèmes et traiter les interactions entre les sous-systèmes. Analogue aux méthodes de calcul d'une problématique mathématique, l'analyse d'une problématique urbaine peut se différencier en termes de méthode. Dans la famille LUTI, il existe un grand nombre de modèles qui se distinguent l'un de l'autre au niveau de leur formulation mathématique, du langage de programmation, des principes de réplication, etc.

Nous pouvons identifier trois périodes de développement des outils LUTI (Iacono, Levinson, et El-Geneidy 2008). (I) l'étude des interactions spatiales et modèles input-output émerge pendant les années soixante ; (II) les modèles économétriques dans les années quatre-vingt, et puis (III) la micro simulation à l'échelle spatiale détaillée à la fin des années quatre-vingt-dix. Chacune des périodes a connu des avancées théoriques et technologiques. Le développement dans les domaines de l'économie spatiale, dans les calculs informatiques, et dans la disponibilité des données trace le chemin du développement des outils LUTI.

Comme le montre la figure suivante, le premier modèle LUTI est implanté par Lowry (1964) sur la base de la théorie gravitaire. Cette théorie est empruntée à la physique et indique que l'interaction entre deux régions est proportionnelle à leurs tailles (par ex. en termes de nombre d'emplois) et inversement proportionnelle à la distance entre eux. Ce modèle marque le début de la représentation des interactions spatiales *via* les forces inductives plutôt que déductives.

Les premiers modèles ont été suivis par les modèles économétriques dans les années quatre-vingt. Avec ce deuxième courant de développement, les modèles d'équilibre spatial *via* le calcul informatique ont été développés. Ces modèles simulent les caractéristiques des agents représentatifs et traitent les interactions des régions en fonction des marchés où les acteurs économiques prennent leurs décisions. Ainsi, une analyse des données détaillées par région est nécessaire, demandant un travail empirique avant toute implémentation du modèle. Les observations des caractéristiques des acteurs économiques doivent être réalisées également.

Le troisième courant du développement des outils LUTI est poursuivi par le développement des modèles de choix discrets, notamment issus des travaux de McFadden (1978, 1981). Une équipe de chercheurs à Havard (Harvard Urban Development Simulation – HUDS) a été la première à implanter un modèle de grande échelle. HUDS a été suivie par d'autres projets qui ont plus tard donné naissance à TRANUS (Weidner et al. 2007), PECAS (Hunt et Abraham 2003), UrbanSim (Waddell 2002). Cette troisième période de développement des outils LUTI est permise par les développements de la théorie de modélisation des choix discrets, par la puissance croissante de calcul informatique et par les débats sur les problématiques sociales et environnementales. Il a été réalisé que les problématiques urbaines sont réellement une question globale, qui peut être théorisée

en intégrant les usages du transport et des sols dans un système économique.

Aujourd'hui, la modélisation de type LUTI se présente, dans le domaine de la planification, comme une méthode de recherche novatrice et pertinente. Elle dépasse les méthodes traditionnelles telles que les observations des comportements ou les entretiens semi-directifs, et peut être classifiée comme une démarche quantitative dans les sciences humaines et sociales. Même si ces travaux de recherche sont classés en géographie et aménagement territorial, la méthodologie de recherche appliquée est inspirée des sciences physiques. Ceci illustre une orientation de la planification urbaine intégrant un aspect quantitatif sans tracer une frontière rigide et étanche dans le cadre des sciences appliquées. Au moins deux avantages peuvent être constatés lors de l'emploi des méthodes de modélisation.

Premièrement, les évaluations prospectives sont rendues possibles. Les approches classiques en sciences humaines et sociales sont basées sur les observations des phénomènes en cours ou déjà passés. Ces phénomènes ne sont pas reproductibles dans un laboratoire. Nous pourrions éventuellement prendre un territoire comme lieu d'expérimentation, mais ceci engendrerait un coût d'investissement énorme et pourrait être considéré socialement injuste pour les personnes engagées. Indépendamment des problèmes éthiques, le temps pour mesurer les conséquences territoriales est si long qu'aucun territoire ne pourrait prendre un tel risque. La modélisation d'un système urbain est en revanche un terrain abstrait, permettant l'expérimentation avec une approche scientifique. Celle-ci ne pouvait être réalisée auparavant en raison de la quantité de données nécessaires face aux possibilités du calcul informatique, de la maturation des théories de l'économie spatiale et de transports, ainsi que de l'insuffisance des systèmes de l'information géographique. Avec les progrès

de la modélisation, nous pourrions mieux reproduire notre système complexe, et considérer le modèle comme un laboratoire plus fiable pour exercer les expérimentations selon les scénarios et faire des analyses prospectives.

Deuxièmement, la modélisation LUTI est une avancée dans la méthodologie de recherche en urbanisme, en aménagement et en géographie. Elle est d'abord basée sur les observations des phénomènes déjà passés, calée sur une temporalité donnée et une situation réelle. Les théories de l'économie spatiale et des transports et les répliques algorithmiques sont donc induites à partir de phénomènes constatés. Ensuite, elle est basée sur une série d'hypothèses, créant les règles d'interactions dans le système complexe. La modélisation utilisée dans la planification permet de calculer avec un degré élevé de fiabilité les phénomènes futurs, alors que ceux-ci ne peuvent être prédits directement *via* les méthodes classiques. La modélisation simule donc une dynamique changeante, structurée par des phénomènes identifiés dans les multiples domaines avec une certaine marge de précision.

Ainsi, le choix de la méthode devient clair. Il ne s'agit pas de questionner si nous utiliserons un outil de modélisation ou pas, mais lequel au sein de la famille LUTI est le plus compatible avec notre problématique de recherche, celle de TOD et du corridor urbain. Nous n'avons pas d'intention de faire une liste exhaustive des outils et de les comparer ici ; ces travaux ont été largement réalisés ailleurs avec des analyses détaillées. (Echenique 1968) (Batty 2010) (Certu 2013)

Comme nous l'avons indiqué, tous les modèles sont les simplifications de la réalité, parce qu'il serait impossible de la représenter dans tous ses détails et puisque ce choix est intentionnel. Un modélisateur négligera délibérément les aspects qui lui semblent superflus en regard de la question posée ; le modèle étant destiné à représenter seulement un référent selon les

aspects les plus significatifs. Un modèle est ainsi plus une idéalisation de son référent qu'une simplification.

« There are as many idealisations as idealisers, data and goals, Even if two model-builders have access to the same empirical information, they may construct different models, for model building is a creative activity engaging background, abilities, and taste of the builder. » (Bunge 1973)

D'un côté, un modèle peut être défini comme une théorie sous une forme testable. De l'autre côté, un modèle est une représentation de la réalité. Un modèle procède à la fois de la théorie et de la réalité. Lors du choix du modèle, il s'agit de choisir entre les théories et les représentations de la réalité. Nous avons donc besoin de construire un modèle qui combine les meilleurs aspects théoriques et réels. Si nous appelons T une théorie, M un modèle, et R la Réalité, nous pouvons ensuite établir la relation suivante $T \rightarrow M \rightarrow R$.

Du point de vue de la relation $T \rightarrow M$, si la théorie est destinée à être valide pour une étude de cas spécifique, le modèle correspondant devrait être capable de représenter la réalité de façon précise et détaillée, résultant d'une relation étroite entre M et R. Mais si la théorie est générale et destinée à expliquer une grande variété de situations réelles, la relation $M \rightarrow R$ ne peut être trop étroite. Dans ce deuxième cas, la force d'une théorie peut être mesurée en fonction du nombre de différentes R pour lesquelles la relation $M \rightarrow R$ peut être soutenue.

On peut aussi dire que dans la relation $T \rightarrow M$, les modèles varient en fonction de leur degré de contenu théorique. Si l'on considère une théorie comme une série d'hypothèses expliquant comment un aspect de la réalité peut être ramené aux éléments premiers et quels sont les rapports entre ces éléments, le contenu théorique d'un modèle est mesuré en

termes du nombre d'hypothèses rendant la réalité explicite. Par exemple, si une théorie $T(H)$ contient les hypothèses $H_1, \dots, H_4$, il serait possible de créer un modèle $M(S), S_1, \dots, S_4$, où les S_n signifie une représentation spécifique de l'hypothèse correspondant H_n . Un tel modèle va avoir un degré maximum de contenu théorique plutôt qu'un modèle $M(S_1, S_3)$, qui va avoir un degré relativement faible de contenu théorique.

Dans la relation $M \rightarrow R$, on favorise généralement une étroite correspondance entre le modèle et la réalité. Mais cela dépend du propos pour lequel le modèle est construit. Si le créateur du modèle tend à représenter la réalité avec précision, la similitude entre les résultats issus de la simulation et les données réelles devrait être maximale. Le créateur aura alors tendance à inclure un nombre maximum d'éléments, accompagnés des fonctions complexes expliquant les relations entre ces éléments, afin de représenter la réalité la plus précise. En revanche, si l'intention est de faire des prévisions de comportements de la réalité sur le long terme, il est plus sage d'inclure seulement les éléments les plus significatifs et sensibles sur un temps long, et de négliger les particularités trop fines.

Une relation simplifiée de $T \rightarrow M$ est parfois favorisée. Au lieu de donner des résultats faux ou approximatifs, un modèle simplifié peut en fait mieux démontrer les pour et les contre d'une théorie, mieux illustrer le problème de son référent réel qu'un modèle sophistiqué. Dans un modèle trop sophistiqué, il sera difficile pour un modélisateur de cibler l'essentiel de la question en raison des relations complexes entre de multiples causes et effets. Comme Bunge (1973) l'indique, « the failure of a precise idea is more instructive than the success of a muddled idea ». Mais une simplification exagérée d'une théorie ou d'un modèle est aussi dangereux. Ils peuvent être trop généraux, manquer d'informations et, donc limiter l'intérêt pour l'application.

Un concept lié au contenu théorique est la testabilité. Un modèle ne peut être dérivé d'une théorie générale sans qu'elle soit testée sur des exemples. S'il est impossible de construire un modèle testable à partir d'une théorie, il est toujours possible de représenter des phénomènes *via* des diagrammes, algorigrammes, voire des modèles mathématiques complexes. Mais, pour éviter la confusion, on peut nommer de telles méthodes « représentations ». Une représentation est seulement le symbole d'un référent théorique, tandis qu'un modèle simule les référents réels.

A part le contenu théorique d'un modèle, la reconnaissance de ce contenu théorique par ses applicateurs – les utilisateurs du modèle – est aussi importante. Lorsqu'un usager ne connaît absolument rien sur la structure interne du modèle, le modèle est une boîte noire où le besoin primaire est de savoir manipuler les données d'entrées et d'interpréter les données de sortie. Le degré du contenu théorique à l'intérieur d'un modèle ne lui est pas accessible.

Ce qui est injecté dans le modèle – the inputs – sont appelés généralement les « variables exogènes ». Ce sont des données que le modèle accepte comme des faits, et il n'y aura pas de moyens pour vérifier leur fiabilité. Ces données d'entrée sont ensuite utilisées dans la boîte noire, jusqu'à la fin des calculs pour produire une série de variables. Ces variables qui sont calculées à l'intérieur de la boîte noire sont appelées « variables endogènes ». Si la boîte est complètement noire, les seules variables que les usagers obtiennent seront les données de sortie – the outputs. Si jamais, la boîte n'est pas complètement noire, mais seulement grise ou translucide, c'est-à-dire que l'on peut apercevoir les étapes intermédiaires, l'usager peut intervenir pour déterminer des variables endogènes intermédiaires.

Dans le domaine de l'aménagement, où l'objectif est d'aider à la décision de planification, il est d'un grand intérêt d'utiliser un modèle bien formalisé et intensément développé pour traiter les relations complexes dans un système d'éléments multiples qui permet de donner des prévisions plus pertinentes à partir d'un examen sur des applications réelles. Par contre, dans ce domaine de recherche, il manque des connaissances et des données théoriques bien structurées sur certains phénomènes que l'on souhaite analyser. Il résulte de ces faiblesses que les planificateurs peuvent choisir un modèle qui combine plusieurs degrés de contenus théoriques et différents degrés de formalisation selon leurs connaissances.

seule variable exogène pour le modèle. Ceci n'est pourtant pas le cas, en France, mais, en principe les variables exogènes non soumises au contrôle doivent être réduites au minimum.

Comme nous le montrerons, la qualité de la simulation et celle de l'évaluation sont étroitement reliées. Ainsi, ce qui est laissé en dehors du modèle ne fera pas l'objet de simulation, donc ne pourra pas être proprement mobilisé dans les scénarios d'avenir. Par exemple, si le nombre d'emplois d'un secteur n'est pas modélisé comme une donnée mais comme un fait (c'est-à-dire en tant que variable exogène), les actions exercées au cours du temps de simulation n'auront aucun effet sur cette donnée. En effet, par définition, les éléments exogènes sont entrés comme des faits non modifiables

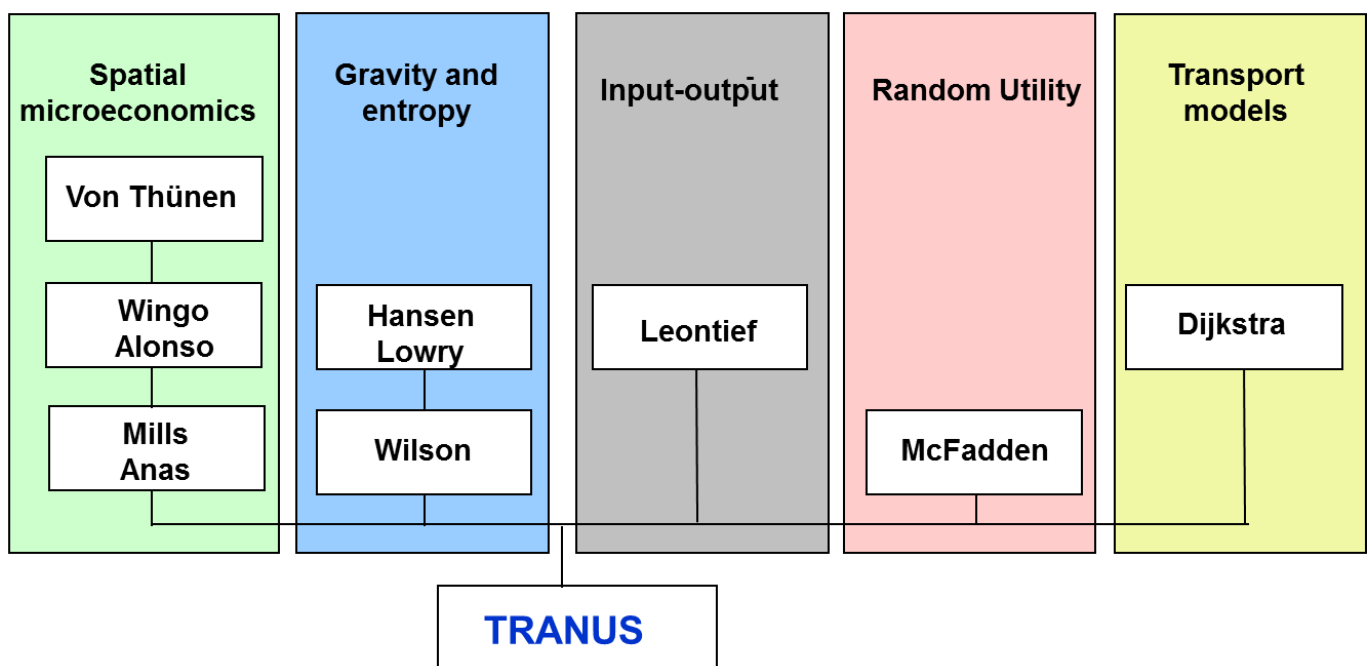


Figure 3-1 Arbre de théories principales structurant le système de modélisation TRANUS, source : Modelistica.

La structure du modèle est également affectée par les caractéristiques particulières du système urbain. Une conformité doit être établie entre les variables exogènes (parmi toutes les données d'entrée) et les paramètres sous contrôle dans la procédure de planification. Par exemple, si l'autorité de planification a une totale maîtrise sur l'usage des sols, les sols dans son territoire pourront être, idéalement, la

et ne changeront donc pas de comportement dans le modèle

En un mot, pendant les dernières décennies, les travaux de modélisation en géographie et aménagement ont beaucoup progressé, inspiré par les sciences dites "dures". Les approches LUTI en sont une illustration. Ils représentent une famille de modèles riches en contenu théorique, sophistiqués, combinant des

principes de l'économie spatiale et capables de proposer des représentations des phénomènes sociaux complexes dans une visée prospective. Nous pouvons donc faire de l'expérimentation avec un outil LUTI, non seulement en tant que méthode pour tester les politiques d'aménagement, mais aussi en tant qu'élément susceptible de renforcer les théories en urbanisme.

3.1.1 CHOIX DE L'OUTIL DE MODÉLISATION LUTI

Comme nous l'avons mentionné précédemment, l'usage des méthodes quantitatives dans les sciences humaines et sociales et l'application des modèles LUTI en aménagement et urbanisme sont de plus en plus répandus (Wegener 1994) (Wegener et Fürst 2004). Un grand nombre de logiciels dans la famille LUTI donne naissance à une multitude d'études d'analyses et de comparaisons (Clément et al. 1996) (Leurent 2012) (Coulombel 2011) (Saujot et al. 2016). L'objectif de ce paragraphe n'est donc pas de refaire une comparaison des outils qui a déjà été élaborée avec beaucoup d'attention par ailleurs, mais de présenter les bases théoriques que nous considérons comme les plus adaptées à notre étude de cas (HUNT, KRIGER, et MILLER 2005) (Zhao et Chung 2006) (Lefèvre 2009). La figure ci-dessous représente l'arbre généalogique du logiciel que nous avons choisi d'utiliser – TRANUS – sous l'angle des principales écoles et approches théoriques (Wilson 2011) (Simmonds et al. 1999) (NCHRP 2002) (Timmermans 2003) (Department for Transport 2014).

L'origine de l'analyse spatiale remonte à Von Thünen, en 1826, qui a initié l'école de microéconomie spatiale. Ce point de départ a été creusé ultérieurement par de nombreux chercheurs parmi lesquels Wingo et d'Alonso en 1964 et, plus récemment, Mills et Anas. TRANUS a adopté les concepts de l'économie

spatiale, en termes de localisation, d'usage des sols et la de génération de valeurs foncières.

La deuxième école de pensée est connue sous le nom des modèles gravitaires. Le premier développement date des années trente, mais seuls les travaux de Hansen (1959) et de Lowry (1964) ont été considérés comme pionniers dans cette branche de recherche. La génération des premiers modèles gravitaires est poursuivie par les travaux de Wilson (1970) qui a non seulement défini les principes d'entropie maximale afin de les intégrer à une série de modèles spatiaux, mais a aussi éclairé le chemin vers les modèles intégrés d'usage du sol et des transports. Wilson a démontré qu'un système urbain ou régional et un système de transport peuvent être représentés à travers une théorie unique et unifiée. Ce principe, ainsi que l'approche d'interactions spatiales, constituent un substrat conceptuel important dans la naissance du logiciel TRANUS.

La troisième branche est notamment issue des travaux de Leontief, en 1936, sur la structure du modèle entrée-sortie – input-output. TRANUS doit beaucoup à ce concept structurel, car il comprend un ensemble complet d'entrées-sorties afin de représenter la formation des prix dans l'économie spatiale. Dans TRANUS, le modèle original d'entrées-sorties a été développé et généralisé, tandis que la dimension spatiale a été rajoutée et intégrée avec un modèle pour le système de transports

TRANUS prend en compte aussi les travaux provenant de l'école du modèle de choix discrets et de la théorie de l'utilité aléatoire, menés notamment par McFadden en 1975. La plupart des chercheurs formés dans la lignée de cette école de pensée se focalise sur la problématique du choix modal pour un système de transports malgré le fait que les théories des choix discrets peuvent être appliqués dans de multiples domaines et qu'un modèle généralisé ait été développé. L'approche des choix discrets est appliquée dans TRANUS pour tous

les modules de système urbain/régional et de transports, de la génération de voyage au choix modal, en passant par le choix d'itinéraire, le choix de localisation, le choix d'usage du sol, etc. De façon rigoureuse, TRANUS peut être interprété comme un modèle enchaînant une série de modèles de choix discrets. Le système de chaînage offre plusieurs possibilités de modèles de choix discrets, parmi lesquels on peut citer le modèle du standard logit, celui de « scaled utilities », ou bien le modèle « po-wit » proposé par Galvez.

Enfin, l'arbre généalogique comprend une dernière branche de modèles de transport conventionnels qui ont inspiré la conception de TRANUS. Ils mobilisent notamment la théorie des graphes pour résoudre les problèmes de cheminement en utilisant l'algorithme de Dijkstra déterminé dès les années cinquante.

Un caractère spécifique de TRANUS parmi les outils disponibles concerne la cohérence du schéma théorique tout au long de la chaîne de décisions. En appliquant le même modèle de choix discret dans l'ensemble des modules, y compris la répartition modale, l'attribution de flux ou le choix d'itinéraire. En effet, l'attribution des flux et la répartition modale pourraient être combinées dans une seule procédure. TRANUS est aussi le seul modèle disponible ayant recours à l'algorithme de logit probabiliste pour l'attribution de flux. Ce choix assure une cohérence théorique à TRANUS et rend les applications plus faciles à calibrer lors des comparaisons avec les enquêtes de préférence par exemple. L'attribution *via* le modèle de choix discret se manifeste comme étant plus performante qu'avec un modèle d'équilibre conventionnel. Elle est non seulement plus flexible et réaliste mais accorde aussi la possibilité de l'intermodalité, de la multimodalité, et une mesure pertinente pour l'estimation des bénéfices et des surplus des usagers, directement à partir du module de l'attribution.

Il faut aussi mentionner ici que le module de transport de TRANUS autorise une représentation détaillée du système de transports publics. Il n'est pas étonnant que ce logiciel ait été entièrement développé en Amérique Latine où les transports publics jouent un rôle essentiel dans la mobilité. TRANUS autorise ainsi une représentation flexible des services de déplacements de types multiples, des transports de masse aux tarifs intégrés, de simulation tronçon par tronçon pour les modes non-motorisés, en passant par un équilibre d'offre-demande *via* les temps d'attentes et un module d'offre permettant l'ajustement des fréquences, et d'autres indicateurs. Par rapport aux modèles à quatre étapes, le module de transport de TRANUS permet une combinaison flexible des modes publics et privés, mais en même temps, exige une entière compréhension du système de transport des cas d'application.

Notre présentation ici reste une description très brève, avec peu de formalisations mathématiques, qui privilégie les théories utilisées dans le modèle que nous avons choisi. Plus de détails théoriques et de formulations mathématiques du modèle utilisé peuvent être retrouvés dans les annexes, ainsi que dans la vaste littérature sur la famille d'outils LUTI.

3.1.2 TRANUS RETENU POUR NOTRE ÉTUDE

En effet, à part les raisons méthodologiques et théoriques mentionnées dans les paragraphes précédents, TRANUS nous semble le choix le plus pertinent. D'abord, il a été utilisé pour de nombreuses applications internationales, notamment en Amérique Latine et en Asie. A l'échelle européenne, le bureau d'étude belge STRATEC a été le premier à utiliser TRANUS dans le cadre du projet SCATTER (Gayda et al. 2005). Leur modèle de Bruxelles évalue les mesures d'accompagnement du futur RER, par exemple, les politiques contraignantes des véhicules particuliers *via* le stationnement et le

péage urbain, celles de l'augmentation de l'offre de transports collectifs, l'essai des bandes HOV, de Parking Relais, ainsi que la fiscalité appliquée aux logements et aux entreprises. C'était une application réussie et complète qui aide à évaluer des politiques futures relatives à la fois à l'usage du sol et aux transports.

Malgré un essai infructueux à Lyon, TRANUS a été reconnu en France *via* une application sur l'agglomération grenobloise où une équipe multidisciplinaire de chercheurs a participé à l'élaboration d'un modèle urbain, sollicité par les préoccupations environnementales. Il s'agissait de réaliser une étude d'impacts environnementaux en testant certaines mesures de politiques urbaines et de transport. L'émission de CO₂ et la consommation énergétique étaient les premiers indicateurs des sorties du modèle. Ce travail a été un réel incubateur qui a relancé la diffusion de TRANUS en France, à travers une série de séminaires et de reportages médiatiques. Ces communications auxquelles l'auteur a participé en partie ont considérablement orienté le choix final en direction de ce logiciel dans le cadre de notre thèse, d'autant plus qu'un lien scientifique a été tissé avec le concepteur de TRANUS.

Aujourd'hui, le modèle de Grenoble est reconstruit à une échelle plus fine. L'usage de deux outils LUTI pour une aide à la décision est motivé par un projet de recherche appliqué, dans le cadre d'une coopération entre les chercheurs de plusieurs disciplines et l'agence d'urbanisme représentant les décideurs publics. Inscrit dans un projet ANR, il a fédéré les savoir faire nécessaires pour une connaissance du terrain en vue d'orienter, les stratégies territoriales, avec une utilisation ciblée du modèle. Ce projet est aussi accompagné de recherche et développement dans la formulation mathématique et l'écriture du codage afin de rendre TRANUS de plus en plus « user-friendly ». Dans le cercle de recherche LUTI, en France, la communication de cette application

considérée comme une réussite a, sans doute, motivé d'autres applications, ce qui a été le cas pour la région Nord Pas-de-Calais, et ensuite pour notre application métropolitaine, à Lille.

Il existe beaucoup d'autres raisons pour lesquelles TRANUS a été retenu comme notre premier choix dont les principales sont : la dynamique d'un forum d'échanges en ligne, l'accès gratuit au logiciel, l'établissement d'un contact direct avec le concepteur du logiciel et, la participation au développement de ce dernier, un savoir-faire existant au sein du laboratoire de recherche. Tous ceci a poussé à une décision en faveur de la méthode retenue, malgré la haute exigence requise pour la modélisation. En effet, la flexibilité en termes de structure du logiciel implique une souplesse lors de l'utilisation, et en même temps, une profonde compréhension du territoire et du sujet. Or, un modèle n'est pas neutre et correspond, comme nous l'avons indiqué, à une simplification de la réalité aux yeux de son concepteur et de son promoteur. L'usage du modèle nécessite une quantité volumineuse de données et de savoirs pour toutes les applications de ce dernier. C'est son grand nombre d'applications qui nous a incité à utiliser TRANUS sur notre territoire d'étude, tout en recourant à quelques collaborations.

3.2 L'APPLICATION SUR L'ARRONDISSEMENT DE LILLE

L'application de TRANUS sur l'Arrondissement de Lille est issue des réflexions sur les formes spatiales futures et les modes de déplacements dans le cadre d'un développement durable. Il s'intéresse à la dimension linéaire de la morphologie urbaine en lien avec les transports publics appliquée à une métropole réelle, sur un aménagement envisagé dans le temps long qui concerne tant les politiques urbaines que celles de transport. Ce modèle est construit en intégrant l'usage du sol, le système de transport pour la Métropole Européenne de Lille et les communautés de communes du périmètre du SCOT. Il prévoit la localisation des différents secteurs d'activités et simule les flux de déplacements des personnes associés. Il est utilisé pour explorer trois différents scénarios pour le développement de Lille et son alentour à l'horizon 2040.

Le logiciel retenu – TRANUS – permet au modèle de l'Arrondissement de Lille de prendre en compte l'ensemble de la population, leurs activités, le marché immobilier et foncier, les services de transports publics et le réseau routier. Il est nourri à partir d'une série de bases de données. Le modèle simule ainsi en détail l'évolution de chacune de 519 zones qui divisent le périmètre d'étude et l'évolution de chaque tronçon dans le système de transport. Les résultats sont représentés sous forme de cartographies à l'aide de QGis, alimenté par d'autres SIG.

TRANUS possède une base solide appuyée sur la microéconomie, sur la théorie de l'utilité aléatoire et la formulation des input-output dans le sous-module « usage du sol ». Il est l'un des rares logiciels incorporant des calculs énergétiques. Dans l'opération, le logiciel commence par l'existant et par la distribution spatiale de l'industrie exogène – celle qui exporte en dehors du terrain d'étude. Un incré-

ment d'emplois industriels de base va emmener un incrément dans le service industriel, estimé par le modèle. Les demandes de sols sont créées pour l'usage industriel, commercial, et résidentiel. Le logiciel modélise le marché immobilier, prenant en compte l'offre des sols disponibles et ses accessibilités relatives *via* le système de transport, et prévoit où les activités se localisent. Les localisations des activités dans le sous-module « usage du sol » met en scène la modélisation des flux de trafics.

Dépendant des localisations de résidents, des emplois industriels et tertiaires, le sous-module « transport » estime le nombre de trajets pour différents motifs. Il attribue ces trajets aux différents modes de transport – automobile, bus, train, vélo, marche – en fonction des coûts relatifs et des temps passés. Le trafic résultant est attribué dans le réseau de transports collectifs et routier en fonction des distances à travers le réseau et de la capacité des arcs. Toutes congestions peuvent influencer le temps de trajets et causer leur redistribution. Comme le modèle procède par itérations pour des moments successifs dans le temps, l'interaction d'usage du sol et des transports dans la première période de temps détermine la nouvelle configuration d'usage du sol dans la deuxième période, et ainsi de suite. Des changements dans le réseau de transport, par exemple une nouvelle desserte de bus, un service au P+R, ou des restrictions des passages routiers peuvent être introduits en tant que changements des attributs des arcs. La consommation énergétique par les transports est calculée pour différents types de véhicules en fonction de la vitesse moyenne sur chaque arc du réseau.

3.2.1 STRUCTURE DU MODÈLE DE L'ARRONDISSEMENT DE LILLE

La conception d'un modèle dépend fortement de sa structure et les hypothèses de modélisation. Dans cette partie, la structure du modèle de l'arrondissement de Lille est décrite, ainsi que comment l'auteur définit les éléments majeurs pour représenter le terrain d'étude, et comment ces éléments sont reliés entre eux.

Pour le sous-module « Activités », la définition des secteurs d'activités est soulignée, avec les relations entre secteurs. Quelques détails sont donnés sur l'usage de sol et le marché immobilier. Pour le sous-module « Transports », les composants sont listés comprenant les catégories-demandeurs de transports, les modes, les types d'arcs, les lignes de transports collectifs, etc. Pour les deux sous-modules comme pour l'interface entre ces deux sous-modules, la façon dont la conception est traduite dans le modèle est décrite, à savoir, les hypothèses de la modélisation.

Comme nous l'avons précisé dans la partie III-1, l'outil que nous avons choisi – TRANUS – peut être appliqué à différentes échelles, variant d'une zone locale à un pays entier. Dans notre cas, il a été appliqué à une agglomération française relativement grande. Le terrain modélisé est assez complexe, comprenant les secteurs d'activités basiques, les usages des sols différenciés, et différentes catégories de ménages. Le système de transport est aussi assez complexe, comprenant les voies réservées aux transports collectifs, parkings-relais, tarifs intégré, transit sans routes prédéfinies, etc.

Ensuite, un parcours de l'ensemble du modèle est présenté. D'abord, la définition générale, suivie par le sous-module « Activités », puis l'interface entre deux sous-modules, et enfin le sous-module « Transport ».

3.2.2 DÉFINITION GÉNÉRALE

3.2.2.1 Le projet

La conception du modèle concerne non seulement l'année de référence, mais s'étend aussi sur un horizon plus lointain. La structure de l'année de référence définit l'armature principale du projet sur laquelle l'arbre des scénarios se développe. Les réseaux de transport et les secteurs définis dans l'année de référence ne sont plus modifiables pour les années consécutives. Il est donc primordial de prévoir toutes les offres et toutes les formes de développement dans l'année de référence.

La modèle porte un nom composé d'un code de trois lettres, dans notre cas, « LMA » ensuite changé en « MEL » (Le projet a été conçu en 2012 lorsque notre territoire était appelé Lille Metropolitan Area ; aujourd'hui il prend le nom du Métropole Européenne de Lille). Ensuite, l'ensemble du projet est associé à un système de coordonnées et d'unités de calcul. Ce

(UTM) a été spécifié, avec l'unité d'un mètre, référant à la façon dont les coordonnées des nœuds dans le réseau de transport sont codées. Il peut être noté que le *Link length multiplier* est une valeur utilisée pour calculer la longueur d'un arc dans le réseau de transport basé sur les coordonnées (supposant la distance à vol d'oiseau). Vu que la longueur des arcs est importée en kilomètre et que les coordonnées sont en mètres, le facteur de conversion *conversion factor* est par défaut 0.001. Notons qu'il existe un bouton appelé « Recalculate link lengths ». Une fois cliqué, toutes les longueurs des arcs sont recalculées. Les deux autres onglets « Transport » et « Land Use » sont décrits dans la suite, ainsi que l'arbre de scénarios avec plus de détails dans une autre partie de la thèse.

Ce sont les premiers éléments, à déterminer dans une application qui servent à la base de travail et de référents pour toute communication. Pour le guide d'usage du système avec l'exemple de l'arrondissement de Lille, un lien

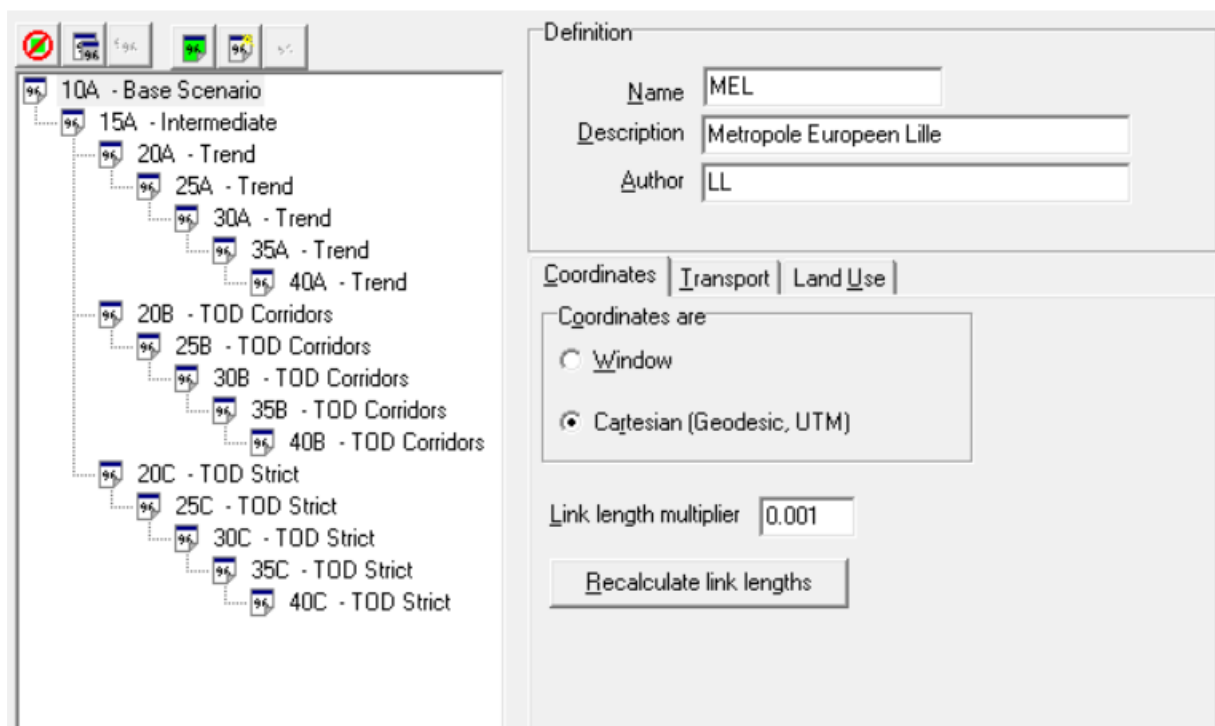


Figure 3-2 L'interface permettant la définition générale du projet d'application, imprime-écran de notre modèle.

sont les premières choses à préciser dans le système TRANUS. Le système de coordonnées

dirigé vers le manuel est joint en annexe de la thèse.

3.2.2.2 Définition du sous-module « Activités »

3.2.2.2.1 Le terrain d'étude et le zonage

Le premier élément qui a été décidé pour le modèle est le périmètre d'étude et son zonage. Le périmètre d'étude couvre l'ensemble de la métropole Européenne de Lille, et les communes aux alentours. Il s'agit du périmètre actuel du SCOT.

composé d'un centre ancien, correspondant à la ville de Lille et de deux autres pôles urbains denses, au nord-est, respectivement Roubaix et Tourcoing. Certaines communes de grande superficie (comme la ville nouvelle de Villeneuve-d'Ascq par exemple) sont divisées en IRIS également, tandis que les périphéries sont généralement des communes de faible population. Chaque zone, IRIS ou commune, dispose d'un code dans l'application. Pour la lisibilité de la carte, les zones de petite superficie

Le terrain d'étude et la numérotation de zones dans l'application MEL

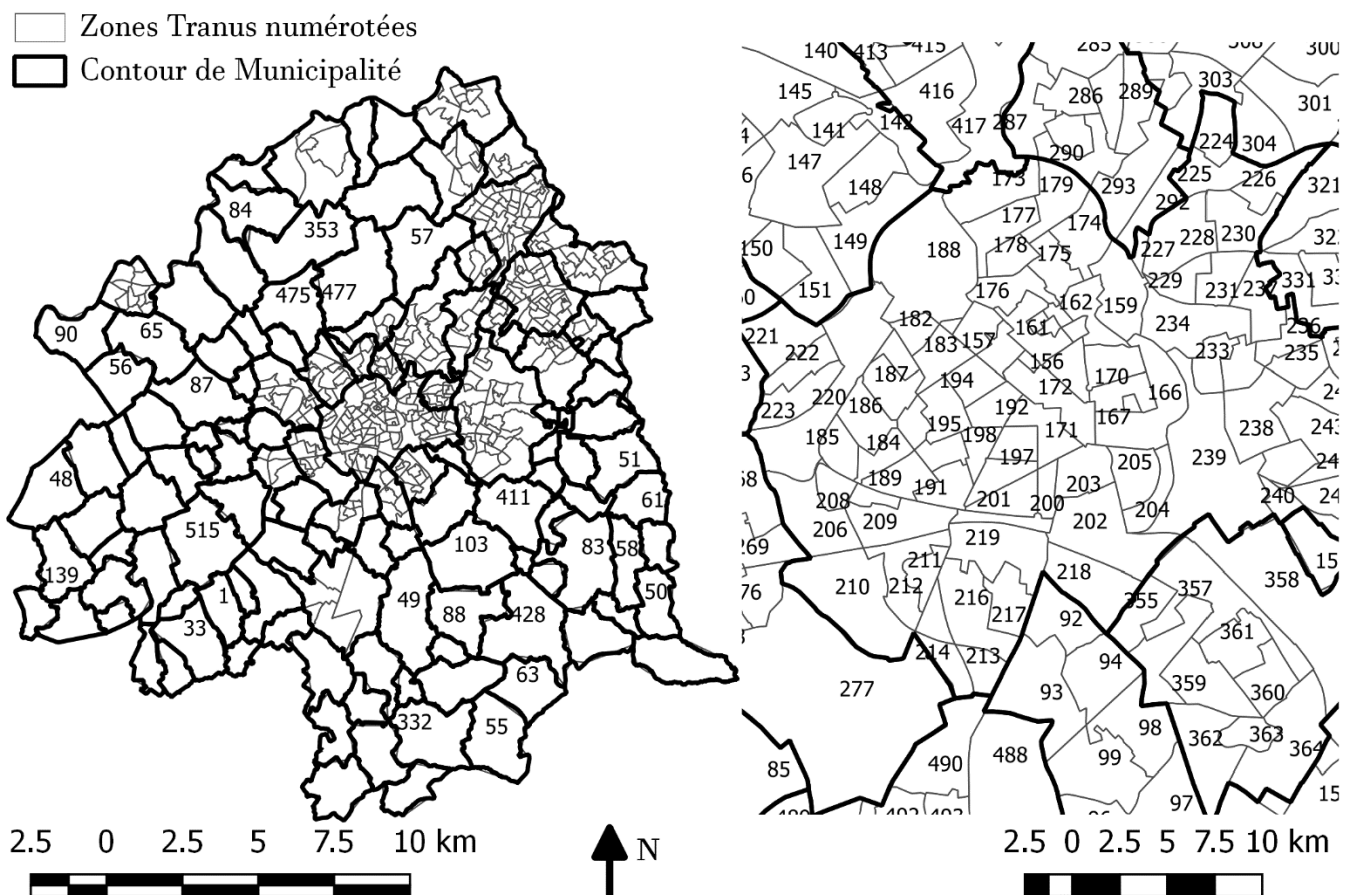


Figure 3-3 Définition du terrain d'étude et du zonage en fonction du périmètre IRIS de l'INSEE (réalisation : auteur).

Dans cette application, nous avons adopté un zonage IRIS (INSEE Actualités Magazine, 2011) pour les communes qui ont une division infra-communale, et un zonage communal pour les autres moins peuplées. Le terrain et son zonage sont représentés ci-dessous, avec le codage des zones dans TRANUS. Il est facile de constater que l'arrondissement de Lille est

ne sont pas numérotées.

Quelques zones extérieures sont également introduites pour représenter le flux d'échanges. Dans TRANUS, les zones ne dépendent pas des scénarios. Le nombre de zones doit être identique pour tous les scénarios.

rios. Une modification des zones dans un scénario engendre le changement dans tous les autres.

La Figure 3-4 révèle une représentation du terrain modélisé et de ses réseaux. Les zones intérieures au terrain d'étude sont affectées d'un

noeuds gris. A chaque zone est associé un ensemble de données du marché immobilier et foncier et des données socio-économiques.

3.2.2.2.2 Les activités

Les activités socio-économiques de l'arrondis-

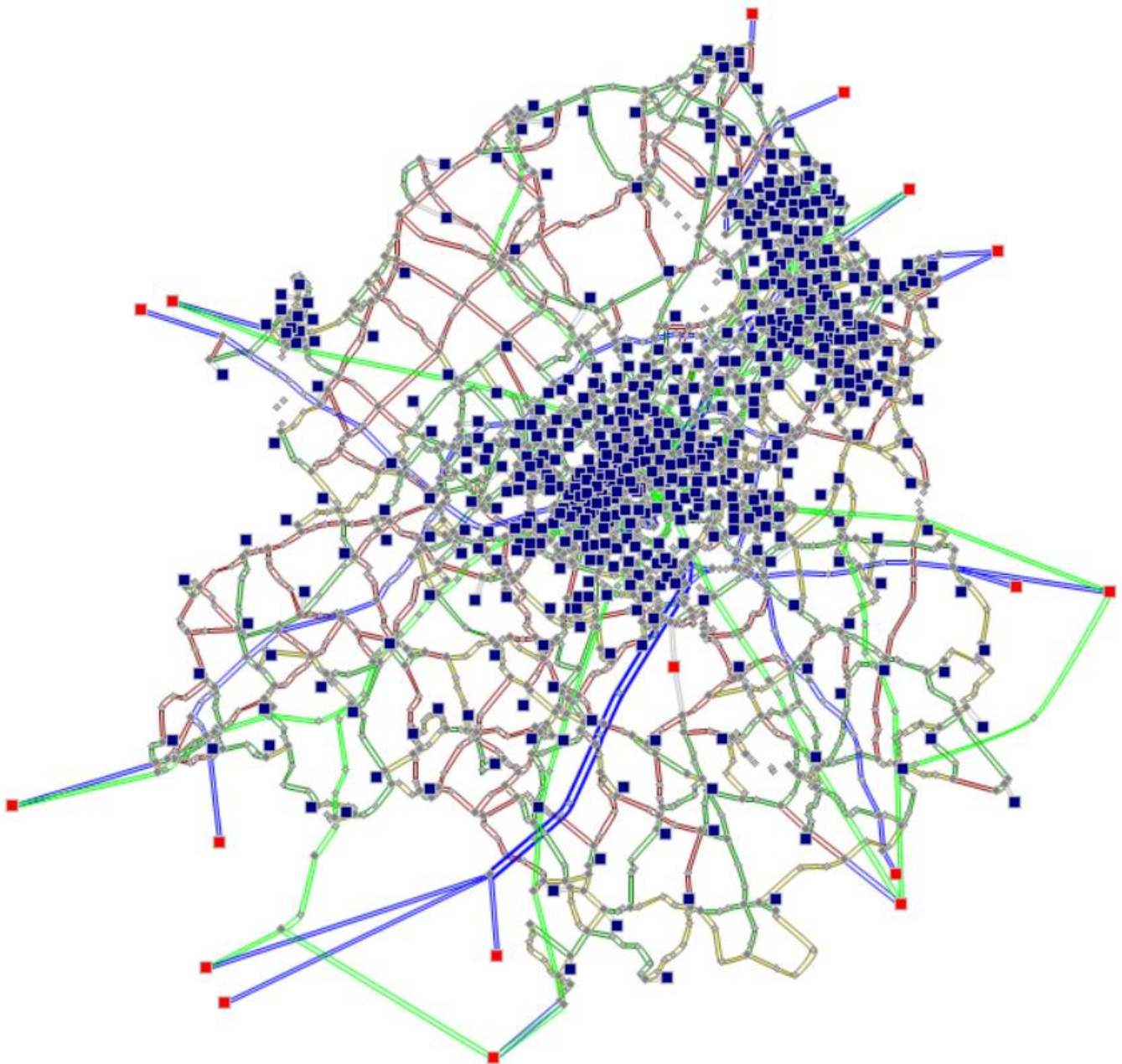


Figure 3-4 Représentation des zones et des réseaux dans l'interface du système TRANUS, imprime-écran de l'application

carré bleu, tandis que les zones extérieures sont affectées d'un carré rouge. Les zones se distinguent ainsi des noeuds, et sont symbolisées par leur centroïde, tandis que les noeuds de transport sont représentés par de petits

sement sont divisées en deux catégories : emploi et habitat. L'emploi est lui-même divisé en emplois exogènes et emplois induits.

Les activités exogènes dépendent des demandes privées qui ne se rapportent pas directement aux autres secteurs. Les activités induites sont générées entièrement par les autres activités à l'intérieur du terrain d'étude.

Tous les secteurs peuvent avoir à la fois une production exogène et induite. L'habitat est aussi divisé en trois catégories en fonction du revenu des ménages. Dans l'ensemble, les secteurs suivants ont été définis :

Code dans le système TRANUS	Nom du secteur	Caractère	Nom dans le système TRANUS
1	Commerce et Service privé	Induit par les ménages	ERetail
2	Industrie	Exogène	EIndus
3	Secteur public	Exogène	Public
11	Ménage de Hauts Revenus	Induit par les emplois	RHHHigh
12	Ménage de Moyens Revenus	Induit par les emplois	RHHMed
13	Ménage de Bas Revenus	Induit par les emplois	RHLow

Tableau 3-1 Définition et codage des secteurs dans l'application MEL et leurs caractéristiques

Le diagramme ci-dessous montre les relations entre les secteurs d'activités et les types de sols. Ce diagramme indique où les substitutions sont définies, représentées par le modèle du choix *logit*. Dans certaines autres applications où les types de bâtiments sont aussi spécifiés, les modélisateurs peuvent relier un ou plusieurs types de bâtiments à un ou plusieurs secteurs d'activités, et à un ou plusieurs types de sols. Dans notre application, nous ne disposons pas de données sur le type de bâtiment, donc seules les relations entre les secteurs d'activités et types de sols sont distinguées.

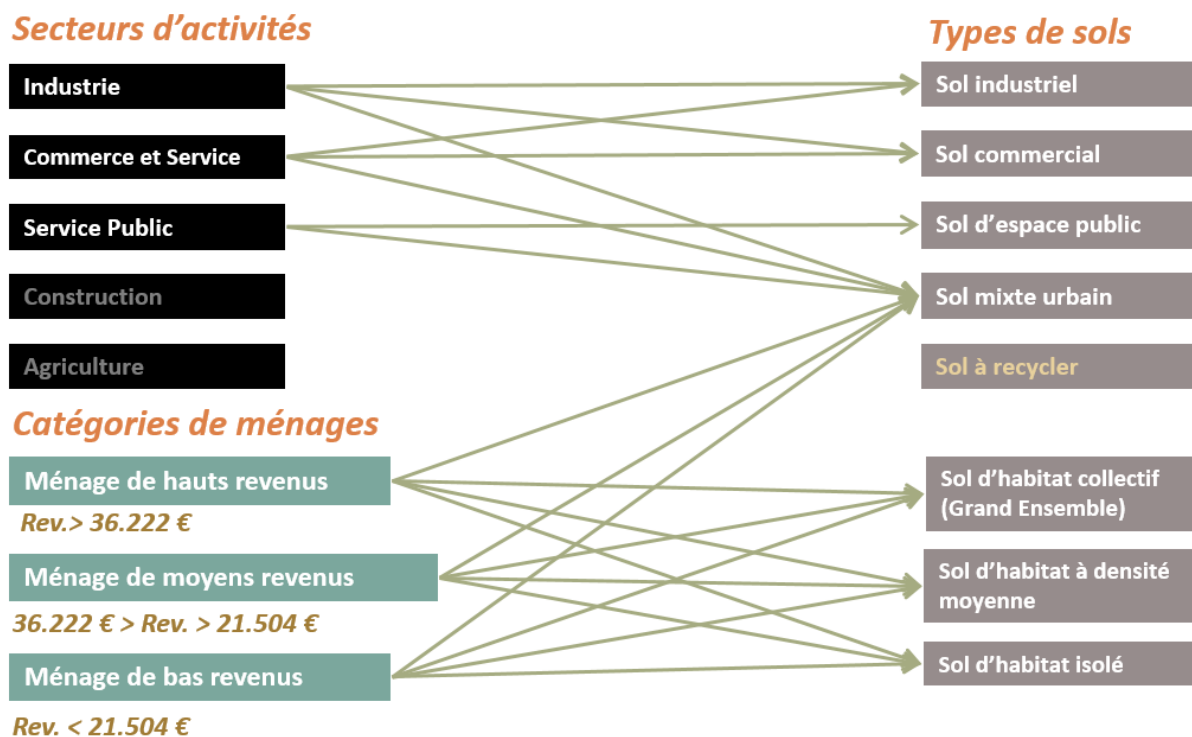


Figure 3-5 Relation de production-consommation entre les secteurs d'activités, les types de sols, et les catégories de ménage. A gauche de la figure, sont listés les secteurs de consommateur ; et à droite, les secteurs de producteur. Demand-consumption relationships between activity sectors and land sectors in the activity-location sub-model

Les secteurs d'activités et l'habitat se concurrencent pour les usages du sol à moyenne densité, le sol collectif et le sol à usage mixte. Il est important de permettre cette concurrence, puisque le modèle est capable de représenter la conversion entre un usage résidentiel à un usage professionnel, et inversement.

3.2.2.2.3 Définition des secteurs dans le projet

Dans le sous-module « Activités », les secteurs exogènes et induits sont définis. Les activités exogènes ne sont pas influencées par d'autres secteurs (elles ne consomment pas les ressources d'autres secteurs), le modèle ne génère donc pas de flux. Les flux représentent les relations fonctionnelles entre le secteur producteur et le consommateur. Dans le cas d'un modèle input-output pur, les flux représentent les transactions monétaires. Dans le cas d'une application urbaine, les flux représentent la somme de production (emplois ou ménages) d'un secteur généré par un autre. Par exemple,

un emploi dans un secteur exogène 'consomme', au sens du modèle, un certain nombre de ménages d'une certaine catégorie. Cela signifie que cet emploi est occupé par ce ou ces ménages. Le résultat est une relation fonctionnelle ou flux. Les sols sont par nature immobiliers ou non-transportables. Traduit en termes d'input-output, cela veut dire qu'ils doivent être consommés dans la zone où ils ont été produits.

Quelle que soit la caractéristique d'un secteur, sa définition se réalise par l'importation de données statistiques, suivie de paramétrages sectoriels et intersectoriels.

Un secteur peut être exogène, induit et transportable, ou induit mais non-transportable. Ce caractère détermine le paramètre d'élasticité de chacun des secteurs. Un secteur exogène a une élasticité nulle, parce qu'aucun autre secteur ne le consomme directement (Industrie), et rien n'est généré à partir de ce dernier, donc il n'y a pas de flux d'échanges. Dans le cas d'un

secteur induit, mais non-transportable (les sols), l'élasticité est également nulle, parce que même induit, il reste non-transportable. Ce type de secteur ne génère donc pas de flux non plus. Par contre, un secteur induit-transportable a une élasticité supérieure à 0, et inférieure à 1.

A part les paramètres généraux des secteurs, c'est-à-dire l'élasticité, les demandes minimums et maximums, les substitutions, la dispersion, les pondérations et les préférences, etc. il faut importer une série de données détaillées de chaque secteur dans chacune des zones comprises à l'intérieur du terrain d'étude. La figure ci-dessus montre les données socio-économiques concernant les activités, les données foncières et immobilières concernant les types de sols, ainsi que leurs sources d'origines avant nos prétraitements statistiques.

3.2.2.3 L'interface « Activité » et « Transport »

Référent aux définitions données aux secteurs, nous pouvons déduire que ces secteurs sont consommés par d'autres, et ainsi, génèrent des flux. Ces flux sont des données de sortie du sous-module « Activité » sous forme de matrices Origine-Destination. Les matrices sont ensuite utilisées par le sous-module « Transport » pour générer les trajets de différents types ou de différentes catégories. En principe, chaque type de flux correspond à une catégorie de transport. Par exemple, les ménages sont "consommés" par tous les secteurs d'emplois. Donc, la matrice d'une catégorie de ménages aux secteurs d'emplois produits par le sous module « Activité » va être transformée dans le sous-module « transport », générant les flux domicile-travail qui correspondent à cette catégorie de ménages.

TRANUS autorise la formation des catégories-demandeurs de transport à partir des flux socio-économiques selon des modalités variées.

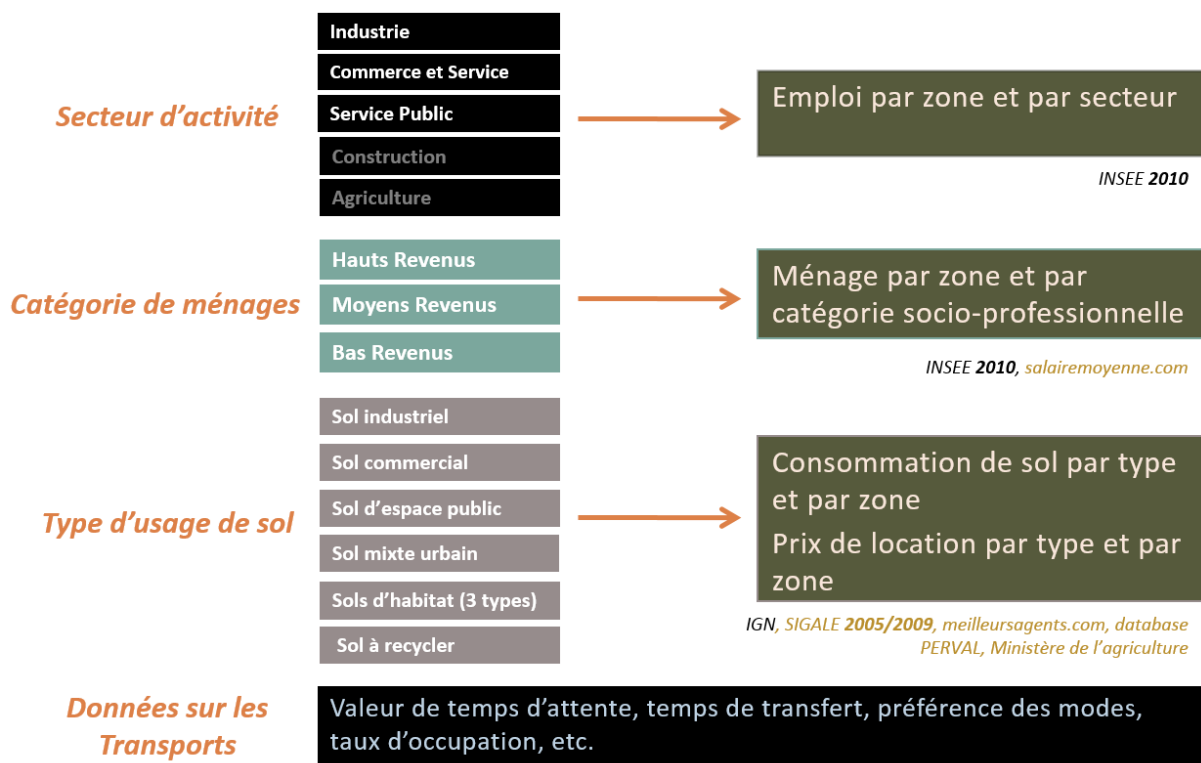


Figure 3-6 Les secteurs (au sens de la modélisation) et les données d'entrée

Plusieurs types de flux socio-économiques peuvent être regroupés pour former une seule catégorie-demandeur de transport dans des proportions différentes, ou alors, un secteur d'activités générateur de flux peut générer

plusieurs types de flux, appartenant aux différentes catégories-demandeurs de transport. Dans l'application de l'Arrondissement de Lille, nous avons établi les relations suivantes entre les secteurs d'activités générateurs de flux et les catégories de transports :

Secteur d'activité générateur des flux	Catégorie-demandeur de transport
Ménage Haut Revenu	Domicile-Travail Haut Revenu
Ménage Moyen Revenu	Domicile-Travail Moyen Revenu
Ménage Bas Revenu	Domicile-Travail Bas Revenu
Commerce et Service privé	Domicile-Service
Industrie	Domicile-Service
Secteur public	Domicile-Service

Tableau 3-2 Définition des secteurs générateurs des flux et les catégories-demandeurs de transport correspondants

Chaque catégorie de ménages donne lieu à une catégorie-demandeur de transport équivalente pour le trajet domicile-travail, avec le but d'avoir une désagrégation de la demande de transport selon différents groupes économiques. Mais les commerces, les flux pour les services publics et privés issus de toutes catégories de ménages sont agrégés dans une seule catégorie-demandeur de transport appelée domicile-service. N'étant pas listé dans la table, une dernière catégorie-demandeur de transport vise à inclure tous les flux venant des zones extérieures du territoire d'étude ; elle est dénommée "flux exogènes".

A part la formation des catégories-demandeurs de transport à partir des flux socio-économiques, d'autres transformations sont réalisées via l'interface « Activité-transport ». Une transformation majeure est celle des unités de temps. Dans le sous-module « activité-localisation », l'unité de temps est basée sur un mois (loyer mensuel par exemple). Dans le cas

du sous-module de transport, la dimension du temps est celle d'une journée. La relation entre les deux unités de temps est contrôlée par un

facteur temps, parmi beaucoup d'autres paramètres intersectoriels.

Pour chaque relation dans l'interface « activité-transport », d'autres paramètres intersectoriels nécessitant une spécification sont listés ici :

non générés par le système économique interne de l'arrondissement.

Flux à la production/consommation : Dans le sous-module activité-localisation, seuls les flux unidirectionnels sont générés. Dans le cas d'une application d'une journée entière, il est admis que les voyageurs partent et retournent au domicile pour générer les matrices symé-

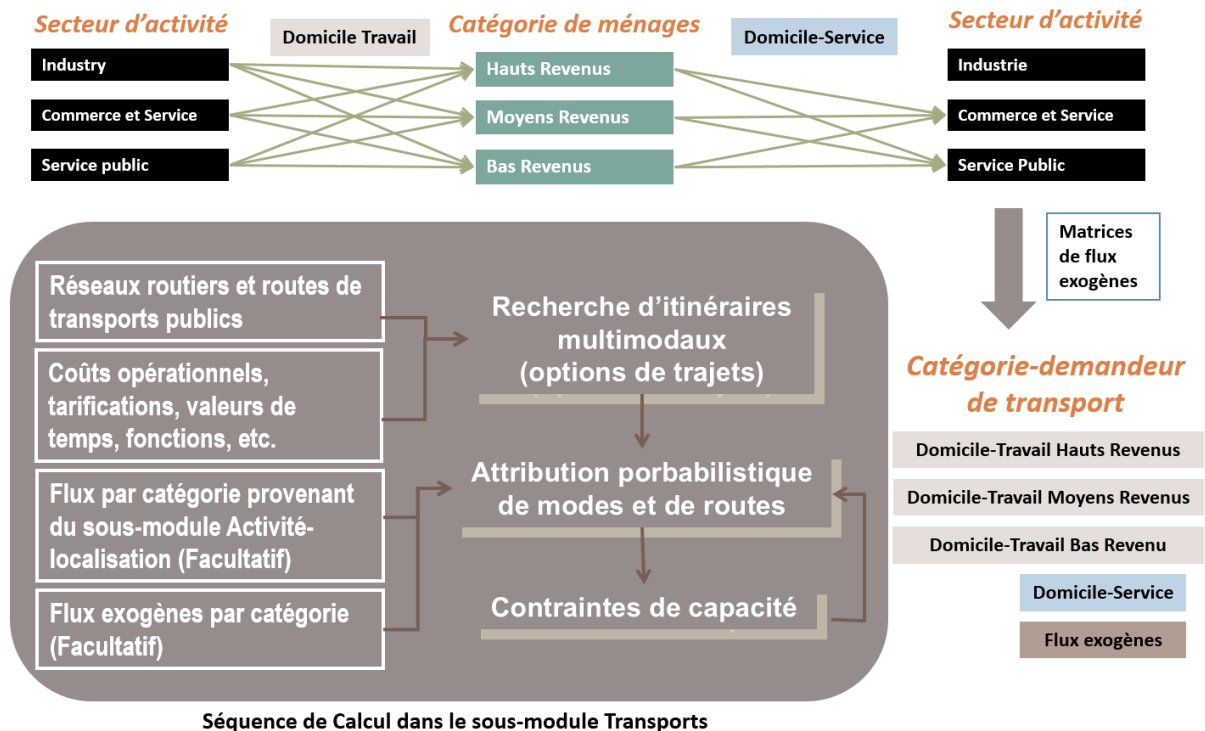


Figure 3-7 Les interrelations entre les secteurs dans le sous-module d'activité-localisation et la génération de flux dans le sous-module de transport en passant par la transformation vers les catégories-demandeurs de transport

Type de flux de transport : il peut y avoir deux types de flux : *normal* et *commuter*. Dans notre application, tous les flux sont de type *commuter*.

Facteur temps : Celui-ci définit la relation entre les unités de temps utilisées dans les deux sous-modules « Activité-localisation » et « transport ».

Facteur volume : Celui-ci est souvent utilisé pour les productions donnant lieu aux frets. Dans notre application, nous ne considérons que la mobilité humaine. Les flux logistiques sont considérés comme flux exogènes, mais

triques. Le facteur 1 est utilisé pour représenter les voyages à la production ou à la consommation. Pour l'arrondissement de Lille, nous modélisons seulement les heures de pointe du matin, donc un seul trajet est considéré pour éviter le retour.

En définissant les secteurs économiques et les catégories-demandeurs de transport, ainsi que leurs relations intersectorielles, le logiciel peut générer les matrices correctement.

3.2.2.4 Définition du sous-module « transport »

La définition du sous-module « transport » concerne deux éléments majeurs : les catégories de demandes et les catégories d'offres. L'offre, à son tour, est divisée en deux : physique et opérationnelle. L'offre physique comprend les routes existantes, des infrastructures

« transports ». Dans cette partie, nous développerons principalement les offres de transport et leurs paramétrages.

3.2.2.4.1 L'offre physique d'infrastructure

L'offre physique du système de transport est représentée sous forme de réseau, composé des nœuds et des arcs. Celle-ci est la base de

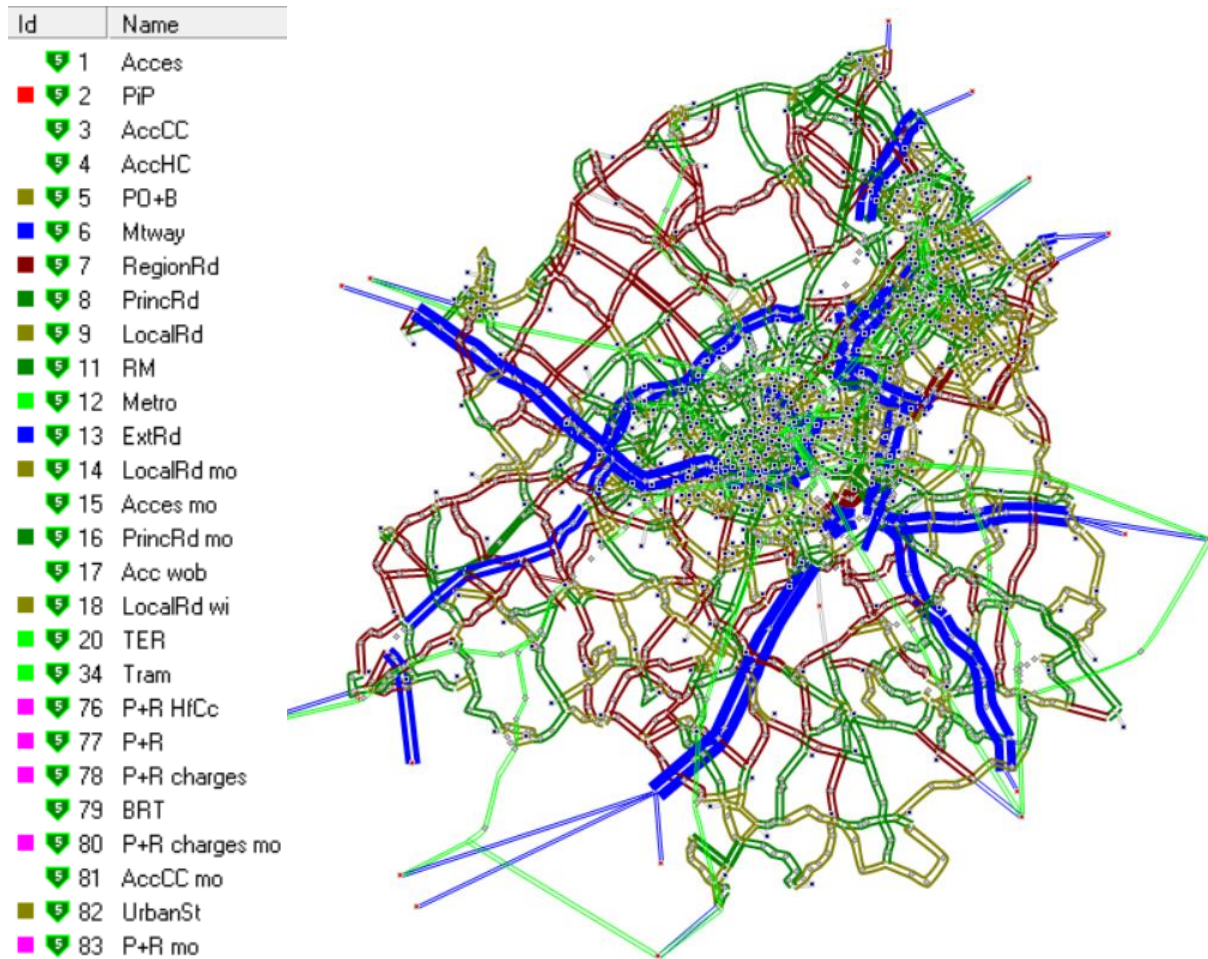


Figure 3-8 Différents types d'arc représentés selon différentes couleurs et épaisseurs selon la nature et la capacité d'infrastructure, imprime-écran de l'interface de l'application MEL

de trains, de métro, de tramway, des stations, etc. L'offre opérationnelle consiste à définir les caractéristiques des services de transports spécifiques (par exemple, fréquences, capacités, vitesses, coûts et tarifs, etc.). Pour la facilité de modélisation, les automobilistes et les piétons sont également considérés comme opérateurs offrant les services de déplacements individuels. Nous avons déjà défini les catégories-demandeur de transport dans le paragraphe de l'interface « activité-localisation » et

l'offre opérationnelle pour tous types de services de transports. Les carrés bleus ou rouges, représentant les zones, sont les centroïde où les trajets prennent l'origine ou la destination. Les nœuds représentant les simples angles de rues et les carrefours sont de couleurs grise.

Chaque arc dans le réseau est associé à un nombre de caractères, comme la distance, la capacité, la vitesse de libre circulation à laquelle l'opérateur voyage, le coût opérationnel

relatif à la distance, le péage ou autres charges, etc. Ces arcs peuvent être codés de la même manière pour un même type d'arcs (*link type*). En même temps, un même type d'arcs peut aussi avoir d'autres caractères différents (capacité, charges monétaires, etc.). Le sous-module « transport » classifie les arcs par *link type*, et reconnaît ceux qui partagent les caractéristiques communes. Sur la figure, l'ensemble des réseaux comprenant différents types d'arcs (*link type*) est représenté avec une variété de couleurs (avec la légende des couleurs à gauche). L'épaisseur représente la capacité de chacun des arcs, variant de 500 à 5000 véhicules par sens et par heure.

Pour l'arrondissement de Lille, les types d'arcs sont listés et décrits dans le tableau suivant. Cette liste inclut tous les types de rues et de routes, avec leur codage et leur nom, associés à leur hiérarchie, leur capacité, les modes de transport autorisés et la vitesse maximale de circulation, etc.

Certains types d'arcs sont définis pour accéder aux centroïde uniquement (*connector*), tandis que d'autres sont créés pour un tarif intégré des transports collectifs (*integrated walk*), ou bien pour des scénarios futurs, comme les arcs représentant les infrastructures des Bus Hauts Niveaux de Service (*BHNS* ou autrement dit, Bus Rapid Transit – *BRT*).

Code	Infrastructure/ Type de liaison	Symbol
1	Accès aux centroïdes sans frais de parking, tous les modes autorisés	Access
2	Accès aux stations de transports publics, tous les modes autorisés	PiP
3	Accès aux centroïdes avec frais de parking plein tarif, tous les modes autorisés	AccCC
4	Accès aux centroïdes avec frais de parking à tarif moyen	AccHC
5	Rues pour les modes doux seulement (piéton et cycliste)	PO+B
6	Autoroutes	Mtway
7	Routes régionales	RegionRd
8	Routes principales	PrincRd
9	Rues locales	LocalRd
11	Rampes autoroutières (Voies d'insertion ou sorties d'autoroutes)	RM

12	Infrastructures de métros	Metro
13	Routes vers les zones extérieures	ExRd
14	Rues locales pour les modes motorisés uniquement	LocalRd mo
15	Accès aux centroïdes sans frais de parking pour les modes motorisés uniquement	Acces mo
16	Routes principales pour les modes motorisés uniquement	PrincRd mo
17	Accès aux centroïdes sans frais de parking mais interdit pour les vélos	Acces wob
18	Rues locales mais interdit pour les piétons utilisant les tarifs intégrés	LocalRd wi
20	Infrastructures ferroviaires pour les trains	TER
34	Infrastructures ferroviaires pour les tramways	Tram
76	Parking-Relais à tarif réduit	P+R HfCc
77	Parking-Relais gratuit	P+R
78	Parking-Relais plein tarif	P+R charges
79	Voies réservées aux bus – pour les Bus Hauts Niveaux de Service	BRT
80	Parking-Relais à tarif plein avec interdiction de passage des cyclistes	P+R charges mo
81	Accès aux centroïdes avec frais de parking plein tarif, interdiction de passage des cyclistes	AccCC mo
82	Rues urbaines denses, extrêmement étroites	UrbanSt
83	Parking-Relais et interdiction aux modes doux	P+R mo

Tableau 3-3 Définition et Codage de différents types d'arc selon la nature d'infrastructure

Chaque type d'arcs doit être associé à un administrateur : l'autorité de transport par exemple. L'administrateur est l'entité en charge du réseau. Il paie la maintenance du réseau, et reçoit les contributions des usagers des infrastructures sous forme de péages, taxes, tarifs du parking, etc. Dans le modèle défini pour l'arrondissement de Lille, toutes les infrastructures appartiennent à la collectivité territoriale, sous le contrôle d'un seul administrateur.

3.2.2.4.2 L'offre opérationnelle

L'offre opérationnelle dans TRANUS est classée en trois niveaux hiérarchiques : mode, opérateur, et routes. Plusieurs routes peuvent appartenir à un même opérateur, et certains opérateurs peuvent former un mode de déplacement. Ainsi le mode Bus est composé de l'opérateur « Bus urbain » et de l'opérateur « Bus interurbain » ; puis, plus de cinquante routes (lignes de bus) peuvent appartenir à un même opérateur « Bus urbain », de ligne 3 à la ligne 103, par exemple. Les catégories de transport, peuvent utiliser un ou plusieurs modes de déplacements pour voyager, définis par le modélisateur.

TRANUS autorise une séparation des modes entre les transports publics ou individuels, Ceci signifie que parmi tous les choix d'itinéraires, les combinaisons des opérateurs sont permises. Par exemple, un voyageur peut marcher jusqu'à un arc où le service de bus est disponible ; puis prendre le bus jusqu'à une ligne de métro, prendre le métro jusqu'à l'arrêt le plus proche de sa zone de destination, et marcher via le connecteur jusqu'à la destination finale. Un rabattement automobile vers les transports collectifs est aussi autorisé. Par exemple, un voyageur conduit sa voiture de l'origine de son déplacement à une gare ; il se gare dans un P+R ; et puis prend le train, et enfin marche jusqu'à sa destination. Théoriquement, toutes combinaisons flexibles sont réalisables et ont été vérifiées à travers l'attribution des flux lorsque le réseau est vide sur certains axes sur le terrain d'étude.

Certaines combinaisons sont interdites spécifiquement. Par exemple, un voyageur ne peut changer de mode directement entre l'automobile et le bus. Dans ce cas, seulement un passage par un arc du type P+R lui permet de continuer le trajet. Ceci signifie qu'un rabattement voiture-TC est seulement autorisé où un service du type Parking-Relais existe.

Les règles permettant ou interdisant les combinaisons parmi les opérateurs peuvent être représentées dans une matrice d'opérateur-opérateur. Le logiciel permet également un tarif intégré pour les combinaisons spécifiques, par exemple le *P+R* et *integrated walk*.

Il est possible de préciser quel opérateur peut être combiné avec d'autres ; si oui, avec quels tarifs, illustré ci-dessous. Les *INF* signifient que la combinaison n'est pas possible, de l'opérateur 20 TER à 10 Car par exemple. Puis, les chiffres symbolisent le tarif que le voyageur paie lors de l'embarquement. Si la valeur est 0, le transfert se fait gratuitement, d'un opérateur 12 Metro à un autre opérateur de métro avec un coût nul de transfert par exemple.

Un embarquement sur un moyen de transport collectif urbain coûte 1,4€, par exemple de l'opérateur 1 Walk à l'opérateur 34 Tram. Un voyageur peut conduire depuis son lieu de départ dans un parking relais (77 P&R) sans payer ou en payant le tarif du parking. Puis, il peut prendre un train régional (20 TER) avec le tarif correspondant. Lors de la descente du TER, il ne peut reprendre sa voiture car elle est stationnée dans le parking relais de la gare TER. Par contre, il peut marcher à sa destination, ou changer de mode de transport public *via* un opérateur *integrated walk* (2 IntWalk) que nous avons créé spécifiquement pour

	 1 Walk	 2 IntWalk	 10 Car	 12 Metro	 20 TER	 34 Tram	 77 P&R	 78 UrBus	 79 SubBus	 300 Byke
 1 Walk	0	10	INF	1.4	1.5	1.4	INF	1.4	2.2	INF
 2 IntWalk	10	0	INF	0	0.5	0	INF	0	0	INF
 10 Car	INF	INF	0	INF	INF	INF	0	INF	INF	INF
 12 Metro	0	0	INF	0	INF	INF	INF	INF	INF	INF
 20 TER	0	0	INF	INF	1.5	INF	INF	INF	INF	INF
 34 Tram	0	0	INF	INF	INF	0	INF	INF	INF	INF
 77 P&R	0	INF	INF	1.4	1.5	1.5	0	1.4	2.2	INF
 78 UrBus	0	0	INF	INF	INF	INF	INF	0	0.8	INF
 79 SubBus	0	0	INF	INF	INF	INF	INF	0	0	INF
 300 Byke	INF	INF	INF	1.4	1.5	1.4	INF	1.4	2.2	0

Figure 3-9 Définition de la matrice de transfert indiquant le tarif, l'interdiction ou la gratuité de transfert entre deux opérateurs de mobilité

l'échange entre les modes alternatifs à la voiture et au vélo.

Sur la base des offres physiques, une liste d'opérateurs est introduite dans l'application. Ils sont autorisés ou interdit de circuler sur les arcs que nous avons définis dans le paragraphe précédent représentant les infrastructures. Nous pouvons identifier le type d'opérateurs avec l'icône associée, un bonhomme pour représenter un mode non-motorisé, une voiture rouge pour les opérateurs en lien avec l'automobile, et un minibus pour représenter les TC.

Pour le couplage entre les opérateurs et les types d'arcs, plusieurs spécificités sont définies. Prenons la vitesse de libre circulation comme exemple : sur un même type d'arcs, les bus peuvent circuler moins rapidement que les voitures. On peut aussi interdire un opérateur sur un type d'arc, en mettant 0 sur la vitesse. Par exemple, les voitures ne peuvent circuler sur un site propre de métro. En plus de la vitesse, nous pouvons aussi pénaliser un opérateur plutôt qu'un autre. Par exemple, si le bus est prioritaire sur une voie, nous pouvons mettre un facteur de pénalisation supérieur à 1 pour les voitures. Dans la même section, nous définissons le coût d'opération par unité de distance pour les arcs, à savoir, la maintenance des infrastructures.

C'est aussi dans cette phase que le modélisateur précise les caractéristiques des opérateurs, indépendamment des offres physiques.

Les opérateurs ont comme caractères essentiels l'occupation maximale, la fréquence des lignes de transports collectifs, le facteur temps de simulation, les temps d'attentes, les tarifs, les consommations énergétiques, les coûts d'opération, etc.

L'occupation maximale d'un bus urbain est par exemple estimée à 100, puisqu'il s'agit du nombre de passagers que le véhicule de ce type peut transporter. Il peut être constaté que chaque route de bus a sa propre fréquence ou une plage de fréquences définie. La multiplication de l'occupation par la fréquence donne la capacité maximale. Dans le cas des voitures, l'occupation maximale doit être la moyenne du taux d'occupation (1.38 pour l'arrondissement de Lille) et la demande est toujours égale à la capacité.

Le facteur temps précise le nombre d'heures d'opération. Dans le cadre de notre application, seules les heures de pointe du matin, entre 7H et 9H, sont simulées. Donc, le facteur temps est 2 pour tous les opérateurs. Un

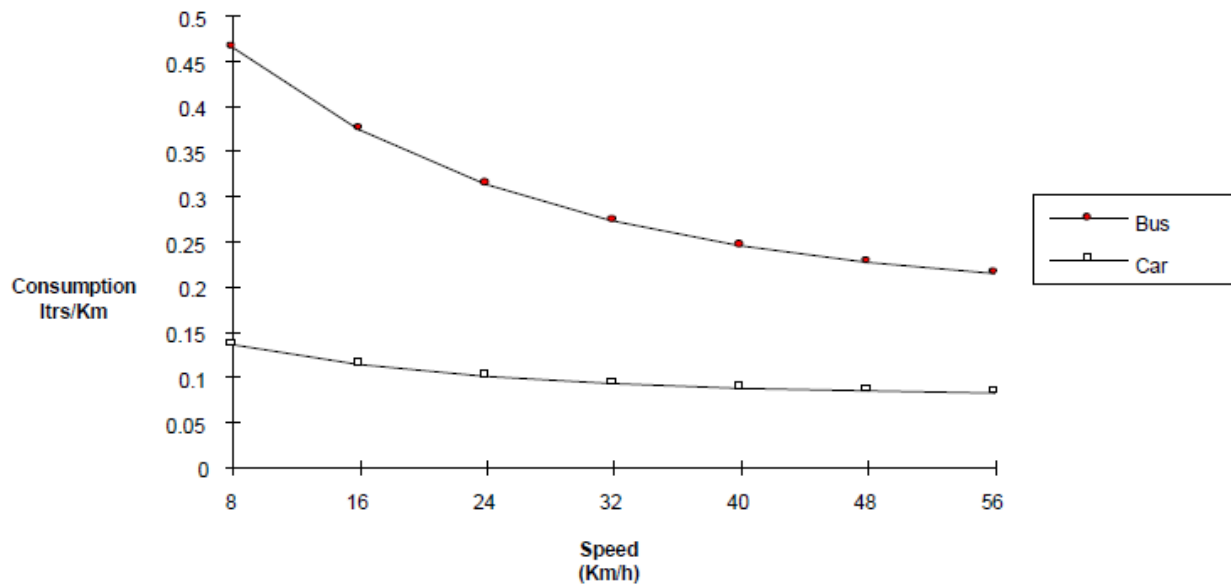


Figure 3-10 Un exemple de tendance de consommation d'essence par kilomètre en fonction de vitesse de circulation pour les bus et les voitures, source : manuel d'application de TRANUS, modelistica

temps minimum d'attente est fixé également *via* le paramètre de *fixed waiting time*, en décimal heure. 0,08 heures est équivalent à 5 minutes environ. Le temps d'attente pour un opérateur de TC est en moyenne la moitié de l'intervalle entre deux passages, si celui-ci est supérieur à la valeur minimale du temps d'attente. Par contre, les temps d'attentes reçoivent des valeurs différentes selon les catégories-demandeurs de transport. Pour une personne issue d'un ménage à hauts revenus, le temps est plus cher dans la mesure où l'unité de temps lui semble plus coûteuse que pour quelqu'un issu d'un ménage aux bas-revenus, ou pour une autre personne ayant un motif de déplacement pour un service ou du loisir. Nous avons ainsi défini les valeurs équivalentes à une unité de temps d'attente pour chacune des catégories-demandeurs de transport.

Même si le tarif d'embarquement des transports publics est équivalent pour tous les voyageurs, chaque catégorie-demandeur de transport peut percevoir un même opérateur de façon différente. Par exemple, un individu issu d'un ménage à hauts revenus a moins tendance à prendre un bus urbain que quelqu'un venant d'un ménage à bas revenus. Il est aussi possible d'exprimer ces préférences dans les

caractères à travers un facteur de pénalisation par opérateur.

Enfin, la consommation énergétique d'un opérateur poursuit une courbe exponentielle, calculée *via* quatre paramètres et une variable. La fonction mathématique est négative, car lorsque la vitesse de circulation – la seule variable – augmente, la consommation énergétique est réduite.

$$ce_0 = [ed_0^{min} + (ed_0^{max} - ed_0^{min}) \times e^{-\delta^0 v_0}] \times pe_0$$

Équation 3-1

Où :

ce_0 Le coût relatif à l'énergie par unité de distance d'un véhicule de l'opérateur 0

ed_0^{min} La consommation minimum d'énergie par unité de distance lorsqu'un véhicule de l'opérateur 0 fonctionne à la vitesse libre de circulation

ed_0^{max} La consommation maximum d'énergie par unité de distance lorsqu'un véhicule de l'opérateur 0 circule à une vitesse proche de zéro

V_0 La vitesse d'un véhicule de l'opérateur
0, après restrictions capacitaires

δ^0 Le paramètre régulant la courbure de
la fonction de consommation énergétique

pe_0 Le prix d'une unité d'énergie

Le coût d'énergie peut être calculé en différentes unités selon l'opérateur. Par exemple, celui des automobiles est calculé en litres d'essence, tandis que celui d'un transport ferroviaire est calculé en termes de kWh. Si la fonction d'énergie est inconnue, le coût correspondant peut être exprimé relativement à la distance parcourue.

3.3 SPÉCIALITÉ DE TRANUS DANS LA FAMILLE LUTI EN TERMES DE CALIBRATION

TRANUS présente donc un potentiel très intéressant. La difficulté réside surtout dans le calage des paramètres du modèle, qui ne s'effectue pas à l'aide de procédure et d'outils statistiques classiques, et peut donc comporter une part d'arbitraire (« dire d'expert »). – Certu

La calibration du modèle est non seulement consommatrice de temps, mais aussi d'une grande complexité. En plus de la complexité inhérente de la simulation de la localisation des activités et du marché immobilier, les problèmes liés aux données présentent des conséquences difficiles à éviter. Dans ces circonstances où les données sont manquantes ou erronées, une connaissance profonde du territoire et des particularités territoriales est un prérequis. Tous les outils et méthodes jugées utiles sont employés afin de corrélérer et agréger les données que nous avons recueillies préalablement.

A l'aide d'un projet sous Excel et d'un environnement SIG, nous avons réussi à réaliser la procédure de la calibration pour le sous-module de « localisation des activités », de façon transparente et compréhensible. La boîte noire des outils LUTI s'ouvre ainsi en partie. Tous les utilisateurs du modèle, ayant ou non une formation en informatique, pourront accéder à cette procédure de calibration, à la condition d'être en mesure de porter un regard à la fois global et local sur le territoire en question. Quelques bases mathématiques sont tout de même nécessaires pour comprendre les relations entre les multiples paramètres et variables.

Cette nouvelle méthode de calibration du sous-modèle « localisation des activités » a été validée par un travail en réseau. Pendant la période 2015-2016, plusieurs applications de TRANUS ont employé cette même méthode,

ce qui a débouché sur une vérification de la convergence pour tous les sous-modèles « localisation des activités ». Elle permet aux utilisateurs – en plus des modélisateurs – de mieux interpréter leur territoire, faisant le lien entre les usages du sol et les façons de se déplacer. Elle peut aussi être utilisée indépendamment de la modélisation intégrée – LUTI – pour un diagnostic d'usage du sol, voire pour l'évaluation de la politique foncière et immobilière.

La procédure de la calibration du sous-modèle de « localisation des activités » de TRANUS implique un ensemble de données d'entrée décrivant le modèle économique au travers de variables exogènes. En concordance avec la structure du modèle conçu, nous avons recueilli, dans l'ordre, les données foncières et immobilières, les données sur les ménages et sur les emplois. Ces dernières sont réunies à partir de différentes sources, en fonction des années de recensement distinctes, et selon des niveaux d'agrégation et de classification variées. Les données brutes ne sont donc pas prêtes à être utilisées directement. Ainsi, un prétraitement statistique a été réalisé permettant l'homogénéisation de ces dernières avant la calibration.

Le fichier Excel proposé intègre la quasi-totalité du sous-modèle de « localisation des activités » de TRANUS. Toutes les données d'entrée peuvent être injectées et organisées sur cette interface en vue d'être visualisées dans un environnement SIG, sous forme de cartes géo-référencées. En clarifiant les relations entre les séries de données, les cellules qui correspondent aux zones anormales apparaissent par comparaison avec des zones similaires. Ainsi, les cellules contenant les données manquantes ou erronées sont estimées à partir des relations calculées.

Une fois que toutes les séries de données sont corrigées et complétées, une boucle de procédures d'optimisation est déclenchée. Dans cette boucle, tous les paramètres engagés

dans les relations entre les séries de données sont estimés itérativement jusqu'à ce que toutes les corrélations permettent de reproduire les variables-cibles. De multiples tests ont montré que les paramètres estimés issus de cette méthode génèrent les mêmes résultats lors de leur introduction dans l'environnement TRANUS, et mènent à la convergence du sous-module de « localisation des activités ». Les résultats de cette méthode de calibration simplifiée sont tout à fait satisfaisants, avec un taux de convergence supérieur à 95%. Comparé aux résultats directement issus du modèle de TRANUS, les variables cibles possèdent les mêmes signes et donnent beaucoup de sens aux modélisateurs.

Les outils LUTI sont généralement composés de trois sous-modules : un pour représenter les usages du sol, un pour les activités, et un dernier pour le réseau de transport (Torrens 2000). Les sous-modules interagissent les uns avec les autres *via* une interface, générant les interrelations (Lopes, van Wee, et Loureiro 2015). Parmi les nombreux outils de la famille LUTI, les interactions entre les sous-modules peuvent être élaborées selon des mécanismes variés.

Différent des autres modèles LUTI, les sous-modules « usage des sols » et « activités » forment un seul composant dans le système TRANUS, qui interagit ensuite avec le sous-module « transports » via une interface « activité-transport ». Ce choix provenant du concepteur du logiciel rend la structure des applications plus flexible et donne au terme « secteur » une définition plus étendue. Dans le système TRANUS, le terme « secteur » peut désigner tous les domaines possédant ou non un type de production ou de consommation. Par exemple, dans le cadre des activités économiques au sens propre, les secteurs peuvent être publics (administration, hôpital, éducation, etc.) ou privés (agriculture, industrie, tertiaire, etc.). Dans le cadre de l'usage des sols, ce terme peut désigner un type de sol ou un

type de construction, dédié à des usages divers. La seule différence entre le sens strict du terme et son sens étendu est que les précédents sont des secteurs transportables, alors que les sols ou les constructions sont non-transportables.

Même si l'usage du sol et les activités appartiennent au même sous-module, les secteurs transportables et non-transportables sont abordés de façon différente, et sont ainsi calibrés dans des phases distinctes. Les secteurs transportables génèrent des échanges commerciaux et créent des flux de biens, de monnaie, ou de personnes. Ces flux sont ensuite transmis et traduits dans le sous-module « transport » en demandes de voyages et de déplacements. Ce dernier sous-module « transport », à son tour, doit rendre ces flux possibles, en affectant des coûts de transport. En revanche, les secteurs non-transportables ne génèrent pas directement de flux.

3.4 CALIBRATION DU SOUS-MODULE ACTIVITÉ-LOCALISATION AVEC L'OPTION 'FREEZE'

Une difficulté de la calibration du sous-module « activités-localisation » réside dans l'instabilité du système d'une itération à l'autre. Les productions et leur distribution changent de localisation à chaque itération, ce qui peut générer des oscillations entre plusieurs zones, rendant la localisation des secteurs transportables très instables. Lorsque toutes les variables sont fonctions de tous les paramètres dans une série de relations complexes, il devient difficile de savoir quel paramètre est la cause de la divergence.

Il est donc proposé de « geler » les secteurs transportables *via* une option *freeze*. Les secteurs transportables restent donc figés sur place, fixant les valeurs simulées simplement égales aux données fournies et les flux entre zones ne sont pas permis. Lors de la calibration avec *freeze*, nous nous focalisons sur les consommations des secteurs non-transportables où les interactions sont entièrement intra-zonales. Seules les quantités de consommation des secteurs non-transportables (généralement les sols) restent libres parmi tous les choix possibles, donc parmi les substitutions.

Dans cette phase de calibration avec l'option *freeze*, les désutilités liées aux transports ne sont pas calculées. La calibration du sous-module de « transport » peut donc être menée de façon parallèle et séparée de celle du sous-module « activité-localisation ». Les résultats issus de ce gel sont entièrement imputables aux données liées aux sols et leurs secteurs-consommateurs, à travers des relations entre les demandes et les consommations. Or, l'ajustement de ces données et leurs relations est la phase de calibration la plus complexe. Donc, cette option *freeze* sépare la calibration d'activité-localisation en deux phases, ce qui rend le modèle plus stable. Les facteurs provoquant

l'instabilité du sous-module « activité-localisation » sont ainsi isolés, rendant les algorithmes et les relations non-transportables plus compréhensibles.

Même si l'option *freeze* laisse les problèmes de localisation des secteurs transportables en suspens, la calibration de ce sous-module « Activité-localisation » peut encore s'avérer délicate. Il existe un grand nombre de paramètres dans ce sous-module, et faute de transparence, il est tout de même difficile de juger quel paramètre provoque une divergence du modèle dans son ensemble. Afin d'aider à la compréhension de cette procédure longue et compliquée, nous allons maintenant exposer les relations majeures entre les paramètres les plus sensibles et nos variables cibles.

3.4.1 L'ALGORITHME DE BASE POUR LE SOUS-MODULE ACTIVITÉ-LOCALISATION POUR L'ANNÉE DE RÉFÉRENCE

Le sous-module « Activité-localisation » dans le système TRANUS peut être vu comme une structure d'économie discrète, basée sur une procédure spatialisée d'input-output. Un secteur de demande – le service hospitalier, qui par exemple, a besoin de terrain – fait son choix parmi tous les secteurs de productions de type « terrain » disponibles, en fonction de leur localisation et prix. Puis, il affecte les unités de consommation aux secteurs de productions au niveau zonal. Un secteur de production, à son tour, est considéré comme une option discrète, relative à une zone, et est représenté par un coût généralisé de production. Ensuite, une fonction continue est utilisée pour calculer les probabilités de chacune des options discrètes. Pour une question de clarté, nous exposerons ici les principaux algorithmes numériques concernant la chaîne de production-consommation du sous-module « Activités-localisation », pour l'année de référence.

Les secteurs émettant la demande, dans notre cas, les ménages et les activités économiques,

consommement les autres secteurs de production, à savoir les sols, *via* des fonctions de demandes élastiques. Le paramètre, l'élasticité, peut varier selon la situation. Notons qu'il peut aussi exister des cas inélastiques. La forme générale d'une fonction de demande élastique est écrite de façon suivante :

$$a_j^{mn} = \min^{mn} + (\max^{mn} - \min^{mn}) \cdot \exp(-\delta^{mn} U_j^n)$$

Équation 3-2

Où:

a_j^{mn} Quantité de la production du secteur n demandée par une unité du secteur m dans la zone j

$\min^{mn}$ Quantité minimum de n requis par une unité de production de m

$\max^{mn}$ Quantité maximum de n requis par une unité de production de m

δ^{mn} Paramètre d'élasticité de m relative au coût d'input n

U_j^n Désutilité concernant la consommation de n dans la zone j .

Prenons l'exemple des ménages aux revenus moyens : lorsqu'il s'agit de leur résidence, ce secteur de ménages « consomme » plusieurs types de sols, dédiés à l'habitat. En l'occurrence, les sols que le secteur des ménages aux revenus moyens est susceptible de demander concernent : le type de sol contenant l'habitat collectif (les grands ensembles) ; ou alors celui de densité moyenne en mitoyenneté ; le sol isolé dans les périphéries ; ou bien encore les terrains de fonctions mixtes. Chaque secteur de production – ici, un type de sol – a une relation de demande vis-à-vis du secteur de ménages choisi, composée des paramètres listés dans la formule $a_j^{mn} = \min^{mn} + (\max^{mn} - \min^{mn}) \cdot \exp(-\delta^{mn} U_j^n)$. Les relations que le secteur de ménages possède avec tous ces types de sols peuvent aussi être représentées sur une figure (cf. ci-dessous).

Lorsque le prix d'une unité de sol est peu cher, nous nous situons sur l'extrême gauche d'une courbe. Ce point concerne la quantité maximum de sol requis par une unité de ménage. Inversement, lorsque le prix d'une unité de sol est maximal, nous nous situons sur l'extrême droite d'une courbe. Ce point concerne la quantité minimum de sol requis par une unité

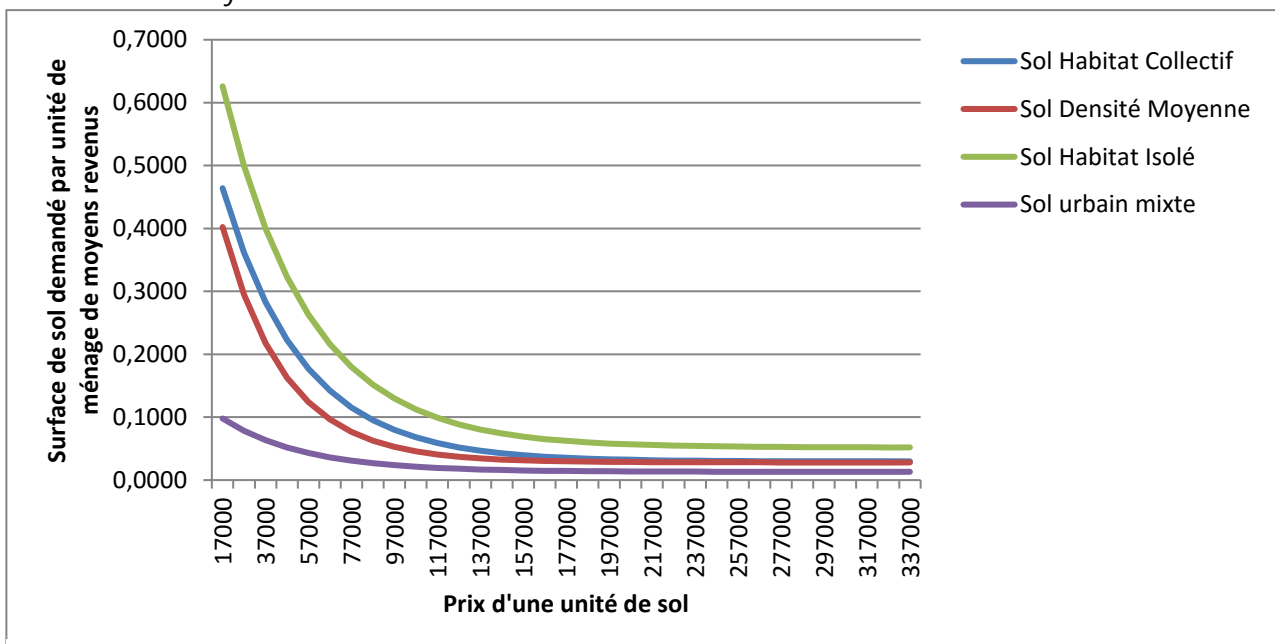


Figure 3-11 Les fonctions de demande de 4 types de sols provenant du secteur de ménages de revenus moyens à l'atteinte de la convergence

de ménage. La courbe est déterminée par le paramètre d'élasticité. Et la quantité surfacique de sol demandée par une unité de ménage se situe sur un point dépendant du prix que le ménage est prêt à payer pour un type de sol.

Une fois que la quantité de demande dans chacune des zones est estimée, elle va être transmise et distribuée aux zones de production. Mais, pour la calibration partielle du sous-module « activité-localisation », l'estimation des désutilités liées aux transports et déplacements est désactivée avec l'option *freeze*. Les sols, en tant que secteurs non-transportables, sont consommés sur place par les activités présentes dans la zone. Seuls les prix des secteurs jouent un rôle important dans la fonction d'utilité. Donc, dans le sous-module « Activité-localisation », chaque zone est représentée par une fonction d'utilité $[U_j^n]$ dans l'équation $a_j^{mn} = \min^{mn} + (\max^{mn} - \min^{mn}) \cdot \exp(-\delta^{mn} U_j^n)$, définie comme la somme du prix du secteur et un prix tampon (*shadow price*) :

$$U_j^n = p_j^n + h_j^n$$

Équation 3-3

où :

p_j^n est le prix du secteur n dans la zone de production,

h_j^n est le prix tampon du secteur n dans la zone de production j ,

Les prix tampons sont estimés par un programme spécifique pour l'année de référence (LCAL), basé sur les prix fonciers déclarés par le modélisateur. En conséquence, les prix du secteur sont préfixés comme données d'entrée, tandis que les prix tampons sont ajustés pour rendre les quantités de productions simulées proches de celles de productions observées. Ici, les quantités de productions sont les variables cibles, et les prix tampons sont les

indicateurs de la convergence ou de la divergence.

Lorsqu'il y a plusieurs types de sols présents dans une zone, comme secteurs de production, un secteur de consommation peut ainsi choisir parmi toutes les options. Les arbitrages entre types de sols relèvent d'un mécanisme appelé *substitution* dans le système TRANUS. Les substitutions sont conçues pour les secteurs non-transportables, les sols, associées à une localisation spécifique. Comme, dans le cas de l'option *freeze*, toutes les productions de sols sont affectées à la demande située dans la même zone, les substitutions disponibles dans la zone se concurrencent via leurs fonctions de la demande. Puis, la proportion appliquée à une fonction de demande pour la prise en compte des substitutions est estimée avec un modèle de logit multinomial sous la forme suivante :

$$S_j^{mn} = \frac{\exp(-\delta \tilde{U}_j^{mn})}{\sum_k \exp(-\delta \tilde{U}_j^{mk})}$$

Équation 3-4

Où K^n est l'ensemble de substitutions de secteurs de production n , m représente le secteur de consommation, et δ est le facteur de dispersion. Les éléments exponentiels sont multipliés par les attracteurs zonaux, et $\tilde{U}_j^{mn}$ est le terme d'utilité pondérée du modèle de substitution, défini selon la formule suivante :

$$\tilde{U}_j^{mn} = \frac{a_j^{mn} \tilde{c}_j^n \omega^{mn}}{\left[\min_k (a_j^{mk} \tilde{c}_j^k \omega^{mk}) \right]^{\theta^m}}$$

Équation 3-5

Le terme $a_j^{mn} \tilde{c}_j^n$ est la quantité de n que le secteur de m est prêt à consommer dans la zone i , multipliée par le coût de consommation du n dans i ; il représente la *dépense*. Cette dépense, à son tour, est multipliée par ω^{mn} qui joue le rôle du facteur de pénalisation. Le dé-

nominateur dans cette équation pondère l'utilité résultante en le divisant par l'utilité brute du choix optimal, à savoir, l'option dont la dépense pénalisée est le minimum. Finalement, le θ^m fixe le degré de pondération. Si $\theta^m=1$, la fonction d'utilité est entièrement pondérée ; si $\theta^m=0$, la fonction d'utilité n'est pas du tout pondérée ; toute valeur possible entre 0 et 1 peut être choisie par le modélisateur.

Autrement dit, le facteur de pénalisation définit la préférence d'un secteur plutôt qu'un autre, et le paramètre de pondération détermine la dispersion des choix discrets.

La quantité d'input n demandé par le secteur m dans la zone i est :

$$D_i^{mn} = X_i^m a_i^{mn} S_i^{mn}$$

Équation 3-6

Où :

X_i^m Production du secteur m dans la zone i pour la première itération ;

La demande totale d'input n dans une zone particulière i est la somme de la consommation du n par tous les secteurs m :

$$D_i^n = \sum_m D_i^{mn}$$

Équation 3-7

Où :

D_i^n Demande totale de n dans la zone i ,

À partir des calculs décrits ci-dessus, on s'attend à ce que les demandes totales soient équivalentes aux quantités de production dans chaque secteur et dans chaque zone.

Ce sont donc les objectifs de la calibration partielle du sous-module « activité-localisation ». En activant l'option *freeze*, la calibration des paramètres peut être atteinte par une approche plus pratique. Les paramètres les plus

sensibles influencent les fonctions de la demande et les fonctions de choix de types de sols peuvent ressortir *via* les courbes de la dépense et les préférences. Après maints essais, nous avons conclu que les paramètres majeurs à ajuster sont les bornes concernant les fonctions de demande, les facteurs de pénalisation, de pondération, et de dispersion des choix discrets.

3.4.2 MÉTHODE TRADITIONNELLE POUR LA CALIBRATION D'UN MODULE ACTIVITÉ-LOCALISATION : LES PARAMÈTRES LES PLUS SENSIBLES ET LES INDICATEURS DE CONVERGENCE

La calibration d'un système complexe englobant plusieurs secteurs d'emplois et des ménages de différents niveaux socio-économiques qui se concurrencent pour plusieurs types de sols, devient plus facile grâce à l'option *freeze*. Mais il existe tout de même un nombre de paramètres de grande sensibilité qui agissent ensemble sur le sous-module « activité-localisation ». Les élasticités, les demandes maximales et minimales, liées aux fonctions de demande doivent être estimées correctement, ainsi que les préférences et les paramètres de choix discrets. Il existe assez souvent des erreurs et des bruits concernant les données d'entrées à corriger également.

Les prix tampons ont pour fonction de favoriser la convergence du modèle. Les prix tampons deviennent les indicateurs majeurs pour la mesure de convergence du sous-module « activité-localisation ». Ils représentent le montant qui doit être ajouté ou soustrait du prix donné afin de mettre en adéquation les productions simulées et les productions fournies. Donc, les prix tampons peuvent être positifs ou négatifs. Il existe deux cas de figure :

Si la production simulée est supérieure à celle provenant de la donnée pour une zone particulière et pour un secteur spécifique, le prix

tampon pour ce secteur et cette zone sera positif et augmentera, réduisant la probabilité d'être choisi dans l'itération suivante.

Si la production simulée est inférieure à celle provenant de la donnée pour une zone particulière et pour un secteur spécifique, le prix tampon pour ce secteur et cette zone sera négatif et diminuera, augmentant la probabilité d'être choisi dans l'itération suivante.

On constate que ce mécanisme de prix tampons doit permettre la convergence du modèle entre entrées et sorties.

Théoriquement, si la fonction d'utilité de chaque zone est parfaitement définie, les prix tampons devraient être nuls partout et tout au long des itérations. Mais, si certains éléments qui influencent les localisations ou les substitutions n'ont pas été inclus dans la fonction d'utilité, les prix tampons peuvent aider à représenter ces éléments inhabituels. De cette façon, les prix tampons indiquent et compensent les erreurs et les bruits présents dans les données fournies.

En conséquence, la technique de prix tampons est de plus en plus utilisée durant la procédure de la calibration, qui mène à une situation où les valeurs simulées correspondent aux valeurs données avec haute précision. Cela démontre que les prix tampons peuvent signaler les erreurs possibles dans l'estimation des fonctions de demande élastique.

Toutefois, la calibration est toujours basée sur un processus d'essais-erreurs, jusqu'à ce que les valeurs des variables cibles soient satisfaisantes. Les paramètres sont seulement devinés

et ajustés après la génération des prix tampons par le modèle après un **Run**. Un modélisateur n'est pas en état d'observer les impacts directs du changement d'un seul paramètre, ce qui rend la calibration manuelle opaque et difficile. C'est la raison pour laquelle on propose une procédure plus systématique afin de faciliter et fiabiliser la calibration.

Les paramètres les plus sensibles nécessitant un ajustement majeur sont :

- La demande minimum
- La demande maximum
- L'élasticité
- Le facteur de pénalité (entre substitutions)
- Le paramètre de pondération (entre substitutions)
- La dispersion (facteur aléatoire pour le choix non-déterministe entre les substitutions)³²

3.4.3 DONNÉES D'ENTRÉE POUR LE SOUS-MODULE ACTIVITÉ-LOCALISATION

Pour la construction et la calibration du sous-module « activité-localisation », une série de données sont recueillies, incluant les données socioéconomiques, immobilières et d'usages des sols. Les données socioéconomiques informent sur les nombres d'emplois et de ménages dans chaque zone au sein du territoire étudié ; les données immobilières renseignent les surfaces et prix des sols dans différents

³² C'est un facteur qui donne aux choix discrets un intervalle d'opportunités. C'est-à-dire les choix ont une certaine variabilité ou une étendue de chances d'être sélectionnés. C'est un facteur aléatoire permettant aux gens de ne pas forcément choisir la

meilleure option. Plus précisément, les personnes ne font pas forcément leur choix de manière la plus logique selon les paramètres fixés par le modélisateur. Le facteur de dispersion permet donc de limiter ces aléas.

quartiers ; les données d'usage des sols ébauchent l'organisation des habitats et des activités, et dessinent la distribution des aménités et des services. Le modélisateur a une entière liberté pour concevoir et organiser les « secteurs » et leurs relations selon ses intentions.

Dans notre application, nous avons choisi une façon classique de définir les secteurs et leurs relations de demande-consommation. Les secteurs sur le côté gauche du graphe sont ceux des consommateurs, qui créent la demande auprès des secteurs de production, situés sur le côté droit, généralement les types de sols.

3.4.4 UN MODÈLE SIMPLIFIÉ : STRUCTURE DE LA FEUILLE DE CALCUL AVANT L'USAGE DE LA FONCTION 'SOLVER' SOUS L'ENVIRONNEMENT EXCEL

Pour établir une première estimation des paramètres essentiels du modèle, de manière à faciliter le processus de convergence, une des méthodes possibles consiste en l'établissement d'un modèle simplifié mis en œuvre dans un tableur.

Toutes les données sont intégrées dans une feuille de travail dans l'environnement Excel. Cette seule feuille est composée de différentes sections. La division en sections s'est faite en fonction d'un propos ou d'une étape d'algo-

de minimiser les valeurs absolues des prix tampons en les considérant comme des cellules objectives, la fonction *solver* est utilisée. L'usage de *solver* est possible si et seulement si les conditions limites, les cellules variantes, et les cellules objectifs se situent sur la même feuille. En vue de suivre la trace de notre algorithme numérique, nous organisons la feuille selon l'ordre suivant :

1) Données de l'année de référence

La première section indique les données de l'année de référence. Elle rassemble toutes les données que nous avons listées dans le paragraphe précédent (emploi, ménages, surfaces des sols et leurs prix) pour chacune des zones. Cette section est la structure de base de la pyramide qui nous permet de calculer les densités d'emplois et de ménages de chaque secteur prédéfini au niveau zonal. Les modélisateurs peuvent mieux visualiser le territoire en important les données listées ainsi dans un environnement SIG. Comparé à un environnement non-géographique, il est plus facile de détecter les incohérences dans les données d'entrées, et de repérer les zones concernées. Cela nous aide à filtrer une première couche d'erreurs ou de bruits liés aux données brutes.

	Employment			Households			Land			Prices										
	1	2	3	11	12	13	21	22	23	31	32	33	34	1.8	1.4	1	1.5	0.8	0.5	2
	ERetail	EIndus	EPublic	RHHigh	RHMed	RHLow	LUCollectif	LUMedDen	LUDetch	LBPark	Lnd	LPublic	LURbMixe	LUCollectif	LUMedDen	LUDetch	LBPark	Lnd	LPublic	LURbMixed
20	100	6	233	299	166	256	4.13	44.92	48	0	1.73	12.4	0	77000	106000	56000	66779	20000	22300	167419
21	4129	468	947	807	398	301	22.79	192.46	0	0	133.65	32.9	0	81000	112000	18017	66779	62000	23400	167419
22	86	27	238	209	112	104	0	42.76	8	1.51	7.83	1.28	0	62613	97000	52000	33000	30000	32000	167419
23	77	18	152	211	280	499	10.57	35.89	10	0	5.16	4.94	0	105000	148000	59000	66779	23500	20500	167419
24	100	0	0	199	281	553	16.65	33.67	0	0	0	0	0	105000	140000	18017	66779	50090	28620	167419
25	2	5	294	141	172	304	14.67	28.51	0	0	1.46	9.75	0	81000	123000	18017	66779	19600	32500	167419
26	1045	23	3940	58	60	60	0	19.57	0	0	6.56	232.75	10	68000	76000	18017	66779	42000	56000	158000
27	116	6	271	245	162	204	13.84	46.41	0	0	1.3	4.21	0	72000	103000	18017	66779	21000	30000	167419
28	1446	70	301	150	248	524	24.41	6.49	0	2.57	14.35	14.26	14	93000	150000	18017	62000	50000	28620	210000

Figure 3-12 Organisation des données d'entrées en termes d'activités et des caractéristiques des sols au sein d'une fiche Excel, par secteur et par zone dans le sous-module d'activité-localisation

ritme. En effet, tous les paramètres et les variables, ainsi que les séries de données sont reliés les uns aux autres. Une modification peut générer une série de changements, *via* les étapes intermédiaires, finalement reflétés sur les prix tampons. Lorsqu'on demande à Excel

2) Fonction de la demande

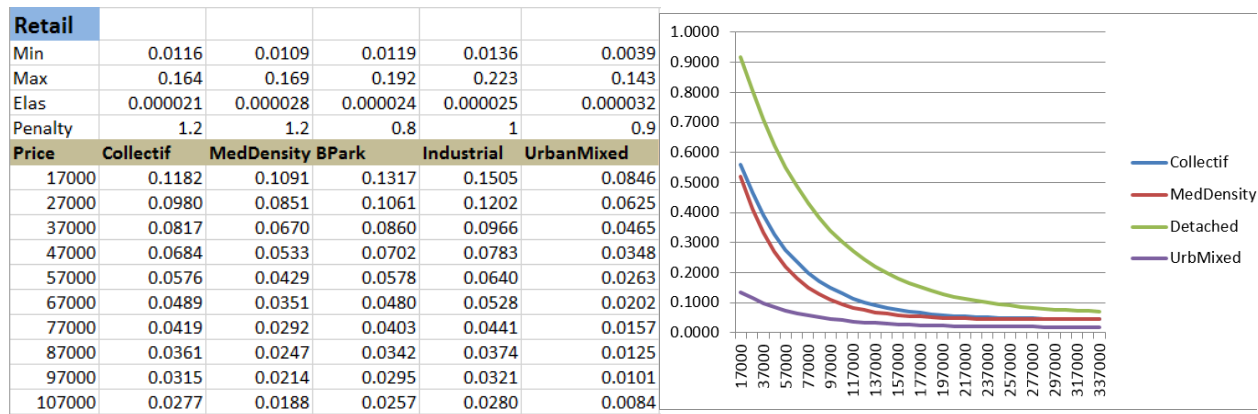


Figure 3-13 (a) Paramètre du secteur tertiaire quant à ses consommations de différents types de sols ; (b) les courbes de demande de chaque type de sol provenant du secteur de tertiaire.

La seconde section de la feuille est destinée à l'esquisse des courbes de demande, à savoir tracer les relations entre le prix d'un type de sol et la surface de ce dernier qu'un ménage ou une unité d'activité est prêt à et capable de consommer au prix donné. Pour chaque secteur de consommateur et chaque type de sol, une fonction de demande est représentée graphiquement avec une courbe de forme exponentielle et continue.

Le prix du sol, étant l'abscisse des courbes, est la seule variable. Les paramètres, comprenant la demande minimum, la demande maximum, l'élasticité et le facteur de pénalité doivent être estimés afin d'imiter un comportement cohé-

vis-à-vis des divers secteurs de production. Ces différences de comportements se traduisent dans la différenciation de paramètres : demande minimum, demande maximum, élasticité et le facteur de pénalité.

Lorsque les courbes de demande sont esquissées, les courbes de dépenses sont faciles à tracer. Il s'agit d'une simple multiplication de la consommation unitaire par le prix d'unité donné. Cette dépense est ensuite multipliée par un facteur de pénalisation, défini par le modélisateur, afin de représenter les préférences pour un secteur spécifique plutôt que d'autres types de sols. Cette dernière fonction est nommée la dépense pénalisée.

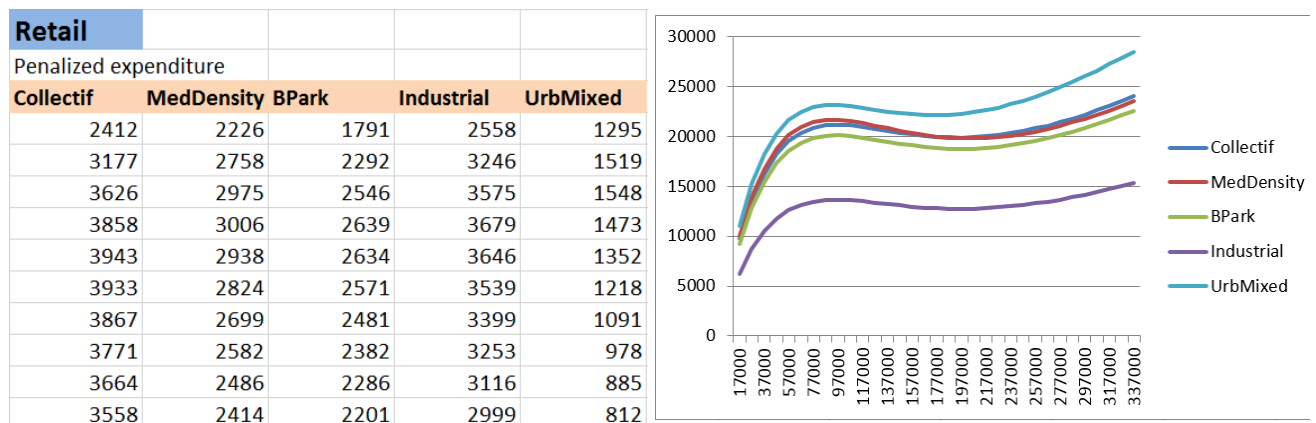


Figure 3-14 (a) Les dépenses pénalisées de différents types de sols calculé à partir des courbes de la demande du secteur tertiaire ; (b) Les courbes de dépenses de chaque type de sol pour le secteur tertiaire.

rent de consommateurs. Les formes résultantes des fonctions de demande sont figurées sur la figure 4(b). Pour les demandes provenant d'un secteur particulier, par exemple, le tertiaire, il y a des comportements différents

3) Choix

	Retail									
	Unit Consumption					Difference to minimum				
Zone	Collectif	MedDensity	BPark	Industrial	UrbanMixe	Collectif	MedDensity	BPark	Industrial	UrbanMixe
217	0.04000	0.01817	0.02087	0.01565	0.00548	0.02840			0.00205	0.00158
218	0.05668	0.01671	0.05699	0.05282	0.00497	0.04508	0.00581		0.03922	0.00107
219	0.03884	0.02268	0.02639	0.01918	0.00473	0.02724		0.01449	0.00558	0.00083
220	0.05606	0.01817	0.06213	0.07838	0.00392					0.00002
221	0.03884	0.01378	0.04981	0.02699	0.00432	0.02724	0.00288		0.01339	0.00042
222	0.05668	0.01567	0.05699	0.05695	0.00488	0.04508	0.00477		0.04335	0.00098
223	0.04315	0.01529	0.05699	0.02699	0.00504	0.03155	0.00439		0.01339	0.00114
224	0.02840	0.01218	0.04981	0.06362	0.00407	0.01680	0.00128			0.00017
225	0.02522	0.01269	0.04981	0.06362	0.00434	0.01362	0.00179			
226	0.02673	0.01363	0.04981	0.09663	0.00434	0.01513	0.00273		0.08303	

Figure 3-17 La consommation unitaire de différents types de sols par le secteur tertiaire, et la distance à la consommation minimale sur la courbe de demande.

	Public						
	1.4						
	exp(utility)					composite	
Zone	Collectif	MedDensity	BPark	Industrial	Public	UrbanMixe	cost
217	0.046	0.000	0.000	0.057	0.247	0.201	1672
218	0.051	0.154	0.000	0.038	0.247	0.212	1350
219	0.062	0.000	0.133	0.071	0.247	0.238	1347
220	0.000	0.000	0.000	0.000	0.247	0.176	2258
221	0.067	0.203	0.000	0.064	0.000	0.247	1815
222	0.054	0.163	0.000	0.040	0.247	0.218	1328
223	0.057	0.176	0.000	0.055	0.247	0.229	1288
224	0.081	0.226	0.000	0.000	0.000	0.247	1942
225	0.036	0.132	0.000	0.000	0.247	0.000	1867
226	0.103	0.247	0.000	0.102	0.000	0.000	2589

Figure 3-16 Le terme exponentiel de l'utilité avec l'application d'un facteur de dispersion précisé en haut à gauche du tableau. En dernière colonne, la désutilité zonale représentée par « le coût composé » – « composite cost ».

Dans la troisième section, les fonctions de demande tracées dans la deuxième section [formula (1)] vont être appliquées aux secteurs correspondants au niveau zonal, ainsi que les

dépenses pénalisées esquissées. Donc, un secteur de consommateur, tertiaire par exemple, trouverait le type de sol avec un minimum de

	Hhd Medium					Hhd Medium				
	utility*attr					Probabilities				
Zone	Collectif	MedDensity	Detached	UrbMixed	Total	Collectif	MedDensity	Detached	UrbMixed	Total
217	0.3	0.0	0.0	2.1	2.4	0.12	0.00	0.00	0.88	1.00
218	0.2	9.5	0.0	8.1	17.9	0.01	0.53	0.00	0.45	1.00
219	0.7	0.0	0.0	11.3	12.0	0.06	0.00	0.00	0.94	1.00
220	0.0	0.0	0.0	8.2	8.2	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
221	0.1	8.0	0.0	8.1	16.2	0.00	0.49	0.00	0.50	1.00
222	0.2	1.9	0.0	7.3	9.4	0.02	0.20	0.00	0.78	1.00
223	0.3	0.8	0.0	5.7	6.8	0.05	0.12	0.00	0.83	1.00
224	1.9	5.8	0.0	8.1	15.8	0.12	0.36	0.00	0.51	1.00
225	2.9	20.2	0.0	0.0	23.0	0.12	0.88	0.00	0.00	1.00
226	2.3	13.4	0.0	0.0	15.8	0.15	0.85	0.00	0.00	1.00

Figure 3-15 Calcul de probabilités pour chaque type de sol consommé par la catégorie de ménages aux moyens revenus dans chaque zone.

Hhd Medium					
Consumption					
Zone	Collectif	MedDensit	Detached	UrbMixed	Total
217	0.36	0.00	0.00	0.40	0.75
218	0.57	6.07	0.00	2.02	8.66
219	1.27	0.00	0.00	2.79	4.06
220	0.00	0.00	0.00	3.46	3.46
221	0.13	3.97	0.00	1.75	5.84
222	0.79	1.64	0.00	2.64	5.08
223	0.80	0.66	0.00	1.94	3.40
224	3.87	4.90	0.00	3.17	11.94
225	2.01	7.22	0.00	0.00	9.22
226	2.13	6.16	0.00	0.00	8.29

Figure 3-18 La consommation finale de chaque type de sol est la multiplication de la consommation unitaire par les unités de consommateurs et par la probabilité calculée dans la figure précédente.

dépense pénalisée, et le viser en tant que l'option optimale dans chaque zone.

En même temps, le coût composé est calculé dans cette même section comme étant une agrégation de prix de tous les types de sols en concurrence à niveau zonal. Ce calcul donne un terme de désutilité à l'échelle d'une zone. La désutilité zonale pour une catégorie-demandeur est la moyenne logarithmique des utilités pondérées, appliquées aux substitutions.

Par ailleurs, les utilités pondérées sont généralement utilisées en vue de calculer la probabilité pour une catégorie-demandeur (c'est-à-dire un secteur de consommateur) de choisir un type de sol parmi tous les autres concurrents à une zone spécifique. Afin de prendre en compte des utilités pondérées, ces pondérations ont été intégrées au modèle *logit* mul-

tinomial [formula (2)]. Ici, pour le terme attracteur, A, la surface de sol disponible est utilisée, pour chaque type de sol.

Pour chaque catégorie-demandeur (secteur de consommation), la somme de probabilités de consumer l'ensemble des types de sols doit égale à 1 dans toutes les zones. Dans cette mesure, toutes unités d'un secteur de consommation sont entièrement affectées aux différents types de sols disponibles. Donc, par catégorie-demandeur, nous pouvons obtenir la consommation estimée de chaque type de sol et par zone. Il s'agit de multiplier la consommation unitaire par la probabilité d'être choisie, puis par la quantité d'unités provenant de catégorie-demandeur.

4) Check de constraint maximum

Cette quatrième section vise à dépister les erreurs dans les fonctions de demande, ainsi que

Collective Land							Total	Data	CheckBox
Zone	Retail	Industry	Public	HhdHigh	HhdMed	HhdLow			
23	12.63	8.05	23.26	162.05	200.76	314.37	721.11	10.57	0
24	16.40	0.00	0.00	152.83	201.48	348.39	719.10	16.65	0
25	0.33	2.24	44.98	108.29	123.32	191.52	470.68	14.67	0
26	171.38	10.28	602.82	44.54	43.02	37.80	909.85	0	0
27	19.02	2.68	41.46	188.16	116.15	128.52	496.00	13.84	0
28	237.14	31.29	46.05	115.20	177.82	330.12	937.62	24.41	0
29	21.32	8.05	266.99	100.61	168.50	600.39	1165.84	20.47	0
30	26.40	12.52	31.52	79.87	179.25	434.70	764.26	12.63	0
31	620.41	0.00	58.14	52.99	177.82	282.87	1192.23	6.32	0
32	334.89	6.71	138.01	90.62	148.42	227.43	946.07	21.24	0
33	120.05	95.21	164.32	595.20	1110.63	904.05	2989.46	7.95	0

Figure 3-19 Vérification des cellules de la colonne "Data", dont les valeurs doivent être inférieures aux sommes de consommations maximales de tous les secteurs de consommation.

dans les données fournies. Quand toutes catégories-demandeurs consomment un secteur de production (un type de sol) à leurs limites maximales, la somme de ces consommations maximales est censée d'être supérieure à la disponibilité réelle du produit (surface du sol). Autrement dit, si la surface totale d'un type de sol est trop grand que même la somme de consommations aux limites maximales ne peut atteindre, il y a certainement une erreur quelque part, soit dans les données de produits, soit dans les paramètres de contrainte dans la fonction de demande, à savoir, la borne maximale. Dans cette section, tous types de sols, comme étant secteurs de production, dans toutes les zones sont vérifiés. La colonne CheckBox garantissant la validité des contraintes maximales doit contenir seulement les zéros.

3.4.5 CONVERGENCE DU SOUS-MODULE ACTIVITÉ-LOCALISATION

Comparison of the spreadsheet with the output of the model

Dans cette partie de la feuille de travail, les consommations calculées dans la section *Choix* sont réorganisées par zone et par secteur de production. Les quantités de sols consommés par toutes catégories-demandeurs sont sommées au niveau zonal, et sont listés dans la colonne nommée *Total*. Ces sommes zonales sont ensuite comparées à la colonne *Data*, qui fait référence aux données d'entrée. La dernière colonne donne donc le ratio entre la consommation totale estimée et la production disponible provenant de données fournies. Dans le cas idéal, cette colonne contient

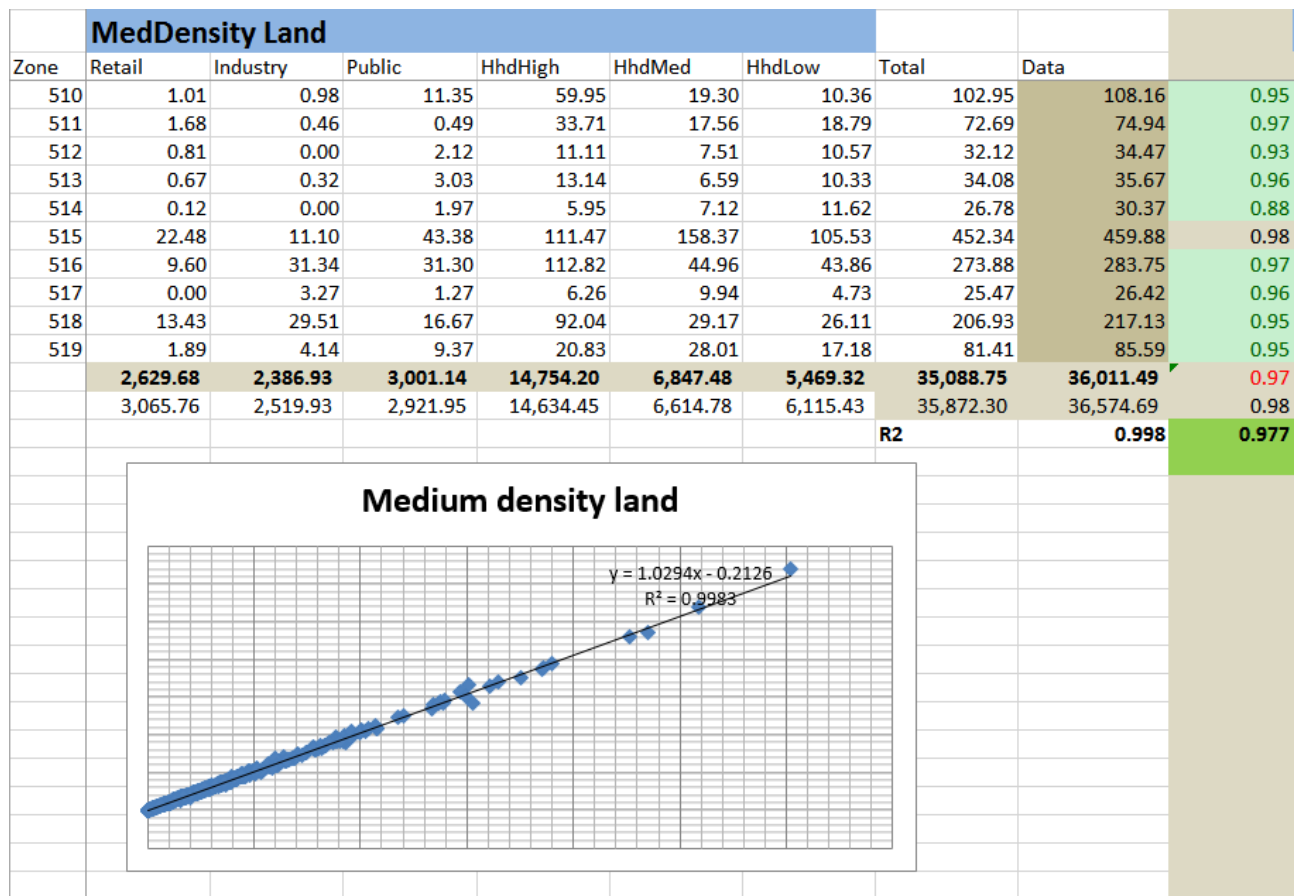


Figure 3-20 La distribution de consommation de chaque type de sol par zone et par secteur de consommation, ainsi que le graphe de corrélation en comparaison avec les données de production, exemple pour le type de sol de densité moyenne.

draient seulement les valeurs proches de 1.

Puis, les consommations sectorielles sont calculées en faisant l'addition de la consommation sectorielle de toutes les zones. Ces sommes nous indiquent la consommation totale estimée de chaque type de sol dans l'ensemble du territoire étudié. Ces valeurs sont aussi comparées aux productions totales et sectorielles comme étant données d'entrée.

Afin de rapprocher les consommations proches de productions, nous devons exercer les vérifications à trois niveaux. D'abord, la consommation de chacun des types de sols par l'ensemble de zones et l'ensemble de catégories-demandeurs doit être proche de la valeur totale de production donnée, à savoir la surface totale d'un type de sol. Comme figuré en rouge dans la dernière colonne, notre estimation est en moyenne 0,97 fois de donnée fournie, pour le sol de densité moyenne – Medium Density Land – qui se situe dans un intervalle acceptable proche de 1. Ensuite, les distributions sectorielles, qui donnent suite aux consommations totales, doivent être vérifiées. Cette étape de vérification a pour l'objectif d'observer quel secteur est responsable d'une sur-estimation ou sous-estimation, et correspond à la ligne grisée sous celle de la zone 519. Dans notre exemple, la catégorie-demandeur HhdHigh – ménages de hauts revenus – semble consommer le plus le sol de densité moyenne (MedDensity Land) de façon globale dans l'ensemble du territoire. Eclairci

par cette observation, un léger ajustement de la courbe de demande de la catégorie-demandeur – ménages de hauts revenus – peut provoquer une série de modifications importantes à la consommation totale. Non seulement les sols de densités moyennes, mais aussi les autres types de sols seront impactés, car ils sont concurrents et jouent le rôle de substitutions les uns contre les autres. La troisième vérification se fait au niveau zonal. L'estimation de la consommation zonale et sectorielle est aussi comparée aux données d'entrée. Chaque point du graphe représente la relation entre la consommation estimée et la production réelle. Après des ajustements considérables des paramètres et des données fournies, nous avons finalement atteint la corrélation quasi-parfaite avec un R^2 très proche de 1.

Une fois que tous les paramètres des fonctions de demande, de consommation, et des choix discrets sont estimés correctement dans la feuille de travail, leurs valeurs correspondantes sont introduites dans TRANUS, plus spécifiquement, dans le sous-module activité-localisation. Les résultats sortants du modèle sont contenus dans un fichier csv., avec les informations organisées en colonnes. Nous avons listé dans le tableau suivant les connotations des entêtes de toutes les colonnes. Ces résultats ont été intégrés dans une feuille Excel pour être comparé aux estimations précédentes.

Titres de tables de sorties	Signification
ProdTot	Production totale par zone
DemaTot	Demande totale par zone
ProdCost	Coût de production par zone
Price	Prix par zone

MaxRes	Contrainte maximum à la production par zone
Adjust	Facteur d'ajustement de prix (Prix Tampon estimé par le programme LCAL du système TRANUS)

Tableau 3-4 Définitions d'abréviations utilise dans les titres des colonnes dans la figure suivante

Comme mentionné, le modèle estime la demande totale de sol provenant de tous secteurs dans chacune des zones, tout en essayant d'atteindre un équilibre entre la demande et la production. Vu que les sols sont des secteurs non-transportables, la demande totale doit égale à sa production totale. C'est ce que nous avons achevé à travers la feuille de calcul également. La colonne *price* – prix – inique les prix fournis par le modélisateur ; et la colonne *ProdCost* est ce que le modèle calcule comme coût de production dans une zone. Pour rappel, comme les sols sont consommés dans la zone où ils sont produits, il n'y a pas de coûts de transports. Ainsi les coûts de production sont censés d'être équivalents aux prix de sols donnés.

Pour l'année de référence, la quantité de production donnée – colonne *TotProd* – encadre les MinRes et MaxRes, les contraintes minimums et maximum. Elles sont fixées au préalable, et ne flottent donc pas dans un intervalle de valeurs. La colonne nommée *adjust* désigne les *prix tampons*. Ils montrent les proportions d'ajustement que les prix donnés sont menés à faire avant que le modèle atteigne les équilibres entre les offres et les demandes. Si tous les paramètres sont idéalement estimés et ajustés, les valeurs absolues de *prix tampons* devraient être au plus petites possible, à savoir proche de zéros.

On peut facilement noter sur la figure que les *prix tampons* ont des valeurs relativement proches de zéro. Ces indicateurs nous prouvent qu'avec les paramètres estimés, notre

sous-module Activité-localisation tend à converger, au moins dans la partie des secteurs non-transportables.

La colonne suivante *BaseDataProd* correspond aux résultats issus de notre méthode d'estimation et de calibration dans un environnement Excel. Les valeurs de cette colonne contribueront à la référence lors d'une comparaison avec les résultats sortant du système TRANUS. Théoriquement, si notre méthode avec la feuille de calcul réussissait à reproduire le même algorithme du modèle TRANUS, la colonne suivante *Input-Output* doit contenir seulement des zéros. Dans cette dernière colonne, la différence entre ce qui est simulé par le modèle, *TotProd*, et ce qui est reproduit par la feuille de calcul, *BaseDataProd*, est calculé, servant comme étant les check points. Cette colonne *Input-Output* montre la proximité entre l'algorithme du modèle TRANUS et la nouvelle méthode d'estimation et de calibration, autrement dit, la précision de la reproduction offerte par la feuille de calcul sous Excel.

Scen	Sector	Zone	TotProd	TotDem	ProdCost	Price	MinRes	MaxRes	Adjust	BaseDataProd	Input-Output
10A	22 LUMedD	368 Centre Intern	0.0000	0.0	103860.0	103860.0	0.0	8999999488.0	-	0.0000	-
10A	22 LUMedD	369 vallee blanc	279.7799	279.8	57000.0	57000.0	279.8	279.8	- 3.72	279.7800	- 0.000093
10A	22 LUMedD	370 vallee blanc	122.4100	122.4	63000.0	63000.0	122.4	122.4	- 0.77	122.4100	- 0.000034
10A	22 LUMedD	371 vallee blanc	110.0900	110.1	103860.0	103860.0	110.1	110.1	- 5.06	110.0900	- 0.000004
10A	22 LUMedD	372 Mackellerie	32.5400	32.5	120000.0	120000.0	32.5	32.5	- 0.01	32.5400	- 0.000020
10A	22 LUMedD	373 Fresnoy	72.9700	73.0	130000.0	130000.0	73.0	73.0	- 6.18	72.9700	- 0.000029
10A	22 LUMedD	374 fosse aux che	18.9200	18.9	180000.0	180000.0	18.9	18.9	- 3.40	18.9200	- 0.000010
10A	22 LUMedD	375 Alma Sud	14.1600	14.2	100000.0	100000.0	14.2	14.2	- 3.63	14.1600	- 0.000007
10A	22 LUMedD	376 Alma Nord	26.5699	26.6	160000.0	160000.0	26.6	26.6	- 8.88	26.5700	- 0.000080
10A	22 LUMedD	377 Entrepont-Car	46.8401	46.8	120000.0	120000.0	46.8	46.8	- 1.65	46.8400	- 0.000061
10A	22 LUMedD	378 Hutin-Oran	55.2301	55.2	100000.0	100000.0	55.2	55.2	- 0.67	55.2300	- 0.000053
10A	22 LUMedD	379 Cul de Four	57.1799	57.2	130000.0	130000.0	57.2	57.2	- 8.23	57.1800	- 0.000057
10A	22 LUMedD	380 Hommelet Nord	23.5200	23.5	110000.0	110000.0	23.5	23.5	- 2.82	23.5200	- 0.000006
10A	22 LUMedD	381 Hommelet Cent	32.7000	32.7	110000.0	110000.0	32.7	32.7	- 4.53	32.7000	- 0.000024
10A	22 LUMedD	382 Hommelet Sud	30.1600	30.2	110000.0	110000.0	30.2	30.2	- 2.97	30.1600	- 0.000014
10A	22 LUMedD	383 epeule nord	4.9900	5.0	135000.0	135000.0	5.0	5.0	- 3.93	4.9900	- 0.000003
10A	22 LUMedD	384 epeule centre	19.1300	19.1	138000.0	138000.0	19.1	19.1	- 4.61	19.1300	- 0.000026
10A	22 LUMedD	385 epeule sud	32.7000	32.7	120000.0	120000.0	32.7	32.7	- 1.00	32.7000	- 0.000007
10A	22 LUMedD	386 Trichon	42.8900	42.9	115000.0	115000.0	42.9	42.9	- 2.49	42.8900	- 0.000011
10A	22 LUMedD	387 esperance cen	50.4300	50.4	140000.0	140000.0	50.4	50.4	- 4.92	50.4300	- 0.000045
10A	22 LUMedD	388 Nations Unies	21.9000	21.9	92000.0	92000.0	21.9	21.9	- 1.37	21.9000	- 0.000006
10A	22 LUMedD	389 Anseele	0.0000	0.0	82000.0	82000.0	0.0	8999999488.0	-	0.0000	-
10A	22 LUMedD	390 Barbieux-Vaub	77.5400	77.5	150000.0	150000.0	77.5	77.5	- 1.04	77.5400	- 0.000014

Figure 3-21 Les ajustement de prix réalisés par le modèle, comme données de sortie, compares aux données d'entrée dans les trois dernières colonnes.

Toujours dans la colonne *Input-Output*, les valeurs positives sont marquées en rouge, négatives en vert. Il est discernable que les prix tampons proposés par le modèle, situés dans la colonne *adjust*, respectent les mêmes signes que les valeurs de la colonne *Input-Output*. Nous avons tout justement remarqué que la colonne *Input-Output* explicite les différences entre les données d'entrée de l'année de référence *BaseDataProd* et *TotProd*, simulé par le modèle. Selon la logique de prix tampons que nous avons précisé dans le paragraphe [méthode traditionnelle de calibration du sous-module activité-localisation et les paramètres et indicateurs les plus sensibles](#)³³, le respect général des signes entre ces deux colonnes démontre que notre nouvelle méthode fonctionne correctement. Nous pouvons donc produire les résultats très similaires aux ceux du système TRANUS par notre feuille de calcul, sans faisant recours à la technique de *prix tampons*.

³³ Voir Page 146.

3.5 CALIBRATION DU SOUS-MODULE TRANSPORT

La calibration du sous-modèle de transport se réalise en deux grandes phases. La première phase vise à vérifier l'offre physique de l'infra-

d'observer les comportements des individus et des biens, afin de vérifier si leurs choix de trajets sont logiques. Autrement dit, on charge le réseau pour la première fois en donnant une certaine liberté avec un nombre d'options pré-défini par le modélisateur.

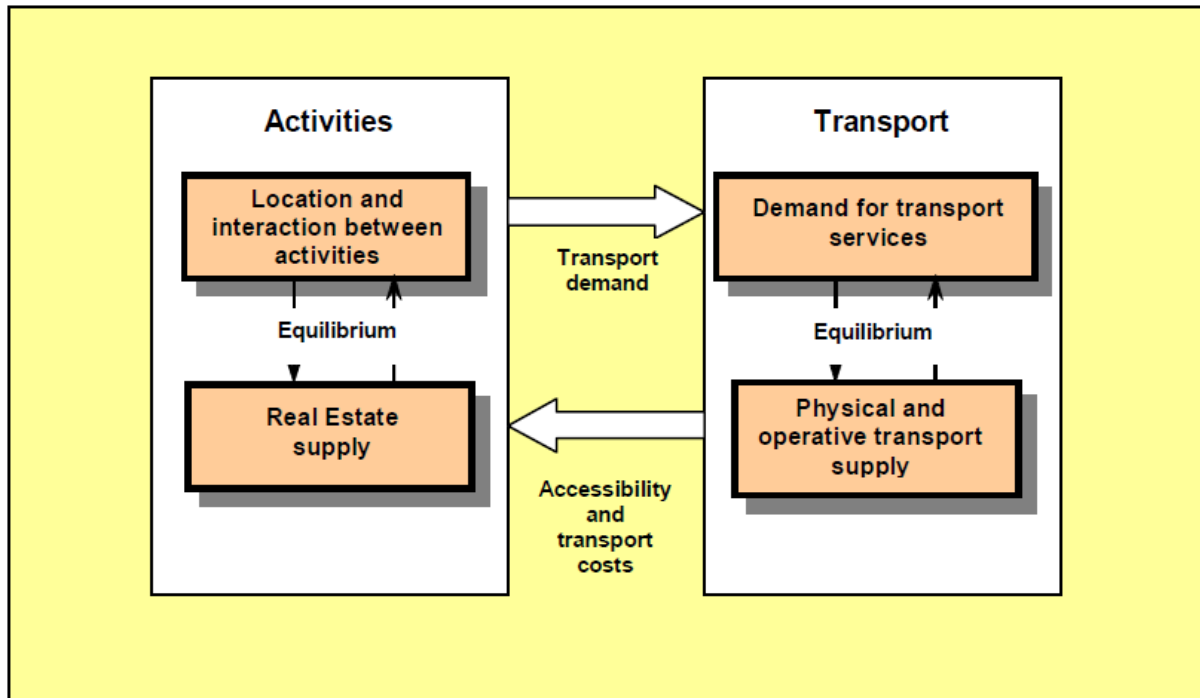


Figure 3-22 Les éléments principaux du système d'interaction entre les sous-modules "activité-localisation" et "transports"

structure, tandis que la deuxième phase vise à vérifier le volume de flux et leur distribution (volume de trafic par mode, par tronçon ainsi que la vitesse de déplacement).

Suivant la conception du système TRANUS, le sous-module Activité-localisation ne peut démarrer la procédure de simulation s'il n'y avait pas des coûts de transports ou des désutilités de transports. Les coûts et désutilités de transports sont calculés au moins avec l'*allocation initiale* provenant du sous-module *Transport*. L'*allocation initiale* implique que les réseaux de transports ne sont pas chargés, et que tous les déplacements sont basés sur une vitesse de libre circulation. Cela veut dire qu'avant tout démarrage de simulation, une première recherche d'itinéraire est lancée dans un ensemble de réseaux vide, sans charges. L'objectif de cette première phase de calibration est

Une fois que cette première phase de calibration du sous-modèle transport est achevée, où les individus et les biens choisissent logiquement leurs itinéraires avec les différentes options, le sous-module activité-localisation peut être mis au fonctionnement. Le sous-module activité-localisation démarre son premier *Run* avec les désutilités de transport provenant de l'allocation initiale, et génère lui-même les désutilités liées aux zones et aux activités. Une fois que le sous-module activité-localisation fini son premier *Run*, des matrices de flux demandant les transports et les déplacements provenant des activités et d'usage des sols sont générées, et seront injectées au sous-module de transport afin de commencer sa première itération.

Le sous-module transport est appliqué, avec les flux générés par le sous-module activité-localisation cette fois-ci, donnant lieu aux coûts de transports et désutilités des réseaux chargés et probablement congestionnés. Ces valeurs, à savoir les coûts et désutilités de transports, affectent la localisation des activités et l'usage des sols. Il est donc nécessaire de refaire fonctionner le sous-module activité-localisation. De la même manière, les flux générés par le sous-module activité-localisation, ainsi que les désutilités des zones et des activités, affectent à son tour le réseau de transport, son niveau de congestions, les coûts et désutilités de transports dans le sous-module transport. Ainsi, la procédure d'itération de l'ensemble du système TRANUS est lancée. Le modélisateur peut définir le nombre d'itération jusqu'à ce qu'il observe les indicateurs de convergence.

sous-module de transport. Comme la première phase du sous-module transport, il n'y a pas de raccourci pour cette deuxième phase non plus. L'ajustement se fait tronçon par tronçon, ligne par ligne, mode par mode et opérateur par opérateur. L'objectif de cette dernière phase de calibration est de vérifier si les volumes de trafic sur les infrastructures – simulé par le modèle – correspondent à la réalité ; si nous obtenons un partage modal qui correspond au recensement ; si les déplacements entre les origines et les destinations correspondent à ceux obtenus via l'enquête ménage déplacement. Ces derniers supposent un prétraitement et une analyse de l'enquête ménage déplacement. Mais n'étant pas l'objectif majeur de la problématique de recherche, l'auteur décide d'exclure la description du prétraitement et celle de l'analyse. Seuls les résultats issus de l'enquête seront présentés en comparaison aux sorties de la modélisation via TRANUS.

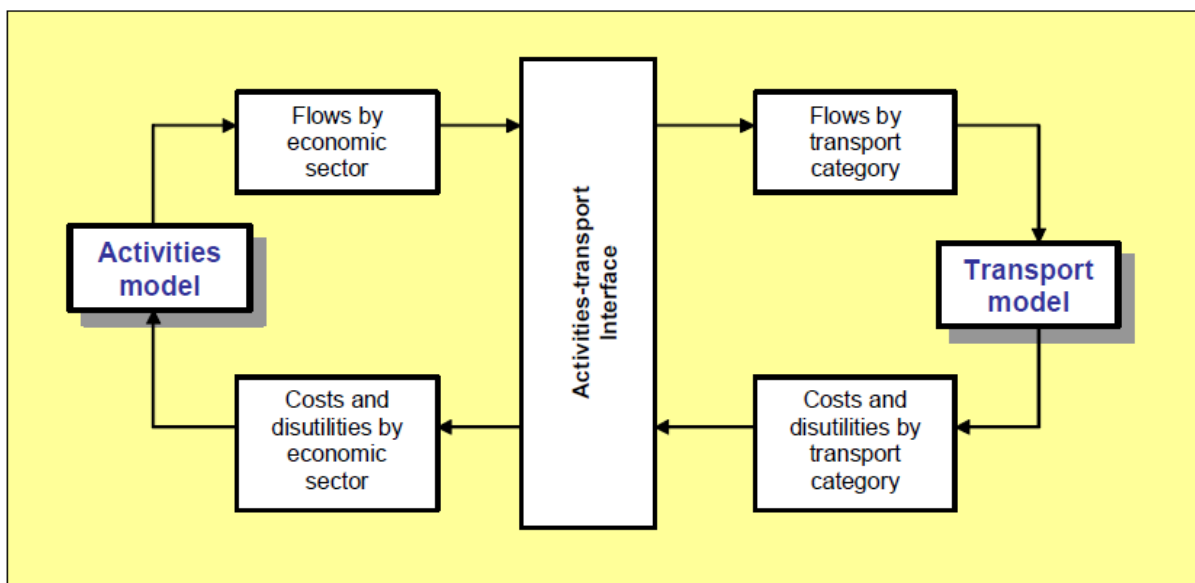


Figure 3-23 L'interface entre deux sous-modules "Activité-localisation" et "Transport" et leur processus itératif

Théoriquement, l'ensemble du système itérant les sous-modules transport et activité a besoin d'un grand nombre de Run avant l'atteint de l'équilibre. Il n'est pas simple d'accomplir la convergence sans une quantité considérable de travaux d'ajustement. Ces travaux constituent la deuxième phase de calibration du

3.5.1 PREMIÈRE PHASE DE LA CALIBRATION DU SOUS-MODULE TRANSPORT

La première phase de calibration du sous-module transport consiste à vérifier l'offre physique des infrastructures : si cette dernière peut donner une palette d'options logiques

aux différentes catégories de transport, en termes d'itinéraire, de temps, de modes et de coûts. Pour exercer cette vérification, il faudrait au moins lancer le programme *Path Search* du programme, la procédure qui réalise le couplage entre les origines et les destinations en recherchant les trajets les plus possibles combinant des modes, de temps et des coûts de transport, ainsi que les coûts généralisés.

Cette procédure du programme est nommée PASOS. Il y a généralement beaucoup de problèmes qui peuvent apparaître dès cette étape, interrompant le programme. Au titre d'exemple, si un connecteur entre le réseau et un centroïde représentant une zone n'autorisait pas le mode piéton mais autorise seulement les modes motorisés, les personnes ne peuvent atteindre la zone en marchant. Seuls les modes motorisés sont permis à circuler jusqu'à cette zone, ce qui n'est pas réel et le modèle annonce cette impensée. Ou bien, si les connecteurs n'étaient pas bien reliés en boucle, et donne lieu aux voies bouchés ou aux sens uniques, le modèle questionne la connectivité de ces connecteurs. Encore, si les cyclistes arrivaient d'une centroïde à une station pour prendre le métro, alors qu'il était interdit de ramener le vélo sur le métro, il aurait fallu un connecteur représentant les zones de stationnement entre le réseau routier et le réseau de métro. Ces types de problèmes sont nombreux et concernent tous les modes et tous les changements entre les modes. Il a donc fallu un temps considérable pour l'accomplissement des réseaux dans notre application, qui est particulièrement détaillée et réelle.

Grâce à Googlemap, Openstreetmap, et l'environnement SIG, notamment QGIS, nous avons pu dessiner nos réseaux sans faire de déplacement successif dans l'arrondissement. En effet, les données fournies sur les infrastructures de transport présentent un certain nombre de défauts lors de l'importation dans QGIS ou TRANUS : les sens de circulation des tronçons ne

s'affichent pas ; la couche contenant les stations et les gares du type point ne se superpose pas avec la couche comprenant les routes de transports publics, etc. Ces problèmes nous obligent à saisir les sens de tronçons un par un en comparaison avec ceux affichés sur les cartes satellite. De la même manière, les stations de bus sont créées, soit en cherchant le point le plus proche, soit en coupant les tronçons manuellement, puis connecté aux centroïdes.

Le réseau que nous avons construit de A à Z de l'application d'arrondissement de Lille se détaille jusqu'au niveau des rues locales majeures. Dans les villes denses, nous avons des tronçons de largeur de 500m et de longueur de 200m par exemple. L'ensemble des réseaux est géoréférencé.

Il est nécessaire de mentionner qu'il y a également une grande flexibilité lors de la conception des services de transports. Pour représenter toutes les possibilités de combinaison, nous avons créé les parkings relais pour les automobiles et pour les vélos, et autorisé les tarifs intégrés. Selon la matrice de transfert ci-dessous, nous pouvons constater que les voyageurs peuvent faire leurs trajets en combinant les modes publics et privés qui leur semblent le plus appropriés.

Pour démontrer le bon fonctionnement de l'offre physique des infrastructures et des services, nous avons choisi quelques couplages d'origine et de destinations pour examiner les choix logiques de voyageurs.

Le premier couple OD s'écarte aux deux bouts de l'arrondissement de la zone 120 (Rive Gauche 2 de la commune d'Haubourdin), situé à l'ouest, à la zone 26 (cité scientifique de la commune de Villeneuve d'Ascq), situé à l'est. Pour la recherche d'itinéraire, l'auteur a choisi de donner aux voyageurs 10 possibilités de choix discrets. Chaque option a une certaine

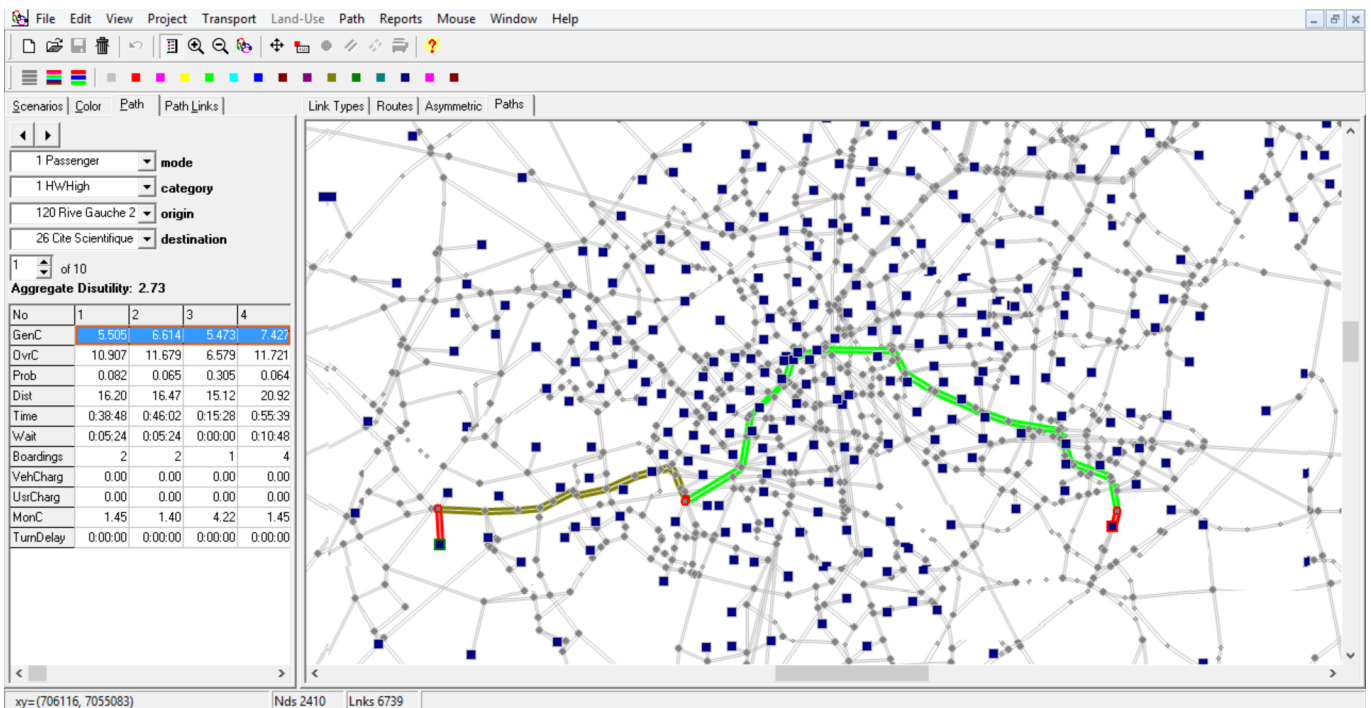


Figure 3-24 Démonstration du premier choix parmi les 10 choix d'itinéraire au départ de la zone 120 pour arriver à la zone 26.

probabilité d'être choisie par le voyageur. Les recherches d'itinéraire et de modes sont faites dans une seule étape, en excluant les options trop similaires via la fonction *overlapping*. En effet, un voyageur va probablement faire son choix parmi 3 à 5 possibilités, mais pas 10. Le fait de mettre 10 possibilités à la phase actuelle nous permet de faire apparaître les op-

tions non pertinentes. Une fois que les éventuelles erreurs sont détectées, nous faisons réduire le nombre d'options dans le choix d'itinéraire et de mode, afin d'accélérer le bouclage du programme.

Comme constaté, l'onglet Path de l'interface nous permet de visualiser les combinaisons respectivement. Chaque itinéraire est souligné

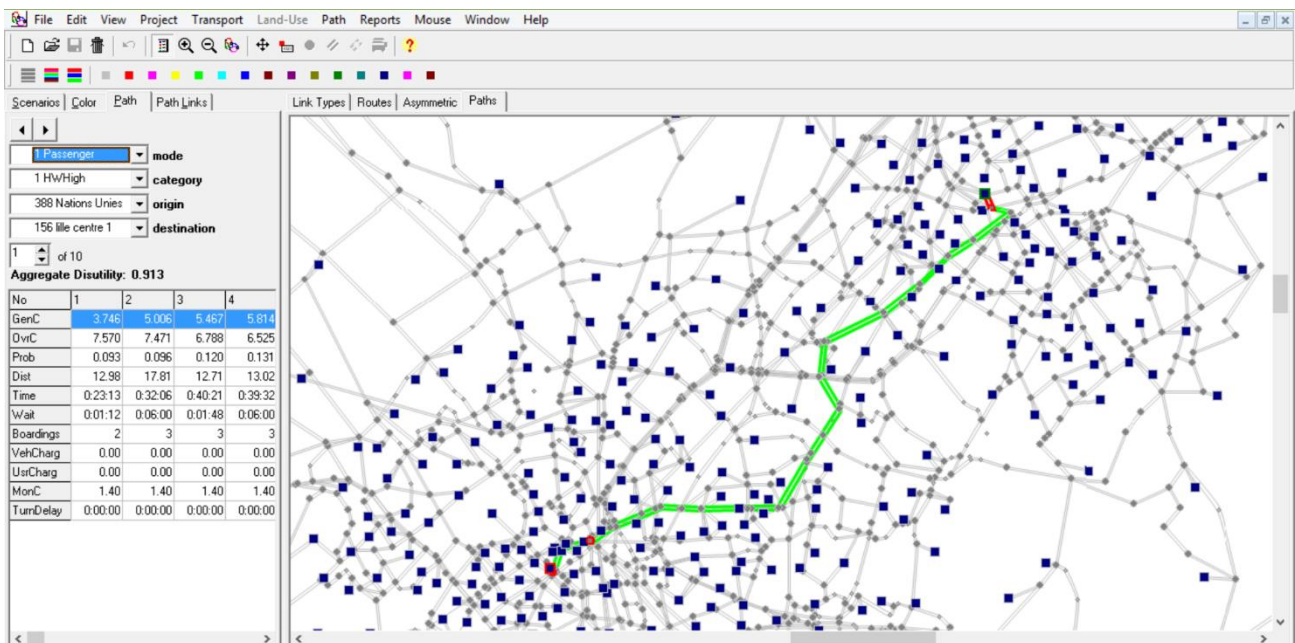


Figure 3-25 Démonstration du premier choix parmi les 10 choix d'itinéraire au départ d'une zone centrale de Roubaix pour arriver à une autre zone centrale de Lille

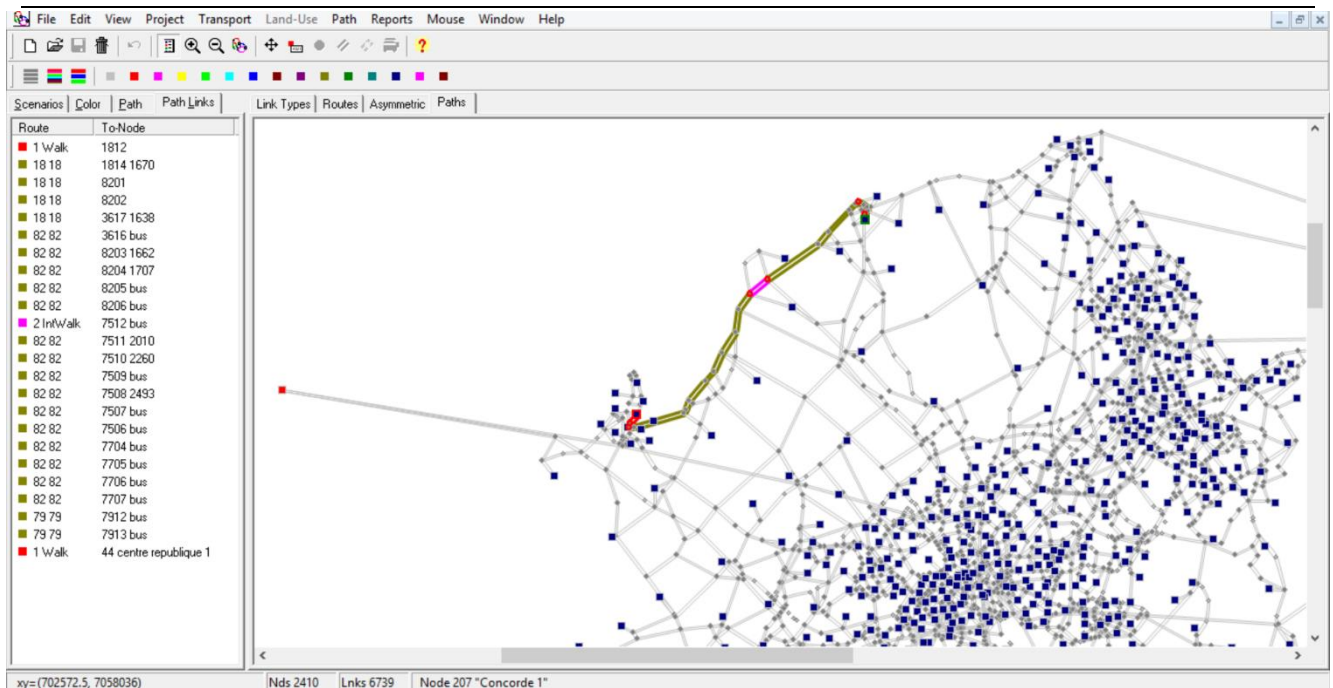


Figure 3-26 Démonstration d'un choix d'itinéraire combinant mode privé et mode collectif. En ordre : accès au bus de ligne 18 à pied, puis changement de bus vers la ligne 82, pour enfin arriver à la destination à pied

sur un fond gris, et chaque mode de déplacement est représenté par une couleur arbitraire. Par exemple, l'option 1 constitue 8,2% (0,082) de possibilité d'être choisie. La personne choisissant cette option marche – représenté par un trait en rouge – depuis son point de départ, jusqu'à une station de bus. Puis, elle prend un bus – les tronçons en vert olive – jusqu'à la périphérie de la commune de Lille. Ensuite, elle

parcourt le pôle d'échange en reprenant un peu la marche – rouge de nouveau, représentant la marche intégrée – avant de monter dans le métro. Le mode métro (ici la ligne 1) est représenté en vert fluorescent. Enfin, à la descente du métro, il marche de nouveau – le dernier trait rouge – pour arriver à sa destination.

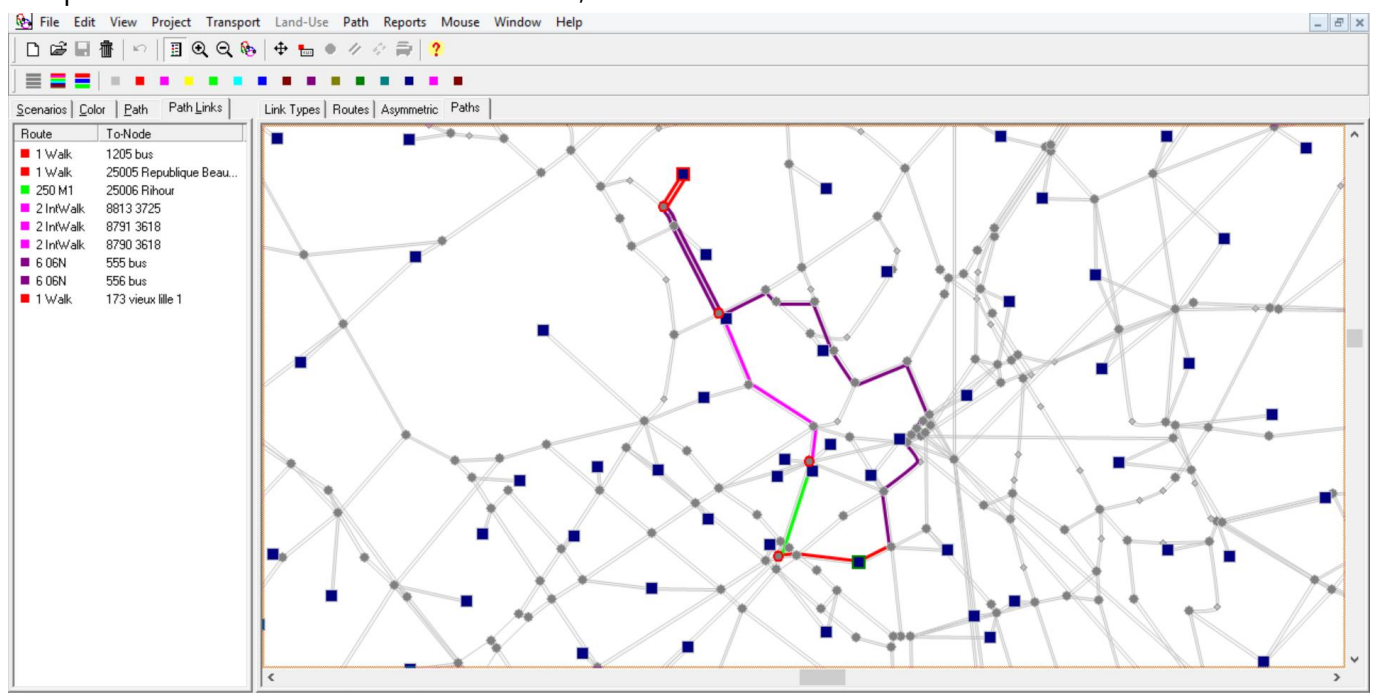


Figure 3-27 Démonstration d'un choix d'itinéraire à l'aller, d'un chemin différent que celui du retour

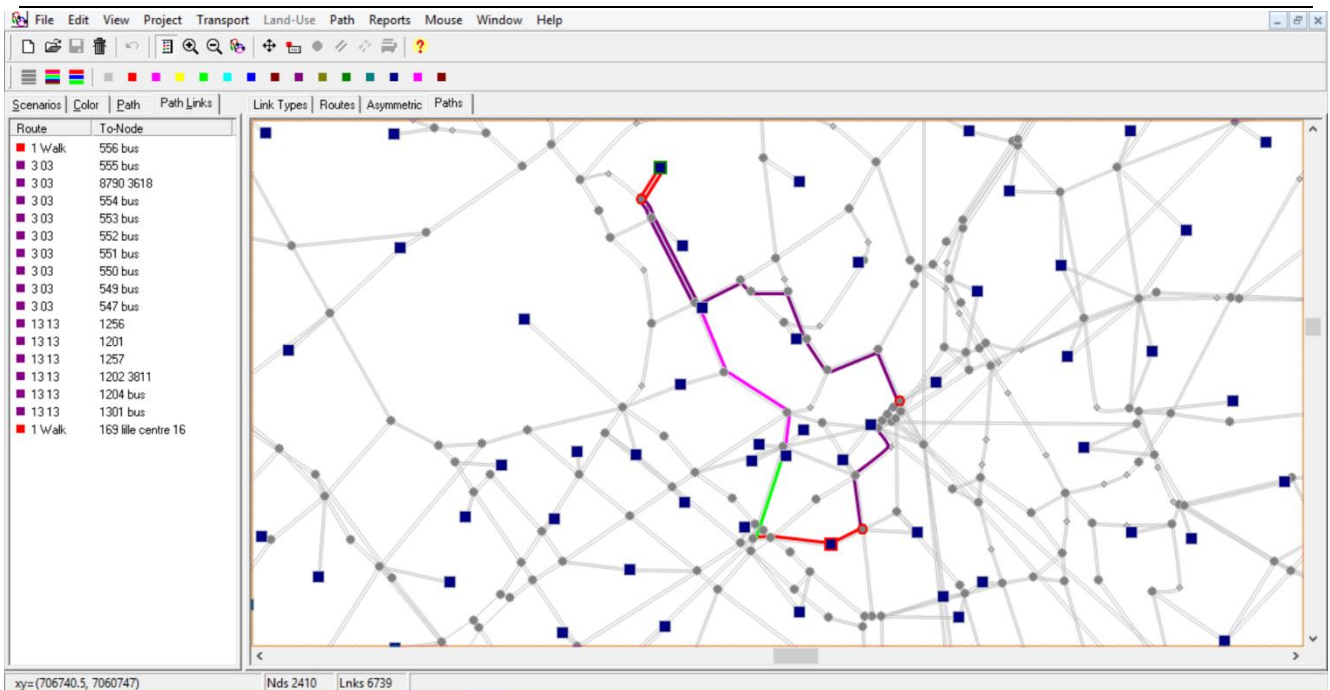


Figure 3-28 Démonstration d'un choix d'itinéraire au retour, d'un chemin différent que celui d'aller

En plus d'indication sur les trajets, les modes et les probabilités correspondantes, le programme PASOS indique également la distance de parcours pour chaque itinéraire, le temps du trajet, le temps d'attente pendant le trajet, le nombre d'embarquements, le coût monétaire, et le coût généralisé. Plus globalement, le programme calcule une désutilité agrégée pour chaque couple OD, représentant la difficulté générale de transport depuis l'origine à la destination. Il s'agit d'une agrégation des désutilités de toutes les options retenues, mathématiquement la moyenne logarithmique des utilités pondérées appliquées aux choix discrets.

En allant dans l'onglet *Path links*, on peut précisément analyser une possibilité d'un trajet nœud par nœud, arc par arc, mode par mode, opérateur par opérateur et route par route. Cette analyse aide à reconnaître les problèmes éventuels liés à l'offre et aux services.

Le même couple OD dans les deux sens inverses ne poursuit pas forcément le même cheminement en raison de sens interdit, des horaires, ou d'offre de services, etc. Ce type de

différence apparaît assez souvent dans les parties denses des villes, entre deux lieux relativement proches.

En choisissant *Reverse*, nous pouvons visualiser le retour via un autre cheminement, avec une autre combinaison de modes de transports.

De nombreux examens sont réalisés pour tester les modes de parcours, les temps totaux et les temps d'attente, les coûts monétaires et la rationalité de la distribution probabiliste des choix discrets. Nous avons réalisé ainsi la première phase de la calibration du sous-module Transport, et plus précisément, les offres d'infrastructures de réseaux et les services de transports concernant l'année de référence.

Le programme déclare qu'il trouve 6018 arcs dans les réseaux du scénario de base, à savoir l'année de référence. En combinant les routes de transports collectifs et les opérateurs, l'ensemble fait un réseau multimodal de 23591 connecteurs. L'écran de l'*attribution initiale* affiche une fin normale et sans erreur.

```

P A S O S :  PATH SEARCH BY MODE

READING PARAMETERS AND DATA

TESTING FOR DUPLICATE LINKS...

Total number of links in the network:
      6018      23591

PATH SEARCH BY MODE
ADY   Mod    1 ( 10%)   a=(  1%)
ADY   Mod    1 (100%)   a=( 27%)

Run time:
      18.733 mins
NORMAL END OF
STOP P A S O S

TRANUS 2012-11-14 v12.11.1

Copyright (C) 1983-2012 Modelistica, Caracas
Copyright (C) 1983-2003 Beatriz Perez, Caracas
Copyright (C) 1985-2012 Juancarlo Anchez, Caracas
Some rights reserved.

```

Figure 3-29 L'arrêt normal du programme PASOS – la recherche d'itinéraires

3.5.2 DEUXIÈME PHASE DE LA CALIBRATION DU SOUS-MODULE TRANSPORT ET L'INTERFACE TRANSPORT-ACTIVITÉ-LOCALISATION

Il n'y a pas de désignation spécifique pour cette dernière phase de calibration. Au lieu de l'appeler l'ajustement final de l'interface transport-activité-localisation, l'auteure préfère définir cette étape comme la deuxième phase de la calibration du sous-module de transport. En effet, l'objectif ultime des derniers ajustements est d'atteindre la convergence dans l'ensemble du système TRANUS.

Du côté d'activité-localisation, deux indicateurs sont évalués, respectivement la convergence des prix (ConvPric) et la convergence de quantités de productions (ConvProd). Ces deux indicateurs de convergences sont affichés après le déroulement des programmes COST et LCAL. Sur l'écran d'activité-localisation, une table s'affiche avec les plus mauvais cas (zones) par itération. La convergence concernant les activités et les usages de sols doit s'établir secteur par secteur. Le modélisateur

doit fixer le nombre d'itérations et le critère de convergence. Pour notre application, 200 itérations sont attendues avec un taux de convergence de $1E-6$.

Les résultats de l'itération numéro 199 est affichée. Dans notre exemple, le secteur 2 Industrie (EIndus) affiche une convergence de 0,000067 (0,0067%) dans les prix. Comme la table n'indique seulement le pire cas, à savoir, la zone dans laquelle le prix du secteur change le plus comparé à l'itération précédente, et celui-ci a eu lieu dans la zone 1. La production ne varie pas, car l'industrie est un secteur totalement exogène. Deux colonnes additionnelles montrent les productions exogènes et endogènes cumulées jusqu'à cette itération. De même, puisque le secteur 2 – l'industrie – est totalement exogène, seule la quantité de production exogène est affichée, dans ce cas, 51880 emplois.

Le taux de convergence prédéfini à $1E-6$ est probablement un objectif trop exigeant à atteindre. Mais les convergences achevées, affichés sur l'écran d'activité-localisation sont tout

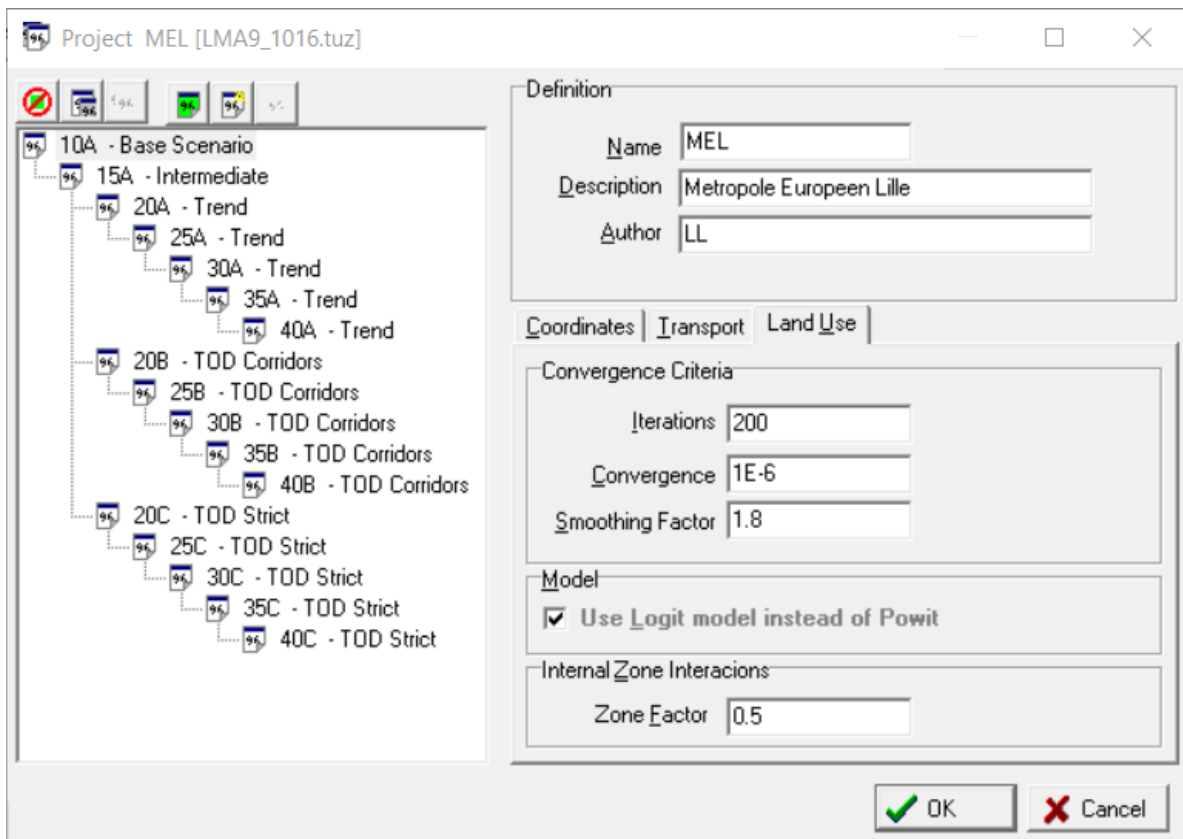


Figure 3-30 Paramétrage du nombre d'itération et du critère de convergence pour le sous-module d'activité-localisation

à fait satisfaisants. Il n'est donc plus nécessaire d'augmenter le nombre d'itérations. Ce résultat étant conforme à la pratique et aux attendus admis dans la manipulation du programme TRANUS, et en l'espèce les résultats

de la modélisation ont été validés par le concepteur de l'outil³⁴, on conclut la convergence finale du sous-modèle activité-localisation.

Puis, le programme FLUJ est mis en fonctionnement automatiquement. Seul un rapport

Iter 199							
Convergence indicators							
Sector	ConvPric	Zon	ConvProd	Zon	ExogProd	InducProd	
1 ERetail	0.000000	517	0.000000	242	0.	260163.	
2 EIndus	-0.000067	1	0.000000	0	51880.	0.	
3 EPublic	-0.000003	17	0.000000	0	168560.	0.	
11 RHHigh	0.000000	240	0.000000	350	0.	161137.	
12 RHMed	0.000000	240	0.000000	402	0.	132926.	
13 RHLow	0.000000	240	-0.000000	52	0.	184197.	
21 LUCollec	-0.000001	486	0.000009	486	0.	2336.	
22 LUMed	0.000006	1	-0.000053	1	0.	36011.	
23 LUDetch	-0.000005	1	-0.000020	1	0.	11810.	
31 LBPark	-0.000004	346	-0.000039	346	0.	1264.	
32 Lind	-0.000575	1	0.009432	1	0.	10924.	
33 LPublics	-0.000058	1	-0.000192	1	0.	3593.	
34 LurbMixe	-0.000006	173	0.000001	173	0.	2599.	

Figure 3-31 L'avant-dernière itération démontrant la tendance de convergence du sous-module "activité-localisation"

³⁴ Échange par mail avec Pr. De La Barra le 09/02/2016.

d'avancement est affiché, mais au cours de ce programme, les transformations de flux pour l'interface transport-activité-localisation sont exécutées.

L'*attribution finale (Assignment)* de flux de transport signale également les résultats de toutes les itérations, comme montré sur la saisie d'écran suivante :

Du côté du sous-modèle de transport, la convergence s'évalue avec deux indicateurs également : la convergence de flux et celle de vitesses. De nouveau, l'écran expose le pire cas, à savoir, le connecteur qui fluctue le plus. Lors de la première itération, la variation est de la valeur 1 (100%) car il n'y a pas de flux avant la première itération. La vitesse peut être comparée, car après quelques itérations, il peut y avoir de la congestion ralentissant les véhicules. Le programme TRANS du système prend du temps à fonctionner. Pour cette raison, nous avons décidé de n'itérer que 15 fois. Dans cet exemple, le pire des cas de la dernière itération a eu lieu dans le lien 8733-8714 et celui de 8733-8721. Mais ces variations restent dans une plage acceptable. Donc, validé encore une fois par le concepteur du logiciel, nous avons réussi à obtenir la convergence pour le scénario de base concernant tous les modules.

Celle-ci marque la fin d'un bouclage des programmes de l'ensemble du système. Mais il est

nécessaire de mentionner ici que le sous-modèle activité-localisation a fonctionné avec les coûts et les désutilités de transports provenant de l'attribution initiale du sous-modèle de transport, basé sur un réseau vide et les vitesses de libre-circulation. Une fois que le sous-module d'activité-localisation termine son premier tour, le sous-module de transport est de nouveau appliqué, cette fois-ci donnant lieu aux coûts et aux désutilités de transports dans un environnement chargé et congestionné. Ces valeurs affectent la localisation des activités et les usages des sols au retour. Donc, il est nécessaire de refaire fonctionner les programmes *localisation* et *attribution*. Il n'y a pas besoin de refaire fonctionner la recherche d'itinéraire ni l'attribution initiale. Ces deux programmes écraseront ceux qui ont déjà été calculés et seront des répétitions inutiles.

En théorie, l'ensemble du programme doit boucler de nombreuses fois avant l'atteinte de l'équilibre. En réalité, nous avons passé presque un an à atteindre la convergence globale. Pour rester succinct, nous avons seulement montré les résultats finaux. Dans les prochaines parties, les résultats issus des sous-modules vont être présentés. Nous montrons la cohérence entre les résultats simulés et les analyses issues des recensements, des enquêtes, et des observations réelles.

Figure 3-32 Les itération pour le sous-module de "Transport" démontrant la tendance de convergence, capture-d'écran

Iter	Categ	Origin	ConvObj	ConvFlows	Worst	ConvSpeed	Worst
1	5	536	0.0000010 F	1.000000	(521 8809)	V 0.47184	(8733 8714)
2	5	536	0.0000010 F	0.61822	(2050120502)	V 0.49594	(8733 8714)
3	5	536	0.0000010 F	0.66391	(2050120502)	V 0.49730	(8832 8838)
4	5	536	0.0000010 F	0.72665	(2050120502)	V 0.49652	(8832 8838)
5	5	536	0.0000010 F	0.58280	(2050120502)	V 0.48918	(8636122901)
6	5	536	0.0000010 F	0.74878	(2050120502)	V 0.47376	(8636122901)
7	5	536	0.0000010 F	0.56172	(2050120502)	V 0.41349	(8636122901)
8	5	536	0.0000010 F	0.75607	(2050120502)	V 0.27125	(8838 8846)
9	5	536	0.0000010 F	0.60751	(2050120502)	V 0.11078	(8714 8636)
10	5	536	0.0000010 F	0.43568	(2050120502)	V 0.12435	(8636122901)
11	5	536	0.0000010 F	0.27911	(2050120502)	V 0.09905	(8733 8714)
12	5	536	0.0000010 F	0.16350	(2050120502)	V 0.11104	(8733 8721)
13	5	536	0.0000010 F	0.11820	(8655 8623)	V 0.11526	(8733 8714)
14	5	536	0.0000010 F	0.14523	(8655 8623)	V 0.14058	(8733 8721)
15	5	536	0.0000010 F	0.15435	(8655 8623)	V 0.16184	(8733 8714)
Run time:							
11.967 mins							

Chapitre 4 **UN SCENARIO DE « CORRIDOR URBAIN » POUR L'AGGLOMERATION LILLOISE EN 2040 : ENSEIGNEMENTS D'UNE MODELISATION INTEGREE DES TRANSPORTS ET DE L'USAGE DU SOL**

Dans ce dernier chapitre, nous allons exposer les résultats issus de notre expérimentation. Il s'agit de tester les futurs possibles de notre territoire au sein d'une application de modélisation comme dans un laboratoire en sciences naturelles. Trois visions différentes sont envisagées, qui peuvent générer des effets variables sur la morphologie du territoire et sur les comportements humains en termes de localisation et de déplacement.

Une première vision ne prévoit pas d'intervention publique nouvelle. Aucune limite d'urbanisation ou de réaménagement de transport est engagé par les acteurs publics. Les marchés économiques sont les seuls facteurs exerçant des conséquences sur la ville et les réseaux. Cette vision de développement – libre aux marchés – est inscrite dans le scénario tendanciel, le scénario A.

Le deuxième scénario – B – envisage une politique d'usage de sols, mais seulement sur les espaces de corridor que nous allons définir au début du quatrième chapitre.

La différence entre le troisième scénario C – appelé TOD stricte – et le B réside dans la maîtrise de la périurbanisation. Tandis que le B encourage de densification uniquement en ouvrant l'urbanisation dans les espaces de corridor, le C met en place une interdiction de

construction, donc de densification en dehors des espaces de corridor.

Lorsque nous parlons du TOD, nous pensons toujours aux actions liées aux zones prioritaires le long des axes de TC lourd et ignorons souvent les espaces ruraux ou périurbains peu denses.

Dans ce chapitre, nous illustrons les différences en termes d'impacts qui se présentent de façon remarquable entre une compréhension étroite du TOD et une compréhension comparativement plus complète du TOD. Ces impacts concernent la morphologie du territoire, les choix de localisation des ménages et les choix de déplacement.

Nous allons, dans ce même chapitre, démontrer l'efficacité des seules actions en termes d'usage de sol. Ces actions ne nécessitent pas de coûts exorbitants pour les collectivités comme peut en engendrer un projet de transport, mais font ressortir clairement la distinction, en termes de qualité de vie, d'un espace de corridor vis à vis du reste du territoire. Les différences entre les espaces situés à l'intérieur et ceux situés à l'extérieur du corridor se traduisent dans les différences de densités de ménages, de prix au sol, dans les indices d'habitabilités et les présences de ménages de différentes catégories.

Ces maîtrises volontaristes d'usage de sols sont aussi puissantes pour exercer des impacts significatifs sur la mobilité des personnes. Une mobilité plus durable est clairement ressortie dans le scénario TOD stricte, à travers les déplacements plus nombreux et de petites distances, de temps de voyage réduit et une répartition modale plus équilibrée.

Nous concluons dans cette partie que les actions d'usage de sol aident à maîtriser nos consommations d'espaces et d'énergies, en plus d'apporter des bénéfices tant aux collectivités qu'aux habitants du territoire.

4.1 HYPOTHESES DE NOTRE APPLICATION ET LES SCENARIOS

Nous avons maintenant exposé les théories urbaines qui orientent les futurs développements territoriaux, et nous disposons d'un modèle calibré pour servir de base à une étude prospective. Cependant, ce travail ne peut être compris comme un travail de prévision. Une étude de prospective vise à s'interroger la soutenabilité des tendances repérées et les inflexions envisageables ; tandis qu'un travail de prévision cherche seulement à prolonger les tendances enregistrées. Notre étude prospective consiste donc à prendre en compte les ruptures non pas pour prévenir l'avenir, mais pour se doter d'un cadre d'intelligibilité capable de mettre en lumière : d'une part, les mutations potentielles en fonction des contraintes qui pèsent sur l'usage du sol et sur la mobilité des personnes ; d'autre part, les leviers sur lesquels les politiques publiques pourraient agir pour tenir compte de cette nouvelle donne.

Dans cette optique, l'exercice de prospective se traduit généralement par la constitution de scénarios. Leur principal intérêt n'est pas la capacité prédictive, mais la dimension politique au double sens de ce terme : la politique comme lieu de détermination des grandes orientations collectives et la politique comme programme d'actions dans un ou plusieurs domaines donnés. En d'autres termes, les scénarios doivent être capables de mettre en lumière les enjeux politiques des évolutions en cours en matière de mobilité urbaine, et les moyens d'y faire face.

4.1.1 HYPOTHÈSES GÉNÉRALES DE L'APPLICATION

Sur cette base, nous avons d'abord retenu comme hypothèse que, dans les vingt prochaines années, nos façons d'utiliser les sols et d'organiser les fonctions prendront une

importance croissante. Nous formulons l'hypothèse qu'il sera de moins en moins souhaitable de laisser la tendance à l'étalement urbain continuer ce qui signifie que des inflexions majeures devront être envisagées.

Une ligne de conduite pourrait alors caractériser les choix collectifs et les efforts publics qui en découlent. Il s'agit de l'objectif choisi pour faire face à la pression croissante en faveur d'une vie de proximité et d'un cadre de vie plus dense, à la place d'une vitesse virtuelle élevée pour parcourir des longues distances. Souhaitons-nous réaliser la proximité *via* une approche physiquement géographique, en rendant les zones de vie plus mixtes et coordonnées ? Si oui, est-il possible de déduire l'utilisation de sols non-urbanisés afin de recycler les sols déjà urbanisés ?

Si nous avons d'ores-et-déjà justifié notre orientation politique au sein du territoire d'étude, celle du TOD et du corridor urbain vis-à-vis des politiques d'aménagement métropolitaines et régionales, la deuxième hypothèse provient des différents moyens utilisés pour atteindre les objectifs choisis. Deux grandes variantes apparaissent là : soit un recours à une réorganisation des réseaux de transports sera privilégié ; soit, une sollicitation préférentielle, voire une obligation à un réagencement de l'usage du sol sera confirmée.

La première variante est souvent retenue pour les politiques publiques comme l'approche prioritaire, car les projets de réorganisation de réseaux engendrent généralement un investissement significatif. De plus, les actions menées sur les réseaux d'infrastructures ou sur les services de transport se situent pleinement dans le domaine de compétence des collectivités. En termes d'efficacité, un projet de transport, malgré la durée des travaux et de mise en opération, peut avoir des répercussions immédiates sur la mobilité des personnes.

En revanche, avec la deuxième variante, une action permettant une construction ou interdisant un aménagement, n'implique pas nécessairement des investissements lourds. Comparé à un projet de transport, le coût de réalisation d'un projet urbain ponctuel n'est pas susceptible de menacer l'économie d'ensemble du territoire. Cependant, cette deuxième variante, portant sur une réaffectation des sols, a un écho si et seulement si une politique de réaménagement est réellement exercée sur un ensemble de quartiers de façon cohérente et coordonnée. Mais, la collectivité possède souvent une part limitée de maîtrise sur le parc immobilier. L'offre de logements et des bâtiments aux usages industriels ou tertiaire, ainsi que leurs prix fluctuent, non pas en fonction de la seule demande selon le marché, mais généralement dominé par les actions des promoteurs immobiliers. Ces promoteurs préfèrent aller là où il y a des bénéfices à court terme, et demandent à la commune pour l'octroi de permis de construire. Cependant, la collectivité ne retire pas nécessairement de bénéfice de ces propositions de projets qui structurent pourtant fondamentalement le cadre de vie en commun. Une incitation municipale sur le pourcentage de logements sociaux ne semble pas bien fonctionner, car le non-respect de cette « obligation » peut être compensé par une amende plutôt bon marché pour une municipalité aisée.

Du point de vue de l'efficacité, la réaffectation de l'usage des sols produit un effet sur une durée relativement longue. Un changement de lieu de résidence ou de travail constitue une décision plus réfléchie que celle d'un changement d'itinéraire ou de mode de déplacement. Ainsi, la deuxième variante est selon nous, une voie pour la réalisation de nos objectifs, certes plus longue à démarrer et à produire des effets, mais moins coûteuse, et potentiellement bénéfique pour l'ensemble de la population. Afin de retrouver une vie de

proximité et un cadre de vie plus dense (« intense »), nous ne sommes pas obligés de développer des projets de transports d'envergure, mais nous pouvons y parvenir en réalisant une série de petites actions locales, encadrées par un point de vue global.

Cette ligne de conduite, centrée sur le réaménagement du sol, guide la conception des scénarios. Il est clair que les actions sur le sol ne sont pas la seule variable dans notre système territorial. Il serait sans doute naïf de réaliser une étude prospective en considérant, dans ce système complexe, un unique élément variable. Par exemple, l'influence seule des technologies de transport sur la mobilité des personnes ; ou le degré d'obligation d'un changement comportemental *via* une incitation ou une restriction monétaire d'un produit de base ; ou bien, une modification de la valeur sociale et des habits à travers une modification du pouvoir individuel ou de la hiérarchie sociale ; ou encore, des subventions tarifaires ou des taxes sur le logement ou sur les modes doux en vue d'une unification des localisations et déplacements traversant toutes les catégories socio-professionnelles. Face à ces enjeux, Notre application considère donc une poursuite des habitudes individuelles et un maintien des valeurs sociales.

Notre objectif est d'étudier les impacts globaux et locaux des usages du sol, et les modifications portant sur différentes catégories de ménages et les différentes catégories de demandeurs de transports. Les principales tendances observées dans le passé sont considérées comme perdurant : le développement régularisé des réseaux de transport, les améliorations des services publics, et les choix rationnels et immédiats des consommateurs.

La première chose à considérer pour tous les scénarios futurs est la croissance de la population et le changement tendanciel de la structure des ménages. Prévisible et relativement

certaine, la croissance démographique est un des prérequis pour le développement urbain. En effet, le développement économique n'aurait pas de sens s'il n'y a pas de dynamique démographique (solde naturel et mouvement migratoire). En second lieu, le développement des transports en cours et prévu est inclus dans les scénarios, par exemple, la régulation des fréquences et capacités de transports collectifs, l'insertion des pistes cyclables, ou de voies de bus réservées, etc. La différence majeure entre les trois scénarios réside dans les contraintes d'usage des sols.

4.1.2 LA STRUCTURATION DES SCÉNARIOS

Dans l'idée de tester le modèle du TOD et du corridor urbain, et plus concrètement la mise en place d'une politique de réorientation de l'usage de sol, nous avons élaboré notre démonstration à partir de trois scénarios, représentant trois visions différentes, tout en se basant sur une même année de référence. Cette étude prospective prend son point de départ à l'année 2010, et s'étend sur une période de 30 ans jusqu'à l'horizon 2040. L'année 2010 est donc définie comme la référence de tous les scénarios. Les évolutions peuvent être observées toutes les cinq ans, définissant les phases intermédiaires du développement et le pas de modélisation.

Or, pour le premier pas, l'année 2015, nous disposons déjà de données, qui n'étaient cependant pas disponibles au moment où nous avons débuté notre travail. La phase intermédiaire 2010-2015 est donc commune aux trois scénarios et supposent les mêmes évolutions et des relations offres-demandes de nouveau équilibrées. Cependant, faute de la disponibilité de données actualisées jusqu'à l'année 2015, nous ne pouvons pas réaliser le même processus de calibration que pour l'année 2010. Ainsi, l'équilibre simulé traversant le premier pas de modélisation ne peut être totalement comparé à l'évolution réelle pen-

dant ces cinq ans. La corrélation entre le modèle et les données réelles est donc seulement vérifiée à l'année ponctuelle 2010, grâce aux données que nous avons pu recueillir, mais non sur la période de temps allant, de 2010 à 2015.

Ce choix de conception ne correspond pas à une faiblesse de notre application. Au contraire, nous sommes dans l'attente d'une mise à disposition de données nécessaires afin de pouvoir procéder à la double-vérification pour l'année 2015. Sous contraintes de disponibilité de données, il est ainsi compréhensible que l'année de référence définie en 2010 soit un choix responsable et rationnel.

Le premier scénario, désigné Scénario A poursuit les tendances actuelles du marché, et est dépourvu de toute politique spécifique sur l'aménagement du sol. Comme son nom « Trend » ou « au fil de l'eau » l'indique, aucun changement d'ampleur n'est envisagé dans les 25 ans à venir. Seul le mécanisme des marchés est en jeu et il n'y a pas de contraintes sur la production, ni sur la demande, ou sur les prix dans ce scénario tendanciel.

Le scénario B est motivé par le concept urbain de TOD et sa déclinaison, celle du modèle du Corridor urbain. Il s'agit d'autoriser l'aménagement continu dans une série de zones pré-sélectionnées et en même temps d'interdire l'urbanisation dans les zones actuellement peu denses. La reconversion des sols en friche (abandonnés ou utilisés) est encouragée, plus particulièrement, dans les zones proches des axes de transports collectifs lourds. En revanche, nous avons convenu que les sols ruraux dans les zones peu desservies par les transports collectifs lourds ne peuvent être transformés, dans un sens entraînant un changement de fonction autre que l'agriculture ou la fonction paysagère. Donc, parmi les 519 zones dans l'application, 214 sont qualifiées en tant que zones TOD, principalement

caractérisées par leur potentialité morphologique pour une mobilité de proximité. Dans ce même scénario, il reste possible de construire hors du corridor, mais seulement en densification. Nos critères pour l'identification des zones TOD seront précisés dans la partie [4.1.2](#).

Le scénario C vise quant à lui à tester le principe que le seul réaménagement des zones TOD n'est pas suffisant, et que la densification des zones TOD n'oriente pas nécessairement une morphologie de ville intense. Car l'interdiction de l'urbanisation dans les zones peu denses n'empêche pas forcément les constructions d'immeubles sur les sols déjà urbanisés et peut parfois déboucher sur les effets non désirés, un paysage périurbain de grands ensembles par exemple. Cela ramène la question de la densité et de la diversité pour une même quantité de consommation de sols. Faute de données pour l'année de référence, nous avons seulement reproduit les différentes typologies de sols, et les typologies de constructions ne sont pas spécifiées dans l'ensemble des scénarios de notre application. Le modèle peut donc identifier les sols ouverts à l'urbanisation, ainsi réguler la densité et la diversité selon les besoins exprimés dans différentes zones, qu'elles soient TOD ou non. Une même superficie de sols peut donc inclure des consommations de surfaces-plancher différentes, en augmentant le volume ou la hauteur des constructions. Cela veut dire également que l'interdiction d'urbanisation dans les zones non-TOD n'interdit pas leur densification. Le scénario C se distingue du B en limitant les constructions périurbaines. Tandis que l'ouverture à l'urbanisation dans le B est restreinte, le C réprime toutes nouvelles constructions dans les zones périurbaines, même sur les sols déjà urbanisés.

La différence des scénarios B et C réside principalement dans la compréhension du concept du TOD. En effet, les zones proches des lignes de transport en commun sont souvent privilégiées dans les projets de réaménagement, alors que les zones n'ayant pas le potentiel à devenir TOD manquent souvent d'attention. Donc, en plus du réaménagement dans les zones privilégiées, le scénario C considère que les zones non-privilégiées nécessitent une politique volontariste particulière non seulement sur les sols, mais aussi sur les constructions. Le C dépasse donc une compréhension locale du TOD et une application linéaire du modèle du corridor. Il étend le concept du TOD à une stratégie globale, sur l'ensemble du territoire. L'action de densification des zones TOD et celle de limitation de la densification dans les autres zones s'exercent sur le territoire métropolitain de façon complémentaire.

Nous montrerons donc les trois scénarios dans la suite du chapitre en les comparant aux situations de l'année de référence.

4.1.3 LE PÉRIMÈTRE ET LE DÉCOUPAGE DU TERRAIN D'ÉTUDE

L'Enquête Ménages Déplacements de la région Nord-Pas de Calais (ERMD, 2009) témoigne du fait que la mobilité des pendulaires dépasse le périmètre strict de la MEL. Le flux d'échanges avec la couronne sud est considérable par rapport aux flux s'inscrivant à l'intérieur de la MEL. Nous avons donc décidé d'élargir le périmètre d'étude à celui de l'arrondissement, afin de mieux appréhender les macro-distributions de localisations et de déplacements. En effet, les choix en matière de transport pris au niveau de Lille Métropole peuvent avoir une influence au-delà des frontières de son territoire, notamment en termes d'étalement urbain. La réflexion sera donc menée au-delà des frontières de Lille Métropole jusqu'à celles de l'arrondissement. Cependant il faut noter qu'une part importante des flux

échappe à notre périmètre : il s'agit des relations avec l'ancien bassin minier, dénommé aujourd'hui Arc Sud de l'agglomération. Nous concentrant sur la métropole lilloise nous

avons choisi de ne pas étendre le périmètre d'analyse à cette échelle, malgré son importance fonctionnelle.

	2012	%	2007	%
Ensemble	482 868	100	476 687	100
Travaillent :				
dans la commune de résidence	132 366	27.4	135 651	28.5
dans une commune autre que la commune de résidence	350 502	72.6	341 036	71.5

Tableau 4-1 Lieu de travail des actifs de 15 ans ou plus ayant un emploi qui résident dans l'arrondissement de Lille ; Sources : Insee, RP2007 et RP2012 exploitations principales.

En plus de l'étendue du périmètre d'étude, nos analyses s'affinent dans les zones urbaines denses *via* un découpage détaillé. Comme l'illustre le tableau ci-dessus, plus d'un quart de déplacements domicile-travail sont réalisés à l'intérieur d'une même commune. Pour cette raison, nous avons besoin de rétrécir le découpage afin d'étudier les flux interzonaux. Un zonage fin nous permet de bien représenter les fonctions diverses de proximité et de mieux capter les micro-dynamiques de localisations et de déplacements. À Lille, comme dans les pôles secondaires, un maillage IRIS³⁵ a été choisi. Les communes périphériques conservent leur zonage administratif. Ce choix de zonage permet d'avoir un nombre relativement homogène d'habitants et d'emplois sur chaque zone.

territoire de ces communes en "quartiers" dont la population est de l'ordre de 2 000 habitants.

³⁵ Selon la définition de l'INSEE, l'IRIS correspond à un découpage de base de la diffusion de statistiques infracommunales, constitue une partition du

4.1.4 LES ZONES TOD ET LE CORRIDOR DANS LE TERRITOIRE

Nous avons d'abord identifié 214 IRIS ayant la potentialité de devenir des zones TOD. Elles sont situées à proximité des axes de transports collectifs lourds (Tram, TER reliant Lille-Roubaix-Tourcoing, et les deux lignes de métros). À l'aide d'un système SIG, QGis, des tampons représentant les zones accessibles en modes doux ont été créés, centrés sur les arrêts, les stations ou les gares avec un rayon de 500m en moyenne. Lorsqu'une IRIS est localisée dans les zones tampon avec une superficie au

« zones TOD » parmi tous les IRIS (214 sur 519) ont été réalisés à l'aide de googlemap et d'openstreet map.

La Figure 4-1 illustre nos choix de zones dans l'espace du corridor. Ces choix reposent sur l'usage actuel du réseau de TC. Si les trois branches du tramway sont retenues pour des raisons historiques et patrimoniales, les deux lignes de métros sont sélectionnées pour leurs niveaux de fréquentation. L'ensemble des axes de tramways avec les voies rapides et secondaires reliant Lille-Roubaix-Tourcoing (LRT) forme le Grand Boulevard – espace linéaire conçu depuis plus d'un siècle. Les lignes de métro sont plus récentes que le Grand Boulevard, mais ce sont les axes les plus emprun-

Tampons des arrêts de transports publics structurant les espaces de corridor et le contour des IRIS sélectionnés en tant que zones TOD

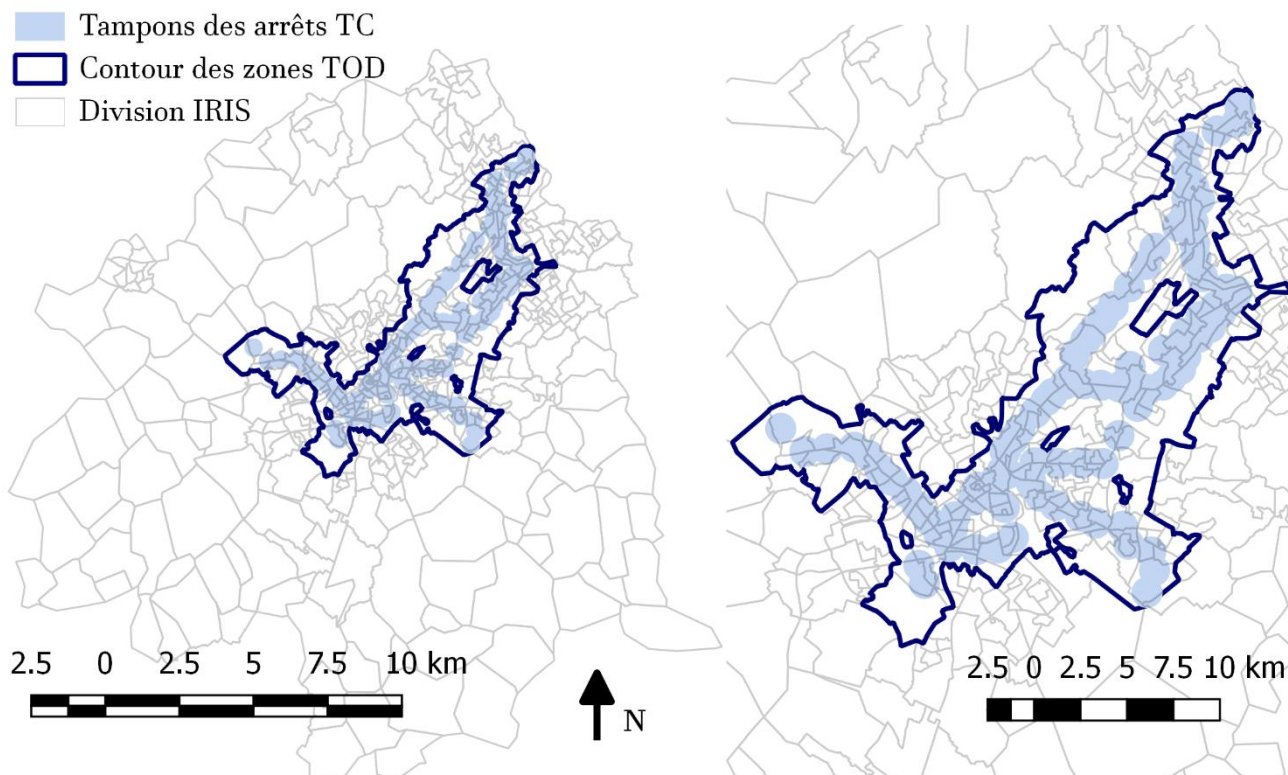


Figure 4-1 Selection des IRIS en tant que zones TOD à partir des tampons des arrêts de TC structurant les espaces de corridor

sol significative, elle est sélectionnée en tant que « Zone TOD ». Des ajustements des

tés parmi toutes les lignes de TC de l'arrondissement de Lille.

Nous avons volontairement exclu les axes de TER en tant qu'épine dorsale d'un espace de corridor. En effet, notre recherche vise à travailler sur les corridors urbains. La portée spatiale d'une ligne TER dépasse aisément l'arrondissement de Lille et comprend beaucoup de flux d'échanges. Alors que dans nos études, les flux d'échanges sont inclus comme des données exogènes, qui ne diffèrent pas selon le scénario. Pour une application du TOD et des corridors portés par les axes de TER dans le Nord-Pas-de-Calais, les lecteurs pourront consulter la thèse de doctorat de Fausto Lo Feudo (Lo Feudo 2014).

En deuxième point, les zones desservies exclusivement par les Lianes de la métropole ne sont pas englobées dans les espaces de corridor urbains. Plusieurs raisons rentrent en ligne de compte pour justifier ce choix. En premier lieu, à l'heure de nos travaux de recherche, les lianes ne sont pas réellement des Bus à Haut Niveau de Service (BHNS), dans le sens strict du terme.

En effet, tandis que certains tronçons offrent une circulation réservée aux bus et aux vélos, d'autres ne fournissent pas de voies spécifiquement dédiées aux bus. Les lianes circulent donc soit avec les voitures, et dans ce cas, subissent la congestion routière ; soit avec les vélos, et dans ce cas, doivent éviter toutes collisions avec les cyclistes, considérés comme des usagers fragiles partageant la même voirie. Deuxièmement, le projet d'amélioration des lignes de lianes n'est, au moment où se déroule notre travail, pas encore entièrement fixé. Plusieurs tracés ont été proposés lors de nos séances de discussion avec les acteurs de la Communauté Urbaine. Il s'avère que le projet de lianes dérive de celui du Tram-Train, qui a été abandonné faute de budget suffisant. Les tracés des lianes, encore en projet, découlent d'une volonté politique qui continue d'évoluer. Plutôt que de risquer de tester une hypothèse non réaliste, surtout durant le changement de

mandat, nous avons choisi de laisser les lianes de côté, car peu de signes nous semblent clairs pour indiquer une amélioration univoque des infrastructures de BHNS.

Une fois la décision sur les modes de transport prise, nous avons procédé en identifiant les zones de chalandises des axes de TC lourds choisis. Pour cela, il faut d'abord localiser les arrêts de métro et de tramway dans un système SIG. En l'occurrence, nous avons choisi QGIS pour son caractère libre et sa dynamique de développement, supporté par une communauté d'échanges active. À partir de chaque arrêt de transport, un cercle d'un rayon de 500 mètre a été dessiné. Ces cercles autour des arrêts de TC, nommés les tampons, représentent les zones de chalandises privilégiées, d'accès théoriquement facile en modes doux. Si la vitesse de la marche est en moyenne 5 km/h, les piétons atteindraient les bordures des tampons en seulement 6 minutes environ. Si les chemins comportent des détours, le temps d'accès à l'arrêt de TC peut être allongé. Au contraire, si la conception urbaine rend le chemin agréable à parcourir, le temps passé avant d'accéder à l'arrêt peut être perçu comme court à parcourir. Le rayon de 500 mètres nous semble un bon compromis pour maîtriser un temps d'accès aux TC lourds, inférieur ou égal à 10 minutes, pertinent à l'échelle de la métropole et permettant de caractériser les environnements locaux des stations.

La couche vectorielle des tampons est ensuite croisée avec celle de la division zonale de l'ensemble du territoire d'étude. Comme cela a été mentionné dans la partie [définissant le sous-module « Activités »](#), nous avons adopté une division administrative de l'INSEE, combinée de celle de l'EMD de la métropole Lilloise. Pour la division zonale au sein de l'application du modèle, les villes denses sont dotées d'une division au niveau du périmètre d'IRIS, alors qu'aux zones peu denses correspond un périmètre communal. Ainsi, l'intersection entre la

couche de tampons et celle de division zonale nous permet de calculer la proportion de chaque zone concernée par la desserte de TC lourds. Plus cette proportion est grande et mieux la zone concernée est desservie, et plus un passager est susceptible d'emprunter le TC au départ de son lieu d'activité ou d'habitation.

Après avoir calculé la proportion de surface zonale croisant le périmètre de tampons, nous avons réalisé un premier filtrage des zones TOD. Les zones dont la proportion de superposition dépasse 30% sont filtrées en tant que zones TOD. Parallèlement, nous avons généré les centroïdes géométriques de toutes les zones. A partir de la forme polygonale représentant la frontière administrative, QGis calcule le centre gravitaire de chaque zone et le situe sur le fond de carte en tant que centre zonal. En effet, le centre géographique d'une zone ne situe pas nécessairement au centre gravitaire d'un polygone. A l'aide de GoogleEarth, nous avons accédé aux vues réelles et aux photos satellites afin d'ajuster le centre zonal. Ainsi, nous avons pu juger la distance effective entre un centre zonal et la zone de chalandise d'un arrêt de transport. Il est tout à fait possible qu'une zone soit proche de plusieurs arrêts de TC. Il est donc possible de créer plusieurs arcs reliant un centre zonal à tous les arrêts dans leur tampon de chalandise.

Si la distance la plus courte entre le centroïde ajusté et la bordure du tampon est trop importante, nous éliminons cette zone même si la superposition dépasse 30%. De même, si la distance de centroïde est relativement courte, mais la proportion de superposition peu importante, nous ne retenons pas non plus la zone au sein de nos espaces de corridor.

Après l'ajustement des centroïdes et un deuxième ajustement empirique, nous avons fina-

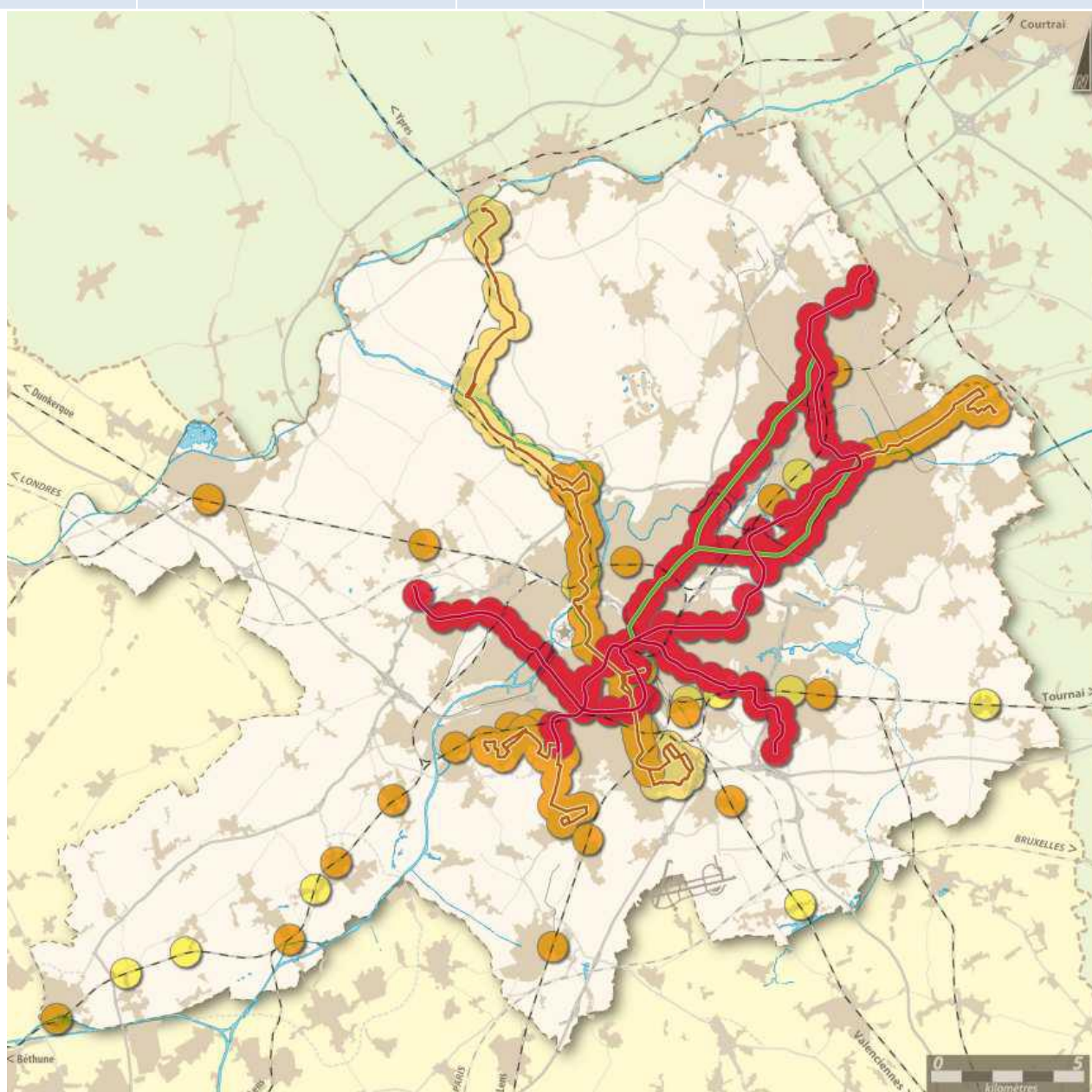
lement gardé 214 zones parmi 519 zones modélisées, en tant que zones TOD situées dans le corridor potentiel. Toutes ces zones sont susceptibles d'attirer l'attention des décideurs publics pour des actions de réaménagement, plus particulièrement, dans les scénarios B et C. D'un point de vue modeste et limité du prospectif, le non-choix des autres axes de TC s'avère rationnel, pour une considération privilégiée des zones sélectionnées.

Il s'avère que l'espace de corridor que nous avons dessiné correspond à la définition de notre problématique développée dans la partie [définition du Corridor et des hypothèses](#). A partir de la Figure 4-1, nous pouvons globalement figurer la macroforme du territoire et le caractère « privilégié » des deux corridors. Le premier est l'espace entre Lille centre et la partie nord-est du territoire, où se trouvent les communes de Roubaix et de Tourcoing. Le deuxième corridor se déploie à une échelle plus fine sur une longueur plus courte, mais il compose un espace plus continu. En observant les cartes zoomées, nous retrouvons une série de zones reliant Lomme (Lille) et Villeneuve d'Ascq, de l'ouest à l'est. Ces deux communes, desservies par une ligne de métro à forte fréquence, s'inscrivent dans un corridor urbain épais et sans rupture.

De plus, les zones TOD à partir desquelles nous avons dessiné l'espace des corridors correspondent à la volonté métropolitaine, précisée dans la partie [politique d'articulation entre l'urbanisme et les transports dans leur contexte territorial à partir des années 2000](#). Si nous comparons les zones que nous avons soulignées dans la Figure 4-1 à celles visées par l'étude des DIVAT, nous retrouvons une corrélation remarquable. En effet, dans le cadre du DIVAT, des objectifs de densités d'urbanisation ont été fixés en trois niveaux ; ils sont représentés sur la Figure 4-2.

Figure 4-2 Disques de Valorisations des Axes de Transport (DIVAT) dans le Plan de Déplacements Urbains de Lille Métropole (PDU Lille)

DIVAT de niveau	Caractère du service de transport public	Nombre de ménages par hectare	COS d'activités économiques	COS d'autres activités
1	Métro, tramway, tram-train urbain	> 70	> 1,5	> 1
2	Train régional, tram-train suburbain, BHNS urbain	> 35	> 1	> 0,5
3	Train régional, BHNS suburbain	> 35	> 1	> 0,5



Dans le tableau au-dessus de la carte, les objectifs de densités minimales sont introduits dans le cadre de l'étude DIVAT pour la préparation du SCoT – Schéma de Cohérence Territoriale. Les zones TOD nous permettant de définir notre espace de corridor correspondant aux DIVAT du premier niveau. Il est donc primordial de tester, au moins, la faisabilité des objectifs des politiques publiques à l'aide de notre application. Si ces objectifs sont atteints dans un de nos scénarios, cela constitue un indice favorable pour leur mise en pratique. Dans la partie suivante, [densité de ménages](#), la comparaison entre les objectifs et les résultats modélisés sera discutée.

4.1.5 SIMPLIFICATION DE LA RÉALITÉ DANS L'APPLICATION

En regard de la quantité de données entrées, notre application produit un grand nombre de résultats issus notamment de la simulation prospective. Nous pouvons alors interroger la soutenabilité des politiques prévues via un ensemble d'indicateurs pour apporter des éléments aux questions suivantes :

- 1) Est-ce que la mobilité des personnes poursuit une tendance à la croissance, à savoir une augmentation du nombre de voyages associée à une diminution de la distance moyenne parcourue, en rupture cette fois avec l'évolution enregistrée précédemment ?
- 2) A partir de quelles zones pouvons-nous retirer des bénéfices ? Dans les zones où nous limitons l'urbanisation, dans celles où nous engageons un réaménagement des terrains à recycler ? Est-ce que les bénéfices tirés sont en lien avec les services de transports ?
- 3) Pour qui ? c'est-à-dire pour quelles catégories de demandeurs de transport, ou pour quelles catégories de ménages ? Pour les opérateurs de transports, les consommateurs, ou pour l'administrateur ? D'où viennent ces économies et ces profits ?

Pour ces questions, nous avons retenu les hypothèses de base que nous détaillons ici : un temps de simulation uniquement pendant les heures de pointe du matin, à savoir entre 7h et 9h ; notre terrain de modélisation est celui de l'agglomération lilloise. Tous les déplacements de personnes plus de 11 ans sont simulés, pour les motifs domicile-travail, domicile-achat, domicile-éducation et domicile-services.

Les bus départementaux qui dépassent le périmètre de la communauté urbaine de Lille ne sont pas inclus dans notre modèle. En effet, nous ne disposons pas des tracés exacts des

lignes départementales. Dans le cadre de nos travaux de recherche, nous les avons acquis une par une via les sites-web qui nous proposent des itinéraires pour les trajets d'échange avec la communauté urbaine. Cette méthode minutieuse prend du temps, mais nous aide à compléter le réseau de bus dans la couronne sud de la métropole lilloise.

4.2 RÉSULTATS ISSUS DU MODÈLE D'ACTIVITÉ-LOCALISATION

4.2.1 DENSITÉ DE MÉNAGES

La densité est le premier indicateur nous permettant de caractériser morphologiquement un espace et de tester son potentiel à devenir un Corridor Urbain. Pour cela, nous avons vérifié s'il y avait une densité suffisante dans les espaces situés le long des axes de transport collectif. Pour chaque zone, une densité résidentielle et d'emplois est calculée, représentée respectivement sur la Figure 4-3 et la Figure 4-4. Le dégradé des rouge ou vert indique la variation des densités : les zones les plus foncées sont les plus denses.

La carte de densité résidentielle fait apparaître deux types de corridors : le premier type dessine notre territoire en toile d'araignée suivant les axes ferroviaires des trains régionaux. Ces corridors partagent tous un seul pôle dense comme point d'accroche, celui de Lille centre. À part cette extrémité centrale, attractive en termes d'habitats, les espaces restant de ce type de corridor ont des densités assez faibles. Nous visualisons ces corridors avec une teinte gris clair sur la carte et nous pouvons les qualifier de monocentriques, car ils suivent un simple gradient de densité du centre vers la périphérie. Le deuxième type correspond mieux au modèle urbain envisagé. Il est plus polycentrique et concentre l'habitat. L'un relie Lille avec Roubaix et Tourcoing (on le nommera LRT) ; l'autre relie Lille et Villeneuve d'Ascq et il apparaît plus clairement sur la carte zoomée. Ils sont à échelle urbaine avec peu de rupture de densité.

Le scénario 40A – en haut à droite de la Figure 4-3 – se caractérise par une redistribution de ménages vers les périphéries du territoire de l'arrondissement. La densification des zones périurbaines se réalise vers le nord, dans les communes de Bousbecque, Warvicq, Comines, Quesnoy-sur-Deûle, vers l'ouest, dans les

communes de Pérenchies, Campinghem, et Armentières, et vers l'est, dans celles de Chérengh, Baisieux, et Willems. Ce scénario provoque la diffusion d'une densité faible d'habitation vers la couronne sud notamment, sur la branche sud-ouest dans les communes de Santes, Wavrin, Sainghin-en-Weppes, Don, Allennes-les-Marais, Gondecourt, Houplin-Ancoisne, sur la branche sud dans celles de Phalempin, Seclin, et enfin sur la branche sud-est, dans les communes de Lesquin, Fretin et Templeuve.

Un développement urbain des grandes couronnes des villes denses est observé aussi, autour de Lille, de Roubaix et de Tourcoing. Aux alentours de Lille, les villes de première couronne comme Saint-André-Lez-Lille, Marquette-lez-Lille, Lambersart, Haubourdin, Faches-Thumesnil, Ronchin, Lezennes et Lesquins sont affectées par une densification du nombre de ménages. Autour de Roubaix et de Tourcoing, les villes de Wattrelos, Lys-lez-Lannoy, Lannoy, Hem et Neuville-en-Ferrain sont également touchées en raison de leur proximité avec les pôles denses. Sur le long de la liaison LRT, l'étalement connaît la même ampleur dans les communes de La Madeleine, Marquette-lez-Lille, Marcq-en-Barœul, Mons-

Densités de ménages en 2010A, 2040A, 2040B et 2040C

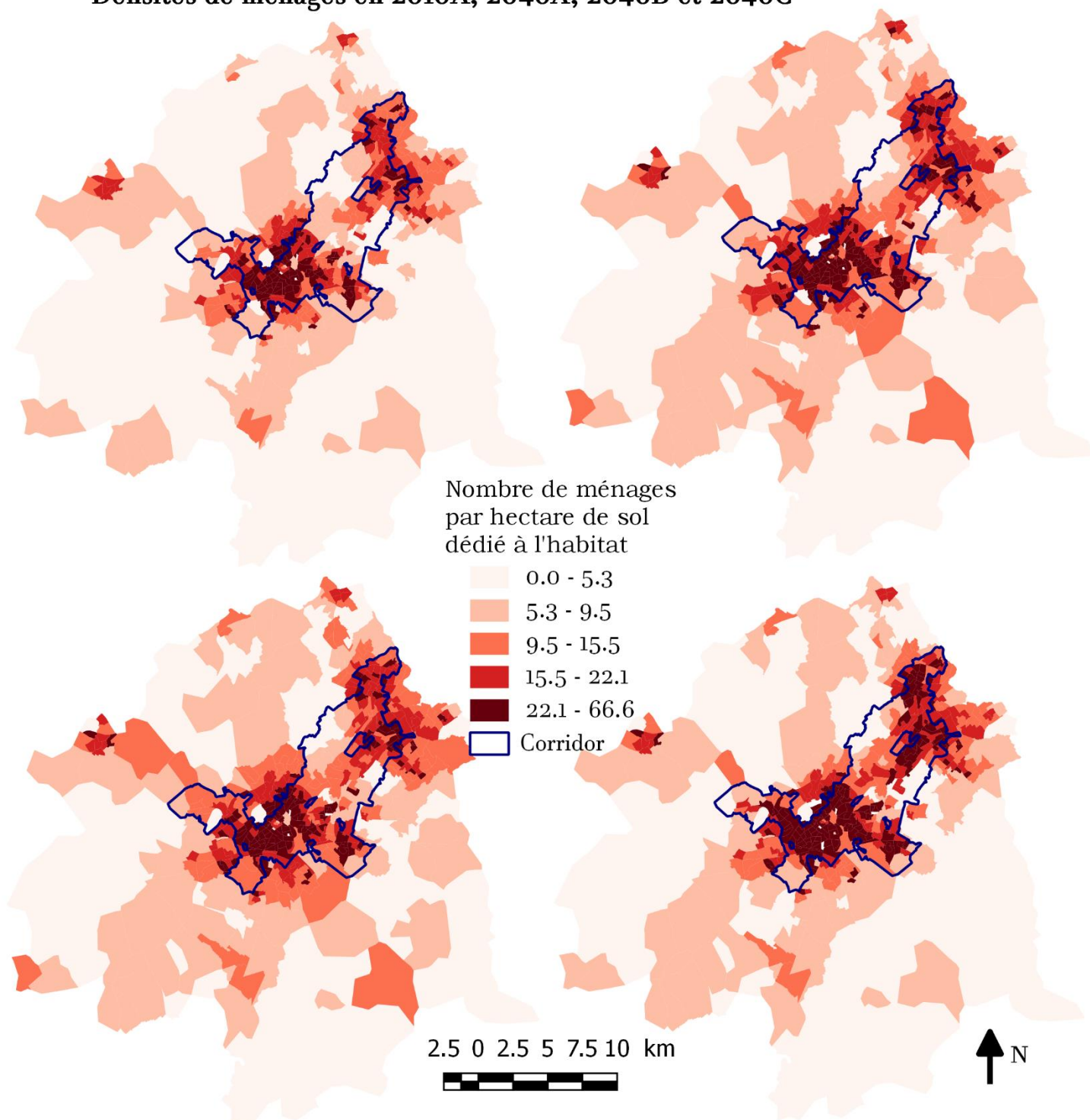


Figure 4-3 Evolution de densités de ménages selon scénarios A B et C

en-Barœul, Villeneuve-d'Ascq, Wasquehal, Croix et Mouvaux.

Comparé au 40A, le 40B n'a pas vraiment réussi à empêcher le mouvement de périurbanisation des ménages. Dans certaines communes périphériques, le rayon de l'étalement s'est même élargi, par exemple dans le versant

ouest de l'arrondissement, à Houplines, Prémesses, Lompret, voire Lomme qui fait partie de la municipalité de Lille aujourd'hui. La première couronne de Lille est également concernée par la migration résidentielle, plus marquée que dans le scénario 40A, à Marquette-lez-Lille et à La Madeleine dans le nord, et à Loos, Wattignies et Faches-Thumesnil dans le sud. Étant de densités relativement faibles (quatrième classe sur cinq), ces villes en proximité de Lille passent en densités moyennes (troisième classe). Le même phénomène de densification peut être observé à Mouvaux (dans l'espace du corridor), Roncq et Leers (en dehors du corridor).

Par contre, nous constatons un mouvement d'abandon des villes denses pour les pôles secondaires, avec la baisse de la population résidente à Tourcoing, Haubourdin et dans les zones bien desservies de Villeneuve-d'Ascq, d'Halluin, et même de Lille.

C'est justement l'effet inverse de ce que l'on imagine avec la mise en œuvre d'une politique TOD, car l'ouverture de l'urbanisation dans les zones TOD n'a pas réellement attiré les ménages pour leur choix d'habitat dans l'espace du corridor, au contraire, ils continuent de s'en échapper et se localisent dans les zones situées hors corridor. Cela s'explique car en laissant l'opportunité de construction sur les sols déjà urbanisés dans les zones peu denses, bien que celle soit freinée par l'interdiction de l'ouverture de nouvelles zones à l'urbanisation, les agents immobiliers ont la possibilité d'aller à l'encontre des ambitions de la planification. Les demandeurs de résidences choisissent les zones peu denses, avec des constructions nouvelles, et plus ou moins proches des centres villes. Grâce à un coût de transport toujours bon marché, les habitants peuvent se permettre de choisir la première couronne, ou même la plus lointaine périphérie pour les ménages de grande taille.

Malgré une légère hausse de densité moyenne dans l'ensemble du territoire, certainement obtenue grâce à l'augmentation du nombre de ménages, il n'y a pas d'approfondissement évident de l'écart de densité entre les zones TOD et celles hors TOD. La densité moyenne de ménages dans les zones hors corridor est même la plus forte parmi celles de tous les scénarios. Ce résultat provoque une interrogation sur l'effet néfaste d'une considération unique des zones TOD dans un territoire et incite à la réflexion.

En comparaison de 40A et 40B, le scénario 40C se caractérise par un net contraste tant au niveau de la tâche urbaine qu'en termes de densités. L'occupation des sols pour un usage résidentiel se rétrécit largement dans le scénario C. Non seulement les limites nord, ouest, sud-ouest, sud-est et est de l'arrondissement ne sont pas investies par la migration résidentielle, mais les limites des villes denses sont bien maintenues.

Les endroits les plus denses se concentrent dans les villes de Lille, Roubaix, Tourcoing, La Madeleine, Croix et Mouvaux, situés dans les différentes parties de l'espace du Corridor. Une densification se développe également dans la commune de Marcq-en-Barœul, dans

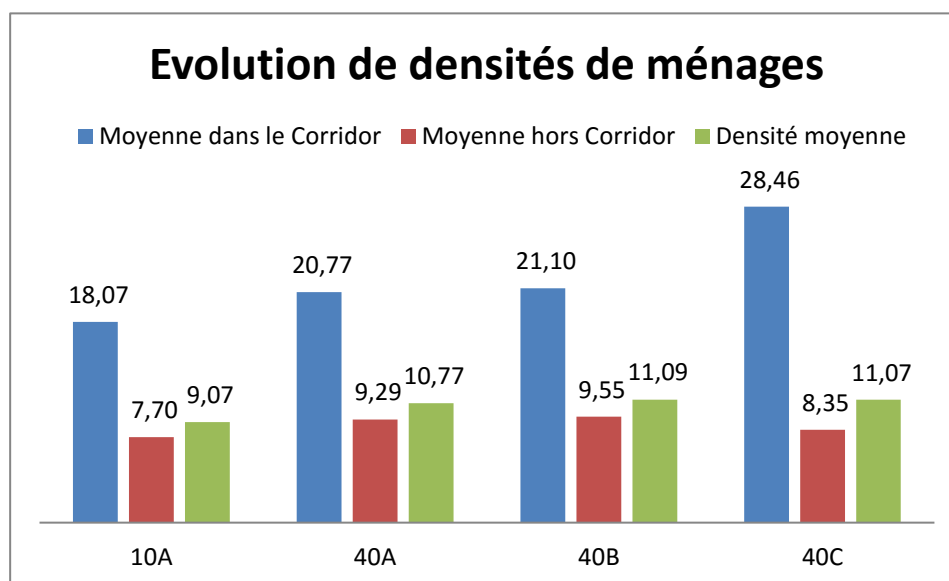


Figure 4-4 Evolution de densité de ménages selon scénarios à l'intérieur et à l'extérieur des espaces de corridors

la partie concernée par la branche du tramway en direction de Tourcoing.

Dans le tableau ci-dessus, nous pouvons observer que la densité moyenne de ménages dans le 40C est assez proche de celle du 40B, mais l'accroissement du contraste de densités moyennes entre les zones situées dans l'espace du corridor et hors espaces du corridor démontre l'efficacité des contraintes exercées sur les zones hors corridor. Comme nous l'avons précisé, nous avons fixé aussi des limites de constructions dans les zones hors TOD, en plus de l'interdiction de l'urbanisation nouvelle. Cela veut dire qu'on restreint la densification non-souhaitée en dehors de la ville linéaire identifiée. Il en résulte que la densité de ménages croît de manière manifeste dans les zones TOD, via les constructions sur les sols déjà urbanisés ou nouvellement ouvertes à l'urbanisation par recyclage foncier. Au contraire, les zones hors corridor restent toujours peu denses, et connaissent de faibles augmentations de population.

En général, ce scénario a gardé, à son degré maximal, la morphologie originelle de l'année de base, celle de 10A, et a empêché l'étalement des habitations sur la petite et la grande couronne des villes-centres.

En revanche, pour répondre à la question posée dans la partie sur « [les zones TOD et le corridor dans le territoire](#) », nous remarquons que la densité de ménages dans le corridor pour le 40C reste inférieure à la limite de l'objectif fixé par le DIVAT. La densité zonale parmi toutes nos zones n'atteint pas 70 logements par hectare de sol pour les terrains dédiés à l'habitat. Ainsi, au maximum le modèle atteint une densité de 67 logements par hectare dans le sud de Lille (quartier au nord de la porte d'Arras).

Ce résultat est riche de signification. Premièrement, avec la légère croissance démographique prévue dans notre modèle, l'objectif fixé à l'horizon 2020 des DIVAT ne serait toujours pas atteint ... à l'horizon 2040 ! Deuxièmement, avec des actions liées à la maîtrise de l'urbanisation et de construction aussi strictes dans les espaces de corridor et en dehors de ces espaces, notre simulation nous place toujours en deçà des objectifs chiffrés fixés. Notons que, selon les experts cet objectif de den-

sité de 70 logements par hectare est jugé ambitieux³⁶. Ce résultat montre que le modèle propose des niveaux de densité réalistes dans le corridor qui, même ambitieux, sont validés politiquement. Dernièrement, faute d'amélioration de l'offre physique de transport public, l'effet de redensification dans les espaces de corridor est possible-ment ralenti, voire réduit.

Pour atteindre les densités visées par les DIVAT et voir apparaître les « privilèges » du corridor, il est donc essentiel d'intégrer les actions liées au maintien et au développement de l'efficacité et l'attractivité de transports collectifs lourds avec des actions de maîtrise de l'urbanisation et de la construction. Plus concrètement, un minimum d'accompagnement politique et d'investissement budgétaire est nécessaire du côté de transports, pour que la coordination entre l'urbanisme et transports exerce ses effets en synergie.

³⁶ Echanges avec Mme Céline Depierre de la MEL, Service Mobilité, Pôle d'études et Plan de déplacement urbains le 26/03/2014.

4.2.2 DENSITÉ D'EMPLOIS

Généralement, les densités moyennes d'emplois ne connaissent pas de grande augmentation comparée à la croissance des ménages prévue. Celles des scénarios 40B et 40C croissent de façon un peu plus importante que dans le scénario 40A, avec peu de différence entre le 40B et le 40C.

Quant à la densité d'emplois dans l'année de référence 2010, elle est déjà distribuée de façon plus hétérogène. La plupart des zones denses en emplois se localisent à proximité des lignes de métro ou de tram qui se superposent avec les deux corridors identifiés sur la carte de densités résidentielles. À part ces TCSP urbains, les autres concentrations d'emplois se situent surtout dans les communes riches de la MEL, par exemple, dans le pays des Weppes au nord-ouest, dans le pays du Pévèle au sud-est, et enfin à Bondues, Marcq-en-Barœul et Wasquehal, la zone aisée, surnommée de manière moqueuse « BMW », de la MEL.

Dans le scénario 40A, les zones susceptibles de recevoir plus d'emplois se situent dans la petite couronne des villes centres et des pôles secondaires. Les villes de première couronne concernées par la relocalisation d'emplois sont celles de Lys-lez-Lannoy, Croix, Hem, Wasquehal autour de Roubaix, Lezennes, Ronchin, en proximité de Ville-neuve-d'Ascq, Loos, Haubourdin, La Madeleine, Marcq-en-Barœul, Lambersart, Saint-André-Lez-Lille autour de Lille et Lomme, et enfin Armentières. Au contraire, dans la grande périphérie, une délocalisation de commerces et de services accompagne l'accroissement d'emplois dans les zones mentionnées précédemment. Plusieurs zones périurbaines comme Linselles, Frelinhien, et Ennevelin sont toutes en perte d'emplois. Cette tendance à la relocalisation des activités économiques, notamment des commerces et des services dans et autour des zones denses semble facilitée par l'effet structurant des réseaux de transports routiers et

ferroviaires, malgré l'absence d'amélioration particulière des infrastructures. Il est nécessaire de rappeler ici que les trafics de fret ne sont pas pris en compte dans le modèle, car on considère une interdiction des poids lourds ou de camion-nettes dans les villes pendant les heures de pointe. La capacité routière de l'année de référence semble, dans ce cas, largement suffisante pour supporter les flux en 2040.

Densités d'emplois en 2010A, 2040A, 2040B et 2040C

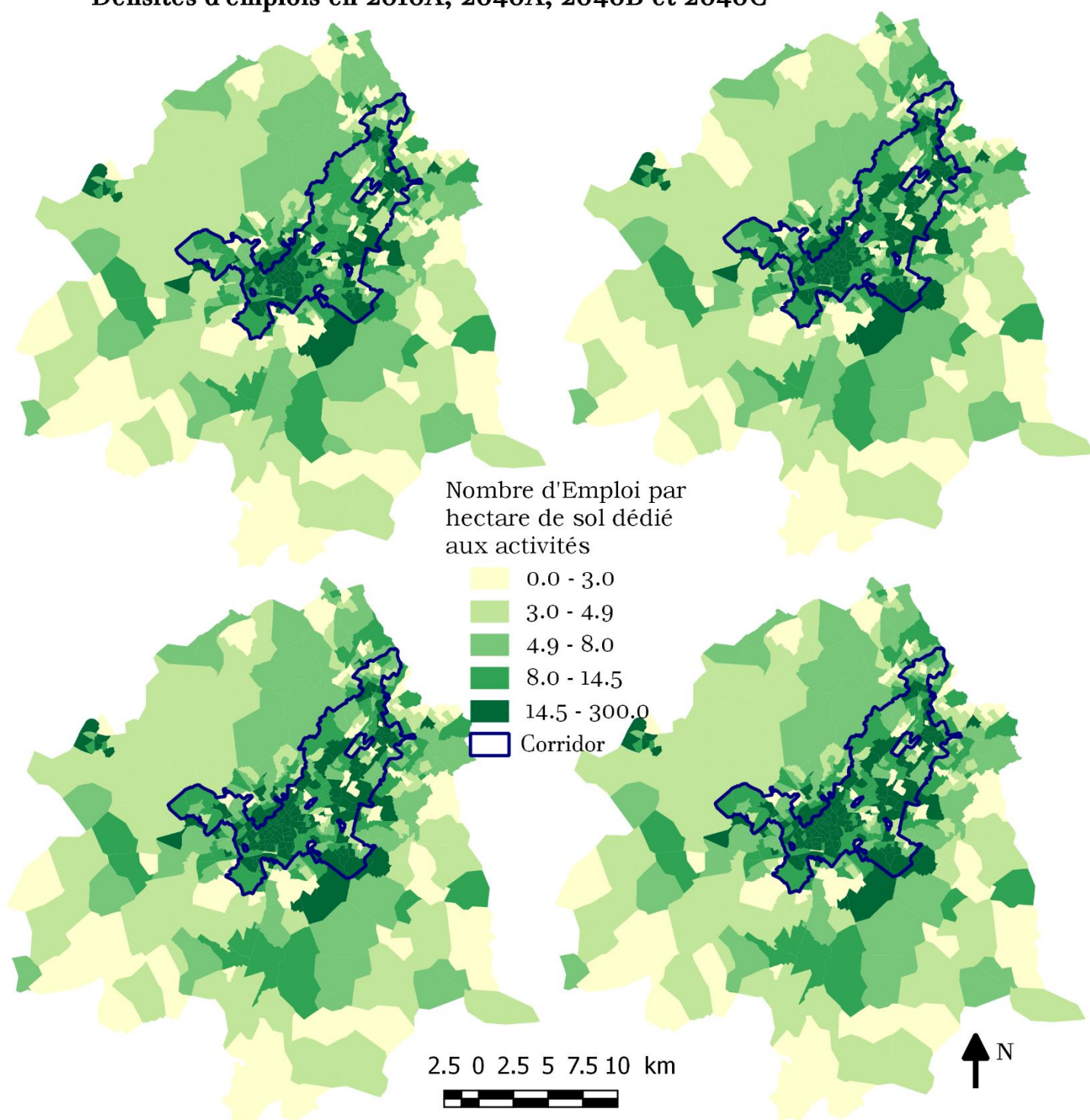


Figure 4-5 Evolution de densités d'emplois selon scénarios A B et C

Les cartes de répartition d'emplois dans les scénarios 40B et 40C sont extrêmement proches, à part deux zones IRIS de densités différentes, une à Don et une autre à Villeneuve-d'Ascq. Cette redistribution presque similaire démontre la pertinence du modèle de deux

manières. Premièrement, nous avons au préalable décidé de freiner les localisations des ménages hors zones TOD, *via* les paramètres de « production maximale » à l'échelle zonale, mais nous n'avons pas fixé de limite pour les emplois dans ces zones. Donc, les emplois sont

librement répartis en fonction des désutilités des sols liées à chacune des zones. Les scénarios B et C se différencient seulement par les localisations des ménages, qui sont un des facteurs influents les localisations d'emplois car en termes d'usages des sols, les emplois sont en relation de concurrence avec les ménages *via* le marché foncier et immobilier, même s'ils n'ont pas été restreints par les stratégies pu-

couronnes périurbaines en échange d'une re-localisation dans les espaces de corridor, le même phénomène a lieu dans les scénarios 40B et 40C, mais avec une ampleur moindre. En effet, la croissance de l'emploi dans les zones TOD est de même dans le A, B, ou C, mais elle est moins forte dans le B et le C. Grâce aux emplois existants déjà très nombreux et à la densité de ménages déjà très

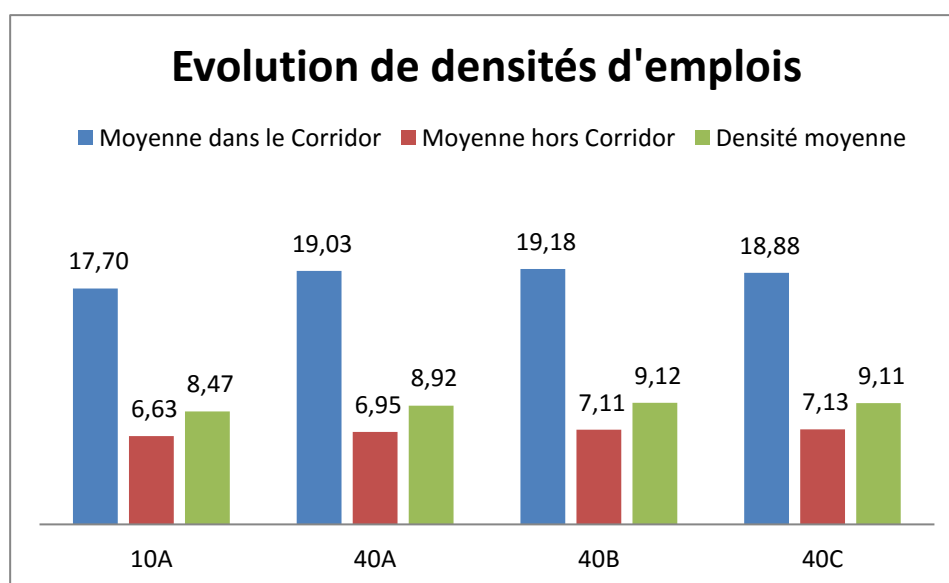


Figure 4-6 Evolution de densité d'emplois selon scénarios à l'intérieur et à l'extérieur des espaces de corridors

bliques. Les choix libres de localisation d'emplois sont aussi, et majoritairement déterminés par les demandes d'activités, les prix des sols, les disponibilités de terrains, ainsi que les désutilités de transport. Dans le cas où les désutilités de transports sont assez proches – celles-ci aussi influencées par les localisations des ménages –, les emplois dans le scénario 40C sont plus contraints par le marché du logement. Là où la densification des ménages est la plus forte, les emplois sont menacés. En cherchant un équilibre entre les ménages et les emplois, il est donc fort probable que la densification des zones TOD engendre comme conséquence l'obligation d'exclusion de certaines activités économiques.

Donc, si dans le scénario 40A, une dédensification d'emplois est observée dans les grandes

forte dans ces zones denses, le rôle des centres villes et des pôles secondaires est maintenu, en tant que zones d'emplois.

Ceci apporte un second argument de la pertinence du modèle, à savoir le fait que les ménages et les emplois interagissent et s'influencent mutuellement. Sachant que, si le modélisateur décidait de fixer des limitations de localisations en termes d'emplois, il serait tout à fait possible d'observer une densification plus importante chez les emplois aussi dans les zones TOD, et probablement moins d'étalement dans les périphéries dans le scénario 40C.

Actuellement, les communes périurbaines de Linselles, Bousbecques et Frelinghien dans le Nord ; Don, Fourne-en-Weppes et Herlie sur la

branche Sud-ouest ; Seclin dans le sud ; ainsi que les villes de premières couronnes comme Hem au sud de Roubaix, Marquette-lez-Lille, Capinghem, Sequedin et Wattignies proches de Lille sont toutes touchées par la densification des emplois. Afin de rééquilibrer les emplois et les activités non seulement à l'intérieur du corridor, mais aussi à l'extérieur du corridor, il est tout à fait possible d'exercer aussi des contraintes d'implantation des emplois dans les zones hors TOD. Cette orientation est cohérente avec les stratégies résidentielles du TOD, également sur l'ensemble du territoire, c'est-à-dire, au sein ou à l'extérieur de l'espace du corridor.

En termes de densités figurées sur le graphe ci-dessous, il n'y a pas d'écart qui se creuse entre les zones dans ou à l'extérieur du corridor, que ce soit dans le scénario 40A, ou dans le 40B par rapport au 10A. Mais pour le scénario 40C, l'écart de densité se voit diminué. Ce résultat est, de notre point de vue, issu de l'éviction d'un certain nombre d'emplois vers les zones en dehors du corridor, en raison de la forte occupation par un usage résidentiel. Propulsé par le marché du logement, les emplois dans le 40C ne supportent plus la hausse du prix du sol, et sont ainsi repoussés vers l'extérieur du corridor et vers les périphéries.

Faute de données sur les surfaces planchers des activités économiques, les densités d'emplois issues de notre modélisation sont indiquées selon l'expression du nombre d'emplois par hectare de sol. En conséquence, nous ne pouvons donc pas répondre à la question posée dans la partie « [les zones TOD et le corridor dans le territoire](#) », à savoir, comparer les densités d'emplois souhaitées et celles issues de notre modèle en 2040 car les objectifs en termes d'activités économiques fixés dans les DIVAT sont exprimés selon le Coefficient d'Occupation du Sol, qui donne sur le ratio entre surfaces planchers construites et surface de la

parcelle. Par contre, une connaissance plus détaillée sur les activités économiques aiderait à connaître la pertinence des objectifs dans les recherches à poursuivre.

A partir des analyses sur [les densités des ménages](#) et sur [les densités d'emplois](#), nous concluons qu'une politique publique de TOD veillera à éviter cet écueil d'une densité ciblée seulement sur la population et provoquant une éviction de l'emploi ; il faudra donc accompagner cette politique TOD par une politique favorisant le maintien des activités économiques, ou du moins de certaines d'entre-elles dans les zones denses ; sinon un des bénéfices attendu du TOD, une mobilité durable, pourrait être contrecarré par une plus grande longueur des déplacements pour le motif travail.

4.2.3 INDICE DE REVENUS DES MÉNAGES

Après avoir étudié la distribution des densités pour l'ensemble des catégories, nous nous questionnons sur les mouvements de la richesse des ménages dans le territoire. Dans l'idée de connaître si les politiques de TOD provoquent ou dissimulent de la ségrégation spatiale, nous avons décidé d'analyser chacun de scénarios selon un indicateur de revenus de ménages en adoptant un calcul simplifié. Au sein du modèle, nous avons divisé les ménages en trois catégories, respectivement ceux à hauts, moyens et bas revenus. Dans l'année de référence, chaque catégorie occupe un tiers du nombre total des ménages dans l'ensemble du territoire, mais se localise de façon assez hétérogène quant à la distribution spatiale.

En appliquant une pondération de 1 pour les ménages à bas revenus (MBR), de 2 pour les ménages à moyens revenus (MMR) et de 3 pour les ménages à hauts revenus (MHR), l'indice de revenus obtenus dans chaque zone est calculé selon la formule suivante :

$$Ind_i^{Rvn} = \frac{Nb_i^{MBR} + Nb_i^{MMR} \times 2 + Nb_i^{MHR} \times 3}{Nb_i^{MBR} + Nb_i^{MMR} + Nb_i^{MHR}}$$

Équation 4-1

Il faut préciser ici que la formule pour calculer les indices de revenus est conçue par nous-même, et permet de simplifier la représentation cartographique. D'autres formules d'indices des revenus des ménages peuvent être beaucoup plus complexes (INSEE 2014). Les indices issus de notre formule indiquent plus la relativité entre la richesse et la pauvreté que l'inégalité de revenus des ménages. Si l'indice obtenu est proche de 2, la zone se caractérise par une bonne mixité sociale. En d'autres termes, il y a des quantités équivalentes ou similaires de ménages des trois catégories de revenus. Par contre, le rapprochement de la valeur 1 indique une tendance à la pauvreté

tandis que le rapprochement vers la valeur 3 indique un quartier plus aisé.

Nous pouvons déjà prendre l'exemple de l'année de référence – 2010A. Sur la Figure 4-7, en haut à gauche, Bondues, Mouvaux et Marcq-en-Barœul sont toutes les trois dotées d'une couleur blanche, où leurs indicateurs se situent dans la tranche de classe la plus haute (2.22-2.66 est paramétré d'une couleur claire), ce qui est cohérent avec leur identité de communes les plus riches de la métropole. Étant composés d'un nombre considérable de zones IRIS, Lille, Roubaix, Tourcoing, Armentières et Ville-neuve-d'Ascq comprennent à la fois les quartiers riches, pauvres et mixtes, en proportions variables.

Nous décelons également une richesse plutôt située dans la périphérie nord de l'arrondissement et une situation précaire dans la grande couronne sud, surtout au sud-ouest. La première couronne autour de Lille, ainsi qu'une bande de communes au nord-est séparant Lille et la conurbation Roubaix-Tourcoing sont aussi occupées par des ménages relativement aisés. Le corridor LRT est donc marqué par les extrémités denses et mixtes, mais son tronçon intermédiaire est habité par des populations plus aisées.

Dans le scénario 2040A, un grand mouvement de périurbanisation – tiré par les ménages à revenus bas – est observé, notamment vers le sud-ouest, à Beaucamps-Ligny et Sainghin-en-Weppes ; vers le sud, à Seclin, Mons-en-Pévèle et Tourmignies ; ou encore, vers le sud-est, à Capelle-en-Pévèle, Fretin, Sainghin-en-Mélantois,

Evolution d'indices de revenus de ménages en 2010A, 2040A, 2040B et 2040C

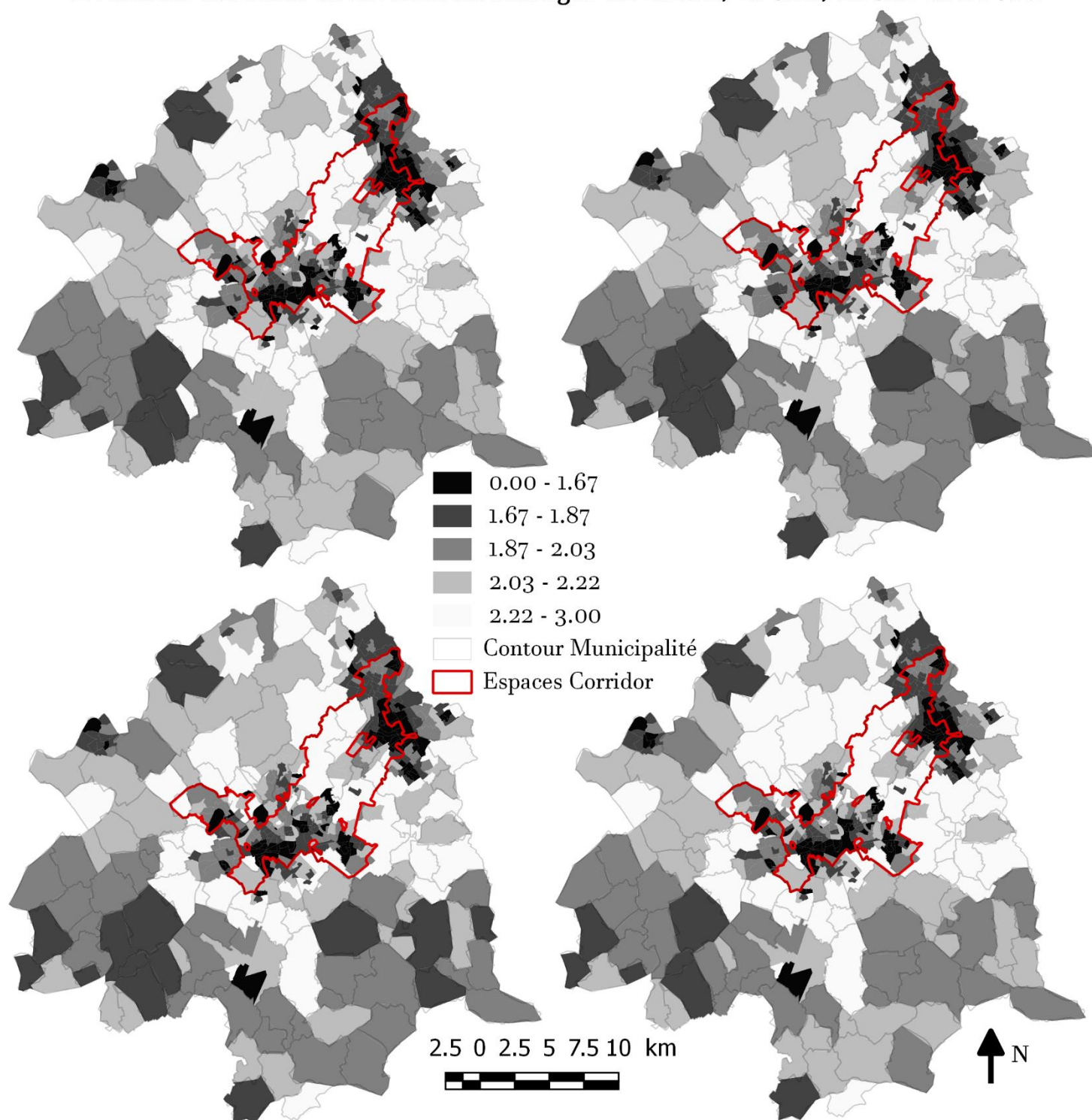


Figure 4-7 Evolution d'indices de revenus de ménages en 2010A, 2040A, 2040B et 2040C

Genech, Cobrieux et Bachy. Cet appauvrissement a lieu non seulement dans les banlieues lointaines, mais aussi dans la première couronne des villes denses. Toufflers, Wattrelos et

Hem autour de Roubaix, Wasquehal et Mouvaux au sud de Tourcoing, et Loos au sud de Lille sont tous des exemples d'appauvrissement de la première périphérie des pôles ma-

jeurs. Cet exode est particulièrement encouragé par les faibles coûts des logements dans les périphéries, attirant les ménages peu aisés à consommer moins pour un logement de plus grande taille. Ce mouvement chassant les pauvres vers l'extérieur des villes denses rend les pôles majeurs plus aisés, consolidant leur importance économique. Ce sont donc les municipalités comme Lille, Roubaix, Tourcoing, Armentières, Haubourdin, Lambersart et Villeneuve-d'Ascq qui repoussent les familles plus fragiles dans le cas du scénario 40A.

La paupérisation de la périphérie présente des risques de précarisation socio-économique, notamment dans des scénarios de fort renchérissement de l'utilisation des moyens de transport individuel (Aguiléra et Mignot 2002; Mignot et al. 2007; Mignot 2008). Pour éviter cet écueil, la mixité sociale dans les pôles denses est souhaitable, contrairement à ce qui se passerait dans le scénario 40A.

Le scénario 40B ne semble pas montrer de particularités par rapport au 40A. Les MBR vont étalement vers le sud, par exemple à La Neuville, Anstaing et Cysoing en plus des communes déjà mentionnées dans le 40A. Ils vont aussi vers l'ouest de l'arrondissement, Escobèques, Erquinghem-le-Sec, voire dans la première périphérie de Lille vers Faches-Thumesnil. Par rapport au scénario 40A, Leers, à l'est de Roubaix, accueille une population aisée. À Mouvaux comme à Loos, nous n'observons pas d'appauvrissement, comme dans le scénario 40A. Cette confrontation avec le scénario 40A se caractérise par un léger transfert de ménages aisés vers le nord-est de l'arrondissement, et par une paupérisation légèrement aggravée dans les zones non-TOD.

La carte de l'indice de revenus du scénario 40C est nettement différente de celle du 40A ou du 40B. Elle est aussi, parmi les trois scénarios, la plus proche de celle du 2010A. Les contraintes de localisation des ménages s'exercent puis-

samment sur les MBR, et empêchent leur sortie des villes centres malgré de plus fortes densités. Seules quelques villes se font remarquer par l'arrivée des MBR et par l'appauvrissement par rapport à l'année de référence. Les villes ayant un indice de revenus s'affaiblissant sont celle de Seclin, Herrin et Mouvaux. Mais l'embourgeoisement peut être constaté dans de multiples villes : Halluin dans l'extrême Nord, Allennes-les-Marais dans le sud-ouest, Ronchin, Faches-Thumesnil et Lambersart proches de Lille, puis Tourcoing et Roubaix en tant que pôles secondaires. Ces communes sont toutes réceptrices de ménages riches, ou bien « émettrices » de ménages précaires. Notons que l'enrichissement n'est probablement pas le terme le plus approprié pour Lille, Roubaix et Tourcoing. On peut plutôt employer le terme d'homogénéisation des revenus pour impliquer une mixité de différentes catégories de ménages, étant donné que ces trois villes sont composées des quartiers très variés.

La mixité, comme son caractère interne, fait accroître l'indice de revenus vers la valeur moyenne de 2, notamment dans les espaces de corridor. Les revenus des ménages hors corridor restent assez stables, comme l'illustre la figure ci-dessous. Les valeurs caractérisant les zones hors corridor sont très proche de 2, ce qui signifie que les revenus des ménages en dehors de corridor restent dans la moyenne du territoire. Le corridor, dans le scénario 40C, devient plus mixte *via* les politiques globales du TOD.

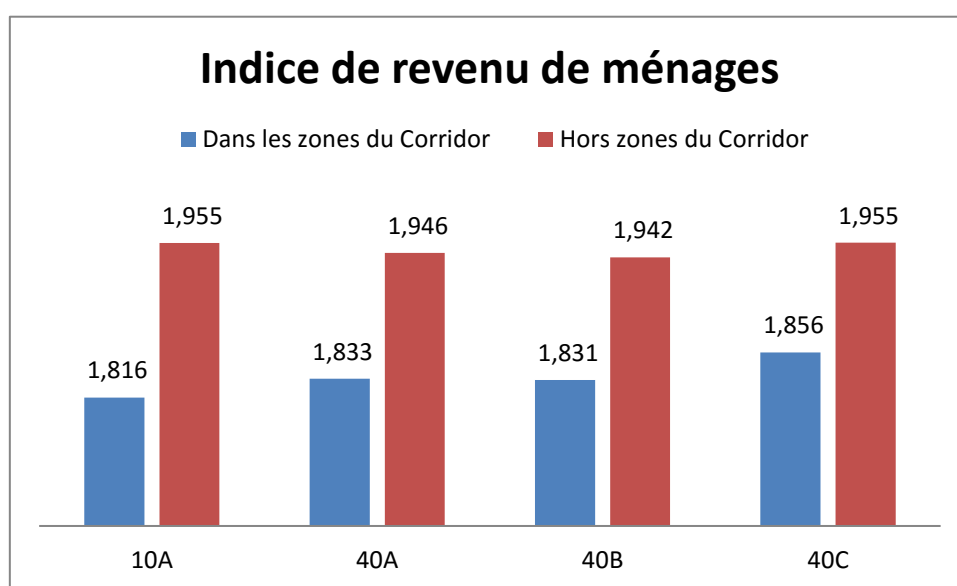


Figure 4-8 Evolution d'indice de revenu de ménages selon scénarios à l'intérieur et à l'extérieur des espaces de corridors

4.2.4 INDICE DE PRIX DES SOLS

Dans la même logique, nous avons aussi exploré un indicateur illustrant les prix généralisés de sols. Au sein d'une zone, il peut y avoir plusieurs types de sols. Dans notre application, les secteurs concernant les terrains comprennent les sols dédiés aux résidences collectives, aux habitats de moyenne densité, aux maisons isolées en milieu rural, les terrains pour un usage exclusif à destination des industries ou des commerces, ou bien, des terrains mixtes, contenant des fonctions multiples déployées sur une même surface. L'indice de prix des sols d'une zone particulière que nous avons adopté inclut à la fois les terrains à l'usage d'habitat, mais aussi les sols à usage mixte mélangeant les activités économiques et les résidences. La formule de calcul suivante est appliquée à chacune des zones :

$$\widetilde{Prix}_i = \frac{[\sum_j Surf_{ij} * Prix_{ij}]}{\sum_j Surf_{ij}}$$

Équation 4-2

Où le i représente la zone,

j : le secteur du sol dans la zone i ,

$Surf_{ij}$: La superficie du type de sol j dans la zone i ;

$Prix_{ij}$: Le prix du type de sol j dans la zone i .

La valeur obtenue indique le prix généralisé de l'ensemble des sols de la zone i . Ces valeurs n'ont pas de sens absolu, n'impliquent pas de prix réels non plus. Ce ne sont pas ces valeurs qui indiquent les prix des logements, mais les ratios entre ces valeurs ont du sens.

Les prix d'origine provenant de notre source notaire sont transformés en prix de location, à partir des prix moyens de transaction par type de logement à une échelle fine, en prenant en compte un taux d'intérêt, une épargne étalée sur vingt ans et les coefficients d'occupation

des sols selon le type de terrain. Les prix qui en résultent sont donc des prix au mètre carré pour un type de sol après une projection de toutes les surfaces planchers à une unité de terrain brut. Il est donc important de noter que les coefficients d'emprise au sol doivent être pris en compte dans la lecture ou l'analyse des cartes. Une baisse du prix des sols dans une zone, par exemple, ne signifie pas nécessairement une baisse de prix de la surface-plancher commerciale, mais peut correspondre à une diminution de densité.

Dans l'année de référence, les espaces de corridors sont déjà bien dessinés, surtout pour la liaison LRT, et les deux axes desservis par les deux lignes de métro. Quelques communes périurbaines sur un axe sud/nord (de Seclin à Bousbecque) sont aussi relativement un peu plus chères que la plupart des banlieues de l'arrondissement.

Une tendance générale au renchérissement foncier est visible sur la carte de scénario 2040A. Elle montre une hausse du prix du sol dans la partie nord du territoire selon une forme de patte de poule. Les deux branches

Evolution d'indices de prix au sol en 2010A, 2040A, 2040B et 2040C

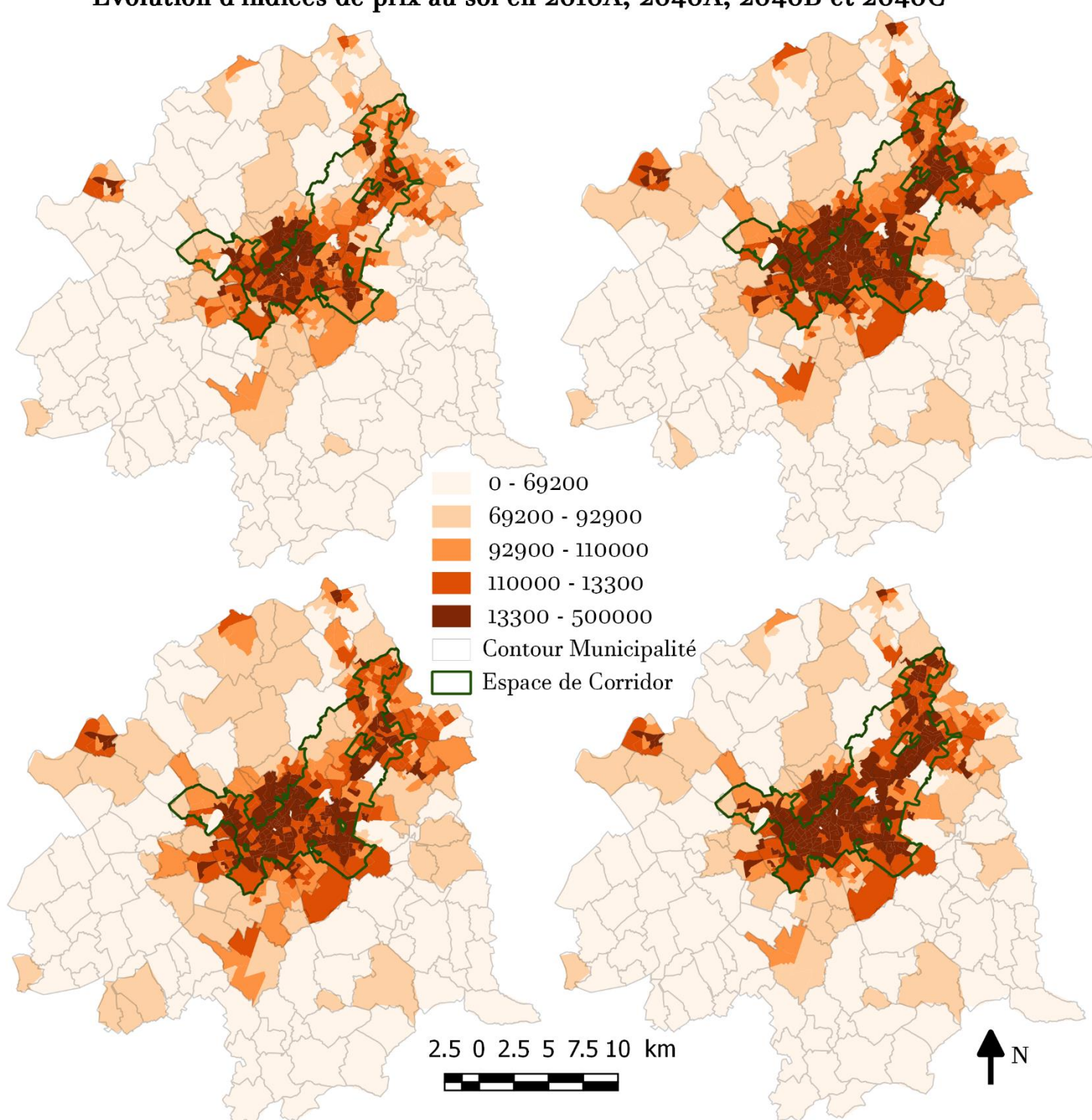


Figure 4-9 Evolution d'indices de prix de sol en 2010A, 2040A, 2040B et 2040C

nord-ouest et nord-est avec la branche nord existante, ainsi que la paume où se trouve Lille et sa première couronne, forme une empreinte qui s'inscrit dans le territoire de l'arrondisse-

ment. Comme nous l'avons indiqué précédemment, le renchérissement foncier peut être causé par un peuplement, ou apporté par une réelle hausse des prix du sol. Comparé à la carte de densités de ménages du scénario 40A,

l'extension de la partie centrale et l'assombrissement de l'empreinte ne poursuivent pas complètement les mêmes tendances. Par exemple, les MBR vont vers la périphérie, notamment vers la grande couronne du sud, mais n'ont pas fait augmenter le prix des terrains. Par contre, la densification des zones centrales et des premières couronnes sur la carte de densités des ménages va de pair avec l'assombrissement de teinte des mêmes zones sur la carte de prix, dans le scénario 40A.

Donc, la hausse de prix en 2040A se fait moins à l'intérieur du corridor que dans les zones hors TOD. L'augmentation réelle du prix des sols est plus évidente vers les banlieues lointaines. Le corridor LRT, ainsi que les axes le long des deux lignes de métro sont en effet les zones les plus chères en raison des grandes densités, mais ne sont pas celles qui ont de plus grandes augmentations. Les communes d'Erquinghem-Lys, La Chapelle-d'Armentières, Houplines, Pérenchies, Lompret, dans le nord-ouest, celles de Comines, Wervicq, Halluin, Roncq dans le nord, et Provin, Santes, Emermin, Noyelles-lès-Seclin, Seclin, Templeuve, Chérengh, Baisieux dans la couronne sud connaissent toutes un surclassement de prix.

Concernant le scénario 40B, la carte des prix est intéressante à analyser, surtout en comparaison avec la carte de densité de ménages. D'abord, cette carte des prix ne semble pas montrer de grand contraste spatial comparé à la carte des prix de sol du scénario 40A. La concentration des quartiers chers apparue dans le 40A est moins évidente pour le 40B. C'est-à-dire que le corridor LRT, ou bien les espaces le long des axes de métros ne maintiennent pas de prix de sols inabordables. Les sols dans ces espaces denses connaissent une baisse de prix compensée par une hausse des prix dans le périurbain en général, en première et grande couronne.

En raison de l'ouverture de l'urbanisation dans les zones TOD, les surfaces dédiées aux nouvelles constructions, pour l'habitat ou pour les activités économiques, s'agrandissent. La carte de densité – qui ne s'éclaircit pas dans ces zones centrales – démontre une occupation quasiment immédiate de l'espace du corridor. En raisonnant avec la logique d'économie urbaine, si l'offre permet de satisfaire la demande, le marché immobilier n'aurait pas d'intérêt à faire accroître le prix unitaire. Inversement, si la demande est trop forte, alors qu'il n'y a pas assez d'offre de logements, la concurrence pour obtenir une résidence fait augmenter le prix du sol. Sur la carte de densité du scénario 40B, la densité de ménages est maintenue, même si nous avons permis de l'urbanisation et de la construction. Cela signifie que l'offre est quasiment immédiatement couverte par les demandes de logements. Donc, la demande existe, voire dépasse l'offre existante dans l'espace de corridor. Pourtant, la carte d'indice de prix indique que ces zones perdent en valeur foncières tandis que simultanément, les prix d'autres zones dans la périphérie et la grande couronne augmentent.

Toutes ces analyses nous indiquent que les ménages qui ne réussissent pas à obtenir un terrain dans les espaces du corridor vont en dehors de cet espace. Ce dernier fait gonfler les prix dans la périphérie et la grande couronne, en faisant baisser les prix des sols dans les espaces du corridor. On peut donc tirer comme enseignement que le scénario 40B, en appliquant une politique partielle de TOD, provoque de l'étalement au lieu de l'empêcher.

Concernant le scénario 40C, l'occupation des sols varie moins rapport à celle de l'année de référence. Encore une fois, la carte du prix des sols ressemble beaucoup à celle de 2010A, en ajoutant une teinte plus foncée, notamment dans les pôles urbains. C'est-à-dire que les sols dans les espaces TOD connaissent encore un

renchérissement. À l'extérieur de ces espaces, le prix des sols augmente aussi, mais de façon moindre que dans les espaces centraux, ou en comparaison des augmentations observées dans les scénarios 40A et 40B dans la mesure où les ménages de toutes les catégories sont obligés de résider dans ces espaces, faute d'une l'offre disponible en dehors des corridors.

En effet, la carte d'indice de prix distingue nettement les corridors, comme c'était également le cas sur la carte des densités de ménages du même scénario. Cependant, dans ce scénario 40C, l'augmentation des prix n'est pas exceptionnelle en regard de celle des densités. Comme nous l'avons mentionné auparavant, les emprises d'activités économiques sont en concurrence avec le parc de logements pour l'utilisation des mêmes sols. Lorsque la fonction d'habitat fait croître les prix dans les zones TOD, les activités économiques se trouvent limitées car, non soumises à des contraintes publiques, les industries et les commerces sont

libres de se localiser dans les espaces situés en dehors des zones TOD, même dans le scénario C. Donc, leur « sortie du jeu » compense relativement l'augmentation des prix et nous pouvons conclure que l'apparente augmentation du prix des terrains n'est pas réellement issue d'une croissance des prix de surfaces planchers, mais est majoritairement liée à l'arrivée de ménages dans ces mêmes zones, qui contribuent à l'accroissement des prix unitaires projetés aux sols.

Le grand contraste à l'intérieur et à l'extérieur des corridors peut être également illustré par la figure ci-dessous. Comme on le constate, entre les scénarios 40A et 40B, l'écart en matière de prix est mineur entre les zones localisées dans ou hors corridor ; Par contre, la très légère augmentation des prix en dehors des corridors dans le scénario 40C s'accompagne d'une croissance brutale des prix à l'intérieur des zones TOD.

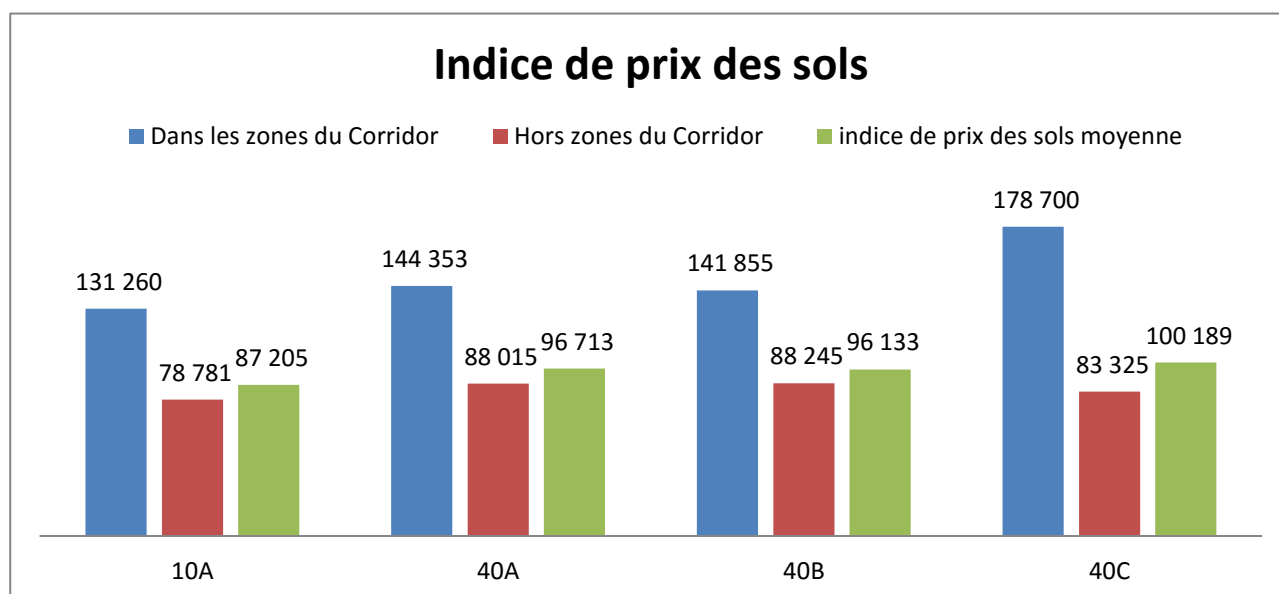


Figure 4-10 Evolution d'indice de prix des sols selon scénarios à l'intérieur et à l'extérieur des espaces de corridors

4.2.5 HABITABILITÉ POUR LES MÉNAGES À BAS REVENUS

L'habitabilité est un indicateur que nous introduisons pour représenter l'accessibilité d'un secteur, ici, celui de l'habitat, dans chaque zone et pour une catégorie de ménage. Rapportée à l'accessibilité, en économie des transports, l'habitabilité qualifie le rapport entre les prix fonciers généralisés d'une zone et la capacité monétaire d'une catégorie de ménages. Lorsqu'un ménage choisit son habitat, il envisage sa localisation en fonction de plusieurs critères comme la surface disponible à usage d'habitat, le type d'habitat, le prix du sol, l'accès aux transports, etc. Avec les algorithmes utilisés en économie urbaine, l'habitabilité est donc calculée selon un ensemble de critères, pour chaque zone et pour chaque catégorie de ménage. Il s'agit de l'utilité perçue d'une zone ayant tous types d'habitats par un ménage d'une catégorie après avoir comparé les prix des sols de toutes les zones. Plus l'habitabilité est importante, plus cette zone est susceptible d'accueillir une catégorie de ménage spécifique.

Pour mieux illustrer la logique des choix de localisation, nous avons pris le parti de seulement montrer les cartes d'habitabilité pour les ménages à bas revenus. En effet, les MBR sont, tant dans le modèle que dans la réalité, les plus sensibles aux prix et les plus contraints par les dessertes en transports. Nous avons donc attribué aux MBR de plus petites élasticités, représentant une grande sensibilité aux variations monétaires intervenant dans les choix de localisations.

Une des raisons pour lesquelles les zones listées deviennent plus habitables est la recherche générale d'une diminution de dépenses. En analysant la carte de densités du scénario 2040A, par exemple, nous avons conclu dans le précédent paragraphe qu'il existe une relocalisation de ménages toutes catégories confondues dans la périphérie. Mais cette

relocalisation générale de ménages se retrouve tant dans la petite couronne que dans la grande couronne, surtout vers la grande périphérie du sud. En approfondissant notre analyse, nous souhaitons savoir si cette relocalisation générale concerne chaque catégorie de ménages de façon pareil. En effet, les ménages de différents niveaux de ressources se comportent de manière différente vis-à-vis d'une variation de prix aux sols, ou de la mise en service d'un nouveau bâti. Par exemple, le départ d'une zone périphérique pour s'installer dans une zone urbaine dense peut être causé seulement ou essentiellement par les ménages de hauts revenus, mais ne se rapporte pas ou peu aux ménages bas revenus. Les cartes des densités vont donc être complétées par les cartes des habitabilités pour mieux comprendre la logique de choix de localisation vis-à-vis des MBR.

Plus spécifiquement, l'habitabilité étant un indicateur modélisé, nous avons également exploré la réelle représentation des MBR à l'échelle locale. Pour étudier la relation entre l'habitabilité et l'occupation réelle de cette catégorie de ménages, nous avons superposé deux variantes sur une même carte. En plus de l'habitabilité, qui est représentée en saumon rose ou vert forestier, nous avons présenté la présence des MBR dans chaque zone. Comme nous l'avons indiqué dans la conception du sous-modèle d'usage des sols, trois catégories de ménages peuvent exister au sein d'une même zone. Si la proportion d'une catégorie de ménages dépasse un tiers du nombre total de ménages au sein d'une zone, cette catégorie est surreprésentée dans cette zone. Inversement, si la proportion d'une catégorie de ménages est inférieure au nombre total de ménages au sein d'une zone, cette dernière est sous-représentée dans cette zone. La surreprésentation des MBR est symbolisée par un remplissage en pointillé, et leur sous-représentation par une surface pleine. Ainsi, l'ensemble des zones de l'arrondissement est divisé en quatre classes définies dans le tableau suivant :

	Surreprésentation du MBR	Sous-représentation du MBR
Faible habitabilité	Blanc – Pointillé (incohérent)	Blanc – Sans point (cohérent)
Grande habitabilité	Bleu – Pointillé (cohérent)	Bleu – Sans point (incohérent)

Tableau 4-2 Classification selon l'habitabilité zonale vis à vis des ménages à bas revenus et leur représentation

Revenons sur la carte d'habitabilité de l'année de référence. Cette carte intitulée 2010A montre déjà un lien étroit entre le choix de la localisation et le réseau de transports. En plus du critère de l'habitabilité, les MBR ont tendance à se localiser à proximité des axes de transport collectif lourd, du type métro, tramway ou train régional. Même si nous pouvons globalement visualiser l'existence de deux axes avec une surreprésentation de MBR et une grande habitabilité, ils présentent deux types de morphologies. Comme nous pouvons le constater, les niveaux d'habitabilité diffèrent considérablement le long de la liaison LRT. Les plus fortes habitabilités sont attribuées aux centres de Lille, Roubaix et Tourcoing et, entre ces pôles, elles sont moindres. Par ailleurs, le long de l'axe LRT, on constate une sous-représentation des MBR entre les extrémités du corridor, particulièrement sur la branche en direction de Tourcoing. Par opposition, la liaison Lille/Villeneuve-d'Ascq est plus courte et plus homogène en termes d'habitabilité. La surreprésentation des MBR est continue tout au long de l'axe de métro (VAL). Cette carte confirme de nouveau l'existence des deux corridors urbains potentiels ; les corridors LRT et Lille/Villeneuve-d'Ascq, en accord avec la macroforme identifiée précédemment avec les cartes de densités résidentielles et d'emplois du scénario 10A.

Si nous poursuivons les tendances actuelles jusqu'à 2040A, nous constatons une amélioration généralisée de l'habitabilité. Une plus grande habitabilité se trouve dans de multiples zones : vers le Nord-ouest jusqu'à Ar-

mentières, en passant par La Chapelle-d'Armentières et Hallennes-lez-Haubourdin ; vers le nord, avec les trois communes de Linselles, Roncq et Halluin ; vers la petite couronne du sud de Lille avec Wattignies, Lesquin, Ronchin et Faches-Thumesnil et dans la couronne du nord avec Lambersart, Marquette-lez-Lille, Saint-André-Lez-Lille ; vers la frontière est de l'arrondissement avec Baisieux ; ainsi que sur le versant Nord-Est avec les communes de Wattrelos, Mouvaux, Wasquehal, Forêt-sur-Marque et à l'Est, vers Villeneuve-d'Ascq.

Parallèlement, en observant l'évolution des zones en pointillé, notre attention porte sur la présence des MBR sur la même carte. On constate alors que les zones recevant une nouvelle concentration de MBR ne sont pas les mêmes que celles rendues plus habitables en 2040A. L'extension des zones en pointillé - signifiant une présence forte des MBR - se réalise notamment dans la grande couronne du sud, avec les communes de Herlies, Ennevelin, Pont-À-Marcq, Cysoing, Genech, Wannehain, un peu dans le nord et le nord-ouest, à Neuville-en-Ferrain et à Wervicq, et enfin, en proximité immédiate de Lille, à Loos, Mons-en-Barœul et à Saint-André-lez-Lille. La présence de cette catégorie de ménages est en diminution dans la municipalité de Lille. Au contraire des analyses du paragraphe précédent où les habitabilités pour les MBR s'améliorent notamment dans la partie nord de l'arrondissement, la relocalisation des MBR s'effectue dans l'ensemble de la grande couronne, et dans la périphérie sud.

La corrélation de ces deux variantes – habitabilité et présence de MBR – n'est pas probante et il ne semble pas y avoir de lien direct entre la grande habitabilité d'une zone et la surreprésentation de MBR. Ceci indique que la présence de MBR est aussi influencée par d'autres facteurs plus déterminants que les habitabilités zonales comme la sensibilité aux prix des terrains, l'exigence en termes de surface résidentielle, la qualité de l'offre de mobilité qui sont aussi susceptibles d'impacter les choix de localisation des MBR. Cette partie d'analyse se trouve dans la partie « [résultats issus du modèle de transports](#) »³⁷.

La carte d'habitabilité du scénario 40B affiche une amélioration de l'habitabilité dont l'extension, est encore plus marquée que dans le scénario 40A. Les zones concernées par une grande habitabilité sont plus nombreuses que dans les autres scénarios, à savoir 312 zones sur 519. Cela veut dire que plus de 3/5^{ème} des zones sont susceptibles d'attirer les MBR par une diversité de l'offre ou une baisse de dépense potentielle. Différente de l'évolution notée dans le scénario 40A, nous observons une stagnation de l'habitabilité principalement dans la partie sud-est de l'arrondissement. En revanche, La Bassée, Seclin, Templemars et Vendeville dans le sud-ouest, Erquinghem-Lys, Armentières, Sequedin et Marquette-lez-Lille dans le nord-ouest sont des communes où l'habitabilité s'accroît.

³⁷ Cf. page 203.

Evolution de relation entre l'habitabilité zonale et la représentation des Ménages Bas Revenus en 2010A, 2040A, 2040B et 2040C

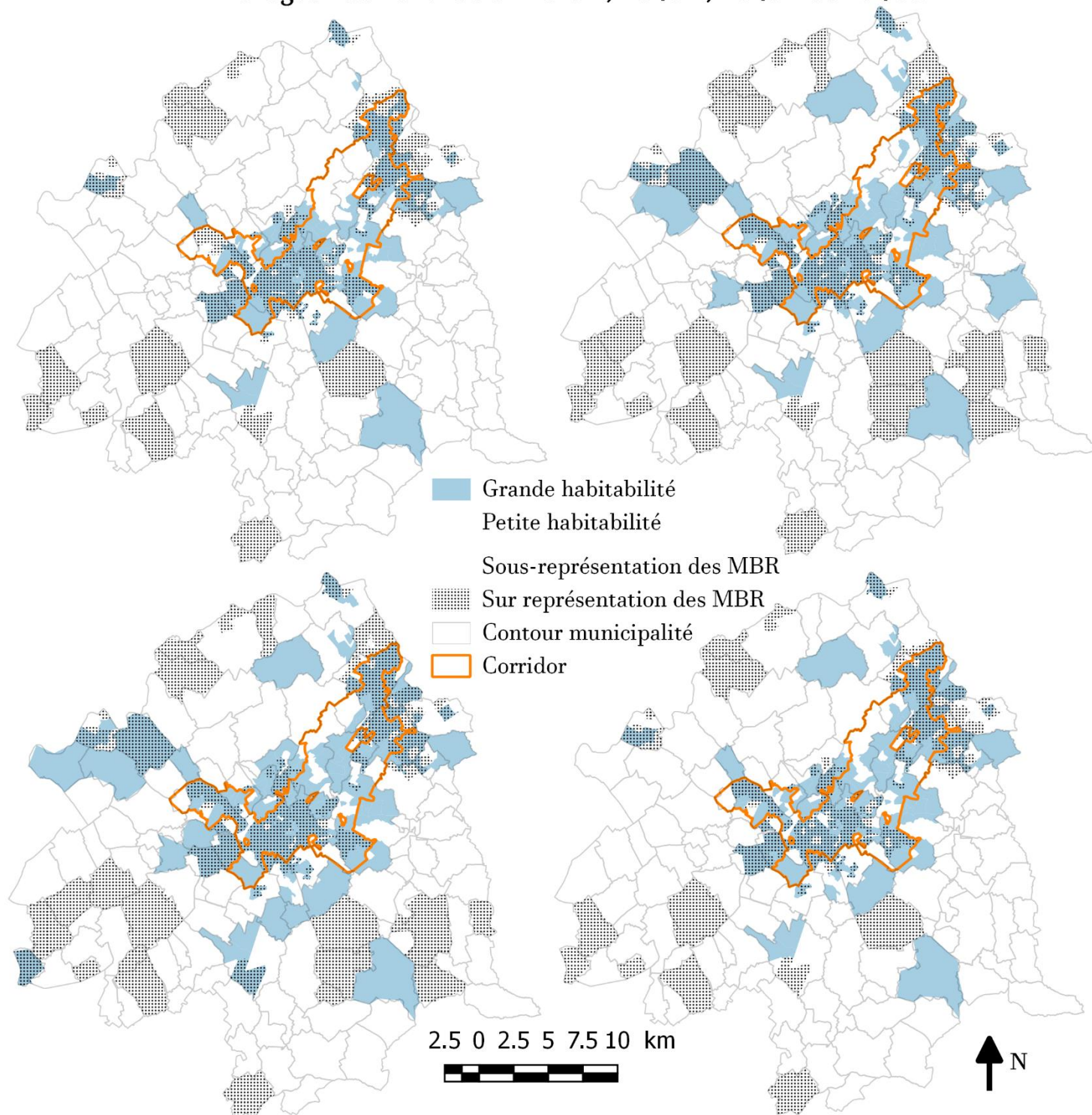


Figure 4-11 Evolution de relation entre l'habitabilité et la représentation des MBR en 2010A, 2040A, 2040B et 2040C

Dans l'espace du corridor LRT, les habitabilités zonales évoluent de façon contrastée. Tandis que les habitabilités de certains quartiers de Wasquehal, le long de la branche de tramway

vers Tourcoing augmentent, celles des quartiers aux alentours du Croisé-Laroche, situé dans la commune de Marcq-en-Barœul dimi-

nuent. La commune de Mouvaux est aussi subdivisée en zones infracommunales : où deux zones IRIS sur la rive droite de la branche du tramway deviennent plus habitables pour les MBR, alors que le centre de Mouvaux, situé à la rive gauche, devient moins habitable. En outre, la plupart des zones IRIS des communes centrales, à proximité des stations de métro sont rendues plus habitables, comme c'est le cas des centres de Villeneuve-d'Ascq et de Mons-en-Barœul.

La distribution des MBR dans le scénario 40B est quasiment identique à celle du 40A. Seules deux zones supplémentaires, marquées par une surreprésentation des MBR apparaissent, respectivement à Fournes-en-Weppes et à Don dans la grande couronne du sud-ouest. Quelques faubourgs de Lille voient aussi une augmentation de leur habitabilité. Parallèlement, deux zones infracommunales, situées dans les communes de Saint-André-Lez-Lille et de Mons-en-Barœul sont dotées d'une habitabilité moins importante comparé au scénario 40A.

La carte d'habitabilité réalisée pour le scénario 40C est beaucoup plus concentrée sur le versant nord-est de l'arrondissement que celles des scénarios 40A ou 40B. La macroforme de cette carte ressemble beaucoup à celle de 10A, avec des espaces de corridors plus larges. La bande d'espaces reliant Lille, Roubaix et Tourcoing devient plus épaisse, mais aussi plus poreuse. Les communes le long de l'axe LRT étant toutes composées de multiples zones IRIS et leurs habitabilités évoluent de façon hétérogène selon leurs facilités d'accès aux services de transports. Par exemple, dans certains quartiers des communes de Mons-en-Barœul, Croix, Villeneuve-d'Ascq, Lambersart et de Lille, les habitabilités pour les MBR augmentent, tandis que dans ces mêmes communes, d'autres quartiers deviennent moins habitables pour la même catégorie de ménages.

Par rapport à l'année de référence, l'habitabilité dans les espaces de corridor en 2040C est généralement améliorée, notamment dans les municipalités de Wasquehal, Mouvaux, Tourcoing et Roubaix. Un zoom sur la partie intermédiaire du corridor LRT, c'est-à-dire les espaces après la bifurcation du Croisé-Laroche se développent, et tendent à équilibrer les deux branches le long du tramway. Plus particulièrement, les quartiers le long de la branche vers Tourcoing manifestent une augmentation d'habitabilité pour les MBR, rattrapant l'écart constaté avec la branche vers Roubaix. Certaines communes situées sur la première couronne des pôles denses sont également plus susceptibles de recevoir des MBR, comme, Lomme, Wattrelos, Linselles et Roncq.

En sens inverse, nous remarquons que certains quartiers à l'intérieur de Lille centre, ne sont plus attractifs aux MBR. En zoomant sur la carte, la diminution d'habitabilité se retrouve notamment dans les zones infracommunales, proches des gares ou des nœuds de transports collectifs. Ce sont les cas pour les quartiers de Lille-centre, de Bois-Blanc près de la deuxième ligne de métro, ou vers la Porte des postes au croisement des deux lignes de VAL. Cette tendance à l'éviction des MBR des zones denses et bien desservies est conforme à l'augmentation des prix des sols : avec un budget limité et des dépenses de logements lourdes, les MBR sont incités à partir des zones centrales pour s'installer dans les zones relativement plus conformes à leurs revenus.

La distribution réelle des MBR dans le scénario 40C semble analogue à celle de l'année de référence. Une seule zone, celle de Wattrelos à l'est de Roubaix, manifeste une surreprésentation en MBR tandis que la part. des MBR dans la municipalité de Lille se réduit. Par rapport au scénario 10A, quelques zones infracommunales expriment une délocalisation des MBR, notamment dans les quartiers en réduction d'habitabilité, mentionnés dans le paragraphe

précédent. De ce point de vue, la couche sur la présence des MBR est assez cohérente avec celle de l'habitabilité du même scénario. Il est donc compréhensible ici que le scénario 40C n'apporte pas de changement fondamental sur la structure démographique, ni sur la distribution spatiale. Seuls les ajustements de petite ampleur sont réalisés, plutôt dans les espaces du corridor.

En revanche, les MHR sont susceptibles d'être attirés par une localisation idéale dans Lille-centre. Un choix de logement dans ces quartiers en saturation leur accorde une possibilité de se distinguer des « faux riches » dans la périphérie ou la première couronne, et leur fournit une excellente condition de vie de proximité. Ayant un budget qui leur permet de supporter une dépense importante malgré un prix unitaire élevé, les MHR ont tendance à faire gonfler les prix des sols dans le centre. Cette menace économique pour les MBR risque de générer une élimination des logements sociaux, ainsi qu'une exclusion des MBR. En multipliant les surfaces planchers par unité de surface au sol dans les zones TOD, les actions entreprises selon le scénario C vont devoir prendre en compte une politique de logement social afin d'assurer à la fois une augmentation de densité et une mixité de différentes catégories de ménages.

Encore une fois, la répartition des zones de grande habitabilité et la réelle distribution des MBR montre l'efficacité des actions du scénario C. Il n'y a pas besoin de grosse relocalisation vers une lointaine périphérie, seule une réorganisation du corridor – entraînant quelques déménagements sur de petites distances – permet une densification, et une mixité des catégories socioprofessionnelles. Certes, cette réorganisation des espaces des corridors est atteinte grâce à une forte maîtrise dans l'usage des sols dans les zones non-TOD et à la limitation des autorisations de construire dans les zones déjà très peu denses.

Les cartes d'habitabilité combinées avec la présence des MBR illustrent une dynamique réelle du marché foncier et immobilier, et traduisent le comportement des ménages aux revenus variables lors du choix de la localisation. Les MBR font leur choix en fonction de l'habitabilité de chaque zone, fortement dépendante du prix et de la desserte en TC lourds ; tandis que les MHR font leur choix en fonction de la disponibilité de l'espace, du cadre de vie environnant et de la présence d'infrastructures routières et de transports publics. L'habitabilité de chaque zone et son lien avec le système de transports en commun lourds font émerger les mêmes corridors morphologiques que ceux identifiés à travers les densités résidentielles et d'emplois qui correspondent aux liaisons LRT et Lille/Villeneuve-d'Ascq. La différence majeure entre le scénario C et les deux autres – A et B – repose principalement sur la protection des MBR. Dans le cas des scénarios 40A et 40B, les MBR sont éparpillés partout dans l'arrondissement et sont obligés de s'installer dans les grandes périphéries. Par contre, dans le scénario 40C, à part quelques rejets de zones extrêmement chères, les proportions des MBR sont maintenues dans les espaces de corridor, tout en rendant les zones TOD équilibrées en termes de mixité.

L'équilibrage entre les zones Corridor et non-Corridor peut encore être perçu dans le tableau suivant. Comme le montre l'histogramme représentant les habitabilités dans chacun des scénarios, nous pouvons facilement calculer les différences de recevabilité des MBR entre les zones dans le corridor et en dehors du corridor.

Enfin, est-ce que l'habitabilité zonale impacte plutôt la densité de ménages toutes catégories confondues, ou la présence d'une catégorie de ménage particulière ? En comparant les cartes d'habitabilité-présence des MBR avec celles des densités de ménages de toutes classes et avec les cartes de prix au sol, nous concluons que le scénario TOD permet un accès aux logements à toutes les catégories de ménages dans les espaces centraux, y compris les MBR. De plus, ces tendances de concentration d'habitation et de mixité sociale ne se réalise pas au prix d'une baisse de la taille de logement. Nous avons, en effet, observé une augmentation du prix au sol dans les espaces de corridor dans le 40C, mais il s'agissait d'une augmentation du prix projeté au sol, et ne représentent donc pas le prix à la surface plancher. Le prix du m² de logement en surface de plancher n'augmente pas. Dans la périphérie, les prix du sol évoluent peu car il n'y a pas de densification majeure. Tandis que dans les espaces de corridor, les surfaces d'habitat occupées par les ménages peuvent rester aussi grandes que celles de l'année de référence avec une même dépense économonique.

Il est, maintenant, temps d'explorer les conditions de circulation, afin de savoir si un usage différent du sol entraîne des effets désirables

en termes de déplacements et si d'éventuels changements de comportements de déplacements influencent les choix de localisation.

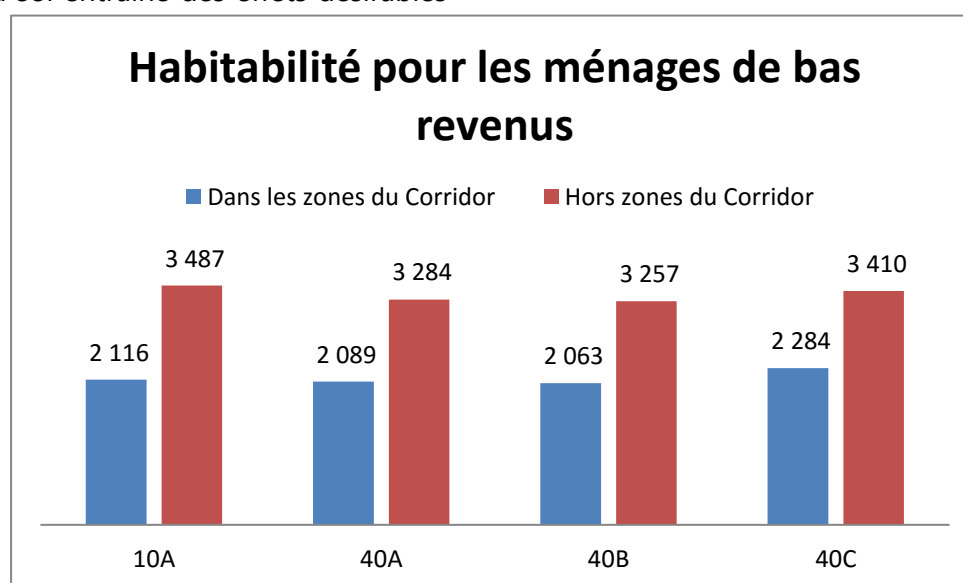


Figure 4-12 Habitabilité pour les ménages de bas revenus

4.3 RESULTATS ISSUS DU MODELE DE TRANSPORTS

Avant toute analyse des résultats de transport, il convient de préciser un point. La nature du sous-modèle de transport dans le système TRANUS ne prend pas en compte les flux intrazonaux, de manière analogue à ce que font tous les autres modèles de transport agrégés. Il simule uniquement les flux d'échanges, à savoir les flux interzonaux. Les comportements de déplacements à l'intérieur d'une zone fine ne sont pas modélisés, et ne sont pas reproductibles.

Pourtant, les flux intrazonaux sont généralement réalisés avec deux modes principaux : la marche et le vélo (les personnes en trottinette et les skateurs ne sont pas pris en compte), et de façon moindre en véhicules particuliers. Plus le périmètre d'une zone est petit, moins est grande la distance qu'un passager doit parcourir pour arriver à sa destination, quelle que soit la localisation recherchée au sein de cette zone. Plus la zone est grande en termes de superficie, plus la distance de parcours est importante à l'intérieur de cette zone, et plus, probablement, les passagers choisiront l'automobile pour se déplacer.

Cette nature du modèle de transport constitue une des raisons pour laquelle nous avons fait le choix d'un zonage détaillé qui limite la part intrazonale. Nous avons volontairement sélectionné une échelle de zone la plus fine possible, pour réduire la part de déplacements intrazonaux. Cette décision nous autorise à concevoir un réseau de transports comprenant des artères autoroutières et des rues locales, une échelle de desserte allant des transports collectifs régionaux aux transports publics dans les villes. Notons que les distances entre les centroïdes des zones et les réseaux de transport sont proportionnelles aux superficies des zones.

Pour les pôles urbains où les stations de transports publics sont éloignées de moins d'un kilomètre les unes des autres, un zonage IRIS, prédéfini par l'EMD est appliqué. Les zones de chalandise des services de transports publics sont, de ce fait, de petites superficies, et sont typiquement infra-communales. Les distances à parcourir après la descente d'un mode de transport collectif sont donc inférieures à 1km, supposant l'usage de modes de déplacements actifs dans la plupart des cas. Les passagers peuvent également prendre un temps variable pour garer leur automobile en passant par un parking. Le coût de transport lié au stationnement est calculé en fonction l'emplacement du parking et du temps passé pour la recherche d'une place.

Au contraire, s'il s'agit des zones périphériques, le zonage municipal est le plus souvent sélectionné. D'une part, certaines zones IRIS correspondent directement aux périmètres municipaux sans agrégation supplémentaire ; D'autre part, pour les communes de la grande couronne comprenant plusieurs IRIS, faute de données à l'échelle infra-communale, nous avons agrégé plusieurs IRIS pour utiliser directement le contour municipal. Par ailleurs, les distances à parcourir dans les zones des périmètres municipaux dépassent rarement 3km. Ces distances sont généralement raisonnables pour les parcours en vélo, si les passagers souhaitent se déplacer avec un mode alternatif à l'automobile.

Ce point de précision vise à clarifier les raisons pour lesquelles les flux intrazonaux ne peuvent pas être pris en compte dans notre étude. Pourtant, la majorité des flux intrazonaux est composé des déplacements avec les modes doux, à savoir la marche et le vélo. Cette part de flux sur de petites distances est justement ce que le principe du TOD et le modèle de Corridor Urbain cherchent à augmenter dans « une ville de proximité ». Ce manque dans notre étude qui n'est pas voulu et résulte d'un

compromis dans le choix du [type de modèle](#), en faveur d'un modèle agrégé avec un zonage fin³⁸, sera pris en compte dans les analyses que nous effectuons et dans les résultats issus du modèle de transport. Il est rappelé ici que tous les flux sans changement de zones – en moyenne de petites distances – ne sont pas inclus ni dans le volume de trafic, ni dans les parts modales.

4.3.1 PARTS MODALES

La répartition modale est le premier indicateur que nous avons choisi pour tester les politiques de TOD en termes d'effets sur la mobilité.

Il est rappelé ici que la répartition modale est calculée à partir du nombre de montées et non en fonction du nombre de voyages. Ainsi, à travers ce système, tous les déplacements, réalisés en modes privés ou publics, sont étudiés de façon intégrale. Les passagers peuvent combiner les modes privés et les modes publics pour réaliser leurs voyages. Typiquement, un chaînage d'embarquement-débarquement est produit pour chaque voyage : par exemple, lorsqu'un passager prend sa voiture pour arriver à une gare, il a embarqué deux fois : la première en mode privé – la voiture – et la deuxième en train, donc en mode collectif.

Dans une enquête déplacements, la répartition modale est souvent calculée selon le mode principal utilisé. Par exemple, si un passager marche pour prendre le métro, puis le tram, et atteint sa destination par la marche, on considère qu'il a réalisé un voyage en mode collectif, plus précisément, en métro qui constitue le mode de TC le plus lourd et est considéré comme mode principal de déplacement. Con-

trairement à ce type d'enquête, notre modélisation précise tous les embarquements et changements réalisés au cours des voyages. Il peut donc y avoir des différences avec les méthodes traditionnelles, principalement en raison de la méthode de calcul. En tout état de cause ce qui nous importe c'est l'évolution à attendre en termes de parts modales en fonction des différents scénarios ; pour cela ce qui compte est d'avoir un mode de calcul cohérent tout au long de l'analyse.

³⁸ Voir page 117, partie intitulée « Choix de l'outil de modélisation LUTI ».

Notre analyse sur la répartition modale prend en compte les différences entre l'EMD régional de 2011, l'ED de Lille métropole et la reproduction issue de notre modèle. De ce fait, les effets de leviers d'actions sont principalement étudiés en faisant les comparaisons entre les scénarios.

En 2010, pendant les heures de pointe du matin, 46% de voyages sont réalisés en voiture,

tan-dis que la part de transports publics inter-ur-bains diminue d'un point également. Il n'y a pas de gros changement sur la part du vélo, mais la marche semble occuper 1% de plus, possiblement en raison des échanges nécessaires entre les modes ou aux extrémités des voyages.

Les résultats du scénario 40B ressemblent beaucoup à ceux du 40A avec quasiment la

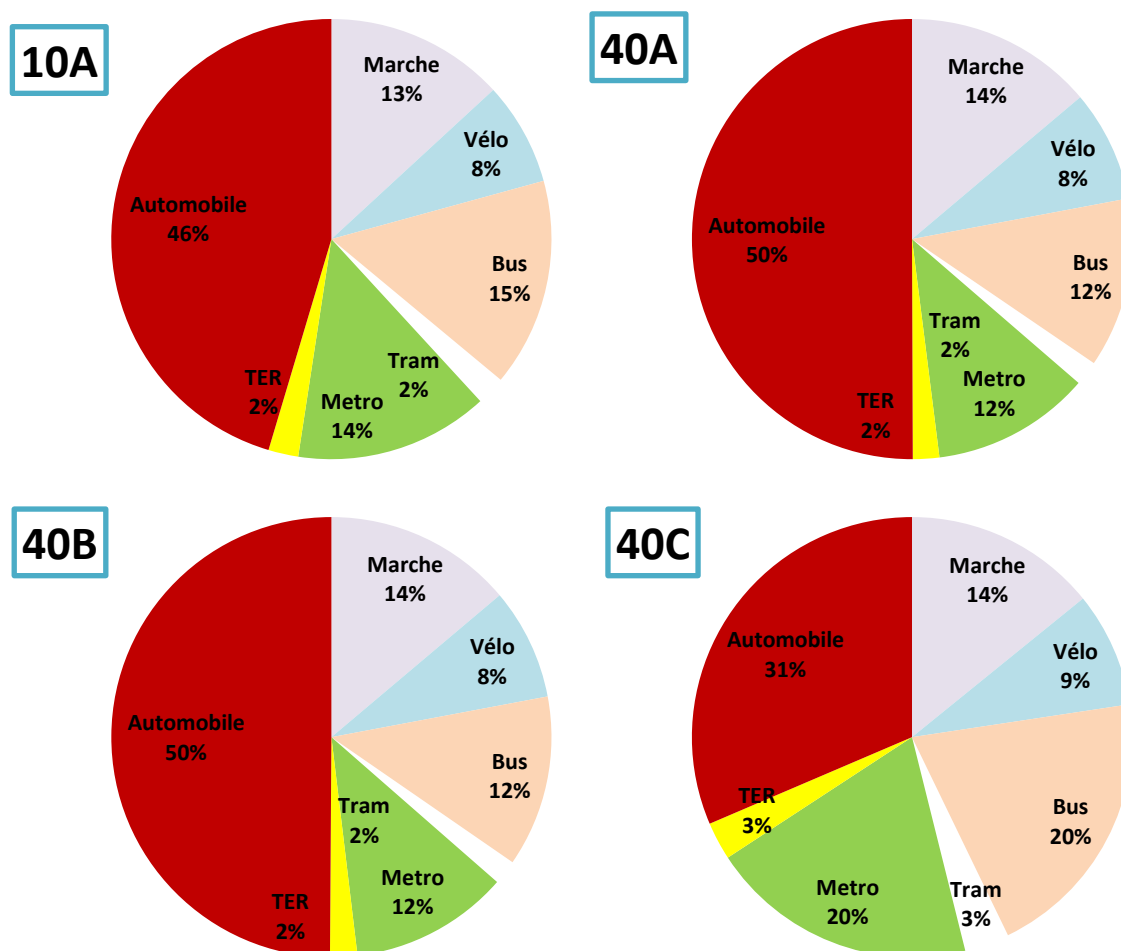


Figure 4-13 Evolution de la répartition modale selon scénarios A, B et C à l'horizon 2040

26% des voyages en transports publics urbains et 7% avec d'autres transports publics – train et bus périurbains, 8% en vélo, et 13% à pied.

En 2040A, dans notre simulation, on s'attend à une augmentation de la domination automobile dans l'arrondissement. La part des transports publics urbains diminue de 26% à 22%,

même répartition modale. Cette observation correspond aux conséquences de l'usage des sols, plus particulièrement sur la localisation des ménages car les déplacements sont principalement émis à partir des lieux de résidences. Nous avons développé la question de l'évolution de la localisation des ménages dans la partie « Densité de ménages » (cf. page 182),

et vu que leur distribution spatiale dans le scénario 40B n'est pas plus concentrée que dans le 40A.

En revanche, une nette baisse de l'usage de la voiture est générée par les habitants dans le scénario 40C (de 46% à 31%). Un report modal est observé vers les transports collectifs principalement, où les transports publics urbains bénéficient d'un accroissement de fréquentation de 10 points (de 26% à 36%) et les autres transports publics de 3 points (7% à 10%). Les parts de la marche et du vélo sont en légère augmentation, d'un point chacun, respectivement de 13% à 14% et de 8% à 9%. Encore une fois, les modes doux ne peuvent être entièrement représentés, surtout dans le scénario C qui vise à concrétiser une vie de proximité. Pourtant, les voyages qui ont lieu à l'intérieur

appliquées, de rééquilibrer la répartition modale, en facilitant un report modal vers les modes de transport moins polluants que l'automobile. Le nombre de voyages en automobile est considérablement réduit, supposant une baisse du trafic routier. Toutefois, comme nous l'avons précisé dans la partie « Définition du sous-modèle de transports », le trafic routier généré par les transports de marchandises ne sont pas modélisés. L'évolution issue du trafic de marchandises n'est donc pas envisagée dans notre étude prospective. De même, la part des trafics de transit et d'échanges avec les territoires de l'arrondissement n'est pas prévisible car les flux ayant au moins une extrémité de leur voyage (origine ou destination) en dehors de l'arrondissement ne sont pas considérés comme étant générés

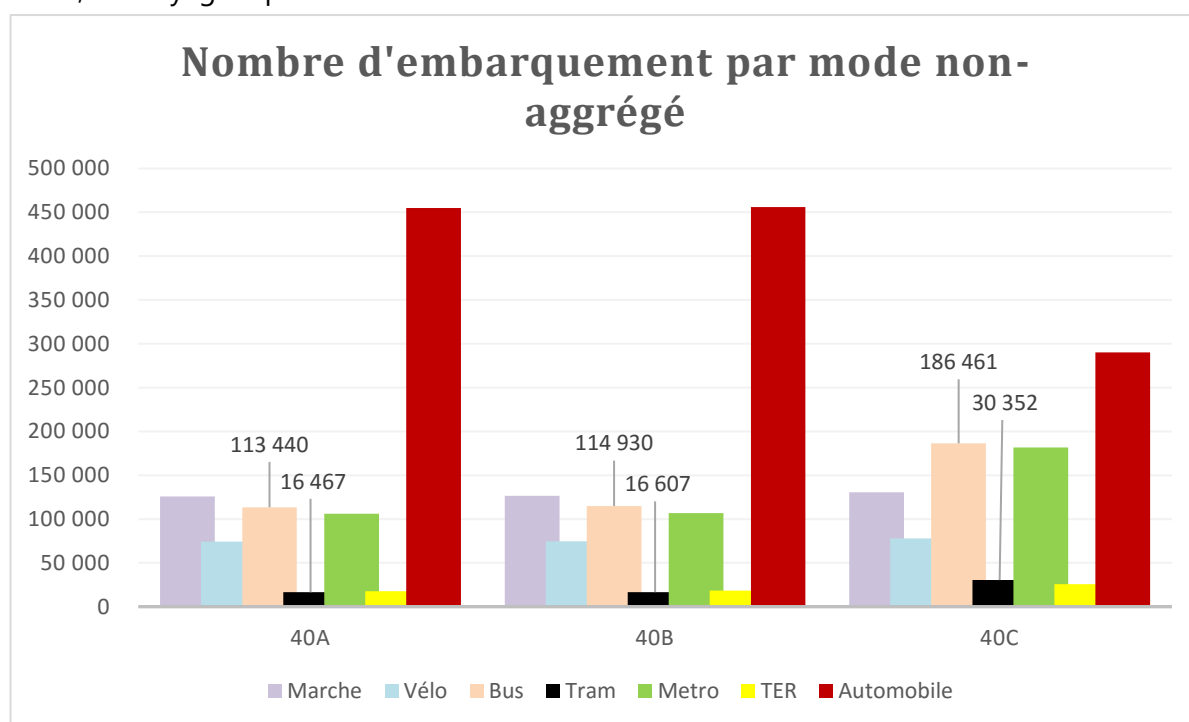


Figure 4-14 Différences des parts modales entre les trois scénarios en 2040

des zones ne peuvent être comptés dans le camembert des parts modales. Le résultat concernant la marche et le vélo est donc possiblement sous-estimé.

Le scénario C devrait donc permettre, si les politiques d'usage des sols sont correctement

par les habitants, et sont donc considérés comme des flux exogènes, mais non induits.

Si les camemberts dans la Figure 4-13 montrent plutôt les changements des comportements de déplacements d'un point de vue structurel, la Figure 4-14 illustre les différences

de répartition modale à travers les nombres d'embarquements. Les barres représentant les nombres de montées dans les différents modes de transports et signalent les amplitudes de déplacements dans chacun des trois scénarios.

Concernant le nombre d'embarquements, il n'y a pas de différence évidente entre les deux premiers scénarios. Au contraire, le 40C affiche une domination moindre de la voiture avec un

sorbé les surplus de fréquentation les plus importants. Ces surplus vont de pair avec une plus grande fréquentation des trams et des métros, puisque les bus irriguent l'ensemble du territoire et jouent le rôle de ramifications innervant les lieux dispersés. On constate que lorsque les métros et les trams reçoivent plus de passagers, ce sont principalement les bus en provenance, des espaces situés en dehors des corridors qui alimentent ces flux.

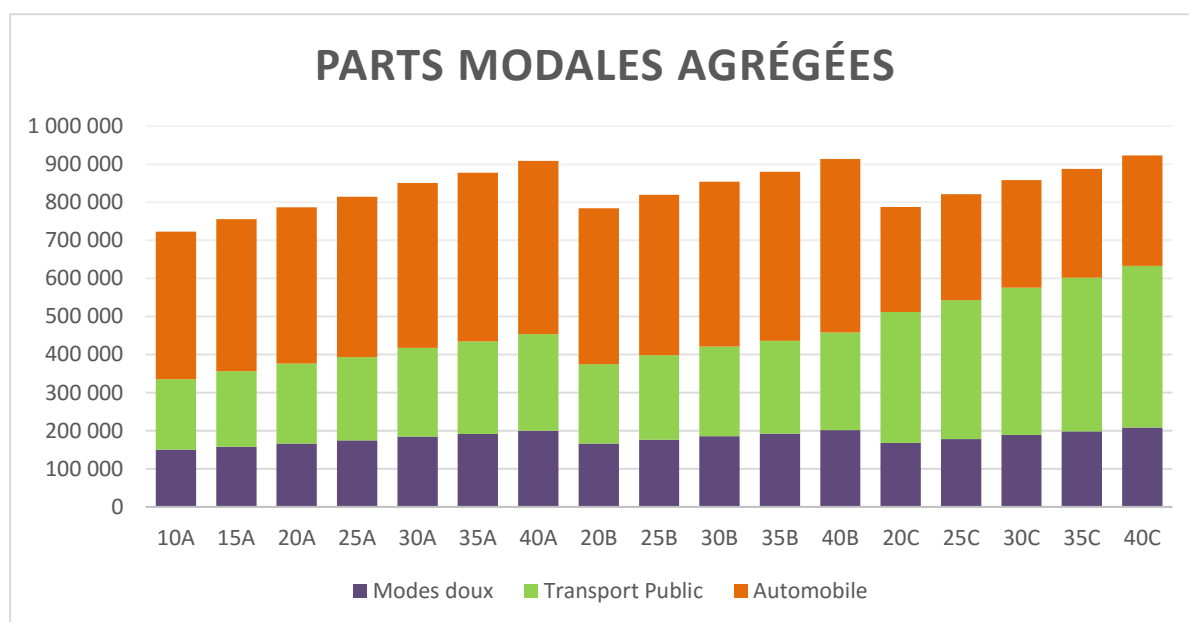


Figure 4-15 Evolution des parts modales agrégées au pas de cinq ans et selon scénario

certain nombre de voyages basculant sur les autres modes de transport. Les transports collectifs qui gagnent des passagers dans le scénario 40C concernent principalement les bus, les métros et les trams. Avec 62% de différence sur le nombre de passagers en bus et 83% de différence sur le nombre de passagers en tram, le scénario C semble avoir réussi à remplir les transports collectifs les plus lourds, mais à développer les modes plus légers et plus flexibles. Même si le TER est le mode de TC le plus lourd avec une grande capacité par rame, les gares sont relativement éloignées les unes des autres. Les trains accueillent ainsi un surcroît de fréquentation dans le scénario 40C, mais de petite ampleur. Ce sont les bus qui ont ab-

Enfin, nous avons sommé les nombres d'embarquements selon les modes de déplacements pour réaliser une figure de répartitions modales agrégées. Tous les couples d'année-scénario sont dessinés sur la Figure 4-15 avec les volumes totaux de déplacements en modes doux, en transports publics et en voiture. Cette figure illustre les tendances globales de répartitions modales dans le temps et par scénario, et vise à marquer les pas d'évolutions distinguant les différents scénarios.

Quel que soit le scénario, il y a une augmentation constante du nombre total de trajets dans les futures 25 ans. Les volumes totaux de déplacements entre les scénarios A, B et C sont

assez proches, avec, pour le scénario C, en léger excès à chaque pas de temps. Cette figure nous permet de vérifier les conclusions issues des analyses de deux figures précédentes. Il apparaît que les effets des politiques d'usage du sol dans le scénario C sont effectifs à partir de l'année 2020. De plus, ces politiques semblent continuer à exercer un effet sans atteindre de limite.

Même si les parts modales occupées par l'ensemble des transports publics dépassent celles occupées par les automobiles, et que les parts occupées par les modes doux ne cessent pas de croître, nous n'observons pas de ralentissement dans le regain des transports publics. L'ensemble des transports publics est responsable de 25% des voyages en 2010, et atteint même une part de 46% en 2040 pendant les heures de pointe du matin. Ces résultats entraînent cependant des questionnements, car en général les modèles TOD visent à rééquilibrer

4.3.2 VOLUME DE TRAFIC SELON MODES DE TRANSPORTS

Même si la voiture est utilisée pour seulement un tiers du nombre des déplacements dans le scénario 2040C, l'approfondissement de notre étude nous permet d'en savoir plus sur les distances parcourues, avant d'aborder la question des consommations énergétiques. Dans les paragraphes suivants, les volumes de trafics selon les modes de transport, dans chacun des scénarios, sont exposés.

Les volumes de trafics générés par les automobiles ne sont pas de même ampleur que ceux générés par les modes collectifs ou les modes doux. Pour les représenter sur une même figure, nous avons dessiné deux axes verticaux afin de représenter respectivement les trafics automobiles et les autres trafics dans la Figure 4-16. Autrement dit, l'axe principal, à gauche, correspond au nombre de passagers-kilo-

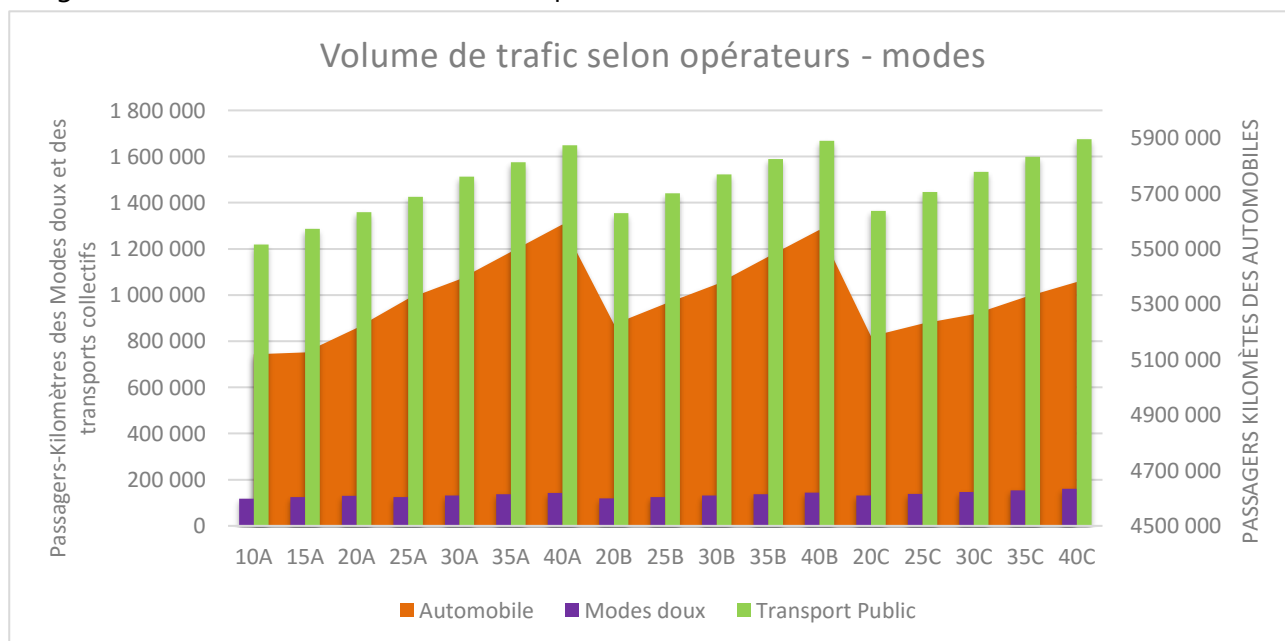


Figure 4-16 Evolution de volumes de trafic selon mode et selon scénario (en passagers-kilomètres)

brer tous les modes existants au lieu d'exclure un mode de déplacement spécifique.

mètres pour les transports collectifs et les modes doux. Leurs volumes sont représentés par les barres en bleu et en orange. L'axe secondaire correspond à l'échelle retenue pour les automobiles. L'évolution du volume de trafics routiers est représentée sur un fond violet.

Chaque rupture, qui traduit un changement de direction sur l'enveloppe orange, désigne un nouveau couple « année-scénario ».

Nous pouvons observer une augmentation générale des passagers-kilomètres générés par les voitures, quel que soit le scénario au fil du temps. Mais le scénario A – tendanciel – signale les pics de volumes automobiles à partir de 2025 et jusqu'en 2040. Si nous traçons une ligne tendancielle reliant les pics du scénario A, nous constatons une pente de croissance assez forte, avec une différence de plus de 450 000 kilomètres-passagers entre les scénarios 2040A et 2010A.

Le scénario B semble comporter un trafic automobile quasiment aussi important que celui du scénario A. En 2020, le volume automobile du scénario B dépasse même celui du A, probablement en raison de la mise en place des parking-relais gratuits pour le transfert entre automobile et transports collectifs. À partir de 2025, le scénario B comprend des volumes de trafics automobiles légèrement inférieurs à ceux du scénario A, mais pas de manière significative. Les creux de l'enveloppe orange se distinguent des deux premiers scénarios, et signalent les distances totales parcourues en voiture dans le scénario C. Les creux de l'enveloppe orange se distinguent des deux premiers scénarios, et signalent les distances totales parcourues en voiture dans le scénario C. Les écarts entre les pics et les creux illustrent la différence entre les deux premiers scénarios et le scénario C. Ces écarts s'élargissent au fur et à mesure, traduisant une pente de croissance de faible ampleur dans le scénario C. Le volume total de trafic automobile dans le dernier scénario croît aussi, mais plus doucement.

Quant aux transports collectifs, les écarts entre les trois scénarios sont aussi très faibles. Mais pour le scénario C, l'augmentation continue du volume total jusqu'à l'horizon 2040 est commune. Seul un pas de temps est marqué par une croissance relativement forte – entre l'année

de référence et l'année 2020 – possiblement induit par le doublement de la ligne 1 du métro en cours de réalisation.

Par ailleurs, les différences de croissance des volumes de trafics en modes doux sont visibles. Il est perceptible que les distances parcourues en modes doux sont plus importantes dans le scénario C que dans le A et le B, même si les valeurs sont faibles. Nous avons constaté un pourcentage de report modal vers les modes doux conforme à ce que nous avons discuté dans les paragraphes sur la coordination urbanisme/transport. On observe des reports à la fois vers les déplacements en vélo et à pied, mais plus fortement vers les cyclistes que vers les piétons. Nous nous sommes donc demandés si la hausse de passagers-kilomètres en mode doux est le fait de la hausse du nombre de voyages, où si elle est due à l'accroissement de la distance par voyage ; mais aussi, si cela était principalement lié à l'augmentation de l'usage du vélo, ou plutôt à celle de la marche. Ici, nous avons comparé les scénarios 40A et 40C, en termes de nombre de trajets et de passagers-kilomètres selon chacun des modes doux. Les résultats montrent que la différence de volumes de trafics en modes doux entre les scénarios C et tendanciel ne provient pas principalement des distances moyennes parcourues, mais bien du nombre de voyages réalisés en modes doux. Plus précisément, les habitants font plus de trajets en marchant ou en vélo, mais sur des distances moyennes plus courtes. La distance moyenne parcourue à pied diminue très légèrement, mais celle parcourue en vélo diminue plus fortement et s'accompagne d'un nombre de voyages en vélo plus important.

Deux raisons ont encouragé le raccourcissement de la distance moyenne en mode doux dans le scénario 40C par rapport au 40A. Premièrement, il est rappelé ici que les flux intrazonaux ne sont pas simulés en raison de la nature même du modèle. La multiplication de

voyages en modes doux et le raccourcissement de la distance moyenne sont donc issus de la diminution de distance géographique entre l'origine et la destination, grâce à une organisation spatiale plus concentrée dans et autour de l'espace de corridor. Deuxièmement, le raccourcissement des distances est dû à un réaménagement des zones de chalandise qui facilite l'accès aux réseaux de transport avant la montée et l'accès à la destination après la descente. La distance depuis l'origine et celle jusqu'à la destination – généralement réalisées en modes doux – sont également réduites dans le scénario 40C.

Ce dernier est accompagné d'un rallongement de la distance moyenne parcourue en voiture. Contrairement au raccourcissement de distance moyenne en modes doux, les usagers de la voiture semblent privilégier celle-ci pour une plus grande distance. Cela veut dire que la distance minimale à partir de laquelle les habitants commencent à utiliser la voiture est devenue plus importante. Or, pour les voyages plus courts en distance, les transports collectifs ou les modes doux pourraient suffire, tout en respectant le budget temps disponible.

En effet, l'unité de l'échelle graphique pour les volumes de trafics concernant les transports alternatifs à la voiture, dans la Figure 4-16 Evolution de volumes de trafic selon mode et selon scénario (en passages-kilomètres) Figure 4-16, est la même que celle concernant les voitures – même si les deux axes verticaux disposent d'échelles de valeurs différentes. Les accroissements de volumes pour les transports en commun et les modes doux sont donc plus grands que ceux de l'automobile.

Nous constatons ainsi que les pentes croissantes concernant les voitures et les modes collectifs sont en convergence dans le scénario A alors que ces dernières s'écartent et se divergent dans le scénario C. Cela signifie une augmentation de volume de trafic automobile dans le A plus importante que celle dans le C.

Si nous comparons les degrés d'évolution de trafic entre les trois scénarios, les pentes croissantes des barres vertes – correspondant aux modes collectifs – augmentent faiblement dans les scénarios A et B. Cette pente est légèrement plus forte dans le scénario C, et s'observe de façon plus évidente au fil du temps. N'ayant pas prévu de lourds travaux en termes d'offre physique sur les réseaux de transports collectifs, les trois scénarios partagent les mêmes infrastructures de transports collectifs avec des services de TC similaires.

Il en va de même pour les modes doux : le volume de trafic en mode doux dans les scénarios A et B ne semblent pas augmenter de façon considérable. Par contre, la croissance dans le C est plus évidente. Comme affiché dans la Figure 4-16, la seule amélioration des pistes cyclables et des environnements à proximité des arrêts de TC ne semble pas suffire pour faire augmenter significativement les flux en transport collectifs dans une logique intermodale.

Nous en concluons donc que la croissance des parts des modes doux et des transports collectifs ne provient pas principalement de l'amélioration des conditions de circulation, car cette amélioration est commune pour les trois scénarii prospectifs. Ces augmentations des parts modales sont issues majoritairement du changement morphologique du territoire dans le scénario C. Celui-ci constitue la seule différence avec les deux autres scénarii. Plus particulièrement, grâce aux localisations des ménages inscrites dans des espaces plus restreints et moins étalés, l'usage des TC et les déplacements en modes doux sont favorisés.

Ceci signifie que si la tendance croissante à l'usage des transports collectifs associée à une baisse de l'usage de la voiture est induite par la forme urbaine, elle doit aussi, pour être soutenable dans le long terme, être accompagnée

d'améliorations significatives de l'offre et de la capacité en transport collectifs.

4.3.3 RELATION ENTRE DISTANCE ET VITESSE DE DÉPLACEMENT

Les volumes de transport et les parts modales nous indiquent des dynamiques en faveur de telle ou telle option. Cependant, il nous semble important de vérifier quelles sont les conditions de déplacements induites par ces évolutions : ces conditions restent-elles égales, s'améliorent-elles, ou bien se dégradent-elles ?

Après avoir comparé les distances totales parcourues par mode (opérateur dans le cadre de la modélisation) dans chacun des scénarios, nous avons souhaité comparer les distances moyennes et les vitesses moyennes selon les scénarios. Dans cette phase d'analyse, nous n'entrerons pas dans le débat des utilités de la distance ou de la vitesse, mais nous étudierons leur relation afin de mieux comprendre les éventuelles évolutions de comportements de la mobilité. En effet, la distance moyenne parcourue et la vitesse moyenne sont deux indicateurs que nous distinguons comme paramètres influents dans l'organisation des villes et des territoires (L'Hostis 2014).

Il faut préciser ici que les deux indicateurs étudiés varient selon le motif de déplacement, selon la catégorie socioprofessionnelle, et selon le mode principal de déplacement. C'est dans ce sens que nous avons voulu étudier la distance moyenne et la vitesse moyenne, en fonction de différentes catégories de demandeurs de transports, et en comparant quelques modes spécifiques.

Selon les sorties de notre application, le scénario 2040C et les deux autres scénarios 2040 divergent en termes de distances moyennes par voyage.

ménages à bas revenus semblent résider dans les zones un peu moins écartées de leurs lieux d'emploi. Enfin, les ménages à revenus élevés, choisissent leurs lieux d'habitation en fonction

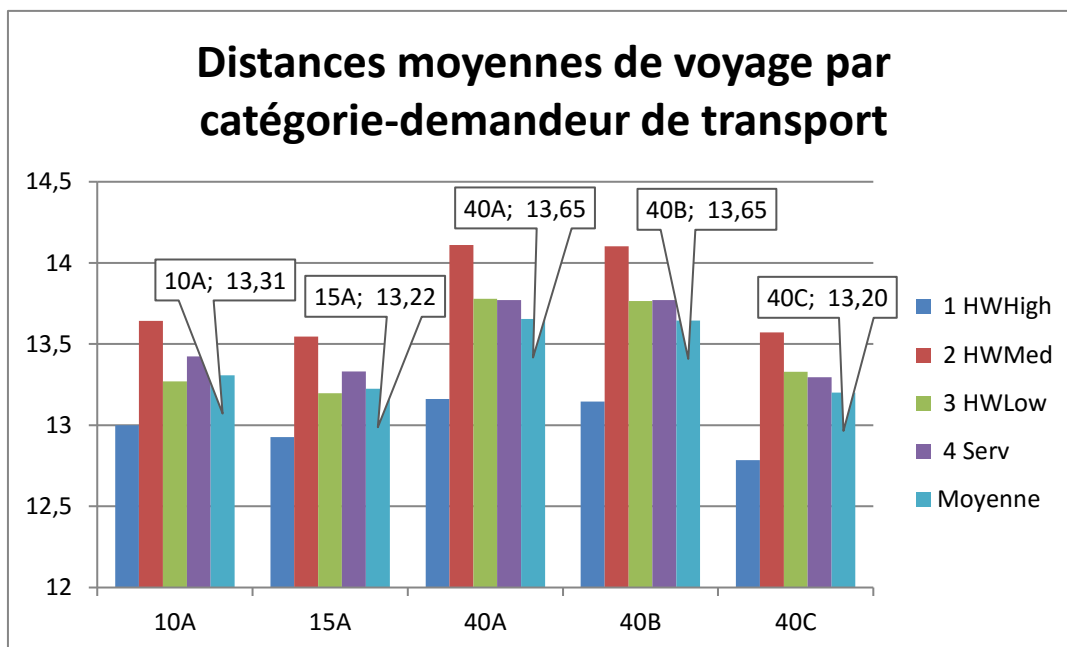


Figure 4-18 Distances moyennes de voyage selon scénario et par catégorie-demandeur de transport

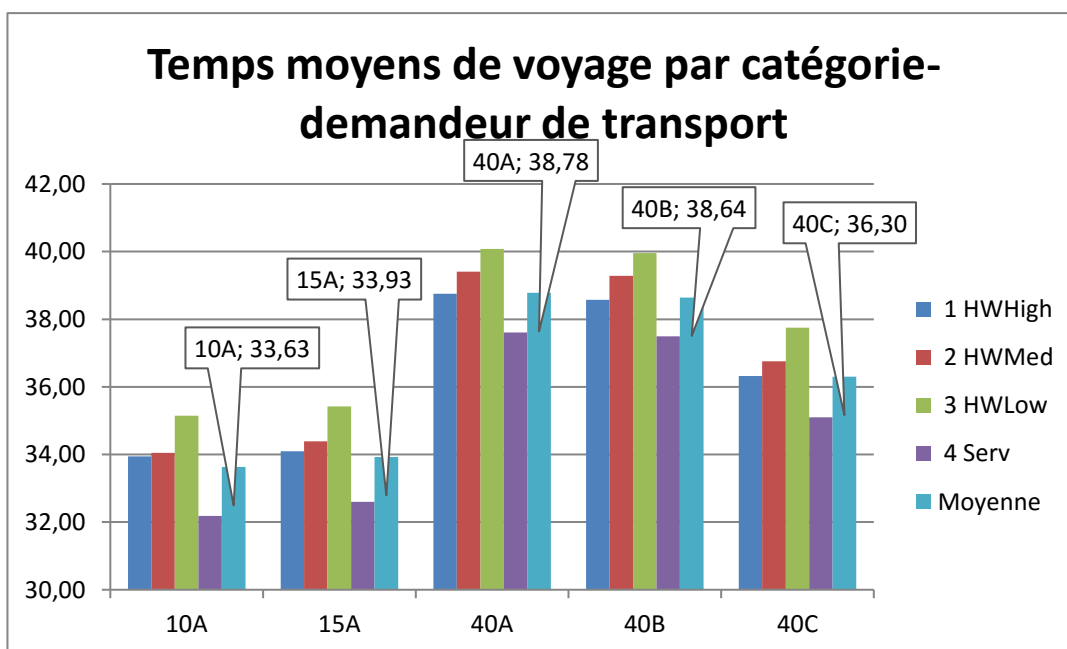


Figure 4-17 Temps totaux de voyage en moyenne selon scénario et par catégorie-demandeur de transport

Si l'on regarde horizontalement la figure, à savoir à travers les pas de temps, les ménages aux revenus moyens parcourent les plus grandes distances pour aller au travail, quels que soient l'année ou le scénario. Ensuite, les

des aménités d'accès à leurs lieux de travail. C'est donc, la « catégorie-demandeur de transport » qui parcourt la distance la moins grande pendant les heures de pointe du matin, ce cela, dans tous les scénarios considérés.

L'une des différences principales entre l'année de projection 2040 et les années de référence réside dans la distance entre les lieux d'habitation et les lieux de services. On constate qu'en 2010 et en 2015, les distances parcourues pour se rendre aux services dépassent celles des navettes domicile-travail des ménages à bas revenus. Mais, dans les trois scénarios, en 2040, ce phénomène s'est inversé. La distance moyenne domiciles-services dans le scénario 40B est quasiment la même que celle du domicile-travail pour les MBR, alors que dans les scénarios 40A et 40C, cette distance moyenne d'accès aux services se situe en avant-dernière position, légèrement en retrait des résultats obtenus pour le domicile-travail dans la catégorie des MBR.

C'est un résultat qui mérite notre attention car les MBR sont représentatifs des comportements de déplacements. Encore une fois, les MBR sont non seulement contraints économiquement par les choix de leurs moyens de transport, mais ils sont aussi limités par leurs choix de logement. Lorsque la distance génère un coût qui leur semble déterminant, ils tendent à raccourcir cette distance pour faire des achats ou se rendre dans des services. La diminution de la distance entre le domicile et les services illustre leur volonté d'habiter plus près des commerces et services afin de réduire le coût de déplacement.

Si l'on compare les différences entre les trois scénarii prospectifs, on constate aussi que la distance moyenne n'est pas un indicateur constant. Il peut y avoir de légères fluctuations selon les scénarios, en fonction de l'organisation spatiale du territoire. Le scénario tendanciel A et le scénario B (Restriction exclusive aux zones TOD) semblent afficher un allongement des distances parcourues pour toutes les catégories-demandeurs de transport. Au contraire, à l'exception de celles liées au domicile-travail

pour les MBR, les distances moyennes décroissent pour les déplacements de toutes les catégories dans le scénario 40C.

Le temps de déplacement, en revanche, connaît de plus fortes différences entre les scénarios. Loin d'être une constante comme l'indique l'hypothèse de la constance des budgets-temps (Y. Zahavi, 1979) (van Wee, Rietveld, et Meurs 2006), la durée de déplacement pendant la période de pointe du matin semble s'allonger pour les années à venir. En effet, quel que soit le scénario, en 2040, le temps passé pour se rendre au travail ou au service augmente, en moyenne, de 5 minutes pour les scénarios A et B et de 2-3 minutes pour le C.

Cet allongement général des temps de parcours concerne toutes les « catégories-demandeurs de transport », mais le temps passé pour le transport peut être perçu de façon variable selon la catégorie de ménage ou selon le motif de déplacement. À partir des sorties du modèle, nous constatons que le temps consacré au service est celui que les individus cherchent à minimiser. Si nous ne pouvons pas choisir nos lieux de travail, nous cherchons à dépenser le moins de temps possible pour les achats et la consommation des services de base.

En comparant les temps passés pour les relations domicile/travail on peut observer sur la durée que les MHR passent de moins en moins de temps dans ce type de déplacements, contrairement aux MBR.

Dans tous les cas, les durées de déplacements dans le scénario 40C sont celles qui ont crû le moins parmi les trois scénarios, en regard de l'année de référence et pour toutes les « catégories-demandeurs de transport ». Cette tendance nous amène à penser que le scénario 40C s'approche de l'idée d'équilibre que nous avons présentée dans le premier chapitre. Le scénario TOD indique ainsi un équilibre urbain

possible qui minimise les durées de déplacements.

Maintenant, si nous croisons les deux indicateurs et étudions leur relation, nous observons que la distance moyenne de déplacement s'allonge de façon beaucoup plus modeste que la durée moyenne de déplacement. On peut alors se demander si cette observation indique un ralentissement général des déplacements ; mais également, quelle est la raison majeure de l'allongement du temps de déplacement ? Et est-ce que le ralentissement des vitesses doit davantage affecté à un mode de déplacement en particulier ?

En croisant les indicateurs de congestion routière dans les trois scénarios, nous réalisons que les raisons provoquant ces ralentissements apparents sont différentes.

D'abord, pour certains modes, il n'y a pas de ralentissement et même une accélération de la vitesse pour les vélos et les bus interurbains. Par exemple, la vitesse de circulation des bus est plus grande : 10A : 20.85 ; 40A : 21.06 ; 40B : 22.22 ; et 40C 22.66. Prenons les vélos comme autre exemple : non seulement ils sont plus utilisés dans le scénario 40C, par rapport à l'année de référence, que les autres scénarios mais nous observons aussi une augmentation des vitesses moyenne (de 9.51 km/h en 10A à 9.62 km/h en 40C).

	10A	40A	40B	40C
Voiture	31,17	29,99	30,06	30,39
Bus urbain	21,55	20,77	20,82	21,06
Bus interurbain	23,05	22,19	22,22	22,66

Tableau 4-3 Evolution de vitesse de circulation selon opérateur

Puis, pour ceux qui empruntent les moyens de transports mécanisés, le temps de voyage est composé de deux éléments principaux : le temps réellement passé dans les véhicules et le temps d'attente. Pour retrouver la source de l'allongement du temps total, nous avons d'abord procédé en comparant les vitesses moyennes de circulation par mode de déplacement entre l'année de référence et les trois scénarios en 2040. Puis, dans un deuxième temps, nous avons comparé les temps d'attente avant l'embarquement.

Afin d'étudier les vitesses réelles de circulation, certains modes sont affectés de vitesses prédéfinies, tels que les TCSP urbains et les trains régionaux. Dans ce cas, le changement de vitesse de voyage ne provient pas des conditions de circulation, à savoir les éventuelles congestions ou limitations. Au contraire, les véhicules partageant les mêmes infrastructures routières sont influencés par les conditions de trafic et ces dernières indirectement impactées par l'organisation spatiale.

Dans les trois scénarios projetés, comme dans celui de l'année de référence, nous avons listé les vitesses réelles sur la voirie en fonction des

modes. Il existe principalement trois modes mécanisés qui partagent la voirie : les voitures, les bus urbains et les bus interurbain. La vitesse moyenne de circulation pour ces trois modes diminue au fil du temps dans tous les cas. La baisse de la vitesse routière est en effet un facteur qui allonge le temps de circulation et, prolonge le temps de déplacement. Néanmoins,

les plus grands ralentissements enregistrés sur les vitesses routières apparaissent dans le scénario 40A, alors que des ralentissements de moindre ampleur apparaissent dans le scénario 40C. C'est probablement aussi l'origine de l'écart de temps de voyage entre les scénarios 40A et 40C.

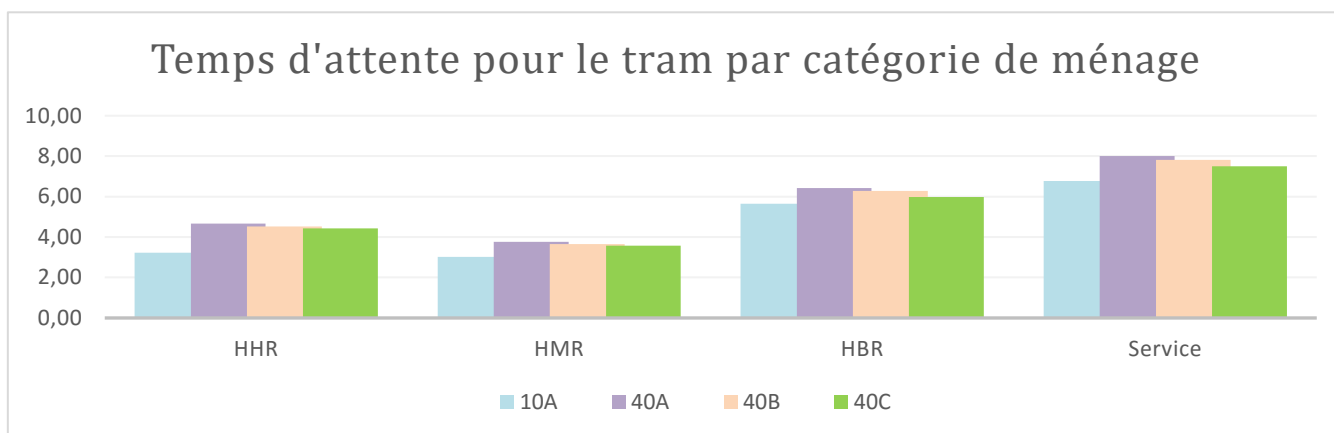


Figure 4-21 Temps d'attente en moyenne par catégorie avant de monter dans un tram dans le scénario de référence et les scénarii projetés

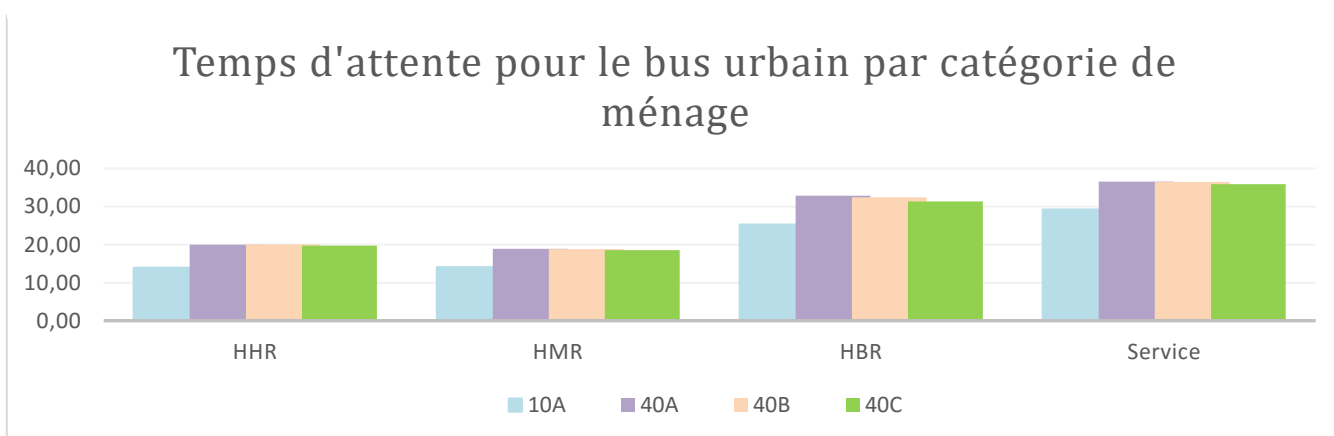


Figure 4-20 Temps d'attente en moyenne par catégorie avant de monter dans un bus dans le scénario de référence et les scénarii projetés

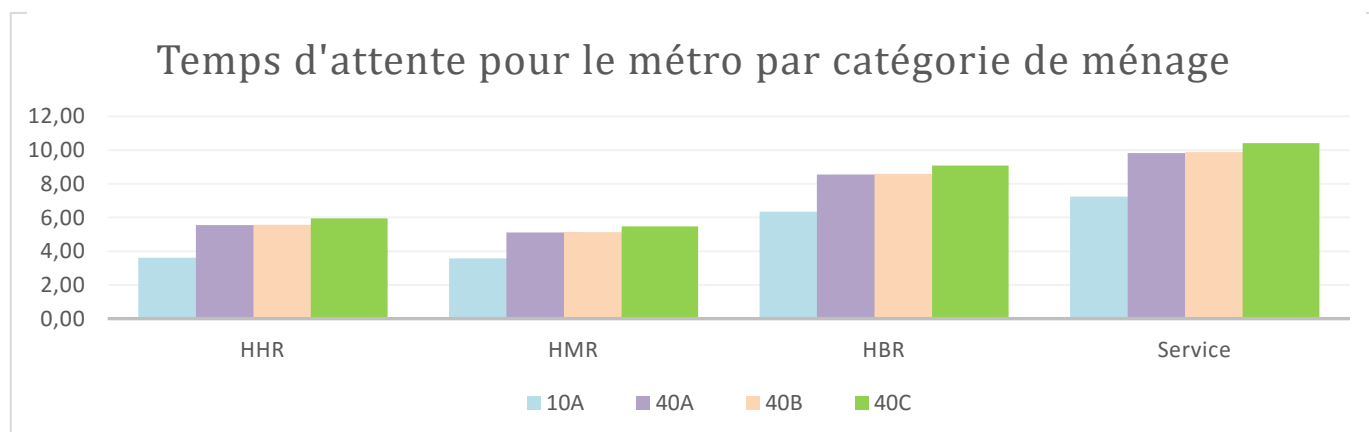


Figure 4-19 Temps d'attente en moyenne par catégorie avant de monter dans un métro dans le scénario de référence et les scénarii projetés

Les écarts de vitesses entre les trois scénarios sont relativement limités. Pour cette raison, nous avons tout de même étudié les temps d'attente pour les transports collectifs. Il existe beaucoup de types de TC, qui dans la modélisation correspondent à des lignes de bus par exemple, et il ne serait pas pertinent de lister les valeurs du temps d'attente pour tous les modes. Seuls les figures les plus représentatives sont exposées pour illustrer nos propos.

Dans la Figure 4-20 et la Figure 4-21, les temps d'attente pour le tramway et les bus s'allongent dans tous les scénarios de projection par rapport à l'année de référence. Ces allongements sont relativement moins forts dans le scénario 40C que dans le 40A pour toutes les « catégories-demandeurs de transport ». Ces deux figures sont représentatives des tendances d'évolution qui touchent les transports en commun de gabarit relativement léger. En tant que modes de transports rabattant sur les modes de TC lourds, leurs conditions de desserte ne sont pas nécessairement améliorées. Comme peu de travaux ont été prévus pour les zones de dessertes secondaires, les conditions pour accéder à un tramway et à des bus se dégradent. Ces conditions, conjuguées à une organisation spatiale non favorables aux usages des TC, font croître les temps d'attente, particulièrement dans les scénarios 40A et 40B.

La situation est différente dans le cas du métro et la Figure 4-19 affiche une croissance des temps d'attente, surtout dans le scénario corridor. Si le rallongement des temps d'attente dans les scénarios 40A et 40B est possiblement induit par une condition d'accès non améliorée, le même phénomène, voire accentué, n'est pas causé seulement par cette raison que dans le cas du scénario 40C. Comme il y a un report modal vers les transports en commun, illustré dans la partie sur « [les résultats sur les parts modales](#) » (cf. page 207), la montée dans

les modes collectifs lourds devient un mouvement plus massif, ce qui tend à générer de la congestion et de l'attente. Lorsque les passagers qui attendent un métro voient un véhicule bondé, il arrive qu'ils préfèrent attendre le véhicule suivant pour un voyage plus confortable car les fréquences de passages sont connues pour être élevées pendant les HPM. Ainsi, le fait que certains passagers préfèrent attendre plutôt que de subir un voyage dans les conditions pénibles rallonge le temps d'attente moyen.

À partir de l'observation de ces phénomènes, et à l'inverse de ce que nous espérions voir, nous pouvons tirer la leçon suivante. Les réseaux de transports collectifs et les services associés ne peuvent être laissés en l'état. Même si les aménagements de l'espace et l'organisation des fonctions urbaines améliorent les conditions de vie et modifient les choix modaux, un accompagnement par une amélioration des services de transports est aussi nécessaire afin de maîtriser les durées de déplacements. Les distances de transport, quant à elles, sont censées être maintenues à travers les politiques de réorganisation spatiale. Par contre, pour des distances données, les temps de transport sont produits par la rencontre entre la demande et l'organisation des services de transports.

En fin de compte, nous retenons deux différences majeures entre les trois scénarios prospectifs. Premièrement, la distance totale de déplacement dans le 40A est quasiment égale à celle du 40B, et celle-ci est largement supérieure à la distance totale de déplacement proposée dans le scénario 40C, sans même compter les déplacements de petites distances dans le scénario du corridor. Deuxièmement, le temps total de déplacement dans le scénario 40A est supérieur à celui du 40B, lui-même supérieur à celui du 40C. Ces conclusions démontrent que par rapport au scénario tendanciel, le scénario corridor favorise réellement les

déplacements de proximité, quelle que soit la
« catégorie-demandeur de transport ».

4.3.4 INTERMODALITÉ ET MULTIMODALITÉ

Afin d'analyser l'intermodalité (Menerault et al. 2008), nous nous sommes référé à la fonction (ou opérateur) « integrated walk » (la marche intégrée) dans TRANUS. Celle-ci a été créée afin de permettre aux passagers de pouvoir changer de mode de transport dans leurs choix d'itinéraires quand ils combinent plusieurs modes de déplacements associant les modes privés et les modes collectifs. Plus le nombre de montées dans la fonction « marche intégrée » est important, plus les passagers changent de modes de transport.

Il existe deux facteurs qui mènent à l'accroissement du nombre de changements de modes. Le premier facteur est simplement l'augmentation du nombre de déplacements. Plus les passagers effectuent de voyages, plus ils sont susceptibles d'utiliser des modes de transport variés. Le second facteur est dû au changement comportemental, quand les passagers effectuent un transfert d'un mode à un autre sur les mêmes couples d'origine-destination. Nous avons déjà vu dans les analyses

de [parts modales](#) et [volume de trafic](#), qu'il existe de légère augmentation du nombre de voyages dans tous les scénarios. L'accroissement du nombre d'embarquement en mode « marche intégré » est donc partiellement issu de cette augmentation du trafic. Il est donc plus intéressant d'étudier ici si, en fonction des scénarios, d'éventuels changements de comportements auront lieu dans les futurs 25 ans.

Pour ceci, nous avons non seulement recensé le nombre d'embarquements pour la fonction « marche intégrée », mais aussi pour la fonction « Parking-Relais ». En effet, parmi les passagers qui utilisent le mode de la « marche intégrée », certains proviennent d'un autre dispositif collectif alors que d'autres sont descendus avec leurs vélos. Une autre partie des passagers descendant des voitures garent leurs véhicules dans les « Parking-Relais » avant de monter dans un transport collectif. En revanche, les « piétons intégrés » ne traversent pas de « Parking-Relais » pour rejoindre un autre mode de TC. L'usage de ces deux catégories explique le nombre d'échanges entre « TC/Vélo - TC » et entre « Voiture - TC ».

Opérateur	10A	15A	20A	20B	20C	25A	25B	25C
Marche intégrée	101 793	108 983	115 819	115 098	115 816	121 317	122 759	123 050
Parking Relais	17 365	17 704	17 973	17 991	17 881	18 172	18 101	17 809
30A	30B	30C	35A	35B	35C	40A	40B	40C
129 332	130 333	130 719	134 397	134 805	136 542	140 408	141 612	143 783
18 307	18 251	17 814	18 698	18 959	18 034	18 865	19 311	18 038

Tableau 4-4 Nombre d'embarquements dans les opérateurs "marche intégrée" et "Parking Relais" selon l'année et le scénario

Dans le Tableau 4-4, nous exposons les changements de comportements selon les scénarios. On y observe que la « marche intégrée » croît dans tous les scénarios. En comparaison, le nombre d'occurrences de la « marche intégrée » dans le scénario 40C est le plus grand. Cette différence du niveau de « marche intégrée » montre une diffusion de l'intermodalité « TC/Vélo - TC » plus aboutie dans le scénario

du corridor que dans les deux autres scénarii. Grâce à la facilité d'articulation entre les modes de transports collectifs, et entre le vélo et les TC, ainsi que par la tarification intégrée, les passagers effectuent un transfert vers les modes alternatives à la voiture bien qu'ils perdent un peu de temps.

Selon les colonnes concernant les usages du « Parking-Relais », nous observons également

de légers accroissements dans tous les scénarios. Par contre, ces accroissements sont infimes, voire négligeable dans le scénario 40C. La stagnation de l'usage du « Parking-Relais » révèle le moindre succès de l'intermodalité « Voiture – TC », surtout dans le scénario du corridor. D'un autre point de vue, cette faiblesse de l'échange entre la voiture et les TC est partiellement issue d'un moindre usage de la voiture dans ce même scénario.

4.3.5 BÉNÉFICES POUR LES USAGERS

Cette dernière partie de résultats issus du sous-module de transport sort de la structure que nous avons adoptée jusqu'à maintenant. Dans cette partie, nous ne comparerons pas les trois scénarios vis-à-vis de l'année 2010 de référence, mais nous comparerons le scénario 40C avec le 40A, c'est-à-dire deux scénarios futurs contrastés.

L'objet de cette comparaison est un paramètre économique qui décrit les bénéfices pour les usagers. Issus des principes de notre modèle de simulation, les bénéfices pour les usagers sont définis comme l'agrégation des surplus des consommateurs d'un cas de figure par rapport à un autre. En l'occurrence, nous évaluerons le surplus du consommateur par « catégorie-demandeur de transport » pour chaque couple d'origine-destination, dans les scénarios 40A et 40C. Ainsi, concernant chaque couple d'origine-destination, le résultat se présente sous forme de surplus dans le cas du scénario 40C par rapport au 40A, après avoir soustrait les coûts généraux des bénéfices globaux. Tandis que le scénario 40A est caractérisé par une approche « sans intervention particulière », le 40C est marqué par des actions spécifiques différenciant les zones TOD et les espaces du corridor.

Il est extrêmement intéressant de calculer les surplus du scénario 40C par rapport au 40A. Comme les surplus concernent tous les couples d'origine-destination, les résultats sont exposés sous forme de matrice OD. L'investigation de chaque cellule de la matrice en question nous permet de visualiser quel(s) couple(s) OD profite(nt) le plus des actions menées en 40C.

Si la valeur d'une cellule est négative, les projets réalisés dans le cadre du 40C exercent un effet négatif pour le couple OD correspondant par rapport au 40A. Au contraire, si la valeur

d'une cellule est positive, les projets spécifiques du 40C apportent un surplus de bénéfice économique pour le couple OD correspondant.

Plus précisément, le surplus du consommateur concernant chaque couple OD en faisant la comparaison entre les scénarios 40C et 40A est calculé selon la loi d'un-demi. Dans notre cas, notre matrice de surplus est constituée par des valeurs calculées à partir de désutilités de transport et des effectifs de voyages correspondant à chaque couple OD. L'algorithme utilisé est formulé ainsi :

$$\Delta S_{ij}^m = (\tilde{c}_{ij}^{m40C} - \tilde{c}_{ij}^{m40A})(T_{ij}^{m40C} + T_{ij}^{m40A}) 1/2$$

Équation 4-3

Où :

ΔS_{ij}^m : est le surplus du consommateur de « catégorie-demandeur de transport » m voyageant de la zone d'origine i à la zone de destination j

$\tilde{c}_{ij}^{m*}$: est la désutilité de transport pour le scénario 40A ou le scénario 40C

T_{ij}^{m*} : est le nombre de voyages pour le scénario 40A ou le scénario 40C.

Si les flux augmentent, le surplus augmente, et si la désutilité baisse, le surplus baisse.

Le bénéfice est l'agrégation de surplus de consommateurs individuels. Par exemple, la somme horizontale de tous les surplus $\sum_j \Delta S_{ij}$ donne le bénéfice agrégé de tous les voyages provenant de la même zone d'origine i . La somme verticale de tous les surplus $\sum_i \Delta S_{ij}$ donne le bénéfice agrégé de tous les voyages arrivant à la même zone de destination.

Nous avons, pour illustrer nos propos, calculé les surplus des zones dans les espaces du corridor et hors corridor, respectivement en tant

que zones d'origines et en tant que destination. Les bénéfices agrégés sont exposés sur les deux figures suivantes.

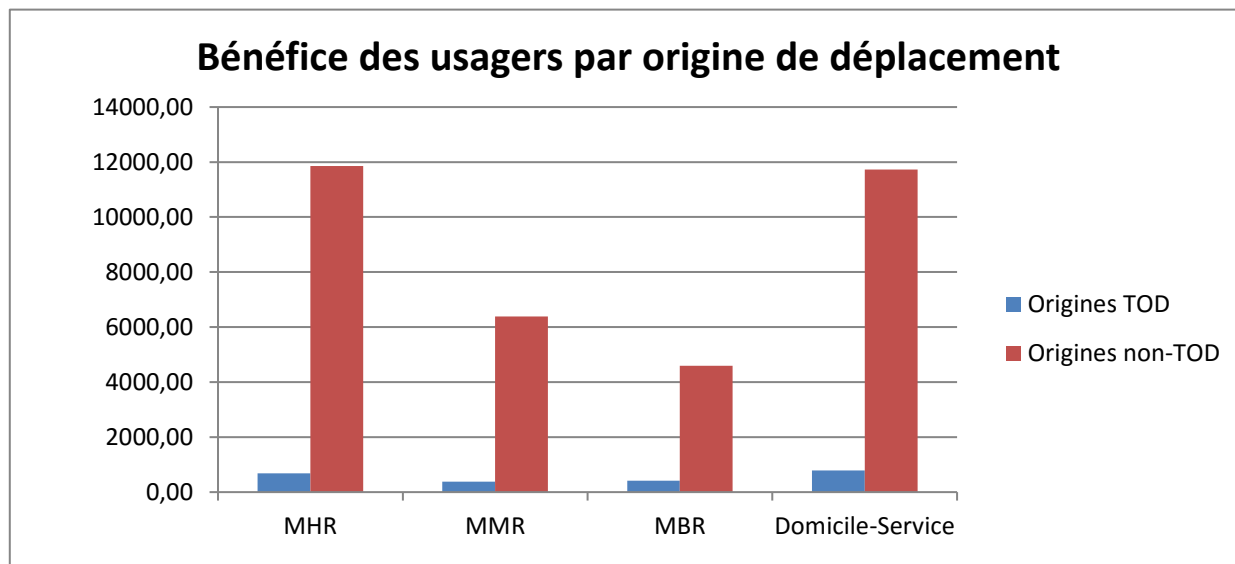


Figure 4-23 Bénéfice pour les usagers de différentes catégories-demandeurs de transport selon l'origine de leurs déplacements, sortie de simulation

Les figures Figure 4-23 et Figure 4-22 listent les bénéfices pour les usagers - les agrégations de surplus des consommateurs comparant le 40C au 40A – selon la « catégorie-demandeur de transport ». L'unité de graphe est en euro par an, calculée à partir des heures de pointe du matin, multiplié par les unités de voyages.

Ce graphe nous permet de constater trois phénomènes significatifs. Premièrement, que ce soit en tant qu'origine ou destination, à l'intérieur des espaces de corridor ou en dehors, les bénéfices sont toujours plus importants pour les usagers aisés que pour les usagers de bas revenus. Dans notre application, les ménages

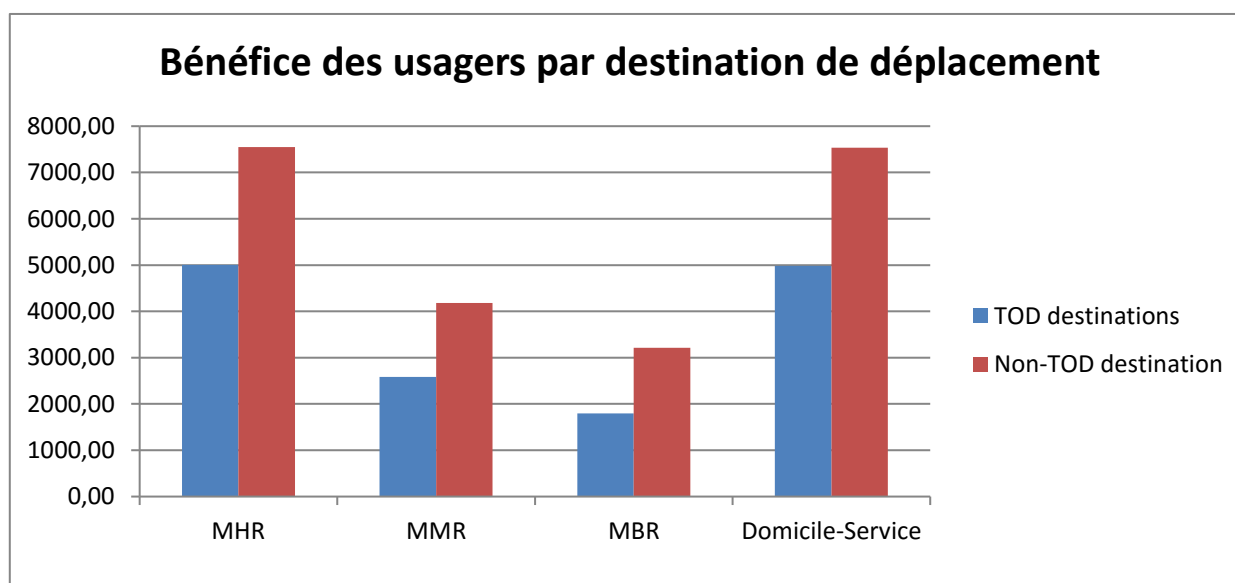


Figure 4-22 Bénéfice pour les usagers de différentes catégories-demandeurs de transport selon la destination de leurs déplacements, sortie de simulation

sont équi-répartis, ce qui signifie que, toutes choses égales par ailleurs, chaque individu riche bénéficie donc plus des actions menées dans le cadre du scénario C-corridor qu'un individu précaire.

Deuxièmement, que ce soit en tant que zone d'origine ou en tant que destination, les usagers dégagent collectivement moins de bénéfice dans les espaces du corridor qu'en dehors de celui-ci. C'est un résultat surprenant mais tout à fait cohérent. L'usage plus concentré des sols ramène les flux vers les espaces du corridor depuis l'extérieur, rapportant des bénéfices, notamment issus des zones dépourvues de fonctions. D'autant plus que ces zones, généralement rurales, sont beaucoup plus nombreuses que les zones TOD. Tandis que la quantité de bénéfice découlant des zones TOD est limitée, celle dérivant des zones non-TOD est très significative.

Troisièmement, la comparaison entre les deux figures nous montre que les bénéfices issus des zones en tant qu'origine sont plus importants que ceux générés par les destinations. Dans notre application, seules les heures de pointe du matin sont simulées, où les trajets dans le sens de domicile au travail sont plus susceptibles d'être envisagés. Comme la localisation des ménages est l'objectif majeur de nos actions, les zones d'origines sont celles qui connaissent le plus de flux. En conséquence, les bénéfices émanant des zones d'origine trahissent les plus grands écarts, montrant les influences de portée des actions dans le 40C.

Contrairement aux autres études sur les surplus des consommateurs du système de transport, les bénéfices apportés aux usagers dans nos travaux de recherche proviennent notamment des projets urbains à la place des projets de transport. Les surplus des consommateurs en raison d'une modification de l'usage de sol s'avèrent importants malgré l'absence d'amélioration des infrastructures de transports spécifiques.

4.3.6 PISTES POUR DES RECHERCHES FUTURES

Dans Dans cette sous-partie, nous avons vu les principaux résultats issus du sous-module de transport, sachant qu'il existe encore des éléments à explorer dans le futur. Ainsi, pour une étude de mobilité durable, nous pouvons calculer la consommation énergétique de chacun des scénarios, selon le mode et selon le secteur géographique. Dans notre application, nous avons seulement regardé de manière générale la consommation d'énergie globale, exprimée en litres d'essence. Nous avons constaté qu'il y a, soit égalité (métro), soit moins de consommation énergétique sur les réseaux de TC lourds (tram et train). Pourtant, avec plus de demandes pour ces modes de déplacements et plus de remplissages des véhicules, les taux d'occupation sont en croissance dans le cas du scénario du corridor. La consommation énergétique par personne des TC lourds est donc réduite en moyenne. En revanche, la consommation d'énergie des bus est plus grande, liée à l'élévation de la vitesse de circulation. Nos analyses sur les consommations de bus sont réalisées de façon inachevée et nous espérons que cette consommation en augmentation, peut être maîtrisée, voire réduite à l'aide des innovations technologiques, et de l'usage de nouvelles formes d'énergie.

Il est aussi possible d'analyser les niveaux de services sur chacun des tronçons d'infrastructures routières par exemple. TRANUS permet de visualiser les états de congestion sur le réseau. Ces résultats ne sont pas montrés dans la thèse, car il existe peu de liens entre la décongestion de ces secteurs et les espaces de corridors. Il est tout de même envisageable de mettre ces résultats en valeur car l'application est tout à fait réutilisable pour d'autres problématiques d'une échelle similaire.

Éloquents en termes de données et de détails spatiaux, il est également souhaitable de réaliser des analyses plus locales et ponctuelles. Comme nous l'avons mentionné dans les études de résultats agrégés, les déplacements intrazonaux ne sont pas comptés, ni estimés dans le cadre de la modélisation. La marche et les voyages en vélo à l'intérieur d'une zone pourraient être inclus dans de futures recherches, afin d'estimer les parts modales de façon plus réaliste. Parallèlement, l'intégration des flux de modes doux nous permet de mieux appréhender le concept du TOD et les mobilités de proximité dans les espaces du corridor. Les flux intrazonaux, autrement dit, les flux de petites distances, peuvent donc être incorporés comme étant dans la continuité des présents travaux de recherche.

Chapitre 5

CONCLUSION GENERALE

Il est sans doute difficile de relier les théories urbaines à une application numérique et de représenter une réalité territoriale à travers un modèle de simulation intégré. Pourtant, nous avons voulu nous confronter à ce défi et nous avons réussi à en tirer des leçons pendant ces quatre années de recherches. Dans le cadre de cette thèse de doctorat, nous avons réalisé une étude prospective sur le périmètre du SCOT de la Métropole Européenne de Lille, en ayant recours à un outil d'aide à la décision, qui nous a permis d'exprimer et de tester trois visions d'un développement territorial renouvelé en nous appuyant sur le concept du TOD associé au modèle du Corridor Urbain.

Le concept du TOD et le modèle dérivé du Corridor urbain s'inscrivent dans des courants de pensées et idéologies contemporaines. C'est pourquoi il nous a semblé pertinent de les interroger, de les mettre à l'épreuve d'un terrain réel afin de tester leur pertinence, en termes de soutenabilité relative à des politiques d'usage des sols, et de durabilité concernant nos façons de nous déplacer.

Après avoir réalisé un diagnostic du territoire étudié dans son état actuel, nous avons opté pour le concept du TOD et le modèle de corridor, pour plusieurs raisons. L'envie de démontrer l'applicabilité du TOD et du modèle de Corridor Urbain, ainsi que le désir d'éclairer la décision publique constituent nos deux premières motivations pour tester ces idées.

Nous avons cherché à interpréter les politiques publiques locales actuelles élaborées par la Métropole Européenne de Lille en nous référant aux documents disponibles rédigés par la collectivité sur les politiques de « Ville Intense », « Contrat d'axe », « Contrat de pôles », ou bien « DIVATs », en les considérant comme des expressions en phase avec l'idée et les principes du TOD. Cette démarche constitue une avancée car peu d'acteurs, en France, qu'ils

soient opérationnels ou chercheurs, utilisent ce concept pourtant répandu dans d'autres parties du monde.

La compréhension approfondie du terme de TOD à l'échelle internationale montre que ce concept est sujet à discussion et n'est pas aussi univoque que sa notoriété pourrait le laisser penser. Beaucoup d'analyses « d'exemples réussis » de métropoles recourant au TOD se focalisent en effet sur le quartier de gare, ou sur un groupement de stations centrales le long d'une ligne de transports publics lourd. Au fil de la maturation de la réflexion sur ce concept, plusieurs chercheurs, dont nous faisons partie, ont réalisé qu'une acception étroite de ce terme risque de s'imposer et de s'installer dans les esprits. Or, le TOD ne concerne pas qu'une unique zone centrale ou exclusivement des quartiers situés à proximité de transports publics lourds d'excellente efficacité, mais il prend tout son sens si en complément d'exerce une pression sur des zones situées loin de la desserte en transport collectif. Ces pressions sur les zones d'étalement urbain périphérique vont de pair avec une promotion des zones bien desservies, soutenue par une politique d'usage de sol globale et cohérente à l'échelle de l'ensemble du bassin de vie.

Notre territoire d'étude est riche de son passé industriel, et il a donné naissance à forme urbaine linéaire qui s'est dessiné sur plus d'un siècle. Lille, Roubaix et Tourcoing, les trois pôles majeurs, se caractérisent, à l'apogée du textile et de la métallurgie, par une réflexion sur le développement des voies de communication. La volonté de créer une ville linéaire reliant Lille-Roubaix-Tourcoing, à partir de voies de communication rapides et directes n'a jamais été abandonné dans l'histoire de la métropole. La réalisation du "Grand Boulevard" associant les trois villes, en plein élan de prospérité au début du 20^{ème} siècle, a pu laisser

penser que la réussite du projet d'une cité linéaire était acquise. Cependant, cette idée de cité a été victime d'intérêts divergents et a pâti des élargissements successifs de voirie lors du grand développement de l'automobile et des réseaux routiers qui ont contribué à réduire la place des autres modes, alors que l'harmonie de l'ensemble, l'ambition véritablement urbaine de ses concepteurs et des innovations technologiques (sur le tramway en site propre) auraient pu initier le prototype d'un modèle urbain dans la lignée de la "Ciudad Lineal" d'A. Soria y Mata à Madrid. Mais, le « Champs-Élysées » du Nord est vite devenu « Boulevard des morts » à cause d'une élévation de vitesse de circulation routière. La gravité des problèmes de sécurité sur ces voies de circulations et les nuisances des infrastructures sur les utilisateurs et les riverains ont largement terni l'image initialement positive du "Grand Boulevard".

Ces problèmes ont suscité l'attention de la collectivité territoriale qui a modernisé le tramway historique (appelé *Mongy* du nom de l'entrepreneur qui l'a réalisé) et a engagé la construction d'une ligne de métro afin de rendre les transports publics plus attractifs et complémentaires. Ces actions ont cependant eu des effets non souhaités. Ainsi, la nouvelle ligne de métro a capté une partie des flux de passagers du tramway. Le report modal ne s'est pas effectué depuis l'automobile vers les transports collectifs avec l'intensité que souhaitait la collectivité, en revanche, les modes collectifs se sont concurrencés. En conséquence, malgré des investissements lourds en transports publics, la diminution du trafic routier observée sur le Grand Boulevard est restée faible.

Face à ces insuffisances, nous avons eu l'idée de réinvestir cet axe historique dans une stratégie d'aménagement plutôt que selon une seule logique de transport, occasionnant la concurrence et la compétition entre des modes de déplacements censés être complémentaires. Nous avons choisi de repousser les

investissements lourds dans ces temps de crise et de tester des actions moins coûteuses sur les usages du sols en considérant qu'ils représentent un levier puissant. Il s'agit d'utiliser les sols de façons moins consommatrices d'espace et plus "intense", en visant plus de densité et de diversité dans une conception urbaine qualitative.

La modélisation *Land Use and Transport Integration* nous a permis de réaliser cette étude à dimension prospective. Dans la pratique, trois scénarios ont été conçus à partir du système de simulation TRANUS, représentant trois politiques d'aménagement distinctes. Tandis que le scénario A poursuit les tendances actuelles de développement, le B se concentre sur la promotion de l'urbanisation dans le seul corridor Lille-Roubaix-Tourcoing et laisse les zones hors corridor se développer librement en focalisant l'effort exclusivement sur ses zones internes. Ce scénario vise à refléter l'appréhension du sens étroit de la notion de TOD, afin de tester le risque d'insuffisance d'une politique d'aménagement axée uniquement sur les zones qualifiées de TOD qui négligerait le reste. Ayant pour objectif de mesurer l'avantage d'une compréhension complète du concept de TOD, un scénario C a été conçu avec les mêmes zones TOD de développement prioritaire pour l'urbanisation, mais cette fois-ci, nous avons voulu tester une limitation de l'urbanisation dans les zones situées hors corridor. Nous avons donc cherché à interdire la densification du bâti dans ces zones non-TOD, tout en gardant la possibilité d'urbaniser à l'intérieur du corridor.

Cette politique de restriction complémentaire a engendré des effets immédiats et évidents. Avec nos analyses mettant en jeu de multiples indicateurs, nous avons obtenu des effets contrastés selon les scénarios. En termes de localisation des ménages et de densité d'habitat, nous observons dans le scénario C que les ménages habitent en général plus près de leurs

emplois. Plus particulièrement pour les ménages à bas revenus, non seulement leur propension à l'étalement est maîtrisée, mais en plus, ils se rapprochent des lieux de commerces et de services. Les densités de ménages sont plus accentuées le long des infrastructures de transports collectifs, ce que l'on n'observe pas dans le scénario tendanciel, ni même dans le scénario B. La densification de ménages dans le scénario 40A montre qu'il y a une tendance à la périurbanisation particulièrement vive dans la première couronne des villes centres, alors que la tâche urbaine du 40C est clairement plus serrée.

La localisation des activités économiques est moins évidente à discerner. Cela s'explique par une tendance à l'éviction des activités économiques vers l'extérieur du corridor en raison d'une concurrence avec l'habitat qui leur est défavorable compte tenu des hypothèses retenues. La faible croissance démographique permet aux emplois de se densifier un peu partout sur l'ensemble du territoire. Dans le scénario TOD, on constate que la densification de l'emploi dans les espaces de corridor est moins forte que dans le scénario tendanciel. Le fait que nous observons en général une croissance de la densité d'emplois dans l'espace du corridor, plus forte pour le scénario A que pour le C, est dû au rapprochement géographique existant entre les emplois et les zones de résidence fortement peuplées grâce aux infrastructures.

Les graphes sur les indices de revenus démontrent quelques contrastes spatiaux entre le scénario tendanciel et celui du TOD au sens strict. La tendance naturelle à l'étalement urbain favorisé par le scénario A est moins observée dans le C. Cet étalement urbain, soutenu notamment pour les indices de revenus bas, diminue dans le scénario 40C, et illustre l'importance de politiques de TOD se focalisant aussi sur les zones périphériques. Elles interdisent aux ménages à bas revenus de

s'échapper de villes centres par la restriction de l'offre de logements en périphérie.

L'augmentation générale des indices de revenus dans l'espace corridor va de pair avec une augmentation générale du prix des sols, ce qui pose une question d'accès au logement pour les ménages aux revenus les plus bas. Dans le scénario C, nous constatons une croissance du prix des sols, due notamment à la densification le long des axes de métro et de tram. Mais, la superficie d'occupation au sol reste quasiment identique à celle que connaît l'état actuel, ce qui n'est pas le cas dans le scénario B ou dans le A. Il faut mentionner ici que l'augmentation du prix du sol ne signifie pas la croissance du prix d'unité de surface-plancher, car le paysage TOD est plus haut que celui généré par l'étalement, urbain. La hausse du coefficient d'occupation du sol permet d'absorber la croissance urbaine. Les surfaces résidentielles par logement peuvent donc rester les mêmes avec un prix au m² égal, voire inférieur à celui de l'état actuel. Avec le même budget familial, et même pour les ménages aux bas revenus, les conditions d'habitat sont maintenues, à l'exception d'un environ plus dense.

Avec notre indice d'habitabilité, nous avons plus particulièrement étudié le comportement des ménages à bas revenus. Cette catégorie de ménages est plus sensible aux conditions de vie de proximité et d'accessibilité aux transports car ils ont relativement moins de choix concernant leur lieu d'habitation et d'emploi. En la matière, le contraste entre les scénarios A et C est évident. Lorsque dans le A, les MBR ont tendance à occuper les premières couronnes des pôles centraux, ils profitent de l'espace de vie du Corridor qui est valorisé dans le scénario 40C.

Ces résultats concernant l'usage du sol nous permettent de répondre au questionnement des collectivités territoriales en termes d'objectifs de densification. Notre analyse tend à montrer, ce qui est par ailleurs corroboré par

certain experts, que les objectifs de densités spécifiés dans les documents d'orientation tels que les contrats d'axes et les DIVAT sont ambitieux. En effet, notre modélisation montre que sans renforcement des services de transport en commun, il sera difficile d'atteindre les 70 logements par hectare dans les espaces de corridor, même avec une maîtrise volontariste de l'usage du sol à l'échelle globale du territoire. Toutefois, nos actions concernant cette maîtrise de l'usage du sol ne sont pas coûteuses, ce qui nous semble une réelle opportunité pour transférer la dépense publique qui pourrait se reporter sur d'autres secteurs, comme les transports publics pour promouvoir des actions sur des sites propres.

Par ailleurs, les résultats concernant les transports sont encourageants. Globalement, le scénario TOD illustre qu'avec juste des actions sur l'usage du sol, nous arrivons à réduire les distances et les temps moyens de déplacements. Néanmoins, le nombre de déplacements augmente, avec au total plus de kilomètres-passagers parcourus. Ces résultats montrent que la mobilité des personnes croît, mais s'exprime sur de plus petites distances, ce qui est compatible avec les critères de la durabilité. Tout ceci se réalise sans toucher à l'offre physique d'infrastructures ni aux services de transports collectifs, ce qui suppose peu d'investissements et optimisation qui bénéficie à la fois aux usagers, à la collectivité et aux opérateurs.

Les contrastes entre le scénario tendanciel – 40A – et le scénario TOD – 40C – sont particulièrement remarquables. En comparant ces deux scénarii prospectifs, il apparaît clairement que le nombre de déplacements dans le C augmente, c'est-à-dire que les interactions sociales permises par les réseaux sont maintenues, mais la distance moyenne parcourue –

tous modes confondus – décroît dans le scénario C, tandis que le temps moyen de voyage est plus faible, là aussi, tous modes de déplacements confondus.

En suivant le scénario TOD, il y a plus de déplacements en modes doux, moins de déplacements en voiture et un usage du métro et du bus renforcé. Nous avons pu discuter en détail ces résultats dans la partie sur les parts modales³⁹ du chapitre IV.

Les résultats obtenus montrent que le volume de trafic routier est plus réduit, dans le scénario TOD que dans le scénario tendanciel. En revanche, les volumes de trafic en métro et en bus augmentent fortement dans le C. Cela traduit un transfert en volume de l'automobile vers les TC. Ces évolutions qui concernent les volumes de trafics selon les différents modes ont été discutés en détail dans la partie 4.3.2⁴⁰.

La vitesse de circulation des usagers de l'automobile passe de 34,4 km/h à 29,5 km/h en 2040 dans le scénario tendanciel. C'est une diminution significative en elle-même, et aussi si on la compare à celle obtenue dans le scénario TOD. Cette réduction de vitesse est générée par la congestion routière produite dans le scénario tendanciel.

En fait, la vitesse automobile connaît aussi une diminution dans le scénario TOD, mais pas aussi forte (de 34,4 km/h en 2010 à 31,1 km/h en 2040). Grâce à la politique de maîtrise de l'usage du sol, la congestion est moins sérieuse dans le scénario 40C que dans le 40A. Cela s'explique aussi parce que moins de déplacements en automobile fluidifie la voirie, permettant de meilleures conditions de circulation. Ce résultat vient contredire l'hypothèse du « paradoxe de la densification » (Steve, Parkhurst, et Barton 2011) qui stipule que la

³⁹ Voir la page 205.

⁴⁰ Voir la page 210.

densification urbaine apporte plus de personnes dont plus d'automobilistes dans les espaces urbains. Notre analyse intégrant le transport et l'usage du sol à l'échelle d'une agglomération nous indique un futur possible qui où l'urbanisation serait plus dense et la circulation automobile moins présente.

Les TCSP – train, tram et métro – ont des vitesses de circulation fixes. Ils ne sont donc pas touchés par la congestion routière et deviennent ainsi plus compétitifs vis-à-vis de l'automobile. Pour éviter un temps de trajet trop long, certains automobilistes se reportent vers les TC ferrés ou les bus. Ce dernier mouvement explique le report modal et le report volumique enregistré dans les simulations de trafics.

Par contre, avec la congestion potentielle, les bus qui partagent la voirie avec les voitures sont également ralentis, même si cela se passe selon un rapport de vitesse moins élevé. Ce résultat indique des pistes pour les projets de BHNS en cours de conception : seules les voies de bus réservées permettent une vitesse de circulation élevée et constante comme celle du métro. Aussi, les BHNS réellement en site propre constitueraient un mode compétitif par rapport aux automobiles.

Les modes doux, en parallèle, ne sont pas du tout influencés, car leurs vitesses de circulation sont déjà petites et gardées constantes. Par contre, leurs parts modales sont croissantes dans le cas du scénario TOD, grâce à une organisation spatiale plus concentrée et à une réduction de la distance moyenne de parcours.

Dans le futur, il est tout à fait possible d'approfondir le concept du TOD en rendant les services de TC plus efficace dans le corridor choisi, formant un scénario D si les conditions d'investissement s'améliorent. L'auteur a déjà mis en place, dans le système au cœur du modèle, un réseau de TC avec la possibilité de séparation des voies pour les BHNS, d'augmen-

tation de fréquences ou de capacité, de réduction tarifaire, ou d'intermodalité plus performantes. L'application sur le territoire de la Métropole Européenne de Lille sert de modèle de base, construit de A à Z, avec un niveau de détail et de flexibilité élevés, pertinents pour réaliser des simulations sur le long terme. Comme nous l'avons indiqué, l'étape intermédiaire du scénario 15A est encore en attente d'une vérification. Nous sommes donc preneurs de données plus complètes et plus riches permettant d'enrichir la prospective et de lui conférer une plus grande précision.

Enfin, dans l'attente d'une future amélioration de notre modèle, on peut estimer que notre application est une réussite. Nous avons abouti à démontrer l'efficacité des leviers d'actions en termes d'usage du sol, reflétés par la modélisation. Les effets de densification dans les espaces de corridors sont évidents à percevoir. Même si les objectifs fixés par les DIVATs ne sont pas tout à fait atteints, il y a un clair contraste de densité entre les espaces à l'intérieur et à l'extérieur du corridor.

Nous avons également illustré les effets de reports modaux vers les transports alternatifs à la voiture avec une mobilité plus durable marquée par davantage de voyages sur de plus petites distances, parcourues en moins de temps dans le scénario TOD 2040 au sens strict. De plus, ces projections ne comprennent pas les conséquences apportées par un éventuel projet d'amélioration des services de transports publics. La répercussion potentielle peut être importante, surtout si ce projet est mis en place en synergie avec les actions sur l'usage du sol.

Les succès de cette modélisation sont sans doute un début de résultat encourageant pour les collectivités territoriales. Mais nous sommes conscients des principales barrières rencontrées pour l'opérationnalisation de ces actions dans les politiques publiques, des ef-

forts à déployer afin de coordonner l'offre immobilière et la restriction de constructions dans des espaces différenciés.

Dans l'idéal, si les actions des secteurs immobiliers et du transport sont correctement mobilisées avec des moyens budgétaires adéquats, notre travail de modélisation montre

qu'il serait possible d'obtenir les résultats souhaités. C'est-à-dire qu'avec les stratégies de réaménagement suivant le concept du TOD et les principes du modèle de Corridor, nous arriverions à réaliser l'ensemble constitué d'une ville intense, de proximité en phase avec une mobilité plus durable.

RÉFÉRENCES

- Agence de développement et d'urbanisme de Lille Métropole. 2012. « Diagnostic du PLH de Lille Métropole (2012-2018) ». <http://docplayer.fr/19625573-Diagnostic-du-plh-de-lille-metropole-2012-2018.html>.
- Aguiléra, A., et D. Mignot. 2002. « Structure des localisations intra-urbaines et mobilité domicile-travail ». *Recherche - Transports - Sécurité* 77: 311.
- Association Axe Culture. 2010. « Concours d'idées: Grand boulevard de la métropole lilloise - Volet 2 du diagnostic - l'activité économique ». <http://axeculture.com/wp-content/uploads/2015/06/Volet-2-%C3%A9conomie.pdf>.
- Atkinson-Palombo, Carol, et Michael J. Kuby. 2010. « The geography of advance transit-oriented development in metropolitan Phoenix, Arizona, 2000-2005 ». *Journal of Transport Geography* In Press, Corrected Proof. doi:10.1016/j.jtrangeo.2010.03.014.
- Barré, Alain, et Philippe Menerault. 2001. « L'interconnexion train/VAL dans l'agglomération lilloise ». *Hommes et terres du Nord* n° 2: 106-11.
- Bassand, M. 1983. « La région urbaine et la société programmée », n° n°57.
- Batty, Michael. 2010. *Urban Modelling: Algorithms, Calibrations, Predictions*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Berg, Nate. 2007. « LEED-ND: Creating A More Complete Vision Of Neighborhood Sustainability ». *Planetizen: The independent resource for people passionate about planning and related fields*. novembre 19. <http://www.planetizen.com/node/28493>.
- Bourdieu, Pierre. 1972. *Esquisse d'une théorie de la pratique. Précédé de trois études d'ethnologie kabyle*. Genève [Paris: Droz.
- « BUFTOD 2012 Keynote: "A Panorama of TOD principles and experiences" by Robert Cervero ». 2013. *NICIS KEI*. Consulté le avril 28. <http://niciskei.wordpress.com/2012/04/16/buftod-2012-keynote-a-panorama-of-tod-principles-and-experiences-by-robert-cervero/>.
- Bunge, Mario. 1973. *Method, Model and Matter*. Dordrecht: Springer Netherlands. <http://link.springer.com/10.1007/978-94-010-2519-5>.
- Burton, Elizabeth, Mike Jenks, et Katie Williams. 2003. *The Compact City: A Sustainable Urban Form?* Routledge.
- Carlton, Ian. 2009. « Histories of Transit-Oriented Development: Perspectives on the Development of the TOD Concept ». *Institute of Urban & Regional Development*, septembre. <http://escholarship.org/uc/item/7wm9t8r6>.

- Carré, Dominique, et Olivia Barbet-Massin. s. d. *Ville 3000: Imaginer de nouveaux quartiers à vivre à Lille*. 2010^e-04-01éd. Paris.
- Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques, France. 2010. *Articuler urbanisme et transport: chartes, contrat d'axe, etc.: retour d'expériences*. Certu.
- Cerdà, Ildefons. 1979. *La théorie générale de l'urbanisation*. Édité par Antonio Lopez De Aberasturi. Traduit par Jacques Boulet. 1 vol. Collection Espacements, ISSN 0338-8778 5. Paris, France: Éditions du Seuil.
- Cerdà, Ildefonso. 1979. « La théorie générale de l'urbanisation, présentée et adaptée par Antonio Lopez de Aberasturi ». *Paris: Editions du Seuil*.
- Cerema. 2016. « Zones 30 + zones de circulation particulières en milieu urbain ». octobre 1. <http://www.certu-catalogue.fr/zones-30-zones-de-circulation-particulieres-en-milieu-urbain.html>.
- Certu. 2007. « ZAC: fiche de Monsieur Seydou Traoré (2007) ». décembre 19. <http://www.outils2amenagement.certu.fr/zac-fiche-de-monsieur-seydou-traore-2007-a533.html>.
- Certu, Direction technique Territoires et Villes. 2013. « Modèles « transports-urbanisme »: fiches de synthèses sur les modèles LUTI ». septembre 30. <http://www.territoires-ville.cerema.fr/modeles-transports-urbanisme-fiches-de-syntheses-a872.html>.
- Cervero, Robert, et Kara Kockelman. 1997. « Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design ». *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 2 (3): 199-219. doi:10.1016/S1361-9209(97)00009-6.
- Chansou, Michel. 1994. « Développement durable, un nouveau terme clé dans les discours politiques ». *Mots* 39 (1): 99-105. doi:10.3406/mots.1994.1891.
- Chardonnel, Sonia. 2001. « La time-geography: les individus dans le temps et dans l'espace ». *Modèles en analyse spatiale Aspects fondamentaux de l'analyse spatiale*: 129-56.
- Chatman, Daniel G. 2013. « Does TOD Need the T? » *Journal of the American Planning Association* 79 (1): 17-31. doi:10.1080/01944363.2013.791008.
- Choay, Françoise. 1979. *L'urbanisme: utopies et réalités*. 1 vol. Points (Paris), ISSN 0768-0481. Paris, France: Éditions du Seuil.
- Choay, Françoise, et Pierre Merlin. 2010. *Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement*. 3^eéd. Paris: Presses Universitaires de France - PUF.
- Clément, L., D. Peyrton, M. Frenois, et les transports Centre d'études sur les réseaux. 1996. « Review of Existing Land-Use Transport Models ». Study report. novembre. <http://lara.inist.fr/handle/2332/964>.
- Comby, Joseph. 1997. « Retour sur la loi d'orientation foncière de 1967 et ses déconvenues ». *Etudes foncières*, n° n° 77: 5.

- Commission européenne. 2010. « Europe 2020: une stratégie pour une croissance intelligente, durable et inclusive ». http://ec.europa.eu/archives/commission_2010-2014/president/news/documents/pdf/20100303_1_fr.pdf.
- Coronado, José M., F. Javier Rodríguez, et José M. Ureña. 2009. « Linear Planning and the Automobile Hilarión González Del Castillo's Colonizing Motorway, 1927—1936 ». *Journal of Urban History* 35 (4): 505-30. doi:10.1177/0096144209333308.
- Coulombel, Nicolas. 2011. « Residential choice and household behavior: State of the Art ». Sustain-City Working Paper, 2.2a, ENS Cachan. http://www.sustaincity.org/publications/wp_2.2a_residential_choice_and_household_behavior.pdf.
- Daubaire, Aurélien, Jérôme Fabre, et Isabelle Hublau. 2009. « Projections démographiques: aire métropolitaine de Lille, bassin d'habitat de Lille Métropole, arrondissement de Lille et Lille Métropole communauté urbaine ». *Editeur: Insee Nord-Pas-de-Calais*, février, 29.
- Davezies, Laurent. 2008. *La République et ses territoires: La circulation invisible des richesses*. Economie, La République des idées. Seuil. /node/.
- David, Paul A. 1987. « Some new standards for the economics of standardization in the information age ». In *Economic policy and technological performance*, Partha Dasgupta et Paul Stoneman, 1:206-39. Cambridge, Royaume-Uni: Centre for economic policy research.
- De Coninck, Frédéric. 2015. « L'invention des routines ». *Espace populations sociétés. Space populations societies*, n° 2015/1-2 (juillet). doi:10.4000/eps.5951.
- Debrezion, Ghebreegziabiher, Eric Pels, et Piet Rietveld. 2007. « The Impact of Railway Stations on Residential and Commercial Property Value: A Meta-analysis ». *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 35 (2): 161-80. doi:10.1007/s11146-007-9032-z.
- Department for Transport. 2014. « Supplementary guidance: land use and transport interaction models - webtag-tag-supplementary-luti-models.pdf ». janvier. https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/427140/webtag-tag-supplementary-luti-models.pdf.
- DGHUC, [Direction générale de l'urbanisme. 2008. *Les déplacements dans les SCot: retour d'expériences à partir de dix-sept premiers SCot*. Références. Lyon: CERTU.
- Dittmar, Hank, et Gloria Ohland. 2004. *The New Transit Town, best practices in transit-oriented development*. Washington: Island Press.
- « Document d'Orientation_PLH 2012-2018 ». 2013. Consulté le juillet 22. http://www.lillemetropole.fr/gallery_files/site/177954/249195/249197.pdf.
- « Données urbaines par quartier, INSEE Actualités Magazine - n°60 - Novembre 2011 - p9 ». 2015. Consulté le septembre 17. http://www.insee.fr/fr/insee-statistique-publique/magazine_iam/iam60/iam60_iris.pdf.

- Donzelot, Jacques. 2004. « La ville à trois vitesses : relégation, périurbanisation, gentrification ». *Esprit* (1940-), n° 303 (3/4): 14-39.
- Duflos, Emmanuelle, et Isabelle Turchetti. 1999. « Analyse du discours des documents de planification depuis les années 1970 ». PREDIT-FNAU.
- Dunphy, R.T., Robert Cervero, F.C. Dock, M. McAvey, D.R. Porter, et C.J. Swenson. 2004. *Developing Around Transit: Strategies and Solutions That Work*. Washington: ULI-The Urban Land Institute.
- Dupuy, Gabriel. 1975. *Une technique de planification au service de l'automobile, les modèles de trafic urbain*. Ministère de l'équipement. http://temis.documentation.developpement-durable.gouv.fr/documents/Temis/0003/Temis-0003225/3962_1.pdf.
- . 1984. « Villes, systèmes et réseaux: le rôle historique des techniques urbaines ». *Réseaux* 2 (4): 3-23. doi:10.3406/reso.1984.1100.
- . 1991. *L'Urbanisme des réseaux: théories et méthodes*. Armand Colin.
- Echenique, Marcial. 1968. *Models: A discussion*. Cambridge (16 Brooklands Ave., Cambridge): University of Cambridge Department of Architecture.
- Escudie, Elsa. 2008. « Fives - Hellemmes (Extrait du tome 3 du rapport final), POPSU ». septembre. <http://www.popsu.archi.fr/sites/default/files/nodes/document/758/files/fiche-fives-hellemmes.pdf>.
- Estienne, Isabelle, Elsa Escudie, et Gilles Gaudefroy. 2008. « Eurasanté (Extrait du tome 3 du rapport final), POPSU ». septembre. <http://www.popsu.archi.fr/sites/default/files/nodes/document/756/files/fiche-eurasante.pdf>.
- Estienne, Isabelle, et Gilles Gaudefroy. 2008. « Parc scientifique de la Haute-Borne (Extrait du tome 3 du rapport final), POPSU ». septembre. <http://www.popsu.archi.fr/sites/default/files/nodes/document/759/files/fiche-haute-borne.pdf>.
- Estienne, Isabelle, Eloïse Lorthiois, et Katharina Neff. 2008. « Euratechnologie et les rives de la Haute Deûle: genèse d'un projet urbain (Extrait du thème 2: le renouvellement urbain des quartiers complexes), POPSU ». septembre. <http://www.popsu.archi.fr/sites/default/files/nodes/document/757/files/fiche-liile-euratechnologie.pdf>.
- European Environment Agency. 2013. « Analysis of Changes in European Land Cover from 2000 to 2006 ». Figure. Juillet. <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/land-cover-2006-and-changes-1>.
- Ewing, Reid, et Robert Cervero. 2001. « Travel and the Built Environment: A Synthesis ». *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 1780 (1): 87-114. doi:10.3141/1780-10.
- . 2010. « Travel and the Built Environment -- A Meta-Analysis ». *Journal of the American Planning Association* 76 (3): 265-94. doi:10.1080/01944361003766766.

- Filion, Pierre, et Anna Kramer. 2011. « Transformative Metropolitan Development Models in Large Canadian Urban Areas: The Predominance of Nodes ». *Urban Studies*, novembre, 42098011423565. doi:10.1177/0042098011423565.
- Fishman, Robert. 1982. *Urban Utopias in the Twentieth Century: Ebenezer Howard, Frank Lloyd Wright, and Le Corbusier*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Fouchier, Vincent. 1998. « La densité humaine nette: un indicateur d'intensité urbaine ». *Données urbaines* 2.
- Frey, Jean-Pierre. 1982. « L'Architecte Tony Garnier et l'urbanistique sociale-démocrate ». *Milieus Le Creusot* (11-12): 120-31.
- Garnier, Tony. 1996. *Une cité industrielle*. Princeton Architectural Press. <http://books.google.fr/books?hl=en&lr=&id=TbkWcd7AqDgC&oi=fnd&pg=PP17&dq=Garnier+Tony,+une+cit%C3%A9+industrielle,+%C3%A9tude+pour+la+construction+des+villes&ots=zEYUxgi71z&sig=DGHY480LZ-7w8uWyHmX4EIBKNUU>.
- Gaudefroy, Gilles. 2008. « Zone de l'Union (Extrait du tome 3 du rapport final), POPSU ». septembre. <http://www.popsu.archi.fr/sites/default/files/nodes/document/753/files/fiche-zone-de-l-union.pdf>.
- Gaudin, Jean-Pierre. 1989. « La genèse de l'urbanisme de plan et la question de la modernisation politique ». *Revue française de science politique* 39 (3): 296-313.
- Gayda, Sylvie, Guenter Haag, Elena Besussi, Kari Lautso, Claude Noël, Angelo Martino, Paavo Moilanen, et Rémi Dormois. 2005. « Sprawling Cities And Transport: from Evaluation to Recommendations ». Final Report Version 2.0. SCATTER. http://www.casa.ucl.ac.uk/scatter/download/Scatter_final_report_partI.PDF.
- Gilbert, Nigel, et Klaus G. Troitzsch. 1999. « Simulation and social science ». *Simulation for the social scientist*. Open University Press, Buckingham.
- Gokalp, I. 1988. « Les systèmes technologiques à grande échelle : les réseaux et leur impact ». *Annales du Levant*, n° n° 3: 24-31.
- Hägerstraand, Torsten. 1970. « What About People in Regional Science? » *Papers in Regional Science* 24 (1): 7-24. doi:10.1111/j.1435-5597.1970.tb01464.x.
- Handy, Susan. 2005. « Smart Growth and the Transportation-Land Use Connection: What Does the Research Tell Us? » *International Regional Science Review* 28 (2): 146-67. doi:10.1177/0160017604273626.
- Harman, Reg, Alain l'Hostis, et Philippe Menerault. 2007. « Public transport in cities and regions ». *Spatial Planning Systems of Britain and France: A Comparative Analysis*, 188.

- Howard, Ebenezer. 1965. *Garden cities of to-morrow*. Vol. 23. MIT Press. http://books.google.fr/books?hl=en&lr=&id=LjuF94V2swAC&oi=fnd&pg=PA7&dq=Howard+E.+Garden+cities+of+tomorrow&ots=bsRJC6lQFn&sig=S20wShy-brybhC7WCkxm7u_m8P5k.
- HUNT, J. D., D. S. KRIGER, et E. J. MILLER. 2005. « Current operational urban land-use–transport modelling frameworks: A review ». *Transport Reviews* 25 (3): 329-76. doi:10.1080/0144164052000336470.
- Hunt, John Douglas, et John Edward Abraham. 2003. *Design and Application of the Pecos Land Use Modelling System*. 8th Conference on Computers in Urban planning and urban management (CUPUM). Sendai, Japan.
- Iacono, Michael, David Levinson, et Ahmed El-Geneidy. 2008. « Models of Transportation and Land Use Change: A Guide to the Territory ». *Journal of Planning Literature* 22 (4): 323-40. doi:10.1177/0885412207314010.
- Illich, Ivan, et Anne Lang. 1973. « Tools for conviviality ». http://o500.org/books/ivan_illich_tools_for_conviviality.pdf.
- INSEE. 2009a. « Projections démographiques: Aire métropolitaine de Lille, bassin d'habitat de Lille Métropole; arrondissement de Lille et Lille Métropole Communauté Urbaine ». Rapport d'étude. Insee - Population. http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?reg_id=19&ref_id=14415.
- . 2009b. « Projections démographiques: Aire métropolitaine de Lille, bassin d'habitat de Lille Métropole; arrondissement de Lille et Lille Métropole Communauté Urbaine ». Méthodologie, définitions, bibliographie. Insee - Population. http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?reg_id=19&ref_id=14415&page=pub_electroniques/Adulm_projections_demographiques/methodologie.htm.
- . 2014. « Fiches thématiques - Revenus - Les revenus et le patrimoine des ménages », Insee Références, http://www.insee.fr/fr/publications-et-services/sommaire.asp?ref_id=REVPMEN14.
- Kaufmann, Vincent, Fritz Sager, Yves Ferrari, et Dominique Joye. 2003. *Coordonner transports et urbanisme*. Lausanne; [Paris]: Presses polytechniques et universitaires romandes; [diff. Géodif].
- Le Berre, Maryvonne. 1992. « Territoires ». In *Encyclopédie de la géographie*, par Denise Pumain, Antoine Bailly, et Robert Ferras, 2e édition, 617-33. Paris: Economica.
- Lefèvre, Benoit. 2009. « Long-term energy consumptions of urban transportation: A prospective simulation of "transport–land uses" policies in Bangalore ». *Energy Policy* 37 (3): 940-53. doi:10.1016/j.enpol.2008.10.036.
- Leurent, Fabien. 2012. « Les modèles d'usage du sol et transport: où la géographie et l'économie se rejoignent ». In *Modélisation urbaine: de la représentation au projet. Direction de la recherche et de l'innovation*, 156-73. RéférenceS. Paris, France: COMMISSARIAT GÉNÉRAL AU DÉVELOP-

PEMENT DURABLE. <http://docplayer.fr/4577960-References-modelisation-urbaine-de-la-representation-au-projet-septembre-2012-commissariat-general-au-developpement-durable.html>.

Lévy, Jacques. 1999. « Le tournant géographique ». <https://infoscience.epfl.ch/record/161866>.

———. 2009. « Entre contact et écart. La distance au coeur de la réflexion sur l'espace des sociétés ». *ATALA*, 12, , 175-85.

L'Hostis, Alain. 2014. « Detour, pause and optimality, essay on distance and its contribution to transport and urbanism ». Accreditation to supervise research, Université Paris-Est. <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-01081570>.

Libourel, Eloïse. 2015. « Le corridor ferroviaire méditerranéen : planification, politisation et territorialisation d'un projet d'aménagement ». Phdthesis, Université Paris-Est. <https://hal-enpc.archives-ouvertes.fr/tel-01252171/document>.

Lille Métropole, ScoT. 2010. « LILLE metropole 2030 ». http://www.apur.org/sites/default/files/documents/LILLE_metropole_2030.pdf.

Lille Métropole Communauté Urbaine, l'Agence de développement et d'urbanisme de Lille Métropole. 2012. « 2ème Programme Local de l'Habitat de Lille Métropole 2012/2018 - Diagnostic Synthèse ». Décembre. <http://www.lillemetropole.fr/files/live/sites/lmcu/files/docs/HABITAT/synthese%20diagnostic%20communautaire.pdf>.

Liu, Liu, et L'Hostis Alain. 2014. « Transport and Land Use Interaction: A French Case of Suburban Development in the Lille Metropolitan Area (LMA) ». *Transportation Research Procedia*, Sustainable Mobility in Metropolitan Regions. mobil.TUM 2014. International Scientific Conference on Mobility and Transport. Conference Proceedings., 4 (janvier): 120-39. doi:10.1016/j.trpro.2014.11.011.

Lo Feudo, Fausto. 2014. « Un scénario TOD pour la région Nord-Pas-de-Calais : enseignements d'une modélisation intégrée transport-usage du sol ». Université Lille 1. <https://www.theses.fr/184326087>.

Lopes, André Soares, Bert van Wee, et Carlos Felipe Grangeiro Loureiro. 2015. « Reviewing LUTI models - transport, land use, activities and their mutual interactions; Working paper ».

Maupu, Jean-Louis. 2006. *La ville creuse pour un urbanisme durable: Nouvel agencement des circulations et des lieux*. l'Harmattan.

Menerault, Philippe. 1996. « Transport ferré régional et interconnexions dans la métropole lilloise: quelques rendez-vous manqués ». *Transports urbains*, n° 93(octobre): 25–30.

———. 2009. « Gares ferroviaires et projets métropolitain : une ville en mutation ». In *Lille métropole: laboratoire du renouveau urbain*. Marseille: ed. Parenthèses. http://www.villesmoyenneste-moins.fr/espace-commun/rapport_menerault.pdf.

- Menerault, Philippe, et Alain Barré. 2001. « Gares et quartiers de gares : signes et marges. Lille, Rennes et expériences internationales (Italie, Japon, Pays Bas). » In . Vol. n°77. Villeneuve d'Ascq: Arcueil, INRETS. [https://www.google.fr/?gfe_rd=ssl&ei=7pbNV6yjB86Eal2AsuAK#q=Menerault+\(Ph\)%2C+Barr%C3%A9+\(A\)+\(dir.\)%2C+Gares+et+quartiers+de+gares+:+signes+et+marges.+Lille%2C+Rennes+et+exp%C3%A9riences+internationales+\(Italie%2C+Japon%2C+Pays+Bas\).+Arcueil%2C+INRETS+Actes+n%C2%B077%2C+2001](https://www.google.fr/?gfe_rd=ssl&ei=7pbNV6yjB86Eal2AsuAK#q=Menerault+(Ph)%2C+Barr%C3%A9+(A)+(dir.)%2C+Gares+et+quartiers+de+gares+:+signes+et+marges.+Lille%2C+Rennes+et+exp%C3%A9riences+internationales+(Italie%2C+Japon%2C+Pays+Bas).+Arcueil%2C+INRETS+Actes+n%C2%B077%2C+2001).
- Menerault, Philippe, Alain Barré, Alexis Conesa, Alain L'Hostis, Paola Pucci, et Vaclav Stransky. 2008. « Multipolarités urbaines et nouvelles organisations intermodales ». INRETS/RR-06-710-FR. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00289370>.
- Merlin, Pierre, et Françoise Choay. 1988. *Morphologie urbaine et parcellaire*. 1^{re}éd. Collection: Temps & Espaces. Saint-Denis: Presses Universitaires de Vincennes. <http://www.puv-editions.fr/collections/temps-espaces/morphologie-urbaine-et-parcellaire-0-20-285.html>.
- Métropole, Agence de développement et d'urbanisme de Lille, et Société anonyme d'économie mixte Euralille. 2010. *Les habitants d'Euralille: enquête 2009*.
- Métropole Européenne de Lille. 2011. « PDU 2010 > 2020 - L'état des lieux ».
- Mignot, Dominique. 2008. « Infrastructures de transports : investir dans les banlieues et les espaces périphériques ? » *Pouvoirs Locaux : les cahiers de la décentralisation / Institut de la décentralisation*, n° 76: 67-72.
- Mignot, Dominique, Anne Aguilera, Danièle Bloy, David Caubel, Jean-Loup Madre, Laurent Proulhac, et Florian Vanco. 2007. « Formes urbaines, mobilités et ségrégation : une comparaison Lille - Lyon - Marseille. Rapport final ». <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00203462/document>.
- Musée des Transports. 2014. « Histoire générale des transports ». décembre. http://www.amtuir.org/03_htu_generale/htu_1_avant_1870/htu_1.htm#b2.
- NCHRP. 2002. « Desk Reference for Estimating Indirect Effects of Proposed Transportation Projects ». 466. Washington D.C: National Academy Press. <http://www.trb.org/Publications/Blurbs/161023.aspx>.
- Newman, Morris. 1991. « Focus: Sacramento, Calif.; A Transit-Oriented Approach to Suburbia ». *The New York Times*, novembre 10, sect. Real Estate. <http://www.nytimes.com/1991/11/10/realestate/focus-sacramento-calif-a-transit-oriented-approach-to-suburbia.html>.
- Offner, Jean-Marc. 2003. « Préface ». In *Coordonner transports et urbanisme*. PPUR presses polytechniques.
- Ollivro, Jean. 2000. *L'Homme à toutes vitesses: de la lenteur homogène à la rapidité différenciée*. PU Rennes.

- Paris, Didier. 2008. « Discours et acteurs: les ressorts de la mécanique métropolitaine (Extrait du thème 1: la stratégie métropolitaine), POPSU ». septembre. <http://www.popsu.archi.fr/sites/default/files/nodes/document/809/files/lille-them-strategie-metropo-discours-et-acteurs.pdf>.
- Paris, Didier, et Jean-François Stevens. 2000. *LILLE ET SA REGION URBAINE - La bifurcation métropolitaine*. Géographie. Géographie en liberté. <http://www.editions-harmattan.fr/index.asp?navig=catalogue&obj=livre&no=9362>.
- Pradel, Benjamin, et Leslie Belton Chevallier. 2010. « Les routines spatiales à la frontière du travail ». In *Mobilités et modes de vie métropolitains, les intelligences du quotidien.*, 279-92. Critiques et Cités. L'Oeil d'Or. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00547916>.
- Prévot, Maryvonne, et Franck Vermandel. 2006. « Les stratégies d'aménagement multiscalaires d'Euralille ». *Cahiers thématiques, L'espace de la grande échelle*, n°6 (éd. ENSAPL): p264 à 275.
- Raffestin, Claude, et Mercedes Bresso. 1982. « Tradition, modernité, territorialité ». *Cahiers de géographie du Québec* 26 (68): 185–198.
- Renne, John L. 2008. « Smart growth and transit-oriented development at the state level: Lessons from California, New Jersey, and Western Australia ». *Journal of Public Transportation* 11 (3): 5.
- Reusser, Dominik E., Peter Loukopoulos, Michael Stauffacher, et Roland W. Scholz. 2008. « Classifying railway stations for sustainable transitions - balancing node and place functions ». *Journal of Transport Geography* 16 (3): 191-202. doi:10.1016/j.jtrangeo.2007.05.004.
- Ribeill, Georges. 1989. « Du pneumatique à la logistique routière. André Michelin, promoteur de la «révolution automobile» ». <http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/31920>.
- Riboud, Jacques. 1981. *La Ville heureuse: doctrine et expériences de création urbaine*. Paris, France: "Moniteur.
- Richer, Cyprien. 2008. « L'émergence de la notion de pôle d'échanges, entre interconnexion des réseaux et structuration des territoires ». *Les Cahiers scientifiques du transport*, n° n°54 (décembre): 101-23.
- Richer, Cyprien, et Gilles Vuidel. 2011. « L'intensité nodale, une évaluation de la performance de l'intermodalité dans les pôles d'échanges ». In , 16. Besançon, France. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00798567/document>.
- Roncayolo, Marcel, et Jacques Brun. 1985. *Histoire de la France urbaine*. Édité par Georges Duby. Du Seuil. 1 vol. La ville aujourd'hui. Paris: L'Univers historique.
- Rosa, Hartmut. 2003. « Social Acceleration: Ethical and Political Consequences of a Desynchronized High-Speed Society ». *Constellations* 10 (1): 3-33. doi:10.1111/1467-8675.00309.

- Saujot, Mathieu, Matthieu de Lapparent, Elise Arnaud, et Emmanuel Prados. 2016. « Making land use – Transport models operational tools for planning: From a top-down to an end-user approach ». *Transport Policy* 49: 20-29. doi:10.1016/j.tranpol.2016.03.005.
- Simmonds, D., M. Echenique, J. Bates, et J. Oosterhaven. 1999. « Review of land-use/transport interaction models ». *Reports to The Standing Advisory Committee on Trunk Road Assessment, Department of the Environment, Transport and the Regions, London*.
- Soria y Mata, Arturo. 1984. *La Cité linéaire: conception nouvelle pour l'aménagement des villes*. Traduit par Georges Benoit-Lévy. Paris, France: Ecole nationale supérieure des Beaux-Arts.
- Soria y Puig, Arturo. 1967. « Ildefonso Cerdá y su idea urbanística ». *Hogar y arquitectura: revista bimestral de la obra sindical del hogar*, n° 69: 67.
- Steve, Melia, Graham Parkhurst, et Hugh Barton. 2011. « The paradox of intensification ». *Transport Policy* 18 ((1)): 46-52. doi:10.1016/j.tranpol.2010.05.007.
- Tan, Wendy. 2013. « Pursuing transit-oriented development: Implementation through institutional change, learning and innovation ». <http://dare.uva.nl/record/459133>.
- Tarr, Joël. 2005. *The city and technology*. Blackwell Publishing, New York. <https://books.google.fr/books?hl=en&lr=&id=48YOVXgkq8QC&oi=fnd&pg=PA97&dq=Joel+Tarr+pedestrian+city&ots=63JPBIAEJ6&sig=r4HkxQyRkXxVyplnQ7QuSJmr5zE>.
- Timmermans, Harry. 2003. « The Saga of Integrated Land Use-Transport Modeling: How Many More Dreams Before We Wake Up? » In . Lucerne. https://www.researchgate.net/publication/235360513_The_Saga_of_Integrated_Land_Use-Transport_Modeling_How_Many_More_Dreams_Before_We_Wake_Up.
- Vaillancourt, Jean-Guy. 2002. « Action 21 et le développement durable ». *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, n° Volume 3 Numéro 3 (décembre). doi:10.4000/vertigo.4172.
- van Wee, Bert, Piet Rietveld, et Henk Meurs. 2006. « Is average daily travel time expenditure constant? In search of explanations for an increase in average travel time ». *Journal of Transport Geography* 14 (2): 109-22. doi:10.1016/j.jtrangeo.2005.06.003.
- Vermandel, Frank. 1995. « La ville en projet. Euralille: stratégies, méthodes, conceptions ». éd. *Espace croisé Euralille, poser, exposer*: p.12-37.
- Waddell, Paul. 2002. « UrbanSim: Modeling Urban Development for Land Use, Transportation, and Environmental Planning ». *Journal of the American Planning Association* 68 (3): 297-314. doi:10.1080/01944360208976274.
- Wegener, Michael. 1994. « Operational urban models state of the art ». *Journal of the American Planning Association* 60 (1): 17-29.
- Wegener, Michael, et Franz Fürst. 2004. « Land-use transport interaction: state of the art ». *Available at SSRN 1434678*. http://papers.ssrn.com/sol3/Papers.cfm?abstract_id=1434678.

- Weidner, Tara, Rick Donnelly, Joel Freedman, John E. Abraham, et John Douglas Hunt. 2007. « A summary of the oregon tlumip model microsimulation modules ». In *th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington DC*. Citeseer. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.540.4899&rep=rep1&type=pdf>.
- Wilson, A. G. 2011. *Entropy in Urban and Regional Modelling*. Routledge.
- Wright, Frank Lloyd. 1923. *Experimenting with Human Lives*. Fine Art Society. <http://www.getcited.org/pub/101196833>.
- . 1935. « Broadacre City: A new community plan ». *Architectural Record* 77 (4): 243–54.
- Zahavi, Y. 1976. *Travel Characteristic in Cities of Developing and Developed Countries*. The World Bank. <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US2012426866>.
- Zhao, Fang, et Soon Chung. 2006. « A Study of Alternative Land Use Forecasting Models », avril. <https://trid.trb.org/view.aspx?id=784301>.