

Laboratoire d'Economie des Transports

UMR CNRS 5593, Université Lumière Lyon 2, ENTPE



Agence d'Urbanisme de Lyon



Proposition de recherche au Groupe 6 du PREDIT 4 ***Politiques de transport***

Projet SIMBAD 2

*Une analyse temporelle de long terme permettant de mieux
Simuler les MoBilités pour une Agglomération Durable*

Résumé de la proposition :

Le Laboratoire d'Economie des Transports a développé un projet de recherche consacré au développement du modèle prospectif SIMBAD (Simulation des MoBilités pour une Agglomération Durable), en lien avec l'Agence d'Urbanisme de Lyon, et aujourd'hui avec également le soutien de la Région Rhône Alpes. Conçu à l'échelle du bassin de vie d'une agglomération (les enjeux de la croissance urbaine dépassent largement le cadre des centres-villes), il rend compte des dimensions environnementales, économiques et sociales des trafics qui s'y réalisent. Ainsi différentes politiques de transport et d'urbanisme peuvent être simulées de manière à envisager leurs conséquences sur les 3 axes du développement durable et à mieux prendre en compte les liens qui existent entre ces derniers. L'approche est de type stratégique, permettant de rendre compte des impacts de politiques contrastées à l'échelle de l'agglomération plus que de projets particuliers à une échelle fine.

Une première version du modèle a été développée dans le cadre du Prédit 3 (financements DRAST et ADEME) et l'objet de cette proposition est de prolonger le projet sur la base d'une part de l'investissement déjà réalisé et des acquis à capitaliser et d'autre part des pistes d'améliorations identifiées, notamment sur les problèmes d'analyse des dynamiques temporelles des différents sous systèmes modélisés :

- ✓ Simuler les dynamiques comportementales au sein du modèle à 4 étapes appliqué sur une longue durée ;
- ✓ proposer un modèle de développement urbain qui rende compte de manière correcte des évolutions de l'usage des sols sur l'aire urbaine de Lyon ;
- ✓ caler sur le long terme les modules de localisation des établissements et des ménages mis en œuvre dans SIMBAD grâce à URBANSIM ;
- ✓ développer un module « Fer » prenant en compte les déplacements ferrés régionaux, qui représentent un enjeu fort pour la politique d'offre de transport des années à venir.

Responsables du projet

Jean-Pierre Nicolas, Patrick Bonnel – chercheur et enseignant chercheur au Laboratoire d'Economie des Transports

LET-ENTPE

Rue Maurice Audin

69 518 Vaulx-en-Velin

Tél : 04 72 04 77 42

Fax : 04 72 04 70 92

Courriel : jean-pierre.nicolas@entpe.fr

Equipe

Patrick Bonnel, Enseignant chercheur, Ingénieur divisionnaire des Travaux Publics de l'Etat

Jorge Cabrera, Doctorant LET Région Rhône Alpes

Thippaphone Khenmingmongkhon, Doctorante LET Région Rhône Alpes

Jean-Pierre Nicolas, Chercheur CNRS

Silvia Rosales, Chargée de mission, Agence d'Urbanisme de Lyon

Jean-Louis Routhier, Ingénieur de recherche LET Université Lumière Lyon 2

Florence Toilier, Ingénieur d'étude LET ENTPE

Coût total du Projet : ***472 513 € TTC***

Financement demandé : Phase 1 : ***98 560 € TTC***

Phase 2 : ***100 952 € TTC***

Organisme gestionnaire des crédits :

ENTPE

Rue Maurice Audin

69 518 Vaulx-en-Velin Cedex

Gilles Vicario

Tél : 04 72 04 71 15

Durée prévue : 36 mois

Sommaire

| | |
|--|-----------|
| 1. SIMBAD - SIMULER LES MOBILITES POUR UNE AGGLOMERATION DURABLE | 4 |
| 2. SIMBAD 1, UNE PLATE-FORME COMPLETE POUR ACCOMPAGNER LES POLITIQUES DE LA VILLE DURABLE | 5 |
| 3. PROPOSITION DE RECHERCHE SIMBAD 2 : RENFORCER L'ANALYSE DES DYNAMIQUES TEMPORELLES DANS LA MODELISATION TRANSPORT ET SES INTERACTIONS AVEC L'URBANISME | 10 |
| 3.1. Intégrer les évolutions comportementales dans le modèle transport à 4 étapes à partir de 20 ans de rétrospectives | 11 |
| 3.2. Développer un modèle macroscopique de transition urbaine | 11 |
| 3.3. Caler les modules de localisation d'Urbansim sur 20 ans..... | 12 |
| 3.4. Développement du réseau ferroviaire..... | 13 |
| 3.5. Evaluation de politiques de transport et d'urbanisme à l'aune du développement durable..... | 13 |
| 3.6. Animation d'un séminaire sur les thématiques du projet..... | 14 |
| 4. BIBLIOGRAPHIE | 14 |
| Références citées dans le texte | 14 |
| Productions du projet SIMBAD..... | 17 |

Montée des préoccupations environnementales locales et inquiétude croissante quant aux effets du réchauffement climatique, contraintes financières fortes, sensibilité des citoyens vis-à-vis du libre accès à la ville... Dans ses différentes dimensions, environnementale, économique et sociale, le thème du développement durable intervient aujourd'hui de manière récurrente dans les discours sur l'avenir des transports. Cependant, si cette volonté d'un développement de notre société respectueux de ces trois facteurs simultanément ne peut être que louée, il n'existe pas, notamment dans le domaine des transports, d'outil permettant d'évaluer à cette aune les politiques envisagées.

Dans ce contexte, le Laboratoire d'Economie des Transports a développé un projet de recherche consacré au développement du modèle prospectif SIMBAD (Simulation des MoBilités pour une Agglomération Durable), en lien avec l'Agence d'Urbanisme de Lyon, et aujourd'hui avec également le soutien de la Région Rhône Alpes. Conçu à l'échelle du bassin de vie d'une agglomération (les enjeux de la croissance urbaine dépassent largement le cadre des centre-ville), il veut rendre compte des dimensions environnementales, économiques et sociales des trafics qui s'y réalisent. Ainsi différentes politiques de transport et d'urbanisme peuvent être simulées de manière à envisager leurs conséquences sur les 3 axes du développement durable et à mieux prendre en compte les liens qui existent entre ces derniers. L'approche est de type stratégique, permettant de rendre compte des impacts de politiques contrastées à l'échelle de l'agglomération plus que de projets particuliers à une échelle fine.

Une première version du modèle vient d'être développée dans le cadre du Prédit 3 (financements DRAST et ADEME) et l'objet de cette proposition est de prolonger le projet sur la base d'une part de l'investissement déjà réalisé et des acquis à capitaliser et d'autre part des besoins d'améliorations que nous avons identifiés, notamment sur les problèmes d'analyse des dynamiques temporelles des différents sous systèmes modélisés.

Nous présentons tout d'abord la philosophie générale de SIMBAD, puis le bilan de la première phase du projet. Nous soulignons ensuite les apports qui se révèlent aujourd'hui nécessaires pour permettre à l'outil de prendre toute sa dimension d'aide à la réflexion des politiques publiques locales et qui justifient cette proposition au groupe 6 du PREDIT.

1. SIMBAD - Simuler les MoBilités pour une Agglomération Durable

Le développement durable reste une notion ouverte qui peut véhiculer des valeurs et porter des projets de société extrêmement différents. De façon générale aujourd'hui, pour qu'une démarche soit reconnue comme relevant d'une préoccupation de développement durable, il faut qu'elle s'attache tout à la fois à articuler court et long terme, local et global, ainsi qu'à prendre en compte simultanément les dimensions économique, sociale et environnementale de la question qu'elle traite (voir par exemple Theys, 2000 ; Zuindeau, 2006). D'autres acceptations existent (Hardi, Muyata, 2000 ; Pezzey, Toman, 2002 ; Vivien, 2005), souvent plus centrées sur une dimension particulière, mais nous avons privilégié celle-ci, qui apparaît tout à la fois comme la plus ouverte et la plus en phase avec les préoccupations émergentes de notre époque (Verry, Nicolas, 2005). L'ambition est d'abord de montrer que d'un point de vue opérationnel, pour juger des conséquences à long terme d'une politique de transports urbains, il est possible de disposer d'un outil analytique qui reprenne de manière cohérente des indicateurs économiques, environnementaux et sociaux (Joumard, Nicolas, 2007).

L'idée est également de souligner qu'à ce niveau de l'analyse les résultats obtenus dans chaque dimension sont en partie irréductibles les uns aux autres (Costanza et al., 1997). La nécessaire prise de décision qui tranche pour une option plutôt qu'une autre, quelle que soit la procédure sur

laquelle elle repose (prise de responsabilité d'une seule personne, débat public, calcul technico-économique, etc.), assume à un moment ou à un autre, un, voire plusieurs sauts logiques qui lui permettent d'agréger et de comparer les résultats de chaque scénario. Le rôle de l'outil que nous proposons ici est de fournir un spectre large pour éclairer ce choix, ainsi que de montrer les éventuelles synergies et contradictions que les évolutions de mobilité peuvent avoir sur ces trois dimensions.

Pour répondre à ce questionnement, nous avons repris la représentation des liens entre transports et urbanisme proposée par Bonnafous et Puel (1983) avec trois sous-systèmes, de localisation, de déplacements et de pratiques sociales qui interagissent entre eux. Cette interaction peut être exprimée par la notion clé d'accessibilité (au sens de Hansen, 1959), qui caractérise le service rendu par un système de déplacements dans une configuration spatiale et sociale donnée (Masson, 2001 ; Geurs, Van Eck, 2001). Dans ce cadre, les indicateurs d'impact d'une politique publique de transport concernent les évolutions de l'équilibre entre les services rendus et les "coûts" et nuisances des déplacements réalisés au sein de l'aire urbaine, avec une déclinaison selon les trois dimensions, économique, environnementale et sociale (Nicolas et al., 2003, Giorgi, 2003).

Ainsi, de manière concrète, pour rendre compte de l'évolution des services rendus par le système, nous avons retenu l'évolution des accessibilités moyennes des ménages à l'emploi et aux commerces ainsi que, pour les entreprises, de l'accessibilité moyenne aux activités économiques ; pour éclairer la dimension sociale, un rendu plus fin est fait en fonction de leur revenu (distingué en trois classes) et de leur localisation. Du côté des coûts, (1) les impacts environnementaux sont mesurés par l'évolution des émissions de CO₂, NO_x, particules et hydrocarbures ; (2) le coût économique du système de transport est établi selon l'esprit des comptes déplacements, avec l'estimation des dépenses réalisées par la puissance publique, les ménages et les entreprises ; (3) d'un point de vue social, le coût ressenti par les ménages est mesuré par la part relative du revenu consacré à la mobilité quotidienne locale en distinguant les ménages comme précédemment, selon leur revenu et leur localisation.

2. SIMBAD 1, une plate-forme complète pour accompagner les politiques de la ville durable

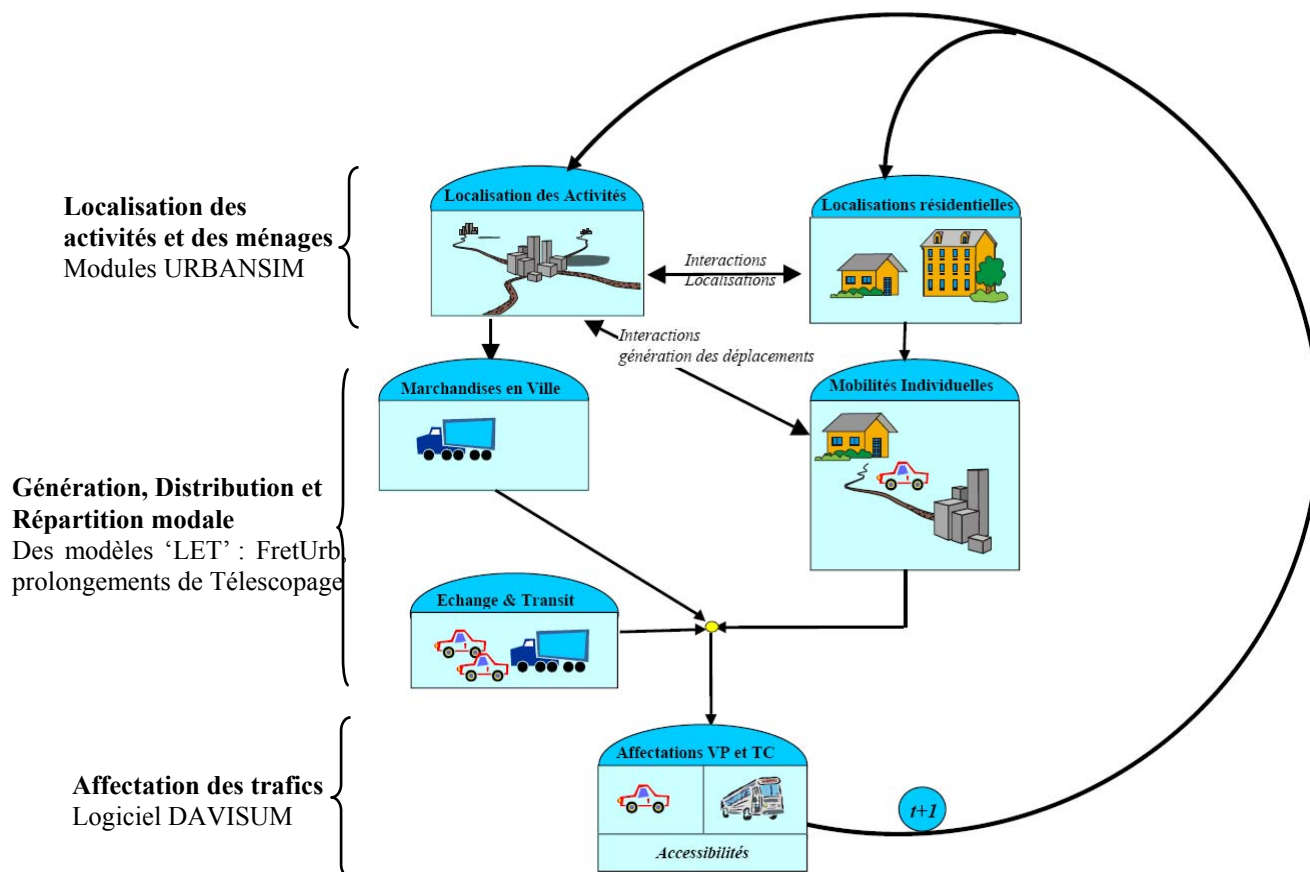
Pour répondre à cet objectif de mesure de l'évolution de ces indicateurs, Simbad a été conçu pour enchaîner plusieurs grandes étapes de modélisation « localisation des ménages et des établissements » ⇒ « mobilités » ⇒ « affectation du trafic » qui se bouclent sur 25 pas d'un an (Nicolas et al., 2007) :

1. A la période initiale, les localisations des activités et des ménages sont données.
2. Le croisement entre la localisation des activités et les caractéristiques des ménages résidant dans chaque zone permet de déduire les besoins de déplacements entre chaque zone :
 - ✓ Une suite de modules prend en compte la mobilité des personnes en suivant une logique traditionnelle, avec la génération des mobilités, leur distribution spatiale, leurs répartitions modale puis horaire.
 - ✓ Un travail spécifique est réalisé pour les transports de marchandises en ville.
 - ✓ Enfin, l'introduction des flux d'échanges et de transit, dont l'évolution est estimée sur la base simplifiée de l'évolution économique générale, permet de compléter le tableau des trafics réalisés sur l'aire d'étude.
3. Ces différents modules « transport » permettent d'établir des matrices origine-destination entre les zones de l'aire urbaine (marchandises, personnes, transit, etc.). Celles-ci peuvent alors être

cumulées, tout en conservant les distinctions entre réseaux (TC/routier) et la période horaire (heure creuse/de pointe), et les calculs d'affectation sont lancés. Ils permettent de déterminer les temps généralisés entre toutes les zones de l'aire urbaine de Lyon.

4. Enfin, ces temps généralisés débouchent sur l'estimation des indicateurs d'accessibilité qui sont utilisés dans les modules de localisation des ménages et des activités.

Figure 1 : L'architecture du projet SIMBAD



Plusieurs choix ont été faits au niveau des outils utilisés pour réaliser cet agencement. C'est la plate-forme URBANSIM qui a été privilégiée pour la modélisation des localisations des ménages et des activités (plate forme ouverte, avec un réseau d'utilisateurs européens qui se constitue). DAVISUM a été retenu pour l'affectation des trafics sur les réseaux, voire comme transports collectifs (logiciel performant, bien utilisé au sein du MEEDDAT et par les collectivités territoriales). Enfin, c'est la structuration traditionnelle à 4 étapes qui a été retenue pour le modèle. Elle a bénéficié de développements issus des travaux du LET sur la génération, la distribution et la répartition modale (Raux et al. 1998, Cabanne et al. 2000, Bonnel, 2004, Gitton, 2006). Les trafics liés aux marchandises sont pris en compte par le modèle FRETURB (Routhier et al., 2001 ; Toilier et al., 2005).

Outre la mise au point de la plate-forme complète, ce premier travail a permis de construire et de valider chacun des modules ainsi que d'identifier des pistes de développement. Il permet donc aujourd'hui de calculer les différents indicateurs prévus. Il nous a également permis d'acquérir de manière pérenne une bonne maîtrise des outils qui ont été choisis pour ce projet, notamment les logiciels DAVISUM et la plateforme URBANSIM (Nicolas et al., 2009).

D'un point de vue recherche, ces acquis se traduisent par 5 grands ensembles de résultats que nous avons commencé à valoriser.

a) La modélisation des localisations sous URBANSIM

URBANSIM propose de modéliser les choix de localisation à partir d'une fonction logit multinomiale, basée sur la théorie des choix discrets développée et largement utilisée dans la recherche en transports et en économie spatiale pour exprimer des choix de modes ou de localisation (Domencich, McFadden, 1975 ; Ben Akiva, Lerman, 1985).

URBANSIM requiert une représentation extrêmement fine à la cellule (150x150 mètres dans les travaux américains) des activités des zones. Nous avons adapté et testé la procédure pour travailler à un niveau plus agrégé de l'IRIS. Nos applications sur la localisation des ménages et des établissements dans les IRIS de l'agglomération lyonnaise donnent de bons résultats (Homocianu, 2009 ; Nicolas et al., 2008 ; Nicolas et al., 2009). Nous avons ainsi pu proposer une modélisation alternative en deux temps, avec la construction d'une typologie des zones en premier lieu, puis la mise en œuvre d'un modèle logit emboîté pour ajusté le choix des ménages en respectant le poids de chaque type de zone parmi l'ensemble des zones (Homocianu, Bonnel, Nicolas, article soumis à *Journal of Transport and Land Use*). De même une présentation sur la modélisation de la localisation des établissements a été acceptée au prochain colloque de l'ASRDLF (Nicolas, Bouvard, 46^{ème} colloque de l'ASRDLF, Clermont-Ferrand, 6-8 juillet 2009), qui donnera suite à la rédaction d'un article.

b) Le développement d'une méthode originale de génération des chaînes de déplacements.

Le modèle de génération est le plus souvent construit par régression linéaire sur des données d'enquêtes déplacements. Le nombre de déplacements par zone est « expliqué » par un vecteur de variables socio-démo-économiques des zones incluses au sein du périmètre d'études (Bonnel, 2004 ; Ortuzar, Willumsen, 2001). Ces modèles présentent des limites importantes et notamment : pouvoir « explicatif » généralement faible, mauvaise prise en compte de la variabilité des comportements individuels, difficulté à bien rendre compte des évolutions démographiques au niveau zonal, difficulté à bien prendre en compte les sorties du domicile (enchaînement des activités-déplacements entre un départ et un retour du domicile), absence de prise en compte des évolutions comportementales, utilisation d'un zonage assez grossier. Pour dépasser ces limites, nous proposons une approche méthodologique nouvelle qui s'appuie sur les travaux qui se développent en micro-simulation (Wannel, Gravel, 2002 ; Dupont et al., 2003). La méthode consiste à construire des typologies de profils de mobilité individuelle définie par une approche en termes de sortie domicile. L'application sur les données de l'enquête ménages déplacements de Lyon a débouché sur 55 profils (Gitton, 2006). La simulation en prévision s'effectue par le biais de la création d'une population synthétique totalement désagrégée disposant des caractéristiques socio-démo-économiques utilisées lors de la construction des profils de mobilité et respectant les distributions statistiques issues des projections démographiques OMPHALE de l'INSEE. Chaque individu de la population synthétique se voit ensuite attribuer la mobilité réalisée par un individu de même profil tiré aléatoirement au sein de la dernière enquête ménages déplacements.

Cette méthode présente les avantages suivants : pouvoir explicatif important ; prise en compte de la variabilité des comportements ; prise en compte explicite des évolutions démographiques ; prise en compte explicite des sorties du domicile et même au-delà de leur articulation au sein du schéma d'activités individuel ; applicabilité de la méthode quel que soit le niveau de zonage retenu. En revanche, comme pour les méthodes plus classiques la prise en compte de l'évolution des comportements pour chacun des segments de population nécessite des travaux complémentaires.

L'application sur les enquêtes ménages déplacements lyonnaises a permis de vérifier l'opérationnalité de la méthode qui a été intégrée au sein de SIMBAD (Gitton, 2006).

c) La formalisation de 3 sous-modèles transport,

La chaîne transport a été modélisée trois fois pour représenter les mobilités des personnes suivant leur classe de revenu (20% les plus modestes, 60% médianes et 20% les plus aisées). Elle débouche ainsi sur la mise en œuvre des indicateurs sociaux prévus dans SIMBAD.

Les gains apportés par une telle segmentation sur les revenus restent limités pour deux raisons : (i) en mobilité locale, cette variable joue un rôle significatif mais reste de second rang par rapport à l'ensemble des déplacements contraints qui sont mieux pris en compte par le statut et la localisation (Nicolas, David, 2009) ; (ii) les gains statistiques susceptibles d'être apportés par la segmentation sont en partie compensés par la réduction des effectifs qu'elle entraîne dans chaque classe (Nicolas et al., 2009).

Par contre, avec une affectation multi-classes sous DAVISUM et le module de localisation sous URBANSIM qui prend en compte les revenus, cette segmentation du modèle permet de suivre les évolutions de localisation des ménages en fonction du revenu et leurs conséquences sur les mobilités et les distances parcourues par leurs membres. Les coûts de la mobilité quotidienne par type de ménage peuvent ainsi être estimés.

d) L'intégration des marchandises en ville

Les transports de marchandises représentent plus de 15% des trafics de l'aire urbaine de Lyon (Cabanne et al. 2000). Les travaux du LET sur cette thématique et le développement du modèle FRETURB (Routhier et al., 2001 ; Toilier et al., 2005) ont permis de prendre en compte ce type de déplacements dans le projet.

Des adaptations ont du être réalisées sur FRETURB, en termes de découpages notamment, pour permettre de l'intégrer à la plate-forme SIMBAD (Nicolas et al., 2009). Dans l'autre sens, des choix ont été faits en prenant en compte ce modèle, comme la prise en compte de la localisation des établissements de préférence aux emplois dès notre première version du projet. Les sorties de FRETURB sont d'ailleurs directement utilisées dans SIMBAD pour évaluer l'emploi dans chaque IRIS.

e) Un travail méthodologique visant à l'analyse d'une codification « automatique » des réseaux à l'aide des bases de données publiquement disponibles.

La codification des réseaux représente un travail extrêmement chronophage lors du développement d'un modèle transport. Elle nécessite le plus souvent un important travail de collecte de données existantes, complétée par des productions de données spécifiques. Dans ce travail, nous avons souhaité d'une part explorer les potentialités offertes par les bases de données géographiques existantes (Navteq, Géoroute...) et d'autre part évaluer les possibilités d'une codification la plus automatique possible de la construction du réseau afin de pouvoir reproduire cette codification dans le temps (tant dans le passé pour un calage dynamique des modèles que dans le futur pour garantir la cohérence des représentations de réseaux). Ce parti pris résulte d'une contrainte et d'un choix méthodologique.

- ✓ La contrainte correspond à l'absence de réseau de base au sein du LET. Le plus souvent, la construction des réseaux s'appuie sur des réseaux existants construits dans le passé. Il s'agit donc généralement d'un processus d'accumulation, de mise à jour et d'amélioration

progressive qui permet un gain de temps à chaque étape, mais conduit le plus souvent à des problèmes de cohérence des choix de codification sur le long terme ;

- ✓ Partant de zéro, l'horizon méthodologique est forcément beaucoup plus large. Le choix méthodologique découle des travaux du LET en matière de production de données d'une part et d'une veille sur l'apport des nouvelles technologies d'autre part. Le développement des nouvelles technologies de communication et de positionnement géographique offre des perspectives nouvelles en matière de production de données sur les déplacements et les transports et modifie les pratiques de modélisation (Bonnell et al., 2009).

Nous avons donc pris le parti d'assurer la codification des réseaux à partir des bases Navteq et Géoroute et des données publiquement disponibles pour les réseaux de transports collectifs. Nous avons pu mesurer la qualité insuffisante des bases routières à ce jour, même si le développement des applications de guidage routier devrait conduire à les améliorer dans le futur. Un important travail de correction a permis de produire un réseau routier extrêmement fin contenant plus de 100 000 arcs et près de 45 000 nœuds, validé grâce aux données de comptages disponibles. La codification du réseau de transports collectifs a été développée également à un niveau très fin à l'aide d'une digitalisation de tous les arrêts. La construction des attributs des lignes a ensuite été réalisée de manière automatique à partir des guides horaires du réseau. Le calage des réseaux donne des résultats satisfaisants à un niveau macro. En revanche, malgré la finesse de la description des réseaux, l'analyse des résultats ne peut être conduite à un niveau spatial fin (Nicolas et al, 2009).

Le projet a également été l'occasion de nous insérer dans les réseaux scientifiques travaillant sur la thématique des interactions entre transport et urbanisme, se traduisant de manière formelle par les évènements suivants :

- ✓ Organisation de journées de séminaire au LET, le 6 juin 2005 avec Paul Waddell et le 21 septembre 2005 avec Michael Wegener ;
- ✓ Participation à la création d'un réseau des usagers européens de la plate-forme URBANSIM, à Zürich en mars 2008 (Krivobokov et al., 2008) ;
- ✓ Organisation d'un séminaire par le PREDIT sur les projets de modélisation T&U qu'il finance (1^{ère} rencontre le 19 décembre 2008, figure 2) et qui doit, entre autre, déboucher sur la rédaction de deux ouvrages à laquelle nous participons.

Figure 2 : La prise en compte des interactions transport-urbanisme dans les projets de modélisation du PREDIT 3

| | Développement urbain | Localisations | Mobilité | Affectation du trafic |
|-----------------|------------------------------------|------------------------------------|---|-----------------------|
| SIMBAD | Hypothèses externes | Modèles de choix discrets-URBANSIM | Modèle à 4 étapes Développements propres+FretUrb | DAVISUM |
| SIMAURO | Modèles de choix discrets-URBANSIM | Modèles de choix discrets-URBANSIM | Modèle à 4 étapes | DAVISUM |
| ILOT | | Multi agents | | |
| MOBISIM | Automates cellulaires | Multi agents | Modèle à 4 étapes | |
| MUP-City | Fractales | | | |
| DYNACITE | Dynamique des systèmes | Dynamique des systèmes | | |
| MIRO | | | Multi agents | |
| FRETURB | | | Segmentée à désagrégée | |

3. Proposition de recherche SIMBAD 2 : renforcer l'analyse des dynamiques temporelles dans la modélisation transport et ses interactions avec l'urbanisme

Wegener et Fürst (1999) ont largement souligné que les liens entre transports et urbanisme se nourrissent d'interactions aux temporalités très différentes, avec des adaptations quasi immédiates au niveau des déplacements eux-mêmes, des changements rapides pour la localisation des emplois et des ménages (4% des établissements et 11% des ménages déménagent chaque année), des évolutions plus lentes des bâtiments et de leur fonction (activité économique, logement), et une inscription territoriale séculaire des réseaux et de l'occupation des sols.

Cette diversité des rythmes et des informations nécessaires rendent extrêmement difficile l'analyse des dynamiques temporelles dans ce type de modélisation. Ainsi, il n'existe pas à notre connaissance de travaux aboutis sur le calage temporel du modèle à 4 étapes traditionnel en transport, ni a fortiori sur le calage dynamique des modèles Transport-Urbanisme, que nous utilisons dans SIMBAD. La nécessité de disposer de données à plusieurs dates sur les déplacements de la population d'un côté et sur les réseaux et les accessibilités qu'ils procurent de l'autre, ont freiné ce type de réflexion jusqu'à aujourd'hui.

C'est sur cette question de l'analyse des dynamiques temporelles pour la modélisation à 4 étapes du système de transport et de ses interactions avec l'urbanisme que le projet SIMBAD 2 portera principalement, pour investiguer un champ peu exploré et renforcer notre plateforme de modélisation là où elle nous apparaît la plus fragile avant de vraiment pouvoir proposer des exercices de prospective. Elle se complètera par la prise en compte des possibilités de changements structurels futurs, avec pour l'instant l'exploration d'un volet particulier à travers le développement actuel du fer au niveau régional.

L'ensemble de la réflexion se développera donc sur 4 axes :

- ✓ la modélisation des évolutions comportementales au sein du **modèle à 4 étapes appliqué sur une longue durée**. Ce travail fait l'objet d'une thèse (Jorge Cabrera) financée par la Région Rhône Alpes et soutenue par le PREDIT 3 ;
- ✓ un travail exploratoire pour proposer un **modèle de développement urbain** qui rende compte de manière correcte des évolutions de l'usage des sols sur l'aire urbaine de Lyon, en intégrant l'impact des réseaux et notamment du réseau routier ;
- ✓ un **calage temporel robuste des modules de localisation** des établissements et des ménages qui ont été mis en œuvre dans SIMBAD grâce à URBANSIM ;
- ✓ le **développement d'un modèle « Fer »** qui permet de prendre en compte les déplacements ferrés régionaux. Si l'offre ferrée est restée limitée jusqu'à une date récente, la conjonction actuelle des incertitudes à venir sur les prix des carburants, des difficultés croissantes pour pénétrer dans l'agglomération en voiture en heure de pointe et du développement d'une offre cadencée régionale, rend l'alternative ferrée de plus en plus crédible. Un travail de thèse financé par la Région Rhône Alpes démarre cet automne sur ce thème.

L'ensemble de ces travaux bénéficiera des bases de données dont nous disposons sur l'aire urbaine de Lyon :

- ✓ bases fournies par l'INSEE en matière de population et d'activités économiques (RGP et fichiers SIRENE de 1982, 1990, 1999, 2006) ;
- ✓ enquêtes déplacements disponibles (enquêtes ménages déplacements de 1976, 1985, 1995 et 2006 ; enquêtes cordons de 1990 et 2005) ;
- ✓ données disponibles à l'Agence d'Urbanisme de Lyon, notamment sur l'évolution de l'usage des sols ;

- ✓ travail de reconstitution de l'historique des réseaux de transport sur cette période réalisés grâce aux financements autour de la thèse de Jorge Cabrera.

Par ailleurs, deux autres axes doivent être rajoutés au projet. D'une part, ce renforcement de la plate-forme SIMBAD par des analyses des dynamiques temporelles de long terme et une prise en compte –limitée pour l'instant- des changements possibles, débouchera sur la **simulation de politiques de transport et d'urbanisme**.

Nous proposons également **d'animer un séminaire** sur les différentes thématiques du projet pour enrichir nos réflexions des débats avec d'autres chercheurs.

3.1. Intégrer les évolutions comportementales dans le modèle transport à 4 étapes à partir de 20 ans de rétrospectives

Le parti pris méthodologique retenu lors de la codification des réseaux de référence pour 1999 pour les transports routiers et collectifs permet de décliner les réseaux sur 20 ans. La méthodologie retenue assure une bonne reproductibilité des principes de codification. Ce travail est en cours dans le cadre de la thèse de Jorge Cabrera financée par la région Rhône-Alpes et soutenue par le PREDIT. Il doit déboucher avant fin 2009 sur la construction des réseaux routiers et de transports collectifs correspondants aux dates de réalisation des enquêtes ménages déplacements de l'agglomération lyonnaise (2006, 1995, 1986). La disposition de ces trois réseaux permet de caler les différentes étapes du modèle transport pour chacune de ces dates. La réalisation de ces calages vise à analyser l'évolution des comportements.

Pour cela, nous allons tenter d'identifier la contribution des principaux facteurs influant sur la mobilité urbaine. La codification des réseaux en 1986, 1995 et 2006 permet de produire les matrices de temps généralisés afin de prendre en compte l'évolution de l'offre de transport. La méthode retenue pour le modèle de génération permet de prendre en compte de manière fine les évolutions socio-démographiques. La disposition des données de l'INSEE pour chacun des recensements permet de tenir compte de l'évolution de la localisation des ménages et notamment des phénomènes de péri-urbanisation. Enfin, les données économiques permettent de tenir compte de l'évolution des revenus et de la motorisation. Nous pourrions ainsi tester l'incidence de chacune de ces dimensions toutes choses égales par ailleurs, tout en identifiant la part des évolutions comportementales « non expliquées ». Nous proposons d'utiliser pour cela la méthode de décomposition des effets qui a été développée dans le cadre d'une précédente recherche PREDIT (Bonnell, 2000, Bonnell et al., 2003). L'objectif est ensuite de proposer des lois d'évolution des coefficients de calage afin de traduire les évolutions comportementales, même si nous sommes conscients que la disposition de 3 points d'observation seulement ne permettra pas une analyse très fine (nous envisageons un prolongement sur 1976, date de la première enquête ménages déplacements, mais le périmètre très restreint risque d'en limiter fortement l'apport).

3.2. Développer un modèle macroscopique de transition urbaine

Le module proposé dans URBANSIM pour prendre en compte l'évolution de l'urbanisation est apparu peu adapté aux données dont nous disposons lors de la première phase de notre projet. En effet, sa méthode consiste à définir des types de zones en fonction de leur densité, du type d'habitat ou d'activités qu'elles contiennent, puis d'établir un ou plusieurs modèles logit multinomiaux qui fournissent les probabilités pour un type de zone de basculer vers les autres types en fonction de ses caractéristiques propres et de son environnement (types des zones adjacentes, réseaux à proximité, etc.).

Cette méthode appliquée aux Etats-Unis a pu apporter des résultats intéressants. Nous avons cependant renoncé à l'utiliser dans le cas lyonnais pour deux principales raisons. D'une part les données que nous utilisons ne sont pas établies à un niveau aussi fin qu'aux Etats-Unis, où l'urbanisation peut être décrite de manière précise à l'intérieur de cellules restreintes de 150x150 mètres. Disposant d'informations au niveau de l'IRIS, les zones sont trop vastes – même en milieu urbain - pour être suffisamment homogènes et facilement caractérisables. D'autre part, il faut disposer d'un suivi sur une longue période pour pouvoir observer les changements et disposer d'une donnée suffisante pour pouvoir établir des probabilités de passage d'un type à l'autre. Les difficultés rencontrées sur ce point par l'équipe du projet SIMAURIF, qui disposait de données plus fines que les nôtres sur le cas de l'Ile-de-France mais restreintes à une période de 10 ans, en témoignent (De Palma et al., 2005).

Pour dépasser cette difficulté, nous proposons de développer un module de développement urbain en amont d'URBANSIM.

Une revue bibliographique et un travail exploratoire seront menés. Cependant, nous pensons *a priori* prolonger les résultats du modèle de Bussière. Basé sur le modèle de la ville monocentrique d'Alonso, ce modèle établit une bonne corrélation entre la distance au centre et la population cumulée. Cette courbe se déforme au cours du temps, mais reste toujours extrêmement bien corrélée à la distance au centre, à un facteur correctif près qui peut exprimer l'évolution générale des vitesses en périurbain (Bussière, 1972). Les travaux d'Eric Tabourin sur l'agglomération lyonnaise (Tabourin et al., 1995) renforcent encore ces résultats en montrant qu'à côté de la logique concentrique, les zones radiales autour des grands axes autoroutiers suivent la même « loi » mais avec une déformation liée à leur meilleure accessibilité au centre. De plus ses travaux portent la démonstration non seulement sur les populations et mais également sur les emplois.

Le codage des réseaux, depuis 1985 jusqu'à 2006, réalisé pour la thèse de Jorge Cabrera, permettra de décrire de manière précise les évolutions des temps d'accès au centre et de vérifier, en les affinant, les résultats d'Eric Tabourin. Ceci permettra alors de construire des indicateurs généraux de transition urbaine par grandes zones et grandes couronnes. Ceux-ci alimenteront ensuite le module de développement urbain d'URBANSIM qui les transcrira au niveau fin de l'IRIS.

3.3. Caler les modules de localisation d'Urbansim sur 20 ans

Le premier travail de modélisation des localisations des ménages et des établissements réalisé dans le cadre de SIMBAD reste insuffisant malgré ses bons résultats. En effet, il est resté statique, et ne suffit pas pour prendre en compte les évolutions comportementales susceptibles d'apparaître sur le long terme.

Nous proposons donc d'établir une rétrospective des localisations à partir des données INSEE des recensements de la population et des fichiers SIRENE de 1982, 1990, 1999 et 2005. Concernant la population, ces données ne sont cependant pas disponibles à l'IRIS en 1982 et les informations sur les revenus (INSEE-DGI) ne sont fournies qu'à partir de 2001 ; concernant les établissements, les fichiers 1982 et 1990 ne sont pas à l'IRIS et les nomenclatures ont évolué durant ces 23 années. L'analyse se réalisera donc en plusieurs étapes, au niveau de l'IRIS avec des données homogènes dans un premier temps, au niveau plus agrégé de la commune mais sur une plus longue période ensuite. L'assistance de l'Agence d'Urbanisme de Lyon permettra cependant d'utiliser les évolutions de la tache urbaine et de respecter les évolutions des densités.

3.4. Développement du réseau ferroviaire

Dans le contexte actuel d'incertitude sur les prix à venir du pétrole d'une part, d'étalement urbain et de lutte contre l'effet de serre d'autre part, le développement de l'offre ferroviaire péri-urbaine apparaît de plus en plus comme un enjeu important de planification tant du système de transport que de l'aménagement des territoires. C'est le cas notamment sur l'aire métropolitaine lyonnaise où le projet REAL (Réseau Express de l'Aire urbaine Lyonnaise) devient un élément important de réflexion de l'Interscot lyonnais. La prise en compte du fer dans la modélisation est toutefois problématique dans la mesure où il s'agit tout à la fois d'un moyen de transport spécifique mais en même temps complémentaire des modes collectifs urbains et de la voiture (pour le rabattement sur les gares). Les performances élevées du fer en termes de temps de parcours conduisent le plus souvent à une utilisation du fer beaucoup plus importante dans les simulations des modèles multimodaux que dans la réalité. Il s'agit donc d'intégrer l'offre ferroviaire au sein du modèle à quatre étapes de SIMBAD. Ce travail nécessite plusieurs développements :

- ✓ codification de l'offre ferroviaire (digitalisation des gares, intégration des gares dans le réseau de transports collectifs de SIMBAD, définition des services) ;
- ✓ définition et modélisation des modes de rabattement sur les gares. Les déplacements ferroviaires sont souvent multimodaux (voiture + fer + TCU), ce qui oblige à modéliser la complémentarité entre les modes ;
- ✓ définition des zones de chalandises des gares. L'intégration de la voiture comme mode de rabattement élargit potentiellement de manière très forte les zones de chalandises des gares. Il s'agit de confronter ces potentialités avec les comportements afin de modéliser les choix ;
- ✓ définition de la qualité de service. L'application des principes de codification des réseaux de transports collectifs au mode ferroviaire conduit à surestimer fortement l'usage du fer par rapport aux données observées. Il est donc nécessaire d'analyser les facteurs qui conduisent à la « sous-utilisation » du fer afin de les prendre en compte dans la définition de la qualité de service ;
- ✓ le développement du cadencement génère généralement une croissance de la demande supérieure à la croissance de l'offre. De nouveau, il est nécessaire d'identifier les facteurs qui permettent de l'expliquer afin de les intégrer dans la codification de l'offre ferroviaire ;
- ✓ l'offre ferroviaire fonctionne sur une logique d'horaire alors que l'offre urbaine répond généralement à des logiques de fréquence. Ces deux logiques conduisent à des modules d'affectation différents au sein de DAVISUM. La recherche devra trouver des solutions pour contourner le problème.

Ce travail doit être réalisé dans le cadre d'une thèse qui débute en septembre 2009 et qui est financée par la région Rhône-Alpes en collaboration avec le service transport de la Région.

3.5. Evaluation de politiques de transport et d'urbanisme à l'aune du développement durable

Enfin, pour finaliser l'ensemble de ces travaux et montrer leur intérêt pour susciter la réflexion dans le cadre des politiques locales de transport et d'urbanisme, différents scénarios seront simulés avec SIMBAD. L'ensemble de ce travail d'élaboration des politiques se fera en collaboration avec l'Agence d'Urbanisme de Lyon. Nous nous attacherons, dans la définition de ces scénarios, à dépasser les enjeux strictement lyonnais pour prendre en compte les principales questions posées aujourd'hui au niveau des grandes agglomérations françaises.

Nous proposons tout d'abord de mettre en œuvre le modèle sur la période d'analyse, entre 1982 et 2010 : que seraient devenues les mobilités urbaines et leurs impacts économiques, environnementaux et sociaux, si la politique de transport et d'urbanisme avait été différente entre 1985 et 2010 ? L'avantage d'une telle approche de « prospective rétrospective » est de mieux

maîtriser les évolutions du contexte général (évolution économique, démographie, évolution du parc et de ses émissions, etc.), permettant de se concentrer sur les impacts des politiques alternatives que l'on veut tester.

D'autre part, les scénarios prospectifs mis au point avec l'Agence d'Urbanisme de Lyon pour la période 1999-2025 dans le cadre du premier projet SIMBAD pourront également être simulés, à partir d'un calage général plus robuste et avec une meilleure prise en compte du développement ferré régional.

3.6. Animation d'un séminaire sur les thématiques du projet

En plus de déboucher sur la production d'un outil d'aide à la réflexion pour les politiques publiques locales, chacun des axes proposés porte sur des champs peu explorés. La modélisation du fer régional n'en est qu'à ses débuts. Nous l'avons dit, il n'existe pas à notre connaissance de travaux aboutis sur le calage temporel du modèle à 4 étapes traditionnel en transport, ni sur le calage dynamique des modèles Transport-Urbanisme. Sur ces points, notre projet se traduira donc par des apports de connaissance certains pour les acteurs du PREDIT, qui pourront également être valorisés dans les circuits traditionnels de la recherche (colloques, articles, reconnaissance et insertion dans les réseaux scientifiques correspondants, etc.).

Nous proposons dès lors de monter un séminaire, autant pour nous aider à enrichir nos réflexions que pour initier le travail de diffusion de nos résultats. Ce séminaire se tiendra sur une journée une fois par an sur les principaux thèmes couverts par notre projet :

- ✓ La prise en compte de l'évolution des comportements dans la modélisation transports – urbanisme
- ✓ Les modèles de développement urbain
- ✓ La prospective urbaine

Un comité scientifique composé de 5 membres apportera son expertise pour organiser chaque journée. Cinq personnes ont d'ores et déjà accepté ce rôle :

- ✓ Dany Nguyen Luong, chargé de mission à l'IAURIF,
- ✓ Pierre Franckhauser, directeur de recherche à THEMA (Université de Besançon),
- ✓ Dominique Mignot, directeur de la recherche à l'INRETS,
- ✓ Damien Verry, chargé de mission au CERTU,
- ✓ Eric Cornelis, Professeur à l'Université de Namur, Belgique.

Ils nous aideront à désigner 2 ou 3 chercheurs français ou européens spécialisés sur le thème de la journée, qui pourront venir exposer leurs travaux et réagir à la présentation de nos propres résultats. Ils participeront également aux débats du séminaire. L'ensemble de ces points de vue croisés pourra donner lieu à une publication à la fin du projet.

4. Bibliographie

Références citées dans le texte

BEN-AKIVA, M., LERMAN, S. (1985), *Discrete Choice Analysis, Theory and Application to Travel Demand*. Cambridge, MA: MIT Press.

BONNAFOUS, A., PUEL H. (1983), *Physionomies de la ville*. Paris, Les Editions ouvrières, 165p.

- BONNEL P. (2000), « Une mesure dynamique des relations entre transports collectifs, étalement urbain et motorisation, le cas de Lyon, 1976-1995 », *Cahiers Scientifiques du Transport*, N°38/2000, pp. 19-44.
- BONNEL P. (2004), *Prévoir la demande de transport*, Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, 425p.
- BONNEL P. (Ed.), CABANNE I., MASSOT M.-H. (2003), *Evolution de l'usage des transports collectifs et politiques de déplacements urbains*, La Documentation Française, collection « Le point sur », 81p.
- BONNEL P., ZMUD J., LEE-GOSSELIN M., MADRE J.-L. (Editors) (2009 to be published), *Transport Survey Methods: Keeping up with a Changing World*, Emerald press.
- BUSSIERE R. (1972), *Modèle de localisation résidentielle*, Annales du Centre de Recherche et d'Urbanisme. 162 p.
- CABANNE I., DURAND S., HENNEBELLE P.-Y., MASSON S., ROUTHIER J.-L., SALIOU E. (2000), *Télescopage : Modèle de simulation des trafics de marchandises et de personnes locaux et interurbains dans un espace région-ville*, Lyon, LET, rapport de recherche ADEME - PREDIT, 171 p.
- COSTANZA R., CUMBERLAND J., DALY H., GOODLAND R., NORGAARD R. (1997), *An introduction to Ecological Economics*. Floride, Boca Raton, St. Lucie Press, 275 p.
- DE PALMA A., NGUYEN-LUONG D., MOTAMEDI K., PICARD N., MOYANO J., WADDELL P., CHAUCHARD-LEFÈVRE F., OUARAS H. (2005), *SIMAUURIF :Modèle dynamique de SIMulation de l'interAction Urbanisation-transports en Région Ile-de-France. Application à la Tangentielle nord*. Paris, IAURIF/Théma, Rapport pour le compte du PREDIT. 124 p.
- DOMENCICH T A., McFADDEN D. (1975), *Urban travel demand: a behavioural analysis*, North-Holland, Elsevier, Amsterdam.
- DUPONT G., HAGNERE C., TOUZE V. (2003), *Les modèles de micro-simulation dynamique dans l'analyse des réformes de systèmes de retraites : une tentative de bilan*, document de l'OFCE, N°2003.
- GEURS K. T., VAN ECK R. (2001), *Accessibility measures: review and applications. Evaluation of accessibility impacts of land-use transport scenarios, and related social and economic impacts*. Bilthoven (Pays-Bas), RIVM (National institute of public health and the environment) rapport n°408505006. 265 p.
- GIORGI L. (2003), « Mobilités durables ». *Revue internationale des sciences sociales*, n°176. Paris, 403 p.
- GITTON F. (2006), *Comportements de mobilité et simulation de déplacements sur l'agglomération lyonnaise*. Lyon, LET, rapport de stage ENSAE, 79 p.
- HANSEN W. G. (1959), "How accessibility shapes land-use", *Journal of the American Institute of Planners*, 25, pp. 73-76
- HARDI P., MUYATA P. (2000), *Examen des cadres choisis pour les indicateurs de développement durable*. Institut International du Développement Durable. Ottawa, 62 p.
- HOMOCIANU M. (2009), *Modélisation de l'interaction transport-urbanisme – choix résidentiels des ménages dans l'aire urbaine de Lyon*. Lyon, Université de Lyon, thèse pour le doctorat en sciences économiques.
- JOUMARD R., NICOLAS J.-P. (2007), « Méthodologie d'évaluation de projets de transport dans le cadre du développement durable » 12^e colloque international *Évaluation environnementale et transports : concepts, outils et méthodes*, Genève, 18-22 juin 2007.

- KRIVOBOKOV M., MARCHAL F., NICOLAS J.-P., ZUCCARELLO P. (2008), "The Lyon Experience with UrbanSim". *European URBANSIM User Group meeting*, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, 17-18 March 2008
- MASSON S. (2000), *Les interactions entre système de transport et système de localisation en milieu urbain et leur modélisation*. Lyon, Université Lyon 2, Thèse de Doctorat Sciences Economique, 570p
- NICOLAS J.-P. (dir), BONNEL P. (dir), ROUTHIER J.-L., CABRERA J., ZUCCARELLO P., GODINOT C., TOILIER F., HOMOCIANU M. (2009), *Simuler les Mobilités pour une Agglomération Durable*. LET, projet Simbad, rapport final, pour le compte de l'ADEME et de la DRAST.
- NICOLAS J.-P., DAVID D. (2009), "The mobility of the French and their CO2 emissions", *Atmospheric Environment* n°43, pp. 1015-1020.
- NICOLAS J.-P., HOMOCIANU, M., MARCHAL F., ROUTHIER J.-L. (2006), *L'architecture du modèle au sein du projet SIMBAD*. Lyon, LET, rapport de recherche ADEME - DRAST. 36 p
- NICOLAS J.-P., POCHEP P., POIMBOEUF H. (2003), « Towards sustainable mobility indicators: application to the Lyons conurbation », *Transport Policy*, n°10, pp. 197-208.
- ORTUZAR J. de D., WILLUMSEN L. G. (2001), *Modelling transport*. UK, 3^e edition, John Wiley & Sons.
- PEZZEY J., TOMAN M. (2002), *The Economics of Sustainability: A review of Journal Articles*. Washington, Resources for the future, 31 p. [www.rff.org]
- RAUX C., LICHERE V., MASSON S. (1998), *Modèle stratégique de déplacements de l'agglomération lyonnaise, tests de sensibilité, erreurs et incertitudes liées à la prévision*. Lyon, LET/SEMALY rapport de recherche Région Rhône Alpes, Lyon, 64p .
- ROUTHIER J.-L., SEGALOU E., DURAND S., ALLIGIER L., TOILIER F. (2001), *Mesurer l'impact du transport de marchandises en ville - le modèle de simulation FRETURB (version 1)*. Lyon, LET, rapport de recherche ADEME - DRAST, 103 p. + CD-Rom.
- THEYS J., 2000, « Développement durable, villes et territoires, Innover et décroiser pour anticiper les ruptures ». Paris, DRAST, *Note du CPVS* n°13. 135 p.
- TABOURIN E., ANDAN O., ROUTHIER J.-L. (1995), *Les formes de la croissance urbaine. Le modèle de René Bussière appliqué à l'agglomération lyonnaise*. Lyon, LET, Rapport de Recherche PIR VILLES, 311p.
- TOILIER F., ALLIGIER L., PATIER D., ROUTHIER J.L. (2005), *Vers un modèle global de simulation de la logistique urbaine :FRETURB, version 2*. Lyon, LET rapport de recherche DRAST, juillet 2005, 109 p.
- VERRY D., NICOLAS J.-P. (2005), *Indicateurs de mobilité durable : de l'état de l'art à la définition des indicateurs dans le projet Simbad*. Lyon, LET, rapport de recherche ADEME-DRAST, 96 p.
- VIVIEN F.-D., (2005), *Le développement soutenable*. Paris, La Découverte, coll. Repère. 128 p.
- WANNEL T., GRAVEL M. (2002), *Expérience en gestion et diversité dans une organisation qui vieillit : une analyse de micro-simulation*. Statistiques Canada, Document de recherche,
- WEGENER M., FÜRST F. (1999), *Land use transport interaction: state of the art*. TRANSLAND, IRPUD report, 119 p.
- ZUINDEAU B. (2006), "Spatial Approach to Sustainable Development: Challenges of Equity and Efficacy". *Regional Studies*, n° 40(5), pp. 459-470.

Productions du projet SIMBAD

Rapports de recherche

NICOLAS Jean-Pierre (dir), BONNEL Patrick (dir), ROUTHIER Jean-Louis, CABRERA Jorge, ZUCCARELLO Philippe, GODINOT Cécile, TOILIER Florence, HOMOCIANU Marius, *Simuler les MoBilités pour une Agglomération Durable*. LET, projet Simbad, rapport final, pour le compte de l'ADEME et de la DRAST, avril 2009.

BONNEL Patrick (dir), GODINOT Cécile, NICOLAS Jean-Pierre (dir), *Phase d'affectation : mise en forme du réseau de routier sur l'Aire Urbaine de Lyon*. LET, projet Simbad, rapport intermédiaire n°8, pour le compte de l'ADEME et de la DRAST. Décembre 2008. 173 p.

LE VAN Elsa, ROUTHIER Jean-Louis (dir), NICOLAS Jean-Pierre (dir), *Les surfaces d'activité économique au sein de l'Aire Urbaine de Lyon*. LET, projet Simbad, rapport intermédiaire n°7, pour le compte de l'ADEME et de la DRAST. Décembre 2008. 102 p.

NICOLAS Jean-Pierre (dir), BOUVARD Aline, MILLION François, HOMOCIANU Marius, TOILIER Florence, ZUCCARELLO Philippe, *La localisation des activités économiques au sein de l'Aire Urbaine de Lyon*. LET, projet Simbad, rapport intermédiaire n°6, pour le compte de l'ADEME et de la DRAST. Décembre 2008. 108 p.

NICOLAS Jean-Pierre, *Projet SIMBAD, Simuler les MoBilités pour une Agglomération Durable, Présentation de l'évolution générale du projet*. LET, projet Simbad, rapport intermédiaire n°5, pour le compte de l'ADEME et de la DRAST. Novembre 2007. 28 p.

NICOLAS Jean-Pierre, HOMOCIANU, Marius, MARCHAL Fabrice, ROUTHIER Jean-Louis, *L'architecture du modèle au sein du projet SIMBAD*. LET, projet Simbad, rapport intermédiaire n°4, pour le compte de l'ADEME et de la DRAST. Mars 2006. 36 p.

NICOLAS Jean-Pierre, MORICE Nicolas, *Scénarios prospectifs pour le projet SIMBAD*. LET, projet Simbad, rapport intermédiaire n°3, pour le compte de l'ADEME et de la DRAST. Février 2006. 92 p.

VERRY Damien, NICOLAS Jean-Pierre, *Indicateurs de mobilité durable : de l'état de l'art à la définition des indicateurs dans le projet Simbad*. LET, projet Simbad, rapport intermédiaire n°2, pour le compte de l'ADEME et de la DRAST, juillet 2005. 96 p.

NICOLAS Jean-Pierre, DEYMIER Ghislaine, *Modèles d'interaction entre transport et urbanisme : état de l'art et choix du modèle pour le projet Simbad*. LET, projet Simbad, rapport intermédiaire n°1, pour le compte de l'ADEME et de la DRAST, juillet 2005. 47 p.

Thèse

HOMOCIANU M. (2009), *Modélisation de l'interaction transport-urbanisme – choix résidentiels des ménages dans l'aire urbaine de Lyon*. Lyon, Université de Lyon, thèse pour le doctorat en sciences économiques.

Articles et Ouvrages

JOUMARD R., NICOLAS J.-P., à paraître, "Transport project assessment methodology within the framework of sustainable development", *Ecological Indicators*.

HOMOCIANU M., BONNEL P., NICOLAS J.-P., "Modeling household residential location choices in UrbanSim: applied to the Lyon urban area", article soumis à *Journal of Transport and Land Use*.

BONNEL P., NGUYEN D., *La modélisation des interactions entre transports et urbanisme*. Paris, La Documentation Française, Collection Prédit « Le point sur ». Ouvrage en cours de rédaction.

Colloques et séminaires

BOUVARD A, NICOLAS J.-P. (2009), « Les liens transports-urbanisme : le poids de l'accessibilité dans la localisation des activités économiques » 46^{ème} colloque de l'ASRDLF, Clermont-Ferrand, 6-8 juillet 2009.

NICOLAS J.-P. (2008), “Transport project evaluation methodology within the framework of sustainable development”, *COST 356 – EST meeting, Towards the definition of a measurable environmentally sustainable transport*, 30-31 octobre 2008.

KRIVOBOKOV M., MARCHAL F., NICOLAS J.-P., ZUCCARELLO P. (2008), “The Lyon Experience with UrbanSim”. *European URBANSIM User Group meeting*, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, 17-18 March 2008

JOUMARD R., NICOLAS J.-P. (2007), « Méthodologie d'évaluation de projets de transport dans le cadre du développement durable » 12^e colloque international *Évaluation environnementale et transports : concepts, outils et méthodes*, Genève, 18-22 juin 2007.