

Rapport du Laboratoire d'Économie des Transports  
Auteur : Jean-Pierre Nicolas

**Projet SIMBAD**  
**Simuler les MoBilités pour une Agglomération Durable**  
*Présentation de l'évolution générale du projet*

*novembre 2007*





# Sommaire

<b>1. Introduction</b>	<b>5</b>
<b>2. Le projet Simbad</b>	<b>7</b>
2.1. <i>L'architecture du modèle</i>	7
2.2. <i>Les scénarios testés</i>	8
2.3. <i>Les indicateurs proposés</i>	10
<b>3. Point d'avancement des travaux</b>	<b>13</b>
3.1. <i>URBANSIM comme modèle de localisation</i>	15
3.1.1. La localisation des établissements de préférence à la localisation des emplois	16
3.1.2. La localisation des ménages : une thèse en cours	17
3.2. <i>Une génération micro-aléatoire des déplacements</i>	19
3.3. <i>L'affectation des déplacements avec DAVISUM et la construction des réseaux</i>	21
3.3.1. L'affectation de la demande sur le réseau de transports collectifs	21
3.3.2. L'affectation des trafics routiers	23
<b>4. Conclusion</b>	<b>25</b>
<b>5. Bibliographie</b>	<b>27</b>



## 1. Introduction

---

Le thème du développement durable intervient aujourd'hui de manière récurrente dans les discours sur l'avenir des transports et son expression est explicite dans la législation nationale comme dans les réglementations locales régissant ce secteur d'activité. La volonté politique de promouvoir un développement des transports respectueux de l'environnement, sans pour autant négliger ses aspects économiques et sociaux, est donc désormais clairement affichée.

Toutefois, aucun outil permettant d'évaluer à cette aune les politiques menées ou envisagées n'est actuellement disponible, malgré les besoins croissants manifestés par les acteurs locaux (collectivités locales, départements, régions et services déconcentrés de l'Etat).

C'est pourquoi le développement d'un modèle prospectif, conçu à l'échelle du bassin de vie d'une agglomération (les enjeux de la croissance urbaine dépassent largement le cadre des centre-villes), et rendant compte des dimensions environnementales, économiques et sociales des trafics qui s'y réalisent, semble opportun.

L'objectif du projet SIMBAD (SIMuler les MoBilités pour une Agglomération Durable) est de fournir un outil capable de simuler différentes politiques de transport et d'urbanisme, afin d'anticiper leurs conséquences environnementales, économiques et sociales, de mieux prendre en compte les liens qui existent entre ces trois dimensions, et d'offrir *in fine* un éclairage pertinent sur les impacts de ces politiques, au niveau d'une aire urbaine et à un horizon de 20 ans.

Ce document de travail présente rapidement SIMBAD, son architecture et les scénarios qu'il projette de tester, avant de faire un point d'avancement sur les derniers chantiers terminés et en cours aujourd'hui.



## 2. Le projet Simbad

---

### 2.1.L'architecture du modèle

---

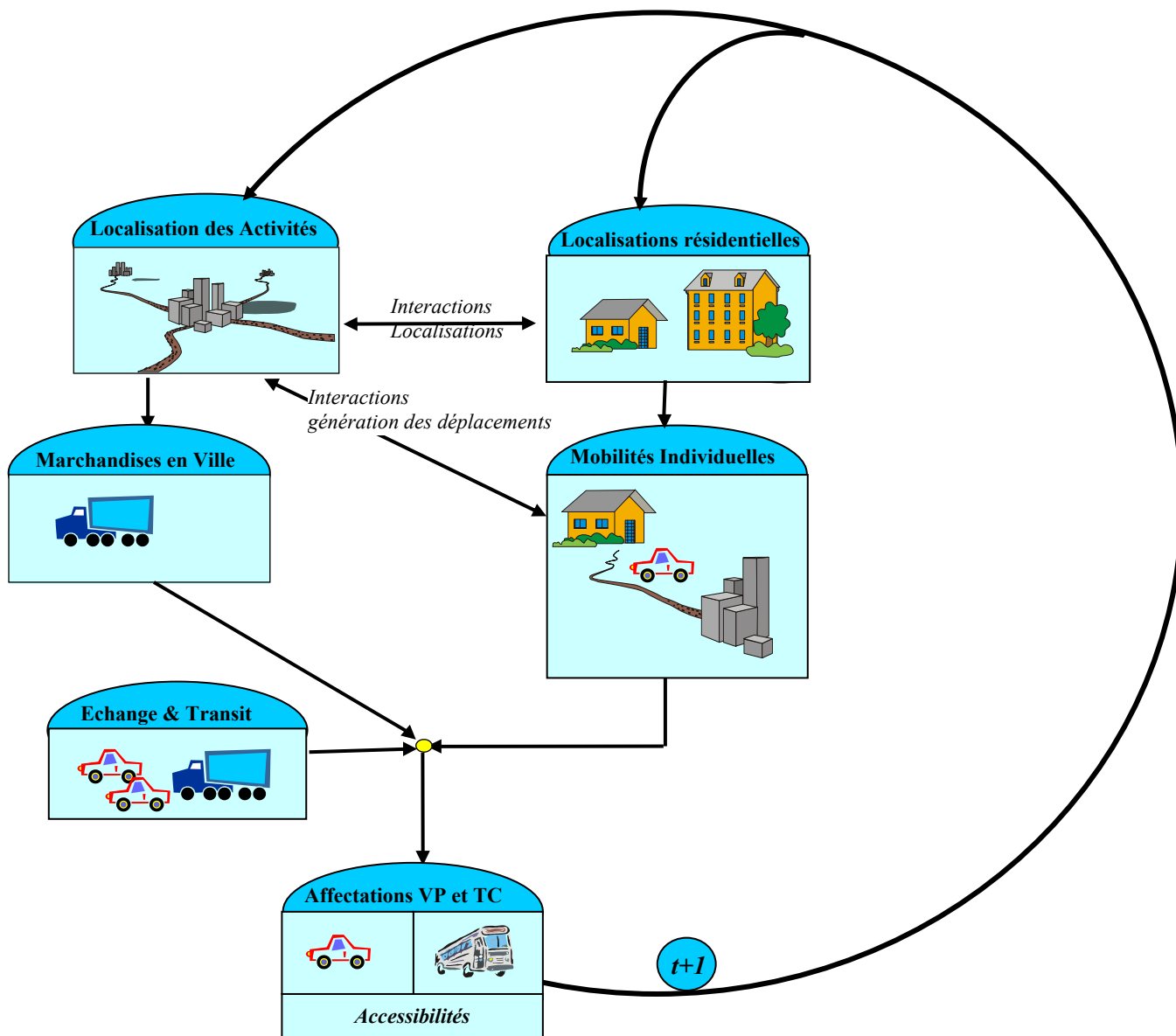
L'architecture finalement retenue pour SIMBAD repose sur six grands modules, qui s'agencent selon le schéma suivant :

- ✓ La localisation :
  - des activités économiques,
  - des résidences de ménages ;
- ✓ la génération et la répartition des trafics :
  - de marchandises,
  - de personnes,
  - les trafics d'échange et de transit ;
- ✓ l'affectation de l'ensemble sur les différents réseaux, de voirie et de transports collectifs.

L'agencement dynamique des calculs de ces différents modules peut se décrire comme ci-dessous :

1. A la période initiale, les localisations 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 : les déplacements domicile travail liés aux actifs et à l'emploi (*idem* pour les études des jeunes), les autres déplacements liés aux différents besoins des ménages et aux services proposés dans chaque zone. Suivant les motifs et l'accessibilité relative des modes, ces déplacements seront différemment répartis en termes d'horaires et de modes utilisés.
3. Par ailleurs, la localisation des activités va déterminer les flux de marchandises à l'intérieur de l'aire urbaine, là encore avec des types de véhicules et des répartitions horaires différentes selon les activités.
4. L'introduction des flux d'échanges et de transit, calculés sur la base simplifiée de l'évolution économique générale, permet de compléter le tableau des trafics réalisés sur l'aire d'étude,
5. L'ensemble de ces trafics de personnes et de marchandises se retrouve sur les différents réseaux, générant parfois, selon l'heure et le lieu, des points de congestion. Le calcul de l'affectation permet de déterminer des accessibilités moyennes par mode et par période (heures creuses, heures de pointe) entre les zones.
6. Ces accessibilités relatives joueront à long terme sur les localisations et affecteront le point de départ de la période suivante. Par ailleurs, un ajustement entre localisations résidentielles et localisations des activités doit être pris en compte, avec par exemple certaines activités de proximité qui suivent les mouvements résidentiels et d'autres qui peuvent attirer les populations (emplois, services) ou au contraire les repousser (atteintes au cadre de vie, nuisances).

**Graphique 1 : L'agencement des 6 modules du projet SIMBAD**



## 2.2. Les scénarios testés

La mise en œuvre du modèle permettra de tester différents scénarios pour lesquels on a distingué l'évolution du contexte général (croissance de la population, évolution économique, répartition des revenus, coûts des transports) et les politiques mises en œuvre, qui peuvent présenter un intérêt et avoir des impacts différents selon ce contexte. Le détail des scénarios a été présenté dans (Nicolas, Morice, 2006).

Dans une logique de prospective stratégique, on s'interrogera plus sur l'opportunité d'une politique donnée, appliquée dans un contexte où les hypothèses scénariales sont combinées de manière cohérente et les enjeux économiques, sociaux et environnementaux sont forts.



Dans le cadre d'une telle logique de « questions vives », quatre scénarios ont été retenus pour être testés :

### ***Le scénario de la « ville mobile »***

Dans un contexte économique dynamique, la population lyonnaise a continué à croître. La place de l'automobile est prédominante, omniprésente sur tout le territoire. La réponse aux problèmes environnementaux est résolument technologique. Les questions posées dans ce scénario sont de 3 ordres :

- ✓ Comment évoluent les émissions de polluants locaux et de gaz à effet de serre compte tenu de la vitesse de renouvellement du parc ?
- ✓ La croissance de la population joue sur la pression foncière et les dynamiques qui repoussent les plus modestes en périphérie apparaissent toujours actives. Ainsi, outre le risque d'un étalement urbain continué, quelles ségrégations spatiales SIMBAD permettra-t-il de mettre en évidence ?
- ✓ La mise en œuvre d'une politique axée sur la régulation des vitesses, le renforcement des transports collectifs et fixant des règles pour un développement urbain plus polarisé permet-elle de contrebalancer la croissance forte des trafics de ce scénario ?

### ***Le scénario d'une « ville figée dans une vieille Europe »***

Nous envisageons dans ce scénario que le manque de dynamisme de la population française (voire européenne), vieillissante, ne lui permet pas d'accrocher le train de la croissance économique. Les structures de la société restent figées et la crise énergétique renforce encore l'effet déflationniste.

Dans ce contexte déprimé, où d'un point de vue strictement transport, les facteurs de la croissance de la mobilité ne sont pas au rendez-vous :

- ✓ Comment le modèle fait-il évoluer la structure urbaine ?
- ✓ Comment les plus modestes se répartissent-ils dans l'aire urbaine et quelles sont leurs capacités financières de mobilité ?
- ✓ Quelle est la sensibilité des trafics à un tel contexte ? Voit-on malgré tout apparaître de nouveaux points de congestion ou l'offre routière est-elle amplement suffisante ?

### ***Le scénario où « la voiture assure la cohésion urbaine »***

Ce scénario explore l'hypothèse d'un accroissement des écarts sociaux, favorisant une relocalisation progressive des plus modestes en périphérie lointaine où les coûts du foncier sont moins élevés. Cette possibilité sera d'autant plus facilitée que les coûts de l'automobile seront faibles (coûts des carburants malgré tout contenus, développement du marché des véhicules à bas coûts), permettant aux résidents périurbains d'équilibrer leur budget logement + transport.

Cependant, un tel contexte rend toute une frange de la population dépendante de l'automobile, sans recours modal ni possibilité financière lui permettant de faire face à un changement brutal des prix du pétrole.

Si on laisse la tendance se poursuivre sur un long terme et que l'on n'envisage une flambée brusque des coûts d'usage de la voiture qu'à l'horizon du modèle :

- ✓ Quelle aura été l'ampleur de la migration résidentielle des plus modestes vers la périphérie ?
- ✓ Quel sera le poids du prix du carburant dans leur budget déplacements et que pèsera-t-il dans leur revenu global ?

- ✓ Compte tenu du contexte du scénario, qu'auraient pu donner des politiques préventives comme une baisse généralisée des vitesses sur l'aire urbaine ou une politique plus intégrée jouant sur des mesures d'urbanisme et de transports ?

### *Le scénario d'une « recherche de cohérence territoriale »*

Cette dernière prospective renverse la logique des exercices précédents. Plutôt que de partir d'un scénario d'évolution du contexte pour s'interroger sur ses conséquences en matière de mobilité et de réfléchir sur les politiques de transport et d'urbanisme qui permettraient d'en prévenir les effets les plus négatifs, elle veut explorer les conséquences de politiques territoriales divergentes à long terme, appliquées dans différents contextes.

- ✓ Comment une divergence entre une politique du Scot centrale qui voudrait limiter l'expansion des trafics et une politique périphérique basée sur l'automobilité peut-elle se traduire sur les trafics, sur la répartition de la population et des activités et, *in fine*, sur les pollutions et les coûts du système de transport ?
- ✓ Le poids du Scot lyonnais est-il suffisant pour structurer le développement spatial de ce bassin de vie ?

Nous analyserons de manière approfondie les différences enregistrées entre deux politiques d'investissement routier ralenti l'une appliquée sur tout le territoire et l'autre appliquée juste sur le Scot lyonnais. Le test pourra se faire dans des contextes différents comme les scénarios 1 et 2 pour mesurer la sensibilité des résultats face aux évolutions démographiques et économiques.

## **2.3. Les indicateurs proposés**

---

Comment s'expriment les résultats du modèle, permettant de rendre compte des différentes simulations et d'évaluer les scénarios ?

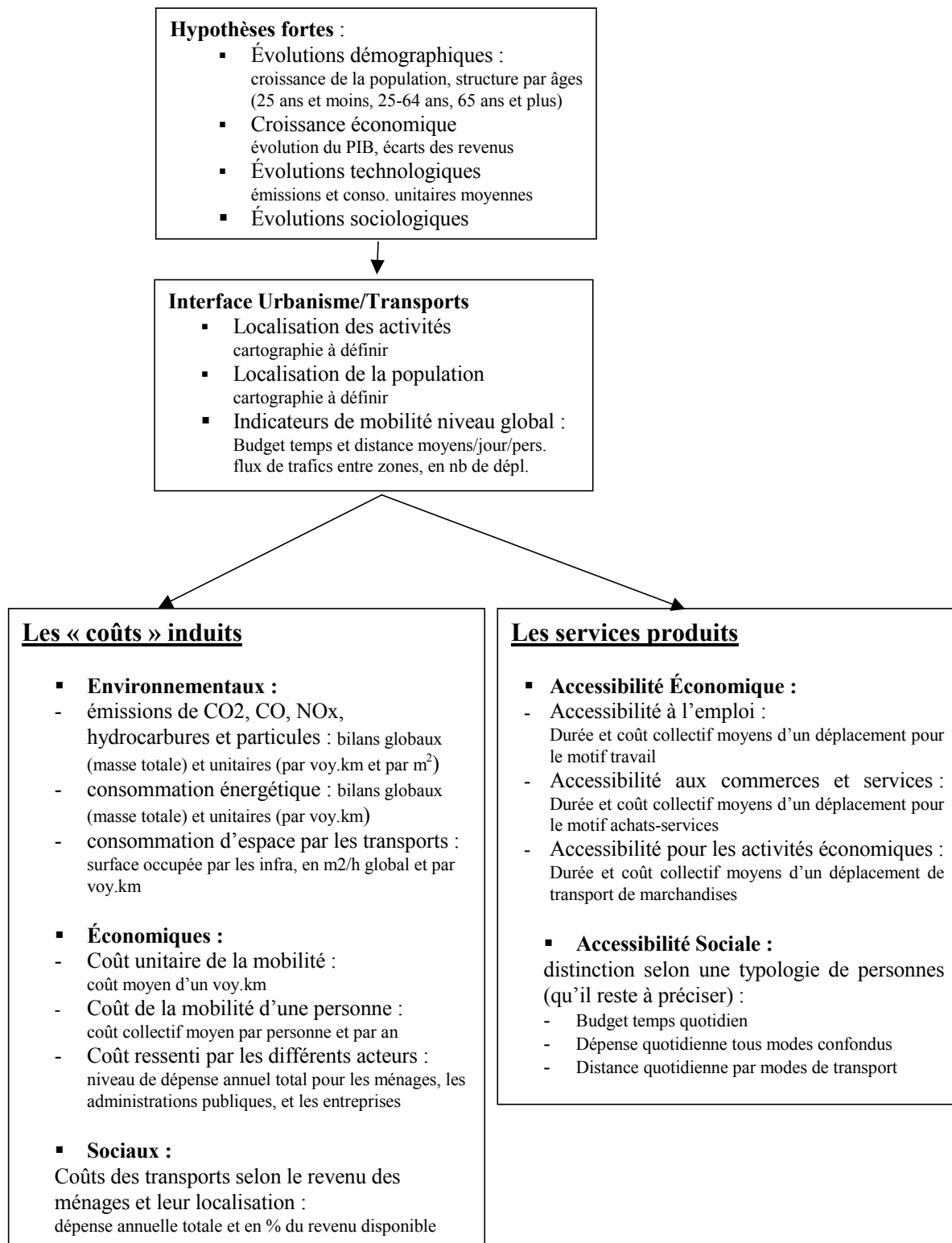
Un ensemble d'indicateurs a été défini (Verry, Nicolas, 2005), qui sera calculé dans SIMBAD. Leur liste est présentée dans le graphique ci-contre, introduite par les paragraphes ci-dessous.

Les indicateurs portent sur les services rendus et les coûts et nuisances des déplacements réalisés au sein de l'aire urbaine entre 1999, date de référence, et 2025, horizon de leur modélisation. Ces services et coûts se déclinent sur leurs trois dimensions, économique, environnementale et sociale.

Côté services rendus, l'accessibilité a été retenue comme notion centrale.

Nous proposons de rendre compte de l'accessibilité économique, autrement dit de l'efficacité d'ensemble du système des déplacements sur l'aire urbaine, en reprenant le modèle prix-temps traditionnel de l'économie des transports et en mesurant les budgets-temps et les budgets monétaires moyens pour accéder à deux types d'activité, l'emploi d'une part et aux commerces et services d'autre part. Combien de temps faut-il en moyenne sur l'aire urbaine pour atteindre son lieu de travail, et quel coût collectif implique-t-il ? Même question pour l'accès aux commerces et aux services.

Figure 1 Les indicateurs caractérisant les coûts et les services du système



La dimension sociale de l'accessibilité se mesurera selon la même logique prix-temps, mais en décomposant l'ensemble de la population en plusieurs catégories qui seront établies selon le statut, l'âge, le sexe, la localisation et le revenu des personnes. Cette typologie reste à préciser, en fonction notamment des possibilités et contraintes du modèle. Les travaux précédents sur les indicateurs de mobilité durable dans l'agglomération lyonnaise (Nicolas et alii, 2001) et la typologie alors mise en évidence servira de référence ici. Pour chaque groupe seront mesurés le budget-temps et le coût moyens d'un déplacement, tous motifs confondus.

D'un point de vue environnemental, les services rendus par le système de déplacements sont nuls, ce sont ses impacts négatifs qui doivent être représentés.

En matière de coûts induits, les indicateurs de mobilité durable déjà établis lors de nos travaux à partir de l'enquête-ménages de Lyon servent de base (Nicolas et *alii*, 2001). Ils se retrouvent dans le cadre général proposé ci-dessous.

En amont de ces indicateurs mettant en balance services rendus et coûts induits, quelques indicateurs synthétiques permettront de caractériser le contexte général dans lequel ils ont été calculés. Ceci concerne d'une part les hypothèses générales d'évolution de la société (évolutions démographique, économique, technologique, et des modes de vie) et d'autre part des grandes résultantes du modèle concernant l'interface entre transports et urbanisme (localisation des activités et de la population, indicateurs de mobilité globaux)

Enfin, l'échelle spatiale de ces résultats est importante. Des chiffres très synthétiques seront fournis, au niveau global de l'aire urbaine et selon un découpage en 3 zones concentriques (un centre comprenant Lyon et Villeurbanne, le Grand Lyon, et le reste de l'aire urbaine). Un niveau plus fin sera également proposé, défini en fonction des indicateurs et de l'analyse produite. Soulignons cependant que SIMBAD a une vocation de représentation macroéconomique des phénomènes et qu'il faudra éviter le piège d'une lecture spatialement trop détaillée des résultats, qui chercherait à retrouver les impacts d'une simulation sur une localisation précise

### 3. Point d'avancement des travaux

Outre les rapports d'étape sortis dans le cadre du projet, sur lesquels nous ne reviendrons pas, on trouvera ci-joint plusieurs documents développant certains modules sur lesquels nous avons travaillé durant les années 2006-2007 :

- ✓ un travail sur les **localisations des activités économiques** au sein de l'aire urbaine lyonnaise ;
- ✓ un rapport d'étape de la thèse en cours portant sur **la localisation des ménages** au sein de l'aire urbaine lyonnaise ;
- ✓ une proposition méthodologique concernant le module de **génération des déplacements** – proposition qui a été validée et qui sert de référence pour cette partie du modèle ;
- ✓ une étude concernant la phase **d'affectation du trafic routier** à l'aide du logiciel DAVISUM qui est retenu pour cette étape ;
- ✓ trois travaux qui se sont succédés concernant **l'affectation de la demande sur le réseau de transports collectifs**.

Sur la base de ces différents rapports, plusieurs conclusions ont été tirées, qui fournissent les lignes directrices des actions actuellement en cours. C'est ce que nous reprenons rapidement ici en présentant une synthèse de chaque rapport, en soulignant leurs principales conclusions et en indiquant l'état du travail en cours sur ce thème.

Les sept travaux qui font l'objet de cette synthèse sont dès lors les suivants :

- ✓ BERNE Emmanuel, 2006, *Mise en œuvre d'une simulation de trafic sur l'aire urbaine de Lyon*. Vaulx-en-Velin, ENTPE, Travail de Fin d'Etude d'élève ingénieur. 65 p.
- ✓ GITTON François, 2006, *comportements de mobilité et simulation de déplacements sur l'agglomération lyonnaise*. Lyon, LET, rapport de stage Ensaë 2<sup>ème</sup> année, 40 p. + Ann.
- ✓ GODINOT Cécile, 2007, *Mise en forme du réseau de transports collectifs sous DAVISUM dans le cadre du projet SIMBAD*. Vaulx-en-Velin, rapport LET. 21 p.
- ✓ GOSSMANN Isabelle, 2006, *Les facteurs de localisation des activités économiques sur l'aire urbaine de Lyon*. Vaulx-en-Velin, ENTPE, Travail de Fin d'Etude d'élève ingénieur. 128 p.
- ✓ HOMOCIANU Marius, 2007, *Un modèle de localisation résidentielle pour l'agglomération lyonnaise*. Lyon, document de travail Agence d'Urbanisme de Lyon-LET. 157 p.
- ✓ PITTION Julien, 2006, *Module d'affectation TC du projet SIMBAD*. Vaulx-en-Velin, ENTPE, Travail de Fin d'Etude d'élève ingénieur. 89 p.
- ✓ SKALLI Mounia, 2007, *Test d'un modèle d'affectation des transports collectifs*. Casablanca, Ecole Hassania des Travaux Publics, Projet de Fin de Formation d'élève ingénieur. 70 p.



### 3.1. URBANSIM comme modèle de localisation

---

Deux rapports concernant cette phase du projet SIMBAD sont fournis dans le dossier joint :

GOSSMANN Isabelle, 2006, *Les facteurs de localisation des activités économiques sur l'aire urbaine de Lyon*. Vaulx-en-Velin, ENTPE, Travail de Fin d'Etude d'élève ingénieur. 128 p.

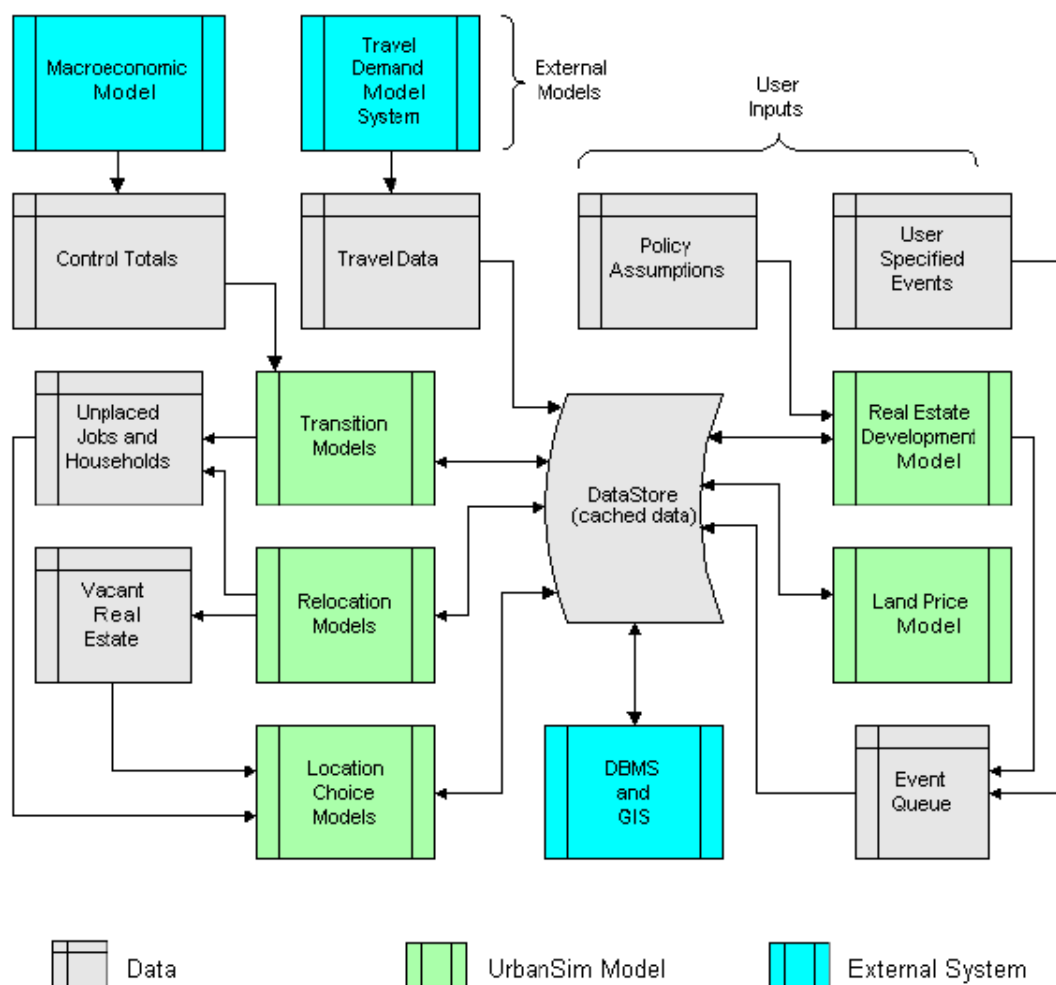
HOMOCIANU Marius, 2007, *Un modèle de localisation résidentielle pour l'agglomération lyonnaise*. Lyon, document de travail Agence d'Urbanisme de Lyon-LET. 157 p.

C'est le modèle URBANSIM qui a été retenu pour représenter les dynamiques de localisation sur l'Aire Urbaine de Lyon (cf. rapport n°1, Nicolas, Deymier, 2005). Que ce soit pour la localisation des ménages comme celle des activités économiques, URBANSIM procède selon une même logique en trois phases :

- ✓ Un **module de transition** permet de prendre en compte les évolutions annuelles. Il est nécessaire de lui fournir pour chaque année le nombre et la répartition des ménages (ou des emplois) selon les caractéristiques retenues. Le module supprime alors les ménages en trop dans la base établie pour l'année précédente et repère ceux qui sont en plus, auxquels il faudra attribuer une localisation géographique.  
La procédure est la même pour les activités économiques, repérées par les emplois.
- ✓ Un **module de relocalisation** permet de tirer au sort les ménages déménageant ou les emplois se relocalisant durant l'année. Ce tirage s'opère à partir de probabilités différenciées selon les caractéristiques socio-économiques du ménage ou du type d'emploi, calculées en amont par l'utilisateur d'URBANSIM.
- ✓ Enfin, un **module de localisation** va permettre d'attribuer une localisation géographique à tous les ménages et tous les emplois repérés au cours des deux phases précédentes.

Dans le cadre de SIMBAD, des travaux sont menés en parallèle pour faire fonctionner les deux facettes du modèle de localisation, avec la localisation des ménages d'un côté et celle des activités économiques de l'autre. Chacune d'elle fait l'objet d'une rapide présentation ici.

**Graphique 2 : la structure du modèle URBANSIM**



source : the URBANSIM project, 2006

### 3.1.1. La localisation des établissements de préférence à la localisation des emplois

URBANSIM modélise la localisation des activités économiques à travers les emplois qu'elles génèrent.

Dans le cadre de SIMBAD, nous nous sommes interrogés sur l'opportunité de travailler directement sur la localisation des établissements. En effet, outre un aspect plus satisfaisant en termes de cohérence de représentation (ce sont bien les établissements qui déménagent, et non pas simplement les emplois), deux principaux arguments poussaient dans cette direction :

- ✓ Le modèle FRETURB utilisé pour la génération des flux de marchandises en ville travaille à partir des établissements ;
- ✓ Les travaux du LET en matière d'économie spatiale sont centrés sur cette dimension (Mignot et alii, 1999 ; Million, 2004). Il y avait là une connaissance collective beaucoup plus mobilisable pour orienter notre travail et s'assurer de son bon déroulement.

Le travail exploratoire d'Isabelle Gossmann, ci-joint, nous a permis d'investir ce champ d'étude, indispensable pour SIMBAD, et de nous approprier les bases disponibles – notamment les fichiers SIRENE de l'INSEE.

Après avoir fait le point sur les principaux facteurs explicatifs de la localisation des entreprises, Isabelle Gossmann s'est notamment intéressée aux effets de concentration et de proximité entre



entreprises suivant leur secteur d'activité. Elle a ensuite plus spécifiquement approfondi son analyse sur le cas des services aux entreprises. Les résultats de son travail ont fini de nous convaincre de l'intérêt et de la possibilité de travailler au niveau des entreprises dans le cadre de SIMBAD.

Dès lors, nous avons vérifié qu'il était techniquement réalisable de remplacer les emplois par les établissements dans URBANSIM, ce qui s'avère possible à moindre coût en reprenant les modules propres à la localisation des ménages. Ce travail de réécriture partielle du modèle est actuellement en cours de réalisation par la société Informatique Innovation.

Nous travaillons aujourd'hui sur les bases INSEE pour :

- ✓ reconstituer une typologie des établissements tout à la fois performante en matière d'explication statistique des logiques de localisation/relocalisation et facilement reconstituable à partir des bases Insee existantes ;
- ✓ calculer les paramètres nécessaires au bon fonctionnement des trois modules d'URBANSIM précédemment décrits.

### **3.1.2. La localisation des ménages : une thèse en cours**

Cette thématique de la modélisation des facteurs de localisation résidentielle des ménages a été l'occasion de proposer une thèse qui est soutenue par l'Agence d'Urbanisme de Lyon dans le cadre d'une convention CIFRE. Cette recherche a démarré en avril 2005, et nous fournissons ci-joint un point d'étape du travail en cours.

Son objectif est de mieux comprendre les interactions entre structure urbaine, système de transport et choix résidentiels, en vue de les modéliser. Le travail explore les déterminants des choix résidentiels, en analysant les motivations et les facteurs qui influencent la mobilité résidentielle et les critères de choix des ménages en matière de logement. Une attention particulière est accordée à l'intégration de la dimension spatiale du phénomène, en utilisant des techniques de modélisation statistiques et économétriques et des informations de la base SIG de l'Agence d'Urbanisme. Concernant la localisation résidentielle, le rôle du modèle est d'expliquer et de prévoir les choix résidentiels des ménages sous certaines considérations en termes de variables explicatives. Ce type de modèle doit pouvoir expliquer les choix et les décisions en matière de localisation résidentielle et doit aussi pouvoir être utilisé pour prévoir ce qu'il peut se produire si des changements se produisent, notamment en matière de transport.

Une étude bibliographique approfondie des aspects théoriques liés aux choix résidentiels des ménages a permis de faire ressortir les grandes questions auxquelles devrait répondre notre démarche de modélisation. Elle a également permis d'identifier les groupes de facteurs déterminants de la mobilité et la localisation résidentielle (profil socio-démo-économique des ménages, accessibilités, utilisation du sol et marché foncier/immobilier), et les aspects techniques de la modélisation des choix résidentiels (le modèle logit multinomial).

Le prix du logement, comme mesure des valeurs immobilières, est une variable qui mérite d'être explorée, lorsqu'elle a un rôle que l'on suppose significatif dans les choix résidentiels des ménages. Dans la logique d'URBANSIM, cette variable est considérée comme dépendante dans le modèle de régression linéaire du prix du foncier, est elle est reprise comme variable explicative dans le modèle logit de choix de la localisation résidentielle.

Le calage du module de mobilité résidentielle d'URBANSIM suppose le calcul des taux annuels de déménagement par type de ménage. L'objectif est de prévoir si un ménage va changer ou pas de logement dans une période d'un an, en fonction de certaines caractéristiques qui ont une influence sur ce type de décision. L'âge de la personne de référence du ménage, le nombre d'enfants (ou le nombre de personnes) du ménage et le statut d'occupation du logement ont été retenues comme variables explicatives. Les taux de mobilité ont dès lors été calculés à partir des données empiriques de l'Enquête Logement 2002, en choisissant l'ancienneté d'occupation de la personne de référence du ménage comme variable à expliquer.

La modélisation de la localisation résidentielle est en cours de réalisation. Pour l'instant, on a étudié les croisements entre caractéristiques des zones (l'IRIS dans notre cas) et caractéristiques des ménages y résidant. On a déterminé et analysé une typologie d'IRIS en fonction des caractéristiques des ménages y résidant, une autre typologie d'IRIS selon leurs caractéristiques physiques (de localisation) et une typologie des IRIS en fonction de l'ensemble de leurs caractéristiques. On a aussi testé l'impact de plusieurs mesures d'accessibilités sur la localisation.

Pour la suite, il reste à sélectionner les variables pour le modèle logit de localisation des ménages et à estimer les paramètres du modèle, avant de passer à la phase d'analyse des résultats des simulations et des enseignements qui ressortent.

### 3.2. Une génération micro-aléatoire des déplacements

GITTON François, 2006, *comportements de mobilité et simulation de déplacements sur l'agglomération lyonnaise*. Lyon, LET, rapport de stage Ensaë 2<sup>ème</sup> année, 40 p. + Ann.

Une fois établie la localisation des ménages et des établissements économiques au sein de l'aire urbaine, une estimation des déplacements peut être générée.

- ✓ Les trafics de marchandises seront estimés à l'aide du modèle FRETURB qui fonctionne déjà sur Lyon. Sa procédure de calcul est actuellement en cours d'optimisation.
- ✓ Les flux d'échange et de transit seront estimés sur la base des deux dernières enquêtes cordon lyonnaises (1990 et 2005) et prolongés à partir des hypothèses d'évolution économique contenues dans chaque scénario prospectif.
- ✓ C'est sur la génération des déplacements de la population de l'aire urbaine que l'effort a principalement porté, et c'est donc ce point que nous développons ici, à partir notamment du travail réalisé par François Gitton.

Lors du rapport d'étape précédent (Nicolas et *alii*, 2006), nous affichions deux ambitions en matière de génération des déplacements individuels.

D'une part, il importait de mieux prendre en compte les caractéristiques socio-économiques des personnes, et notamment le statut et les activités sociales qui y sont rattachées. La prise en compte du lien fort entre revenu, taux de motorisation et mobilité, utilisée antérieurement dans les travaux du LET (par exemple Cabanne et *alii*, 2000) nous apparaissait en effet de plus en plus insuffisante (accès à la voiture en grande partie réalisé aujourd'hui, enjeux liés au vieillissement de la population non pris en compte dans cette approche).

D'autre part, plutôt que de raisonner simplement par déplacement, nous désirions travailler au niveau des boucles de déplacement (ensemble des déplacements réalisés entre le départ et le retour à domicile). Ceci permet de mieux prendre en compte les interactions spatiales et modales existant entre 2 déplacements successifs au sein d'une même boucle, et notamment de considérer le rôle structurant du lieu d'étude ou de travail par rapport aux motifs « secondaires ».

Dans ce cadre, François Gitton a réalisé un remarquable travail à l'occasion de son stage de 2<sup>ème</sup> année d'élève administrateur Insee. Il avait comme objectif d'étudier les boucles de déplacements des personnes en fonction de leurs caractéristiques socio-économiques avant de proposer une méthode de génération des déplacements futurs reposant sur les hypothèses d'évolution de la structure de la population.

Sur la base de l'enquête ménages lyonnaise de 1995, il a tout d'abord dégagé des profils de mobilité quotidienne à partir des nombres de déplacements et des motifs des déplacements inclus dans les boucles. Il a ensuite segmenté la population en fonction de ces profils de mobilité type, et vérifié la résistance explicative que cette segmentation offrait au fil du temps en la testant sur l'enquête précédente de 1985.

Les comportements moyens sont bien typés par sous-groupe. Mais il ressort également que même au sein d'un groupe bien identifié, les profils marginaux réalisés par 2% ou moins des personnes, peuvent représenter une part importante du total, allant par exemple jusqu'à un tiers pour les retraités. Cette grande variabilité des comportements a conduit François Gitton à proposer une méthode de génération micro aléatoire des déplacements. L'idée est d'affecter à un individu un comportement de mobilité probable, tiré au sort parmi les comportements de

mobilité des personnes de l'enquête ménages appartenant au même groupe que lui (*ie* ayant les mêmes caractéristiques socio-économiques). Ceci signifie que dans SIMBAD, les individus modélisés seront caractérisés de manière à pouvoir retrouver leur groupe d'appartenance ; pour chacun d'entre eux, on tirera ensuite au sort un individu correspondant à son groupe parmi l'échantillon de référence des 14 000 personnes de l'enquête ménages de 1995 et on lui affectera le même profil de mobilité. L'immense avantage de la méthode est que l'on dispose ainsi d'une segmentation de la population optimisée en fonction des profils de mobilité (nombre et motifs des boucles et des déplacements), tout en conservant toute la richesse des comportements observés dans l'enquête ménages.

Les différents tests réalisés montrent que la méthode fournit des résultats très stables et convergents avec la réalité observée au niveau de la mobilité globale. De même les déplacements contraints, très structurants, sont bien pris en compte. L'observation en dynamique, en reproduisant la simulation à partir des données de l'enquête précédente de 1985 fournit également des résultats intéressants, même si les écarts entre valeurs observées et valeurs estimées sont alors plus forts. Ces différences apparaissent liées à l'imprécision statistique de l'observation et de l'estimation, aux biais d'enquête et aux changements de comportements de mobilité au sein de chaque groupe, sans que l'on puisse faire la part de l'influence de chacun de ces 3 facteurs. Les deux premiers restent de toute manière irréductibles à tout travail quantitatif basé sur l'observation ; le troisième pourra être en partie contrôlé par des hypothèses d'évolution des comportements au sein de chaque groupe, à expliciter clairement dans l'énoncé des scénarios prospectifs (rapport n°3, Nicolas, Morice, 2006).

Il apparaît enfin que les possibilités d'extension géographique des résultats sont réduites. L'aire de l'enquête ménages de 1995 ne dépassant guère le périmètre du PTU, la prise en compte de l'aire urbaine au sein de SIMBAD passera nécessairement par l'application de la méthode à l'enquête de 2006 qui couvre un territoire beaucoup plus vaste et où le périurbain se trouve bien représenté. Ce travail sera réalisé cet été et en début d'automne.

Soulignons qu'après son stage, François Gitton a prolongé son premier travail en l'appliquant au cas de l'enquête ménages grenobloise et que les résultats qu'il obtient confirme ses premières conclusions.

### 3.3.L'affectation des déplacements avec DAVISUM et la construction des réseaux

---

Concernant la phase d'affectation des déplacements quatre documents sont fournis dans le dossier joint. Trois travaux se sont succédés et complétés pour le réseau de transports collectifs et un TFE s'est préoccupé des questions liées à l'affectation routière :

PITTION Julien, 2006, *Module d'affectation TC du projet SIMBAD*. Vaulx-en-Velin, ENTPE, Travail de Fin d'Etude d'élève ingénieur. 89 p.

SKALLI Mounia, 2007, *Test d'un modèle d'affectation des transports collectifs*. Casablanca, Ecole Hassania des Travaux Publics, Projet de Fin de Formation d'élève ingénieur. 70 p.

GODINOT Cécile, 2007, *Mise en forme du réseau de transports collectifs sous DAVISUM dans le cadre du projet SIMBAD*. Vaulx-en-Velin, rapport LET. 21 p.

BERNE Emmanuel, 2006, *Mise en œuvre d'une simulation de trafic sur l'aire urbaine de Lyon*. Vaulx-en-Velin, ENTPE, Travail de Fin d'Etude d'élève ingénieur. 65 p.

L'affectation du trafic constitue une étape importante de la procédure. Elle fournit une estimation de l'accessibilité des zones entre elles et ce sont ses résultats qui alimentent la composante « interactions urbanisme-transports » du modèle de localisation de l'habitat et des activités. De plus, en prenant en compte l'ensemble des déplacements des personnes résidant sur l'aire urbaine, les trafics de marchandises et les flux de transit et d'échange, elle permet de mieux saisir les effets liés à la congestion.

C'est le modèle DAVISUM, développé par la société PTV qui a été finalement retenu pour cette étape. Le recours au modèle METROPOLIS, permettant notamment de mieux prendre en compte les effets de la congestion sur l'étalement de l'heure de pointe, avait également été pressenti (rapport n°4, Nicolas et alii, 2006), avant d'être abandonné car la complexité de la procédure entraîne un temps de calcul trop important pour obtenir une information certes intéressante mais non indispensable par rapport aux objectifs de SIMBAD.

Une fois validé le choix du modèle d'affectation, le travail s'est tourné vers la constitution de réseaux de voirie et de transports collectifs, à la fois opérationnels sous DAVISUM et définis à un niveau pertinent pour répondre aux objectifs de notre projet.

#### 3.3.1. L'affectation de la demande sur le réseau de transports collectifs

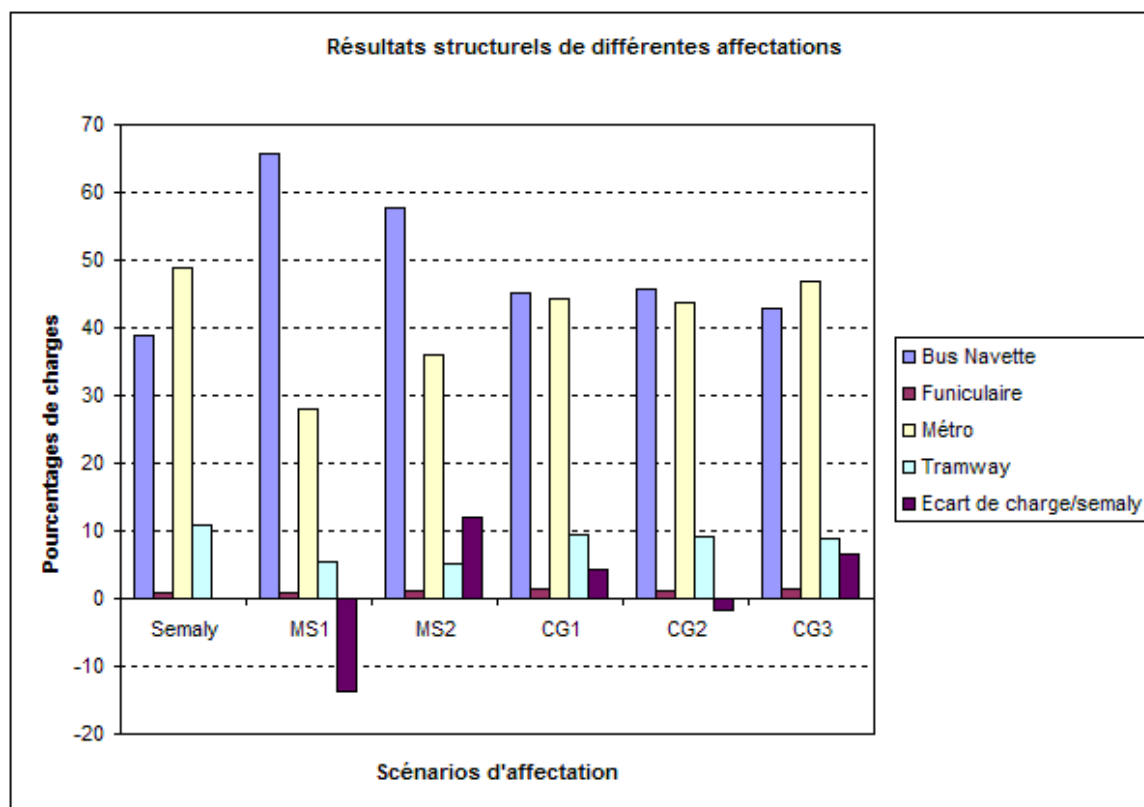
Pour l'ensemble de ces travaux, nous avons pu bénéficier de la collaboration de la SEMALY, qui a mis à notre disposition les résultats d'une affectation du modèle TERESE calibré sur le réseau TC lyonnais. Ces résultats ont dès lors été considérés comme la meilleure représentation disponible de la charge du réseau et ont servi de référence pour évaluer la justesse de nos propres calculs.

Julien Pittion a tout d'abord testé une procédure d'affectation au plus court chemin sur un premier réseau de transports collectifs lyonnais réalisé au sein du LET dans le cadre du projet Lyon 21. Cependant, l'algorithme de calcul s'est avéré peu satisfaisant. De plus, les résultats de

charge pour le métro et le tramway s'avéraient assez fortement sous-estimés et les temps de parcours calculés restaient nettement différents de ceux indiqués par TERESE.

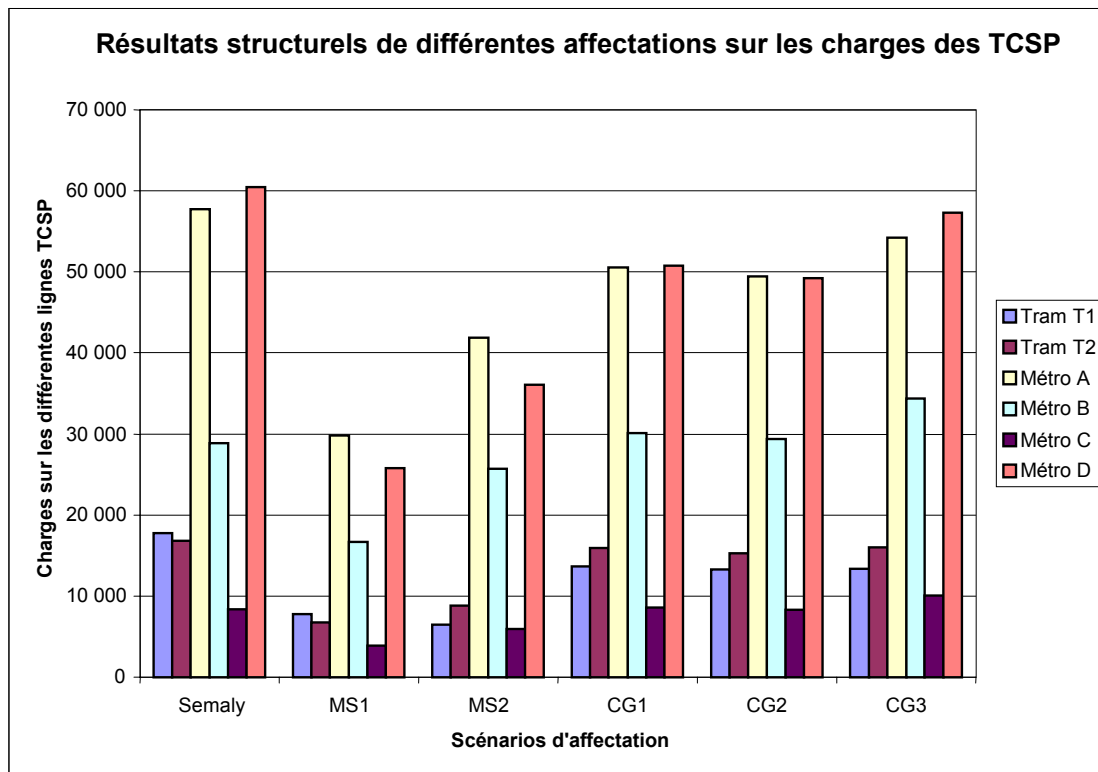
Face à ces limites, nous avons choisi de réaliser l'affectation avec le logiciel DAVISUM, qui dispose d'un algorithme robuste et suffisamment rapide, et dont les interfaces permettent de mieux développer et gérer le réseau. Dans ce nouveau cadre, Mounia Skalli a effectué un gros travail de reconstitution du réseau de transports collectifs, codifié sous ce logiciel. Elle a également conduit de premiers tests qui lui ont permis d'affiner sa description du réseau. Cécile Godinot, enfin, a pu poursuivre ce travail à partir des pistes d'amélioration proposées par Mounia Skalli, en replaçant mieux les connecteurs des centroïdes de zone et en redéfinissant les pénalités d'accès aux différents systèmes de transports collectifs (métro, tramway, bus) pour aboutir à des résultats estimés satisfaisants à ce niveau d'avancement du projet.

A partir du graphique ci-dessous, on constate ainsi que nos affectations convergent progressivement avec les résultats obtenus par la SEMALY avec TERESE (première série de résultats sur le graphique). La structure de la répartition des voyages entre systèmes de transport (Bus/Funiculaire/Métro/Tramway) apparaît ainsi satisfaisante dans la version "CG3" du réseau, même si elle augmente un peu trop fortement la charge du réseau.



De même, si l'on fait un zoom sur le réseau en site propre, c'est encore la version "CG3" qui se rapproche le plus des trafics modélisés sous TERESE.

La ligne de Métro B charge un peu trop, au contraire des charges des lignes A et D qui restent insuffisantes ; la ligne de tramway T1 est également insuffisamment chargée. Mais la convergence est nette et les pistes de progrès sont bien identifiées.



### 3.3.2. L'affectation des trafics routiers

Si des améliorations pourront encore être apportées à la définition du réseau de transports collectif, l'effort se tourne aujourd'hui vers le réseau routier, avec comme objectif de disposer d'une base correcte en septembre prochain.

Un premier travail a été réalisé par Emmanuel Berne pour son Travail de Fin d'Etudes d'ingénieur des TPE, avec un double objectif :

- ✓ S'interroger sur l'opportunité d'utiliser une base de navigation existante. L'intérêt d'une telle source est qu'elle évite d'avoir à ressaisir complètement le réseau routier d'une aire urbaine. La question soulevée était de savoir si la complexité d'un tel réseau ne risquait pas d'altérer les résultats et, surtout, d'augmenter trop fortement le temps de calcul pour les obtenir.
- ✓ Explorer les possibilités du modèle d'affectation METROPOLIS, qui permet de prendre en compte les problèmes de l'étalement de l'heure de pointe lorsque la congestion est trop importante.

Emmanuel Berne a bénéficié de la collaboration du CETE de Lyon, qui lui a laissé à disposition le réseau qu'il utilise pour ses propres travaux. Nous nous sommes procuré une licence des logiciels DAVISUM (utilisé par le CETE) et METROPOLIS, permettant ainsi de comparer les résultats standards du CETE de Lyon, pris comme référence (comme les résultats de TERESE de la SEMALY dans le cas des TC), avec ceux obtenus avec un réseau et un modèle d'affectation alternatifs.

Suite à ce travail exploratoire, plusieurs options ont finalement été retenues.

Le modèle METROPOLIS a été jugé trop coûteux en temps de calcul pour une procédure en 25 itérations comme prévue pour SIMBAD. Nous avons préféré perdre l'estimation concernant l'étalement de l'heure de pointe pour revenir au modèle DAVISUM plus classique.

La base Géoroute de l'IGN est apparue incomplète pour réaliser une affectation optimale :

- ✓ Le nombre de voies manquait sur certains tronçons, empêchant d'en évaluer la capacité. L'information a pu être complétée pour le périmètre du Grand Lyon, mais pas pour le reste de l'aire urbaine.
- ✓ Surtout, cette base ne fournit pas de description des mouvements tournants, empêchant ainsi de connaître les possibilités de tourner à droite ou à gauche à chaque carrefour.

Nous nous sommes dès lors procuré la base routière Navteq, déjà disponible en 1999 sur l'aire urbaine lyonnaise. Elle est aujourd'hui en cours de préparation pour pouvoir être utilisée sous DAVISUM. Les données de comptages fournis par le Grand Lyon pour l'agglomération, la DRE Rhône-Alpes pour le périurbain et la DDE du Rhône concernant l'enquête cordon, permettront de calibrer au mieux ce module d'affectation routière.



## **4. Conclusion**

---

D'autres travaux en cours complètent les rapports présentés dans cette synthèse, dont les résultats seront disponibles à la fin de l'année.

Il s'agit notamment de l'exploitation de l'enquête ménages 1995 pour caler les étapes de distribution des déplacements et de choix modal est en cours pour compléter le modèle de transport.

De même, l'enquête ménages 2006 est maintenant disponible. Cette base est aujourd'hui en phase d'apurement et de mise en forme. Elle permettra de prolonger et d'élargir à l'aire urbaine le travail déjà réalisé sur la génération des déplacements individuels. Nous pourrons également prendre en compte les évolutions générales observées dans le modèle de transport.

Enfin, un travail est en cours sur les indicateurs d'accessibilité utilisés dans URBANSIM pour tester la sensibilité du modèle à cette variable et éventuellement proposer des indicateurs alternatifs bien adaptés au contexte des agglomérations françaises.

En termes d'échéancier, l'objectif du projet est de disposer d'un prototype SIMBAD au printemps prochain, au sein duquel tous les modules seront intégrés, les sorties des uns servant d'entrées aux autres. Il sera ensuite possible d'améliorer les modules encore insatisfaisants et d'optimiser les temps de calcul si besoin est (meilleure gestion des bases de données utilisées, modélisation par pas de 5 ans au lieu de 1 par exemple).

Dans le même temps, les scénarios prospectifs déjà élaborés seront déclinés concrètement dans les bases de données servant d'entrées du modèle. Le travail de simulation, d'analyse et de mise en forme des résultats conduira au rapport final, disponible en automne prochain.



---

## 5. Bibliographie

---

- BERNE Emmanuel, 2006, *Mise en œuvre d'une simulation de trafic sur l'aire urbaine de Lyon*. Vaulx-en-Velin, ENTPE, Travail de Fin d'Etude d'élève ingénieur. 65 p.
- BONNEL P., CAUBEL D., MIGNOT D., 2002, *Etude de faisabilité d'un système de transport radicalement différent pour la zone dense lyonnaise*. Lyon, LET, rapport pour le compte de l'ADEME. 130p.
- 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 pour le compte de l'ADEME. 171 p.
- GITTON François, 2006, *comportements de mobilité et simulation de déplacements sur l'agglomération lyonnaise*. Lyon, LET, rapport de stage Ensae 2<sup>ème</sup> année, 40 p. + Ann.
- GODINOT Cécile, 2007, *Mise en forme du réseau de transports collectifs sous DAVISUM dans le cadre du projet SIMBAD*. Vaulx-en-Velin, rapport LET. 21 p.
- GOSSMANN Isabelle, 2006, *Les facteurs de localisation des activités économiques sur l'aire urbaine de Lyon*. Vaulx-en-Velin, ENTPE, Travail de Fin d'Etude d'élève ingénieur. 128 p.
- HOMOCIANU Marius, 2007, *Un modèle de localisation résidentielle pour l'agglomération lyonnaise*. Lyon, document de travail Agence d'Urbanisme de Lyon-LET. 157 p.
- MIGNOT D., AGUILERA A., BLOY D., BUISSON M.A., CUSSET J.M., 1999, *Localisation des activités et mobilités*. Lyon, LET, rapport pour le compte de la DRAST. 330 p.
- MILLION F., 2004, « L'impact des zones d'activités sur la localisation des entreprises en milieu urbain : le cas de la périphérie lyonnaise ». XI<sup>ème</sup> colloque de l'ASRDLF, *Convergence et disparités régionales au sein de l'espace européen*, Bruxelles, 1-3 septembre. 19 p.
- NICOLAS Jean-Pierre, DEYMIER Ghislaine, 2005, *Modèles d'interaction entre transport et urbanisme : état de l'art et choix du modèle pour le projet Simbad*. Lyon, LET, projet Simbad, rapport pour le compte de l'ADEME et de la DRAST. 47 p.
- NICOLAS Jean-Pierre, HOMOCIANU, Marius, MARCHAL Fabrice, ROUTHIER Jean-Louis, 2006, *L'architecture du modèle au sein du projet SIMBAD*. Lyon, LET, projet Simbad, rapport pour le compte de l'ADEME et de la DRAST. 36 p.
- NICOLAS Jean-Pierre, MORICE Nicolas, 2006, *Scénarios prospectifs pour le projet SIMBAD*. Lyon, LET, projet Simbad, rapport pour le compte de l'ADEME et de la DRAST. 92 p.
- PITTION Julien, 2006, *Module d'affectation TC du projet SIMBAD*. Vaulx-en-Velin, ENTPE, Travail de Fin d'Etude d'élève ingénieur. 89 p.
- SKALLI Mounia, 2007, *Test d'un modèle d'affectation des transports collectifs*. Casablanca, Ecole Hassania des Travaux Publics, Projet de Fin de Formation d'élève ingénieur. 70 p.
- The URBANSIM Project, 2006, *Opus : The Open Platform for Urban Simulation and URBANSIM Version 4 – Reference Manual and Users Guide*. University of Washington, Center for Urban Simulation and Policy Analysis. 187 p.

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