

Distances de déplacement et performance prospective du modèle de distribution gravitaire

Jorge CABRERA DELGADO

`jorge.cabrera@entpe.fr`

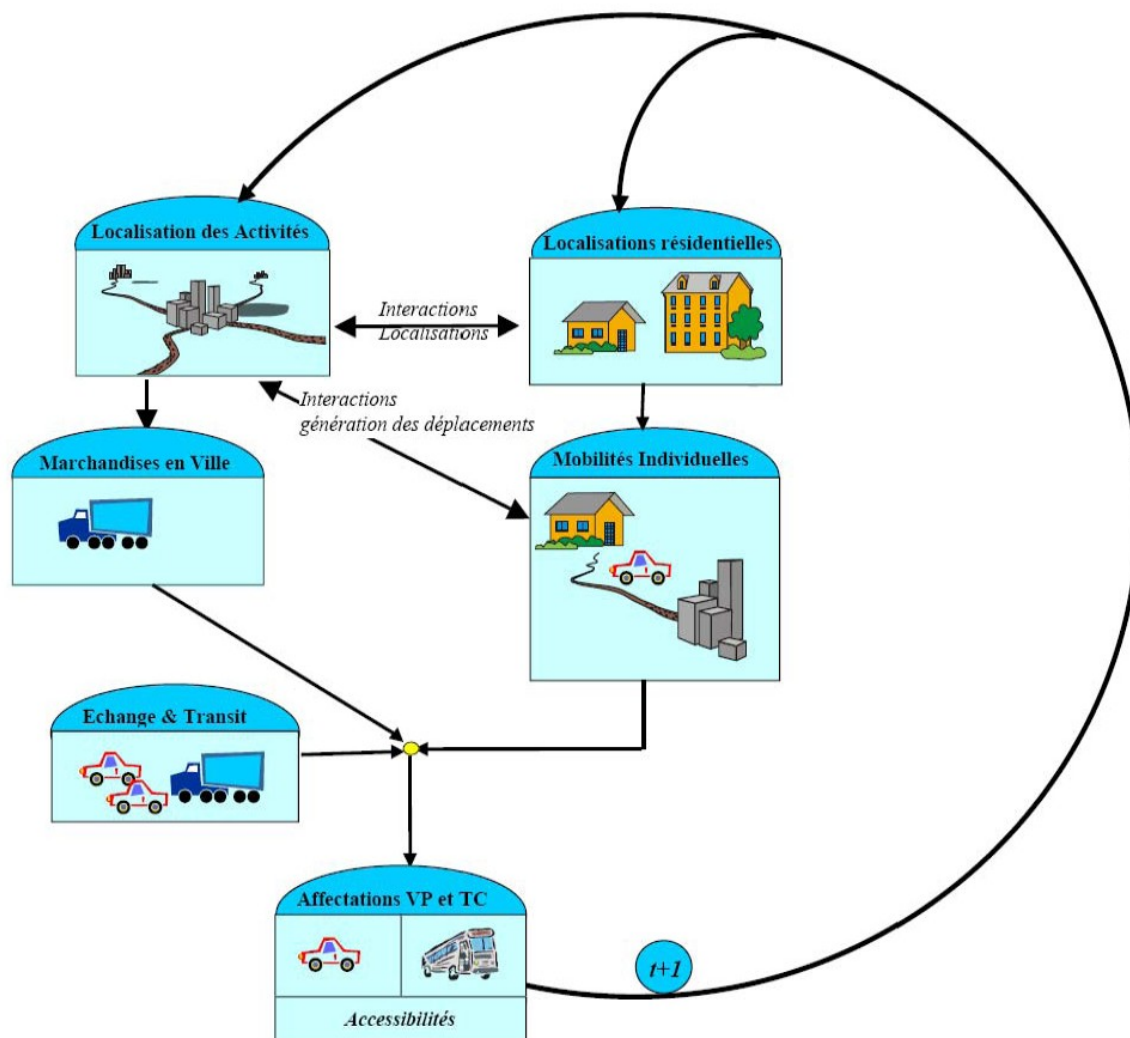
Sous la direction de Patrick BONNEL

Laboratoire d'Économie des Transports

Séminaire SIMBAD – Lyon, 1er avril 2011

Contexte – Le projet SIMBAD

Architecture du Projet SIMBAD (Source : Nicolas, 2007)



Contexte – Modélisation et dynamique urbaine

Horizon de modélisation moyen-long terme



Modèle dynamique (données en séries temporelles) souhaitable



Mais données rares



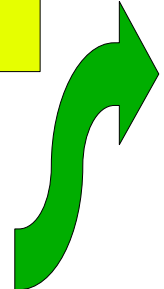
Données en coupe instantanée : quelques enquêtes



Réseaux codifiés une fois (année de référence)



Utilisation de modèles statiques (quatre étapes)



HYPOTHÈSE DE STABILITE DES PARAMÈTRES



Problématique – Distribution et distances

- Études de la mobilité urbaine mettent en évidence un allongement des distances de déplacement

Distances moyennes
Motif TRAVAIL
(vol d'oiseau en km)

Date EMD	1985	1995	2006
Périm 1985	4.2	4.7	4.9
Périm évolutif	4.2	4.9	6.9

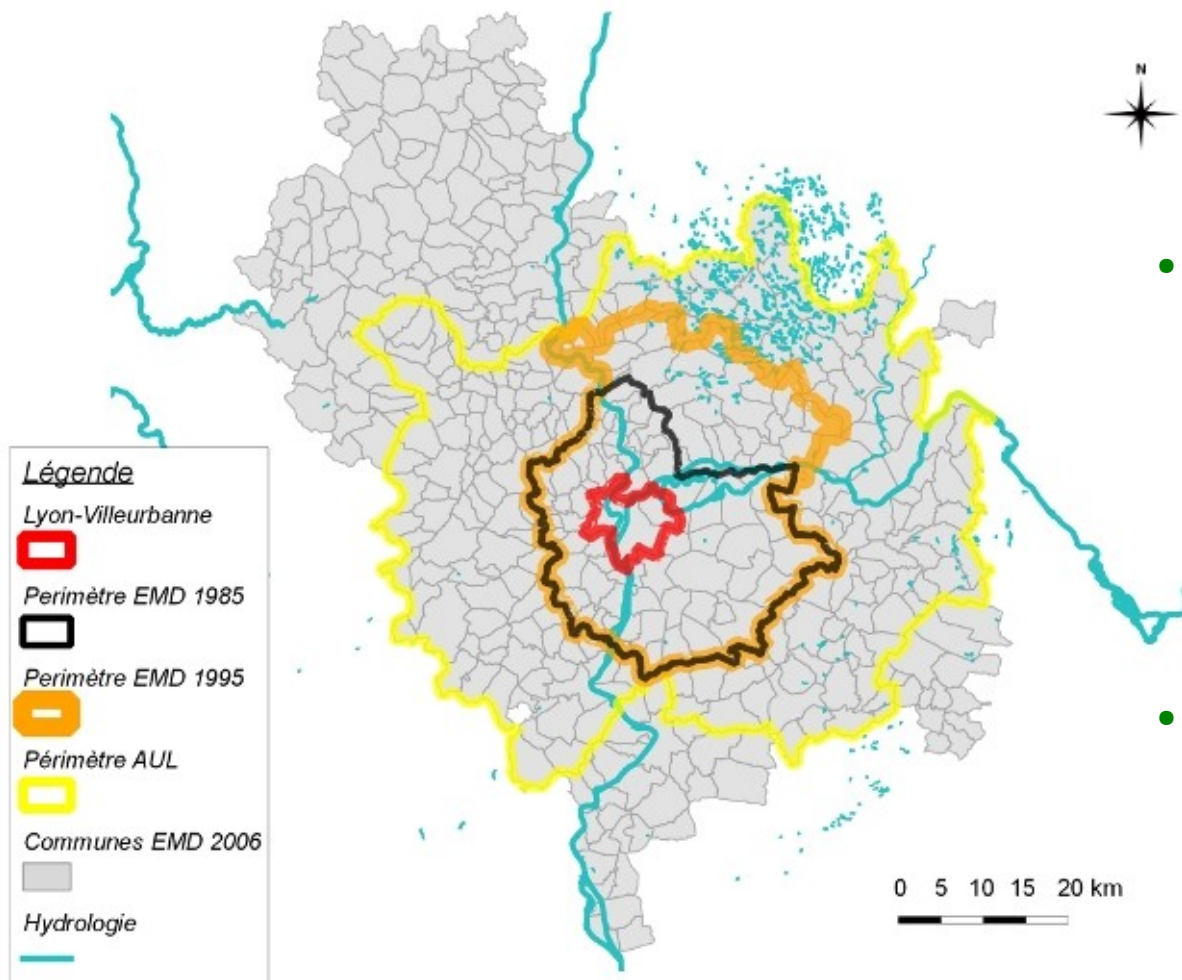
Source : Enquêtes ménages déplacements 1985, 1995 et 2006 Lyon

- Est-ce que le modèle gravitaire permet d'en rendre compte (de les prévoir) ?

Littérature – Modèle gravitaire et prévision

- Littérature abondante sur les aspects théoriques et méthodologiques du modèle gravitaire
- Quelques contributions empiriques importantes :
 - Openshaw (1976) et Southworth (1979) : Modèle gravitaire a des propriétés descriptives qui s'améliorent avec la désagrégation
 - Openshaw (1979) : Les modèles plus désagrégés sont meilleurs en description et moins bons en prévision que les modèles plus agrégés (Durnham, 1960-1970)
 - Southworth (1983) : les paramètres du modèle sont très sensibles aux variations des mesures de séparation (Londres, 1962-1971)
 - Mozolin *et al.*(2000) Modèle gravitaire reste meilleur en prospective que les nouvelles approches de type réseaux de neurones

Méthodologie



- Établir des mesures de temps généralisés comparables dans le temps (codifier l'historique des réseaux)
- Calibrer des modèles gravitaires, à partir des trois EMD disponibles sur Lyon (1985, 1995 et 2006) et des données sur les réseaux correspondants
- Tester, en rétrospective, la capacité du modèle à prévoir les distances de déplacement (horizon temporel et périmètre évolutif)

Codifier les réseaux de référence

- Établir des réseaux de référence (VP et TC) :
 - Périmètre : Aire urbaine lyonnaise 1999 (AUL)
 - Zonage très détaillé (777 IRIS)
- Principe : assurer la **REPRODUCTIBILITÉ** dans le temps
 - Utilisation de bases de données existantes et accessibles (Ex. Navteq pour VP)
 - Définition d'une classification des objets du réseau (liens, nœuds...) avec des valeurs des attributs dépendant de la typologie
 - TC : Digitalisation de tous les arrêts (5000 nœuds) et codification des lignes (>450) à partir de plans et fiches horaires

Remonter dans le temps

- Identifier les changements dans le réseau structurant
- Reporter les changements sur le réseau de référence
- Les valeurs des attributs pour chaque classe définie (pour tous les objets-réseau) sont supposées constantes afin de garantir une **CONSISTANCE** des temps sur l'ensemble de la période étudiée

Un modèle de distribution gravitaire à la Tanner

- Modélisation faite en termes de sorties du domicile et pas en termes de déplacements.
- Modèle doublement contraint au niveau des « marges »
- Avec une fonction de résistance de type « exponentielle-puissance » (2 coefficients) :

$$f(c_{ij}) = c_{ij}^{\alpha} \exp(\beta c_{ij})$$

où α et β sont les paramètres à estimer et c_{ij} est le temps généralisé VP

- Calibration par maximum de vraisemblance

Évolution des variables en entrée du modèle (contrôle)

- Approche en termes de sorties permet de symétriser la matrice O-D.
- Légère baisse du temps généralisé moyen liée à l'accroissement relatif des déplacements périphériques

Temps généralisés
VP moyens (motif
TRAVAIL, en min)

Date EMD	1985	1995	2006
Périm 1985	17.1	17.3	16.8
Périm 1995	NA	17.6	17.3

Résultats des calages : motif TRAVAIL

EMD/Périmètre (nb. zones)	α	β	\bar{c}_{ij}	RMSE
1985/1985 (79)	-1,93	-0,018	17,1	15,2
1995/1985 (79)	-1,87	-0,015	17,3	15,5
1995/1995 (107)	-1,79	-0,020	17,6	15,4
2006/1985 (79)	-1,57	-0,032	16,8	18,0
2006/1995 (107)	-1,48	-0,038	17,3	17,6
2006/AUL (302)	-1,47	-0,042	18,5	16,6

$$RMSE = \frac{\sqrt{\sum_{ij} (T_{ij} - N_{ij})^2}}{\sum_{ij} T_{ij}}$$

Qualité équivalente à celle des meilleurs calages de Southworth (1983)

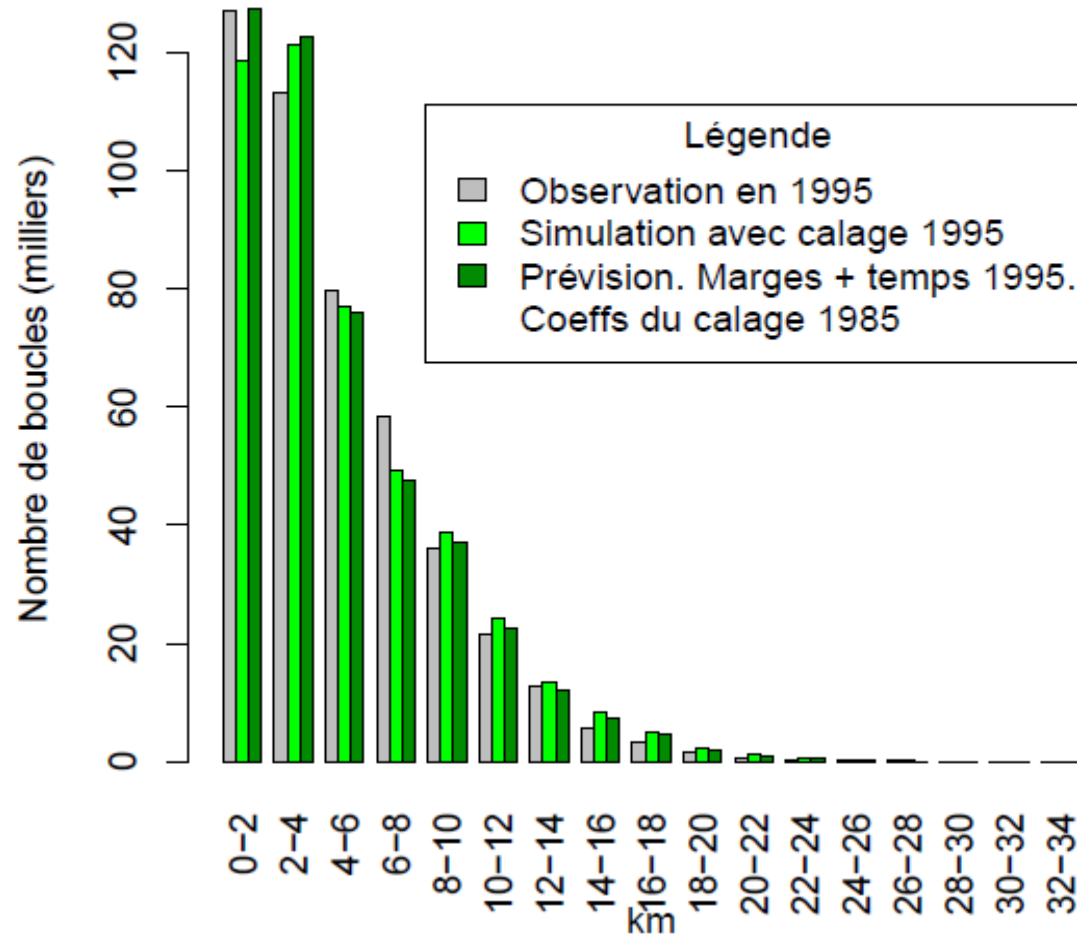
Distances relativement bien reproduites à dix ans...

- On observe que, lors de la prévision, on reproduit assez bien les distances moyennes

Distances moyennes (motif TRAVAIL, en km)	Matrice	Observée EMD 1995	Modélisée avec coeff du calage 1995	Prédite avec marges 1995 + coeff calage 1985
		Périm 1985	4.7	4.9
	Périm 1995	4.9	5.1	4.9

- Matrice prédite (périm 1985) RMSE : 16.0
- Matrice prédite (périm 1995) RMSE : 16.0

Distances relativement bien reproduites à dix ans...



- La répartition des boucles par tranche de distance ne montre pas d'écart majeur => les distances sont bien reproduites

← Motif TRAVAIL
Périmètre 1985

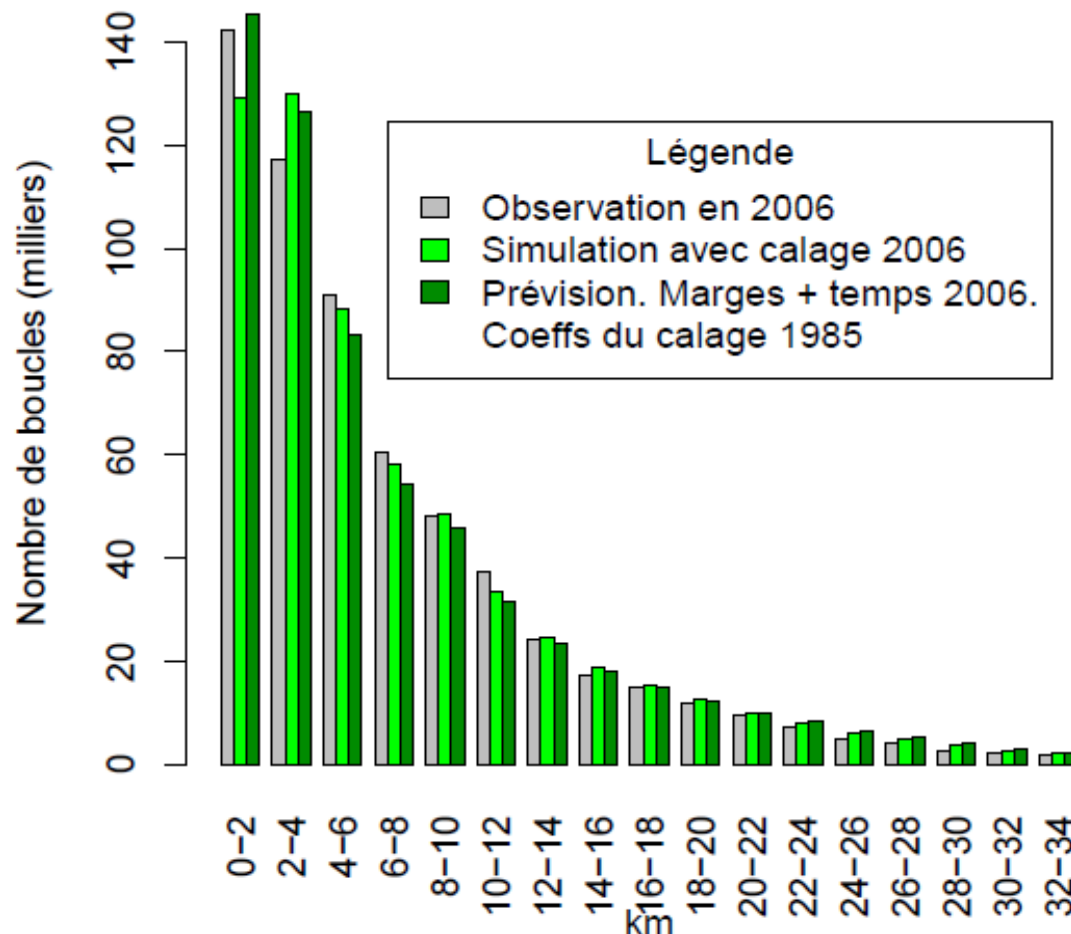
...Comme les distances prédites à vingt ans

- Lors de la prévision, les distances moyennes sont encore bien reproduites

Distances moyennes (motif TRAVAIL, en km)	Matrice	Observée EMD 2006	Modélisée avec coeff du calage 2006	Prédite avec marges 2006 + coeff calage 1985
		Périm 1985	4.9	4.9
	Périm AUL	6.9	7.1	7.1

- Matrice prédite (périm. 1985) RMSE : 18.8
- Matrice prédite (périm. AUL) RMSE : 17.3

...Comme les distances prédites à vingt ans



- La répartition des boucles par tranche de distance ne montre pas d'écart majeur malgré le périmètre de prévision élargi

← Motif TRAVAIL
Périmètre AUL

Synthèse

- La variation des paramètres de calage dans le temps a un impact faible sur les distances de déplacement obtenues à partir des matrices O-D issues de la modélisation :
 - Résultats d'Openshaw confirmés : On peut utiliser les paramètres du modèle calibré en 1985 pour prédire les distances de déplacement en 1995
 - Et élargis : on peut utiliser les paramètres pour prévoir les distances de déplacement à 20 ans, même si l'exercice se déroule sur un périmètre élargi

Modélisation à long terme (25 ans)

- Facteurs explicatifs de l'accroissement des distances = **VARIABLES EN ENTRÉE** du modèle de distribution
=>L'hypothèse de stabilité des paramètres semble suffisamment robuste pour être appliquée sur des horizons de prévision de moyen-long terme
- À condition de bien estimer les variables en entrée (procédure de génération et choix de localisation, en amont)

Perspectives – Module de distribution

- Étudier l'évolution des résultats de calage en fonction du temps composite VP-TC
- Améliorer le calage des réseaux pour 1985 et 2006

Perspectives – Autres modules

- Génération : procédure de segmentation automatisée (algorithme de type CART) + Microsimulation à partir des données de recensement.
 - Catégories définies changent
 - Simplification des profils de mobilité à expliquer ?
 - Problème de redressement des EMD?
- Répartition modale : modèle de choix discret
 - Modèle de choix modal transposable dans le temps ?
- Faire l'enchaînement Génération – Distribution puis quatre étapes

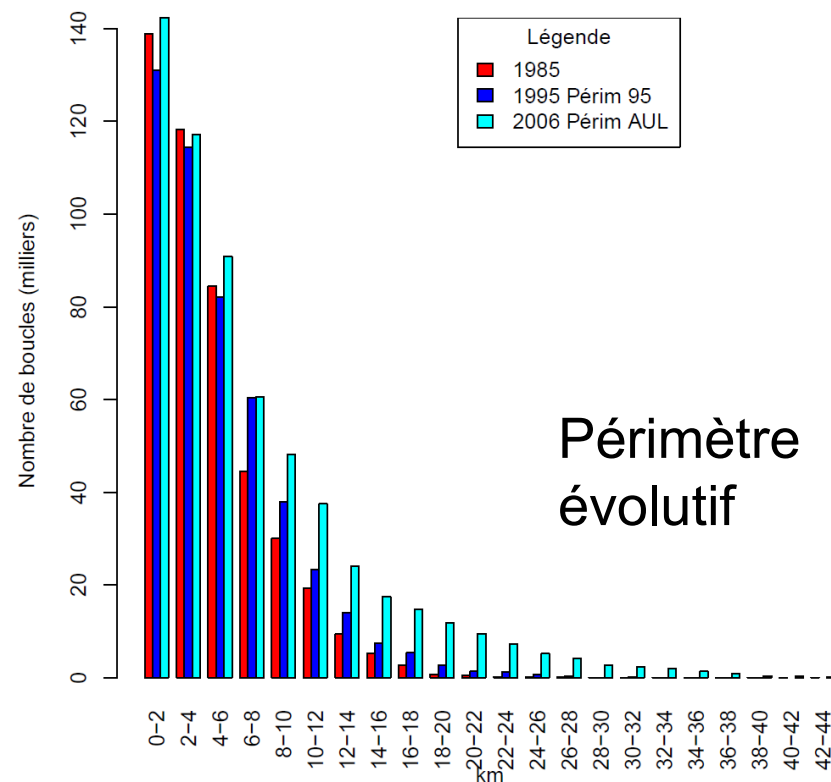
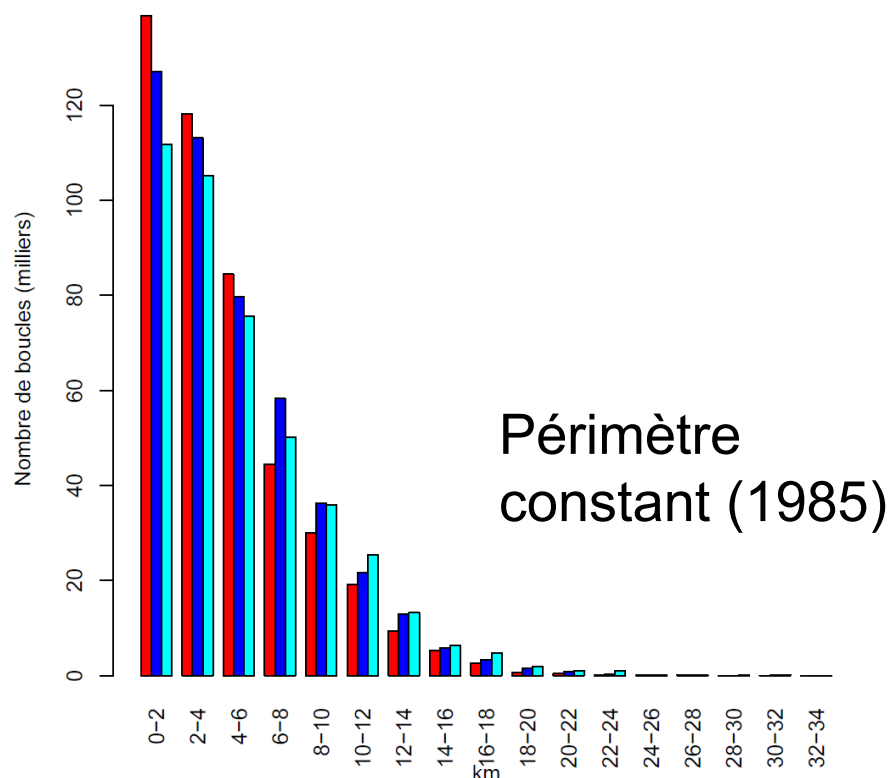
Merci de votre attention !

`jorge.cabrera@entpe.fr`

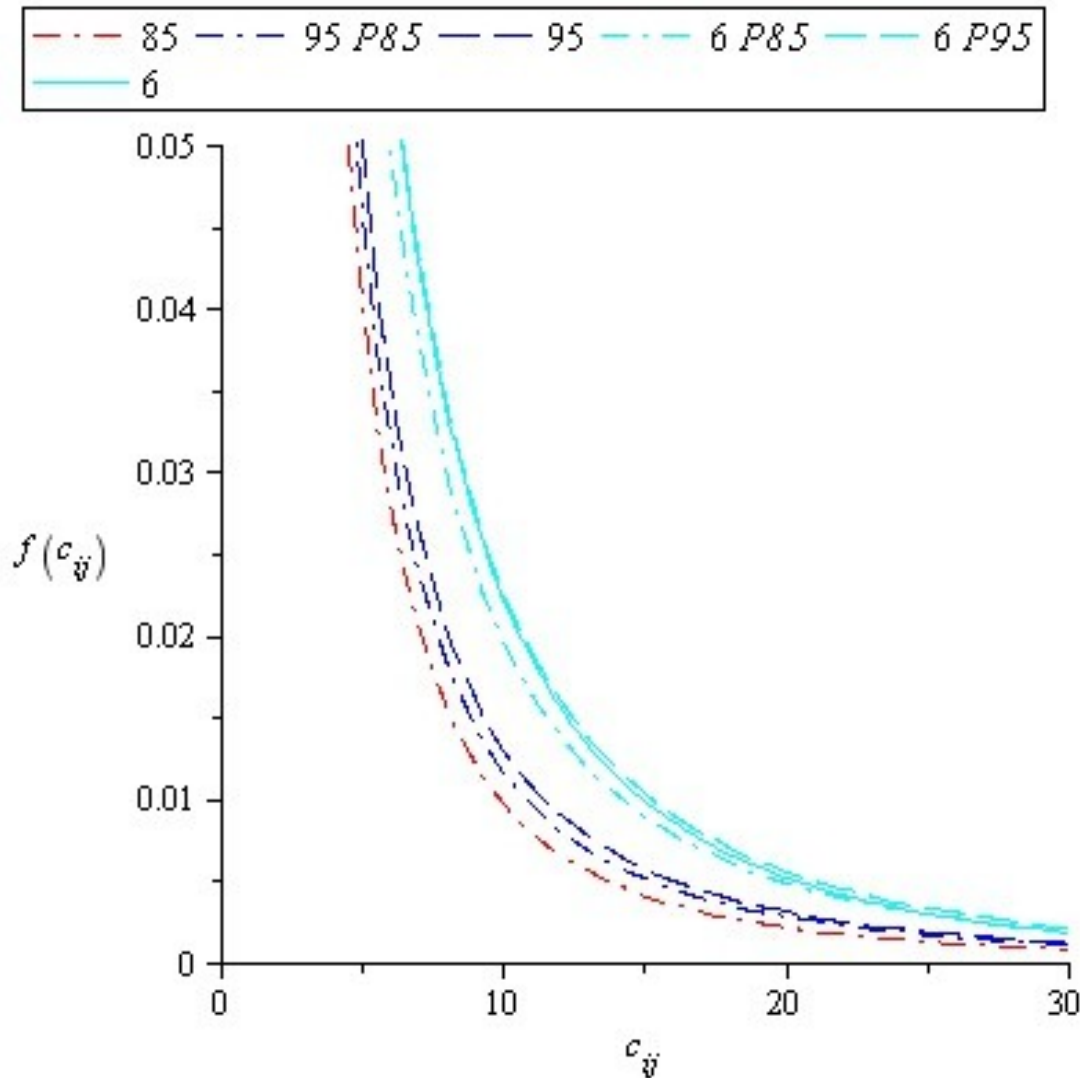
Évaluer l'augmentation des distances parcourues

Distances moyennes
Motif TRAVAIL
(vol d'oiseau en km)

Date EMD	1985	1995	2006
Périm 1985	4.2	4.7	4.9
Périm évolutif	4.2	4.9	6.9



Résultats des calages sur les 3 dates



- Une évolution limitée des fonctions de résistance
- Les paramètres changent entre 1995 et 2006

← Motif TRAVAIL

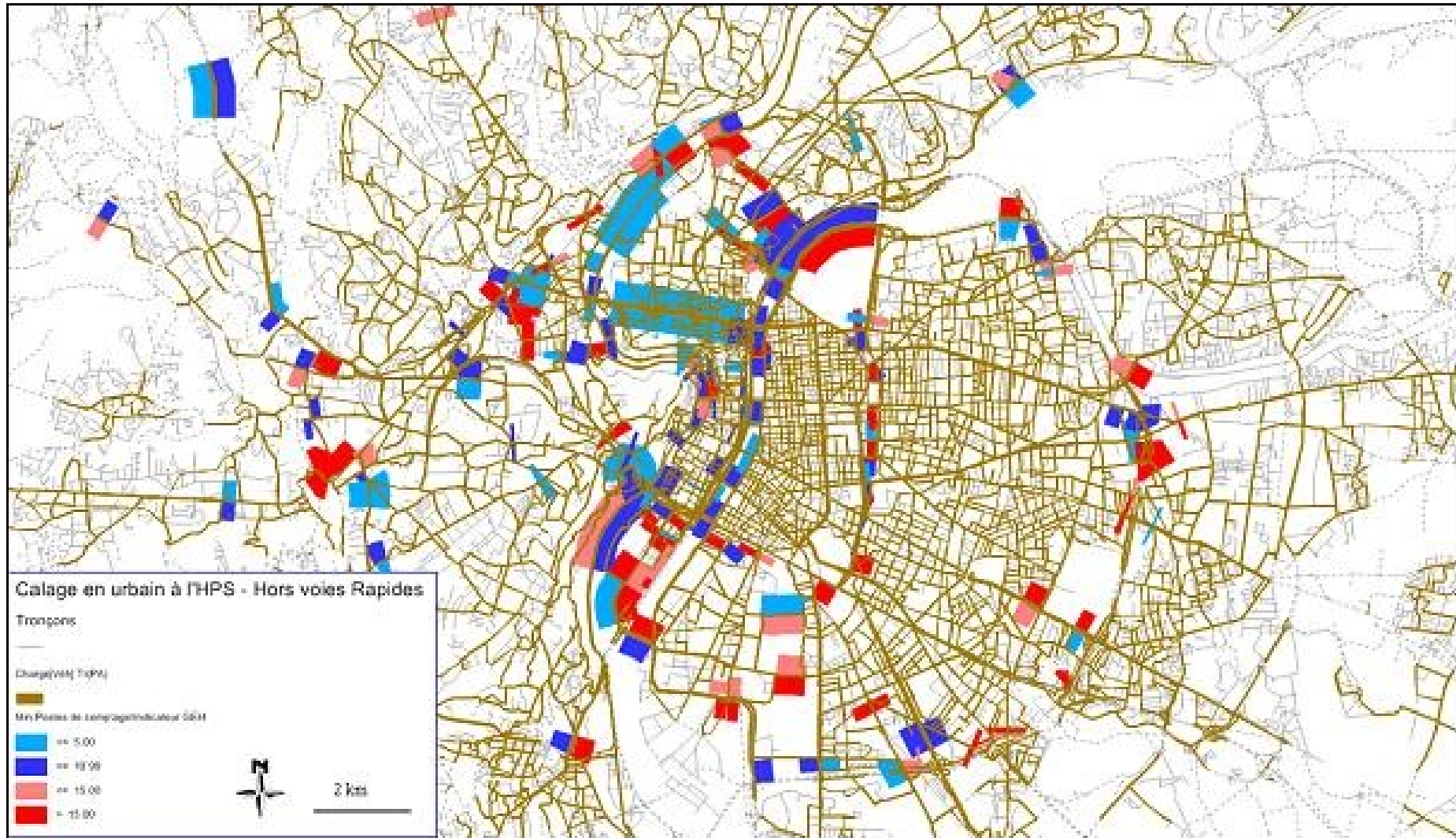
Calage du réseau routier

- Comparaison entre trafic affecté et données de comptage
- Indicateur GEH (UK Highway agency) pour comparer le trafic modélisé avec le trafic observé (comptages)

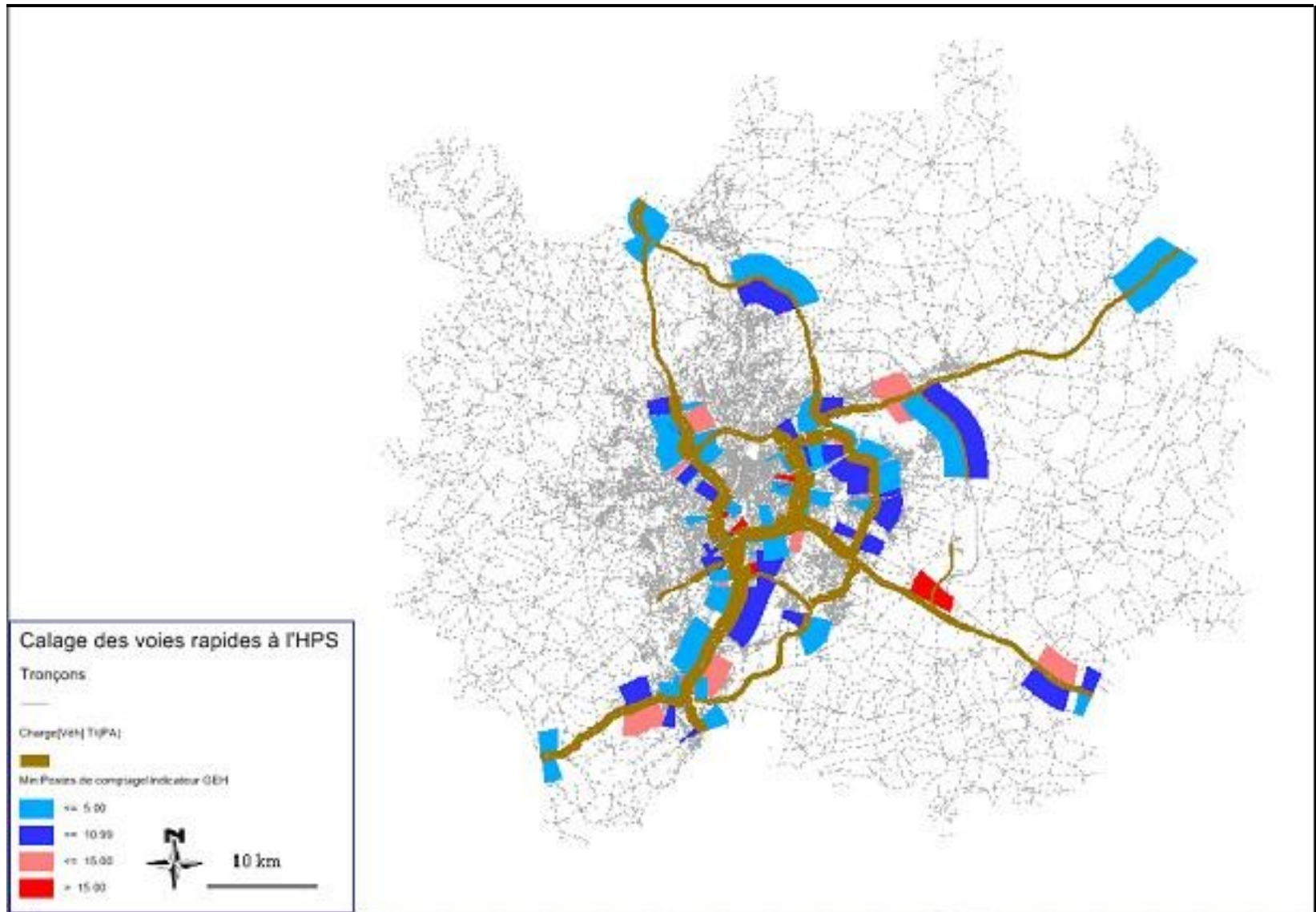
$$GEH = \sqrt{\frac{2(M - C)^2}{M + C}}$$

où M est le flux modélisé et C le flux observé (comptage)

Calage du réseau routier (GEH centre)



Calage du réseau routier (GEH périph.)



Calage du réseau TC (référence 2001)

		observation	simulation
Part modale en %	Bus	39,0	40,0
	Funicular	1,0	1,2
	Metro	49,4	48,4
	Light rail	11,0	10,3
	Total	100,0	100,0
Part des lignes principales en %	T1	4,25	4,70
	T2	5,35	5,64
	A	18,34	17,37
	B	9,16	10,51
	C	2,65	3,07
	D	19,20	17,44