



Les Modèles LUTI

Malick GUEYE et Kostas MIKEDIS

TAMUR – Transport et usage des sols en milieu urbain et régional

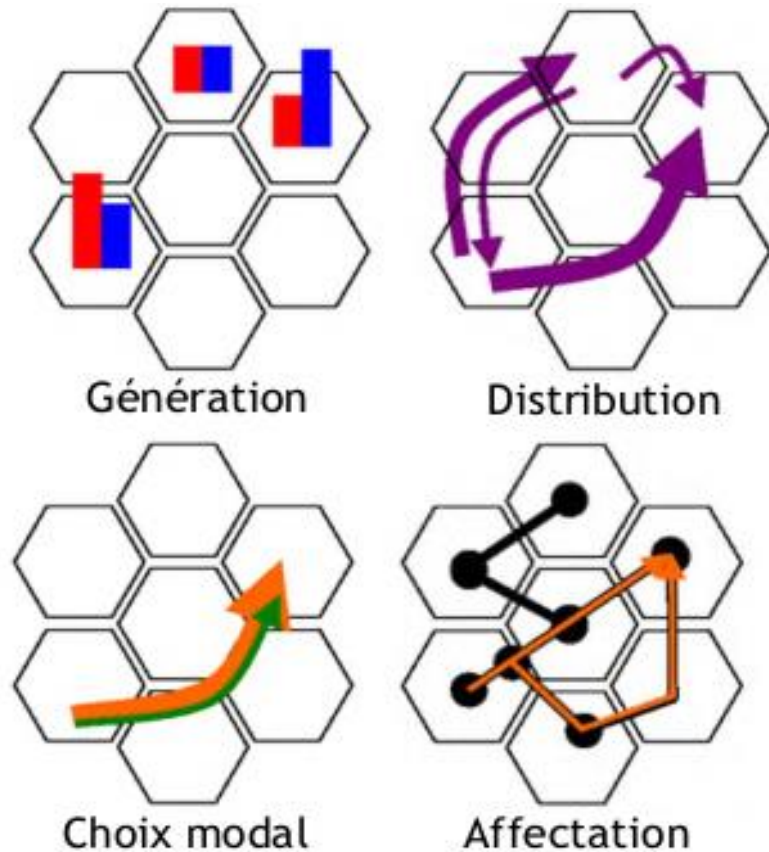
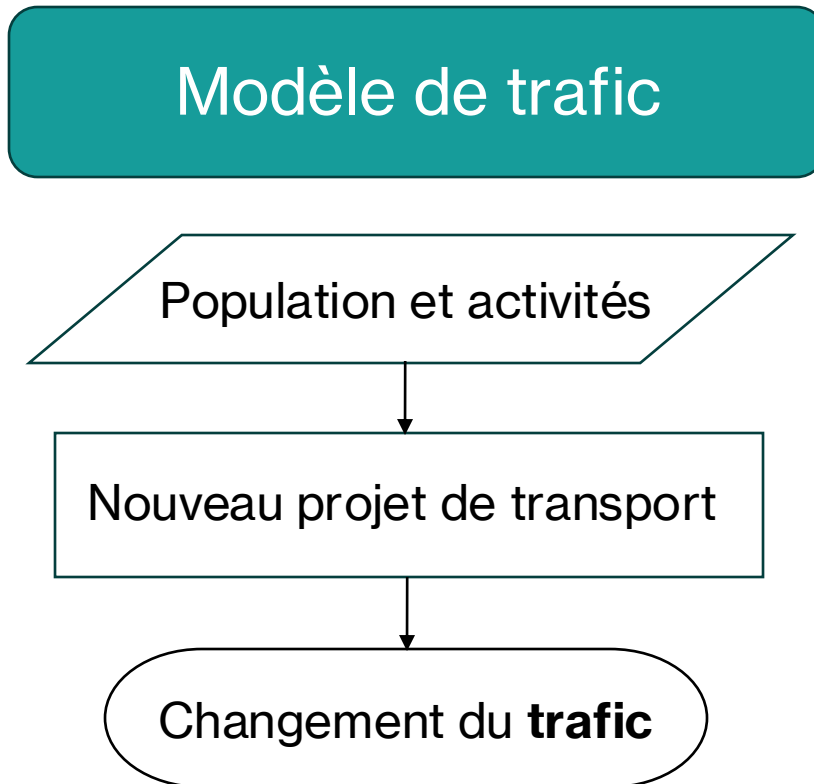
Plan

- Introduction : Les modèles LUTI
 - L'interaction entre transport et usage des sols
 - Les principes des modèles LUTI

- Études de cas :
 - NEDUM-2D : Évolution de l'agglomération Parisienne
 - Pirandello : Transport en Île-de-France

- Conclusion

Les modèles de trafic et de déplacements



Exemple : Politique de péage urbain - mise en lumière d'un effet ségrégatif (Curnier, 2011)

Effets des projets de transport

Gains en **Coût Généralisé (?)**

Réduction du temps (et coût) de transport ?

Conjecture de la constance du budget temps (Y. Zahavi, 1980)

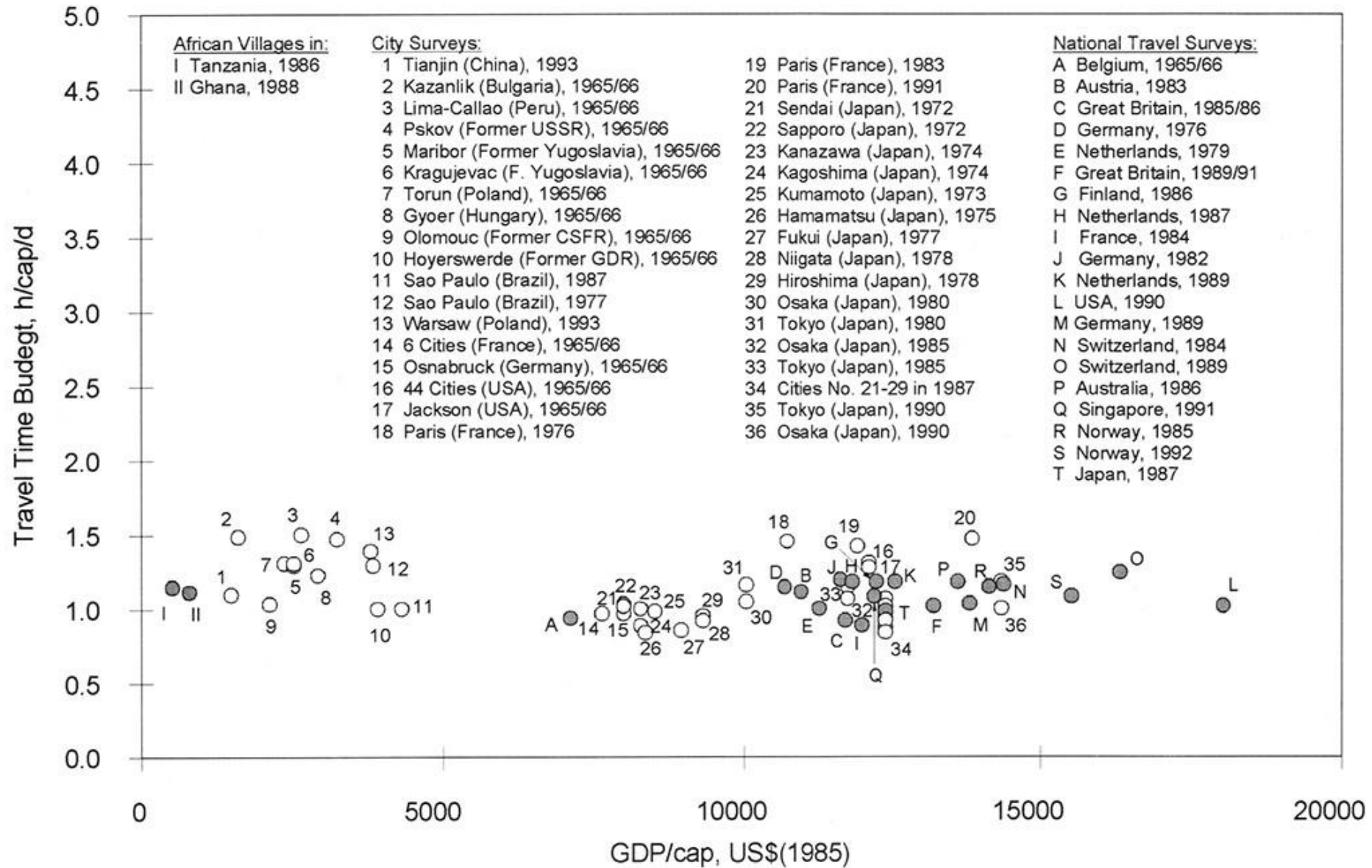
En réalité pas toujours constant au niveau microscopique.

Gains en **Accessibilité**

L'accessibilité évolue

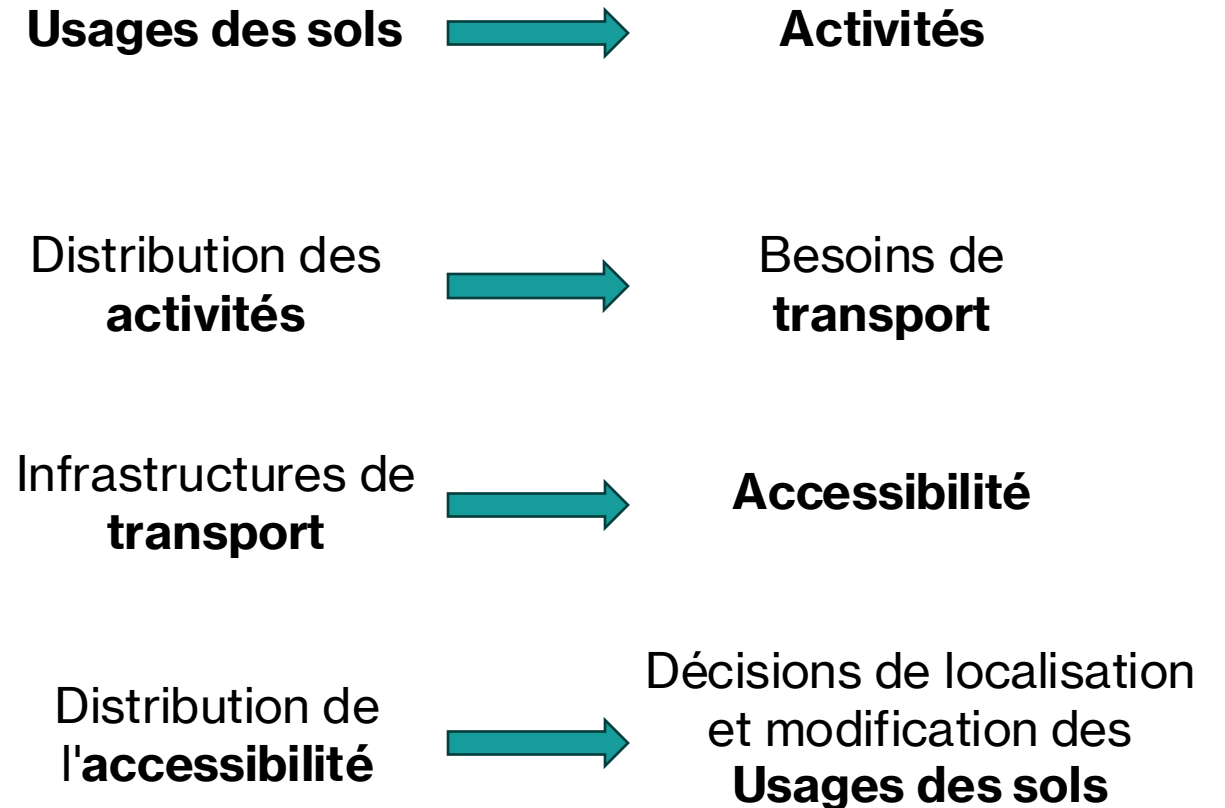
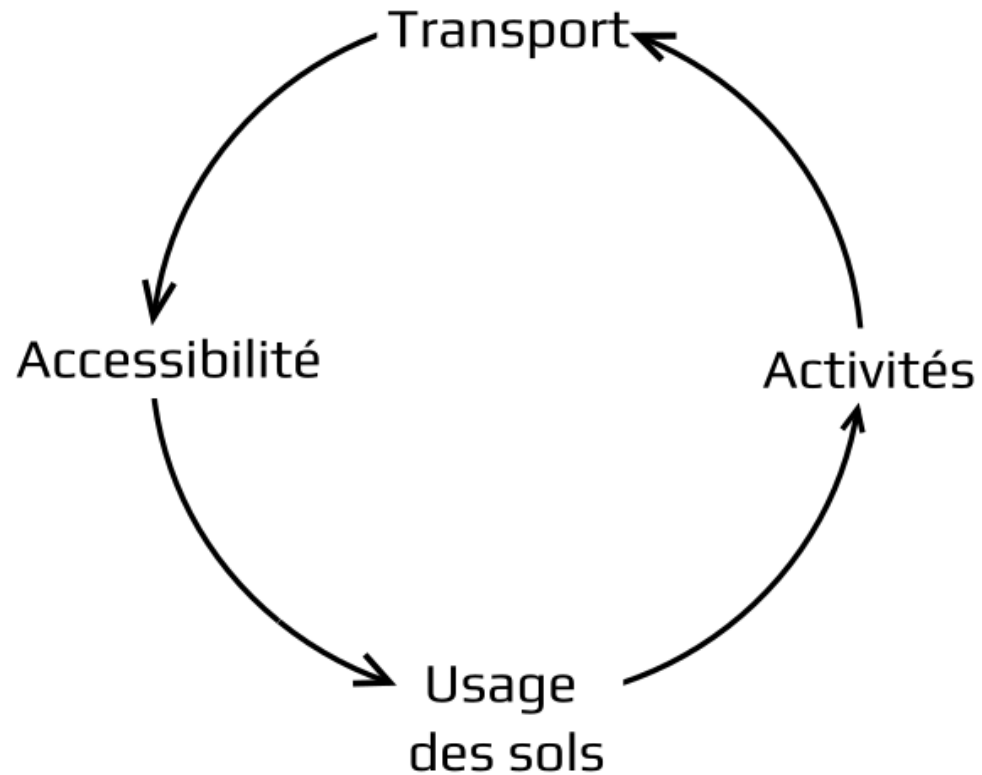
Mais la populations et les activités évoluent aussi

Budget-temps moyen et PIB moyen par personne



Source : SchaferA., D.G. Victor (2000)

Rétroaction entre transport et usage des sols



Source : Wegener et Fürst (1999)

Modèles LUTI : Land Use and Transport Interaction

Modèle de trafic

Modèle d'urbanisme

Nombre de déplacements

Activités

Localisation des populations et des emplois

Choix de mode

Affectation du trafic

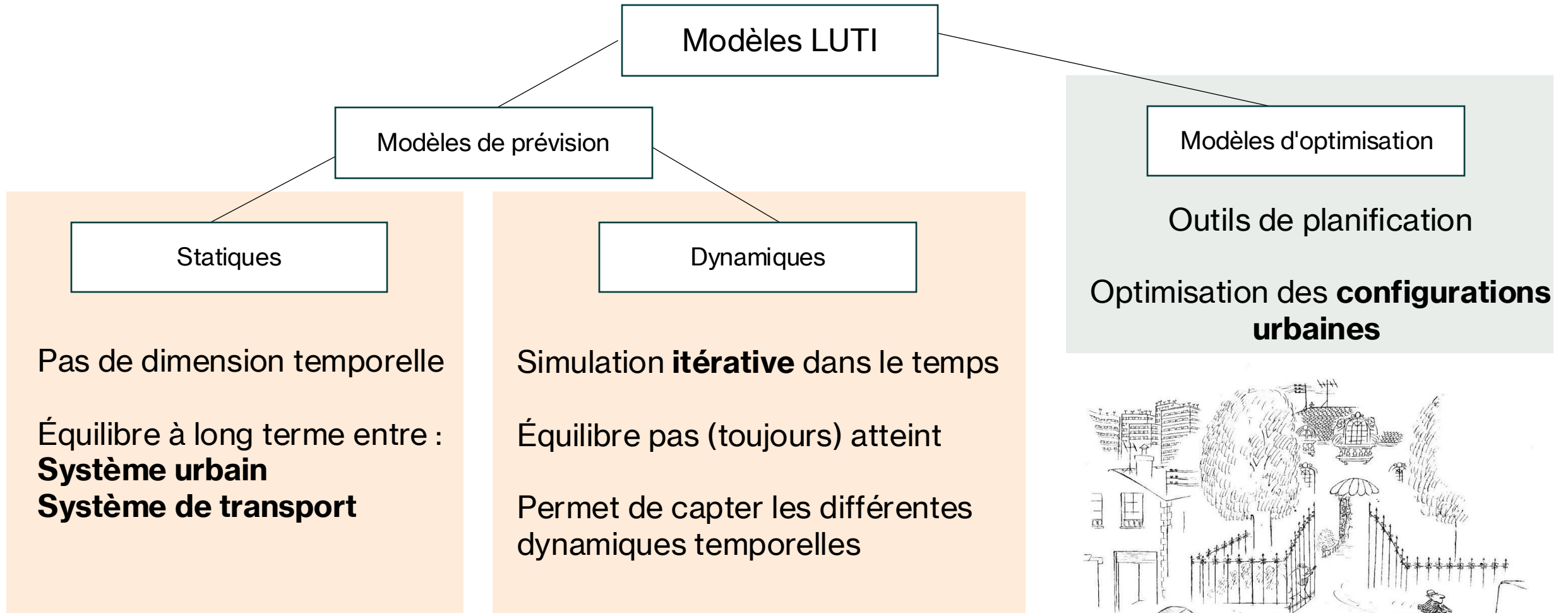
Évolution du marché immobilier

Coût des trajets
(distance, temps)

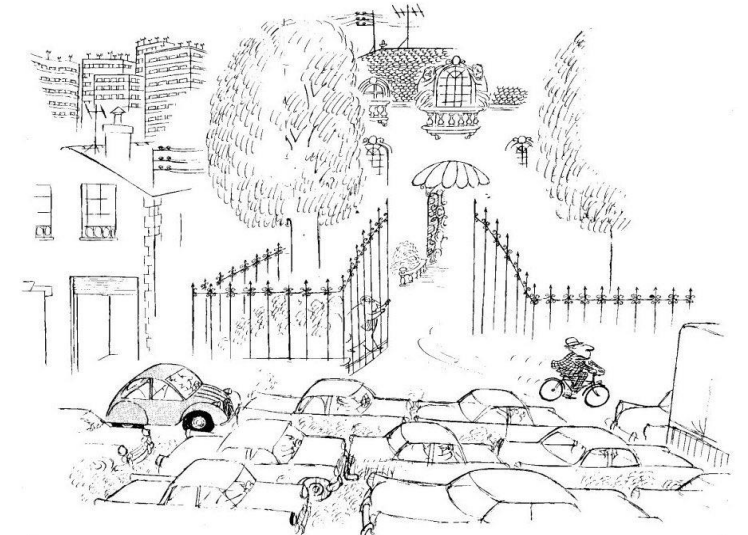
Accessibilité

Construction et libération des terrains

Types de modèles LUTI

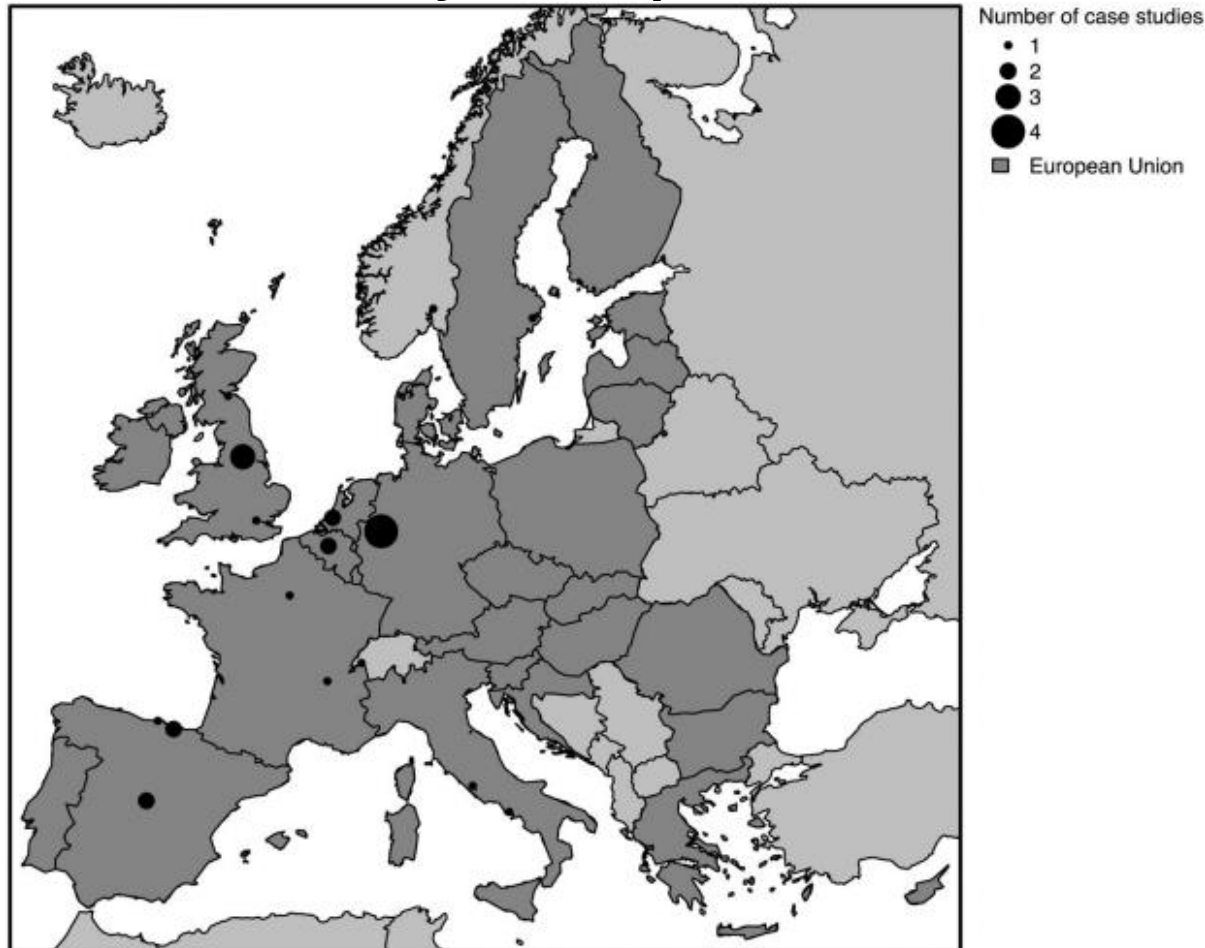


Souvent un couplage d'un **modèle de trafic** et d'un **modèle d'urbanisme**



Évolution des modèles LUTI

Applications d'un modèle LUTI en Europe ayant fait l'objet d'une publication



Premier Modèle : **Lowry (1964)**

1980 – 1990 : Développement aux États-Unis

- Obligation d'évaluation des impacts des projets de transport

1990 : Application du modèle TRANUS à Lyon

2000 : Première application en Île-de-France : modèle basé sur UrbanSim

2011 : Premier appel d'offres en France pour l'application d'un modèle LUTI (Société du grand Paris)

Modèle NEDUM.2D



Appliqué pour simuler la conséquence de trois politiques tarifaires sur la forme urbaine :

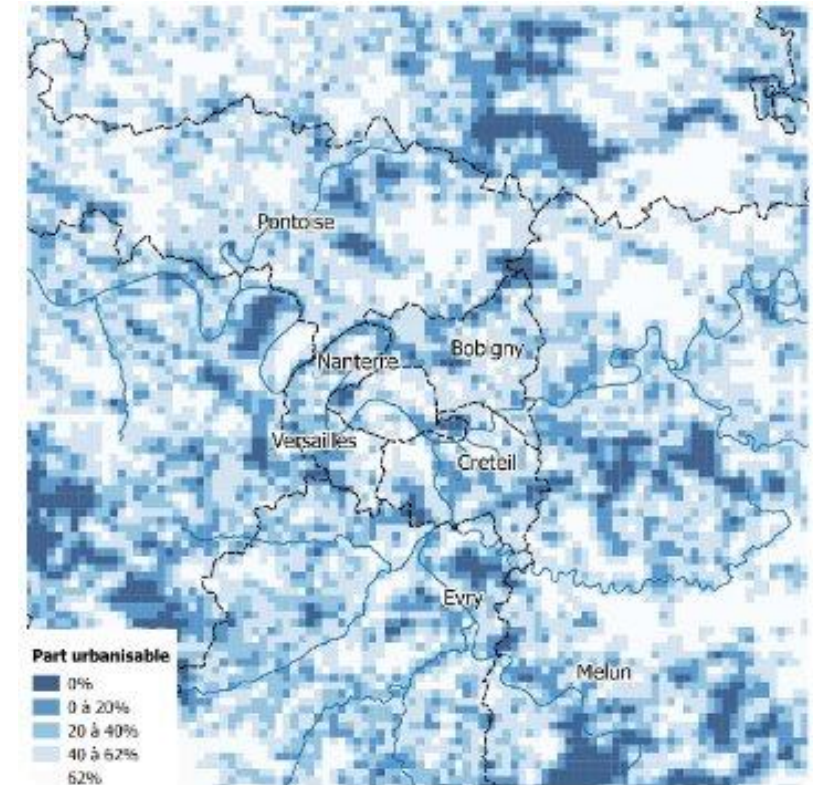
- Passage au tarif unique des abonnements en TC
- La montée en charge de la taxe carbone sur le carburant des Véhicules
- La mise en place d'un péage urbain autour de la ville de Paris.

Caractéristiques:

- Modèle Statique, basé sur un modèle **monocentrique**.
- Le modèle s'appuie sur un carroyage de la région parisienne (1km²).
- Chaque carreau est caractérisé par un cout de transport et un facteur tenant en compte d'espace inconstructibles.

$$Y = p_Z Z + R_H(i)H + T(i)$$

Contrainte budgétaire des ménages



Part urbanisable en région parisienne

Hypothèses

La taille des ménages **est identique** et ne varie pas en fonction de l'éloignement

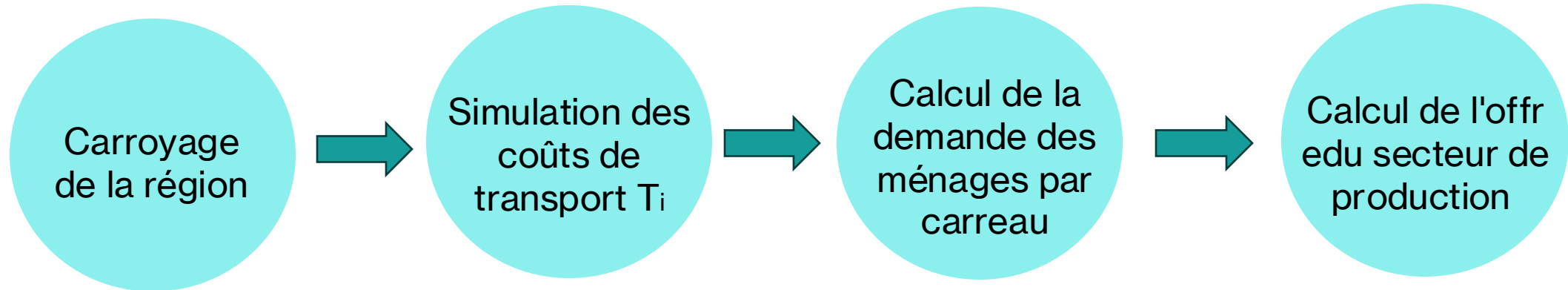
Le CBD est fixé au quartier de Chatelet-les Halles qui constitue le noeud central de la ville de Paris.

Les ménages sont supposés identiques et perçoivent le même revenu (33 000 euros annuel).

Seuil de rentabilité fixe pour les constructeurs

Tous les actifs travaillent dans le CBD.

Méthodologie



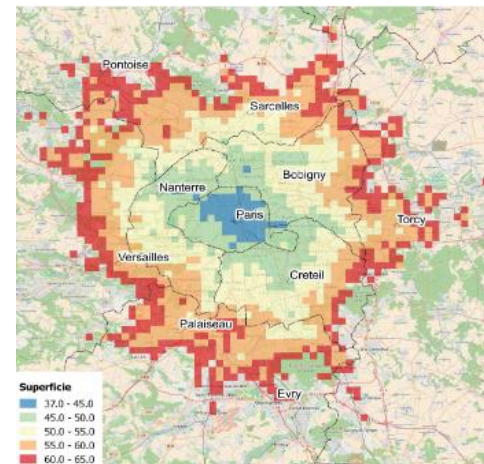
Le model de trafic MODEV et l'algorithme RAPTOR

$$R_H(i, \bar{U}) = \beta \left((1 - \beta)^{1-\beta} \frac{Y - T(i)}{\bar{U}} \right)^{\frac{1}{\beta}}$$

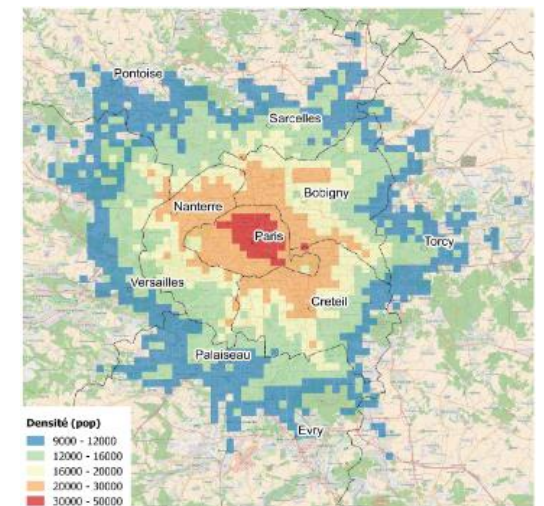
$$F(i, \bar{U}) = A^{\frac{1}{a}} \left(\frac{1}{\delta} (1 - a) R_H(i, \bar{U}) \right)^{\frac{1-a}{a}}$$

$$H(i, \bar{U}) = \beta \left(\frac{Y - T(i)}{R_H(i, \bar{U})} \right)$$

Le model est ensuite **calibré** sur la réalité des prix immobiliers observés en région parisienne en appliquant des termes correctifs.



Superficie des logements



Densité Population

Résultat - Test de sensibilité

Que se passe-t-il si on majore de 10% les paramètres du modèle ?

	Demande de logements				Secteur de la construction		
	β	Revenu	Population	Ratio actifs	A	b	Taux d'intérêt
Superficie urbanisée	13	14	8	-6	-20	-80	16
Au centre :							
Loyer au m ²	-3	-3	2	5	-5	-22	4
Surface	13	14	-2	-5	5	29	-3
Densité	-5	-6	4	11	21	381	-11
Densité de population	-16	-17	5	16	15	274	-8
À la frontière :							
Loyer au m ²	-	-	-	-	-	-	-
Surface	10	11	0	-1	0	2	0
Densité	-	-	-	-	33	533	-18
Densité de population	-9	-10	0	1	33	522	-18

Lecture : Lorsque le paramètre du revenu des ménage est augmenté de 10 %, la superficie urbanisée pour le logement prédire par le modèle augmente de 13 %.

β : part du revenu consacré au logement

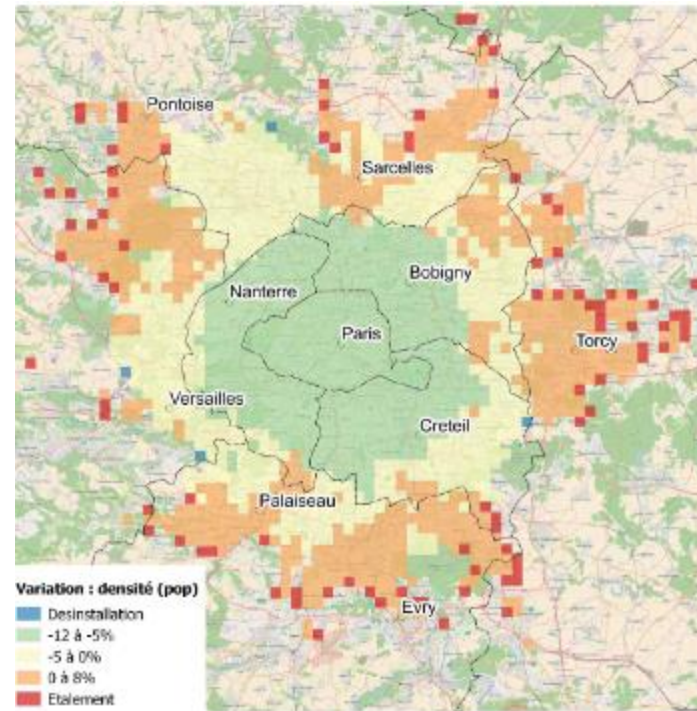
Ratio Actif: rapport du nombre d'actifs sur la taille des ménages

A et b : facteur de production de logement

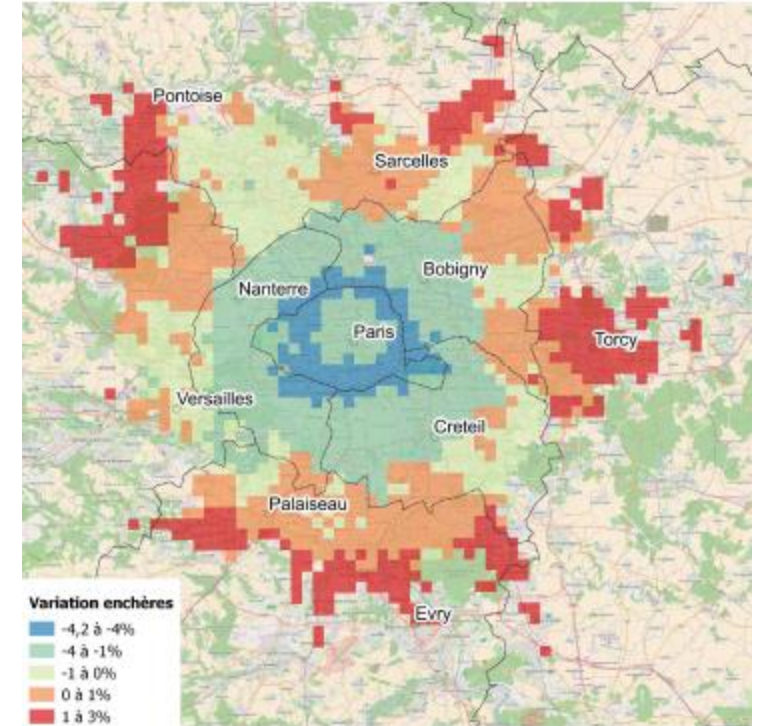
Application: Mise en Tarif unique des TC

Le passage à un tarif unique en île de France conduit-il à augmenter l'étalement urbain ?

- **Augmentation** des coûts de transports dans les **zones 1,2** et **diminution** dans les **zones 3,4 et 5.**



Variation de la densité de population

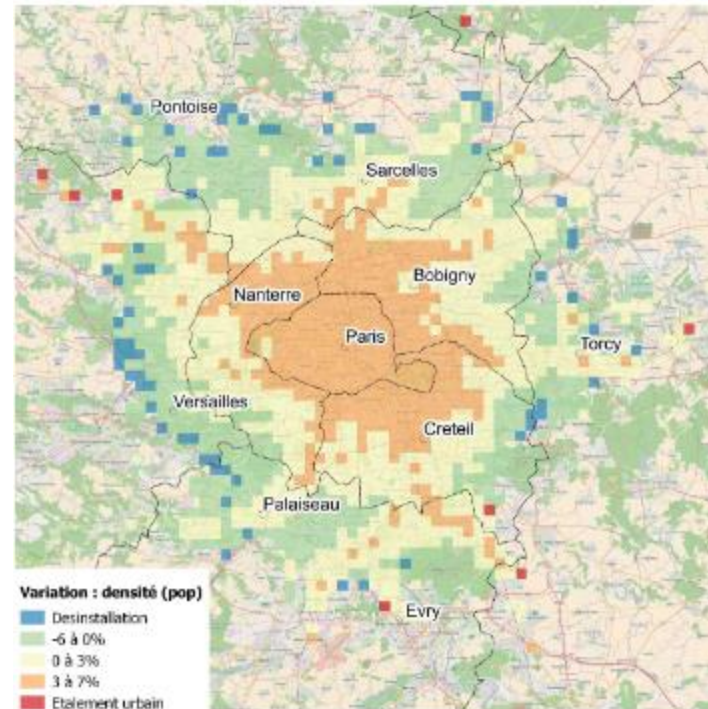


Variation de l'enchère

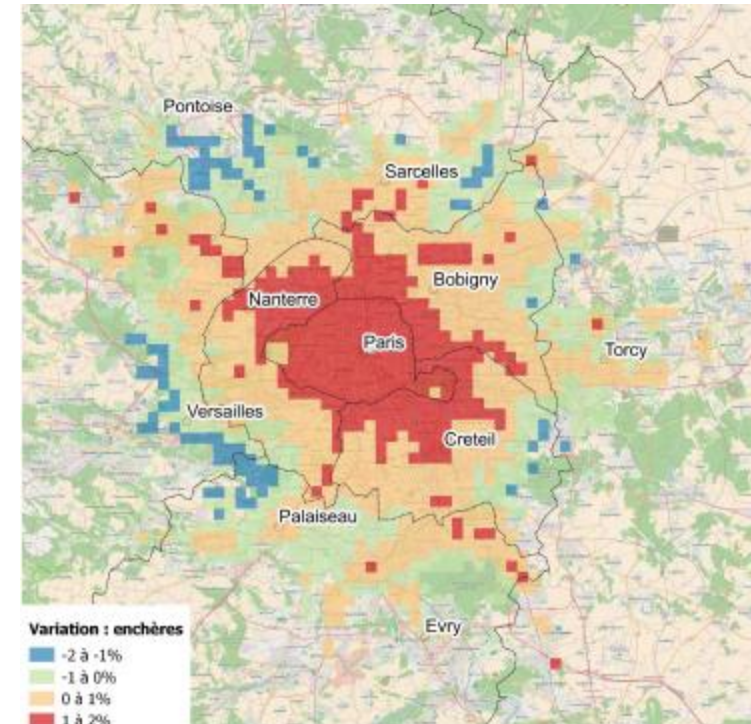
Application: Mise en place d'une taxe carbone

Le passage à une taxe sur les carburants en Île-de-France conduit-il à augmenter l'étalement urbain ?

- Augmentation des **coûts kilométriques** des trajets en voiture et incite à un **report modale vers les TCs** et un **recentrage vers le CBD**.



Variation de la densité de population

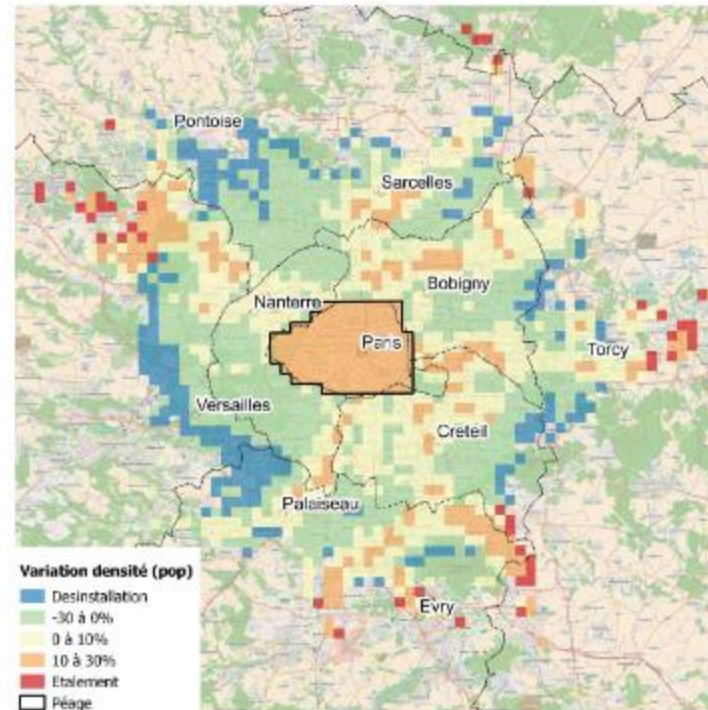


Variation de l'enchère

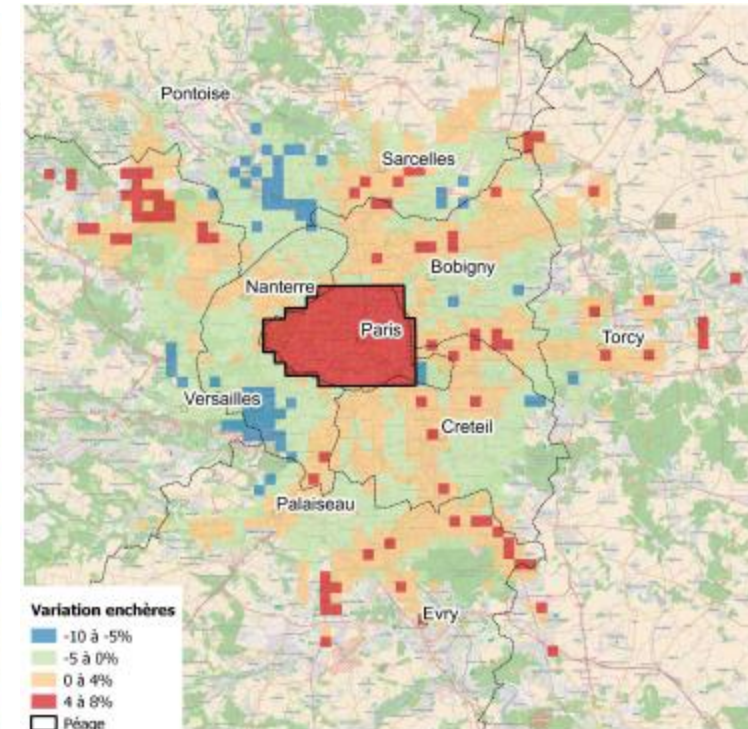
Application: Mise en place d'un péage urbain

Le passage à un péage urbain à Paris conduit-il à augmenter l'étalement urbain ?

- Application d'un **péage de 10 euros par jour** de 07h à 18H;
- **Augmente** les coûts de transports en **dehors du cordon de Paris**.



Variation de la densité de population



Variation de l'enchère

Le modèle Pirandello



Modèle de prévision statique

Appliqué pour l'évaluation des ceintures de péage urbain en IdF



Équilibre urbain

$$s(r, u^*) \frac{dR^*(r)}{dr} + \frac{dT(r)}{dr} = 0$$

Condition d'équilibre - Population

$$\text{Accessibilité} + \text{Confort Domestique} + \text{Environnement} - \text{Coûts} = C$$

Emplois
et Population
accessibles

Surface du
logement, ...

Attractivité
Idiosyncrasique
(par classe)

Coût immobilier
Fiscalité locale
Coût de déplacement

Ménages repartis en « classes sociales » selon leur **revenu**

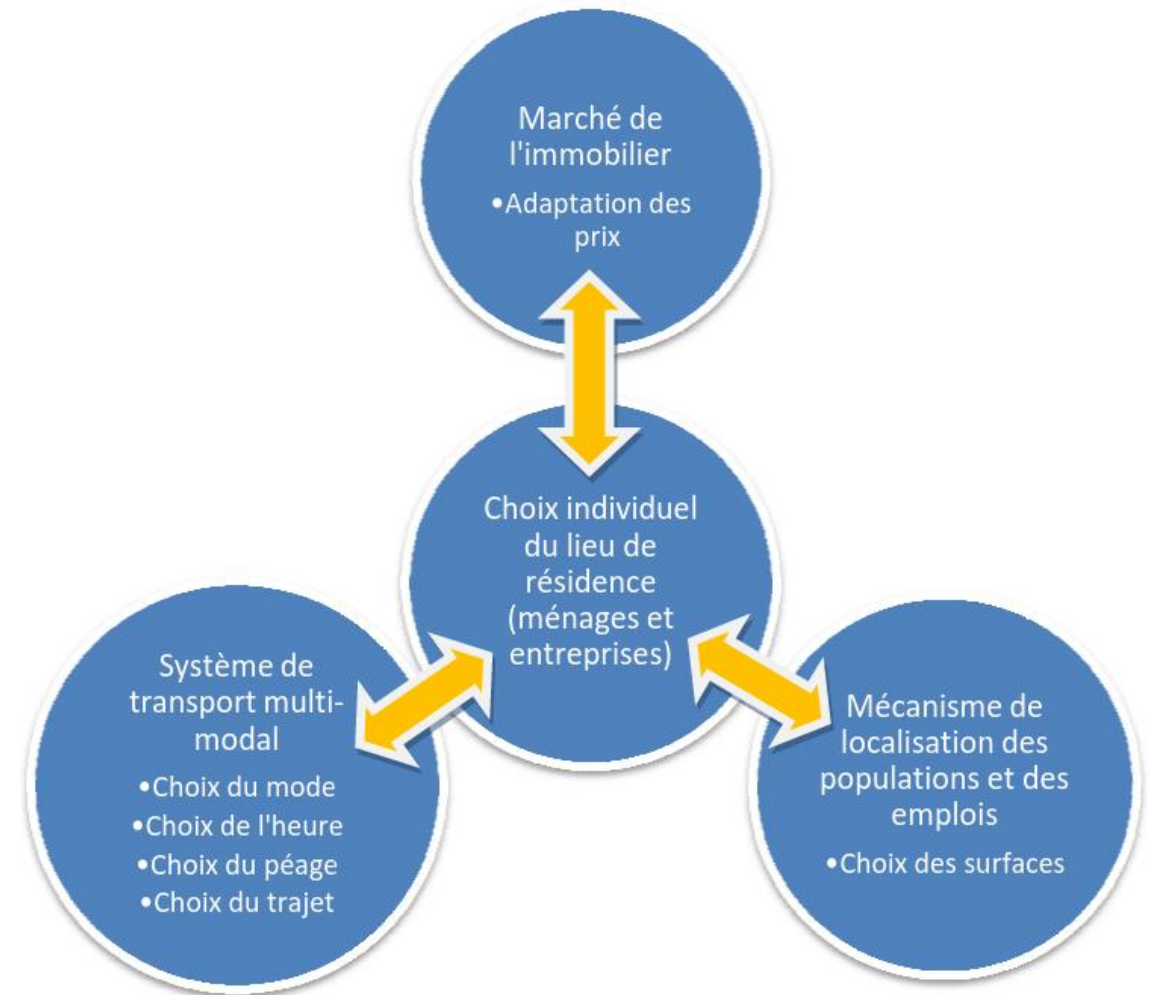
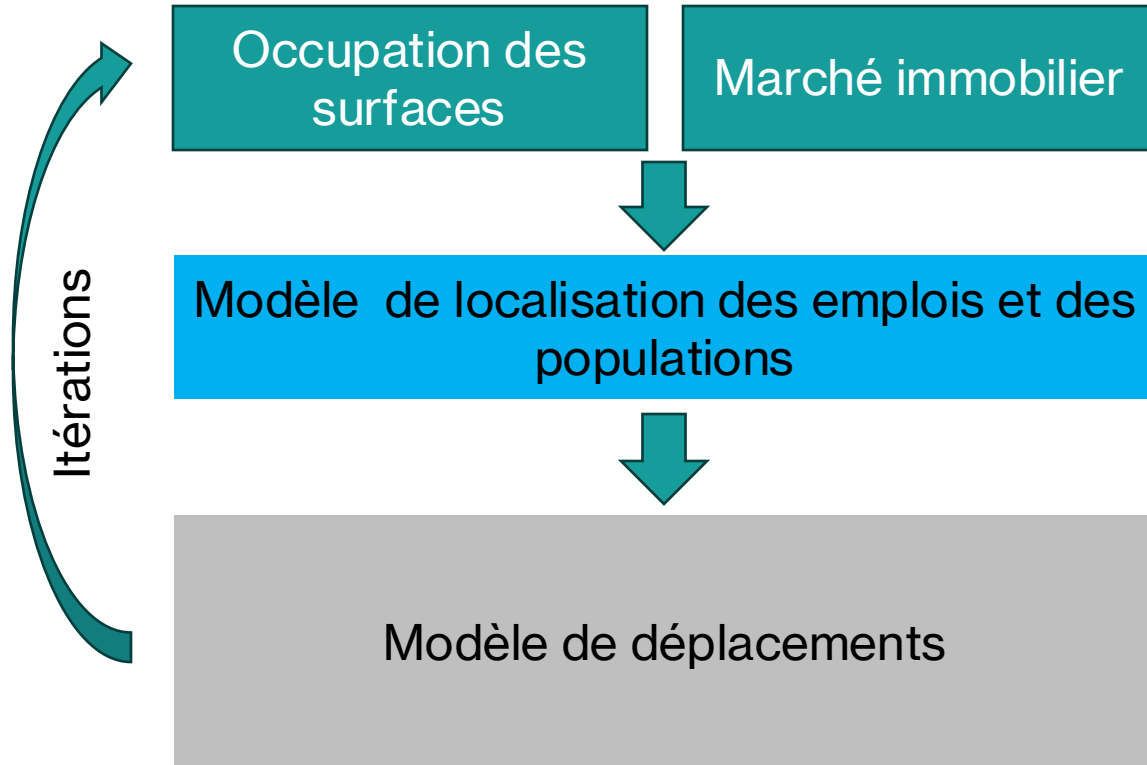
Condition d'équilibre - Emplois

$$\text{Productivité} - \text{Salaires} - \text{Fiscalité} - \text{Coûts} = C$$

Deux classes d'entreprises

Le modèle Pirandello

Modèle de prévision statique

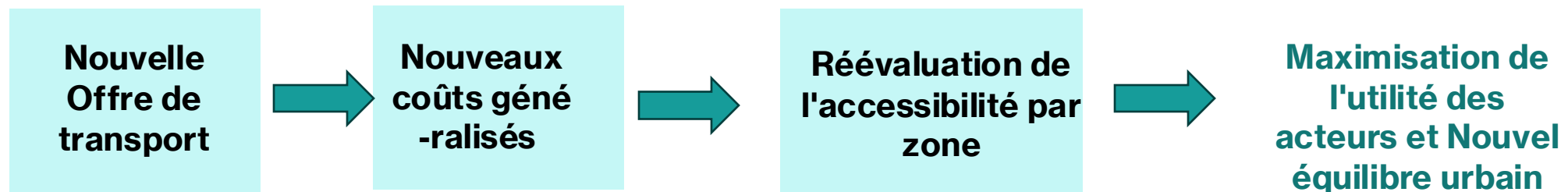


Source : Curnier (2011)

Application de Pirandello: Simulation des effets de l'absence du RER A en l'an 1999

Hypothèses:

- Le service de transport de la A (mise en service en 1977) a été supprimé.
- Les améliorations technologiques sans lien avec la A sont retenues (ex Ligne Vincennes- Saint-germain en Laye).
- Les fréquences entre Saint-Lazard et Cergy ont été augmentées.



Application de Pirandello

Effet sur les prix des bureaux

- baisse des prix de l'immobilier dans les zones où la chute d'accessibilité est la plus forte
- **Effet plus prononcé** dans les zones où l'offre était nouvelle (Vincenne -Marne-la-Vallée)

Perte d'accessibilité



Moins de productivité



Baisse des prix des bureaux

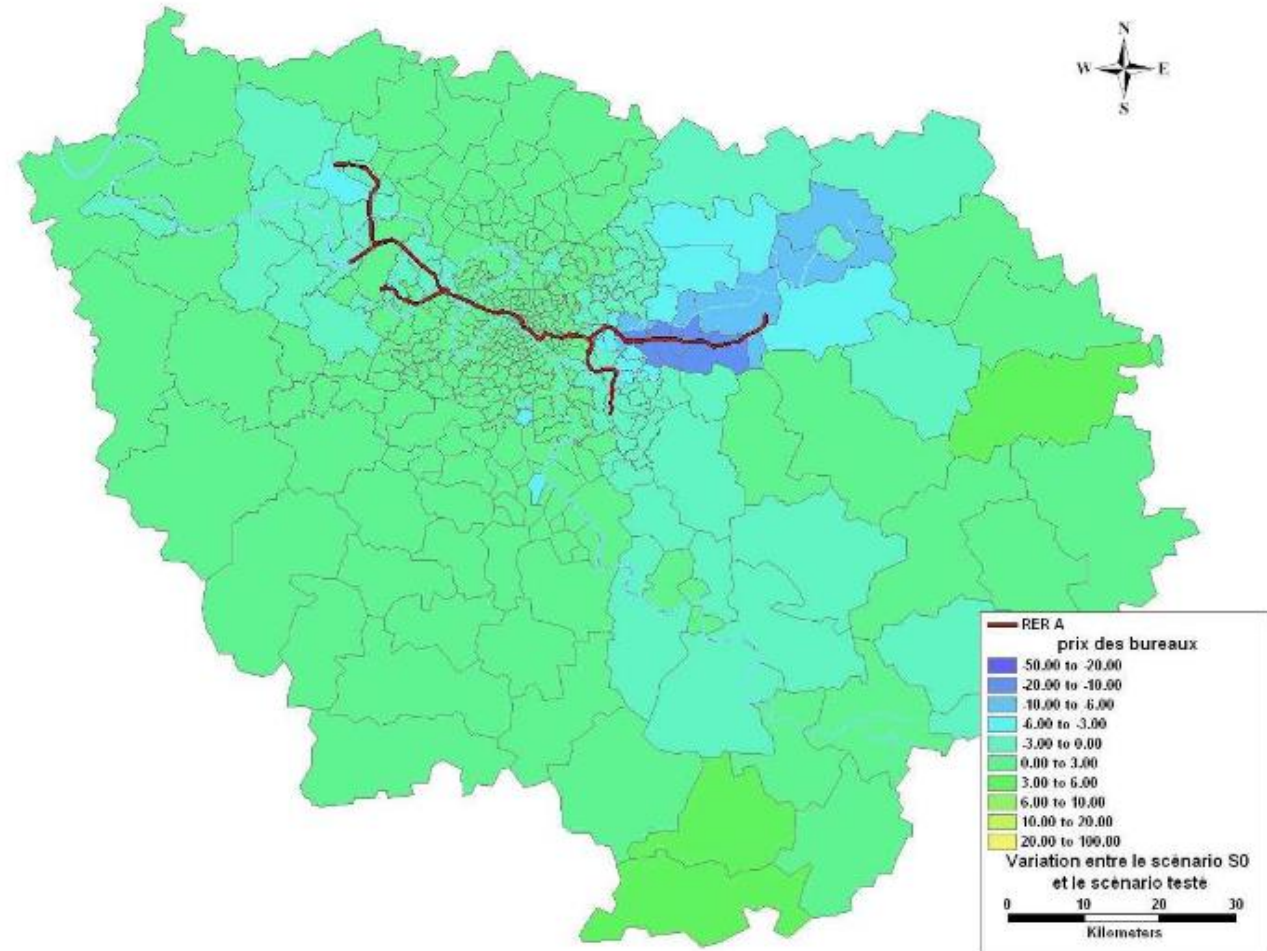


Figure 36 : Variation du prix des bureaux simulée sans RER A par rapport à la situation de référence de 1999

Application de Pirandello

Effet sur la localisation des emplois

- Suite à la suppression de la A, les entreprises réévaluent leur localisation.
- La variation d'emplois est beaucoup plus significative sur l'Ouest (20-30%)

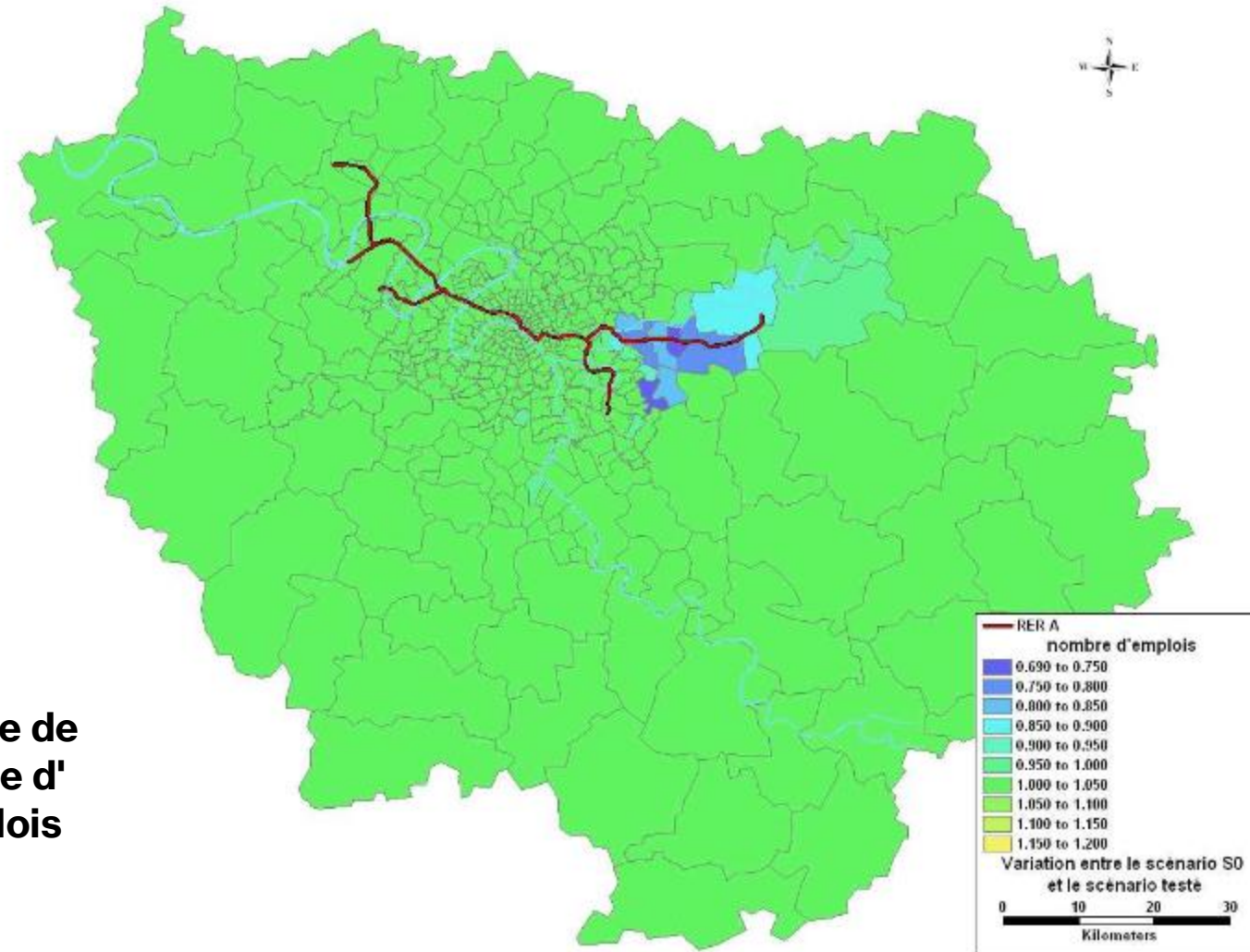


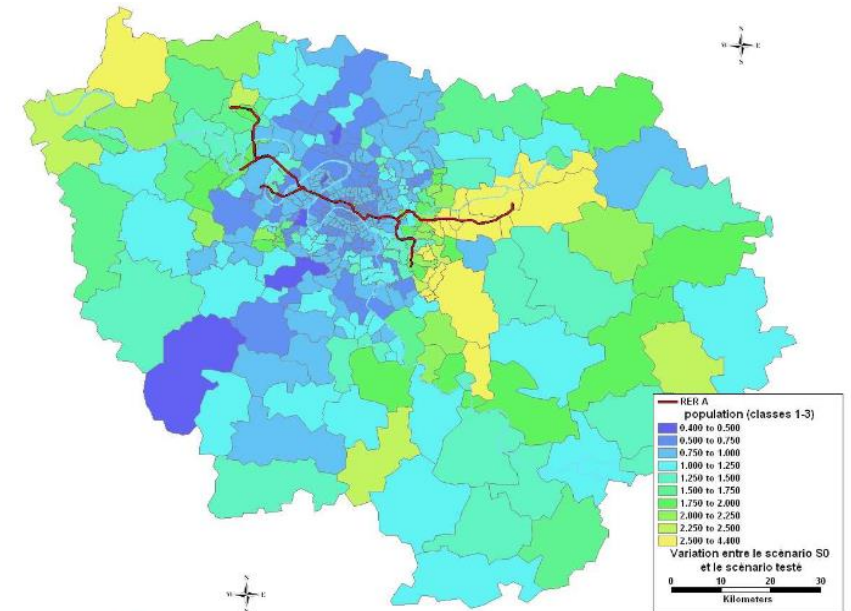
Figure 37 : Rapport des emplois par zones entre les situations simulés sans et avec RER A en 1999

Application de Pirandello

Effet sur la localisation de la population

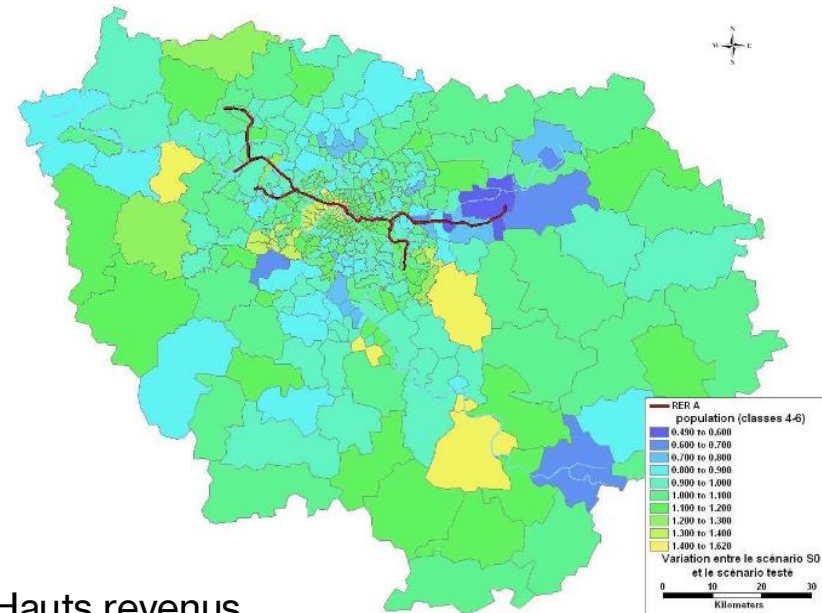
- La perte d'accessibilité entraîne une baisse des prix immobiliers, et une **augmentation** des populations à plus **faibles revenus** dans **les zones en perte d'accessibilité**.
- Le phénomène inverse est observé chez les ménages à **hauts revenus**, dont près de la moitié **quittent la zone à faible accessibilité**.

Les effets de relocalisation sont plus importants chez les ménages à revenus faibles.



zones entre les situations simulés sans et avec RER A en 1999

Faibles revenus



Hauts revenus

Figure 40 : Rapport de population à hauts revenus par zones entre les situations simulés sans et avec RER A en 1999

Quelques points d'attention

- Modèles difficilement généralisables : reposent sur du calibrage fine
- Difficultés de délimitation de la zone étudiée : Influences extérieures
- Difficulté de modéliser des politiques « abstraites » d'orientation des transports
- Horizons de projection souvent éloignés : fortes incertitudes sur l'évolution des territoires étudiés
- Forte exigence de données d'entrée, surtout pour les modèles dynamiques

Bibliographie

- Curnier, Guillaume. 2011. « Evaluer l'impact d'une nouvelle ligne de transport en commun de grande capacité sur le développement socio-économique d'une mégalopole : Le cas du calibrage du modèle Pirandello et son application à la ligne A du RER parisien ». Mission professionnelle de fin d'études, École des Ponts ParisTech, Champs-sur-Marne.
- Delons, Jean, Nicolas Coulombel, et Fabien Leurent. 2008. « PIRANDELLO an integrated transport and land-use model for the Paris area ». <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00319087>.
- Nguyen-Luong, Dany. 2015. « Land use/transport interaction modelling: from theory to practice ». L'Institut Paris Region. <https://en.institutparisregion.fr/know-how/mobility/land-usetransport-interaction-modelling-from-theory-to-practice/>.
- Service de l'économie de l'évaluation et de l'intégration du développement durable (SEEIDD). 2016. *Politiques de tarification des transports et formes urbaines*. Paris.
- Thomas, Isabelle, Jonathan Jones, Geoffrey Caruso, et Philippe Gerber. 2018. « City Delineation in European Applications of LUTI Models: Review and Tests ». *Transport Reviews* 38(1):6-32. doi:[10.1080/01441647.2017.1295112](https://doi.org/10.1080/01441647.2017.1295112).
- Wegener, Michael, et Franz Fuerst. 2004. « Land-Use Transport Interaction: State of the Art ». *SSRN Electronic Journal*. doi:[10.2139/ssrn.1434678](https://doi.org/10.2139/ssrn.1434678).