

Pleins feux sur le modèle de radiation

Radiation vs. Gravité

H. Commenges & F. Le Néchet

LEESU, LVMT, ENPC, Labex Futurs urbains

ThéoQuant – Besançon, 20 mai 2015

À la recherche de l'universel

Des **modèles universels** d'estimation des flux de déplacements :

- Simini *et al.* (2012) "A universal model for mobility and migration patterns", *Nature*.
- Lenormand *et al.* (2012) "A universal model of commuting networks", *PLOS ONE*.
- Yan *et al.* (2014) "Universal predictability of mobility patterns in city", *Physical Reports*.

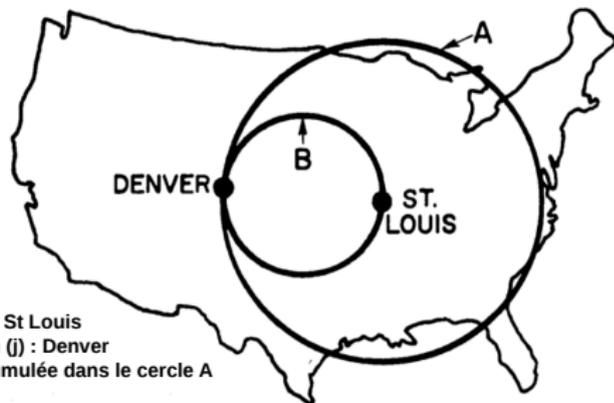
Médiocrité du modèle gravitaire

$$T_{ij} = k \frac{P_i P_j}{D_{ij}^2}$$

- ① La loi gravitaire ne peut pas être dérivée.
- ② Il n'y a pas de fondements théoriques pour **paramétrer le modèle**.
- ③ Le modèle doit être **alimenté par des données variées**.
- ④ La **qualité des estimations** est médiocre.
- ⑤ Le nombre estimé de navetteurs n'est pas limité : si la population de j est grande, le nombre de navetteurs partant de la zone i peut être supérieur à sa population.
- ⑥ La loi gravitaire est déterministe.

Élégance du modèle de radiation

$$T_{ij} = T_i \frac{P_i P_j}{(P_i + S_{ij})(P_i + P_j + S_{ij})}$$



Origine (i) : St Louis
Destination (j) : Denver
 S_{ij} : pop. cumulée dans le cercle A

Source : Stouffer S.A. (1960) "Intervening opportunities and competing migrants", *J. Reg. Sc.*

- Un modèle peu gourmand en **données** et sans **paramètre** à calibrer : soit un modèle **context-free** !
- Un modèle qui produit, sur tous types de flux, de **meilleures estimations** que le modèle gravitaire !

Comparaison de modèles

- **Données** : mobilité domicile-travail (RP2010) et mobilité résidentielle (RP 2010).
- **Espace d'étude** : différents périmètres (France, trois aires urbaines) et différents maillages (communes, zones d'emploi, départements).
- **Trois modèles** :
 - ① Radiation
 - ② Gravitaire-Transport
 - ③ Gravitaire-Grasland

Les modèles gravitaires

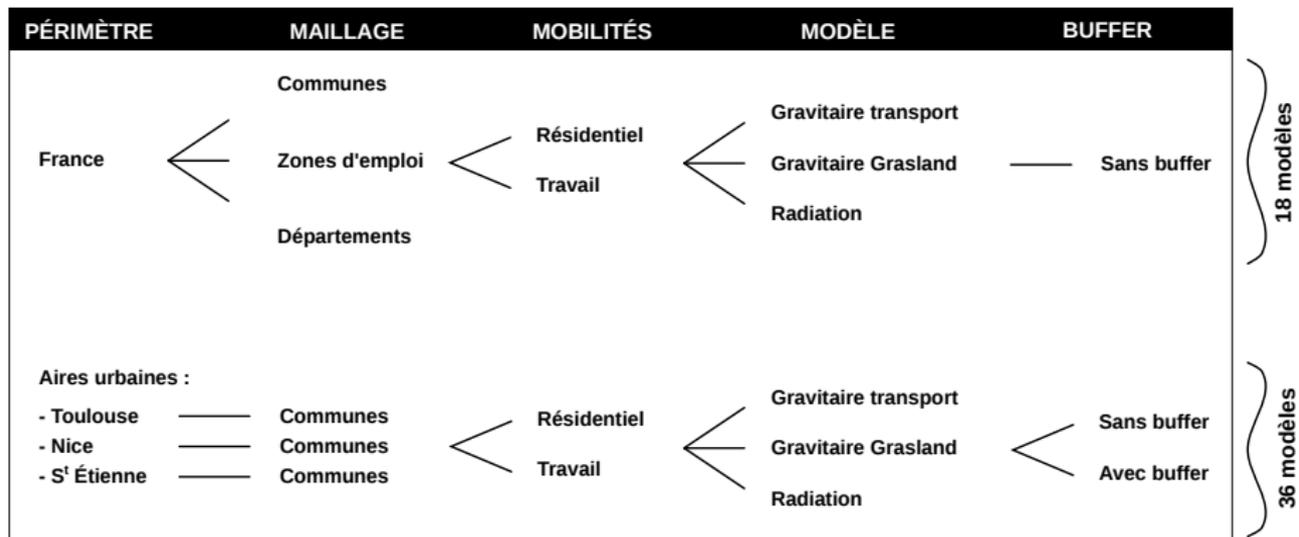
Formules proches (1-Transport ; 2-Grasland) :

$$(1) \quad T_{ij} = P_i P_j e^{(\beta D_{ij})} \qquad (2) \quad T_{ij} = P_i^{\alpha_1} P_j^{\alpha_2} e^{(\beta D_{ij})}$$

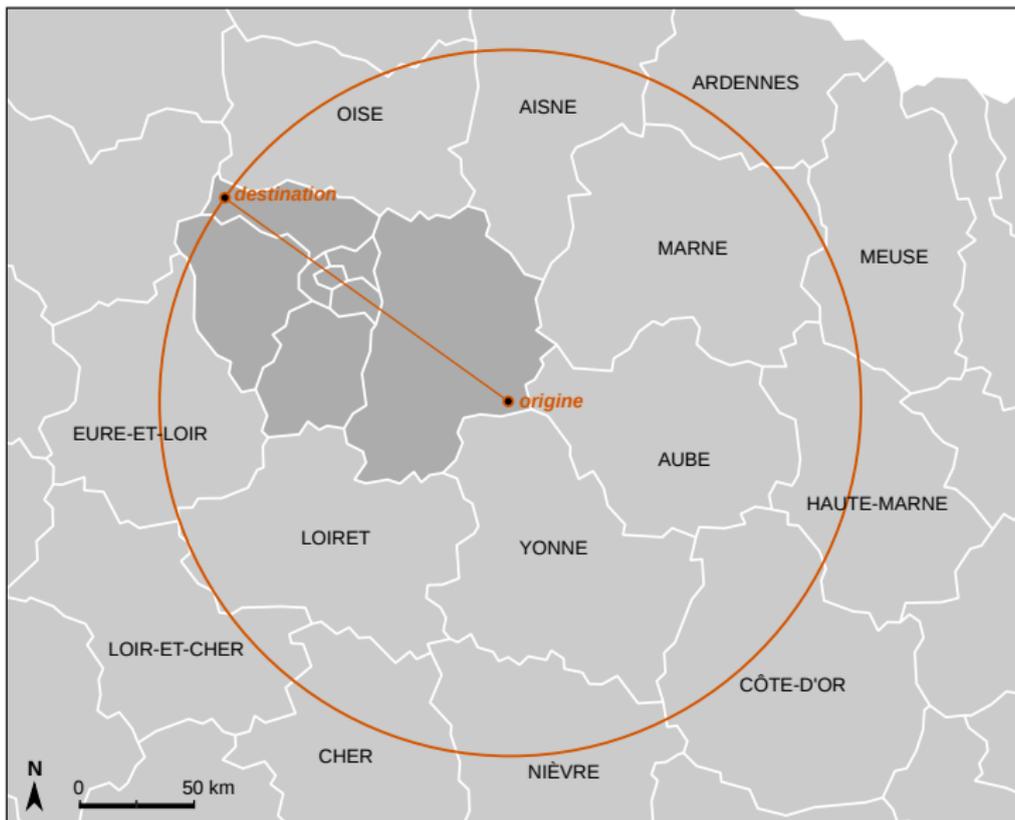
Implémentation différente :

- Ensemble de la matrice vs. Flux observés
- Estimation itérative vs. Estimation par régression
- Contrainte aux marges vs. Contrainte globale

Plan d'exploitation



La question du buffer

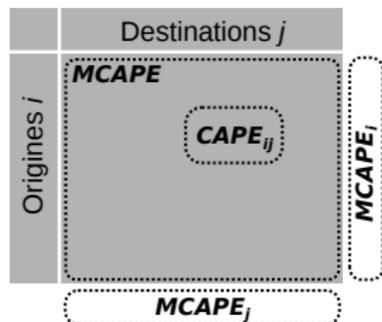


Critères de comparaison

- Suppression des **flux intrazones**
- Suppression des **flux non observés**
- Une **mesure de dissimilarité**, le CAPE :

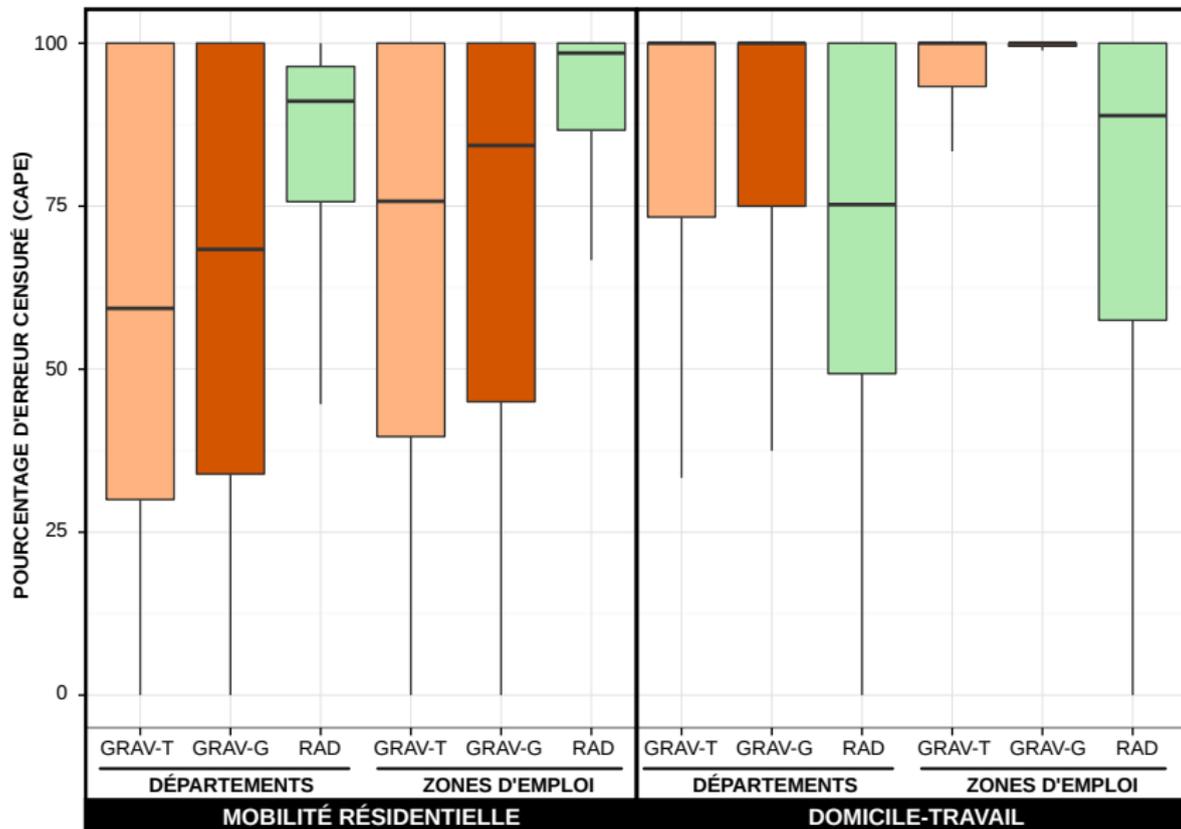
$$CAPE_{ij} = \min\left(100, \left| \frac{O_{ij} - E_{ij}}{O_{ij}} \right| \times 100\right)$$

Matrice des pourcentages d'erreur moyens (CAPE_{ij})



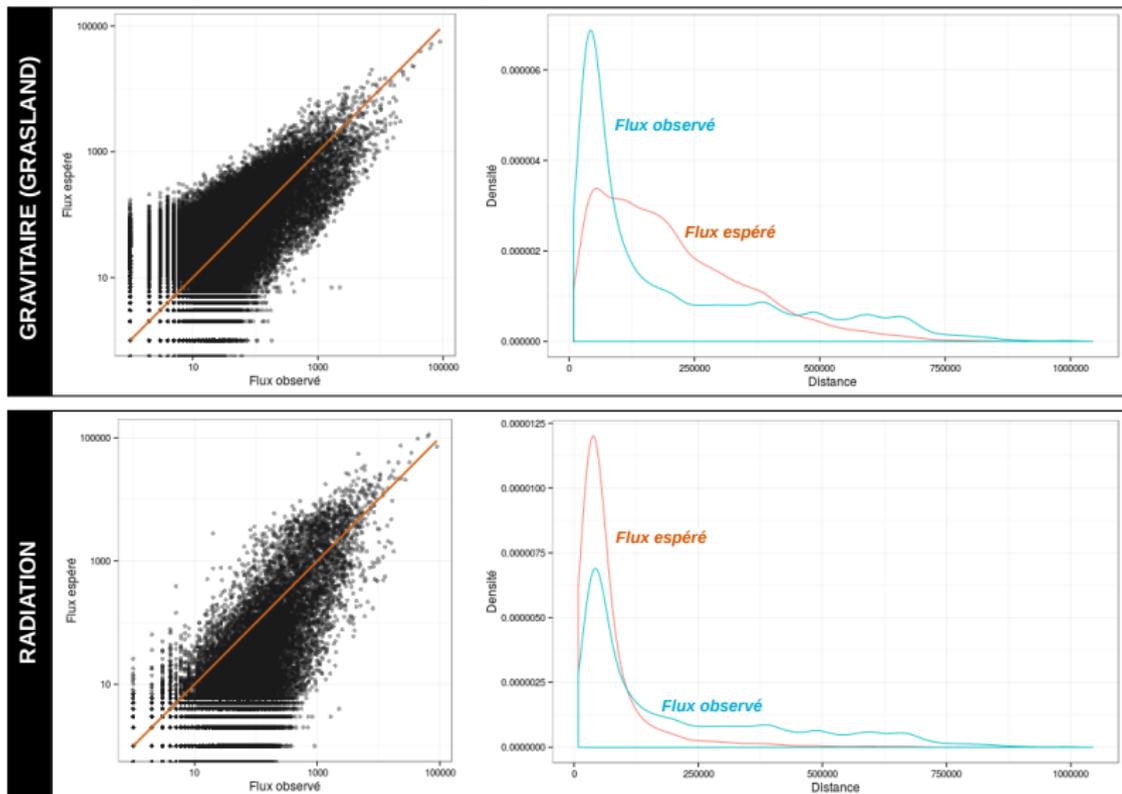
CAPE_{ij}	Pourcentage d'erreur local Tous les couples <i>ij</i>
MCAPE	Pourcentage d'erreur global Moyenne pour tous les <i>i</i> et <i>j</i>
MCAPE_i	Pourcentage d'erreur marginal Moyenne pour tous les <i>i</i>
MCAPE_j	Moyenne pour tous les <i>j</i>

Résultats : France entière



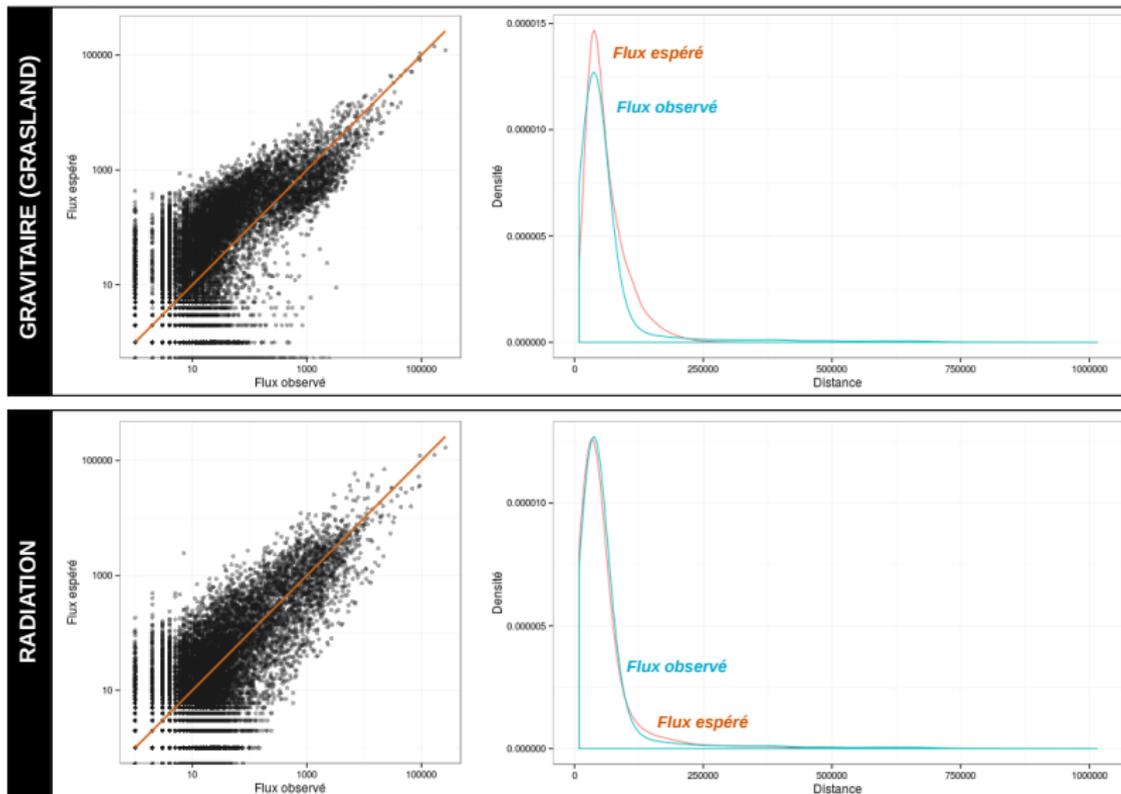
Résultats : France entière

MOBILITÉ RÉSIDENTIELLE - ZONES D'EMPLOI



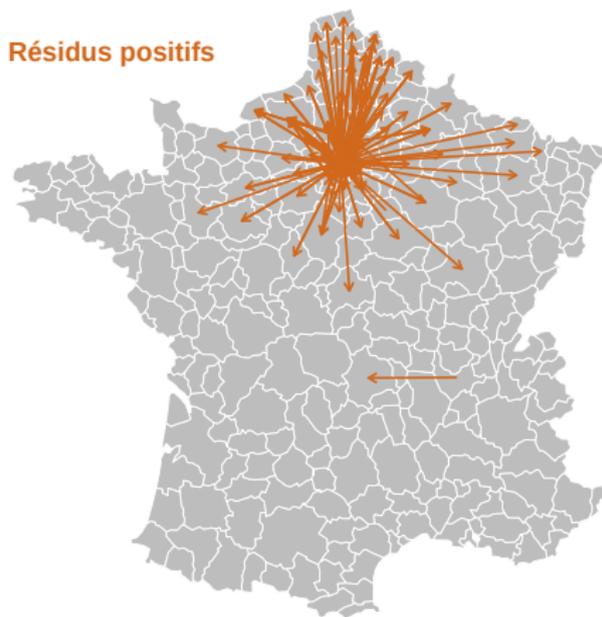
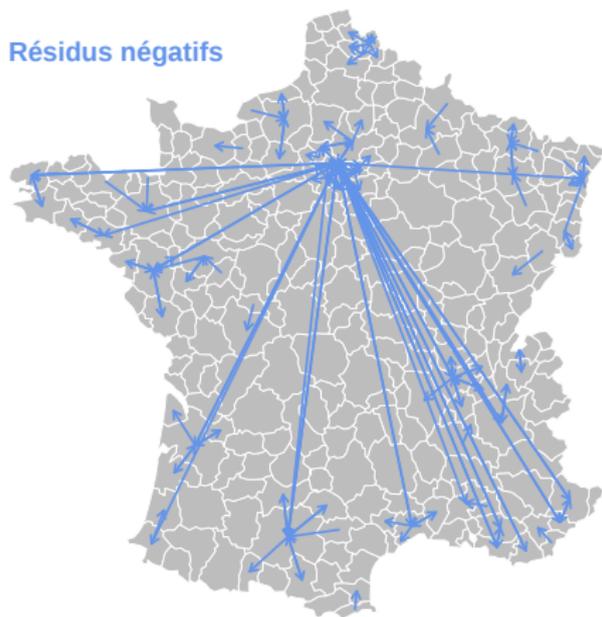
Résultats : France entière

DOMICILE-TRAVAIL - ZONES D'EMPLOI



Résultats : France entière

Mobilité résidentielle - Zones d'emploi - **Gravitaire** (Grasland)



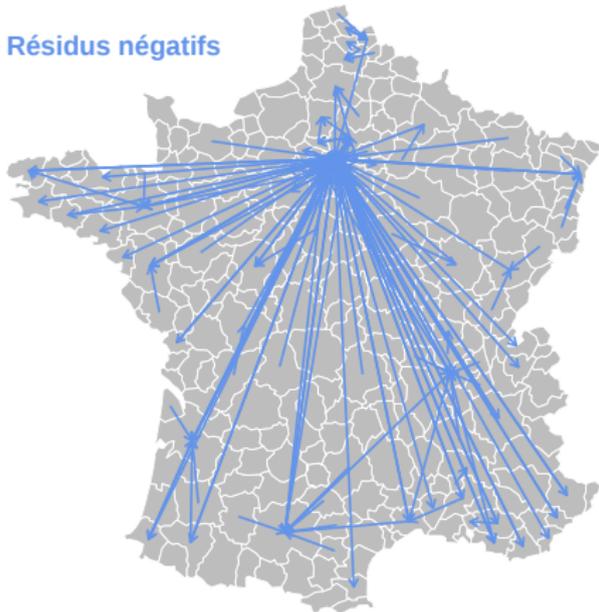
0 200 km

Source : Insee, Zones d'emploi 2010 & Insee, RP, Mobilités résidentielles 2010

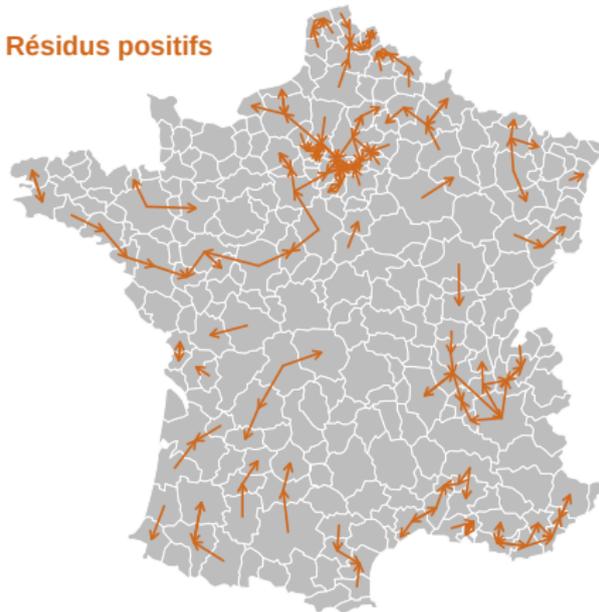
Résultats : France entière

Mobilité résidentielle - Zones d'emploi - **Radiation**

Résidus négatifs



Résidus positifs

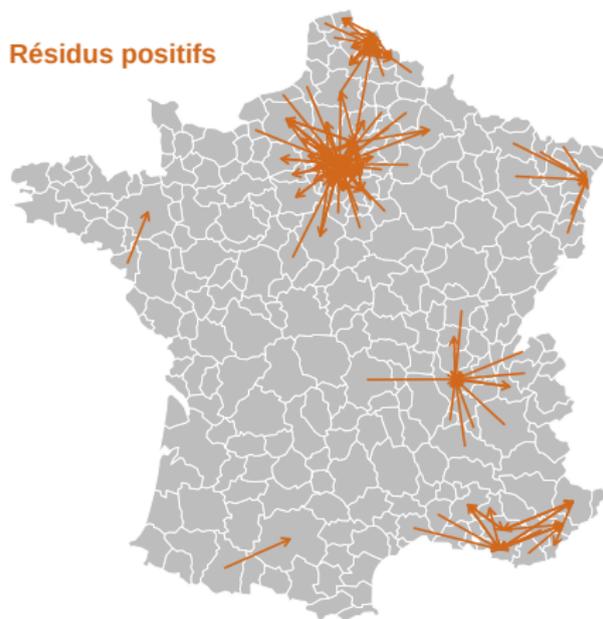
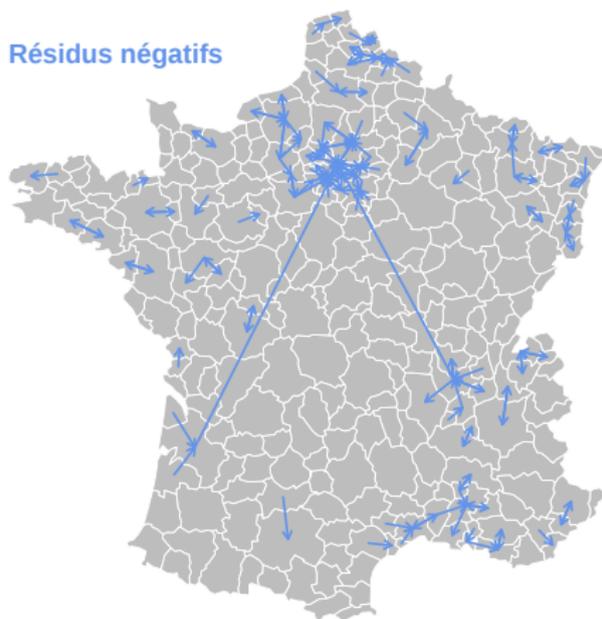


0 200 km

Source : Insee, Zones d'emploi 2010 & Insee, RP, Mobilités résidentielles 2010

Résultats : France entière

Domicile-travail - Zones d'emploi - **Gravitaire** (Transport)



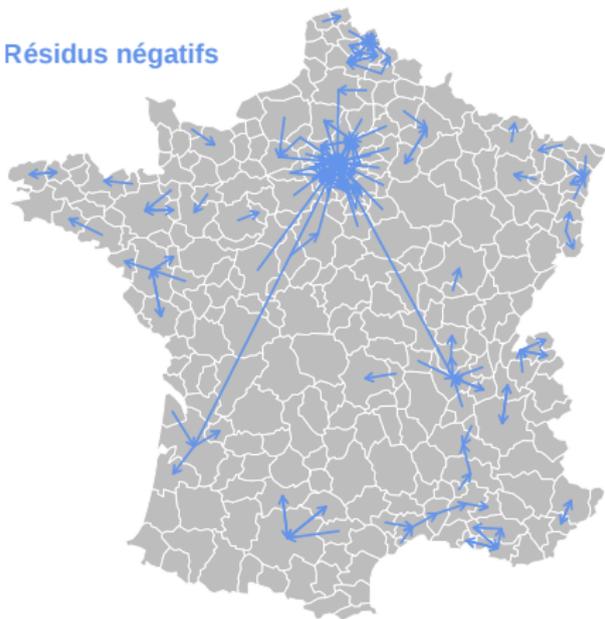
0 200 km

Source : Insee, Zones d'emploi 2010 & Insee, RP, Mobilités domicile-travail 2010

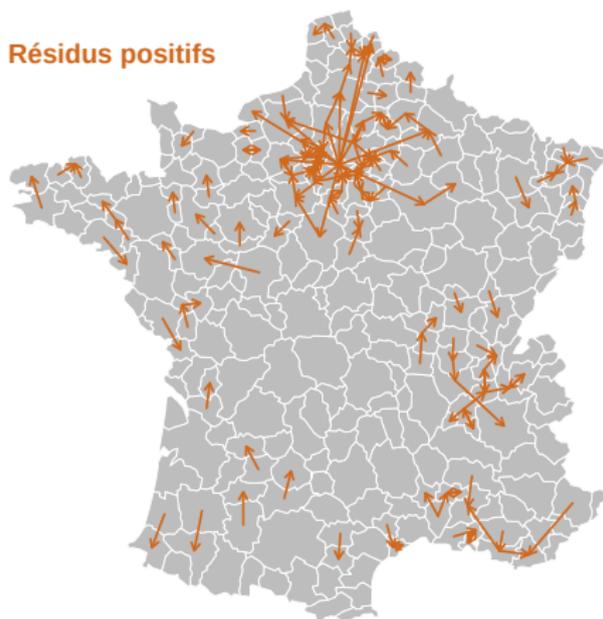
Résultats : France entière

Domicile-travail - Zones d'emploi - Radiation

Résidus négatifs



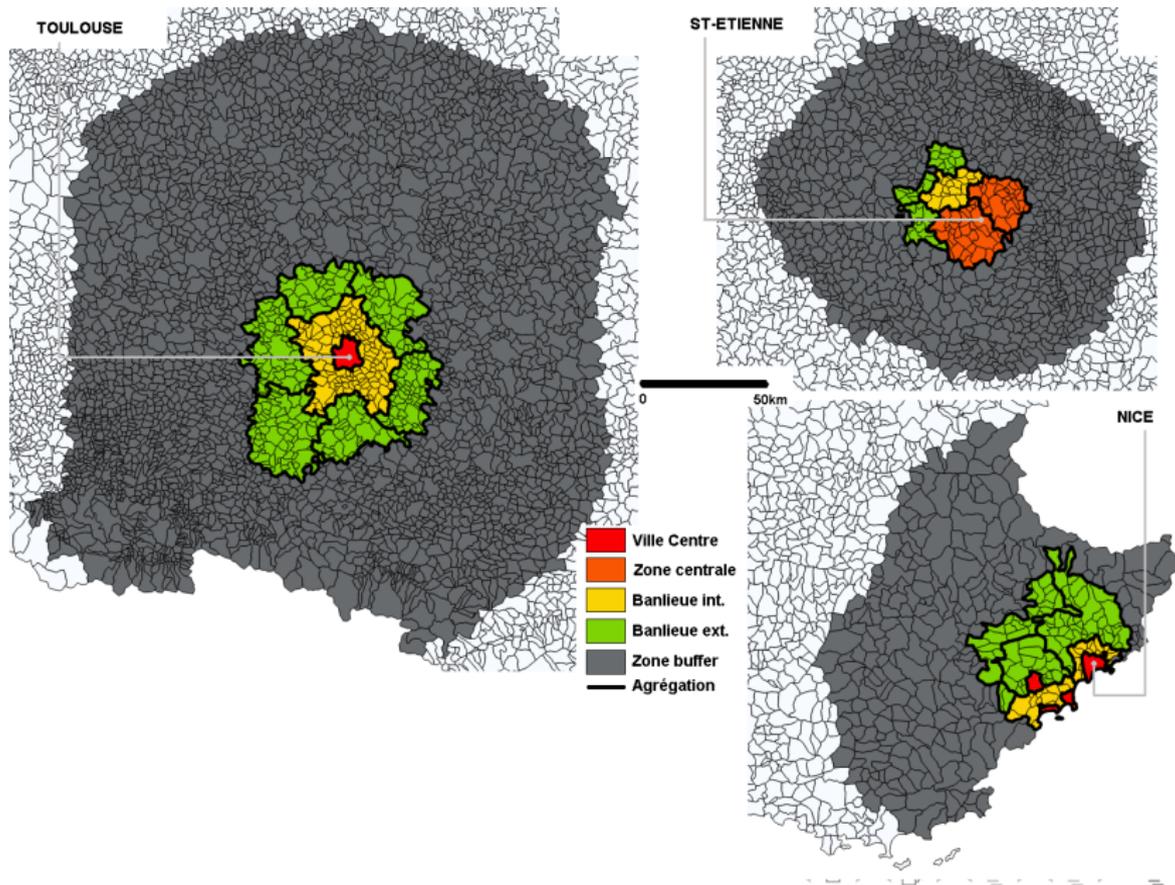
Résidus positifs



0 200 km

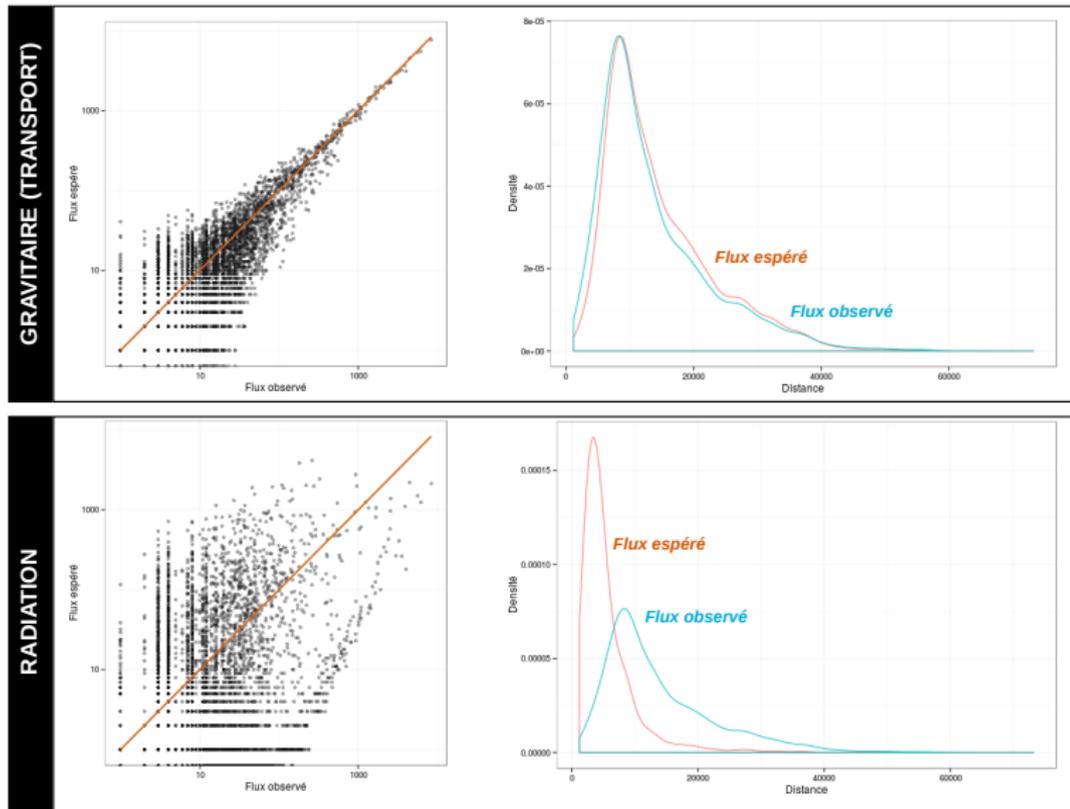
Source : Insee, Zones d'emploi 2010 & Insee, RP, Mobilités domicile-travail 2010

Résultats : aires urbaines



Résultats : aires urbaines

DOMICILE-TRAVAIL - COMMUNES - AU TOULOUSE



Pistes à creuser au niveau des AU

- L'**effet du buffer** sur la qualité de l'estimation est imprévisible
- Le modèle gravitaire semble bon sur des **structures monocentriques**
- Le modèle gravitaire semble bon sur la prévision des gros flux, qui sont des **flux radiaux** dans le cas des structures monocentriques (lien population / distance)
- Le modèle de radiation semble n'être jamais bon à l'**échelle de l'aire urbaine** avec **granularité fine**
- Les deux modèles gravitaires semble différer sur les **structures urbaines polycentriques** : effet de l'ajustement ?

Conclusions

- Un **modèle** est décrit partiellement par sa formule mathématique
- Un **indicateur** est décrit partiellement par sa formule mathématique
- **Comment analyser la qualité des estimations ?**
modèle d'interaction spatiale **vs.** modèle statistique classique
- **Comment expliquer le succès du modèle de radiation ?**
diffusion des innovations **vs.** sociologie de la mode