

Autocorrélation Spatiale

- ▶ **Le concept**
- ▶ **Autocorrélation spatiale**
- ▶ **Statistiques d'autocorrélation spatiale**
- ▶ **Visualisation de l'autocorrélation spatiale**

Le Concept

▶ Définition

Mesure du degré d'interaction entre les individus spatialement localisés

Mesure de la concordance entre similarité de localisations et similarité de valeurs

▶ Données géo-référencées

- unités territoriales discrètes : pays, régions, départements...
- points représentant des unités territoriales : centroïdes de régions
- on recherche des similarités ou dissimilarités entre « voisins », l'existence ou non de concentrations spatiales de valeurs similaires

▶ Terminologie

▪ Dépendance spatiale

- ▶ propriété de la fonction de densité multivariée jointe
- ▶ difficile voire impossible à tester en pratique

▪ Autocorrélation spatiale

- ▶ moment de la fonction de densité multivariée jointe
- ▶ peut être estimée et testée
 - coefficient d'autocorrélation spatiale, auto-covariances spatiales

▪ Autocorrélation en coupe transversale / Association spatiale

- ▶ équivalent à autocorrélation spatiale

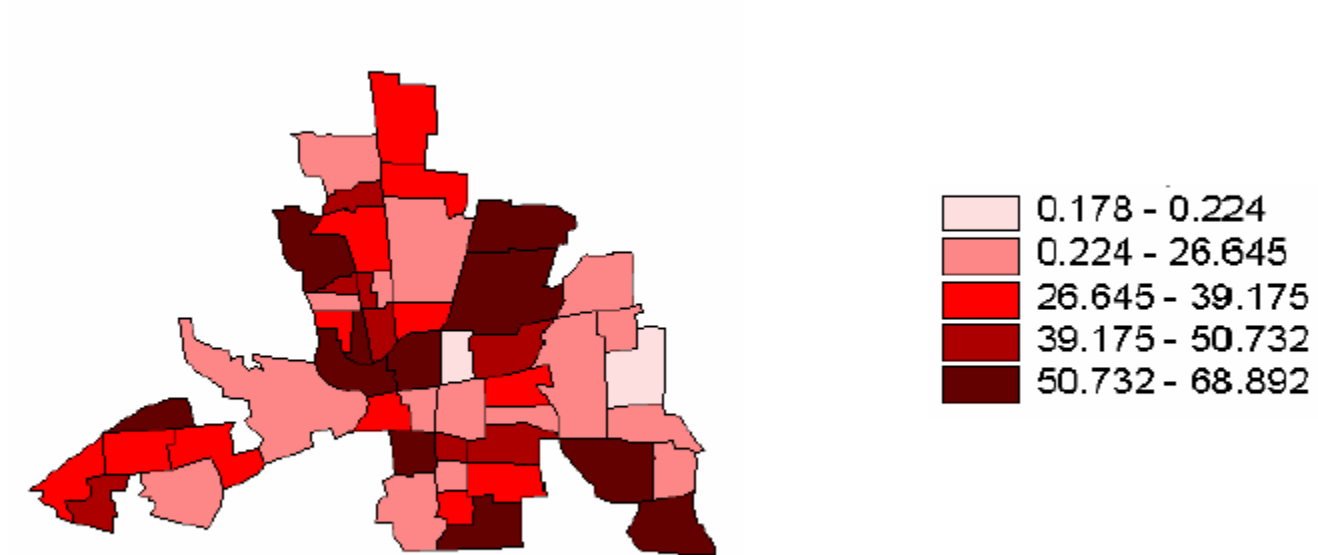
Autocorrélation spatiale

- ▶ L'autocorrélation spatiale indique une relation fonctionnelle entre ce qui se passe en une unité spatiale et ses « voisines »
- ▶ Par rapport aux statistiques traditionnelles, invariantes par rapport à la configuration spatiale des données, l'autocorrélation spatiale fournit une information supplémentaire
- ▶ L'autocorrélation spatiale est **multidirectionnelle**, donc différente de l'autocorrélation temporelle, **unidirectionnelle**
 - ⇒ Les techniques valables pour les séries temporelles ne sont pas directement transposables au cas spatial
- ▶ Sources :
 - Interactions spatiales, contagion, externalités spatiales, effets de débordement géographique (spillovers), effets d'imitation (copy-cattin)...
 - Mauvaise spécification du modèle économétrique : omission de variables₅₉ elles-mêmes spatialement autocorrélées

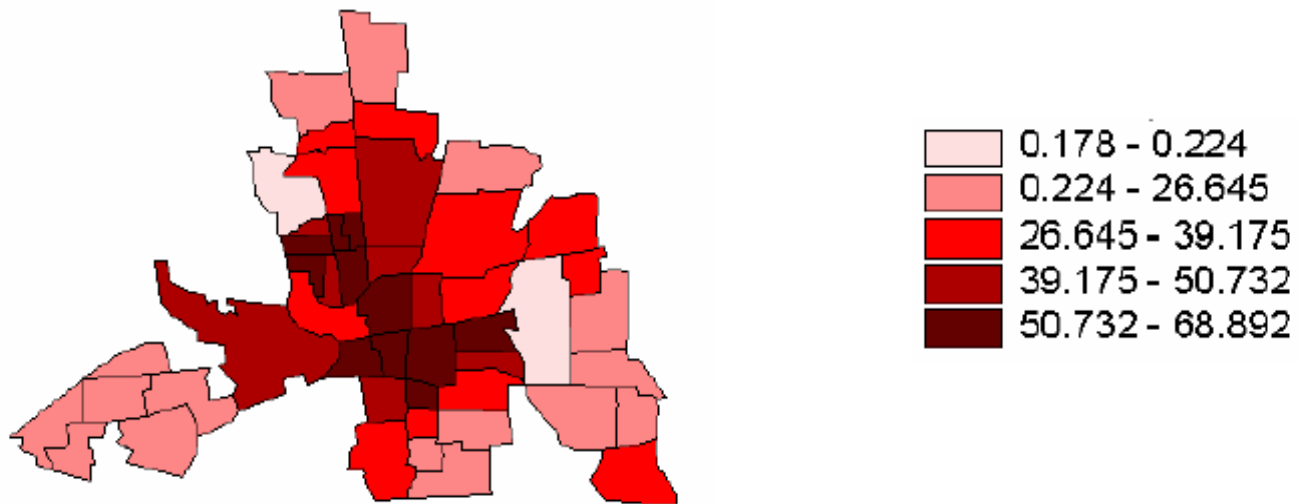
Absence d'autocorrélation spatiale

- ▶ La répartition spatiale des valeurs de la variable est aléatoire
- ▶ Aléas spatial : invariance par permutation aléatoire des individus
- ▶ Les valeurs observées en une localisation ne dépendent pas des valeurs observées en des localisations voisines
- ▶ Le schéma spatial observé est tout aussi vraisemblable que tout autre schéma spatial
- ▶ La localisation des individus peut être modifiée sans affecter le contenu informationnel des données

Aléatoire ou Concentré ? (1)

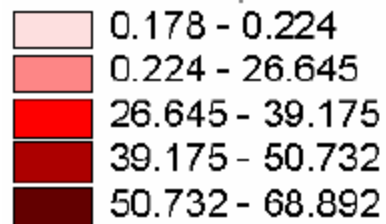
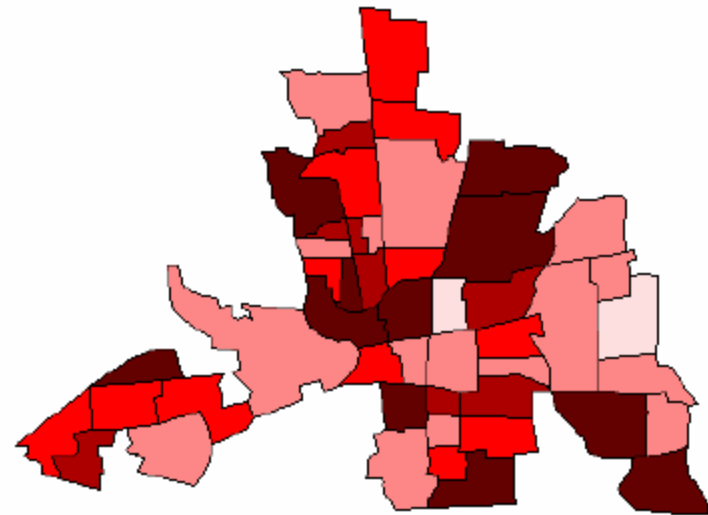
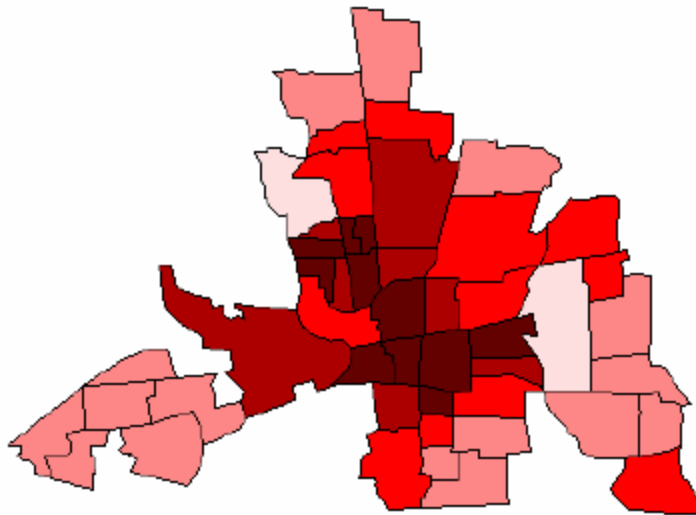


Aléatoire ou Concentré ? (2)



Observé (à gauche) et Aléatoire (à droite)

Cambriolages et vols de véhicules pour 1000 habitant en 1980
Columbus – Ohio (USA) (Anselin, 1988)



Randomization
polyid 1 became 14
polyid 2 became 20
polyid 3 became 48

...

Autocorrélation spatiale positive ou négative

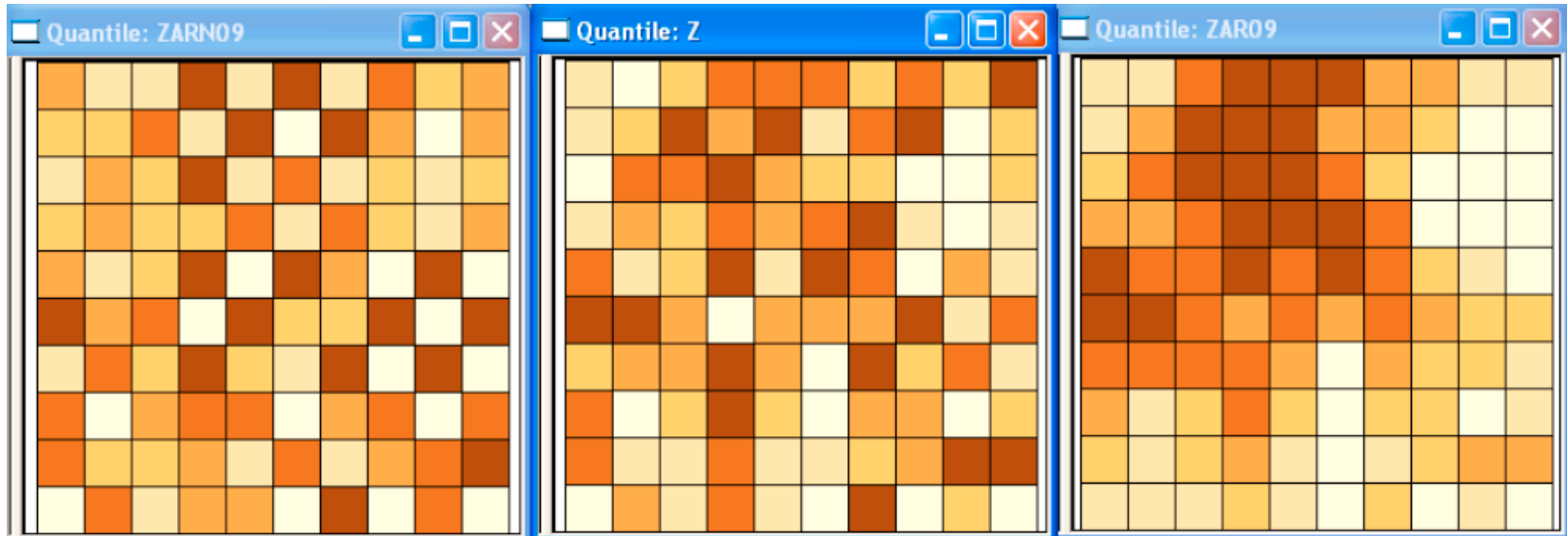
▶ Autocorrélation spatiale positive

- les valeurs similaires tendent à se concentrer dans l'espace
- les voisins sont similaires : « qui se ressemblent... s'assemble »
- compatible avec un processus de diffusion ou de contagion
mais n'est pas nécessairement un processus de diffusion (absence de la dimension temporelle qui définit tout processus de diffusion)

▶ Autocorrélation spatiale négative

- les voisins sont dissimilaires : « qui se ressemble... se disperse »
- schéma spatial en échiquier
- schéma de concurrence spatiale

Schémas d'autocorrélation spatiale



Autocorrélation spatiale négative

structure en échiquier : schéma de concurrence spatiale

Pas d'autocorrélation spatiale

invariance par permutation aléatoire des individus

Autocorrélation spatiale positive

concentration spatiale de valeurs élevées et faibles

Autocorrélation, diffusion, contagion

▶ **L'autocorrélation spatiale positive n'implique pas un processus de diffusion**

- la diffusion tend à produire une autocorrélation spatiale positive, mais la réciproque n'est pas nécessairement vraie
- L'aléa spatial n'est pas compatible avec un processus de diffusion/contagion

▶ **Processus de contagion apparente**

- ⇒ La concentration observée est le résultat de l'hétérogénéité spatiale
- On ne peut pas distinguer une contagion vraie d'une contagion apparente sur la base d'une coupe transversale sans information sur la dimension temporelle
- La diffusion/contagion est un processus dynamique qui requiert une analyse spatio-temporelle

Visualisation de l'autocorrélation spatiale

▶ Diagramme du décalage spatial

- Valeur en i comparée à la moyenne pondérée des voisins :
 x_i par rapport à $(Wx)_i$
- Valeurs similaires = autocorrélation spatiale positive
- Valeurs dissimilaires = autocorrélation spatiale négative

▶ Diagramme en secteurs du décalage spatial

- x_i et $(Wx)_i$ en parts du disque (si $x > 0$ seulement)

▶ Diagramme en barres du décalage spatial

- x_i et $(Wx)_i$ représenté par des barres

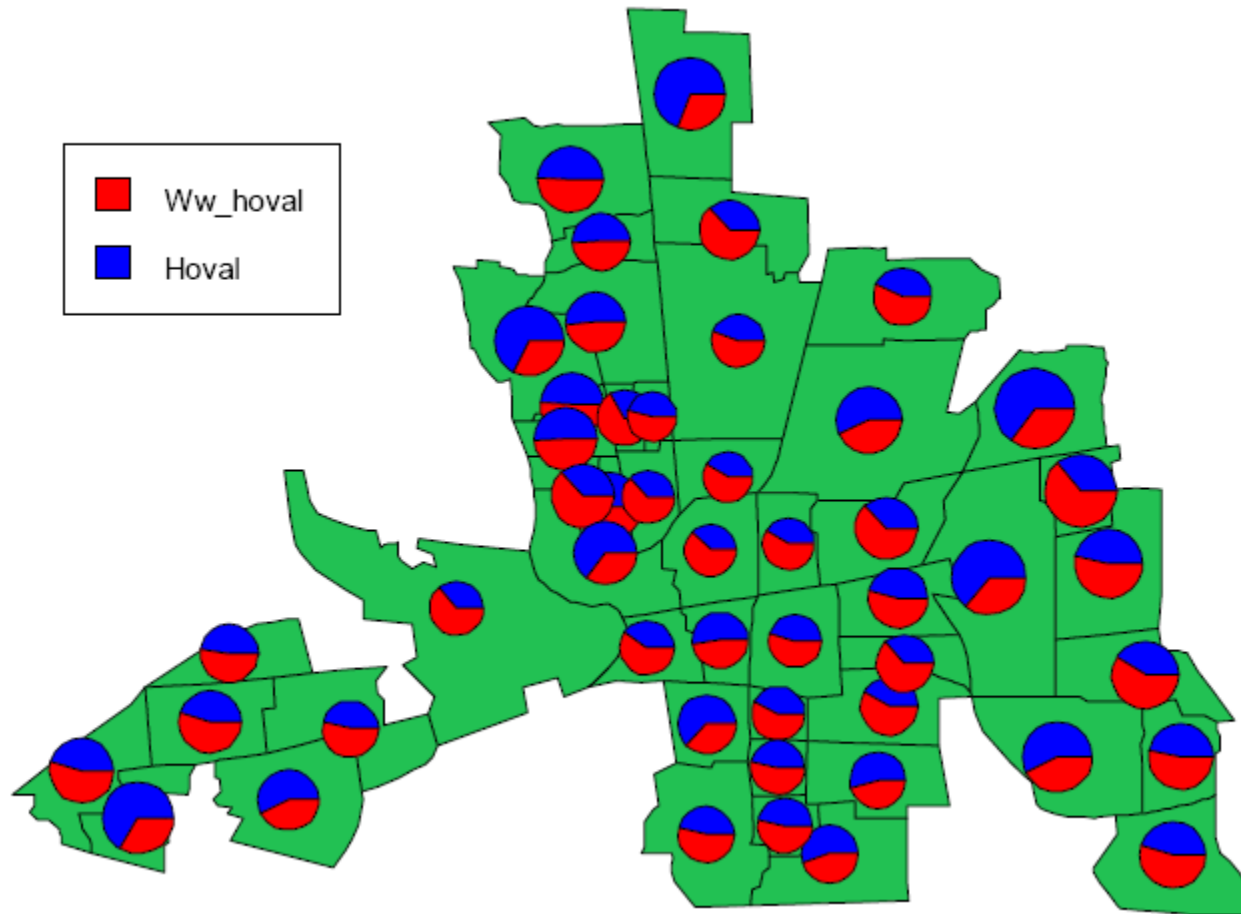


Diagramme spatial en secteur

bleu : valeur des biens immobiliers en i

rouge : décalage spatial : valeur moyenne des biens immobilier dans le voisinage

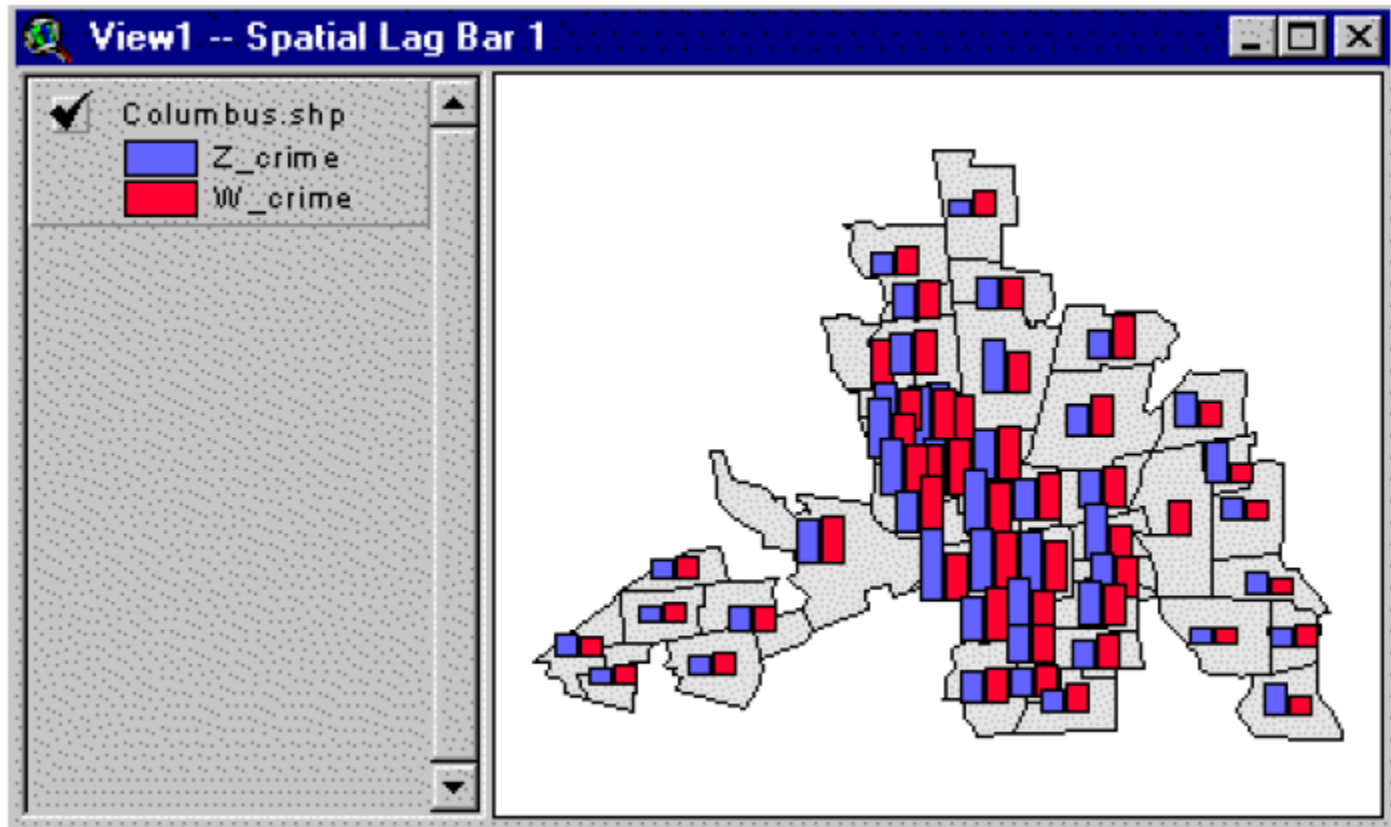


Diagramme spatial en barre

bleu : taux de criminalité en i

rouge : décalage spatial : taux moyen de criminalité dans le voisinage

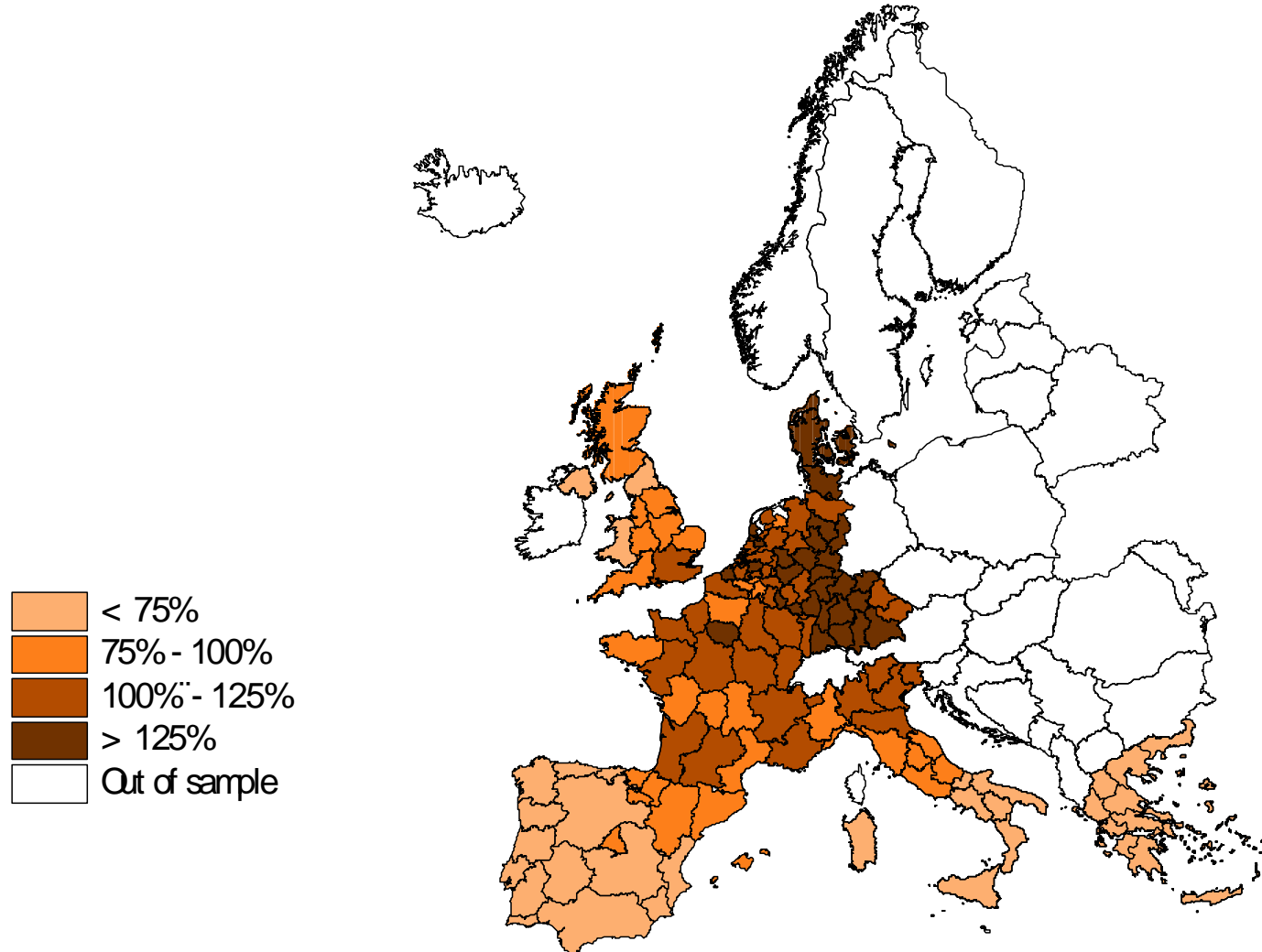
Hétérogénéité spatiale

- ▶ **Le concept**
- ▶ **Exemples**

Le concept

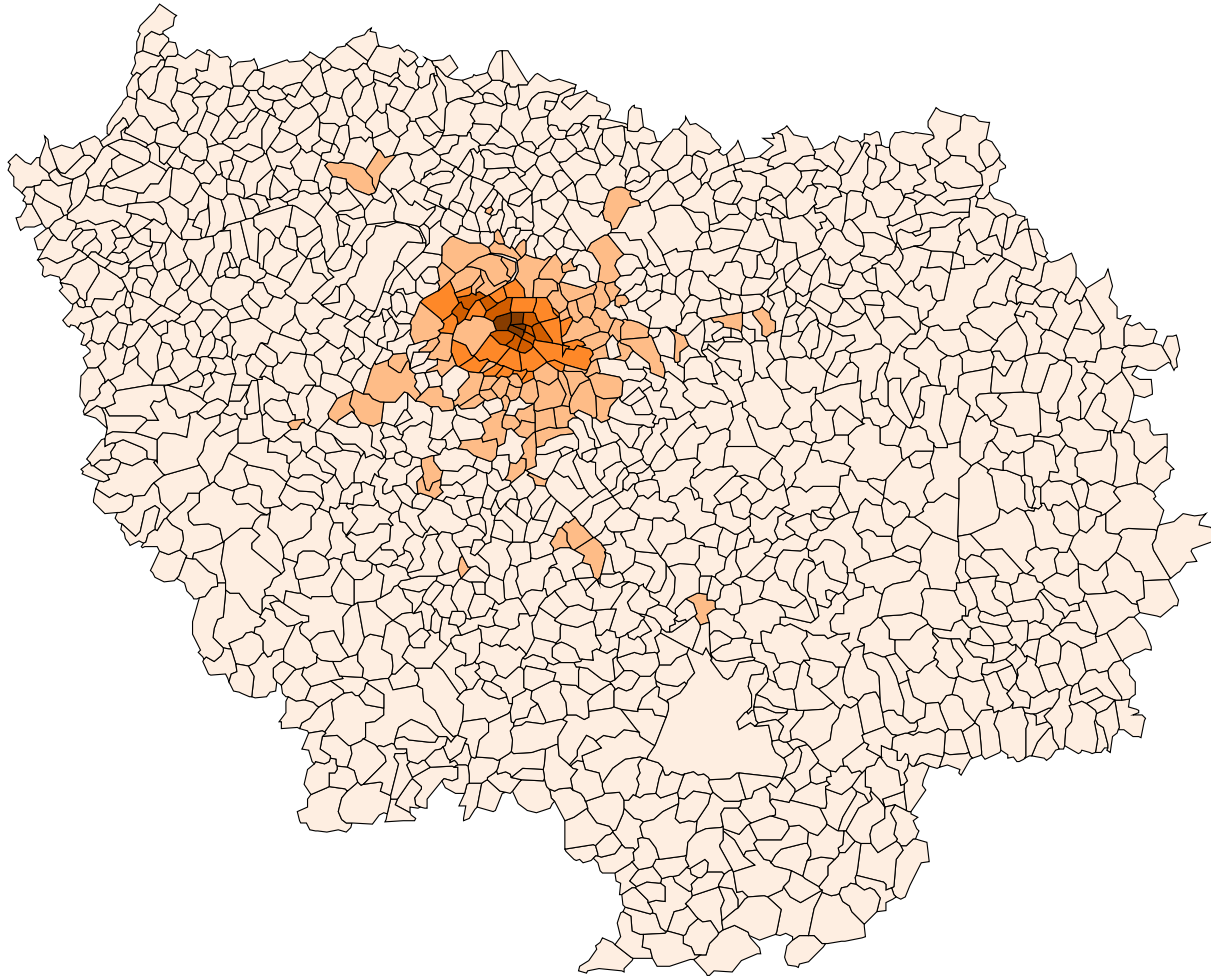
- ▶ L'hétérogénéité spatiale est liée à la différenciation des comportements dans l'espace
 - *Instabilité structurelle* : instabilité spatiale des coefficients de la régression et non-linéarité des formes fonctionnelles
 - *Hétéroscédasticité* : elle peut provenir de variables omises ou de toute autre forme de mauvaise spécification économétrique
- ▶ Elle se retrouve à plusieurs échelles spatiales :
 - Centre et périphérie d'une aire urbaine
 - Région urbaine vs. Région rurale
 - « Nord » et « Sud » de l'Europe
- ▶ L'hétérogénéité spatiale peut être traitée par les méthodes économétriques standard

Exemple 1 : Union Européenne



PIB par tête en Ecus relativement à la moyenne de l'échantillon en 1995
(NUTS2 sauf GB en NUTS1 / Eurostat -Regio)

Exemple 2 : Ile-de-France



Densité d'emploi en Ile-de-France en 1997 (INSEE)

Guillain R., Le Gallo J. et Boiteux-Orain C. " Changes in spatial and sectoral patterns of employment in Ile-de-France, 1978-1997 ", *Urban Studies*, 2006, vol. 43, n° 11, pp. 2075-2098