



**HAL**  
open science

## Autocorrélation spatiale

Sébastien Oliveau

► **To cite this version:**

| Sébastien Oliveau. Autocorrélation spatiale. 2017, pp.4. hal-01448724

**HAL Id: hal-01448724**

**<https://hal.science/hal-01448724>**

Submitted on 28 Jan 2017

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Autocorrélation spatiale

(Article pour l'encyclopédie en ligne Hypergé)

Sébastien Oliveau,

Université d'Aix-Marseille, CNRS, UMR 7300 ESPACE

Corrélation d'une variable avec elle-même, lorsque les observations sont considérées avec un décalage dans le temps (autocorrélation temporelle) ou dans l'espace (autocorrélation spatiale). Si la présence d'une qualité dans une partie d'un territoire rend sa présence dans les zones voisines plus ou moins probable, il existe un effet de **contiguïté** dans la structure spatiale, le phénomène montre une autocorrélation spatiale. Lorsque l'autocorrélation est positive, des régions voisines tendent à avoir des propriétés identiques ou des valeurs semblables : de telles configurations sont par exemple des régions homogènes\*, ou bien des gradients\* réguliers. Lorsque l'autocorrélation est négative, des régions voisines ont des qualités différentes, ou bien les valeurs fortes et faibles alternent.

Les mesures de l'autocorrélation spatiale dépendent de l'échelle d'analyse et du niveau de résolution de la grille à travers laquelle une distribution est observée. Ces mesures sont des rapports entre la covariance\* mesurée pour un pas\* donné et la variance\* totale. Les indices les plus utilisés sont celui de Moran (1950) et de Geary (1954).

En géographie, Cliff et Ord (1969 et 1973) ont profondément remanié les statistiques de Moran et Geary (voir figure 1). La version réécrite par Cliff et Ord du I de Moran est l'indicateur le plus utilisé aujourd'hui pour mesurer l'autocorrélation spatiale.

$$I \text{ de Moran} = \frac{n}{m} \times \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (z_i - \bar{z})(z_j - \bar{z})}{\sum_i (z_i - \bar{z})^2}$$

$$c \text{ de Geary} = \frac{n-1}{2m} \times \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (z_i - z_j)^2}{\sum_i (z_i - \bar{z})^2}$$

"x" et "y" sont réservés aux coordonnées des entités géographiques.

$z_i$  = valeur de la variable pour l'entité "i", sa moyenne est  $\bar{z}$

$i$  = entité géographique

$j$  = voisins des entités "i".

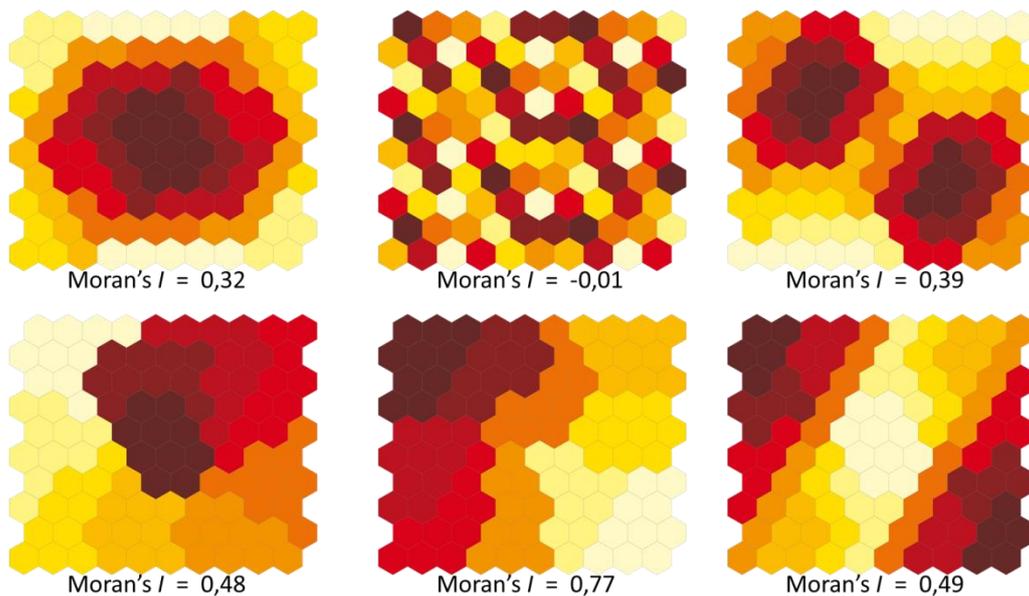
$n$  = nombre total d'entités géographiques dans l'échantillon

$m$  = nombre total de paires de voisins

$W$  = matrice de pondération, dont les éléments prennent, par exemple, la valeur "1" pour les " $i,j$ " voisins et "0" autrement.

Figure 1 : le I de Moran et le c de Geary tel que reformulés par Cliff et Ord.

Comme le montre l'équation de la figure 1, le  $I$  de Moran compare l'écart de la valeur d'un individu à la moyenne à la valeur des voisins de ces individus à la moyenne. Plus les valeurs des individus et de leurs voisins sont éloignées de la moyenne et proches entre eux, et plus l'indice de Moran sera fort. L'indice évolue ainsi de -1 (autocorrélation spatiale négative) à 1 (autocorrélation spatiale positive) en passant par 0 (absence d'autocorrélation spatiale). On peut noter trois limites à cet indice. La première est qu'il donne une valeur globale, et que la même valeur de l'indice peut refléter deux configurations spatiales très différentes. Par exemple, les premier et troisième schémas de la figure 2 ont des indices proches alors que leur configuration spatiale est très différente (un gradient autour d'un centre dans le premier cas et deux pôles avec gradients dans le second). La seconde est de prendre en compte l'écart à la moyenne, et de rester en quelques sorte « aveugle » aux individus voisins qui auraient des valeurs proches, mais proches aussi de la moyenne. Enfin, la troisième est récurrente en analyse spatiale : l'indice de Moran est sensible au niveau d'observation et au mode de voisinage\* choisi (Oliveau, 2010).

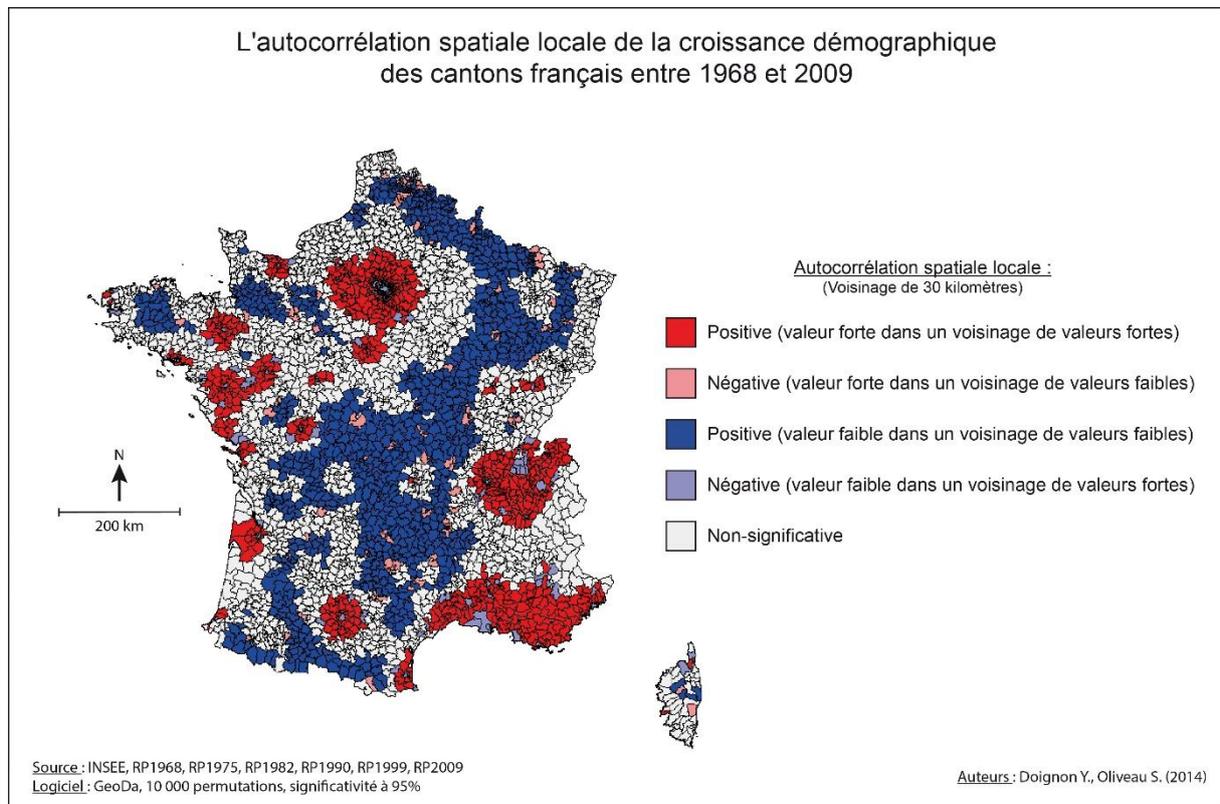


**Figure 2** : Différentes configurations spatiales et les indices de Moran associés (d'après Wong, 2011 :

332

Dans les années 1990, les chercheurs ont proposé des solutions pour désagréger ces indicateurs qui ne donnaient que des valeurs globales. C'est ainsi que sont nées les mesures locales d'autocorrélation spatiale. Parmi celles-ci, les LISA (Indicateurs Locaux d'Association Spatiale) de Luc Anselin (1995) sont les plus utilisées. Il s'agit d'une désagrégation des indicateurs de Cliff et Ord (Indice local de Moran et Indice local de Geary). Ces mesures locales permettent d'identifier la participation de chaque entité géographique au niveau global d'autocorrélation spatiale. Elles permettent aussi de mettre en évidence des poches de plus forte autocorrélation spatiale (positive ou négative), appelée couramment hot-spots. La figure 3 (extraite de Oliveau, Doignon, 2016) présente ainsi les hot-spots de la croissance démographique française entre 1968 et 2009. On y retrouve en rouge les cantons où la croissance démographique a été forte et où les cantons voisins avaient aussi une forte

croissance. A l'inverse en bleu marine, on repère les cantons à croissance faible ou en décroissance dont les voisins connaissent des dynamiques identiques.



**Figure 3** : Les hot-spots de la croissance démographique en France entre 1968 et 2009 (Oliveau, Doignon, 2016)

La présence d'autocorrélation spatiale invalide les conditions d'utilisation de nombreux outils statistiques, notamment les techniques de régression, qui nécessitent comme condition d'application le fait que les valeurs des variables soient indépendantes d'un individu à l'autre. Un champ de recherche important s'est donc développé pour prendre en compte cette autocorrélation spatiale dans les modèles. Parmi eux, par exemple, on citera les modèles spatiaux autorégressifs, qui permettent de prendre en compte l'autocorrélation spatiale dans le développement de modèles de régression linéaire. Guilmoto (2008) conclue ainsi son article sur la surmasculinité en Inde : « La modélisation spatiale a trois effets principaux : elle relativise les effets surestimés de plusieurs variables socio-économiques, elle confirme l'importance de certaines variables dans la compréhension du phénomène et elle met en évidence un effet propre de la diffusion spatiale des comportements. »

ANSELIN, L., (1995), « Local indicators of spatial association - LISA », *Geographical Analysis*, Vol. 27, n°2, pp. 93-115.

- CLIFF, A.D., ORD, K.J., (1969), « The Problem of Spatial Autocorrelation », in Scott, A.J., (ed.), *Papers in Regional Science, Volume 1, Studies in Regional Science*, Pion, Londres, pp. 25-55.
- CLIFF A.D. ORD, K.J. 1973, *Spatial autocorrelation*. London, Pion.
- GEARY, R.C., (1954), « The contiguity ratio and statistical mapping ». *The Incorporated Statistician*, vol.5, n°3, pp.115–145.
- GRIFFITH, D.A., (1992), « Spatial regression analysis on the PC: spatial statistics using SAS », department of geography and Interdisciplinary statistics Program, Syracuse University.
- GUILMOTO C Z. 2008. «L'économie, le social et le spatial. La surmasculinité juvénile en Inde.» *Population*, 63 (1), 2008, 93-122.
- KRISHNA IYER, P.V.A., (1949), « The First and Second Moments of Some Probability Distributions Arising from Points on a Lattice, and their Applications », *Biometrika*, n°36, pp. 135-41.
- MORAN, P.A.P., (1948), « The interpretation of statistical maps », *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*, Vol. 10, pp. 243-251.
- MORAN, P.A.P., (1950), « Notes on continuous stochastic phenomena », *Biometrika*, Vol. 37, n°1/2, pp. 17-23.
- OLIVEAU, S., (2010), « Autocorrélation spatiale : leçons du changement d'échelle », *L'Espace Géographique*, n°1, pp. 51-64.
- OLIVEAU S., DOIGNON Y., (2016), « La diagonale se vide ? Analyse spatiale exploratoire des décroissances démographiques en France métropolitaine depuis 50 ans », *Cybergeo*. doi: 10.4000/cybergeo.27439