

Interactions potentielles entre les lieux : application du modèle gravitaire aux villes du nord de la France

Discussion de projet

- thèse sous la direction de Lena Sanders et Nicolas Verdier, UMR Géographie-cités, Université Paris 1 : « Une ville en système avec d'autres villes sur 2 000 ans. Pour l'étude de l'évolution urbaine par l'archéologie et la géographie. »
- thématiques de l'atelier concernées : 2 - synthèses archéologiques urbaines et territoriales ; 4 - exploration multidimensionnelle de sources croisées pour l'archéologie ;

présentation

Gravier Julie

Le support de la présentation, ainsi que le notebook R et l'application sont disponibles en ligne :

- [support](#)
- [notebook R](#) (à ouvrir dans votre navigateur préféré sans Adblock Plus)
- [application](#)

La présentation s'inscrit dans le cadre d'une thèse visant à étudier la ville de Noyon (Picardie) en système avec d'autres villes au cours du temps long de 2 000 ans. L'objectif thématique de la thèse est d'expliquer la trajectoire de Noyon au regard de son inscription spatiale et de sa position relative par rapport aux autres villes avec lesquelles elle fait système au cours du temps. Nous sommes confrontés à deux difficultés majeures pour répondre à cet objectif : d'une part, les sociétés étudiées sont très différentes sur 2 000 ans, tant en matière d'organisation politique, économique, etc. qu'en matière de connaissances technologiques, et d'autre part, les données pour les périodes anciennes sont imparfaites (Runz 2008). En particulier, les données sur les flux entre les lieux sont soit inexistantes, soit non exhaustives (spatialement et quantitativement). Dès lors il s'avère intéressant de déduire des flux à partir de modèles (Nuninger *et al.* 2006). La présentation portait ici sur l'application du modèle gravitaire généralisé par Pareto¹ aux villes du nord de la France.

Elle s'est déroulée en trois grands points de discussion. En s'appuyant sur des cas d'application du modèle gravitaire, on a premièrement explicité deux pratiques de son utilisation – l'une à des fins de description et l'autre à des fins de prédiction (pour le futur ou le passé).

Deuxièmement nous avons présenté l'implémentation du modèle réalisée en R à partir d'un jeu de données sur les villes du nord de la France en 1836. Les données en entrées sont composées d'un tableau des villes étudiées et de leurs populations (en format .csv), et leurs localisations sont connues

¹ Le modèle s'écrit $F_{ij} = k \cdot \frac{P_i * P_j}{D_{ij}^\alpha}$ sachant que F_{ij} correspond au flux entre un lieu i et un lieu j , P_i et P_j aux poids des lieux (appelés aussi masses et correspondant souvent aux populations) et D_{ij} à la distance entre i et j . Par ailleurs, k et α sont des paramètres, avec k qui est une constante de proportionnalité et α le frein (variable) de la distance.

dans un jeu de données spatial (en format .shp). Ces formats en entrées ne sont pas les plus judicieux mais ils s'apparentent, selon nous, aux types de format les plus utilisés dans les pratiques des archéologues, ayant d'un côté un semis localisé dans un SIG et de l'autre des données relatives à ce semis dans différents tableaux. Ainsi, l'implémentation du modèle est plus facilement réutilisable par d'autres. En aval, différentes sorties sont envisagées pour étudier les flux potentiels entre les villes, en particulier des sorties cartographiques et matricielles (figures 1 et 2).

Les études empiriques sur des données contemporaines permettent d'observer, après ajustement du modèle quand on connaît les Fij, que le frein de la distance varie selon les cas étudiés. À titre d'exemple, dans leur critique de Stewart en 1960 (*Methods of Regional Analysis*), Walter Isard et David Bramhall ont examiné de nombreuses études et montrent que l'exposant α de la distance varie entre 0,689 et 2,9 (Varenne 2017 : 265). Or, dans les études des archéologues, α est souvent égal à 2 (en référence au modèle classique de Stewart) car les données lacunaires pour les périodes anciennes ne permettent pas d'ajuster le modèle gravitaire (on ne connaît pas les Fij !). Notre troisième objectif était donc de tester plusieurs valeurs de paramètres α et de comparer les résultats des flux potentiels obtenus avec un réseau que l'on connaît pour la même période : les routes de postes à chevaux en 1833 (Verdier, Bretagnolle 2007). La mise en place d'une application interactive nous a justement permis de faire varier le paramètre facilement pour explorer les résultats du modèle. La comparaison avait pour objectif de mettre au jour des valeurs de paramètre qui seraient aberrantes et d'obtenir – au moins – un intervalle de valeurs ayant du sens. Sachant que les données que l'on teste datent des années 1830 et que l'on se situe avant l'arrivée du chemin de fer (donc dans un contexte où les distances-temps sont semblables aux périodes plus anciennes), il nous semblait que cet intervalle de valeurs pourrait être appliqué aux 1^{er}-18^e s. pour évaluer les flux entre Noyon et les villes avec lesquelles elle faisait système. Toutefois, la comparaison s'est avérée très difficile car le réseau des routes de postes à chevaux est, d'une part, composé de relais différents des villes (mais les villes sont incluses dans l'ensemble des relais), et surtout d'autre part, fondé sur une logique spatiale de proche en proche (contrairement au modèle gravitaire).

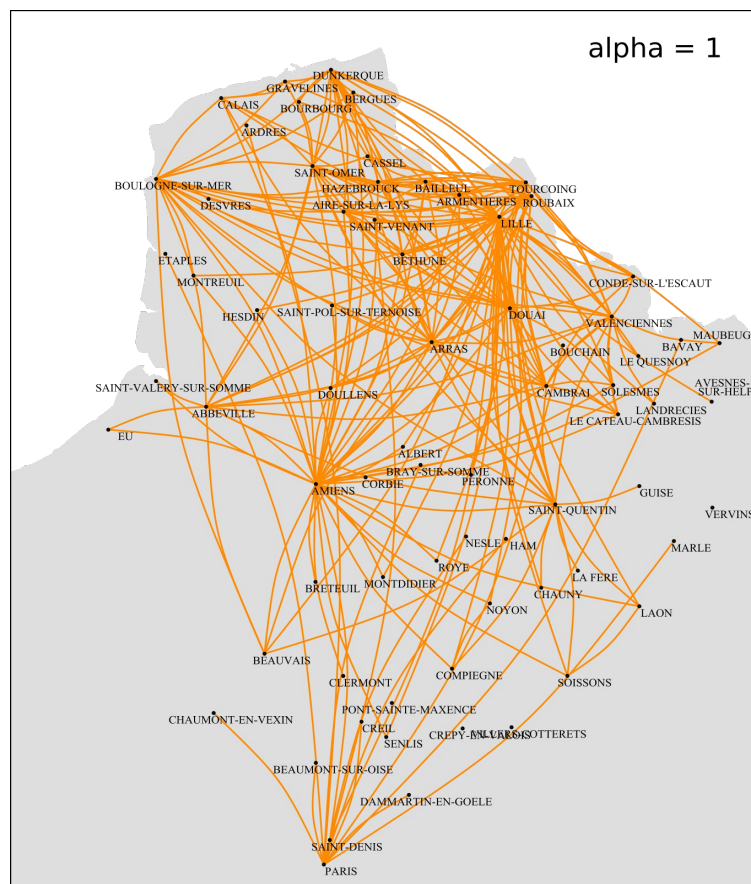


figure 1 : flux potentiels des villes du nord de la France en 1836 (10 % des flux majeurs)

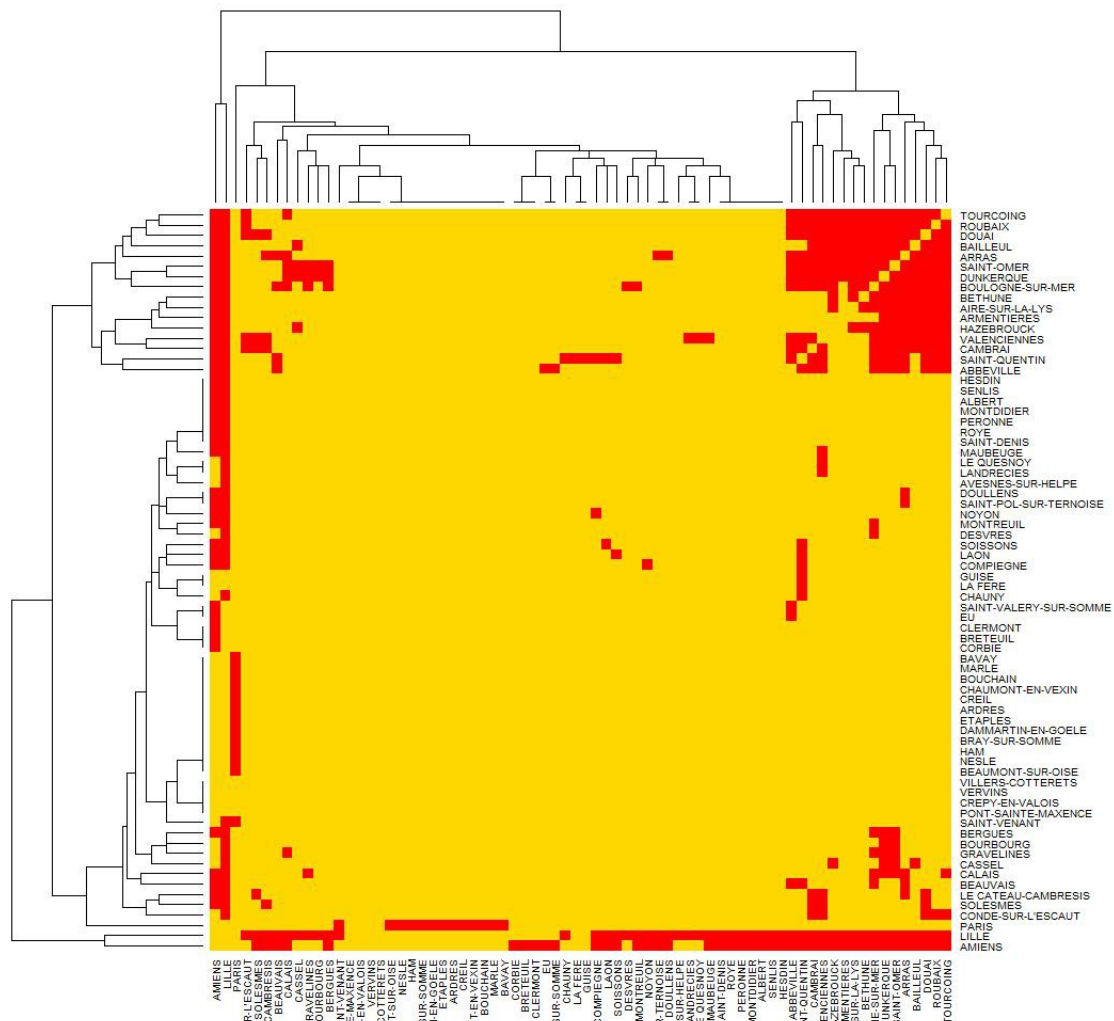


figure 2 : flux potentiels des villes du nord de la France en 1836 avec $\alpha = 1$
(10 % des flux majeurs : présence en rouge et absence en jaune)

discussion

BD : Bruno Desachy ; JG : Julie Gravier ; YR : Younes Rezkallah ; CT : Christophe Tufféry

BD : L'estimation des flux inter-urbains que tu construis à partir de la situation des années 1830 est complémentaire de celle des populations urbaines à partir des surfaces (par régression parabolique) que tu avais présenté lors d'un précédent atelier (Gravier 2016). L'interface qui permet de modifier le paramètre alpha (pondération de la distance) et de choisir un seuil de valeurs de flux me semble particulièrement intéressante : cela inscrit l'application du modèle dans une démarche judicieusement « néo-processuelle », c'est-à-dire où l'on ne cherche pas ériger en vérité un modèle formel paramétré une fois pour toutes ; mais où, d'une part, comme tu le dis, on se sert du modèle pour mettre en évidence les écarts au modèle sur lesquels poursuivre l'analyse, et d'autre part, on fait varier les paramètres du modèle pour explorer les données observées sous plusieurs hypothèses. Le caractère lacunaire ou incertain des données archéologiques pour nourrir les paramètres de modélisations ambitieuses implique d'essayer plusieurs hypothèses en faisant varier au maximum les paramètres (tout en restant compatibles avec les données) ; quitte à préférer une hypothèse et à expliquer pourquoi. Cela me paraît nettement préférable au « processualisme naïf » qui cherche à enfermer une réalité dans un modèle limité, censé être plus probant que le discours non formalisé, mais qui est en fait d'autant plus

limité et non probant que l'on n'essaie pas (ou que l'on évite ?) d'en faire varier les paramètres ; je pense en particulier à une tentative récente de modélisation globale de l'inégalité dans les sociétés du passé (Kohler et al. 2017) qui a eu les honneurs de *Nature*... Ici, la possibilité que tu nous a montrée de sélectionner les flux au dessus d'un seuil variable paraît très très intéressante en particulier pour monter le seuil, et éliminer des flux, jusqu'à faire apparaître des ensembles connexes distincts : ce peut être le support de la recherche de « frontières » entre différentes zones ou ensembles (sous-réseaux de villes avec des polarisations différentes).

JG : Effectivement. Mais l'image que tu donnes de l'article de Kohler et al. est un peu caricaturale, le contenu est plus subtil que cela... Je suis toutefois entièrement d'accord avec le fait que faire varier les paramètres est essentiel quelque soit le type de modèle (statistique, spatial, etc.). L'objectif de cette présentation était également de montrer l'importance de la création d'outils interactifs de visualisation de données (possible aujourd'hui à réaliser relativement facilement avec le package Shiny dans R... y compris par les archéologues eux-mêmes !). Cette interactivité facile à mettre en place est un pas de géant dans l'application de modèles car elle permet deux choses complémentaires : d'une part, il devient très rapide de tester des paramétrages différents et l'on peut dès lors explorer les résultats aisément, et d'autre part, elle est utile pour discuter les résultats par d'autres (qui peuvent, eux aussi, tester le paramétrage).

YR : pour nourrir l'estimation des flux dans le modèle, en particulier concernant les voies à la période antique, peut-on s'appuyer sur le tracé connu de ces voies et les indications épigraphiques à leur sujet ?

JG : l'application présentée concerne une zone assez vaste du nord-est de la France actuelle, pour laquelle je n'ai pas cherché à intégrer toutes les données archéologiques. C'est un travail en cours sur l'espace plus réduit des relations entre les villes que j'étudie plus particulièrement – principalement Noyon, et l'ensemble Noyon/Beauvais/Saint-Quentin – et pour lesquelles je connais la documentation archéologique. Pour les voies antiques, la documentation est malheureusement assez pauvre : beaucoup de suppositions d'archéologues quant aux tracés, mais peu de données réellement observées.

CT : les appellations de « bourgs » et « villes » mentionnées dans les documents utilisés doivent être discutées en élaborant une critique des sources elles-mêmes, nécessaire pour évaluer les variations sémantiques autour de ces termes ; sans quoi leur emploi peut poser problème.

JG : oui tout à fait ! Je suis passée assez rapidement sur le sujet ici car ce n'était pas le cœur de la présentation. Dans le présent cas j'ai souhaité retirer les dits « bourgs » du modèle gravitaire compte tenu du fait que sous cette appellation – par les acteurs de l'époque – on retrouve des peuplements très différents en matière de densité d'occupation (c'est pourquoi il n'existe pas de relation statistique entre population et surface). On comprend donc bien qu'il s'agit ainsi d'une entité relativement floue : un type de peuplement qui est un entre-deux entre la ville et le village. Plutôt que de retirer tous les bourgs, une autre solution aurait été de traiter chaque bourg de la carte d'état-major en se demandant si la forme du peuplement visible sur la carte est plutôt semblable à une ville ou à un village et ainsi de les requalifier.

références citées

Gravier 2016

GRAVIER J., « Interroger la taille des villes sur le temps long : premiers éléments de discussion », in Atelier SITraDA (Système d'Information et Traitement de Données Archéologiques), *compte-rendu 2015-2016* [en ligne], Université Paris 1 – ED 112, Paris, pp. 39-48, URL : http://cours.univ-paris1.fr/pluginfile.php/631164/mod_resource/content/16/2016_CR_SITRADA.pdf

Kohler et al. 2017

Kohler T. A., Smith M. E., Bogaard A., Feinman G. M., Peterson C. E., Betzenhauser A., Pailles M., Stone E. C., Prentiss A. M., Dennehy T. J., Ellyson L. J., Nicholas L. M., Faulseit R. K., Styring A., Whitlam J., Fochesato M., Foor T. A. et Bowles S., « Greater post-Neolithic wealth disparities in Eurasia than in North America and Mesoamerica », *Nature* [en ligne], 551, 7682 : 619, URL : <http://www.nature.com/articles/nature24646>

Nuninger et al. 2006

NUNINGER L., SANDERS L., FAVORY F., GARMY P., RAYNAUD C., ROZENBLAT C., KADDOURI L., MATHIAN H., SCHNEIDER L., « La modélisation des réseaux d'habitat en archéologie : trois expériences », *M@ppemonde* [en ligne], 83, pp. 1-28, URL : <http://mappemonde.mgm.fr/num11/articles/art06302.html>

Runz 2008

RUNZ C. de, *Imperfection, temps et espace : modélisation, analyse et visualisation dans un SIG archéologique* [en ligne], (s.l., Université de Reims Champagne-Ardenne, Thèse de doctorat sous la direction de M. Herbin et F. Piantoni), URL : <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00560668/document>

Varenne 2017

VARENNE F., *Théories et modèles en sciences humaines. Le cas de la géographie*, Paris : Editions Matériologiques.

Verdier, Bretagnolle 2007

VERDIER N., BRETAGNOLLE A., « L'extension du réseau des routes de poste en France, de 1708 à 1833 », in LE ROUX M. (éd.), *Histoire des réseaux postaux en Europe du XVIIIe au XXIe siècle* [en ligne], Paris : Comité pour l'histoire de la Poste, pp. 155-193, URL : <http://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00144693>