

Croiser les outils de représentation pour explorer le changement

Le cas de la localisation des activités à Tours sur 2 000 ans

AUTEURE

Lucie NAHASSIA

RÉSUMÉ

L'usage classique de différents types de représentations (cartes, graphiques...) n'est pas toujours adapté aux études portant sur le temps long des territoires. Dans le cadre d'un travail sur Tours et les dynamiques spatio-temporelles de localisation des activités sur plus de 2 000 ans, les limites des approches conventionnelles ont été dépassées dans une démarche de croisement des modes et méthodes de représentations. À partir de données archéologiques, des cartes d'états de l'espace intra-urbain peuvent être produites, du simple inventaire à des analyses spatiales plus approfondies. Mais ce type de représentation reste très limité pour étudier le changement. En complément, des variables synthétiques sont donc développées et représentées de manière à exprimer toute la richesse temporelle des données. Elles opèrent une généralisation de l'information qui est nécessaire à l'analyse mais qui gagne à être confrontée aux données initiales. La démarche est donc complétée par le déploiement d'une application web d'exploration spatio-temporelle des données.

MOTS CLÉS

Analyse spatio-temporelle, changement, exploration de données, temps long

ABSTRACT

Standard uses of data representations (maps, charts...) are not always sufficient when analysing the long term dynamics of a territory. When working on the case study of the location of activities in the city of Tours for 2,000 years, we addressed this difficulty by using both usual and new methodologies. First, static maps are produced based on archaeological data, ranging from simple location to statistical maps. However, these methods are not enough to properly represent and study the changes of spatial structures. New, more synthetic, variables are then generated and charted in a way which fully expresses the temporal complexity of the studied dynamics. The generalisation that occurs during this process is intended, but it also needs to be confronted back to the detailed data. To facilitate this, the process includes the development and use of a web application to dynamically explore the temporal, spatial and functional dimensions of data.

KEYWORDS

Spatio-temporal analysis, Change, Data mining, Long term

INTRODUCTION

Cette communication propose d'interroger le rôle de la représentation comme outil pour explorer les dynamiques spatiales des territoires anciens, dans le cadre spécifique d'une étude sur le temps long. Elle repose sur un travail de thèse portant sur la dynamique intra-urbaine de Tours étudiée à travers la localisation des activités depuis la fondation de la ville, vers 25 avant J.-C., jusqu'à aujourd'hui. Cette amplitude très large est doublée d'une échelle temporelle fine puisque ce travail exploite des données archéologiques datées à l'année. Dès lors, quels

types de représentation peut-on mobiliser pour identifier des changements sur plus de 2 000 pas de temps consécutifs ? Quelles méthodes mettre en place pour répondre à des questions d'ordre à la fois temporel (quels rythmes du changement) et spatial (quels motifs d'organisation du territoire intra-urbain) ?

Si de multiples méthodes peuvent être pertinentes, nous considérons que c'est surtout leur croisement qui est fécond. Après avoir identifié les limites des représentations spatiales classiques, nous proposons des modes de représentation alternatifs et complémentaires qui permettent d'explorer et d'identifier le changement entre une multitude d'états successifs. La carte, le graphique et l'application web, utilisés conjointement, constituent les supports de ce renouvellement méthodologique à condition de porter une attention particulière à l'intégration des dimensions spatiales et temporelles au sein des indicateurs développés.

1. LES SOURCES : DES DONNÉES ARCHÉOLOGIQUES POUR LOCALISER LES ACTIVITÉS À TOURS DANS LE TEMPS LONG

Pour explorer la localisation des activités dans l'espace urbain, nous exploitons les données d'un SIG archéologique : Topographie de Tours Pré-Industrielle (ToToPI). Développé depuis plus de 20 ans au Laboratoire Archéologie et Territoire (aujourd'hui équipe Citeres), il rassemble différentes données sur la ville (Rodier, 2000) : cadastres, modèles numériques de terrains, zones d'opérations archéologiques, etc. Nous utilisons ici en particulier une base de données, couvrant toute la durée d'existence de Tours, composées d'éléments de la topographie urbaine (bâtiments, murailles, etc.), les « Objets Historiques » (OH) (fig. 1). Chacun de ces éléments est caractérisé par :

- une date de début et une date de fin d'existence ;
- une géométrie localisée, sous forme de polygone, ligne ou point ;
- une caractérisation fonctionnelle définie par une nature – selon un thésaurus hiérarchique (fig. 2) – et une portée – activité desservant la population à l'échelle locale (1), intra-urbaine (2), régionale (3), et au-delà (4).

Figure 1. Deux Objets Historiques et leurs attributs

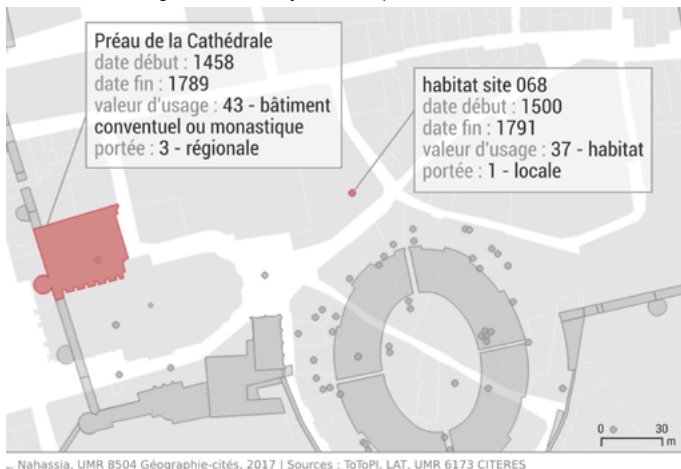


Figure 2. Extraits des catégories hiérarchisées pour caractériser la nature des OH

- | | | |
|------------------------------------|---|---------------------------------|
| 1. Voirie, aménagements | 2. structures défensives et militaires | 3. constructions civiles |
| 11. voiries, rues | 21. système défensif urbain | 31. espaces publics |
| 12. espaces libres | 22. structures fortifiées | 32. pouvoir civil, justice |
| 13. aménagement des berges | 23. garnisons, casernements | 33. éducation, culture |
| 14. aménagements du relief | | 34. santé |
| 15. franchissements | | 35. spectacles, sports |
| 16. adductions d'eau | | 36. bains, thermes |
| 17. collecteurs, évacuations | | 37. habitat |
| 18. monuments, vestiges | | |
| 19. édifice monumental indéterminé | | |

Source : ToToPI, LAT, UMR 6173 CITERES

Figure 3. Trois cartes d'état pour explorer la localisation des OH à Tours en 1050



L. Nahassia, UMR 8504 Géographie-cités, 2017 | Sources : ToToPI, LAT, UMR 6173 CITERES ; Open Street Map

Un OH correspond à une activité et constitue la brique de base des analyses. Les différents modes de représentation de l'espace urbain sont dépendants de la structure de ces données.

2. CARTOGRAPHIE D'ÉTATS ET CHANGEMENTS D'ÉTAT : UNE MÉTHODOLOGIE INSUFFISANTE

Pour analyser l'organisation spatiale des activités, la représentation la plus évidente est la cartographie de la localisation des OH. Très classique, elle permet de visualiser la répartition spatiale des objets dans l'espace pour un moment donné et donc de repérer potentiellement un motif dans cette répartition. Cette « carte d'état » donne alors à voir un moment figé de l'organisation de l'espace, dont la précision temporelle dépend de la finesse de la datation des données et du choix de sélection temporelle. Dans notre cas, les OH sont datés à l'année, l'état le plus fin correspond donc à une période d'un an (« en 1860 »).

Ces cartes d'état se déclinent (fig. 3) depuis la simple carte d'inventaire (qui se contente de répertorier, sans différenciation, les objets connus à une date donnée) jusqu'aux cartographies plus analytiques s'appuyant sur des modèles d'analyse (types d'activités, proximités entre les objets, etc.) et proposant des éléments contextuels. La représentation spatialisée des données issues de ces raisonnements joue le rôle de révélateur des logiques de localisation des activités.

Pour passer de l'analyse des états momentanés à celle du changement, la représentation en carte d'état connaît évidemment des limites. Pour autant, l'exploration des dynamiques territoriales passe souvent par cette dernière. Plusieurs cartes sont alors construites pour des moments successifs et le changement apparaît en creux, par comparaison des différents états. Cette opération pose problème dans le cadre d'une démarche d'exploration des dynamiques sur le temps long, en particulier car elle est chronographe. Dans notre cas, la mise en regard de plus de 2 000 cartes est peu opératoire, et ce d'autant plus qu'elle doit être répétée pour chaque type d'analyse, chaque groupement d'activités. De plus, puisqu'elle ne permet pas d'avoir une vision d'ensemble d'un point de vue temporel, cette méthode ne permet pas d'identifier efficacement les différents rythmes du changement (lente progression, changement brutal, etc.).

La carte animée, c'est-à-dire la mise en série automatique de tous les pas de temps, est un type de représentation qui propose cette vision longitudinale. Elle constitue un outil intéressant dans la phase d'exploration des données pour repérer les moments des principales ruptures. Elle est néanmoins limitée à ce rôle d'aide à la détection dans la mesure où la rapidité de la succession entre deux états ne permet pas une analyse approfondie du changement.

Il existe des méthodes de résumés spatialisés d'un semis de points qui peuvent être représentés pour différentes dates sur le même fond de carte (barycentre, ellipse de dispersion, par exemple) ce qui permet de visualiser de manière immédiate l'évolution d'une structure spatiale. Ces indices sont cependant trop simples pour répondre à la complexité des questionnements spatio-temporels en jeu ici. D'autres modes de représentations doivent donc venir compléter la carte de localisation des activités dans l'espace urbain.

3. PROPOSITIONS MÉTHODOLOGIQUES POUR IDENTIFIER LE CHANGEMENT : RENOUVELER LA REPRÉSENTATION DANS LE TEMPS LONG

Pour aller au-delà des cartes d'état, nous avons construit des représentations qui permettent d'explorer la structure des données au cours du temps¹. Leur objectif est de permettre une visualisation lisible et analysable de l'information sur l'ensemble de la durée considérée (2 000

¹ Ces réflexions s'inscrivent dans le cadre du travail collectif autour du modèle OH_FET (isa.univ-tours.fr/spip.php?article312) qui permet des modes de représentations nouveaux au croisement des dimensions spatiales, temporelles et fonctionnelles de l'Objet Historique (Lefevbre *et al.*, 2010).

ans) et dans le détail du pas de temps choisi (1 an). La mise en série de l'information, par exemple dans des graphiques, permet de visualiser immédiatement le changement.

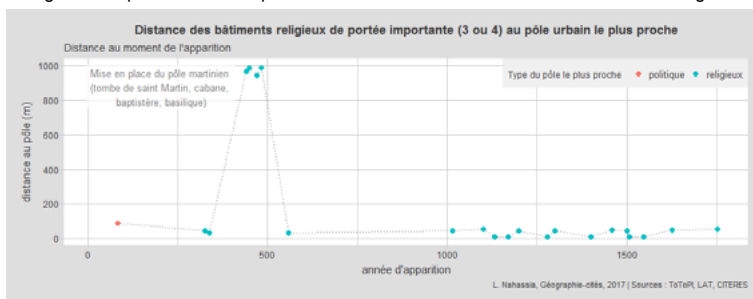
Pour y aboutir, une première étape de la démarche consiste à extraire de la base de données une information synthétique issue, par exemple, de traitements statistiques ou d'analyses spatiales. Il s'agit ensuite de choisir des modes de représentations clairs de ces variables et de leur évolution au cours du temps.

Pour que les représentations finales soient opératoires, étant donné le nombre de pas de temps pris en compte et donc l'accumulation de l'information, il faut respecter au moins l'une des deux contraintes suivantes :

- l'information représentée doit exprimer une notion, une valeur, un indice... élémentaire (durée de vie, distance, appartenance à une zone, etc.) ;
- l'information doit être représentée par une variable visuelle simple (couleur, histogramme, etc.).

Les représentations ci-dessous, qui respectent ces principes, constituent des outils d'exploration efficaces. Trois aspects de la dynamique de localisation des activités sont abordés : la distance aux pôles intra-urbains, les rythmes de changements, la localisation au regard des densités urbaines².

Figure 4. Explorer l'effet des polarités urbaines sur la localisation des bâtiments religieux

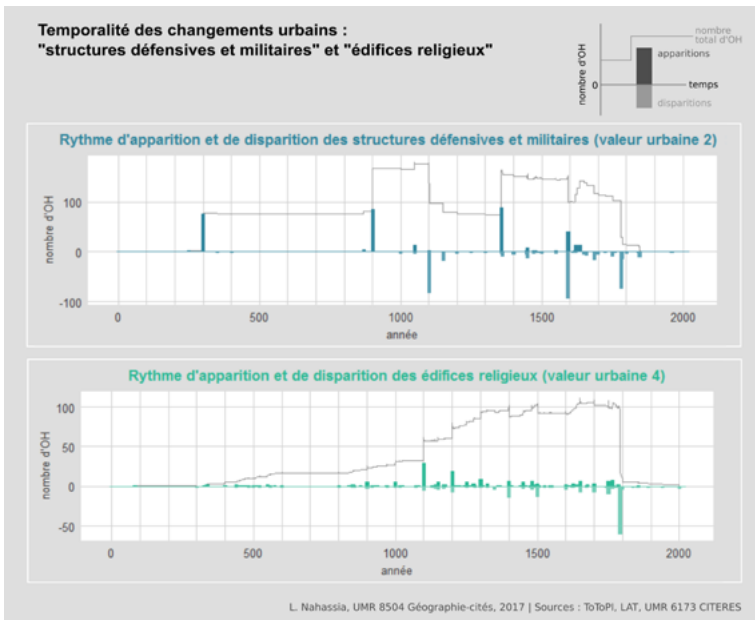


Le premier exemple (fig. 4) est le plus simple dans la mesure où peu d'OH sont concernés. Il s'agit d'identifier à quelle distance des pôles urbains existants sont localisés les édifices religieux dont les portées sont les plus grandes – portées régionale (3) et exceptionnelle (4) – au moment de leur apparition. Ces pôles sont de nature religieuse, politique ou économique. Le graphique permet d'identifier parfaitement les logiques spatiales à l'œuvre : agrégation, mise à distance. Les bâtiments religieux de grande portée sont, quelle que soit l'époque, en grande majorité construits à proximité des pôles intra-urbains (moins de 100 m pour 19 d'entre eux), en particulier religieux. À la fin du VI^e siècle, on constate un écart important à cette régularité avec l'apparition de 4 bâtiments religieux importants à près d'1 km des pôles préexistants. Il s'agit de la mise en place d'une nouvelle polarité religieuse, à l'ouest des limites urbaines, autour de la tombe de saint Martin. Cet ensemble deviendra un deuxième centre urbain, faisant de Tours une « ville double » pendant près de 500 ans (Galinié, 2007).

² Les pôles urbains et les zones de densité au regard desquels sont testées les localisations des activités sont des éléments de contexte urbain construits à partir de connaissances expertes historiques et archéologiques de la ville de Tours, et intégrés au SIG ToToPI.

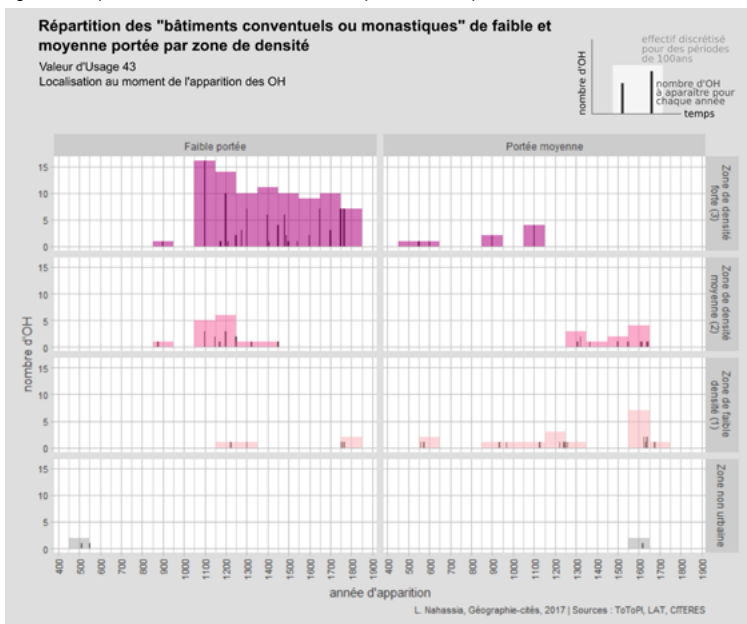
L'exemple suivant a pour objectif d'identifier les temporalités des changements propres à chaque type d'activité. La figure 5 représente le nombre d'OH apparaissant ou disparaissant chaque année. Par extension une année avec beaucoup d'apparitions et/ou de disparitions est un moment de changement, potentiellement spatial, pour la structure urbaine. La mise en série de cette information permet de repérer ces moments. Pour les OH de type « structures défensives et militaires », on repère ainsi des grandes ruptures, c'est-à-dire des moments de changements brutaux et de grande envergure, qui correspondent globalement aux constructions et destructions des enceintes urbaines. À l'inverse la temporalité des OH de type « édifices religieux » est faite de changements fréquents de petite ou moyenne envergure.

Figure 5. Identifier le rythme des changements urbains



Le troisième exemple permet de déterminer s'il existe des logiques de localisation des activités en fonction de la densité de l'espace urbain. La figure 6 représente, pour chaque date, le nombre d'OH apparaissant dans quatre types d'espaces : les zones de forte densité, de moyenne densité, de faible densité, et les zones non urbaines (de très faible densité). La figure superpose en outre deux échelles temporelles : celle, très précise, de l'année, et une plus généralisante en pas de temps de 100 ans. On peut donc en même temps lire l'information la plus exacte possible et dégager les grandes tendances du changement. Ici, la représentation est appliquée aux OH de type « bâtiments conventuels ou monastiques » de portée faible (1), qui correspondent à un habitat ecclésiastique privés, et moyenne (2), les couvents et monastères à proprement parler. On remarque par exemple que ces derniers ont une présence marquée surtout dans les espaces de faible et de moyenne densité (à partir du XIV^e siècle). Le caractère consommateur d'espace de ce type d'édifices peut être un facteur explicatif de ce motif spatial.

Figure 6. Explorer le rôle de la densité d'occupation de l'espace sur la localisation des activités



Ces représentations sont plus synthétiques qu'une succession de carte d'état et permettent d'identifier de manière efficace les dynamiques de localisation des activités dans l'espace urbain. Cependant, si la généralisation de l'information est intentionnelle, elle limite l'exploration dès lors qu'on cherche à interpréter les résultats finement. Les interprétations déclinées ici ont nécessité de revenir au détail des données et à leur spatialisation dans l'espace urbain. Pour cela, il faut néanmoins dépasser les méthodes de visualisation classique *via* SIG.

4. COMPLÉTER LA DÉMARCHE : L'INTERACTION AU SERVICE DE L'EXPLORATION DES DONNÉES ET DE L'INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

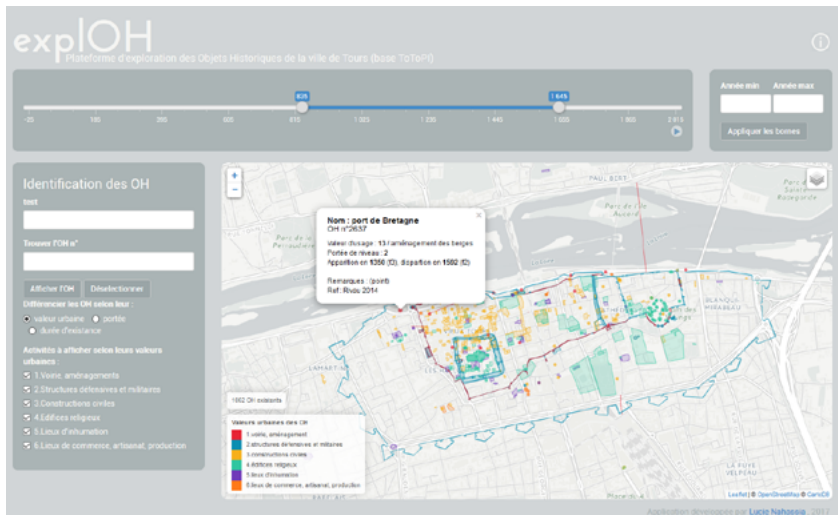
La démarche présentée ici se construit dans un aller-retour constant entre représentations synthétiques pour identifier des dynamiques et visualisations fines des données pour les interpréter ponctuellement. Pour cela, il faut pouvoir accéder rapidement aux OH de manière individuelle, le plus souvent selon une requête qui croise à la fois leurs attributs temporels (existence à une date), spatiaux (appartenance à une zone en particulier) et fonctionnels (type d'activité). Cette étape ne peut pas se faire en utilisant les SIG ou SGBD traditionnels. En effet, la sélection des données et leur formatage (couleurs, superposition des différentes couches d'informations...) constitue une étape de travail longue et répétitive, y compris pour un spécialiste. Pour fluidifier le processus de recherche, nous avons donc développé un outil adapté à notre mode de travail : une application web interactive d'exploration des données, « explOH »³ (fig. 7).

3 shiny.parisgeo.cnrs.fr/explOH

Cette application permet de générer des cartes d'état selon une sélection de l'utilisateur : période temporelle, types d'OH. L'utilisateur a également le choix d'afficher ou non des éléments contextuels, eux aussi en évolution (zones urbaines, trait de rive, polarités...). Enfin, la carte est interactive puisque tous les éléments peuvent être cliqués individuellement pour afficher des informations détaillées. La souplesse de cette plateforme confère une grande liberté au travail d'exploration : en quelques clics on peut afficher les OH que l'on cherche à identifier, par exemple ceux de portée moyenne qui apparaissent dans les zones de forte densité sur la figure 6. L'application est donc un outil d'aide à l'exploration et à l'interprétation des données complémentaire aux graphiques d'analyses plus généralisants.

L'application a vocation à être complétée au cours du temps, par exemple par l'ajout de graphiques interactifs. Son aspect générique la rend également exploitable pour d'autres projets de recherche portant sur la ville de Tours à partir du SIG ToToPI, notamment à des échelles d'analyses plus grandes comme celle du quartier, à l'image des travaux de thèses qui ont déjà été menés au sein du LAT (Lefebvre, 2008 ; Marot, 2013). Elle constitue enfin une plateforme de communication de l'information auprès de la communauté scientifique et facilite l'interaction intra et interdisciplinaire avec d'autres spécialistes de la ville.

Figure 7. Capture d'écran de l'application explOH (septembre 2017)



CONCLUSION

Nous avons montré que l'usage conjoint de différents types de représentations des données archéologiques est une démarche adaptée pour mieux comprendre les dynamiques spatiales sur le temps long, dans la mesure où les points de vue sur les données sont multipliés, tant spatialement que temporellement. Parmi ces représentations, certaines ont nécessité de réfléchir spécifiquement à la lisibilité de la mise en séquence de variables sur de très nombreux pas de temps. Les exemples présentés ici répondent à une problématique thématique spécifique, celle de la localisation des activités dans l'espace intra-urbain, mais les réflexions conceptuelles et méthodologiques engagées sont généralisables et reproductibles à toutes études sur le changement.

RÉFÉRENCES

- Galinié H. (dir.), 2007, *Tours antique et médiéval : lieux de vie, temps de la ville : 40 ans d'archéologie urbaine*, Tours, FERACF.
- Lefebvre B., 2008, *La formation d'un tissu urbain dans la Cité de Tours : du site de l'amphithéâtre antique au quartier canonial (5^e-18^e s.)*, Tours, Université François-Rabelais.
- Lefebvre B., Rodier X., Saligny L., 2012, « La modélisation de l'information spatio-temporelle », in A. de Beaune et H.-P. Francfort (dir.), *L'archéologie à découvert*, Paris, CNRS éd., p. 249-258.
- Marot E., 2013, *Architecture civile et formation du tissu urbain de Châteauneuf (Tours) du 10^e au 14^e siècle*, Tours, Université François-Rabelais.
- Rodier X., 2000, « Le système d'information géographique TOTOPI : Topographie de TOURS Pré-Industriel », *Les petits cahiers d'Anatole*, n° 4 [en ligne : citeres.univ-tours.fr/doc/lat/pecada/F2_4.pdf consulté le 11/09/17].

L'AUTEURE

Lucie Nahassia
Université Paris 1 – Géographie-cités
lucie.nahassia@parisgeo.cnrs.fr