
Appréhender le changement des catégories pour l'étude d'une dynamique spatiale sur le temps long

Christine Plumejeaud-Perreau¹, Lucie Nahassia², Julie Gravier²

1. UMR 7266 Littoral Environnement et Sociétés
2 rue Olympe de Gouges, 17000 La Rochelle, France
christine.plumejeaud-perreau@univ-lr.fr

2. UMR 8504 Géographie-cités
Campus Condorcet, 5 cours des Humanités, 93322 Aubervilliers, Cedex France
{julie.gravier ; lucie.nahassia}@parisgeo.cnrs.fr

RÉSUMÉ. À travers trois exemples issus d'études des dynamiques de peuplement en France sur le temps long, intra et interurbaines, cet article montre que l'introduction d'ontologies « a-historiques » a facilité la mise en place d'analyses numériques quantifiant les dynamiques spatiales. Cependant il démontre que ces ontologies ne sont pas neutres, qu'elles ne dissolvent pas la spécificité des sources mobilisées, et constituent au contraire des savoirs situés. Mais au-delà de ces critiques, les auteures tendent à argumenter que le processus de construction et de dialogue établi autour d'ontologie a-historique est très bénéfique à la recherche, qu'il est un socle pour une science interdisciplinaire, partagée et pérenne.

ABSTRACT. Through three examples coming from long-term studies of population dynamics in France, intra and inter-urban, this paper shows that the introduction of some "a-historical" ontologies was required to implement quantitative analyses of spatial evolutions. However, we demonstrate that these ontologies are far from being neutral, and that they do not dissolve the specificity of the sources we used, but on the contrary, they constitute situated knowledge. Beyond these criticisms, the authors tend to argue that the process of construction and dialogue established around ontology is very beneficial to research, that it is a foundation for an interdisciplinary, shared and sustainable Science.

MOTS-CLÉS : catégorie a-historique, ontologie, temps long, savoir situé, reproductibilité.

KEYWORDS: A-historic category, Ontology, Long duration, Situated knowledge, Reproducibility.

DOI:10.3166/RIG.31.47-80 © 2022 Lavoisier

1. Introduction

Cet article propose un retour d'expérience concernant la mise en place et l'utilisation d'ontologies dans le cadre d'analyses de dynamiques spatiales avec rétrospectives historiques sur le temps long. Le temps long entendu ici est celui des historiens et des archéologues qui se déroule sur plusieurs siècles, voire plusieurs millénaires, et non celui, plus communément usité par les géographes ou les urbanistes, qui se déploie sur plusieurs années ou décennies. Le choix de l'analyse diachronique suppose deux difficultés importantes à considérer dans la construction et l'utilisation d'ontologies. Premièrement, les sociétés étudiées sont très diverses, tant dans leurs régimes politiques que dans leurs organisations sociales, dans leurs systèmes économiques, mais également leurs idéologies, leurs croyances, leurs connaissances technologiques, etc., autant d'éléments qui s'inscrivent dans l'espace géographique, au sens de l'espace terrestre (Dauphiné, 1984), et le transforment. Secondement, les sources à partir desquelles il est possible d'appréhender ces sociétés sont très variées dans leurs natures et leurs constitutions. Par conséquent, les objets identifiables à partir de ces sources sont divers. L'exploration des dynamiques spatiales dans la longue durée nécessite donc de comparer l'occupation et les pratiques des sociétés qui se succèdent dans le temps à partir de sources multiples, comparaison qui est justement mise en question par la diversité de ces dernières et des sociétés étudiées.

Rien n'étant comparable par ailleurs, la confrontation des sociétés dans une perspective diachronique exige du chercheur qu'il construise des catégories d'objets qui transcendent cette diversité. Pour ce faire, nous partons du postulat que cette construction doit s'appuyer sur les éléments communs aux différents moments des sociétés et aux différentes sources, et que plus les choses à comparer sont diverses et hétérogènes, plus les catégories utilisées doivent être simplificatrices. Les objets constructibles pour l'étude diachronique de l'espace sont dès lors tenus d'être relativement « a-historique », c'est-à-dire génériques et transposables dans leur description du monde vis-à-vis des périodes analysées. À titre d'exemple, si l'on étudie des édifices religieux dans la longue durée en Europe du Nord-Ouest, ces derniers sont divers : sanctuaires romains, églises catholiques, synagogues, temples protestants, mosquées, etc. Ces édifices sont notamment utilisés dans le cadre de différentes religions et pour des formes de culte variées. Cependant, au-delà de ces différences, tous ces édifices sont des équipements construits dans l'espace terrestre pour accueillir une population qui rend hommage à une ou plusieurs divinités. En cela, chacun de ces équipements pourrait par exemple être catégorisé comme un « équipement collectif de culte ». L'utilisation de cette catégorie autorise ensuite d'étudier les dynamiques de ces équipements, en particulier au moyen d'analyses quantitatives de leurs évolutions dans le temps et dans l'espace.

Cet article a pour objectif de traiter en profondeur des questions laissées encore ouvertes par l'évolution des catégories dans le temps, et leur traitement par des représentations de type ontologiques à des fins d'analyse quantitative des évolutions.

Pour ce faire, nous prenons appui sur trois expériences de recherches personnelles. L'expérience du programme ANR GeoPeuple illustre comment la reconstitution de l'histoire et de la motivation des acteurs ayant cartographié la France sous Cassini, pour l'état-major ou l'actuelle BD Topo de l'IGN a changé en profondeur le contenu et le sens des signes présents sur ces objets, et trouble les usages statistiques de catégories ontologiques a-historiques produites *a posteriori* pour les analyses des changements de l'espace cartographié. Les deux autres expériences sont issues de recherches sur l'évolution de la ville sur 2000 ans, à l'échelle intra et interurbaine avec les exemples de Tours et de Noyon, et interrogent la construction de catégories a-historiques à partir de données archéologiques et historiques pour qualifier et analyser les dynamiques spatiales dans la longue durée. Les ontologies a-historiques utilisées dans ces trois expériences sont des ontologies de domaine. Par ailleurs, elles sont relatives aux deux premières étapes de la construction ontologique telle qu'on l'entend en informatique, à savoir la conceptualisation et la formalisation dans un langage, mais non à la troisième étape de la modélisation ontologique pour utiliser des raisonneurs, que sont les ontologies axiomatisées¹.

Dans un premier temps, il est expliqué comment l'analyse sur un temps long de traces d'activités humaines inscrites dans l'espace requiert de mettre en place un cadre symbolique permettant de comparer ce qui n'est, de prime abord, pas nommé de façon identique. Ce besoin est particulièrement prégnant dès lors que l'analyse des évolutions est menée de manière quantitative – par le biais de statistiques et d'analyses spatiales –, comme l'illustrent les exemples mobilisés dans cette partie. Dans un deuxième temps, une analyse critique de ces exploitations et de ces construits met en évidence les possibles failles et lacunes de ces ontologies a-historiques. Trois niveaux de difficultés sont analysés : le premier est lié à la nature des sources exploitées, le deuxième aux *habitus* disciplinaires, et le dernier aux questionnements scientifiques qui ont guidé la construction de ces cadres ontologiques, et les choix conceptuels qui en découlent. Le troisième temps de cette discussion souligne les bénéfices finalement induits par la mise en œuvre d'ontologies, en particulier pour l'interdisciplinarité et pour la capacité à produire une science plus reproductible grâce à l'explicitation formelle des cadres d'analyse.

2. Usage d'ontologies a-historiques pour l'étude quantitative des dynamiques spatiales dans la longue durée

Pour commencer, nous présentons ici deux ontologies a-historiques avec lesquelles les auteurs ont travaillé pour étudier des dynamiques spatiales dans la longue durée. Les contextes de construction de ces deux ontologies sont très différents – élaboration disciplinaire sur plusieurs décennies pour l'une, composition interdisciplinaire dans le cadre d'un projet ANR pour l'autre – tout comme leur

1. Ontologies axiomatisées : formalisées avec des contraintes et un langage interprétable tel que OWL, qui permettent à une machine de raisonner sur les éléments représentés. OWLTime ou GeoSparql sont des exemples d'ontologies axiomatisées.

domaine d'application – l'évolution de l'espace urbain sur 2000 ans, d'une part et les transformations du territoire français depuis le 16^e siècle, d'autre part. Ces deux exemples mis en regard montrent néanmoins comment une conceptualisation a-historique permet d'étudier les dynamiques spatiales dans le temps long en utilisant les méthodes quantitatives, des statistiques classiques à l'analyse spatiale.

2.1. Un cadre conceptuel issu de l'archéologie urbaine pour l'étude des villes et de leurs interactions dans la longue durée

La première ontologie de domaine que nous utilisons dans nos travaux respectifs est relative à la construction d'un cadre conceptuel en archéologie pour l'étude de l'espace des villes. Dès son émergence en France à la fin des années 1970, l'archéologie urbaine s'est saisie de l'espace urbain avec une entrée à la fois diachronique et comparative. Cette double perspective a abouti à une réflexion toujours ouverte, et à laquelle nous contribuons ici, sur la qualification des sources archéologiques et historiques, des ontologies, et des modèles de données avec des bases communes et un même objectif : pouvoir comparer les objets qui font les villes, dans le temps comme dans l'espace. Une de ces ontologies, largement partagée par les archéologues et construite en collaboration au sein du Centre national d'archéologie urbaine (CNAU), propose ainsi une caractérisation générique et a-historique des objets topographiques qui constituent l'espace urbain, à plusieurs échelles. Nous revenons ici sur l'élaboration de ce cadre conceptuel et sur les usages que nous avons pu en faire dans nos travaux pour analyser les interactions qui font la ville selon des méthodes quantitatives, d'abord à l'échelle intra-urbaine puis au niveau interurbain, à Tours et à Noyon.

2.1.1. Processus de construction d'une ontologie a-historique en archéologie

L'étude de l'espace intra-urbain sur le temps long des villes françaises par les archéologues a débuté dans la seconde moitié des années 1970. Parmi leurs objectifs, citons en particulier la volonté de réaliser des synthèses monographiques ayant pour dessein d'étudier l'évolution de la structure urbaine spécifique à chaque ville, pour être en mesure, dans un second temps, de faire des comparaisons. Il s'agissait de « parvenir à substituer à une collection d'histoires de villes, une histoire des villes. Une telle ambition sera réalisée à la condition que les archéologues aient une approche commune du phénomène urbain » (Galinié 1979, p. 7). Deux grands jalons de l'histoire de l'archéologie urbaine française – synthétisée par Lorans *et al.* (2018) – ont permis de mettre en place cette ambition.

Le premier jalon est la création du Centre national d'archéologie urbaine en 1984 (CNAU), organisme central de ce champ de l'archéologie alors rattaché au ministère de la Culture. En particulier, le CNAU fut l'instigateur d'une collection de

monographies urbaines² réalisées par des archéologues locaux en collaboration avec ceux du Centre (ainsi que quelques géographes), qui devient le lieu d'une réflexion partagée sur les objets observés et analysés. Cette collection hérite de deux ouvrages fondateurs de l'archéologie urbaine sur Londres et Tours (Biddle *et al.*, 1973 ; Galinié et Randoïn 1979). À l'image de ces derniers, chaque monographie est constituée d'une partie textuelle et d'un portefeuille de plans-calques qui permettent, par superposition, de visualiser les changements et la pérennité de la structure spatiale. Les éléments relatifs à l'occupation de l'espace intra-urbain sont présentés sous forme de synthèse selon un découpage chronologique. Dans les ouvrages de Biddle *et al.* (1973) et de Galinié et Randoïn (1979), la chronologie et la catégorisation des objets sont constituées selon l'évolution de la structure fonctionnelle et spatiale intra-urbaine propre à chacune des deux villes. Les monographies du CNAU, parce qu'elles sont pensées en collection et construites grâce à des allers-retours entre les archéologues, aboutissent, elles, à la création d'un cadre conceptuel commun – dans la qualification thématique des objets étudiés. Dans la partie textuelle, la synthèse de chaque période est complétée par une liste de notices, qui renvoient à des unités d'analyse de l'espace intra-urbain, dénommées « repère urbain » dans la collection. La présentation des notices est systématisée car nous retrouvons toujours le nom du repère urbain, son identifiant lié aux plans-calques (si le repère a été cartographié), sa localisation dans la voirie actuelle, une courte description et des références bibliographiques (figure 1) ; et, surtout, elles sont classées par thèmes. Un thésaurus³ mis en place par le CNAU permet de classer des « termes » (ou « descripteurs », établis à partir des annuaires des opérations archéologiques en milieu urbain) en catégories hiérarchisées : les « rubriques » (ou « valeurs d'usages ») et fonctions (« fonctions urbaines »)⁴, comme l'illustre par exemple la figure 2.

Les repères urbains sont ainsi catégorisés d'un point de vue sémantique de manière homogène et harmonisée à l'intérieur de chaque document et entre les documents. De ce fait, la comparaison de différentes périodes pour une même ville et de différentes villes à une même période devient envisageable. En pratique, les catégories ont été testées sur des villes très diverses : petites et grandes, d'origines protohistorique, antique ou médiévale, etc. (figure 3). Elles ont par ailleurs été

2. Intitulées *Documents d'Évaluation du Patrimoine Archéologique des Villes de France - DEPAVF*.

3. Un thésaurus est une série de termes formalisés et reliés par des relations elles-aussi formalisées (hiérarchie, synonymie, associatives, appartenance à un groupe de concepts, ou de facettes) utilisé pour décrire un domaine. Un thésaurus peut constituer en soit une ontologie, en particulier si sa définition suit les règles du standard SKOS (ISO 25964, 2011), ou bien un thésaurus peut être une des composantes d'une ontologie. Une ontologie permet de spécifier des types de relation plus riches que les seules relations définies par un thésaurus, ainsi que des contraintes sur les relations, ce qui autorise des raisonnements plus sophistiqués.

4. La nomenclature ainsi que le contenu de ce thésaurus ont légèrement évolué au cours du temps et des publications (intégrant parfois même un niveau intermédiaire entre rubrique et fonction, les « chapitres »). La figure 2 n'en présente ici qu'une seule instance.

utilisées par de nombreux archéologues, y compris en dehors des documents de synthèse du CNAU, et l'harmonisation a ainsi bénéficié des allers-retours constants entre ceux travaillant sur des villes particulières et ceux travaillant au CNAU (Collectif, 2004).

<p>nom du repère urbain</p> <p>dans ce cas, repère non cartographie ; sinon identifiant du plan-calque</p> <p>description</p> <p>références bibliographiques</p>	<p>Maladrerie Saint-Lazare (AB)</p> <p>Hors plan, rue Saint-Lazare : G9</p> <p>localisation dans la voirie actuelle</p> <p>Fondée en 1204 par les gouverneurs et échevins pour y soigner les lépreux. La direction en fut confiée à des frères de Saint-Lazare et à des sœurs hospitalières. L'établissement était situé dans le faubourg de Crise. Les bâtiments comprenaient un vaste corps de logis, une chapelle et plusieurs petites cellules d'isolement des malades les plus atteints. L'ensemble était entouré de hauts murs. L'hôpital et la chapelle Saint-Lazare sont ruinés en 1544 par Charles Quint.</p> <p>CORDONNIER 1985 : p. 203 ; DORMAY 1663-1664, vol. 2 : p. 188-190 ; LUGUET 1927 ; PÉCHEUR 1863-1895, t. VI : p. 304-305, 308-309 ; PÉCHEUR 1897 : p. 102-103.</p>
--	---

Figure 1. Notice d'un repère urbain de la collection des DEPAVF : Soissons (d'après Roussel et al., 2002, p. 64)

- | | |
|--|---|
| <p>VOIRIE, AMÉNAGEMENTS :</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 - VOIES 2 - ESPACES LIBRES 3 - AMÉNAGEMENTS DES BERGES ET VOIES D'EAU 4 - AMÉNAGEMENTS DU RELIEF 5 - FRANCHISSEMENTS 6 - ADDUCTIONS D'EAU 7 - COLLECTEURS, ÉVACUATIONS <p>STRUCTURES DÉFENSIVES ET MILITAIRES :</p> <ul style="list-style-type: none"> 8 - SYSTEME DÉFENSIF URBAIN 9 - STRUCTURES FORTIFIÉES 10 - GARNISONS, CASERNEMENTS <p>CONSTRUCTIONS CIVILES :</p> <ul style="list-style-type: none"> 11 - ESPACES PUBLICS AMÉNAGÉS 12 - POUVOIR CIVIL, JUSTICE 13 - ÉDUCATION, CULTURE 14 - SANTÉ 15 - SPECTACLE, SPORT 16 - BAINS 17 - COMMERCE, ÉCHANGES 18 - HABITAT PRIVÉ | <p>ÉDIFICES RELIGIEUX :</p> <ul style="list-style-type: none"> 19 - CULTES PAIENS 20 - ÉDIFICES CULTUELS CATHOLIQUES 21 - BÂTIMENTS CONVENTUELS OU MONASTIQUES 22 - BÂTIMENTS ECCLÉSIASTIQUES 23 - CULTES AUTRES QUE CATHOLIQUE <p>FUNÉRAIRE :</p> <ul style="list-style-type: none"> 24 - FUNÉRAIRE <p>PRODUCTION :</p> <ul style="list-style-type: none"> 25 - ARTISANAT 26 - AGRICULTURE, ÉLEVAGE 27 - INDUSTRIE 28 - EXTRACTION <p>FORMATIONS NATURELLES : géomorphologie, hydrologie...</p> <ul style="list-style-type: none"> 29 - FORMATIONS NATURELLES |
|--|---|

Figure 2. Rubriques (en police simple) et fonctions (en gras) du thésaurus du CNAU à la fin des années 2000, et tel qu'il est toujours disponible sur le site du ministère de la Culture⁵

5. <https://www.culture.gouv.fr/Sites-thematiques/Archeologie/Archeologie-de-la-ville/Documentation-scientifique-technique>

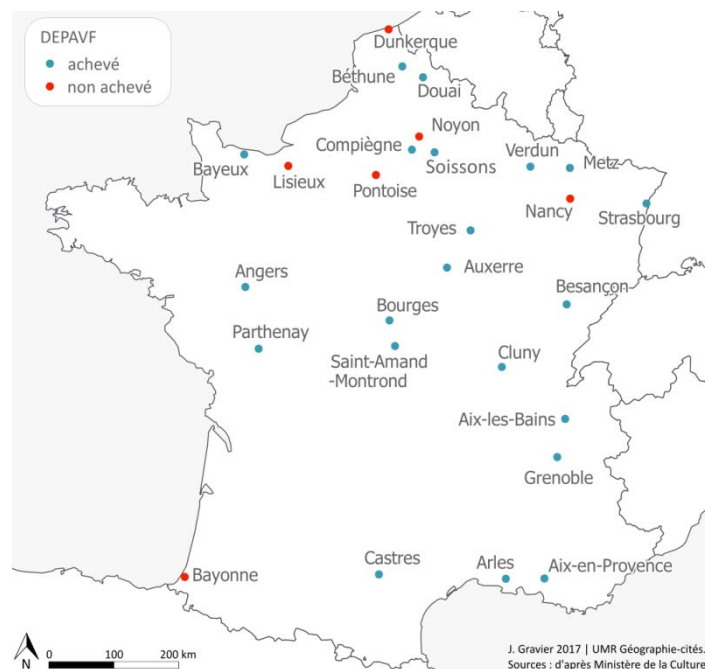


Figure 3. Villes de France métropolitaine ayant fait l'objet d'un DEPAVF (Gravier, 2018, p. 123)

Ce premier jalon a donc permis de mettre en place une ontologie de domaine – relative à la topographie urbaine des villes françaises depuis l'époque gallo-romaine à nos jours – constituée de descripteurs sémantiques a-historiques et hiérarchisés en catégories plus ou moins englobantes. Le second jalon dans la construction de cette ontologie a-historique est celui de son informatisation – par le biais de l'introduction de l'usage des bases de données et des systèmes d'information géographiques (SIG) dans les processus de travail des archéologues. À partir de 1996, le SIG « Topographie de tours préindustrielle » (ToToPI) est mis en place par Xavier Rodier à Tours (Rodier, 2000), qui l'inscrit explicitement dans la perspective de développer des études diachroniques sur la ville : « Il ne s'agissait pas de monter un système de gestion du type "carte archéologique urbaine", mais d'utiliser un SIG comme outil de recherche [...]. Le système devait pouvoir être utilisé par les chercheurs travaillant sur la ville de Tours antique, médiévale et moderne. » (Rodier, 2016, p. 58-59). Du point de vue sémantique, le SIG s'appuie dès l'origine sur le thésaurus du CNAU (Rodier, 2000, p. 6), tout en participant à son évolution et ses ajustements au fil du temps. En revanche, l'intégration des outils informatiques, parce qu'ils induisent une formalisation stricte des objets, est surtout le point de départ de la construction d'une ontologie a-historique plus complète et explicite que

les règles méthodologiques utilisées dans les monographies du CNAU. Cette ontologie développée autour du SIG et des données archéologiques et historiques tourangelles est construite tout au long des années 2000 pour aboutir au milieu de la décennie au modèle « OH_FET », pour « Objet Historique - Fonction Espace Temps » (Rodier et Saligny, 2010). L'ontologie explicite alors la construction des objets étudiés, les « OH » (Objet Historique), en appliquant le modèle conceptuel de Peuquet (2002) (*what, when, where*) à l'espace intra-urbain sur le temps long (Galinié *et al.*, 2004 ; Galinié et Rodier, 2004). Les objets sont ainsi pensés comme le croisement de trois dimensions (Rodier, Saligny 2010) :

- Fonctionnelle : cette dimension sémantique permet de caractériser la nature des objets. Dans la base de données tourangelles elle est constituée de deux niveaux d'analyse emboîtés – les valeurs d'usage et les valeurs urbaines – et reprend peu ou prou le thésaurus du CNAU (figure 2). La nature de ces niveaux est discutée plus en détail dans la section 3.2. Ces catégories permettent de monter en généralité dans la caractérisation des objets étudiés. Par exemple, une église spécifique est définie comme un OH de valeur d'usage « lieu cultuel catholique » et de valeur urbaine « religieuse » et peut, dès lors, être comparée à tous les autres objets pareillement qualifiés de religieux selon les besoins de l'analyse, quels que soient l'espace ou la période considérés.

- Spatiale : cette dimension s'attache à décrire les objets dans l'espace selon leur localisation et leur emprise en des termes génériques. L'emprise est une géométrie (dans le SIG un polygone ou une polyligne, voire un point quand elle n'est pas précisément connue) et la localisation renvoie aux coordonnées géographiques de cette emprise.

- Temporelle : cette dimension est définie pour chaque objet par une date d'apparition et une date de disparition. Elle décrit donc la durée de vie des objets dans un référentiel temporel donné, à savoir le calendrier grégorien.

2.1.2. De l'ontologie à l'analyse : usage dans un cas d'étude intra-urbain

Dans le cadre d'un travail de thèse sur la localisation des activités urbaines dans la longue durée à Tours (Nahassia, 2019), nous sommes reparties des données archéologiques rassemblées dans le SIG ToToPI, que nous avons intégrées à une démarche généralisante et globalisante en considérant toute la durée d'existence de la ville, tous ses quartiers et toutes les activités présentes. Nous avons fait le choix de mobiliser les catégories de valeurs d'usage et de valeurs urbaines pour analyser, de manière quantitative, le changement urbain. La figure 4 ci-après, extraite de ce travail, montre le nombre d'objets, pour chaque valeur urbaine, qui apparaissent ou disparaissent au cours du temps. C'est bien le caractère a-historique des catégories qui donne du sens à ce type de traitement. En effet, du fait que tous les objets, quelle que soit leur époque d'appartenance, sont associés à une caractérisation sémantique commune et générique, ils deviennent comparables les uns aux autres dans la longue durée. Cette analyse permet en particulier de définir des rythmes de changement produits par l'apparition et la disparition des activités dans l'espace urbain.

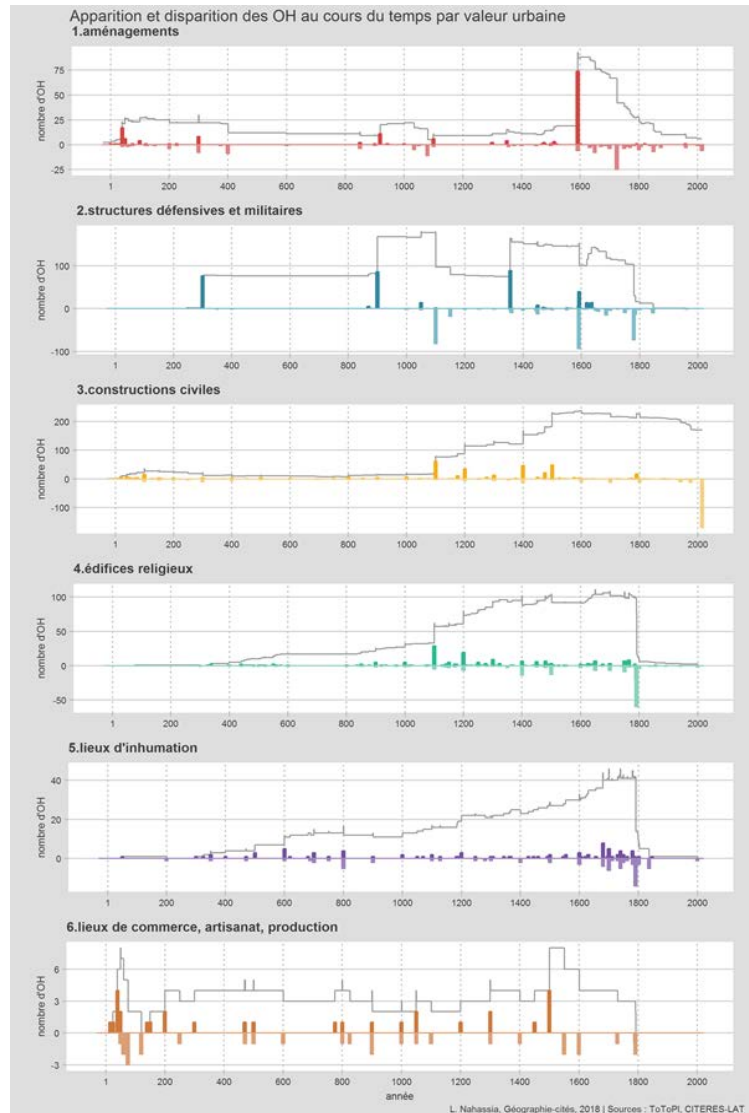


Figure 4. Six catégories génériques pour étudier le rythme du changement urbain à Tours sur 2000 ans (Nahassia, 2019, p. 168) (en couleur : nombre d'apparition et de disparition des objets ; en gris : fréquence cumulée du nombre d'objets)

Les activités militaires par exemple sont caractérisées par un rythme d'apparition de grande amplitude mais à des moments très circonscrits, ce qui correspond aux périodes relativement brèves de construction des enceintes urbaines, objets majoritaires dans cette catégorie et modélisés par de très nombreux OH pour les

différentes parties qui la composent (courtines, tours, portes, etc.). Les édifices religieux (essentiellement chrétiens ici) apparaissent de manière très fréquente à partir de 800 et jusqu'à la fin de la période étudiée. Ce profil temporel est la marque de l'importance que prend et conserve la chrétienté dans les sociétés occidentales pendant de nombreux siècles, et qui prend forme notamment dans la forte présence des activités afférentes dans l'espace urbain : lieux de culte, mais aussi monastères, habitats privés des religieux, etc. De tels traitements statistiques, facilitant des comparaisons dans la très longue durée, sont possibles parce que les observations historiques sont catégorisées de manière générique, et surtout a-historique.

2.1.3. De l'intra à l'interurbain : adaptation de l'ontologie source

Si le modèle OH_FET a d'abord été construit pour l'analyse de l'espace intra-urbain, l'ontologie inhérente au modèle peut être facilement complétée pour aborder la question de l'intra-urbain.

Dans le cadre de notre travail sur Tours (Nahassia, 2019), nous avons par exemple mis en place une nouvelle catégorisation fonctionnelle des objets étudiés, complémentaire des usages et valeurs urbaines, et qui caractérise les objets selon une « portée ». Cette qualification, selon une approche géographique classique, attribuée à chaque activité représentée par les objets historiques un niveau de polarisation, qui renvoie à leur influence – économique, culturelle, politique, etc. – qui peut s'exercer au-delà des limites de la ville elle-même. Nous avons qualifié l'ensemble des OH de la BDD ToToPI selon quatre niveaux de portées (courte, moyenne, grande, exceptionnelle) en nous appuyant essentiellement sur la connaissance des chercheurs experts de l'urbain et de Tours (archéologues, historiens, géographes), laquelle a été recueillie à la fois lors de séances de travail conjointes et dans une bibliographie choisie. L'enrichissement de la description des objets est facilité par l'explicitation, en amont, de l'ontologie sous-jacente. Cette nouvelle couche de description, intégrée au modèle de données existant, permet d'interroger par le biais d'analyses quantitatives l'influence de la portée des activités dans l'organisation spatiale des activités, et, dès lors, de saisir la ville dans ses différentes échelles de fonctionnement. Nous avons, par exemple, pu montrer que, toutes époques confondues, plus la portée des activités est grande, plus elles apparaissent dans les zones les plus denses de l'espace urbain tourangeau. Cette nouvelle entrée mène en outre à explorer la ville dans ses relations avec les autres villes, et donc à étudier les conséquences des dynamiques interurbaines sur l'espace urbain : comment évoluent les activités de grande portée (université, cathédrale, etc.), qui placent Tours dans une position dominante par rapport au territoire régional, ou par rapport à d'autres villes ?

Un autre travail d'enrichissement de cette ontologie source à une plus petite échelle peut se trouver dans la thèse de Gravier (2018), qui y construit un cadre conceptuel pour modéliser les relations entre les villes dans la longue durée. Précisons tout d'abord que l'objectif du travail était de proposer une démarche permettant d'étudier ce qui unit l'histoire d'une ville à l'histoire des villes avec

lesquelles elle est en interaction sur 2000 ans, et ce, à partir du cas de Noyon (Hauts-de-France). Pour ce faire, nous avons considéré trois principales échelles d'analyse (figure 5) :

- l'espace intra-urbain, étudié à partir de « briques élémentaires » définies de manière très semblable aux OH ;
- la ville dans son ensemble, envisagée comme la combinaison de ces objets dans l'espace à chaque période de temps ;
- et le système de villes, pensé comme un ensemble de villes interdépendantes.

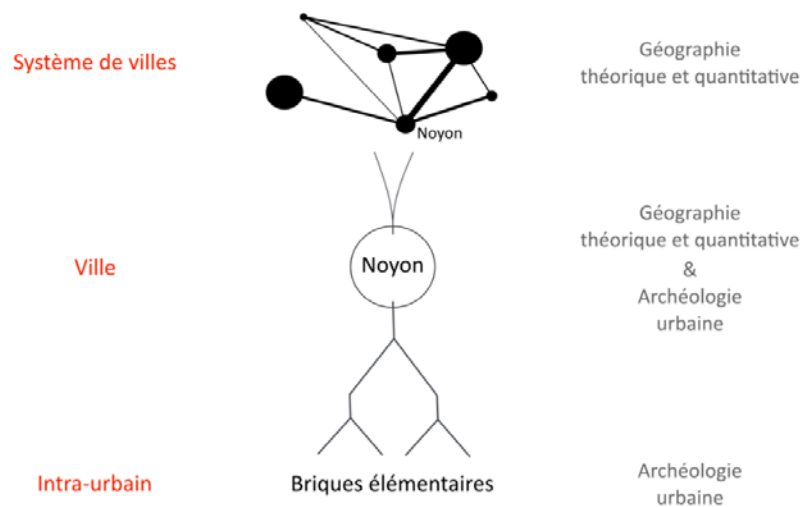


Figure 5. Échelles d'analyse privilégiées et héritages historiographiques dans la thèse de Gravier (2018, p. 36)

À l'échelle interurbaine, pour identifier les systèmes de villes dans lesquels s'inscrit Noyon au fil du temps, nous avons modélisé les relations entre villes par des « relations fonctionnelles » et des « relations potentielles ». Les catégories fonctionnelles pour caractériser les relations entre villes ont été construites à partir du regroupement des catégories fonctionnelles du CNAU (les « valeurs urbaines » évoquées plus haut). Dès le départ, en amont de l'analyse, la conception des relations fonctionnelles devait donc permettre d'articuler les échelles méso et macro-géographiques. À titre d'exemple, la ville de Noyon est une ville secondaire de la cité romaine des Viromanduels durant le 1^{er} siècle après J.-C. dont le chef-lieu est Saint-Quentin. Les deux villes ont donc des relations d'ordre politico-administratif à cette époque. Quant aux relations potentielles, nous avons envisagé un seuil de distance-temps à considérer (une journée aller-retour), c'est-à-dire une catégorie générique et a-historique englobant des réalités multiples selon les époques, en fonction des types de transports et donc des vitesses de déplacement.

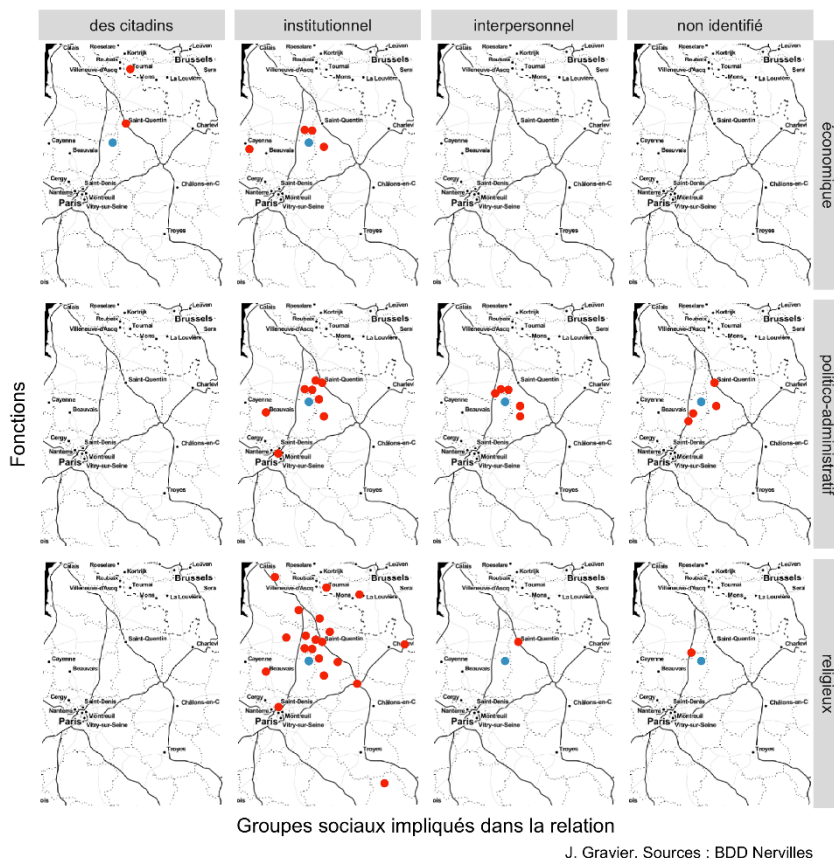


Figure 6. Fonctions et groupes sociaux impliqués dans les relations fonctionnelles entre Noyon – en bleu – et d’autres villes (Gravier, 2018, p. 263)

Nous avons ainsi établi une « ontologie des relations » constituée d’objets a-historiques – les relations fonctionnelles et les relations potentielles –, nous permettant *a priori* d’étudier l’évolution de la ville de Noyon dans les systèmes de villes dont elle fait partie dans la longue durée. Toutefois, une fois ces objets génériques établis, l’enrichissement de cette ontologie s’est révélé nécessaire car les sources disponibles sont très lacunaires. À cette fin, nous avons inclus des éléments de réflexion de la sociologie politique et de l’anthropologie structurale à l’ontologie d’origine (Gravier, 2018, p. 231-247), qui relevait quasi exclusivement du domaine archéologique, afin d’établir une grille analytique retranscrivant aussi les groupes sociaux en jeu dans les relations identifiées, comme présentés dans la figure 6 (les groupes institutionnels, citadins, les relations interpersonnelles, etc.). Nous observons par exemple que les relations institutionnelles d’ordre politico-administratif (sixième cadran) existent principalement à l’échelle micro-régionale :

la plupart des villes sont très proches de Noyon, à l'exception de Beauvais et de Paris plus éloignées. Cette grille permet d'observer que Noyon (en bleu sur la figure) est inscrite dans des réseaux politico-administratifs et économiques d'échelle micro-régionale, mais dans des réseaux macro-régionaux pour ce qui relève du religieux.

2.2. Une ontologie pour étudier l'évolution du territoire français à partir de cartes historiques

La deuxième ontologie a-historique de domaine que nous discutons ici relève d'un contexte totalement différent dans la mesure où elle a été mise en place sur une période courte dans le cadre d'un programme ANR de trois années – programme GeoPeuple⁶ –, et en l'absence de travaux précurseurs. L'ontologie présentée ici hérite donc des objectifs thématiques et méthodologiques de ce projet : étudier l'évolution topographique et fonctionnelle locale du territoire français depuis la Révolution française au regard des évolutions administratives de ses communes, et cela en comparant des cartes historiques – comparaison dont l'automatisation a été explorée. Nous revenons ici sur cette expérience de recherche en explicitant comment ont été construits les objets d'analyse à partir de sources diverses (différentes cartes topographiques historiques et une base de données vectorielle) et comment ils ont été manipulés pour construire un cadre d'analyse pour une étude quantifiée des trajectoires des communes de France sur trois siècles.

2.2.1. Présentation de la question d'analyse et des sources

Depuis 200 ans le territoire français s'est considérablement équipé, densifié au fil de l'accroissement démographique, des progrès technologiques et de l'industrialisation (Lepetit et Royer, 1990, p. 987-1010). L'étude des relations entre l'évolution du paysage français et l'évolution de la répartition de la population sur le territoire était l'objectif du projet GéoPeuple financé par l'Agence nationale pour la recherche (Ruas *et al.*, 2012 p. 6). Le paysage s'apparente dans ce contexte à l'espace topographique (qu'il soit naturel ou anthropique) analysé à travers les traces codifiées que nous offrent les cartes anciennes : cartes de Cassini au 1:86 400 (1750-1789 environ) et cartes d'état-major au 1:80 000 (1866-1895 environ), mais également à travers l'information présente dans le référentiel grande échelle (RGE), en particulier la BD TOPO©, que fournit l'IGN (2011). L'espace administratif porteur d'informations démographiques est matérialisé par le maillage des communes, qui évolue au fil des recompositions communales (Motte et Vouloir, 2008). Le projet s'appuie sur trois cas d'étude, à savoir trois zones où les objets des cartes topographiques anciennes ont été entièrement vectorisés : autour de Reims, Grenoble et Saint-Malo.

6. <http://geopeuple.ign.fr/>

La question était de savoir s’il existe des relations entre l’évolution du paysage selon les sources topographiques et la dynamique démographique et administrative (modification des limites des communes) du territoire français au cours du temps. En effet, les sources topographiques, à l’échelle à laquelle nous les étudions, rendent compte de la distribution des lieux de peuplements et de leur masse au cours du temps (avec la représentation des hameaux comme des villes), mais aussi des objets qui peuvent éventuellement expliquer les évolutions démographiques et administratives : le réseau de transport, le tissu industriel (avec la localisation des usines, leur production) et les facteurs géophysiques (nature du sol, relief, hydrologie). C’est l’étude de ce pan du projet – la caractérisation du paysage topographique des communes du territoire – sur laquelle nous revenons ici.

Dans un premier temps, nous décrivons les résultats de l’analyse, comme si elle pouvait être lue sans s’intéresser dans le détail aux modalités de construction des données qui la constituent, puis nous expliquons ensuite que, justement, ces données sont issues d’un construit qui influence fortement l’analyse (§2.2.2 et §3.1).

*Tableau 1. Indices à évaluer pour chaque source par commune
(dans leurs limites actuelles)*

Indice	Type
La densité de population	Quantitatif
La surface de tissu urbain	Quantitatif
Le nombre d’habitat dispersé	Quantitatif
Le nombre de kilomètre de routes	Quantitatif
Le nombre de routes afférentes	Quantitatif
Le nombre de kilomètre de cours d’eau artificiels	Quantitatif
Le nombre de ponts	Quantitatif
Le nombre de bâtiments industriels	Quantitatif
Le nombre de constructions militaires	Quantitatif
Le nombre de postes	Quantitatif
Le nombre bâtiments religieux de toutes sortes	Quantitatif
Le nombre d’églises	Quantitatif
Le statut de chef-lieu de canton, d’arrondissement ou de département	Qualitatif

Le parti pris de l’analyse a été, dans le cadre de cette étude (Ruas *et al.*, 2013), de prendre le maillage communal actuel comme référence et de calculer à l’intérieur de ce maillage des indices (tableau 1) pour caractériser les trois zones d’étude aux

trois époques d'étude (Cassini, état-major et contemporaine), puis d'étudier leurs changements sous la forme de transition de classe. Les indices possibles qualifient surtout des caractères plus ou moins urbains (postes, routes, tissu urbain, bâtiments industriels, etc.), tandis que les aspects ruraux des territoires sont peu représentés, surtout en termes d'activité agricole. Il n'y a pas d'indice exprimant, par exemple, la surface cultivée, la surface moyenne des parcelles ou le nombre d'exploitations. Nous nous attendons donc à ce que les territoires soient caractérisés dans l'analyse avant tout par le fait urbain – les espaces ruraux, eux, seront décrits en fonction de l'activité industrielle ou en pendant négatif aux espaces urbains (pas d'habitat groupé, peu de services, etc.).

La figure 7 ci-dessous présente un exemple de résultat de l'exploitation de ces indices avec une classification ascendante hiérarchique après le calcul d'une analyse factorielle en composantes multiples.

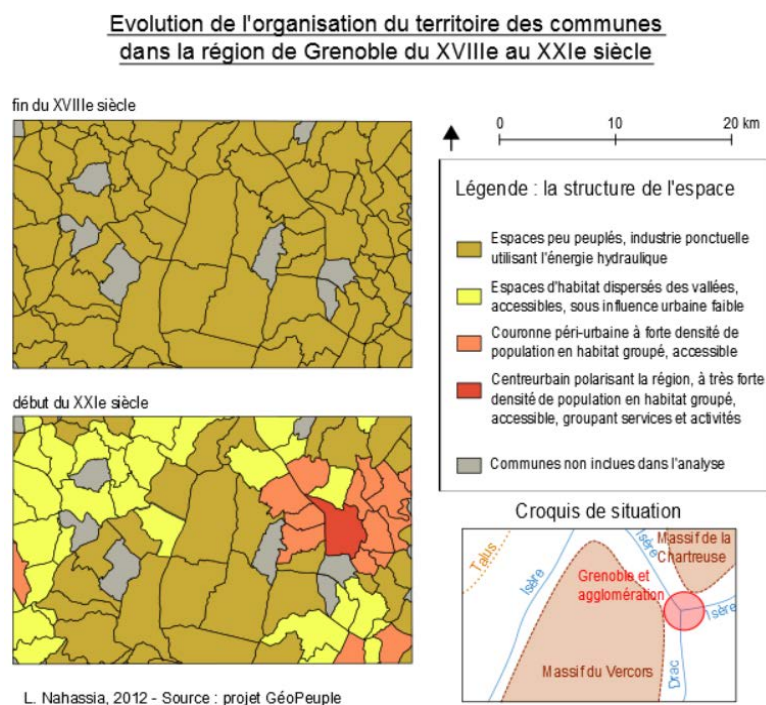


Figure 7. Transitions de classes observées entre environ 1750 (Cassini) et 2011 (BD TOPO©) sur la région de Grenoble (Nahassia et Plumejeaud, 2012, p. 38)

À la fin du XVIII^e siècle, toutes les communes appartiennent à la même classe (la classe grise correspondant à des unités qui n'ont pas été incluses dans l'analyse) : le territoire est peu densément habité, de caractère plutôt rural, mais il est surtout

uniforme. En prenant en considération les trois premiers axes de l'analyse, il n'y a pas de forte différenciation fonctionnelle des communes. Le premier axe de différenciation par l'analyse en composantes principales (ACP) permet d'identifier des communes telles que Grenoble ou La Tronche qui ressortent avec un caractère plus urbain que les autres mais cette spécificité a été amoindrie sous l'influence des deux autres axes factoriels. À l'inverse, en 2011, il existe une très forte polarisation de l'espace autour de la ville de Grenoble, véritable capitale régionale, et dans les vallées du Drac et de l'Isère.

2.2.2. Mise en œuvre d'une ontologie pour dépasser l'hétérogénéité des sources

Les résultats numériques qui précèdent découlent de la fabrication des indices mobilisés, et procèdent de la mise en œuvre d'une ontologie a-historique. Cette ontologie a été conçue lors du projet *ad-hoc* à partir de l'analyse des légendes des cartes, et suivant une conception de l'aménagement du territoire très contemporaine. En effet, chacune des cartes est construite selon des objectifs spécifiques, en suivant des modes de sélection de représentation du réel qui diffèrent, chacune nommant diversement les objets. Ainsi, il a préalablement été nécessaire d'identifier les pictogrammes présents sur les cartes de Cassini et de l'état-major et, dans un premier effort « ontologique », de les regrouper en des catégories qui faisaient sens pour l'analyse et à partir desquelles les indices pouvaient être construits. L'exemple suivant détaille par exemple comment l'indice « nombre d'habitat dispersé » a été fabriqué à la lecture des cartes de Cassini et d'état-major.

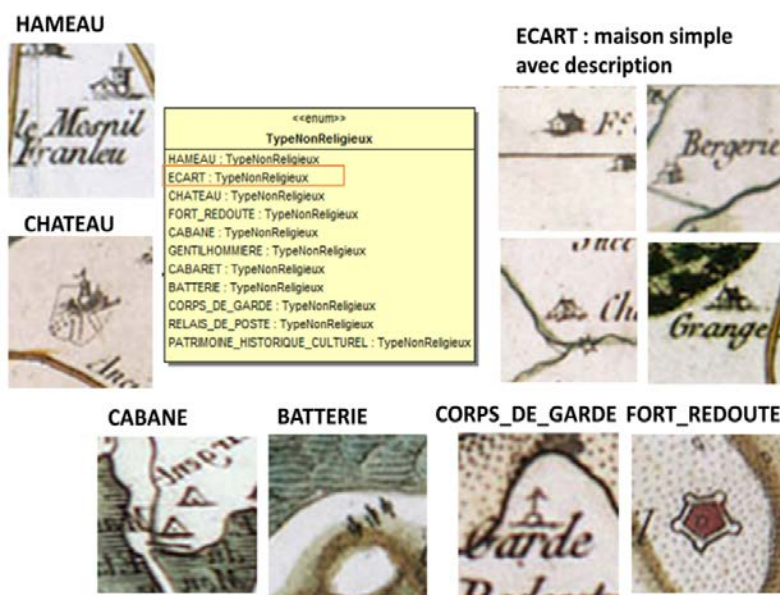


Figure 8. Pictogrammes permettant d'apprécier la densité d'habitat sur Cassini (ici le non-religieux)

La carte de Cassini répond à une volonté d'une meilleure maîtrise du territoire pour améliorer le rendement de l'impôt (Pelletier, 1990, p. 263) et pour accompagner la stratégie militaire : quelles sont les voies d'accès pour les troupes et quelle est leur largeur ? Où sont les villages et les fermes pour s'approvisionner ? Quels sont les marqueurs dans le paysage qui permettent de se repérer sur le terrain ? (Cénat, 2008, p. 28-30). Ainsi, les lieux d'habitat densifié (villages et petites villes) sont signifiés par une église, ce qui justifie la création d'un indice spécifique « nombre d'églises ». Cependant ce sont d'autres pictogrammes, regroupés en base de données dans une classe « Non-religieux » qui rendent compte de lieux d'habitats épars : des châteaux, des granges, des bergeries, etc. (figure 8), et c'est leur décompte qui a permis de renseigner l'indice « habitat dispersé ».

La carte d'état-major quant à elle est un exemple extrême d'un effort d'harmonisation interne à la source, ce qui simplifie en partie le travail de définition d'une ontologie utile pour questionner ici la concentration et la densification de l'habitat. À partir du relevé et de la traduction systématique de tous les termes contenus dans la légende de la carte d'état-major, un glossaire de 400 termes a été constitué. Un grand nombre de ces termes sont en réalité synonymes. Nous trouvons par exemple de nombreux termes relatifs à l'habitat agricole et/ou saisonnier, propres à chaque région : une bergerie se dit cortal dans les Pyrénées-Orientales, orry (orri, horry, orrhy) dans les Pyrénées, en Gascogne et en Ariège (Pégorier 2006) ; une cabane d'estive est une vacherie (Bouyssou, 1987) ou encore un buron en Auvergne, en particulier dans l'Aubrac (Peiffer, 1877). Ce qui est donc remarquable, c'est la volonté d'utiliser le langage des terroirs, et ceci toujours dans l'idée que sur le terrain, le militaire en campagne puisse demander son chemin et comprendre la réponse donnée (Berthaut, 1898). Ainsi, les termes usités sont signifiants dans la région et l'époque où ils ont été relevés, mais peuvent ensuite être tombés en désuétude ou avoir changé de signification. Ils représentent cependant tous à peu près la même réalité, rendant comparables trois régions très éloignées comme le Y grenoblois, la campagne rémoise et la baie du Mont Saint-Michel, et peuvent donc être ordonnés dans la même catégorie. Cette analyse a permis de regrouper ce type de symboles et de dénominations dans une catégorie « Bâti-civil », déclinée en sous-catégories plus spécifiques (figure 9) adaptées à nos questionnements, tels les bâtiments dédiés à la santé ou à l'hébergement (sous-entendu collectif, comme les hospices ou les auberges). En particulier, les sous-catégories « Habitat », « Habitat-agricole » et « Habitat-saisonnier » regroupant diverses dénominations de lieux dans des ensembles sont celles qui permettent de renseigner l'indice « Habitat dispersé ». Sous « Habitat » sont regroupés par exemple les bâtiments que l'on trouve désignés sous les termes Château (Ch^{au}), Manoir, Gentilhommière, Bastide (B^{ide}), Maison (M^{on}), Pavillon (P^{on}), et dans « Habitat saisonnier », par exemple les orrys, cortal, vacherie et buron.

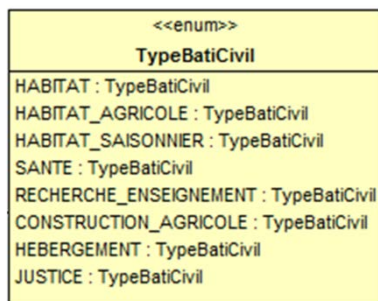


Figure 9. Regroupement et classification des objets de type « bâti civil » en différentes catégories, à partir de la carte d'état-major

Ces représentations diffèrent encore des objets de la BD TOPO© qui ne donnent aucune indication de destination pour l'habitat : il est représenté de façon exhaustive par son emprise au sol, il faut alors trancher par des critères spatiaux entre habitat dispersé ou urbain, et il est impossible d'analyser plus finement les évolutions de sous-catégories d'habitat (agricole, saisonnier ou d'hébergement). Ces divergences entre sources ont donc nécessité une réflexion ontologique préalable pour proposer des indices pertinents pour l'analyse diachronique, impliquant de regrouper des items en catégories a-historiques.

3. Critique de ces ontologies a-historiques

La construction des ontologies a-historiques permet une formalisation stricte des objets et, partant, leur comparabilité dans des systèmes informatiques ou statistiques. Les outils de la géographie quantitative et de l'analyse spatiale peuvent ainsi être mobilisés dans un cadre diachronique, comme illustré par les exemples précédents. Mais l'usage de ces méthodes, parce qu'elles mettent de manière explicite les objets étudiés en confrontation, révèlent en même temps les biais des ontologies mobilisées, qui sont, avant tout, des construits des analystes. Elles dépendent des modèles de pensées inscrits dans le temps de la recherche, dans le contexte de production du savoir et celui de l'usage auquel elles sont destinées, trois biais que nous discutons dans cette partie.

3.1. Conséquences liées à la nature même des sources

Dans les cas d'étude présentés dans la première partie, nous avons construit des catégories a-historiques à partir d'objets qui n'étaient pas initialement destinés à l'usage analytique qu'on en a fait (les cartes par exemple) et, par construction, chaque base de données est peuplée de sur ou sous-représentations de chaque

catégorie à un instant donné. Par ailleurs, ces catégories sont elles-mêmes le fruit de nos propres représentations mentales, ce qui nuance les résultats statistiques de nos analyses.

Par exemple, dans le cas de l'étude des activités à Tours, le résultat illustré dans la figure 4 (« Six catégories génériques pour étudier le rythme du changement urbain à Tours sur 2000 ans ») révèle à la fois des faits thématiques et des biais dus aux conditions de collecte des sources et au contexte de construction de la base de données. Dans le cas des édifices religieux, la disparition à la fin du XVIII^e siècle de très nombreux objets renvoie ainsi à une réalité historique – leur confiscation et leur revente pendant la Première République. Cependant, cette « chute » très visible dans le graphique n'est pas contrebalancée par un regain de cette catégorie quelques années plus tard, qui illustrerait le retour partiel des usages religieux des bâtiments confisqués ; la raison en est que, pour la majorité de ces objets, les chercheurs ont arrêté la datation en 1800.

Dans le cadre du projet Géopeuple, les résultats d'analyse peuvent aussi être discutés de ce point de vue. Par exemple, il reste étonnant que les villes se détachent si peu au XVIII^e siècle dans les résultats d'analyse, en particulier à Grenoble (voir figure 7). Les résultats des classifications signifient que, dans l'ensemble, le profil urbain du XVIII^e siècle est plus proche du profil « rural » du XVIII^e et du profil « très peu peuplé » du XXI^e siècle, que du profil des zones urbaines contemporaines. Ceci peut être compris du fait de la densité de population : même les communes urbaines étaient alors très peu peuplées proportionnellement aux communes urbaines actuelles. Cependant, nous attendions que d'autres éléments, tels que la surface urbaine, fassent ressortir les communes urbaines du XVIII^e siècle.

Or tel n'est pas le cas. Ceci s'explique aussi par la nature de l'information mobilisée. En effet, les données contenues sur les cartes de Cassini sont moins nombreuses que celles de la BD TOPO© : beaucoup moins d'objets y sont représentés. Cela ne veut pas dire qu'il existait effectivement moins de bâtiments au XVIII^e siècle qu'aujourd'hui (dans une certaine mesure c'est le cas pour les villes), mais que le report des objets sur la carte est moins systématique. Par exemple, une ferme en écart sur la carte de Cassini est représentée par un simple point, même si elle est constituée de plusieurs bâtiments ; en revanche dans la BD TOPO© et la carte d'état-major, chacun de ces bâtiments est figuré.

Ce biais a une incidence forte sur les valeurs que prennent les indices, et ceci malgré le fait qu'ils soient normalisés en les rapportant à la même surface d'étude (celle de la commune actuelle). Ainsi la comparaison de leur distribution pour chaque zone d'étude entre chaque époque, comme par exemple celle de l'indice « nombre d'église », entre la carte de Cassini (temps t_1) et la BD TOPO© (temps t_2) sur la figure 10, montre que les indices Cassini ont une distribution moins étendue que les indices de la BD TOPO© et que les valeurs à t_2 sont plus dispersées autour de la moyenne (étendue qui vaut 0,92 en 2011 contre 0,67 sur Cassini) avec un maximum des valeurs systématiquement plus grand – 50 par communes en 2011

contre un maximum de 27 églises par communes suivant Cassini. Ce cas d'espèce concernant la non-comparabilité des distributions des églises est d'autant plus marquant et démonstratif que les cartes de Cassini étaient construites sur une triangulation de la France utilisant les clochers des églises, et que ceux-ci avaient le plus de chance d'être nombreux.

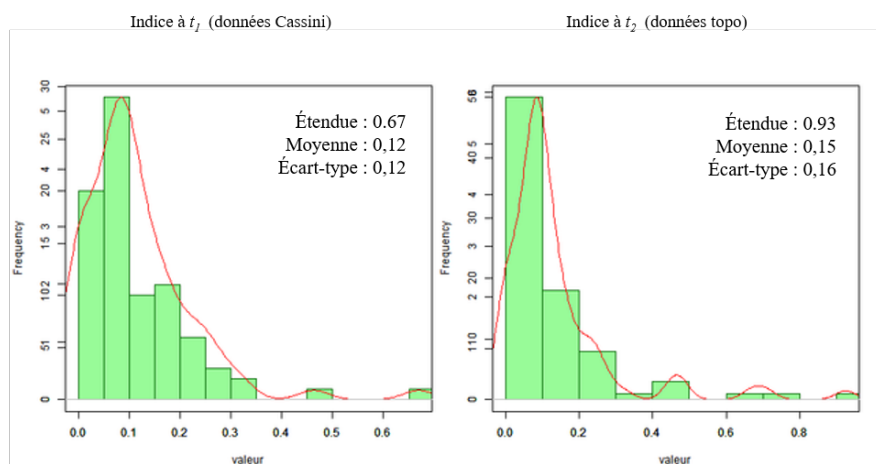


Figure 10. Distribution des valeurs de l'indice « nombre d'églises » pour la zone de Reims (Nahassia et Plumejeaud, 2012, p. 34)

De ce fait, et mécaniquement, lorsque ces indices sont étudiés et analysés conjointement, les communes décrites par les indices Cassini apparaissent comme uniformes. Ce biais a pu être évité pour certains indices (notamment pour l'indice « industrie »), mais pas pour l'ensemble des indices. Il s'agit finalement bien là du résultat d'une étude de la représentation du territoire et non de sa réalité. Tout est question de contexte : si nous analysons les territoires époque par époque, les indices Cassini seront discriminants, et le territoire sera différencié. L'analyse rassemblant les indices des deux époques dilue cette faculté discriminante de l'information topographique issue des cartes de Cassini face au pouvoir de différenciation beaucoup plus important des indices issus de la BD TOPO©.

3.2. Conséquences liées à la pratique des chercheurs

Outre des biais liés aux sources mobilisées dans les analyses, l'usage des ontologies dans le cadre de traitements statistiques révèle également les pratiques des chercheurs qui en sont à l'origine. En particulier, nous pouvons ici discuter des catégories sémantiques du thésaurus du CNAU et de celles qui en découlent, que ce soit celles utilisées pour la base ToToPI ou celles mobilisées pour Noyon, dont

certaines ont en réalité un caractère nettement historique. Autrement dit, alors que ces ontologies se veulent le plus génériques possible, en l'occurrence a-historiques, les pratiques des chercheurs introduisent cependant des catégories qui sont intimement liées à leur discipline ou à une époque.

Ainsi dans ToToPI (figure 11), les objets sont caractérisés par une « valeur d'usage » qui décrit des pratiques sociales et des usages de l'espace (l'habitation, les thermes, la fortification, etc.), qui sont regroupées dans des « valeurs urbaines » de plus haut niveau. La composition de ce thésaurus est finalement le miroir d'une pratique disciplinaire, celle de l'archéologie. En effet, *a posteriori*, nous y voyons d'abord une catégorisation du réel en plusieurs dimensions héritées d'une pensée wébérienne de la ville (Weber, 2014 [1921]) – l'économique, le politique religieux et civil, le militaire – auxquelles ont été ajoutées d'une part, une dimension qui renvoie à un sujet de prédilection des archéologues – le funéraire –, et d'autre part, une dimension pour classer tout ce qui ne rentrait pas ailleurs – les « Aménagements » –, catégorie que d'autres disciplines auraient peut-être pensée autrement. Par ailleurs, ces deux niveaux de description renvoient, à l'origine, à deux niveaux d'analyse de l'espace urbain par les archéologues : l'échelle locale, de la rue au quartier qui est l'échelle des fouilles, et les échelles méso et macro, du quartier à la ville dans son ensemble, qui sont celles de l'analyse.

Ensuite, pour certaines de ces catégories, l'historicité est évidente. Par exemple, la valeur d'usage « Cimetière paroissial » ne peut exister, par définition, qu'à partir du moment où les paroisses sont mises en place dans l'Occident chrétien. Certains traitements statistiques font ressortir l'historicité d'autres classes qui sont pourtant, *a priori*, génériques. En particulier, une analyse factorielle exploratoire a été menée sur Tours pour caractériser des périodes temporelles (périodes régulières de 25 ans) au regard des valeurs d'usage et des valeurs urbaines existant au cours du temps (Nahassia, 2019, p. 179-232). Que ce soit sur les axes factoriels ou dans l'exploration du dendrogramme des classifications ascendantes hiérarchiques subséquentes, nous observons une moins grande variabilité du profil fonctionnel des périodes de 25 ans lorsque celles-ci sont caractérisées par les valeurs d'usages, alors même que ces dernières sont plus nombreuses que les valeurs urbaines. En d'autres termes, alors que les valeurs urbaines participent fortement (en positif ou en négatif) à la caractérisation de multiples groupes de périodes de 25 ans, chaque valeur d'usage a, elle, tendance à caractériser un groupe de périodes et un seul. C'est également ce qui a pu être observé pour le cas de la ville de Noyon sur des périodes de 50 ans. D'ailleurs, les deux premiers axes factoriels révèlent un fort effet Guttman pour les valeurs d'usages contrairement aux valeurs urbaines, typique d'un effet de sériation chronologique (Djindjian, 1991). À l'épreuve des données, les valeurs urbaines restent donc très génériques, et donc a-historiques, tandis que les valeurs d'usage sont plus situées historiquement. En outre, la plus grande stabilité du profil fonctionnel de l'espace urbain tourangeau concerne en particulier un long Moyen Âge, les périodes entre 300 et 1100, caractérisées en particulier par les catégories du religieux (lieux de cultes, couvents et monastères, etc.).



Figure 11. Le thésaurus hiérarchisé en valeurs d'usage et valeurs urbaines de la base de données ToToPI (Nahassia, 2019, incipit)

Ce double motif – les valeurs d'usage sont moins a-historiques que les valeurs urbaines, et les périodes médiévales sont particulièrement stables au regard de la variabilité des valeurs d'usage dans le temps – découle en partie des pratiques de recherche sous-jacentes à la construction de ce thésaurus. En effet, l'ontologie qui caractérise les objets archéologiques en milieu urbain découle d'une construction collective et elle reflète à la fois les besoins et les aspirations des chercheurs qui l'ont élaborée au cours du temps, à savoir des archéologues spécialistes de l'espace urbain. Les catégories ont été constituées en partant du terrain, puisque ce sont d'abord les termes désignant les observations archéologiques qui ont été assemblées en rubriques (les valeurs d'usages), elles-mêmes, par la suite, regroupées en grandes fonctions (les valeurs urbaines) (§2.1.1). Or, l'archéologie urbaine française est fortement constituée par des archéologues médiévistes. D'une part, ce sont donc naturellement les caractéristiques sémantiques centrales dans les études de la ville médiévale qui dominent le thésaurus des valeurs d'usages (en particulier les activités liées à la chrétienté, facteur important de l'organisation spatiale urbaine au Moyen Âge). D'autre part, la ville de Tours est particulièrement bien connue pour cette période et dans cette thématique, et les OH correspondants sont donc particulièrement nombreux au regard des autres catégories – ce qui influence les résultats des traitements statistiques. Il est d'autant plus intéressant que ce phénomène ressorte avec la base ToToPI car elle a été enrichie au cours du temps par de nombreuses études et chercheurs. C'est donc bien une pratique collective – et

non la tendance d'un ou de deux spécialistes – qui émerge ici de l'ontologie, une fois celle-ci mise en pratique par des traitements statistiques.

Enfin, parmi les pratiques des chercheurs ayant des conséquences sur les ontologies réalisées, il nous semble important de relever que les acteurs de la collecte dans le domaine de la recherche veulent généralement conserver une forme de contrôle étroit sur leurs données et l'usage qui s'en fera, tout comme leur autonomie (et ils ont certainement raison dans un sens). Ils préfèrent donc choisir des outils et des modèles dont ils ont la pleine maîtrise, ce qui freine le développement de modèles de bases de données et d'ontologies plus innovants. Cette pratique, plus ou moins conscientisée par les acteurs eux-mêmes, a également des conséquences sur les approches conceptuelles mises en place dans les ontologies. Ceci peut expliquer la faible utilisation d'ontologies axiomatisées proposées par le domaine de l'ingénierie des connaissances, parce que leur emploi requiert des compétences hors champ des chercheurs, et les rend dépendants « du bon vouloir » d'acteurs informaticiens.

3.3. Conséquences liées aux approches conceptuelles

L'ontologie est une construction qui reflète les choix conceptuels de chercheurs, qui sont dictés de notre point de vue par trois facteurs qui agissent conjointement : la nature des sources mobilisées, les *habitus* disciplinaires et le questionnement scientifique qui guide l'analyse. Le poids de ces facteurs peut être illustré par exemple par une question centrale dans la réflexion sur la construction des objets dans la longue durée : le fait d'accorder ou non une identité intrinsèque aux objets. Dans le premier cas, les objets sont dits « endurants » (objets SNAP) car ils « existent dans leur entièreté [...], ont une étendue dans l'espace [...] et forment un tout, observable en chaque instant » (Mathian et Sanders, 2014, p. 32). Dans le second cas, les objets sont « perdurants » (objets SPAN). Ils sont avant tout caractérisés par une durée dans le temps et de ce fait, si l'on observe un objet de ce type à un moment t , « on n'a pas accès à son entièreté » (*idem*, p. 32). Ces deux modèles permettent des types d'analyses différents. Le modèle qui sert de support à l'étude des évolutions communales dans GeoPeuple relève du SNAP, tandis que celui qui sous-tend OH_FET se rapproche du SPAN, ils sont donc diamétralement opposés concernant cet aspect d'identité.

En effet, le parti pris de GeoPeuple (Plumejeaud *et al.*, 2015) est d'accorder un identifiant aux communes dont il est possible de suivre les mouvements de fusion, scission, redécoupage au cours du temps, même si leur emprise, leur démographie, leur nom ou d'autres attributs changent. L'usage d'identité dans les communes de GeoPeuple découle d'un *habitus* disciplinaire que nous avons pu observer à plusieurs reprises en histoire moderne. Par exemple, les navires étudiés dans le programme ANR Navigocorpus (Dedieu *et al.*, 2012) se voient attribuer un identifiant unique dans la base de données, suite à une opération de comparaison manuelle, même s'ils apparaissent dans des sources différentes et dans des ports

différents. Cette identité facilite l'étude de trajectoire d'objets (navires ou communes), qui est une question centrale dans ces études. C'est aussi une pratique courante en géographie dès lors que le sujet d'étude touche aux déplacements d'objets dans le temps – par exemple, dans le cas des études des mobilités courtes (déplacements domicile-travail, mouvement d'une tempête) ou longues (études des migrations). Cette approche est possible dès lors que la collecte des informations se fait sur des objets contemporains et/ou aisément accessibles : individus, animaux, phénomènes naturels sont alors conceptualisés et enregistrés dans le temps de l'étude, par questionnaires ou entretiens, *tracking*, observation en temps réel, etc.

Cependant, dans le cas d'études diachroniques qui remontent encore plus loin dans le passé, avec l'utilisation de sources historiques et archéologiques moins complètes, ce type d'information n'est pas nécessairement accessible, ce qui rend la construction d'objets durables difficile. L'intégration d'éléments d'interprétation portant sur l'identité dans la construction d'une base de données historique, au moment de la collecte de l'information, peut s'avérer périlleuse. En effet, cela peut introduire des erreurs qui seront ensuite difficiles à corriger. Il s'agit d'un choix interprétatif fort, qui peut parfois relever de la pure spéculation. C'est une des raisons qui peut expliquer qu'en archéologie, et au vu parfois de la difficulté de « recoller » les morceaux, l'enregistrement strate par strate des micro-éléments et de leur description, même s'ils font partie d'un ensemble plus vaste, se fait sans positionner *a priori* une identité d'appartenance aux fragments collectés. La possibilité reste ainsi ouverte au chercheur, sans être imposée, d'attribuer en aval un héritage, une continuité entre les objets, ou non, au moment où il se saisit de ces objets pour l'analyse. Le parti pris d'OH_FET est donc de ne pas accorder d'identité aux traces archéologiques et de procéder plutôt à une multiplication d'objets « perdurants » sans faire bénéficier les traces plus récentes de propriétés (comme la fonction) de traces plus anciennes qui se superposeraient spatialement. Dans la base de données ToToPI, un objet est une unité fonctionnelle et spatiale homogène et tout changement dans ces deux dimensions aboutit à la création d'un nouvel objet.

Dans l'analyse des activités à Tours à partir de cette base de données, le choix a été fait de ne pas créer de lien d'identité temporelle entre les OH pour les transformer en objets durables – pour la plupart d'entre eux un tel lien est d'ailleurs impossible à établir. Le revers de cette décision est qu'il existe bel et bien dans la base de données des objets qui représentent une même réalité à différentes époques, laquelle est modélisée en différentes unités du fait de changements de forme ou de fonctions, et qui peut être facilement identifiable et reconstituée *a posteriori*. C'est le cas par exemple de la cathédrale de Tours, ou encore de certains cimetières. Un certain nombre d'entre eux changent d'emprise au cours du temps (extensions ou rétractation), ce qui implique dans le modèle OH_FET des changements d'objets, comme l'illustre la figure 12 (le cimetière de Saint-Clément connaît trois emprises entre 1000 et 1800). Ainsi, le décompte de l'apparition des cimetières au cours du temps (tel qu'il est utilisé par exemple dans le résultat d'analyse illustré par la figure 4, §2.2.1) est partiellement biaisé : pour certains d'entre eux il ne s'agit pas de

la création d'une activité, mais de sa réapparition sous une forme différente. Néanmoins, dans le cadre de l'analyse, le changement de forme peut être lu comme une réactivation de l'activité dans le lieu considéré (on agrandit un cimetière plutôt que d'en créer un nouveau ailleurs), ce qui révèle la résilience de celle-ci, et ce qui interroge sur les conditions de cette réactivation (dans quel environnement urbain ? à quelle fréquence ? etc.).

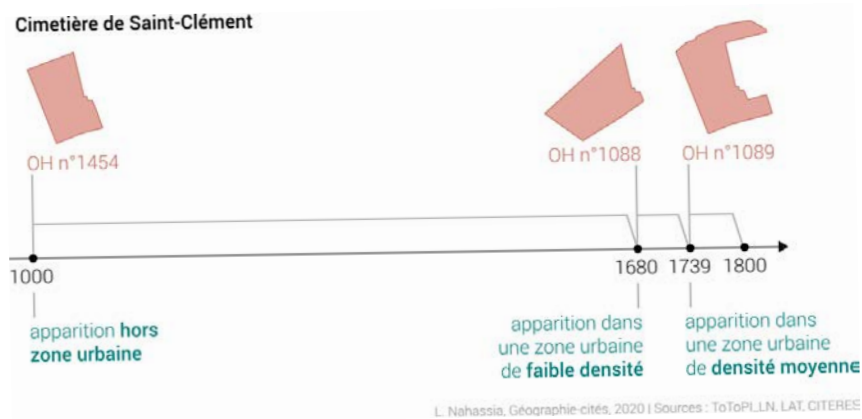


Figure 12. Évolution de la forme du cimetière de Saint-Clément dans la base ToToPI : modélisation en trois OH et interprétation

Une extension du modèle OH_FET propose même d'aller plus loin dans la décomposition de l'identité des objets, en découpant tous les objets d'un même corpus selon leurs superpositions dans les dimensions spatiales et temporelles (Rodier et Saligny, 2010). L'intersection de toutes les géométries et de toutes les durées d'existence des objets aboutit à des morceaux considérés comme « neutres » d'espace et de temps (les « entités spatiales » – ES et les « entités temporelles » – ET). Par exemple, sur la figure 13, l'objet historique OH2 est composé des ES2 et ES3, et de l'ET1. Chaque morceau et chaque dimension peuvent alors être étudiés indépendamment les uns des autres, en se demandant par exemple quels morceaux d'espace sont le plus fréquemment mobilisés par l'occupation urbaine – une approche très utile dans le cadre d'analyses morphologiques de l'espace (voir par exemple Simon, 2015 sur Vendôme). Mais ce découpage fait perdre toute valeur thématique aux objets finalement manipulés, qui ne prennent sens au regard de la réalité que lorsqu'ils sont recombinaison les uns aux autres.

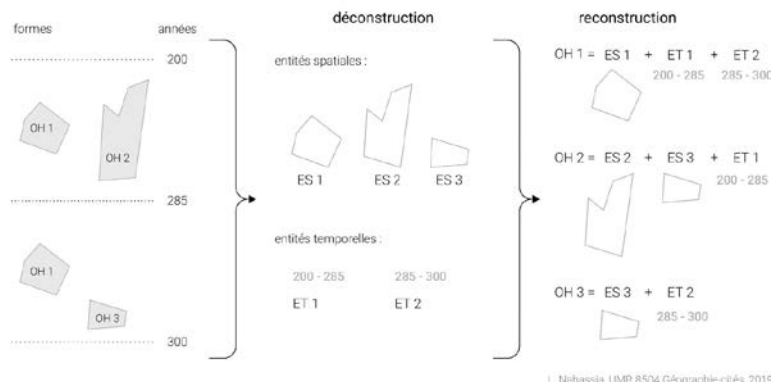


Figure 13. Principe de déconstruction des OH en entités spatiales et temporelles (Nahassia, 2019, p. 91)

Cela rejoint une pratique courante en informatique, qui serait de collecter sans donner d'identité, et de ne procéder à l'identification qu'*a posteriori*. Il existe un pan de recherche en informatique dédié à ces problématiques de conflation/fusion/appariement de miettes d'objets, ancien dans le domaine de la recherche d'information (Lennon, 1981), et renouvelé par la gestion informatisée des cartes (Ruiz *et al.*, 2011) et les bases de données spatiotemporelles (Wang, 2007 ; Recchia et Louwerse, 2013). Ces approches donnent lieu à des développements appliqués à l'Histoire, avec par exemple la thèse de Benoît Costes (Costes, 2016) qui fait suite à ses travaux sur l'appariement de moulins entre les cartes de Cassini et d'état-major (Costes *et al.*, 2014). Mais ce choix peut aussi conduire à des bases de données très redondantes et volumineuses, comme discuté par Plumejeaud *et al.* (2015), et surtout difficilement gérables par les outils que savent manipuler les acteurs de la collecte. Si ce type d'ontologie et de modèle qui ne donnent pas d'identité endurante aux objets peuvent être utilisés en archéologie urbaine, c'est finalement parce que les connaissances y sont, somme toute, relativement limitées en volume, et que les bases de données correspondantes contiennent peu d'objets, même une fois ceux-ci découpés en briques les plus élémentaires.

4. Produire des connaissances reproductibles malgré tout

Si les ontologies sont des construits par des chercheurs et, de ce fait, relèvent de savoirs situés, la construction de ces ontologies a-historiques permet une formalisation stricte des objets et, partant, leur comparabilité dans des systèmes informatiques ou statistiques, mais aussi dans un cadre plus général de construction

des connaissances. En cela, elles facilitent la production de connaissances reproductibles.

4.1. Réutilisation potentielle des données optimisée

Nos différentes expériences de manipulation de bases de données historiques mettent en exergue la nécessité de documenter non pas seulement les données, sous la forme d'un dictionnaire, mais aussi le processus de leur construction, le comment et le pourquoi. De la production d'une ontologie découle normalement la rédaction d'une documentation spécifiant clairement les objectifs des catégories retenues et les modalités de leur construction : les rapports de GeoPeuple répondent à ce besoin par exemple (Nahassia et Plumejeaud, 2012 ; Plumejeaud, 2012a, 2012b, 2012c et 2012d). Ce sont des métadonnées essentielles à la compréhension fine d'un corpus. L'absence de ces métadonnées fait tomber les utilisateurs qui n'ont pas produit les données dans des pièges évidents, et surtout ne rend pas suffisamment compte du fait que les valeurs numériques sont le fruit avant tout d'un processus interprétatif :

« Surtout, la conception d'un life cycle qui part de l'océrisation des sources pour en tirer des textes numériques qui seront annotés et enrichis afin d'en extraire des informations en vue de produire de nouvelles connaissances – à chaque étape de ce processus on rencontre des "données" de nature différente – correspond certes à la méthode informatique mais ne tient pas suffisamment compte d'un acquis essentiel de la méthode historique selon laquelle toute "donnée" historique, tout "fait" historique même élémentaire, résulte d'une construction, c'est-à-dire d'une opération mentale qui prend son origine dans un questionnement [Bizière, Vayssière]. Même les historiens de la fin du XIX^e siècle, théoriciens et praticiens de l'historiographie méthodique et positiviste dont la conception de "fait historique" se rapproche peut-être le plus d'une conception objectiviste de la donnée, étaient conscients de l'importance du questionnement et de la *dimension interprétative de la discipline historique*. » (Beretta, 2017, p. 2-3).

Si ce besoin existe pour toute base de données, il a l'avantage d'apparaître de manière très nette dès lors que les objets étudiés s'inscrivent dans la longue durée, car derrière chaque catégorie se déploient des significations, des méthodes de travail, des appréhensions du monde, etc. potentiellement multiples. Dans le cas de corpus de données plus contemporains, dont l'usage est répandu en géographie, il est parfois moins facile d'identifier ce besoin, les objets pouvant (faussement) paraître plus évidents, car contemporains des chercheurs qui les manipulent. Nous avons par exemple pu nous en apercevoir pleinement lors du post-doctorat effectué par Gravier au sein du LabEx DynamiTe et de l'UMR Géographie-cités, portant en particulier sur l'analyse longitudinale de services publics à partir de la base permanente des équipements (BPE) de l'INSEE (Gravier, 2020). La BPE est produite chaque année depuis 2007. Toutefois, l'INSEE est le compilateur de différentes bases de données et non l'unique producteur. Dès lors, les catégories changent selon les années, du fait de la réorganisation interne de certains services ou de la fusion de plusieurs services

publics entre eux. Il est ainsi nécessaire de se demander systématiquement s’il existe une pérennité des objets étudiés dans le temps et, si non, s’il est possible de regrouper des catégories afin de construire un nouvel objet cohérent pour que l’on puisse étudier sa trajectoire. Pour cela, il faut étudier attentivement l’ensemble des métadonnées élaborées par l’INSEE pour chaque base annuelle, afin de reconstituer le fil des évolutions des catégories pour chaque service étudié, comme l’illustre le cas de Pôle emploi du tableau 2. Il faut également discuter les équivalences d’objets construits dans les BPE. À titre d’exemple, l’ANPE et Pôle emploi, tous deux identifiés en A103 dans les bases 2008 à 2011, sont considérés comme identiques tandis que Pôle emploi résulte de la fusion de l’ANPE et de l’Assédic – ce dernier n’étant pas comptabilisé dans les BPE 2008 et 2009.

Tableau 2. Reconstitution de l’évolution des catégories relatives à Pôle emploi dans les BPE entre 2008 et 2018

2008-2009	2010-2011	2012	2013	2014-2018	
Agence Nationale Pour l’Emploi A103	Pôle Emploi A103	Agence de proximité Pôle Emploi A110	Agence de proximité A110	Réseau de proximité Pôle Emploi A122	
		Relais Pôle Emploi A111	Relais A111		
		Permanence Pôle Emploi A112	Permanence A112		
		Agence de services spécialisés A113	Agence spécialisée A115	Réseau Spécialisé A115	
		Agence thématique A114			
				Relais et maison de service public A116	Réseau Partenarial Pôle Emploi A123
				Point d’Information et de Médiation Multiservices A117	
				Espace Public Numérique et autres A118	

C’est justement un des intérêts de l’utilisation des ontologies que de devoir forcer l’explicitation de la construction des données et, inversement, aider à la critique – productive – de cette construction. Cela est d’autant plus essentiel que les données sont de plus en plus facilement accessibles et nombreuses. D’ailleurs, l’ouverture des données de la recherche qui encourage à la réutilisation des corpus dans des modèles numériques par des personnes hors du champ disciplinaire « producteur » de la donnée ne peut que bénéficier de cette documentation. Ainsi, lorsqu’elles existent, les ontologies fluidifient la réutilisation des données.

C’est aujourd’hui ce que démontre l’ontologie mise en place par les archéologues et relative aux catégories d’analyse de l’espace intra-urbain sur le temps long et aux OH de la base ToToPI. Le modèle de données qui a été construit à partir du cas de Tours est aujourd’hui relativement partagé par ceux qui travaillent sur l’espace intra-urbain aux périodes anciennes – sur la ville de Metz (Gama, *et al.*, 2006 ; Desjardin *et al.*, 2011) ou l’oppidum de Bibracte (Meunier, 2012) par

exemple. Au sein du Laboratoire archéologie et territoire, le modèle a même été enrichi ponctuellement d'un nouveau niveau de catégories fonctionnelles pour aborder des objets archéologiques encore plus fins, à l'échelle des éléments constituant une parcelle ou un bâtiment (cours, logis, jardin, etc.) à partir des cas de Tours et de Vendôme (Lefebvre, 2008 ; Simon, 2015), et d'un niveau plus générique qualifiant leurs portées, comme nous l'avons vu plus tôt (§2.1.2). Dans le cadre de la thèse de Nahassia sur la ville de Tours (2019), le modèle était ainsi suffisamment explicite pour que les données puissent être réutilisables dans un travail de géographie. Bien entendu, pour que cette réutilisation des données puisse être pleinement fructueuse, il a fallu du temps pour être en mesure de s'approprier pleinement la conception archéologique des objets, ainsi que des discussions avec les créateurs et spécialistes de l'espace urbain tourangeau. Cependant cette recherche n'aurait pas pu avoir lieu sans tout le travail de formalisation préalablement effectué par ces derniers. En outre, cette expérience témoigne aussi du fait que l'ontologie permet à un corpus d'être plus pérenne dans le temps. En effet, plus d'une génération s'est écoulée entre le moment du début de la construction de ToToPI et celui de la réutilisation de cette base par Nahassia.

4.2. L'ouverture à la discussion interdisciplinaire fructueuse

L'existence de données décrites dans des ontologies axiomatisées avec des vocabulaires contrôlés est censée favoriser leur réutilisation par les machines, et le croisement d'informations entre disciplines. Notre propos va ici au-delà du discours général sur la « FAIRisation » des données et l'usage des ontologies pour favoriser l'interopérabilité et l'exploitation par des machines. Bien sûr, concernant l'interopérabilité des ontologies, les efforts de la communauté mondiale pour verser des ontologies qui se relient entre elles sont bien réels, conséquents et visibles dans le *Linked Open Data*, espace de référencement et de nommage partagé des ontologies et des données associées sérialisées sous la forme de triplets RDF accessibles sur le Web 3.0, le Web sémantique. Ces efforts visent à favoriser la réutilisation des données. Cependant, nous insistons sur le fait qu'ontologie et Web sémantique ne riment pas forcément avec interopérabilité. D'une part, toutes les ontologies ne sont pas forcément elles-mêmes FAIR, *i.e.* réutilisables en dehors du contexte de leur production (Poveda-Villalón *et al.*, 2020), parce que ces modèles ne sont pas toujours bien méta-décrits eux-mêmes. D'autre part, comme nous l'avons montré dans les paragraphes précédents, les ontologies sont des projections des conceptualisations mentales propres à une époque, une discipline, un type de question de recherche ou d'application. Donc pour réutiliser des données produites suivant deux ontologies touchant au même domaine, comme ce peut être le cas avec des données d'observation en environnement mobilisant Observation & Measurement (Cox, 2016) ou OBOE (Madin *et al.*, 2007) par exemple, il est nécessaire de procéder à des alignements (à une réconciliation) des concepts ; à ce sujet les recherches en informatique ont développé des mécanismes d'alignement automatique (Vargas-Vera et Nagy, 2013), mais sont-ils toujours opérationnels et

mobilisables par des utilisateurs non informaticiens ? Par ailleurs, les outils d'ingénierie des connaissances et les modèles informatiques actuels d'ontologie sont peut-être encore limités pour rendre compte de toute la nuance des connaissances – c'est un problème d'expressivité de ces langages (Claramunt, 2020).

Toutefois, l'existence d'ontologies documentées est le fruit d'un travail de formalisation disciplinaire qui a une valeur très forte et qui, intrinsèquement, contribue également à l'interdisciplinarité. D'abord parce que de nouveaux traitements statistiques, tels que ceux présentés en section 2 sont rendus possibles, car les catégories a-historiques facilitent les comparaisons dans la très longue durée. Mais aussi parce que ces analyses peuvent être interprétées au regard de la réalité, nécessairement plus complexe, des usages de l'espace urbain parce que l'ontologie sous-jacente à ce modèle de données a été et est largement discutée, explicitée et formalisée par les chercheurs qui l'ont composée et qui l'utilisent.

En effet, en structurant et expliquant les choix et les interprétations qui guident la production de ses corpus, le spécialiste d'une discipline de sciences humaines et sociales se voit obligé d'entrer dans la communication avec d'autres spécialistes, de son domaine ou d'autres domaines. L'explication donnée doit en effet être comprise par les interlocuteurs, sinon elle n'a pas de valeur. Le producteur comme le consommateur de l'ontologie doivent donc s'accorder sur le sens des mots utilisés, et comprendre la pensée de l'autre. Sans ce travail de formalisation ontologique, il subsiste souvent des implicites et des non-dits autour d'un corpus. S'il n'est pas toujours facile ni agréable de justifier chacun de ces choix, cette démarche ouvre la porte à la mise en débat de ces derniers, et donc à la comparaison des différentes approches et opinions des chercheurs. L'ontologie facilite donc l'aller-retour entre les différentes positions épistémologiques qui conditionnent les analyses et leurs résultats, un cheminement qui nourrit le questionnement scientifique, et dont le premier bénéficiaire est au moins l'auteur de l'ontologie, suivi de l'ensemble de la communauté scientifique, quelle que soit sa discipline.

Bibliographie

- Beretta F. (2017). L'interopérabilité des données historiques et la question du modèle : l'ontologie du projet SyMoGIH. *Enjeux numériques pour les médiations scientifiques et culturelles du passé*, B. Juanals et J.-L. Minel (dir.), Presses universitaires de Paris Nanterre, cf. HalSHS.
- Berthaut H. (1898). *La Carte de France, 1750-1898. Étude historique*. Imprimerie du Service géographique de l'Armée, Paris, tome 1.
- Biddle M., Hudson D. M., Heighway C. M. (1973). *The Future of London's Past: A Survey of the Archaeological Implications of Planning and Development in the Nation's Capital*, vol. 4, Worcester, Rescue.
- Bizière J.-M. et Vayssière P. (1995). *Histoire et historiens : Antiquité, Moyen Âge, France moderne et contemporaine*, Paris, Hachette.

- Bouyssou L. (1987). Le buron, *Volcan cantalien*, Chamina, Clermont, 2e édition.
- Cénat J.-P. (2008). Stratégie, logistique et propagande : l'usage des cartes militaires par Chamlay. *Le monde des cartes*, n° 195, p. 27-37.
- Chareille P., Rodier X. et Zadora-Rio E. (2004). Analyse des transformations du maillage paroissial et communal en Touraine à l'aide d'un SIG. *Histoire et mesure*, vol. 3/4(2004), p. 314-344.
- Claramunt C. (2020). Ontologies for geospatial information: Progress and challenges ahead. *Journal of Spatial Information Science*, 20, p. 35-41.
- Collectif (2004). *Informatisation des Documents d'Évaluation du Patrimoine Archéologique des Villes de France: bilan d'étape 2002-2003*, Tours, ministère de la Culture et de la Communication, La Simarre.
- Costes B., Grosso E., Plumejeaud C. (2014). Du passé au présent. Intégration de données topographiques extraites des cartes de Cassini. *Revue Internationale de Géomatique*, Lavoisier, vol. 24, n° 2, p. 211-230, doi : 10.3166/riG.24.211-230.
- Costes B. (2016). *Vers la construction d'un référentiel géographique ancien : un modèle de graphe agrégé pour intégrer, qualifier et analyser des réseaux géohistoriques*. Université Paris-Est
- Cox S. J. D. (2016). Ontology for observations and sampling features, with alignments to existing models. *Semantic Web*, vol. 8, n° 3, p. 453-470.
- Dauphiné A. (1984). Espace terrestre et espace géographique. *Concepts de la géographie humaine*, S. Bailly (dir.), Paris, Masson, p. 33-43.
- Dedieu J.-P., Marzagalli S., Pourchasse P., Scheltjens W. (2012). Navigocorpus at work. A brief overview of the potentialities of a database. *International Journal of Maritime History*, vol. XXIV, n° 1, p. 331-359.
- Desjardin E., Runz C. De, Pargny D. (2011). Conception et analyses d'informations archéologiques dans un SIG. Retour des projets SIGRem et ArchéoChamp. *SAGEO'11. Rencontres internationales Géomatique et Territoire*, Avignon.
- Galinié H. (1979). Droit de cité pour l'archéologie urbaine. *Nouvelles de l'archéologie*, dossier « L'archéologie urbaine », p. 6-10.
- Galinié H. et Randoïn B. (1979). *Les Archives du sol à Tours : survie et avenir de l'archéologie de la ville*, Tours, Laboratoire d'Archéologie Urbaine.
- Galinié H. et Rodier X. (2004). La formalisation des données de la topographie historique. coll. « Informatisation des documents d'évaluation du patrimoine archéologique des villes de France : Bilan d'étape 2002-2003 », p. 21-34, Tours, ministère de la Culture et de la Communication, La Simarre.
- Galinié H., Rodier X., Saligny L. (2004). Entités fonctionnelles, entités spatiales et dynamique urbaine dans la longue durée. *Histoire & mesure*, vol. XIX, n° 3, p. 223-242. Retrieved from <http://histoiremesure.revues.org/761>.
- Gama F., Bourada L., Lansival R., Pernot P. (2006). PCR « Étude documentaire sur le POTentiel ARChéologique Urbain de la ville de Metz », Metz - Moselle, Metz.

- Gravier J. (2018). *Deux mille ans d'une ville en système. Proposition d'une démarche appliquée au cas de Noyon*. Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne. Retrieved from <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02367262>.
- Gravier J. (2020). Reconfigurations territoriales des services publics dans les villes françaises (2009-2018). *Proceedings of CIST'20 - Population, temps, territoires*, CNRS, Ined, Université Paris 1, Nov., Paris-Aubervilliers, France, p. 263-268. Retrieved from <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03114137>.
- ISO/TC 46 (2011). ISO 25964, Information et documentation - Thésaurus et interopérabilité avec d'autres vocabulaires - Partie I: thésaurus pour la recherche documentaire. <https://www.iso.org/fr/standard/53657.html>
- Lefebvre B. (2008). *La formation d'un tissu urbain dans la Cité de Tours : du site de l'amphithéâtre antique au quartier canonial*. Université François - Rabelais de Tours.
- Lennon M., Peirce D. S., Tarry B. D., Willett P. (1981). An evaluation of some conflation algorithms for information retrieval. *Journal of Information Science*, vol. 3, n° 4, p. 177-183, doi: 10.1177/016555158100300403.
- Lorans E., Rodier X., Jouquand A-M. (2018). Tours: Origins of urban archaeology, new approaches and new questions. *European Journal of Post-Classical Archaeologies*, 8, p. 19-42.
- Madin J., Bowers S., Schildhauer M., Krivov S., Pennington D. et Villa F. (2007). An ontology for describing and synthesizing ecological observation data. *Ecological Informatics*, vol. 2, n° 3, p. 279-296.
- Mathian H. et Sanders L. (2014). *Objets géographiques et processus de changement : approches spatiotemporelles*, Londres, ISTE Éditions.
- Meunier A. (2012). Gestion et exploitation des données spatiales à l'aide d'un système d'information archéologique. Le SIA UrBiS : Urbanisme de Bibracte et Spatialité, *Bibracte, programme de recherche sur le Mont Beuvray*. Rapport annuel 2012, Glux-en-Glenne, Bibracte, Établissement Public de Coopération Culturelle, p. 437-449.
- Motte C., Vouloir M-C. (2008). Frontières administratives et identités communales. Le cas de la France, XVIIIe-XXe siècles. *The Historical Review*, Athènes, vol. V.
- Nahassia L. (2019). *Formes spatiales et temporelles du changement urbain. Analyser la localisation des activités à Tours sur 2000 ans*. Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne.
- Nahassia L. et Plumejeaud C. (2012). *Analyse des évolutions des données topographiques et démographiques de la carte de Cassini à nos jours* (Rapport No. L4.1). COGIT/IGN.
- Pégorier A. (2006). Les noms de lieux en France, dictionnaire de termes dialectaux, <http://www.ign.fr/adminV3/display/000/526/725/5267257.pdf>
- Peiffer C. (1877). *Légende territoriale de la France pour servir à la lecture des cartes topographiques*, Paris, Ed. C. Delagrave, éditeur de la Société de Géographie de Paris.
- Pelletier M. (1990). *La carte de Cassini. L'extraordinaire aventure de la carte de France*, Paris, Presses de l'École nationale des Ponts-et-Chaussées.
- Peuquet D. (2002). *Representations of time and space*, New York, NY, USA, Guildford Press.

- Plumejeaud C. (2012a). *L2.0-2 Présentation des données*. Rapport du projet GéoPeuple.
- Plumejeaud C. et Vouloir M-C. (2012b). *L2.1-2 Contenu de la carte de Cassini et sa modélisation en vue de sa vectorisation*. Rapport du projet GéoPeuple.
- Plumejeaud C. (2012c). *L2.1-3 Contenu de la carte d'état-major et sa modélisation en vue de sa vectorisation*. Rapport du projet GéoPeuple.
- Plumejeaud C. (2012d). *L2-3.4 Intégration des données démographiques*. Rapport du projet GéoPeuple.
- Plumejeaud-Perreau C., Cristofoli P., Motte C. (2015). De l'étude des nomenclatures territoriales à la modélisation des dynamiques des territoires administratifs en France. *Revue internationale de géomatique*, Lavoisier, Modéliser les dynamiques spatiales, vol. 25, n° 3, p.355-392
- Poveda-Villalón M., Espinoza-Arias P., Garijo, D. et Corcho O. (2020). Coming to Terms with FAIR Ontologies. *Knowledge Engineering and Knowledge Management*, Cham, p. 255-270.
- Recchia G. et Louwerse M. (2013). A Comparison of String Similarity Measures for Toponym Matching. *Proceedings of The First ACM SIGSPATIAL International Workshop on Computational Models of Place – COMP'13*, Orlando FL, USA, p. 54-61, doi: 10.1145/2534848.2534850.
- Rodier X. (2000). Le système d'information géographique TOTOPI : Topographie de TOurs Pré-Industriel. *Les petits cahiers d'Anatole*, n° 4.
- Rodier X. (2016). *Espace-temps des sociétés du passé*. Université de Franche-Comté.
- Rodier X., et Saligny L. (2010). Modélisation des objets historiques selon la fonction, l'espace et le temps pour l'étude des dynamiques urbaines dans la longue durée. *Cybergeo : European Journal of Geography*. <https://doi.org/10.4000/cybergeo.23175>
- Roussel D., Defente D., De Mecquenem C., Gueugnon Y., Hacquet J., Jagielski K. (coll.) (2002). *Soissons*. Document d'Évaluation du Patrimoine Archéologique des Villes de France, Paris, Ed. du patrimoine.
- Ruas A., Plumejeaud C., Nahassia L., Grosso E., Olteanu A-M. *et al.* (2013). Géopeople : Création et analyse de données topographiques sur 200 ans. *Cartes & géomatique*, Comité français de cartographie.
- Ruiz J.J, Ariza F. J., Ureña M. A., Blázquez E. B. (2011). Digital map conflation: A review of the process and a proposal for classification. *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 25, n° 9, p. 1439-1466, doi: 10.1080/13658816.2010.519707.
- Simon G. (2015). *Espace et société à Vendôme du 11e au début du 19e s. : fonctionnement et fabrique d'une ville intermédiaire sur le temps long*, Université François - Rabelais.
- Vargas-Vera M. et Nagy M. (2013). Challenges in ontology alignment and solution to the contradictory evidence problem. *Advances in Artificial Intelligence and Its Applications*, F. Castro, A. Gelbukh et M. González (Ed.), vol. 8265, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, p. 199-216.

Wang H., Tang X., Shi S. (2007). A solution for change detection in spatio-temporal database. *Geoinformatics 2007*, Nanjing, China, juin, p. 675303, doi: 10.1117/12.760449.

Weber M. (2014 [1921]). *La ville*, Paris, La Découverte, coll. « Politique et sociétés ».