Géopeuple : Création et analyse de données topographiques et démographiques sur 200 ans

Anne Ruas, Christine Plumejeaud, Lucie Nahassia, Eric Grosso, Ana-Maria Olteanu, Marie-Christine Vouloir, Claude Motte

▶ **To cite this version:**

Anne Ruas, Christine Plumejeaud, Lucie Nahassia, Eric Grosso, Ana-Maria Olteanu, et al.. Géopeuple : Création et analyse de données topographiques et démographiques sur 200 ans. Cartes & géomatique, 2013, 218, pp.17 - 29. hal-02868105

HAL Id: hal-02868105
https://hal.science/hal-02868105

Submitted on 20 Dec 2022

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

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

GÉOPEUPLE : CRÉATION ET ANALYSE DE DONNÉES TOPOGRAPHIQUES ET DÉMOGRAPHIQUES SUR 200 ANS

par Anne Ruas[1], Christine Plumejeaud[2], Lucie Nahassia[2], Eric Grosso[2], Ana-Maria Olteanu[2], Marie-Christine Vouloir[3], Claude Motte[3]

[1]IFSTTAR, 14-20 boulevard Newton, 77447 Champs sur Marne, anne.ruas@ifsttar.fr
[2]Laboratoire COGIT, Institut géographique national, 73 avenue de Paris, 94165 Saint Mandé
[3]LADéHis, EHESS, 190 avenue de France, 75013 Paris

Le but du projet GéoPeuple est d'analyser la variation de la population française de la fin du XVIII[e] siècle à nos jours à l'échelle de la commune en fonction des éléments topographiques caractérisant chaque commune : ses infrastructures, son équipement, l'habitat mais aussi les composantes naturelles telles que le relief et le réseau hydrographique. Nous souhaitons mieux comprendre l'histoire de chaque commune et éventuellement identifier des règles ou des faits stylisés. Afin de comprendre l'évolution de la population à l'échelle de la commune, une première interface web a été conçue. Elle permet de mieux comprendre les mécanismes de remembrement et leurs impacts sur la quantité de population. Puis nous avons construit des bases de données géographiques vectorielles à partir de cartes anciennes ce qui demande une compréhension du contenu des cartes anciennes et un long temps de saisie interactive. Enfin, pour la phase d'analyse, nous avons d'abord calculé des indices à partir des données topographiques et démographiques sur chaque commune et à chacune des quatre périodes retenues. Des classifications sont ensuite réalisées. La dernière étape du projet est centrée sur l'analyse des résultats, dont l'identification des états successifs des communes sur 200 ans, que nous appelons l'analyse des transitions.

1 Introduction

Lors des deux derniers siècles la France a connu deux processus démographiques majeurs : une forte augmentation de la population (de 28 millions fin XVIII[e] à 66 millions aujourd'hui) et un exode rural massif qui a vidé les campagnes françaises. Par ailleurs, nous savons que ces processus ne sont pas spatialement homogènes : si la quantité de population a augmenté dans toutes les communes de la même façon, avec la même proportion et au même rythme (voir par exemple les travaux de (Berry; 1964) et (Guérin-Pace, 1993)), nous savons aussi qu'il y a une régularité de la distribution des villes selon leur taille au cours du temps (la loi de Zipf) mais que l'augmentation de la population de chaque ville n'est pas uniquement due à la taille de cette ville, et qu'il faut intégrer les interactions entre villes pour mieux estimer et comprendre leur développement (Pumain, 1997). Le but de notre recherche est d'identifier des éléments de différentiation et de voir si on peut établir des relations, à l'échelle de la commune, entre la quantité de population et les caractéristiques de chaque commune au cours du temps. Plus précisément, le but du projet GéoPeuple est d'analyser l'évolution quantitative de la population à l'échelle de la commune durant deux siècles en fonction des caractéristiques de chaque commune : le réseau routier, le réseau ferré, les équipements et bâtiments remarquables (tels que les églises, usines, moulins), l'habitat, le réseau hydrographique, le relief et l'importance administrative de la ville. Nous essayons donc d'identifier et de caractériser les relations entre l'évolution de la quantité de population de chaque commune et les propriétés de cette commune, propriétés qui évoluent également au cours du temps. Un premier point à étudier est de voir si la classification d'une commune reste stable au cours du temps. Si la commune a changé de classe, existe-t-il des éléments pouvant expliquer ce changement ? Un deuxième angle d'analyse est celui des évolutions récurrentes : existe-t-il des évolutions types de communes sur deux siècles au niveau démographique et au niveau de l'équipement (pris au sens large) de la commune ? Si oui, peut-on trouver des explications à ces modèles ?

Ces deux approches ont pour but de mieux comprendre la dynamique des communes et d'identifier éventuellement des faits stylisés (notion introduite par Nicholas Kaldor en 1961 et largement utilisée en économie). Notre recherche nécessite donc de croiser des données topographiques et démographiques

et donc, avant tout, de constituer des bases de données historiques à partir de sources existantes. Si les données démographiques historiques existent en France depuis 1790, il a fallu les restructurer et un site web a été conçu pour pouvoir les explorer visuellement (section 2). Les bases de données topographiques ont été constituées à partir de cartes anciennes (section 3). Enfin, des indices ont été calculés à l'échelle de la commune à partir des données démographiques et topographiques numériques, et des premières analyses ont été réalisées (section 4).

Géopeuple est un projet de recherche français, partiellement financé par l'ANR, qui associe quatre laboratoires de recherche : le laboratoire COGIT de l'IGN spécialisé en géomatique, le laboratoire LaDéHis de l'EHESS spécialisé en démographie historique, le laboratoire MALIRE de l'UMPC spécialisé en traitement d'images et le laboratoire LISIS de l'IFSTTAR spécialisé en modèles numériques. Dans ce papier, nous ne présentons que les données démographiques et topographiques et les analyses qui en sont faites. D'autres papiers présentent le processus de géoréférencement de cartes (Costes et al, 2012) ou l'automatisation de la détection de symboles dans les cartes anciennes (Guyomard et al, 2012). Des informations complémentaires sont données sur le site web du projet (http:/geopeuple.ign.fr).

2 Les données démographiques à l'échelle de la commune

Au niveau spatial, on rappelle qu'en France l'ensemble des communes forme une partition et que par rapport à d'autres pays la France a la particularité d'avoir une grande hétérogénéité en matière de nombre d'habitants. Ainsi une commune peut correspondre à un village (tel que Presles en figure 12) ou à une zone très urbanisée telle que Grenoble. Paris a aujourd'hui plus de 2,2 millions d'habitants mais en même temps 86% des communes de France en 2013 ont moins de 2000 habitants. En 1793, la France comptait environ 40 000 communes et elle en compte aujourd'hui encore 36.680. On voit donc que malgré de nombreux remembrements, le nombre de communes n'a pas tellement changé en 200 ans. Pourtant la stabilité numérique n'implique pas la stabilité spatiale puisque les communes ne cessent d'être redessinées : certaines communes sont agrégées, souvent une commune donne une partie de son territoire à la commune voisine.

Afin d'étudier l'évolution de la démographie à l'échelle de la commune, on utilise deux bases de données :

- La base de données CASSINI – construite par l'EHESS à partir de diverses sources d'information telles que le *Bulletin des lois*, le *Journal officiel* et les recensements de 1793 à aujourd'hui – contient, entre autre, le nom de chaque commune, son nombre d'habitants et son importance administrative.

- La géométrie de chaque commune depuis 1793 reconstituée par le démographe Hervé Le Bras.

La fusion de ces deux sources de données nous permet de constituer une nouvelle base de données démographiques, en s'inspirant des résultats obtenus dans le projet GéoNomenclature (Motte et Pelissier, 2003) (Vouloir et Motte, 2008). Cette nouvelle base de données est utilisée pour calculer le nombre d'habitants par commune pour réaliser les analyses statistiques présentées en section 4. Dans le cadre du projet GéoPeuple, un site web à base de service web a également été constitué afin de rendre cette précieuse information consultable pour tous. Le but des services web développés est de permettre une navigation spatio-temporelle aisée des données démographiques. On peut requêter une ville par son nom et suivre ses remembrements et l'évolution de sa population à l'aide de graphiques. Pour comprendre les remembrements, un graphe historique calculé en dynamique à partir des données de la base est disponible (voir fig. 1 et 2).

Les figures 1 et 2 sont des captures d'écrans du service web conçu dans le projet et qui illustre l'histoire de l'évolution démographique de trois communes : Aas et Aouste ont été fusionnées en 1861 pour créer la commune d'Eaux-Bonnes. Les limites des communes sont représentées au-dessus du GéoPortail de l'IGN (figure 1, vue 1). Le menu 'Historique' permet de visualiser le graphe historique des trois communes (figure 1, vue 2, et figure 2, vue 2). Le menu 'Evolution démographique' permet de voir le graphe de la population des trois communes (figure 2, vue 3).

Les choix techniques (SVG, Raphael, HighCharts, JQuery, API GeoPortail et OpenLayers) sont présentés dans (Grosso et al., 2012) et (Plumejeaud et al., 2012).

3 Des cartes aux bases de données

Une difficulté importante du projet est liée à la constitution de bases de données à partir de cartes anciennes. Pour l'époque actuelle, nous disposons de la BDTopo © de l'IGN, mais nous n'avons pas de sources numériques pour les époques antérieures.

Nous choisissons d'utiliser les cartes topographiques françaises de Cassini pour la fin du XVIIIe siècle, celles de l'État-major pour le XIXe et la série bleue de l'IGN pour 1960. Même si ces cartes ne sont pas à la même échelle, elles couvrent tout le territoire et ont été faites avec des processus connus par des experts. Un premier regard montre que les légendes ont fortement évolué surtout entre la carte de Cassini et celle de l'État-major (figure 3), alors que la légende de la carte de l'État-major est très proche de celle de 1960 et de celle encore en cours à l'IGN-France. Par ailleurs, la saisie de toutes les régions françaises étant trop longue, quatre régions ont été choisies pour leur diversité topographique et démographique : Saint- Malo, Reims, Grenoble et Agen. Pour le XIXe siècle, nous avons choisi d'utiliser les cartes de la fin du siècle parce qu'elles représentent les voies de chemin de fer qui ont joué un rôle important dans le développement du paysage français.

Après le référencement des cartes de Cassini (Costes et al, 2012), l'équipe a pu commencer l'étape de saisie interactive des données à partir des images des cartes mises en projection. Cette étape s'est avérée plus complexe que prévu en premier lieu parce que nous n'avions pas le schéma de données des cartes de Cassini et des cartes de l'État-major. Ces schémas ont pu être constitués à partir d'une analyse fine des cartes et le recours à des travaux antérieurs tels que ceux de Monique Pelletier (1990) sur les cartes de Cassini. La figure 4 illustre la difficulté d'interpréter des cartes anciennes : les symboles sont petits, dessinés à la main et parfois difficiles à distinguer et à interpréter. De plus de nombreux termes ne sont plus utilisés aujourd'hui, ou leur sens est flou pour nous aujourd'hui. Des schémas de données ont pu être établis ainsi qu'un document facilitant la saisie interactive. Ces documents constituent des spécifications pour la saisie à partir de cartes mais ne décrivent pas l'écart de la base ainsi constituée par rapport au terrain.

À partir du moment où les schémas ont été établis, la saisie interactive a pu démarrer. La figure 5 illustre la numérisation de la carte de Cassini sur la région de Grenoble. On notera que la saisie est délicate. Elle a essentiellement été faite par des experts historiens pour éviter les interprétations erronées.

Ensuite, une approche a été proposée pour réaliser un alignement entre les schémas des bases de données des différentes époques. Cela consiste à identifier des concepts similaires ou proches dans les différentes bases. Le niveau de détail étant assez hétérogène, il arrive souvent que des objets ponctuels dans les cartes de Cassini correspondent à des objets surfaciques dans les cartes de l'État-major. La terminologie aussi est différente. Les voies carrossables sous Cassini deviennent des routes sous l'État-major, les bâtiments non religieux et de justice de Cassini sont à mettre en relation avec les bâtiments militaires et civils des cartes de l'État-major. Les voies ferrées n'apparaissent qu'à partir des cartes de l'État-major les plus récentes. Ces mises en correspondance sont nécessaires pour calculer des indices à l'échelle de la commune à différentes époques. Le détail des critères de caractérisation des communes est donné en section 4.2.

Une étude complémentaire basée sur l'appariement des objets a été proposée dans le projet afin de travailler sur l'histoire des entités (et non l'histoire de la commune). Il s'agit dans ce cas d'étudier l'évolution des églises, des moulins, des rivières au cours du temps. Cette partie n'est pas présentée dans le présent article.

4 Relations entre la démographie et la topographie à l'échelle de la commune

4.1 Une expansion urbaine hétérogène

Une première analyse simple consiste à comparer les zones urbaines aux différentes époques. La figure 6 illustre l'expansion urbaine dans la région de Reims. Visuellement on peut voir que certaines communes n'ont pas beaucoup grossi (Avenay), d'autres ont grossi entre Cassini et l'État-major (Bisseul), d'autres plutôt entre l'État-major et aujourd'hui (Dizy) et enfin certaines ont grossi de façon plus régulière (Mareuil, Ay, Epernay). Les bâtiments religieux de Cassini soulignent clairement la structure des communes françaises au moins au XVIII^{e} siècle. On voit qu'elles coïncident clairement avec les nœuds d'urbanisation.

4.2 Les critères de caractérisation

Afin de caractériser chaque commune, un ensemble d'indices a été choisi et implémenté. Nous les décomposons en 5 catégories :

- Population : nombre, densité.
- Infrastructures : longueur du réseau de routes principales, longueur des routes connectées à d'autres communes, longueur des voies de chemin de fer, nombre de stations, longueur des canaux.
- Habitats : surface de la zone urbaine, nombre d'habitations dispersées.

- Equipement et activités : nombre de bâtiments industriels, nombre de bâtiments religieux, nombre de bâtiments militaires, nombre de postes, niveau administratif de la commune.
- Éléments naturels : altitude moyenne, pente moyenne, longueur des cours d'eau.

L'infrastructure décrit implicitement une information contextuelle puisqu'elle caractérise le fait qu'une commune est ou non connectée à ses communes voisines.

Ainsi chaque commune, pour chaque période, est caractérisée par un ensemble d'indices. Dans le cadre de ce projet nous devons résoudre deux difficultés, l'une relative aux remembrements, l'autre relative aux niveaux de détail des sources de données :

- Pour le premier point, nous avons choisi d'utiliser les communes d'aujourd'hui comme référence géométrique stable au cours du temps. Ainsi, au niveau topographique, cela ne pose pas de problème, pour chaque époque, nous comptons les indicateurs des catégories 2 à 5 dans l'emprise de la commune actuelle. Pour la population, l'opération est plus délicate. Au niveau temporel, nous recherchons pour les données démographiques la date la plus proche de la date des sources des données topographiques. Au niveau spatial, lorsque la géométrie est différente nous analysons au cas par cas les filiations entre communes et nous répartissons les populations en fonction de la localisation des noyaux urbains visibles sur les cartes.
- Pour le niveau de détail, nous avons étudié pour chaque thème si les niveaux de détails étaient comparables et si des sélections étaient nécessaires. Pour le réseau routier, la densification est tellement forte que la comparaison est difficile. Il a été choisi de ne sélectionner que les routes principales pour le réseau actuel (voir figure 7).

4.3 Classification des communes

La classification des communes est faite à partir des critères définis en section 4.2. Elle est réalisée en deux étapes. La première consiste à trouver les critères pertinents à l'aide d'une ACP (Analyse en Composante Principale). La seconde est la classification à proprement parler basée sur une CAH (Classification Ascendante Hiérarchique) reposant sur les critères retenus par l'ACP.

Cette méthode, illustrée en figure 8, est inspirée du travail de (Piron et al, 2004). Dans ce qui suit nous considérons deux époques : t1 correspond à Cassini et t2 à l'époque actuelle. Conformément à l'approche proposée par (Lebart et al, 1995), les distributions des différents indicateurs sont comparées pour vérifier si leur forme est identique, ce qui est le cas. L'ACP sur matrice de corrélation de Pearson est calculée sur les données centrées-réduites (parce que les variables ne sont pas dans la même unité). La CAH utilise une métrique euclidienne et un critère d'agrégation de Ward (Nahassia et al, 2012).

Dans un premier temps deux expérimentations ont été faites :

- La première analyse consiste à classer les zones pour chaque date et à analyser le profil résultant des communes (on fait donc une classification par date et par zone). Cette méthode permet d'étudier l'organisation locale des communes les unes par rapport aux autres pour chaque date et de voir comment cette organisation varie pour différentes dates.

- La deuxième consiste à classer toutes les communes d'une même zone ensemble (on fait donc une classification par zone).

La figure 9 illustre les résultats obtenus avec la première méthode, la figure 10 avec la deuxième méthode.

Sur la figure 9, on voit que cinq classes ont été trouvées et que la majorité des unités territoriales appartient à la classe verte que l'on peut caractériser comme des *zones à habitat dispersé, de faible altitude et ayant peu d'industrie*. Ces communes sont opposées à celles qui sont représentées en orange ou rouge qui sont en altitude et qui étaient assez peuplées à cette époque. On peut voir aussi que l'organisation spatiale semble suivre les composantes géomorphologiques puisque les communes les plus peuplées sont en altitude.

La figure 10, par contre, montre une classification conjointe des données de Cassini et des données actuelles. Les résultats ne sont pas très surprenants, mais il est satisfaisant de les constater : en prenant conjointement les données de Cassini et les données actuelles, toutes les communes à l'époque de Cassini se retrouvent dans la même classe (habitation dispersée en hameaux et bourgs, peu densément peuplés) alors que l'on voit apparaitre un paysage plus diversifié actuellement composé de zones urbaines et très peuplées (en rouge et orange) et des zones rurales peu ou très peu peuplées. Cette méthode a été testée sur Grenoble et donne les

mêmes résultats (fig. 11). À l'époque de Cassini le territoire est beaucoup plus homogène qu'aujourd'hui, autant au niveau de la répartition de la population que de l'équipement.

Les figures 10 et 11 illustrent la densification et la spécialisation du territoire, de telle sorte que toutes les communes d'autrefois se retrouvent dans la même classe et pourraient être considérées comme de 'simples bourgs' par comparaison avec la densité de population, d'infrastructures et d'équipement actuel. Nous savons pourtant bien qu'il n'en est rien et que toutes les communes n'étaient pas identiques à l'époque de Cassini, mais cette méthode d'analyse met tout de même en lumière l'évolution globale du territoire.

En regardant en détail les cartes, on peut facilement constater que certaines communes ont fortement évolué alors que d'autres sont restées dans la même catégorie. C'est le cas par exemple de la commune de Presles (fig. 12) qui reste une commune rurale et peu peuplées alors que la commune d'Eybens (fig. 13) a fortement évolué en 200 ans autant au niveau de son équipement que de sa population. Ceci est dû au fait qu'Eybens est maintenant comprise dans la zone urbaine de Grenoble alors que Presles, localisée en altitude dans le Vercors est restée isolée et peu accessible.

4.4 Vers une analyse des transitions

L'analyse des transitions consiste à étudier s'il y a des séquences types que suivent un certain nombre de communes. Cela permet de répondre aux questions suivantes :

> Y a-t-il des séquences types que des communes suivent et quelles sont ces séquences ?
>
> Pour quelles raisons certaines communes suivent certaines séquences et d'autres pas ?
>
> Y a-t-il un lien entre ces séquences et l'évolution de la population ?

Pour réaliser cette étude nous définissons le vocabulaire suivant. Nous appelons

> type de commune : la classe d'une commune selon une classification,
>
> la transition d'une commune : le fait qu'une commune ait changé de classe au cours du temps,
>
> pattern de transition : une succession générique et récurrente de types de commune.

La figure 13 illustre les patterns que l'on peut rechercher sur 4 périodes. Ce type d'analyse est inspiré du travail de (Petitjean et al, 2012) et déjà suivi dans le projet GeOpenSim (Ruas et al, 2011).

Pour la classification on peut soit intégrer la topographie et la population dans la même classification comme cela a été fait en section 4.3 (fig. 13) soit réaliser deux classifications indépendantes et étudier les corrélations. C'est l'approche qui a été choisie pour la fin du projet GéoPeuple et dont les résultats seront publiés ultérieurement.

5 Conclusions

Le projet Géopeuple vise à analyser les données topographiques et démographiques à l'échelle de la commune. L'idée est de voir si les éléments topographiques, soit anthropiques (habitation, infrastructures, équipement,) soit naturels (relief, cours d'eau), nous aident à comprendre la variabilité de l'augmentation de la population sur le territoire. Les données démographiques ont été structurées et sont accessibles grâce à des services web. Une des difficultés du projet est la constitution des bases de données à partir de cartes anciennes (section 3). Une fois que les données existent, nous avons calculé des indices pour chaque commune à chaque époque en intégrant au mieux la variation de niveau de détail des données entre 1790 et aujourd'hui. Pour analyser les données, deux méthodes ont été expérimentées. La première est basée sur la classification et la comparaison des communes à chaque époque (Nahassia et Plumejeaud, 2012). La deuxième méthode est basée sur l'analyse des transitions (section 4.4). Déjà de nombreux résultats ont émergé. On voit clairement l'impact des montagnes qui isolent les communes dans un écrin (fig. 11, le cas du Vercors) ainsi que l'étalement urbain dans le cas de Grenoble. On voit également dans les figures 9, 10 et 11 la densification et la spécialisation du territoire, beaucoup plus différenciées aujourd'hui qu'autrefois. En même temps, toutes les classifications ont été faites région par région et non en associant toutes les communes ensemble ce qui donnait peu de résultats. Les régions avaient et ont une spécificité qui se voyait et se voit encore. Par ailleurs, les études en cours montrent que ce type d'analyse permet d'identifier des particularités locales, le cas de communes qui se démarquent de leurs voisines sur des périodes plus ou moins longues. Ce sera l'objet d'autres publications.

Bibliographie

Berry B.,1964, « Cities as systems within systems of cities », *Regional science*, V13, n° 1, p. 146-163.

Costes B., Grosso E., Plumejeaud C., 2012 , « Géoréférencement et appariement de données issues des cartes de Cassini - Intégration dans un référentiel topographique actuel », SAGEO 2012.

Grosso E., Plumejeaud C., Parent B., 2012, « GeoPeuple project : using RESTful Web API to disseminate geohistorical database as open data», dans *Proceedings of the 2nd Open Source Geospatial Research and Education Symposium (OGRS)*, October 24-26, Yverdon-les-Bains (Switzerland).

Guérin-Pace F., 1993, *Deux siècles de croissance urbaine*, Paris, Anthropos.

Guyomard J., Thome N., Cord M., Artières T., 2012, « Contextual Detection of Drawn Symbols in Old Maps », *International Conference on Image Processing* (ICIP)

Lebart L., Morineau A., Piron M., 1995, *Statistique exploratoire multidimensionnelle*, Paris, Dunod.

Motte C., Pélissier J-P ., 2003, *Géonomenclature des lieux historiques habités,* Archives de France.

Nahassia L., Plumejeaud C., 2012, « Analyse spatio-temporelle de l'évolution des communes françaises depuis la révolution française à aujourd'hui. Manipulation et exploitation d'une base de données géo-historique », *GoéPeuple Report* number 4.1. http://geopeuple.ign.fr

Pelletier M., 2003, *Les Cartes des Cassini : la science au service de l'État et des provinces,* nouvelle édition, Paris, CTHS, 2003.

Petitjean F., Inglada J., Gançarski P., 2012, « Satellite Image Time Series Analysis under Time Warping», *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*.

Piron M., Dureau F., Mullon C., 2004, « Utilisation de typologies multi-dates pour l'analyse des transformations socio-spatiales de Bogota (Colombie)», http://cybergeo.revues.org/3742

Plumejeaud C., Grosso E., Parent B., 2012, « Site web interactif pour l'exploration de l'histoire démographique des communes françaises de 1789 à aujourd'hui», *GeoPeuple Report,* number 6.0. http://geopeuple.ign.fr

Pumain D., 1997, « Settlement Size Dynamics. in History», dans Holm E. (ed*), Modelling Space and Networks*, Umea, GERUM, Proceedings from 7th Colloquium of Theoretical and Quantitative Geography, Stockholm, sept. 1991, p.3-32.

Ruas A., Perret J., Curie F., Mas A., Puissant A., Skupinski G., Badariotti D., Weber C., Gancarski P., Lachiche N., Lesbegueries J., Braud A., 2011, « Conception of a GIS-Platform to simulate urban densification based on the analysis of topographic data », 25th International Cartographic Conference – Lectures Notes in *Geoinformation and Cartography*, Springer, vol. 2, p. 413-430.

Vouloir M-C., Motte C., 2008, « Frontières administratives et identités communales : le cas de la France, XVIII^{e}-XX^{e} siècles », *The Historical Review*, Athènes, vol. V.

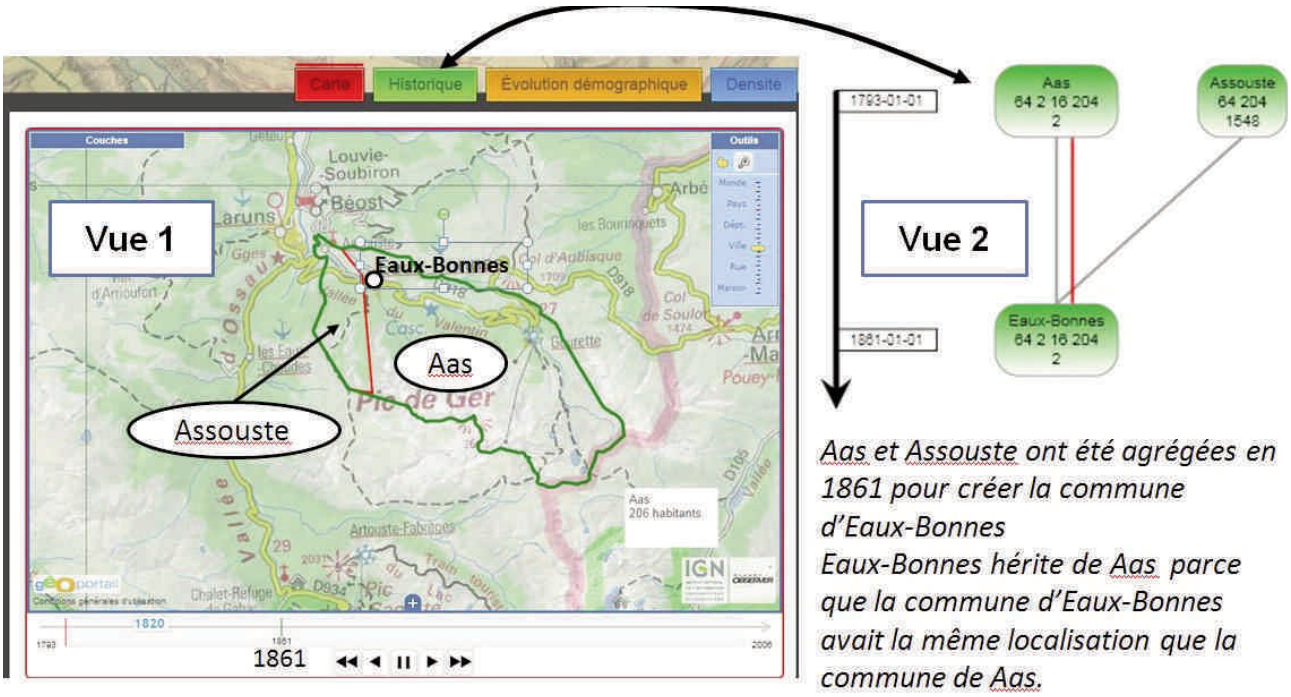

Figure 1 : Les communes accessibles via un portail et le graphe historique associé

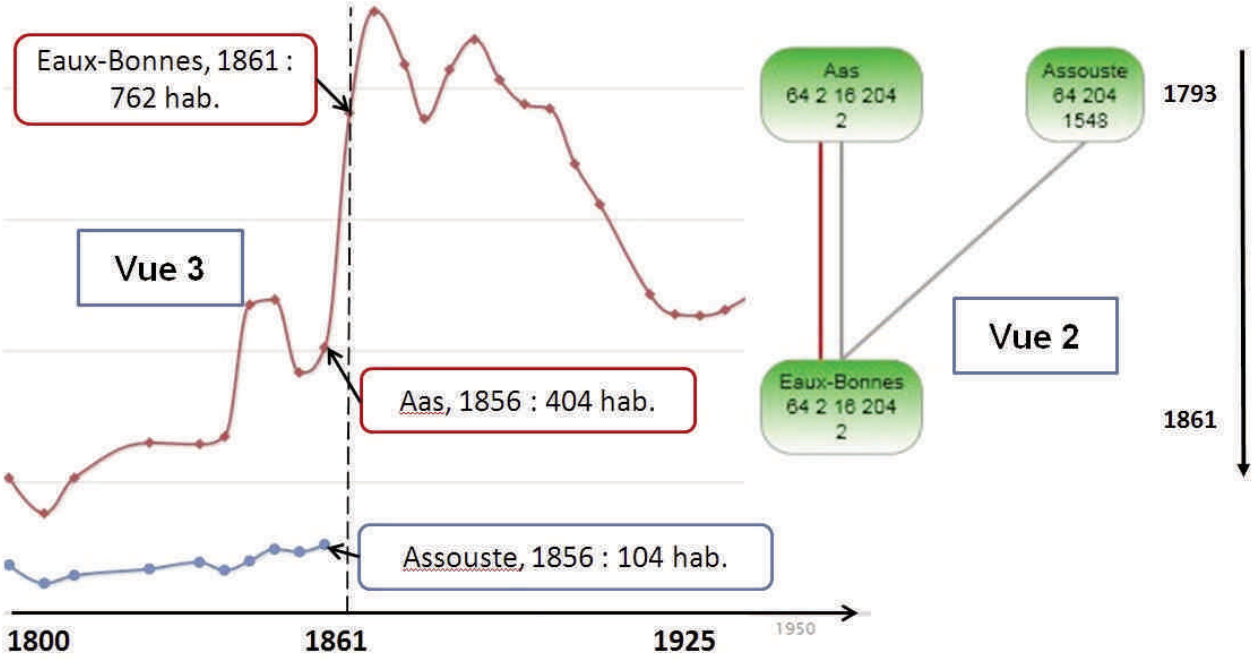

Figure 2 : Visualisation de l'évolution de la population pour trois communes

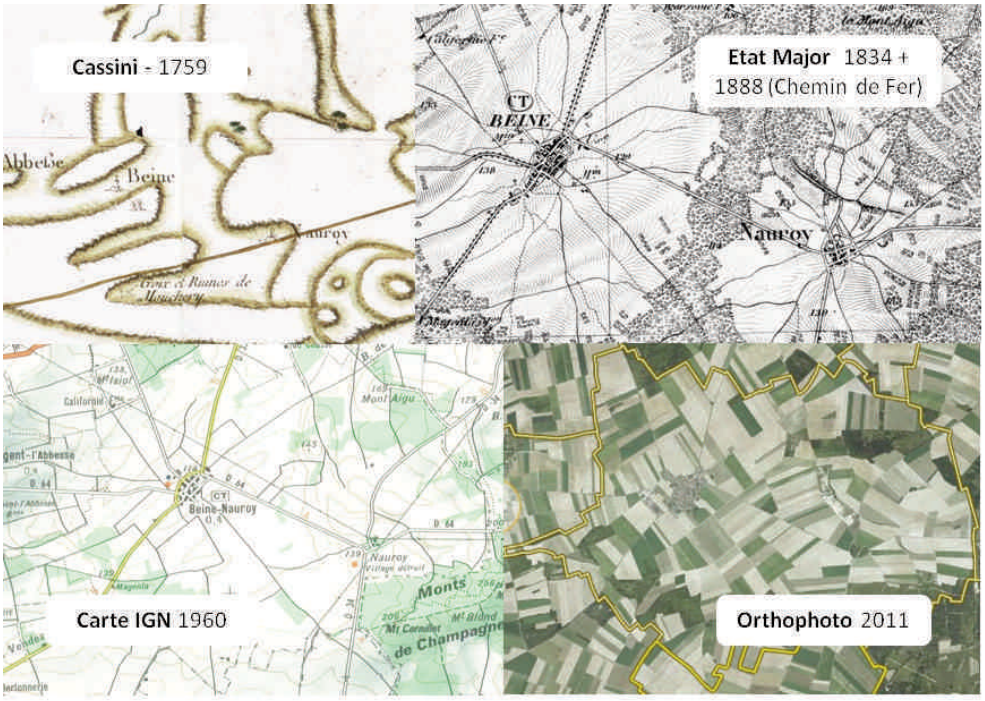

Figure 3 : Représentations des données à différentes époques autour de la commune de Beine-Nauroy

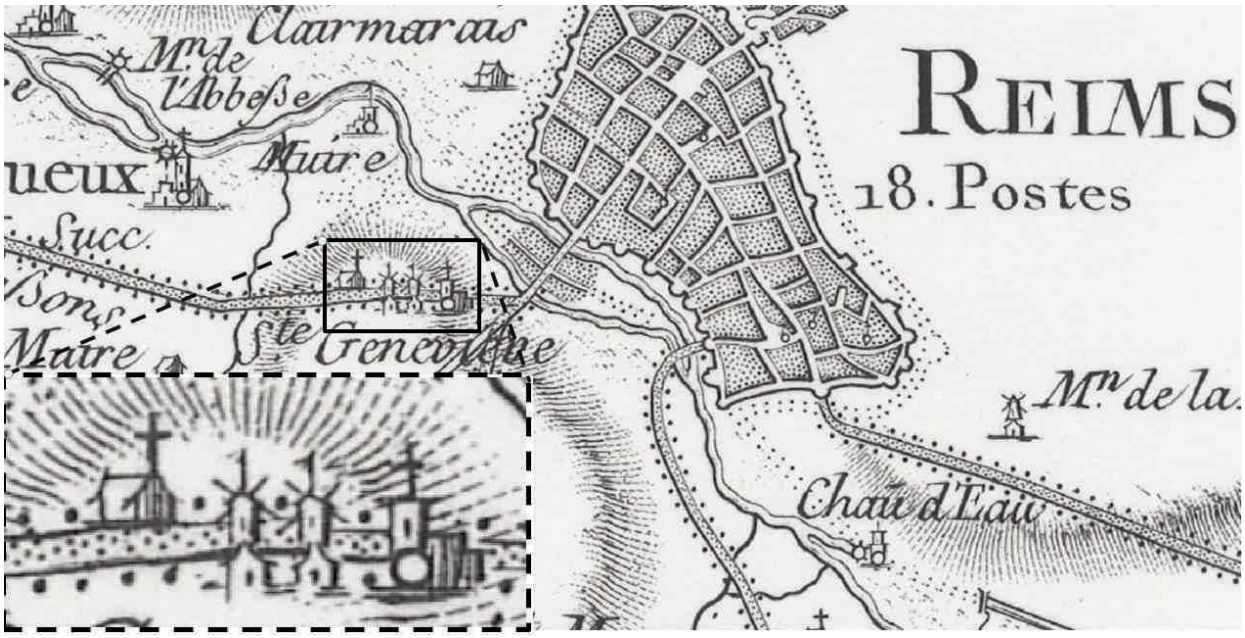

Figure 4 : Zoom sur la carte de Cassini : une chapelle, deux moulins à vent et une église

Figure 5 : Numérisation de la carte de Cassini : superposition des données vecteur sur l'image de la carte

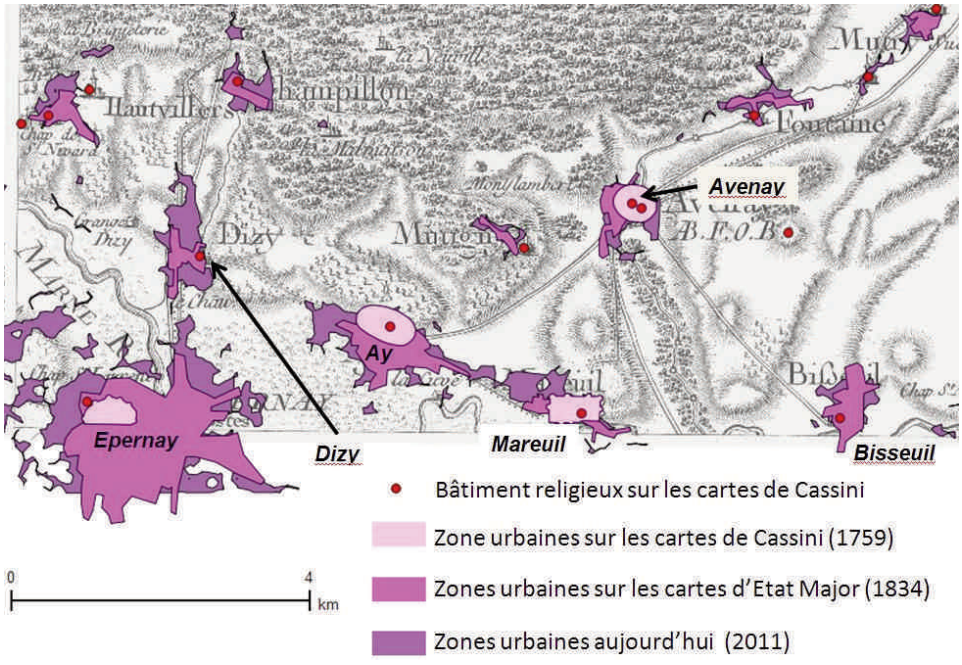

Figure 6 : Expansion urbaine au cours du temps

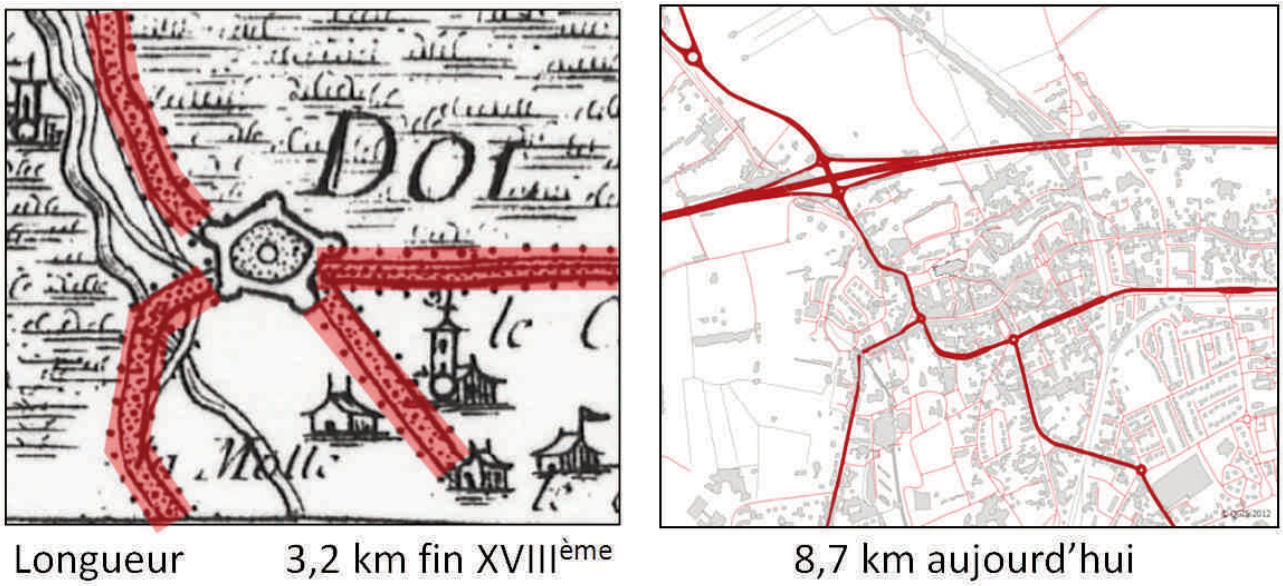

Figure 7 : Sélection pour le calcul de la longueur du réseau de voies carrossables sous Cassini et des routes principales dans la BDTopo dans la région de Dol-de-Bretagne

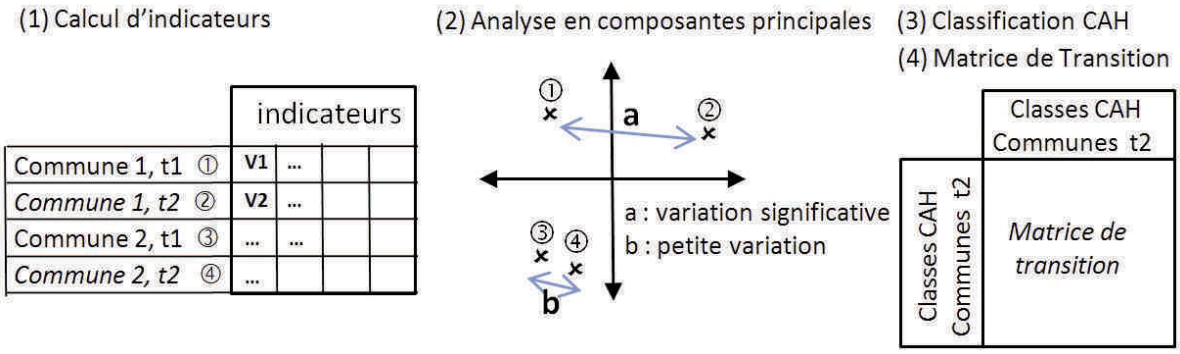

Figure 8 : Utilisation de la méthode d'analyse multivariée pour construire des matrices de transition

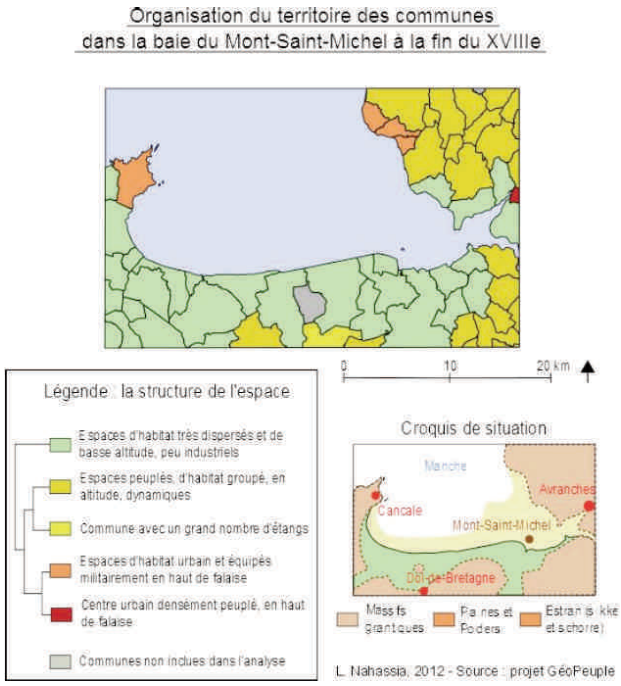

Figure 9 : Classification des communes autour de Saint-Malo à l'époque de Cassini

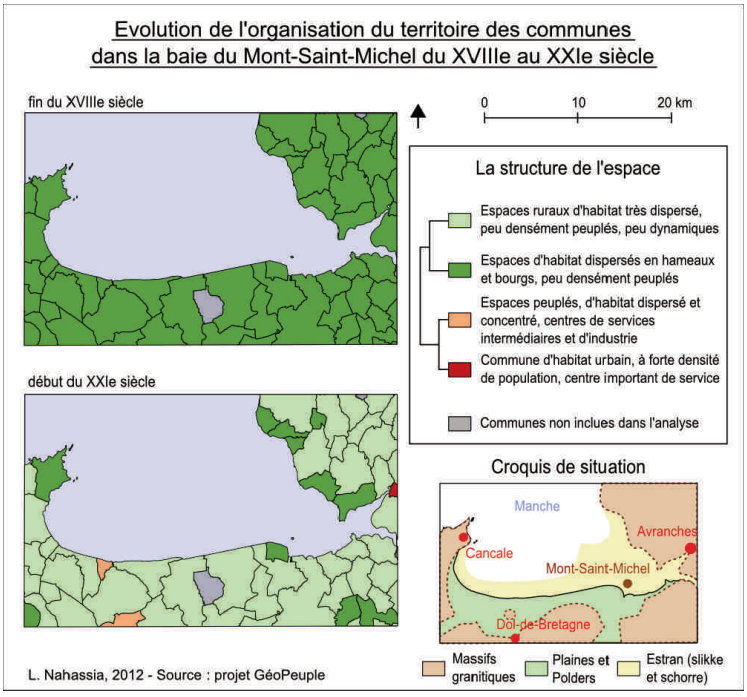

Figure 10 : Différentiation du territoire en 200 ans dans la région de Saint-Malo

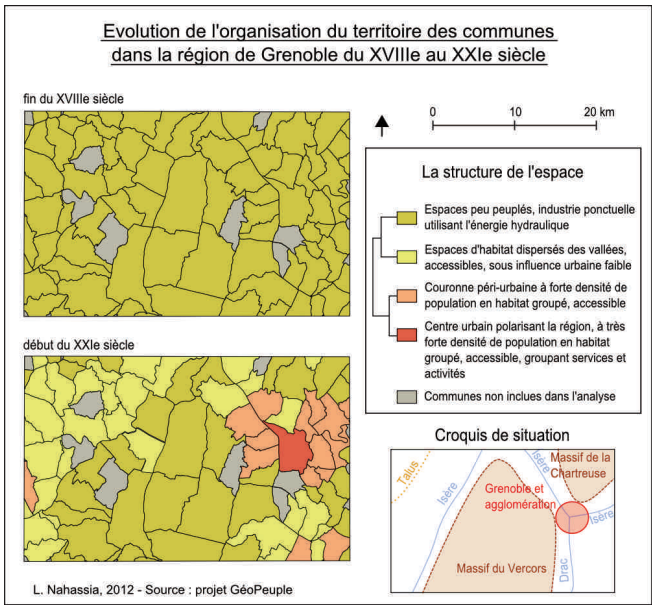

Figure 11 : Différentiation du territoire en 200 ans dans la région de Grenoble

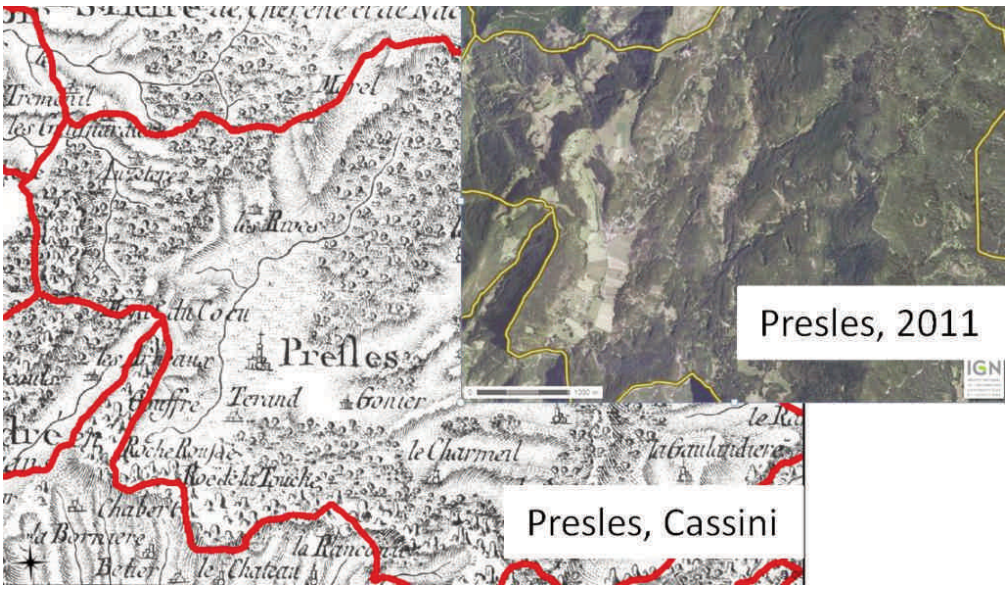

Figure 12 : Presles sous Cassini et aujourd'hui

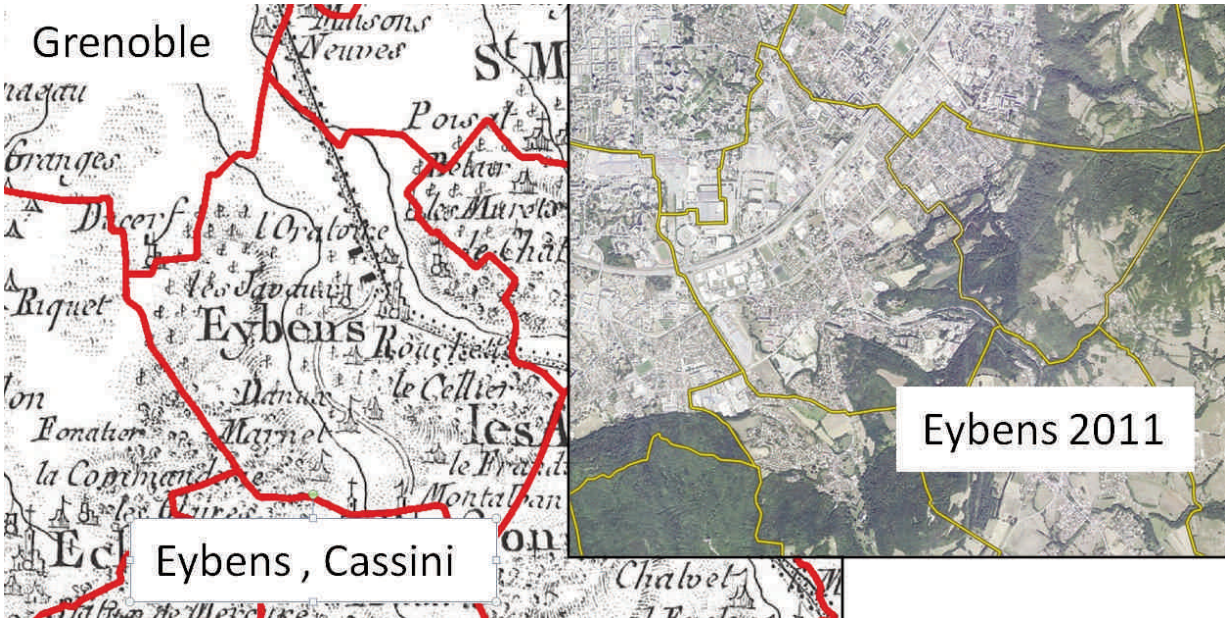

Figure 13 : Eybens sous Cassini et aujourd'hui

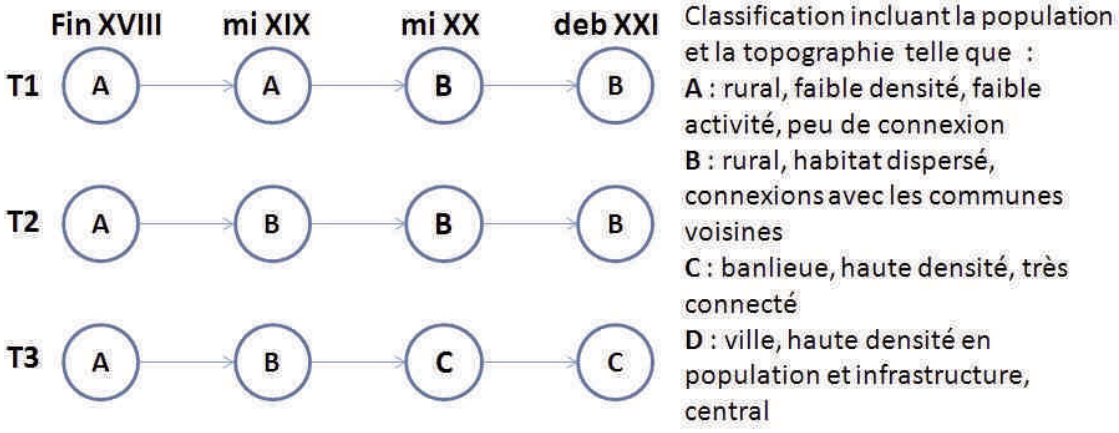

Figure 13 : Exemple de 3 patterns de transition T1, T2 et T3