



HAL
open science

Comité français de cartographie

Hélène Richard, Catherine Hofmann, Christine Zanin, Élisabeth Habert, Matthieu Noucher, Margot Ferrand, Pierre-Emmanuel Bachelet, Martin Vailly, Richard Cagnasso, Cécile Kuntz Shaalan, et al.

► To cite this version:

Hélène Richard, Catherine Hofmann, Christine Zanin, Élisabeth Habert, Matthieu Noucher, et al.. Comité français de cartographie. Thèses en cartographie et géomatique 2019-2022, Cartes & géomatique, 252, pp.110, 2023. <hal-04688798>

HAL Id: hal-04688798

<https://hal.science/hal-04688798v1>

Submitted on 5 Sep 2024

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.



HAL Authorization

CARTES & GÉOMATIQUE

THÈSES EN CARTOGRAPHIE ET GÉOMATIQUE 2019 - 2022



Un Autre Monde

Cartes & Géomatique

Revue du Comité français de cartographie

Le Comité français de cartographie (CFC) est une association placée sous le régime de la loi de 1901. Fondée en 1958, cette association a pour but de contribuer au développement des méthodes et techniques cartographiques, de promouvoir la recherche et les échanges dans ce domaine, aux niveaux national et international. Le CFC est le représentant de la France au sein de l'Association cartographique internationale (ACI).

Les moyens d'action du CFC sont : la publication de la revue trimestrielle « *Cartes & Géomatique* », l'animation et la coordination de commissions d'études spécialisées, l'organisation de conférences ou de journées d'étude, la publication de divers documents et la participation aux activités de l'Association cartographique internationale.

Les commissions actuellement en fonction sont les suivantes : Cartographie et communication, Enseignement, Histoire de la cartographie, Sémiologie, Terminologie.

Directeur de la publication : Hélène RICHARD

Présidente du Comité français de cartographie : Elisabeth HABERT

Publicité et relations publiques : François LECORDIX

Comité de lecture : François LECORDIX, Hélène RICHARD, Cécile SOUCHON

Comité scientifique de la revue : Jean-Marc BESSE, Jasmine DESCLAUX-SALACHAS, Catherine DOMINGUES, Catherine HOFMANN, Matthieu PEROCHE, Florence TROIN, Christine ZANIN

Prix : 30 euros
ISSN : 2119-9825

Cartes & Géomatique

Revue du Comité français de cartographie

N° 252 juin 2023

THÈSES EN CARTOGRAPHIE ET GÉOMATIQUE 2019-2022

Numéro édité par : Elisabeth HABERT
Catherine HOFMANN
Christine ZANIN

Comité scientifique du numéro :
Elisabeth HABERT
Catherine HOFMANN
Christine ZANIN

SOMMAIRE

- ◆ **Introduction** 7
par Elisabeth HABERT, Catherine HOFMANN et Christine ZANIN

Habilitation à diriger des recherches

- ◆ **Des blancs des cartes aux boîtes noires algorithmiques**
Une immersion dans l'inégale géonumérisation du Monde..... 15
par Matthieu NOUCHER

Thèses en histoire de la cartographie

- ◆ **Usages et représentations de l'espace urbain médiéval**
Approche interdisciplinaire et exploration de données géohistoriques d'Avignon
à la fin du Moyen Âge 21
par Margot FERRAND
- ◆ **Bateaux-pigeons, quartier japonais et cartes nautiques : réseaux marchands
et relations entre le Japon, le Dai Viêt et le Champa (XVI^e-XVIII^e siècles)..... 31**
par Pierre-Emmanuel BACHELET
- ◆ **Le monde au bout des doigts : François Le Large, le globe de Coronelli
et les cultures géographiques dans la France de Louis XIV 33**
par Martin VAILLY
- ◆ **L'apport des écoles italiennes dans les premières cartes de l'Océanie 39**
par Richard CAGNASSO
- ◆ **Alexandrie, au fil des plans**
Études sur la cartographie d'Alexandrie, milieu du XIX^e siècle – milieu du XX^e siècle ... 47
par Cécile KUNTZ SHAALAN
- ◆ **L'image de Lyon d'après les guides de voyage aux XIX^e et XX^e siècles,
une étonnante permanence 55**
par Damien PETERMANN

Thèses en géographie

- ◆ **Optimisations cartographiques pour la gestion des crises et des risques majeurs**
Le cas de la cartographie rapide des dommages post-catastrophes 61
par Thomas CANDELA
- ◆ **Évaluer et valoriser les apports effectifs des tweets géolocalisés
émis en réponse aux catastrophes naturelles**
Application aux phénomènes hydrométéorologiques extrêmes du Texas 67
par Camille CAVALIÈRE

- ◆ **Simulations de croissance urbaine pour représenter les impacts possibles des constructions et des contraintes environnementales sur l'étalement urbain**
Constructibilité et application à l'étalement urbain..... 71
par Mojtaba ESLAHI

- ◆ **Mobilité, transport et organisation de l'espace dans la métropole de Montpellier**
Essai de modélisation par les données de téléphonie mobile et l'accessibilité des scolaires..... 75
par Tahar KHARCHI

- ◆ **Analyse spatio-temporelle des mobilités de randonneurs dans le PNR du Massif des Bauges**..... 81
par Colin KEROUANTON

- ◆ **Rendre explicite une présence invisible : vers un atlas mondial des territoires autochtones**..... 87
par Fabrice DUBERTRET

Thèses en sciences et technologies de l'information géographique

- ◆ **Modélisation et raisonnement spatial flous pour l'aide à la localisation de victimes en montagne** 93
par Mattia BUNEL

- ◆ **Exploration du potentiel de l'apprentissage profond pour la généralisation cartographique**..... 97
par Azelle COURTIAL

- ◆ **Évaluation de la qualité de données de la base OpenStreetMap par apprentissage : cas de la République de Djibouti**..... 101
par Ibrahim MAIDANE ABDI

- ◆ **La recherche de jeux de données géographiques : une approche fondée sur les graphes de connaissances** 103
par Mehdi ZRRHAL

- ◆ **Le vandalisme de l'information géographique volontaire**..... 107
par Quy Thy TRUONG

INTRODUCTION

par Elisabeth Habert, Catherine Hofmann et Christine Zanin

Comité français de cartographie

La manière dont nous produisons des connaissances historiques ou géographiques est transformée par les nouvelles technologies et ouvre de nouvelles perspectives de recherche. Pour ce numéro, nous avons sélectionné des thèses traitant des thématiques couvertes par le CFC et soutenues durant les années 2019 à 2022. La diversité des travaux présentés montre les multiples utilisations de la cartographie dans les processus de recherche et l'attention soutenue dont elle fait l'objet en tant que médium.

Une habilitation à diriger les recherches, six thèses en histoire de la cartographie, trois dans le domaine de la géographie et quatre en sciences et technologies de l'information géographique permettent de vous présenter un panorama non exhaustif de la recherche en cartographie.

Pour commencer, nous tenons à revenir sur l'habilitation à diriger les recherches de Matthieu Noucher. Dans le premier volume, il part de l'hypothèse que les blancs des cartes, loin d'être obsolètes, ont aujourd'hui encore, un potentiel heuristique pour analyser les enjeux politiques de l'information géographique numérique. Il interroge les « silences cartographiques » en posant les questions suivantes : alors que l'État n'a plus le monopole pour blanchir ou noircir la carte, comment les vides cartographiques sont-ils mobilisés par les différentes parties prenantes ? Quels enjeux de (dé-)régulation informationnelle sont mis en évidence dès lors qu'on s'intéresse aux logiques d'omission aujourd'hui à l'œuvre ? Face à l'illusion d'un « déluge de données », comment explorer les boîtes noires algorithmiques qui masquent l'inégale géo-numérisation du Monde ? À travers l'Amazonie et plus particulièrement la Guyane, l'auteur tente de répondre aux questions posées. Le second volume est consacré au parcours académique et professionnel ainsi qu'à la production scientifique du chercheur.

Les six thèses en histoire de la cartographie et en géohistoire embrassent une grande diversité de lieux (Avignon, Lyon et Alexandrie, la France de Louis XIV, le Japon d'Edo et la péninsule indochinoise, l'émergence de l'Océanie), un vaste champ chronologique (du Moyen Âge au XX^e siècle) et présentent des travaux avec des angles de vue et

des méthodologies variés, qui mettent la carte au cœur des questionnements, soit comme objet d'étude à part entière, soit comme source d'informations, soit comme outil de visualisation et d'analyse de données géo-historiques.

Margot Ferrand s'intéresse aux usages et représentations de l'espace urbain médiéval en s'interrogeant sur Avignon et la papauté qui sont souvent perçus comme deux entités indissociables à la fin du Moyen Âge. L'omniprésence de la papauté dans l'imaginaire collectif de la cité cache une réalité bien plus complexe et tend à amenuiser la place qu'occupent les différents pouvoirs locaux déjà présents dans Avignon au Moyen Âge. Afin d'interroger l'histoire des spatialités urbaines dans leurs usages et leurs représentations sous un nouvel angle, une chronologie dépassant, en amont, les bornes de la période pontificale et une approche interdisciplinaire fondée sur l'étude d'un type particulier de sources regroupées par les historiens sous l'appellation de « livres fonciers » ont été choisies. Le noyau du corpus repose sur les inventaires des biens de la commune, les enquêtes administratives, les terriers et les livres de reconnaissances. Le traitement des données repose sur la constitution d'une base de données spatiale et d'un Système d'Information Géographique associé à un programme de détection semi-automatique d'entités nommées dans les sources déjà éditées ou transcrites. Cette méthodologie soulève de nouvelles questions quant aux traitements des données géo-historiques, telles que la possibilité de maîtriser l'incomplétude des données inhérentes aux sources anciennes ou encore l'incertitude de la localisation des objets étudiés en utilisant les densités et l'adaptation des méthodes issues de la théorie des graphes. La construction de ces outils et la méthode interdisciplinaire s'inscrivent au centre de cette recherche.

Dans sa thèse, Pierre-Emmanuel Bachelet analyse une des connexions majeures des mers de Chine à l'époque moderne : celle des relations entre le Japon et la partie orientale de la péninsule indochinoise (le Đai Viêt et le royaume de Champa), et ce à travers trois grandes thématiques : la connaissance géographique de cette partie de l'Asie du Sud-Est dans le Japon d'Edo, les relations commerciales et diplomatiques

nouées entre les différents pays, et les migrations japonaises sur place, en particulier dans le port de Hôï An. Il s'appuie sur un corpus de sources large et diversifié : une quarantaine de cartes d'échelles et de styles différents (portulans, planisphères inspirés de Matteo Ricci ou de la cartographie hollandaise), des lettres diplomatiques officielles, de la correspondance commerciale, des sources missionnaires et iconographiques. L'étude des cartes produites par les cartographes japonais témoigne d'une rencontre entre de multiples influences : géographie historique chinoise, cartographie nautique portugaise, néerlandaise ou chinoise, et informations issues des voyages de Japonais ou de leurs contacts avec des navigateurs étrangers. Elle atteste l'apparition, au tournant du XVII^e siècle, de cartes nautiques japonaises hybrides, adaptées à l'usage des navigateurs japonais et portant une toponymie absente des portulans européens. Cette thèse montre d'une manière plus globale que cette partie de l'Asie du Sud-Est a joué un rôle majeur comme partenaire économique du Japon d'Edo, mais aussi comme source d'informations sur le monde extérieur.

Consacrés à l'étude des cultures géographiques et des cultures de l'écrit géographique dans la France de la fin du règne de Louis XIV (1684 – 1715), les recherches de Martin Vailly se fondent sur le travail de François Le Large, garde du globe terrestre de Coronelli à Marly³. Pendant quinze ans, celui-ci décrit et explique le globe terrestre, à l'usage du roi et de sa cour, en circulant dans les milieux savants parisiens, visitant des cabinets et des bibliothèques et se formant auprès des Académiciens. Ce travail de thèse suit en parallèle la circulation des globes imprimés de Coronelli (1 m de diamètre) pour en comprendre l'impact sur les pratiques géographiques de la France moderne. Martin Vailly articule sa thèse autour de trois orientations : 1. Les cultures visuelles et matérielles de la géographie dans la France moderne, via une étude de l'iconographie de la sphère, des grands textes géographiques, et des objets en circulation ; 2. L'histoire sociale de la pratique géographique ; 3. Les liens entre les savoirs géographiques et la construction d'un empire colonial français, à la fois dans sa dimension symbolique et pratique.

La thèse de Richard Cagnasso porte sur la manière dont les cartographes italiens se sont insérés et positionnés entre 1790 et 1850 dans les débats des géographes européens qui ont abouti, par un long processus de construction (création toponymique, divisions géographiques, classification des peuples) à

l'émergence de l'Océanie comme cinquième partie du monde, et ce malgré l'absence de rôle joué par l'Italie, encore politiquement désunie, dans l'exploration de ce nouvel espace maritime, au contraire de la France ou de l'Angleterre. Cette étude nous conduit dans les villes représentatives de la géographie italienne de l'époque, Milan, Venise, Rome, Florence et Naples, et nous présente les géographes italiens alors les plus actifs : Adriano Balbi (Venise), Bartolomeo Borghi (Florence), F.C. Marmocchi (Florence), Luigi Galanti (Naples), Ferdinando De Luca (Naples). L'auteur revient en détail sur l'élaboration des toponymes, les inventions et les appropriations des géographes italiens : la Meganesia, la Micronesia, le Mondo Marittimo, et leur circulation en Europe. A propos du terme « Micronésie », l'auteur étudie le rôle du navigateur et explorateur français Dumont d'Urville dans la construction de cet espace géographique. Quoique partageant initialement les vues d'Adriano Balbi, auteur d'un *Atlas ethnographique du globe* (1826) où la langue est considérée comme l'indicateur principal de la classification des peuples, Dumont d'Urville évolue, après l'expédition à Vanikoro (1828), d'une vision proche de Buffon et de ses « variétés » à celle de Cuvier et ses « races » : sa classification, sa hiérarchisation des peuples du Pacifique se fondent en 1832 sur des critères physiques, raciaux, puis linguistiques. La thèse de R. Cagnasso montre que l'élaboration d'un espace géographique ne se fait pas linéairement mais qu'il est le produit d'une histoire complexe importante à connaître.

La thèse de Cécile Kuntz Shaalan explore la cartographie d'Alexandrie du milieu du XIX^e siècle au milieu du XX^e siècle. En analysant un corpus de 488 plans et en conduisant quatre enquêtes historico-cartographiques, l'auteur met en relief de nouveaux éléments sur l'histoire d'Alexandrie, tant en faisant de ces plans un objet de recherche à part entière. Elle étudie ainsi successivement la cartographie liée aux guides et annuaires (1840-1930), la production d'une famille de cartographes (Nicochosoff 1902-1950), les plans d'assurance d'Alexandrie et l'impact de la Première Guerre mondiale sur la cité. Ces quatre enquêtes lui permettent de retracer l'histoire des acteurs de la cartographie (auteurs, imprimeurs, lithographes, graveurs) et la réception de ces plans (réseaux de diffusion, clientèle), en documentant particulièrement leur histoire aussi bien personnelle et familiale que professionnelle. Par ces micro-histoires, les recherches de cette thèse ont permis de lier l'histoire des hommes à l'histoire de la ville. La recherche de Damien Peterman porte sur la

1 Globe peint de 4 m de diamètre offert à Louis XIV en 1683 par le cardinal d'Estrées, installé dans un des pavillons du château de Marly de 1704 à 1715 et aujourd'hui présenté dans le hall ouest de la Bibliothèque nationale de France (site François-Mitterrand), avec le globe céleste de même diamètre avec lequel il fait la paire.

construction et l'évolution de l'image de Lyon dans plusieurs grandes collections de guides de voyage imprimés, entre le milieu du XIX^e siècle et la fin du XX^e siècle. Soixante et un guides publiés dans deux collections anglaises (guides Murray et Blue Guides), dans une collection allemande (Baedeker) et dans deux collections françaises (guides Joanne et Guides Bleus de l'éditeur Hachette) composent le corpus. L'analyse multiscalaire du local au transnational a pour objectif de comprendre la manière dont l'espace lyonnais est représenté au sein de chaque collection. En développant une double approche géographique et historique, cette thèse s'inscrit dans un cadre pluridisciplinaire. La méthodologie développe largement la prise en compte de la dimension spatiale des guides : le corpus est analysé selon une approche géo-historique.

Les cinq thèses suivantes sont centrées sur les préoccupations environnementales contemporaines.

En s'intéressant aux cartographies rapides post-catastrophe qui se développent depuis une vingtaine d'années, Thomas Candela souligne qu'elles sont soumises à une diversité de modes de représentations pouvant nuire à l'interprétation des utilisateurs et *in fine* à leur appropriation et à leur valorisation dans les processus de gestion de crise. Ses recherches sur le processus cartographique de ces productions et l'évaluation de leur capacité de transmission de l'information ont permis d'une part de déceler des pratiques communes à l'échelle internationale et d'offrir d'autre part un premier retour d'expérience de ces cartographies. Cette thèse a abouti à l'élaboration d'un prototype sémiologique intégré pour plusieurs gammes d'utilisations, à plusieurs échelles et pour plusieurs utilisateurs locaux de la prévention des risques.

La thèse de Camille Cavalière se focalise sur une trace numérique particulière, le tweet géolocalisé, dans le contexte des risques hydrométéorologiques. Les traces numériques constituent des marqueurs virtuels attestant de la présence physique d'un individu dans un espace précis à un moment connu. Intégrées dans la recherche, elles sont considérées comme une opportunité de construire une connaissance de phénomènes sociaux selon une approche verticale ascendante (*bottom-up*). Dans ses travaux, l'auteur explore la question de la représentativité sociale et spatiale de ces traces et comment positionner les outils de l'analyse spatiale et de la cartographie face à ces nouveaux types de données hétérogènes et acquises en dehors de toute norme conventionnelle. L'analyse des tweets de crise se focalise sur les comportements spatiaux et statistiques des lieux de l'activité virtuelle

et la recherche des facteurs socio-spatiaux explicatifs de sa distribution spatiale. Enfin, l'auteur valorise la composante textuelle des tweets de crise par la cartographie en croisant analyse sémantique par catégorie grammaticale et vulnérabilité sociale des populations.

L'objectif de Mojtaba Eslahi est de simuler divers scénarios d'urbanisation afin d'améliorer la prise de décision en matière de politiques publiques. Le principal défi de cette recherche est de proposer différents scénarios d'étalement urbain pour plusieurs types de règles environnementales tout en tenant compte du besoin des habitants ou du moins d'une estimation de la croissance de la population. Pour ce faire, le modèle SLEUTH est utilisé afin d'évaluer l'impact des bâtiments et des règles environnementales sur l'étalement urbain. Comme d'autres méthodes de simulation de la croissance urbaine, ce modèle ne considère que les données historiques. La recherche développée par Mojtaba Eslahi porte sur trois études de cas (Toulouse Métropole, Saint-Sulpice la Pointe et Rieucros). Elle vise à diversifier les possibilités de simulation en intégrant explicitement le facteur des types de bâtiments en fonction de la croissance de la population et en fournissant des modèles de visualisation des résultats de scénarios de croissance urbaine en 2D et même en 3D.

À partir du cas de la métropole de Montpellier la thèse de Tahar Kharchi éclaire l'importance des jeux d'acteurs dans la construction métropolitaine. À l'interface de la géographie et de l'aménagement de l'espace, elle contribue à la réflexion générale sur l'organisation de l'espace urbain initiée par l'école de Chicago. Ce travail de recherche mobilise les concepts et méthodes de l'analyse spatiale ainsi que les outils de la géomatique. Le corpus de données, innovant et peu exploité, associé à une modélisation sous la forme de scénarios, permet une meilleure compréhension des mobilités montpelliéraines. Le volet téléphonie mobile a été rarement utilisé par les géographes et très peu de travaux ont été publiés sur cette problématique. Cette thèse arrive à un moment où les questions de mobilité sont au cœur de la chaîne de planification territoriale.

Inscrite dans une perspective interdisciplinaire entre écologie, sociologie, géographie et géomatique, la recherche de Colin Kerouanton se situe à l'interface des écologues et des gestionnaires du territoire pour l'étude de l'interaction Faune/Humain. Sa thèse a pour objectif de proposer une analyse spatio-temporelle des mobilités de randonneurs, enregistrées par portage de GPS. Composée de deux parties, la méthodologie permet dans une première

partie de mettre en place une analyse fine des pauses et des caractéristiques sociologiques des randonneurs afin de déterminer les espaces à forte probabilité de pause. Dans la deuxième partie, la comparaison des vitesses de déplacement des randonneurs selon la pente et leur profil permet à l'auteur de simuler des scénarios de randonnées des sentiers et de classer automatiquement les trajectoires.

A travers la mise en place d'un observatoire, un autre aspect de la cartographie est abordé par la recherche menée par Fabrice Dubertret. Celle-ci vise à donner une perspective globale sur l'ampleur des revendications territoriales autochtones et les enjeux considérables que soulève leur reconnaissance. La démarche implique de répondre à un ensemble de défis scientifiques et politiques ainsi qu'à un ensemble de questions connexes : où sont les peuples autochtones du monde ? Quels droits revendiquent-ils ? Sur quels espaces ? Comment et dans quelle mesure leur mouvement transnational est-il parvenu à une reconnaissance locale de leurs territoires ? Quels enjeux soulèvent leurs nouveaux usages des cartes et l'agrégation de ces dernières en une base de données globale centralisée ? L'auteur de cette thèse fait également le point sur les données recueillies sur l'observatoire LandMark et analyse les contributions au suivi de la mise en œuvre du droit international des peuples autochtones ainsi qu'à une meilleure compréhension des dynamiques en cours au sein de leurs territoires. Il évalue également les capacités de l'observatoire à offrir un appui scientifique aux revendications politiques autochtones, notamment par la mise en valeur des services écosystémiques rendus par leurs territoires et par la prévention de l'accapement de leurs ressources.

Plusieurs thèses sont davantage centrées sur l'amélioration des méthodes de la géomatique ; la première est centrée sur la localisation à partir d'un référentiel indirect, la deuxième sur le potentiel de l'apprentissage profond et la troisième sur la qualité des données OpenStreetMap à partir de l'exemple de Djibouti.

L'objectif des recherches de Mattia Bunel est de proposer une méthode permettant d'assister les secouristes dans la situation où la position du requérant ne peut être identifiée que manuellement. Celle-ci consiste à identifier les zones correspondant à une description orale de position, par exemple « Je suis à côté d'un lac », c'est-à-dire permettant de transformer une position exprimée dans un référentiel indirect (une description orale) en une position exprimée dans un référentiel direct, c'est-à-dire décrite par des coordonnées, qu'il est alors

possible de cartographier. Le développement d'une telle méthodologie se heurte à de nombreuses difficultés scientifiques, comme la prise en compte de l'imprécision inhérente au langage naturel, des potentielles erreurs de description ou l'identification de la sémantique des prépositions utilisées pour décrire une position en milieu montagneux.

La généralisation cartographique est un processus qui vise à adapter le niveau de détail de l'information géographique présente sur une carte pour la rendre lisible à une échelle plus petite. L'automatisation de ce processus est complexe mais essentielle à la production de cartes. La thèse d'Azelle Courtial explore le potentiel de l'apprentissage profond pour la recherche en généralisation cartographique. Cette exploration est construite autour de trois problèmes de généralisation cartographique : la recherche de relations spatiales, la généralisation graphique des routes de montagne, et la généralisation des cartes topographiques complètes à des échelles intermédiaires. A travers ces trois cas, elle aborde les questions de recherches liées à la mise en œuvre concrète des modèles d'apprentissage profond pour la généralisation cartographique (jeu de données et architecture), l'évaluation de tels modèles, et leur intégration dans des processus cartographiques préexistants. Enfin, l'auteur de cette thèse propose un découpage de la généralisation cartographique en sous-problèmes facilitant la résolution par apprentissage, et permettant la génération d'images de cartes généralisées.

Comment évaluer la qualité des données de la base OpenStreetMap lorsqu'il n'existe aucune base de données géographiques de référence ? L'objectif de la thèse d'Ibrahim Maidaneh Abdi est de mettre en place une méthode permettant de déterminer la qualité d'un jeu de données issues d'OSM sans le comparer avec une base de référence. A partir d'un lien statistique entre des mesures extrinsèques de qualité et des indicateurs intrinsèques de qualité l'auteur implémente un modèle d'apprentissage supervisé, amélioré au fil des méthodes d'apprentissage en allant d'une régression multiple LASSO vers une classification de type Random Forest en passant par une étude d'autocorrélation spatiale pour aboutir à une étude de la transférabilité du modèle de classification sur d'autres zones d'études.

Le nombre de jeux de données spatiales disponibles en ligne a augmenté de manière exponentielle ces dernières années, rendant centrale la question de la recherche d'ensembles de données spatiales. De nouvelles technologies comme les graphes émergent et sont utilisés par les entreprises. À partir

de catalogues et portails de données hétérogènes, Mehdi Zrhal propose de construire un graphe de connaissances en prenant l'eau et l'environnement en France comme domaine d'application. Cette recherche explore les exigences fonctionnelles d'un graphe de connaissances pour les données géographiques et identifie les composantes à y inclure. Elle ouvre de nouvelles perspectives telles que contribuer à enrichir les bases de connaissances par la présence de concepts applicatifs et à améliorer la présentation visuelle des groupes de jeux de données.

Enfin, la thèse de Quy Thy Truong propose une technique permettant de détecter le « carto-vandalisme ». L'auteur examine les différentes définitions du vandalisme, en mettant en avant la complexité de cette notion et présente une étude des

cas déjà avérés de vandalisme dans OpenStreetMap (OSM). Une expérimentation de la détection du vandalisme des données OSM est proposée en utilisant une méthode de détection d'anomalie par classification non supervisée. L'analyse des résultats amène à une discussion sur la pertinence de construire un corpus de vandalisme des données OSM utilisable dans un contexte de classification supervisée.

Ces résumés de thèse révèlent un grand dynamisme des recherches en histoire de la cartographie et en géomatique, et la grande diversité des approches dont fait l'objet le médium cartographique. Nous espérons que les résumés contenus dans ce nouveau numéro de *Cartes et géomatique* vous donneront envie de lire ces travaux.

Habilitation à diriger des recherches

DES BLANCS DES CARTES AUX BOÎTES NOIRES ALGORITHMIQUES

Une immersion dans l'inégale géonumérisation du Monde¹

par Matthieu Noucher

Chargé de recherche au CNRS, UMR PASSAGES

Maison des Suds – 12 esplanade des Antilles – 33607 Pessac Cedex

matthieu.noucher@cnrs.fr

Dans le premier volume de son dossier d'habilitation à diriger des recherches (HDR), l'auteur s'inspire des travaux des historiens de la cartographie qui ont souligné les enjeux politiques des blancs des cartes, en particulier durant les périodes de conquête coloniale (Harley, 1988 ; Laboulais-Lesage, 2004), pour interroger la fabrique cartographique contemporaine. L'hypothèse au cœur de ce travail est que les blancs des cartes, loin d'être obsolètes, ont aujourd'hui encore, un potentiel heuristique pour analyser les enjeux politiques de l'information géographique numérique. Alors que l'État n'a plus le monopole pour blanchir ou noircir la carte, il s'agit donc d'interroger les silences cartographiques d'aujourd'hui : comment les vides cartographiques sont-ils mobilisés par les différentes parties prenantes ? Quels enjeux de (dé-)régulation informationnelle sont mis en évidence dès lors qu'on s'intéresse aux logiques d'omission encore à l'œuvre ? Face à l'illusion d'un « déluge de données », comment explorer les boîtes noires algorithmiques qui masquent l'inégale géonumérisation du Monde ?

Pour tenter de répondre à ces questions, l'Amazonie, plus particulièrement la Guyane, se révèle être un terrain privilégié (fig. 1). Historiquement et symboliquement marquée par les blancs des cartes, cette marge territoriale peut, à bien des égards, être aussi considérée comme une marge cartographique (Noucher et Polidori, 2020). Les enquêtes menées au sein de trois dispositifs sociotechniques autour de la détection de l'orpaillage illégal, de la mesure de la biodiversité et de la cartographie des habitats informels permettent d'explorer des systèmes issus des sphères institutionnelle, scientifique, citoyenne et

autochtone. En défendant l'importance de l'empirie pour rester au plus proche des acteurs (producteurs et utilisateurs), des systèmes (codes et données) et des méthodes (*in situ* et à distance) et en développant une approche à la fois multi-située et interdisciplinaire associant géographie, sciences de l'information géographique et études des sciences et techniques (STS), cette recherche s'inscrit dans le champ émergent des *critical data studies*. Ce dernier vise à décrypter les contextes de production, d'analyse, de diffusion et d'usages des infrastructures de données numériques afin d'en révéler les enjeux socio-politiques (Hepp *et al.*, 2022).

En s'appuyant sur ses études de cas, l'auteur initie également une réflexion transversale sur les deux principales modalités de résistance au comblement des blancs des cartes numériques observées des rives du Maroni aux confins de l'Oyapock : la contre-cartographie et la fugue cartographique. Ce faisant, cette contribution permet d'envisager, d'une part, une géographie des ignorances géonumériques qui révèle des savoirs oubliés, masqués ou détruits et, d'autre part, une géographie des résistances géonumériques qui rend visible des alternatives aux représentations spatiales dominantes. Considérées ensemble, ces deux logiques d'indiscipline (carto-)graphique permettent d'appréhender les blancs des cartes contemporaines comme une opportunité de diversifier nos manières de voir le Monde.

Le second volume commente le parcours et la production scientifique du chercheur. Il présente notamment son cheminement académique (Université

1 Matthieu Noucher a soutenu son dossier d'habilitation à diriger des recherches (HDR) le 7 décembre 2022 à l'Université Bordeaux Montaigne, devant un jury composé de Béatrice Collignon, Professeure à l'Université Bordeaux Montaigne, Bernard Debarbieux, Professeur à l'Université de Genève (président), Jérôme Denis, Professeur à l'École des Mines de Paris (rapporteur), Caroline Desbiens, Professeure à l'Université Laval, Québec, Henri Desbois, Maître de conférences HDR à l'Université Paris-Nanterre (rapporteur), Françoise Gourmelon, Directrice de recherche au CNRS et Thierry Joliveau, Professeur à l'Université de St Etienne (garant).

d'Orléans, Université Laval à Québec, École Polytechnique Fédérale de Lausanne) et professionnel (en particulier, ses expériences au CIRAD et au Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie, son activité au sein du CNRS et ses mobilités longues notamment en Guyane et au Canada) depuis deux décennies. L'ensemble tente alors de montrer comment s'est construite progressivement son inscription dans le champ des approches critiques des sciences de l'information géographique². Bâtie autour d'une quinzaine de verbes à l'infinitif (révéler, arpenter, trianguler, se dépayser, s'extirper, enseigner, accompagner, évaluer, être évalué, se projeter, échouer...), la première partie revient sur son parcours et son quotidien de chercheur et tente de montrer comment ces éléments éclairent sa posture et ses orientations de recherche. La deuxième partie

propose une sélection de sa production scientifique : une trentaine de publications y sont rassemblées et commentées autour de cinq trajectoires et trois bifurcations éditoriales. Enfin, la troisième partie est constituée du curriculum vitae académique détaillé.

Le volume inédit fera l'objet d'une publication au printemps 2023 chez CNRS Éditions. Il sera enrichi d'un cahier central constitué d'un recueil de visuels volontairement désordonnés pour montrer la diversité des blancs des cartes. Cette pause, au milieu de l'argumentaire scientifique, s'apparentera alors à une collection de blancs des cartes. Face au déluge de couleurs qui saturent bien souvent l'espace visuel, la répétition de ce motif tentera de rendre saillant ce qu'on ne voit plus (fig. 2).

Bibliographie

Harley B. J., 1988, « Silences and secrecy: the hidden agenda of cartography in early modern Europe », *Imago Mundi*, 40 (1), p. 57-76.

Hepp A., Jarke J. et Kramp L. (dir.) 2022, *New Perspectives in Critical data studies. The Ambivalence of Data Power*. Palgrave Macmillan, 480 p.

Laboulais-Lesage I. (dir.) 2004, *Comblant les blancs de la carte. Modalités et enjeux de la construction des savoirs géographiques (XVIIe-XXe siècle)*, Presses Universitaires de Strasbourg, 314 p.

Noucher M. et Polidori L. (dir.) 2020, *Atlas critique de la Guyane*. CNRS Éditions, 335 p.

² La prochaine école thématique du GdR CNRS MAGIS (26-30 juin 2023) aura lieu au pied du Pic Saint-Loup (Hérault, France) sur ce thème. Elle vise à diffuser et fédérer les recherches francophones qui mobilisent des approches critiques et réflexives des sciences de l'information géographique. L'ambition est d'allier des sessions de débat à une pratique intensive et collective des instruments, en variant les terrains et les questionnements. Les participants pourront expérimenter différentes approches à partir de situations-tests et de jeux de données exploratoires, et engager un dialogue interdisciplinaire à propos des différents ancrages théoriques et méthodologiques d'un champ en renouvellement. Plus d'information : <https://critigis.sciencesconf.org/>



Figure 1 : Le blanc de la carte ou la carte des blancs ?

L'affichage sur le géoportail national des cartes topographiques de l'IGN donne une image singulière de la Guyane : sans voisin et sans lien avec l'océan au nord ou la forêt au sud, le territoire semble se résumer à une bande littorale dont le découpage étrange se prolonge à l'ouest le long du Maroni jusqu'à Saint Laurent alors qu'à l'est, il ignore même l'Oyapock, son autre fleuve frontalier... Si cette carte-île n'est que le reflet de la faiblesse de la couverture des référentiels topographiques nationaux, on peut se demander si une telle vision autarcique ne contribue pas à alimenter l'idée d'un no man's land intérieur... © <https://www.geoportail.gouv.fr> – 2020.



*Figure 2 : Comblent les nuages
Habitant et naturaliste de Saül, Guyane
française, en train de combler au crayon
les blancs d'une carte topographique
provoqués par la couverture nuageuse
sur le secteur. © M. Noucher – 2022.*

Thèses en histoire de la cartographie

USAGES ET REPRÉSENTATIONS DE L'ESPACE URBAIN MÉDIÉVAL

Approche interdisciplinaire et exploration de données géohistoriques d'Avignon à la fin du Moyen Âge¹

par Margot Ferrand

CIHAM-UMR 5648

Maison des Sciences de l'Homme Lyon St-Étienne
14, avenue Berthelot – F-69363 LYON CEDEX 07
margot.ferrand@alumni.univ-avignon.fr
m-ferrand@hotmail.fr

Le séjour des papes à Avignon est encore aujourd'hui au cœur des représentations de la ville. Les descriptions et caractérisations de l'espace urbain avignonnais sont souvent rapprochées, voire assimilées à la papauté. Pour autant, la construction d'un imaginaire collectif de la cité fortement marqué par la papauté cache une réalité bien plus complexe. Cet imaginaire tend, par ailleurs, à amenuiser la place qu'occupent les différents pouvoirs locaux déjà présents dans Avignon à la fin du Moyen Âge. À l'inverse, il surestime, bien souvent, les conséquences de l'installation de la papauté pour la ville d'Avignon en termes de représentation et d'usage des espaces urbains. Dans cette thèse, il est question d'aller au-delà de cette image d'Épinal. Le fil rouge qui lie le cheminement est, en effet, *l'Autre Avignon*, celle qui est demeurée longtemps dans l'ombre de la Cité des papes.

Une chronologie dépassant, en amont, les bornes de la période pontificale et une approche interdisciplinaire fondée sur l'étude d'un type particulier de sources ont ainsi été choisies pour interroger l'histoire des spatialités urbaines et la manière dont l'espace de cette ville est vécu ou émotionnellement investi par les Avignonnais à la fin du Moyen Âge. De

fait, l'espace urbain est régi par une multitude de mémoires individuelles et de pratiques quotidiennes qui s'entremêlent et qu'il faut prendre en compte. Le choix d'une chronologie allant du début du XIII^e siècle jusqu'à la fin du XIV^e siècle a permis de dresser un corpus de sources écrites cohérent pour appréhender les pratiques et représentations de l'espace urbain au regard des différents pouvoirs qui se sont succédés ou entremêlés dans la cité.

Ces pouvoirs ont été producteurs de multiples sources qui peuvent être regroupées dans ce que les historiens nomment les livres fonciers : inventaires des biens de la commune, enquêtes administratives, terriers, livres de reconnaissances (fig. 1). À partir du XIII^e siècle, cette documentation augmente considérablement et constitue, dès lors, un pan majeur de la documentation écrite. Quelle que soit la langue de rédaction – latin, provençal ou français –, chaque document contient une série de déclarations dans lesquelles les tenanciers déclarent les biens qu'ils détiennent sous le domaine direct d'un seigneur et pour lesquels ils doivent acquitter un cens annuel. Entre le XIII^e siècle et la fin du XIV^e siècle, les informations contenues dans les sources se précisent. En outre, elles sont de plus en plus normées : l'identité

1 Thèse de doctorat en histoire soutenue le 5 décembre 2022 sous la direction de M. Guido Castelnuovo et M. Didier Josselin, devant un jury composé de : M. Philippe Bernardi, Directeur de recherche CNRS en Histoire médiévale, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, M. Xavier Rodier, Ingénieur de recherche HDR CNRS en Archéologie, Université de Tours, Mme Hélène Noizet, Maître de conférences HDR en Histoire médiévale, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, M. Mauro Gaio, professeur des Universités en Informatique, Université de Pau et des Pays de l'Adour, Mme Ilaria Taddei, Professeur des Universités en Histoire médiévale, Université Grenoble Alpes, M. Guido Castelnuovo, Professeur des Universités en Histoire médiévale, Avignon Université, M. Didier Josselin, Directeur de recherche CNRS en Géographie, Avignon Université, M. Simone Balossino, Maître de conférences en Histoire médiévale, Avignon Université.



Figure 1 : Terrier de l'évêque Anglic Grimoard. 1366-1368, Arch. dép. de Vaucluse, 1G10. ©ADV.

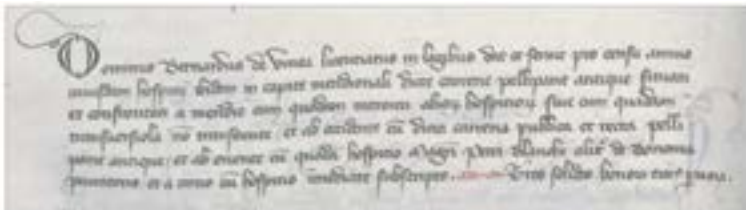


Figure 2 : Exemple de déclaration. Arch. dép. de Vaucluse, 1G10, fol. 9v. ©ADV, traduction M. Ferrand.

Seigneur Bernard de la Vigne, licencié en lois, donne et sert pour le cens annuel d'une maison située en cet endroit à l'entrée de ladite rue de la Vieille Pelleterie et confrontant au sud avec l'entrée d'autres maisons ou une impasse et à l'ouest avec ladite rue publique et droite de la Vieille Pelleterie et à l'est avec une maison de maître Pierre Blanc dit de Bologne, procureur, et au nord avec la maison qui suit immédiatement, 3 sous de bon petits tournois.

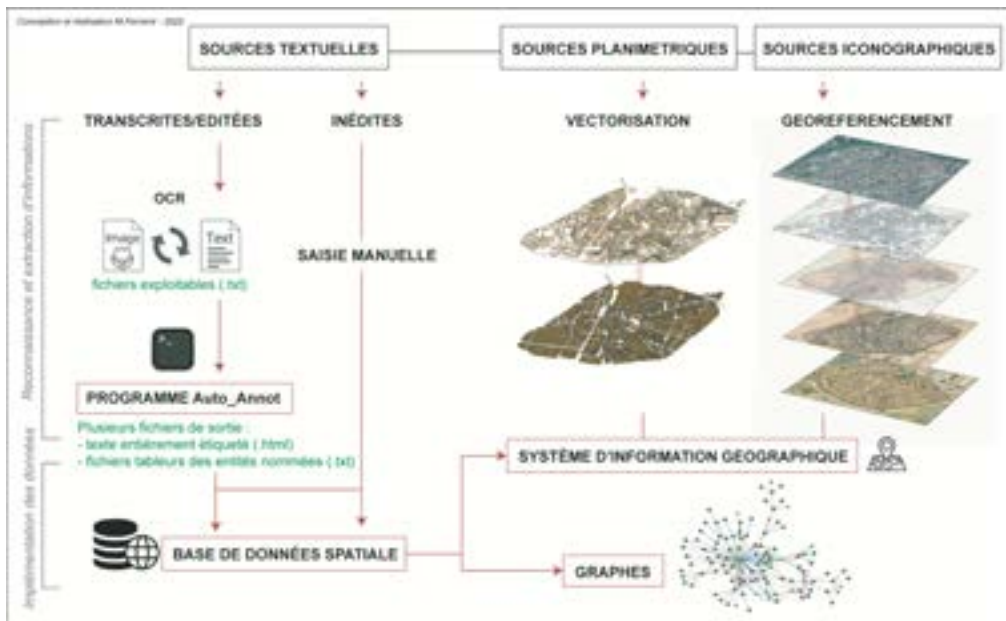


Figure 3 : Système d'information ©Margot Ferrand, 2022 dans M. Ferrand, Usages et représentations de l'espace urbain médiéval. Approche interdisciplinaire et exploration de données géo-historiques d'Avignon à la fin du Moyen Âge, thèse de doctorat d'Histoire et Géomatique (codir.), Avignon Université, p. 204.

des tenanciers s'affine, les seigneurs doivent pouvoir identifier clairement qui détient le domaine utile des biens qui dépendent de leur seigneurie; la typologie des biens déclarés devient systématique tout comme le montant de la redevance. L'information spatiale des parcelles se précise, tout en restant toujours relative, et ce, notamment à partir du XIV^e siècle, avec la mention des confronts, c'est-à-dire du voisinage (fig. 2). Ces sources sont fondées conjointement sur les déclarations orales des tenanciers et sur l'enquête de professionnels et révèlent ainsi de nombreuses informations quant à la représentation de la ville d'un point de vue aussi bien social que spatial. Cette production documentaire des seigneurs politiques – podestats, comtes, roi – et des seigneurs fonciers – notamment les institutions ecclésiastiques – autorise ainsi une étude pluriscale : des évolutions des pratiques scripturales, des représentations sociales de la ville ou encore de la morphologie urbaine. Pour ce faire, ces sources ont été intégrées dans un corpus plus large, hétérogène : documents comptables, planimétriques ou encore iconographiques. Leur traitement croisé est rendu possible par la construction d'un système d'information *ad hoc* permettant de passer de l'extraction de l'information à son analyse (fig. 3).

Ce système d'information repose, tout d'abord, sur la confection d'une base de données relationnelle spatiale. Son modèle conceptuel est inhérent à la documentation foncière. Une partie des sources mobilisées pour cette étude ayant déjà fait l'objet d'édition ou de transcription, un programme de détection semi-automatique d'entités nommées a été développé pour effectuer l'implémentation des données dans la base. Ce programme –*Auto-Annot*– repose sur un modèle catégoriel à granularité fine. Il est construit selon une double approche symbolique : à base de dictionnaire tout d'abord puis de règles préalablement définies à partir d'écriture de motifs récurrents notamment. Il permet de reconnaître, annoter et relier entre elles de nombreuses entités : d'abord celles qui se réfèrent aux individus, avec toutes leurs caractéristiques (prénom, nom, provenance, statut juridique, profession, titre, etc.); puis aux biens déclarés (typologie, mesures, montant de la redevance) et enfin celles permettant la localisation relative des biens (localisation dans une rue, proximité avec un édifice, mention de confronts). Une fois implémentée, la base de données a été intégrée dans un Système d'Information Géographique à partir de la construction de référentiels spatiaux.

Cette méthode soulève de nouvelles questions quant aux traitements des données géohistoriques. Nous interrogeons, par exemple, la possibilité de maîtriser l'incomplétude des données inhérente aux sources anciennes ou encore l'incertitude de la localisation des objets étudiés en utilisant les densités et l'adaptation des méthodes issues de la théorie des graphes. Différentes combinaisons ont dès lors été mises en œuvre et comparées pour aboutir au choix d'extraction du graphe le plus adapté pour représenter la répartition spatiale des données issues de la documentation foncière. Sa visualisation algorithmique à base de force a été couplée à une visualisation qui repose sur une spatialisation géographique en Lambert 93 (fig. 4 et 5). Il n'est pas question ici d'interroger la localisation précise d'un bien dans l'espace urbain ni d'essayer de reconstituer un parcellaire médiéval – utopie rarement permise par les sources –, mais d'étudier, à partir des relations topologiques entre objets, la répartition spatiale des masses, les pleins et les vides, les proximités et les écarts, les attractions et les mises à distance. La construction de ces outils et la méthode interdisciplinaire s'inscrivent ainsi au centre de notre recherche. Elles permettent d'étudier les rapports entre pouvoirs et spatialités. La genèse des seigneuries foncières influence bien souvent la nature de leur emprise spatiale et détermine, pour partie, leur homogénéité ou, au contraire, leur caractère dispersé. La forme réticulaire de la détention du sol est la plus courante; elle favorise un contrôle spatial d'autant plus important (fig. 6). Arrivé tardivement dans l'échiquier des seigneuries foncières, le pape est clairement minoritaire. Notre méthode permet de se livrer à un jeu d'échelle primordial pour étudier les spatialités urbaines, passant de la ville à ses quartiers et du point de vue des autorités à celui des tenanciers. L'ancrage des différents pouvoirs dans l'espace urbain est ainsi évalué à partir des subdivisions de la cité et des référents spatiaux utilisés. L'étude replace enfin l'individu au centre de l'approche en questionnant la manière des tenanciers de percevoir et de représenter l'espace qui est interrogé. Dès lors, une sociabilité bien plus informelle se dessine, mise en exergue par la détection des communautés du graphe (fig. 7 et 8). C'est avant tout la stabilité et l'héritage de certains lieux ou de certaines présences – grandes familles ou personnages illustres – qui marquent ici les représentations de la cité à la fin du Moyen Âge. L'installation de la papauté à Avignon ne marque ainsi pas de rupture dans la manière de se figurer la ville.

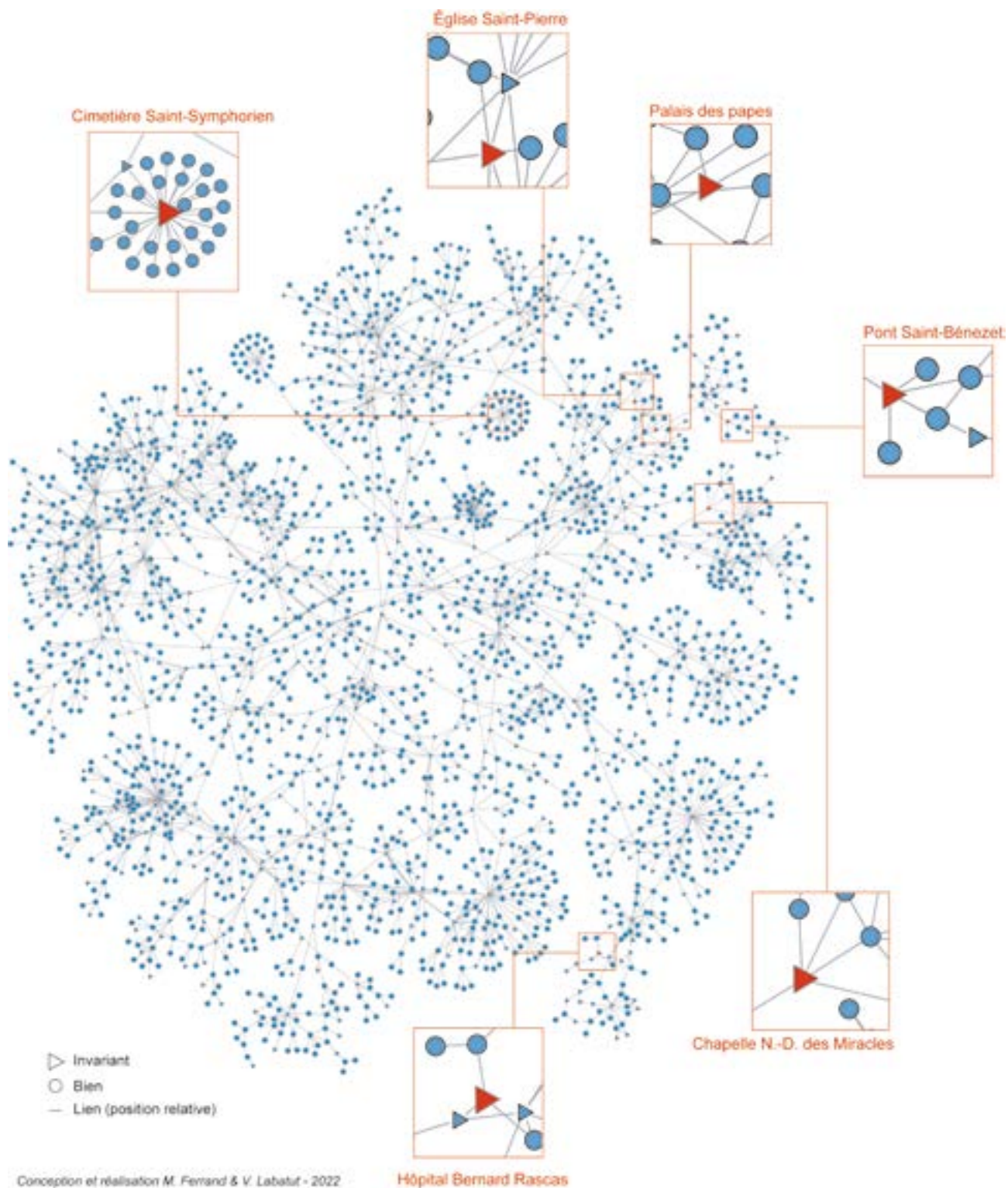


Figure 4 : Graphe de confronts, visualisation algorithmique ©Margot Ferrand & Vincent Labatut 2022 dans M. Ferrand, Usages et représentations de l'espace urbain médiéval. Approche interdisciplinaire et exploration de données géo-historiques d'Avignon à la fin du Moyen Âge, thèse de doctorat d'Histoire et Géomatique (codir.), Avignon Université, p. 295.

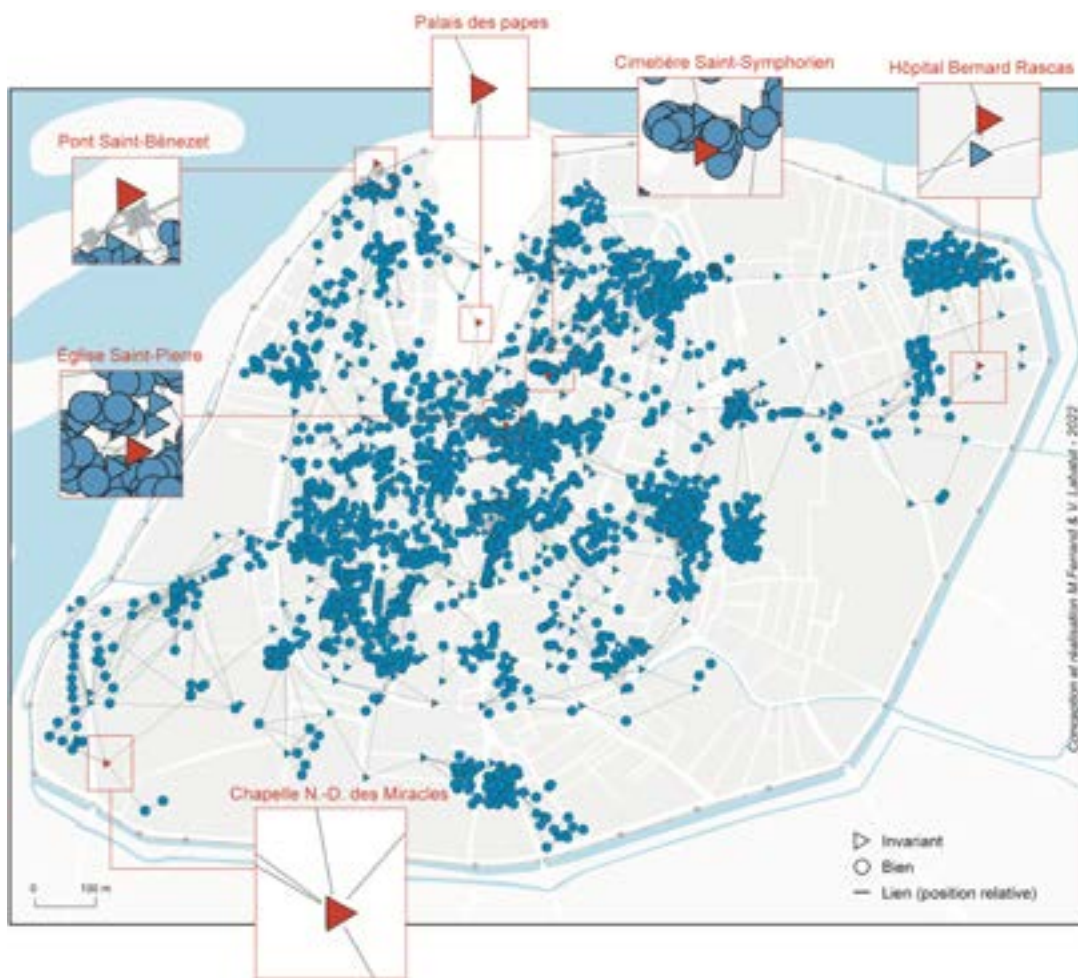


Figure 5 : Graphe de confronts, visualisation en Lambert 93 ©Margot Ferrand & Vincent Labatut 2022 dans M. Ferrand, Usages et représentations de l'espace urbain médiéval. Approche interdisciplinaire et exploration de données géo-historiques d'Avignon à la fin du Moyen Âge, thèse de doctorat d'Histoire et Géomatique (codir.), Avignon Université, p. 296.

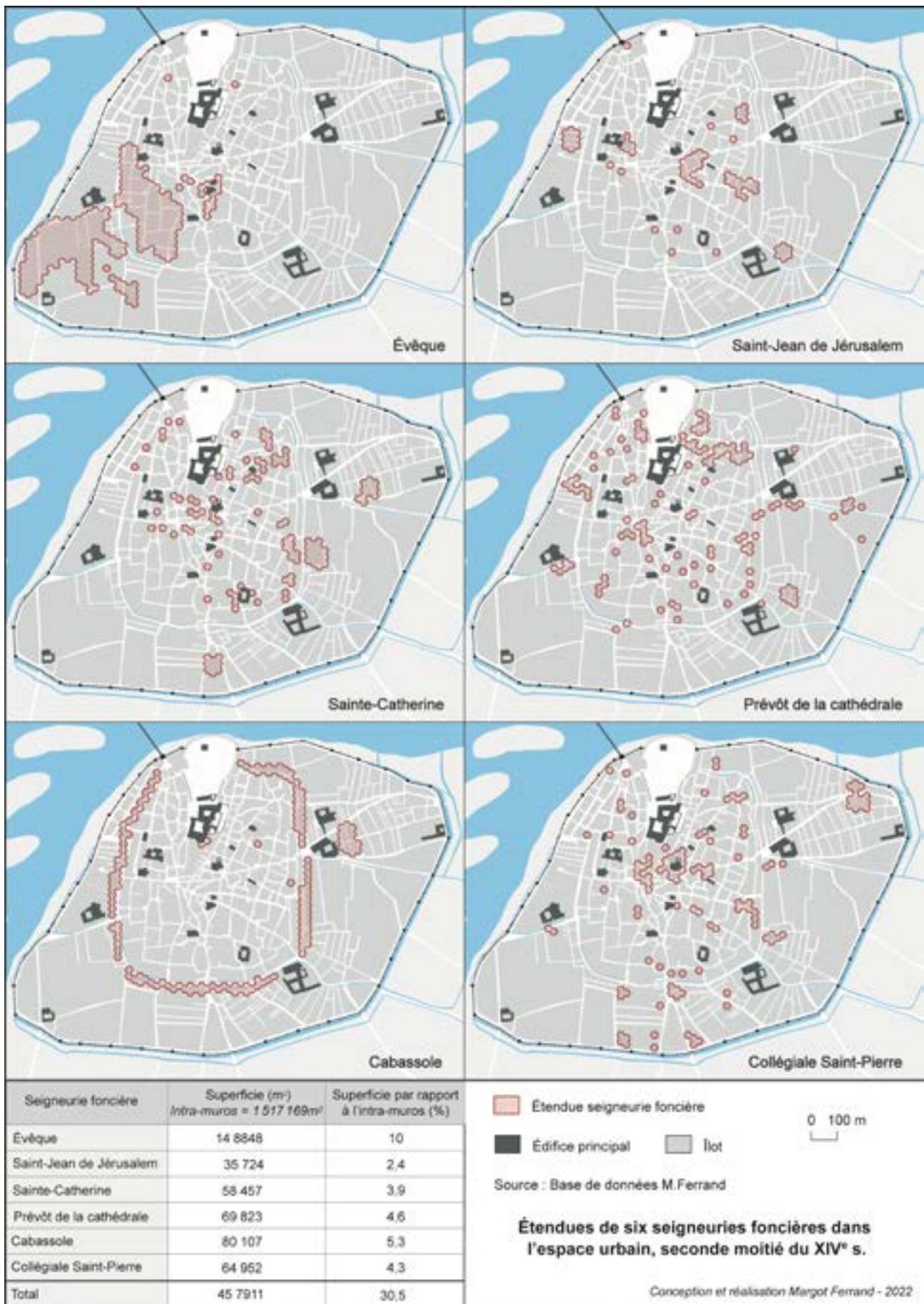


Figure 6 : Emprise spatiale de six seigneuries foncières dans la seconde moitié du XIV^e siècle ©Margot Ferrand, 2022 dans M. Ferrand, Usages et représentations de l'espace urbain médiéval. Approche interdisciplinaire et exploration de données géo-historiques d'Avignon à la fin du Moyen Âge, thèse de doctorat d'Histoire et Géomatique (codir.), Avignon Université, p. 131.

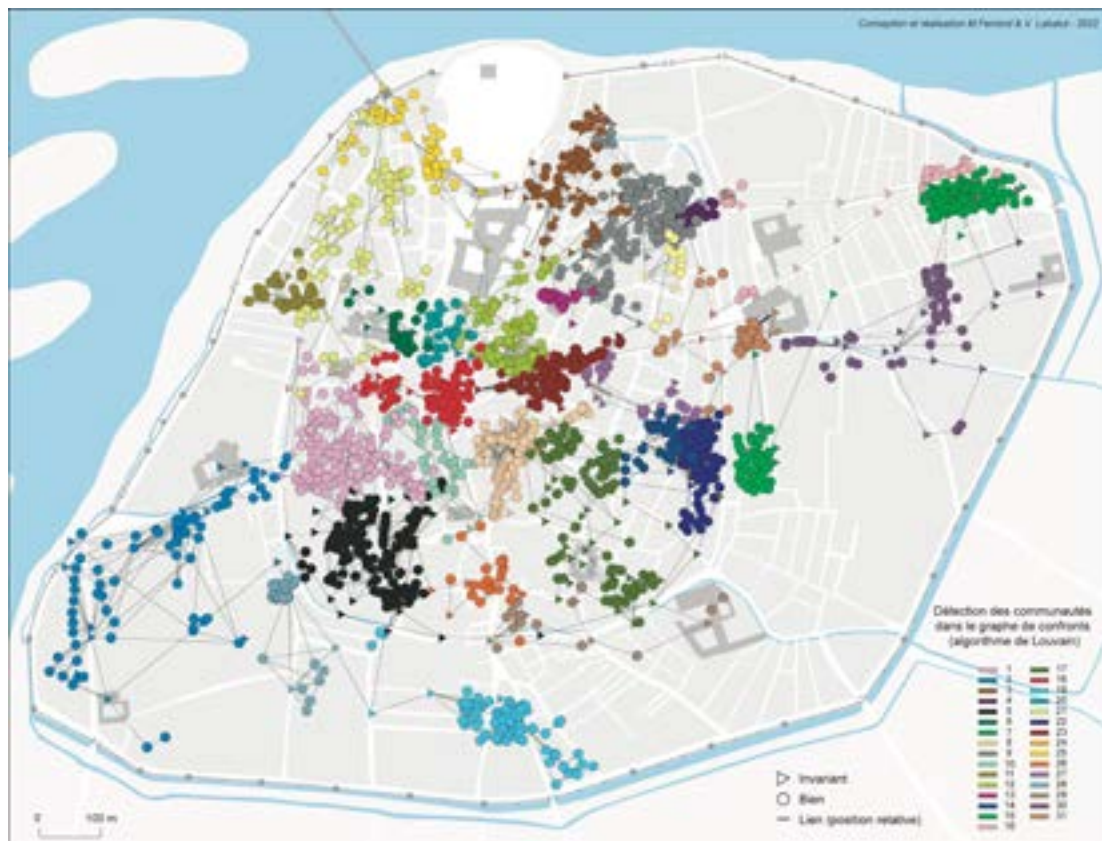


Figure 7 : Détection des communautés dans le graphe de confronts (algorithme de Louvain) ©Margot Ferrand & Vincent Labatut 2022 dans M. Ferrand, Usages et représentations de l'espace urbain médiéval. Approche interdisciplinaire et exploration de données géo-historiques d'Avignon à la fin du Moyen Âge, thèse de doctorat d'Histoire et Géomatique (codir.), Avignon Université, p. 369.



Figure 8 : Détail de la communauté 12 ©Margot Ferrand & Vincent Labatut 2022 dans M. Ferrand, Usages et représentations de l'espace urbain médiéval. Approche interdisciplinaire et exploration de données géo-historiques d'Avignon à la fin du Moyen Âge, thèse de doctorat d'Histoire et Géomatique (codir.), Avignon Université, p. 392.

Bibliographie sélective

Angotti C., Chastang P., Debiais V. *et al.*, 2019, *Le pouvoir des listes au Moyen Âge. – I. Écriture de la liste*, Paris, Publication de la Sorbonne.

Anheim É., Feller L., Jeay M. *et al.*, 2020, *Le pouvoir des listes au Moyen Âge. – II. Listes d'objets, listes de personnes*, Paris, Publication de la Sorbonne.

Arnaud J.-L., 2008, *Analyse spatiale, cartographie et histoire urbaine*, Marseille / Aix-en-Provence, Éd. Parenthèses / MMSH.

Balossino S., 2015, *I podestà sulle sponde del Rodano : Arles e Avignone nei secoli XII e XIII*, Rome, Viella.

Batton-Hubert M., Desjardin É., Pinet F., 2019, *L'imperfection des données géographiques. Bases théoriques*, Londres, ISTE.

Brigand R., 2015, « Archaeogeography and planimetric landscapes », dans Chavarria A., Reynolds A., *Detecting and understanding historic landscapes*, PCA 2, Mantova: SAP, 173-208 (European Journal of Post-Classical Archaeologies 2).

Cammarosano P., 1991, *Italia medievale. Struttura e geografia delle fonti scritte*, Rome, Carocci.

Ehrmann M. (2008). *Les Entités Nommées, de la linguistique au TAL – Statut Théorique et Méthodes de désambiguïsation*, thèse de doctorat en Linguistique théorique, descriptive et automatique. Paris : Université Paris-Diderot, 2008.

Evangelisti P., 2021, *La Pensée économique au Moyen Âge. Richesse, pauvreté, marchés et monnaie*, Paris, Classiques Garnier.

Faron O., Hubert É. (dir.), 1995, *Le sol et l'immeuble. Les formes dissociées de propriété immobilière dans les villes de France et d'Italie (XII^e-XIX^e siècle)*, Rome, École française de Rome.

Ferrand M., Giraud A., 2022, « Patrimonialisations et représentations urbaines : mécanismes et enjeux de la (re) connaissance des patrimoines bâtis par les habitants », dans Brianso I., Cassaz D. (dir.), *Vivre le patrimoine mondial au quotidien. Dynamiques et discours des habitants*, Avignon, Éditions universitaires d'Avignon, p. 189-214.

Ferrand M., El Beze M., Josselin D. *et al.*, 2018, « Traitement informatique des entités nommées dans un corpus de données foncières en latin : méthodologie et application », *SAGEO'2018*, p. 9-24.

Galinié H., 2000, *Ville, espace urbain et archéologie*, Tours, Publication de la Maison des Sciences de la Ville, de l'Urbanisme et des Paysages.

Grossi P., 1992, *Il dominio e le cose. Percezioni medievali e moderne dei diritti reali*, Milan, Giuffrè.

Guillemain B., 1962, *La cour pontificale d'Avignon 1309-1376, étude d'une société*, Paris, E. De Boccard.

Hayez A.-M. (dir.), 1993, *Le terrier avignonnais de l'évêque Anglic Grimoard (1366-1368) rédigé par Sicard de Fraisse*, Paris, Comité des travaux historiques et scientifiques.

Kanawati R., 2016, « Détection de communautés dans les grands graphes d'interactions (multiplexes) : état de l'art », *AAFD*, p. 67-100.

Lagesse C. (2015). *Lire les lignes de la ville : méthodologie de caractérisation des graphes spatiaux*, thèse de Physique, Paris : Université Paris Diderot VII.

Milani G., 1996, « Il governo delle liste nel Comune di Bologna. Premesse e genesi di un libro di proscrizione duecentesco », *Rivista storica italiana*, CVIII.1, p. 149-229.

Moriceau J.-M., Brunel G., Guyotjeannin O. (dir.), 2002, *Terriers et plans- terriers du XIII^e au XVIII^e siècle, Actes du colloque de Paris (23-25 septembre 1998)*, Paris, École nationale des chartes.

Noizet H., Clemençon A.-S., 2020, *Faire ville. Entre planifié et impensé, la fabrique ordinaire des formes urbaines*, Saint-Denis, Presses Universitaires de Vincennes.

Orman G. K., Labatut V., Cherifi H., 2012, « Comparative evaluation of community detection algorithms : a topological approach », *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-5468/2012/08/P08001>

Varanini G. M., 1994, « L'organizzazione del distretto cittadino nell'Italia padana nei secoli XIII-XIV. Marca Trevigiana, Lombardia, Emilia », dans Ghittolini G., Willoweit D. (dirs.), *L'organizzazione del territorio in Italia e in Germania nel basso medioevo*, Bologna, Il Mulino, p. 33-133.

BATEAUX-PIGEONS, QUARTIER JAPONAIS ET CARTES NAUTIQUES : RÉSEAUX MARCHANDS ET RELATIONS INTERCULTURELLES ENTRE LE JAPON, LE ĐẠI VIỆT ET LE CHAMPA (XVI^e-XVIII^e SIÈCLES)¹

par Pierre-Emmanuel Bachelet

Cette thèse porte sur une connexion majeure des mers de Chine à l'époque moderne, peu connue par l'historiographie occidentale : celle entre le Japon et la partie orientale de la péninsule indochinoise, divisée entre les seigneuries vietnamiennes rivales du Đàng Ngoàì et du Đàng Trong (royaume du Đại Việt) et le royaume de Champa.

Son objectif est de démontrer l'importance de ces relations dans le développement de la politique extérieure des pays en question, à travers trois grandes thématiques : la connaissance géographique de cette partie de l'Asie du Sud-Est dans le Japon d'Edo à travers l'analyse de la cartographie, les relations commerciales et diplomatiques nouées entre les différents pays, et les migrations japonaises sur place, en particulier dans le port de Hôi An. Ce faisant, ce travail de recherche contribue à définir la place qu'occupe l'Asie du Sud-Est dans les relations extérieures et la connaissance du monde du Japon d'Edo.

Il s'appuie sur un corpus de sources large et diversifié : une quarantaine de cartes d'échelles et de styles différents (portulans, planisphères inspirés de Matteo Ricci ou de la cartographie hollandaise), les lettres officielles échangées entre les gouvernements, la correspondance – limitée – des marchands japonais, les sources missionnaires et journaux des compagnies européennes, et quelques sources iconographiques.

L'étude des cartes produites par les cartographes japonais témoigne d'une rencontre entre de multiples sources d'influence : géographie historique chinoise, cartographie portugaise, néerlandaise ou chinoise, et informations issues des voyages de Japonais ou de leurs contacts avec des navigateurs étrangers. Le

témoignage le plus vif de ce croisement de sources est l'apparition, au tournant du XVII^e siècle, de cartes nautiques japonaises hybrides, qui adoptent une échelle conforme aux besoins des navigateurs japonais et introduisent une toponymie absente des portulans européens. La restriction des voyages maritimes ordonnée par le shogunat dans les années 1630 interrompt quasi-totalement la production de cartes nautiques mais n'empêche pas totalement l'information géographique de se transmettre et parfois de se modifier.

Au début de l'époque Edo, le Japon a noué des relations commerciales et diplomatiques intenses avec les états d'Asie du Sud-Est, dont le principal bénéficiaire a été le domaine des seigneurs Nguyễn, dans le centre de l'actuel Vietnam (25 % des navires japonais s'y sont rendus). Le partage d'une même culture lettrée et d'une vision similaire de la conduite des actions commerciales, ainsi que l'accueil favorable fait par les Nguyễn aux marchands étrangers, explique qu'un « terrain d'entente » ait pu facilement émerger entre les deux pays. En revanche, avec la dynastie vietnamienne du nord, les Trịnh, si le commerce était florissant, l'entente diplomatique n'a pu se concrétiser en raison d'impairs commis par les autorités vietnamiennes.

Ce partenariat privilégié entre le Đại Việt et le Japon explique que des Japonais y aient fait souche, en tant que marchands détenant une forme d'oligopole tout d'abord, puis après les années 1630 comme acteurs majeurs de leurs sociétés d'accueil. Le quartier japonais de Hôi An en est le reflet : les Japonais y sont maîtres du port, hauts fonctionnaires, interprètes, soldats, évergètes chrétiens et parfois missionnaires. C'est tout particulièrement en tant qu'intermédiaires du commerce

1 Bateaux-pigeons, quartier japonais et cartes nautiques : réseaux marchands et relations interculturelles entre le Japon, le Đại Việt et le Champa (XVI^e-XVIII^e siècles). Thèse en histoire, ENS de Lyon, 2020.

et de la diplomatie européennes qu'ils se distinguent, ouvrant ou fermant le marché local aux marchands européens et se posant en arbitres de conflits.

Cette thèse montre donc que l'Asie du Sud-Est, et en particulier la seigneurie vietnamienne des Nguyễn, a occupé un rôle majeur comme partenaire économique du Japon d'Edo, ainsi que comme source d'information sur le monde extérieur. Après les années 1630, si cette connexion devient moins intense, elle ne se

disloque pas pour autant mais connaît des évolutions plus lentes : les relations interétatiques deviennent intermittentes, le commerce se reconfigure autour des marchands chinois et les résidents japonais du Đại Việ̣t se fondent dans la diaspora chinoise. La cartographie, quant à elle, ne sert plus à fournir des supports aux voyages des navigateurs mais demeure l'expression d'un vif intérêt pour cette zone que les marchands japonais ont parcourue pendant plusieurs décennies, comme pour le reste du monde.

LE MONDE AU BOUT DES DOIGTS : FRANÇOIS LE LARGE, LE GLOBE DE CORONELLI ET LES CULTURES GÉOGRAPHIQUES DANS LA FRANCE DE LOUIS XIV¹

par Martin Vailly

ATER, Université de Strasbourg, UMR SAGE
mvailly@unistra.fr

Cette thèse est consacrée à la constitution et la réception des savoirs géographiques à la fin du règne de Louis XIV, à partir du cas du grand globe terrestre de Vincenzo Coronelli. Elle situe l'analyse dans le contexte de l'institutionnalisation de la production de ces savoirs, et de leur diffusion dans des milieux curiaux et savants proches du pouvoir royal. Plus précisément, elle explique la constitution et l'importance tant sociale que politique de *cultures géographiques* parmi les courtisans et les élites du royaume de France entre 1680 et 1720. J'y définis un cadre théorique et méthodologique pour étudier ces *cultures géographiques* propres à la France moderne. Elles doivent être comprises comme un ensemble de pratiques (la collection, la discussion savante, la lecture, la visite de jardins ou de ménageries) qui permettent aux acteurs de forger leur compréhension du monde, et d'y agir politiquement ou socialement. Au croisement de l'histoire sociale des sciences et savoirs, de l'histoire des empires et de l'anthropologie historique des savoirs, je construis dans cette thèse une nouvelle histoire de l'objet et, à travers elle, une nouvelle approche de l'histoire de la géographie moderne.

Mon analyse est menée à partir de l'étude des globes terrestres de Coronelli et de leur circulation dans les cabinets curieux. Après une commande du cardinal César d'Estrées, Coronelli réalise pour Louis XIV deux grands globes cosmographiques qui sont achevés en 1683, et que le roi fait installer vingt ans plus tard, en 1704, au palais de Marly (fig. 1). Ces deux sphères de bois et de plâtre représentent l'ensemble de l'univers connu. Le globe terrestre évoque une encyclopédie : près de six-cents inscriptions et trois-cents groupes d'images recouvrent sa surface et documentent des

champs aussi variés que l'histoire, la botanique, la zoologie ou l'ethnographie. Ces globes entraînent ce que j'appelle un véritable « moment Coronelli » de la consommation de matériel cartographique en France, grâce à la création d'une société de géographie, l'*Académie des Argonautes*. Ce réseau de souscription permet au moins vénitien de faire largement circuler des globes terrestres imprimés présentés comme des réductions de ceux de Louis XIV parmi les élites du royaume, entre Paris et la province (fig. 2). Si la biographie de Coronelli et l'histoire de la réalisation technique de ses globes est connue, ma thèse propose de l'aborder sous l'angle trop rarement envisagé de la réception des objets cartographiques et de leur place dans les cultures géographiques, à travers trois orientations majeures :

- La constitution de cultures visuelles et matérielles de la géographie chez les collectionneurs et curieux de géographie français.
- La compréhension du rôle des savoirs géographiques en société, au travers d'une histoire sociale de la pratique géographique et de ses réseaux français.
- Et enfin la place des savoirs géographiques et des objets cartographiques dans la constitution d'un empire colonial français.

C'est en se fondant sur un corpus manuscrit encore très largement inexploré que j'ai pu proposer cette étude : les cahiers de François Le Large, garde du globe terrestre au palais de Marly.

1. Thèse de doctorat en histoire et civilisation, Institut universitaire européen de Florence, soutenue le 29 septembre 2020, en visioconférence, devant un jury composé de Prof. Juan Pimentel (CSIC, Madrid), Prof. Stéphane Van Damme (EUI, Florence & ENS, Paris), Prof. Jorge Flores (EUI, Florence), Prof. Christian Jacob (EHESS, Paris).



Figure 1 : Robert de Cotte, *Plan du pavillon du globe terrestre, Paris, 1704*. Plan manuscrit en coupe de l'un des pavillons de Marly accueillant les globes cosmographiques de Vincenzo Coronelli. Il permet d'insister sur les problèmes d'infrastructure posés par le gigantisme des globes cosmographiques de Coronelli.
Source : Bibliothèque nationale de France, département Estampes et photographie, RESERVE HA-18 (40)-FOL <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b55005614w/f1.item>



Figures 2 a) et b) : Deux fuseaux issus du globe terrestre imprimé suite à la souscription lancée par Coronelli. Centrés sur l'Amérique du nord et le golfe du Mexique, ils sont extrêmement proches de l'original manuscrit dans leur composition. Extraits de : Vincenzo Coronelli, *Globe terrestre en 24 demi-fuseaux*, Venise, 1689, 110 cm de diamètre.

Source : Bibliothèque nationale de France, département des Cartes et plans, GE DD-5219 (RES)

2a : <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b5500009q/f11.item>

2b : <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b5500009q/f12.item>

Retrouver François Le Large

La figure de François Le Large est souvent occultée par une construction historiographique qui s'est concentrée sur l'histoire d'un savant célèbre, Coronelli. Pourtant, s'arrêter sur cet intermédiaire entre les savoirs mis en globe par le cosmographe vénitien et la société dans laquelle sont exposés lesdits globes permet de renouveler l'historiographie consacrée aux globes de Marly et à leur place dans le règne de Louis XIV. Travaillant plus de dix ans au service du roi, Le Large mène un travail savant dont l'objectif est de recenser, de transcrire et d'expliquer l'ensemble des inscriptions et des images qui couvrent le globe terrestre de Coronelli (fig. 3). Ce travail lui est en partie demandé par le roi : les mesures gigantesques de l'objet l'empêchaient en effet d'en lire la surface et donc d'en faire une démonstration convaincante à ceux de ses courtisans et invités. À mi-chemin entre une tâche savante et politique, la mission de Le Large est centrale dans la stratégie du souverain. Les plus de six-cents pages manuscrites qui en résultent, aujourd'hui conservées au département des Manuscrits de la Bibliothèque nationale de France, forment une ressource inestimable pour l'étude de la réception des objets cartographiques à l'époque moderne.

Pour travailler autour de Le Large, j'ai mené une double enquête : une histoire sociale des savoirs géographiques, et une micro-histoire des pratiques savantes et curiales. Il a fallu reconstruire le contexte savant et social dans lequel Le Large a travaillé aux manuscrits, en prenant en compte les pratiques de la fabrication, de la collecte et de la circulation de savoirs géographiques. Il m'a aussi fallu suivre Le Large dans l'ensemble des enquêtes menées, entre Paris et Marly, grâce aux traces disséminées dans ses manuscrits et dans de rares archives témoignant de son existence, comme les mémoires de Jean-Dominique Cassini. En parallèle, j'ai appliqué ce suivi aux globes terrestres imprimés de Coronelli, en en reconstruisant la « vie sociale ». Cela m'a encouragé à interroger deux espaces différents, mais pourtant complémentaires, de la pratique géographique : la cour, où le globe terrestre est exposé, et les différents lieux du travail savant que sont les bibliothèques, les cabinets de curiosités ou les ménageries.

À partir de l'étude de la *persona* savante et des travaux de François Le Large, j'ai mis en évidence le lien entre la constitution d'une culture géographique et les jeux de positionnement et d'ascension sociale, dans une démarche qui s'inscrit tant dans l'histoire sociale des sciences que dans l'anthropologie historique des pratiques savantes. En analysant la constitution de savoirs géographiques, leur exposition sur les globes, leur acquisition et leur discussion par les curieux de géographie, j'ai montré la place de ces connaissances dans la vie sociale, politique et culturelle du royaume de France.

Le contexte des cultures géographiques

Enfin, il s'est agi de resituer la construction de ces *cultures géographiques* dans l'histoire de la diplomatie et des tentatives coloniales du règne louis-quatorzien. En reconstruisant les sociabilités curiales qui s'articulent tant autour du grand globe de Coronelli que de l'acquisition d'une culture géographique, j'ai montré que le goût pour ces savoirs est un enjeu tant politique que mondain, qui caractérise le roi savant, le bon courtisan ou le gentilhomme éduqué. Cette thèse révèle l'importance de ces objets de distinction sociale que sont les globes en général, et ceux de Coronelli en particulier. Ils sont au cœur d'un tissu de sociabilités savantes, mondaines et politiques, et forgent les imaginaires géographiques de leurs possesseurs. La surface du globe terrestre de Marly participe à sa manière aux « guerres de plume » qui opposent Louis XIV et ses rivaux. Elle met en scène et légitime les ambitions impériales d'un souverain présenté comme protecteur des arts et sciences, dans ce lieu privilégié de son pouvoir absolu qu'est le palais de Marly. Les globes imprimés que les membres français des Argonautes installent dans leurs cabinets sont autant de déclinaisons réduites d'un projet politique et colonial matérialisé par la sphère de Coronelli, et deviennent autant d'ambassadeurs de la politique royale auprès des élites religieuses, politiques et militaires du royaume de France.

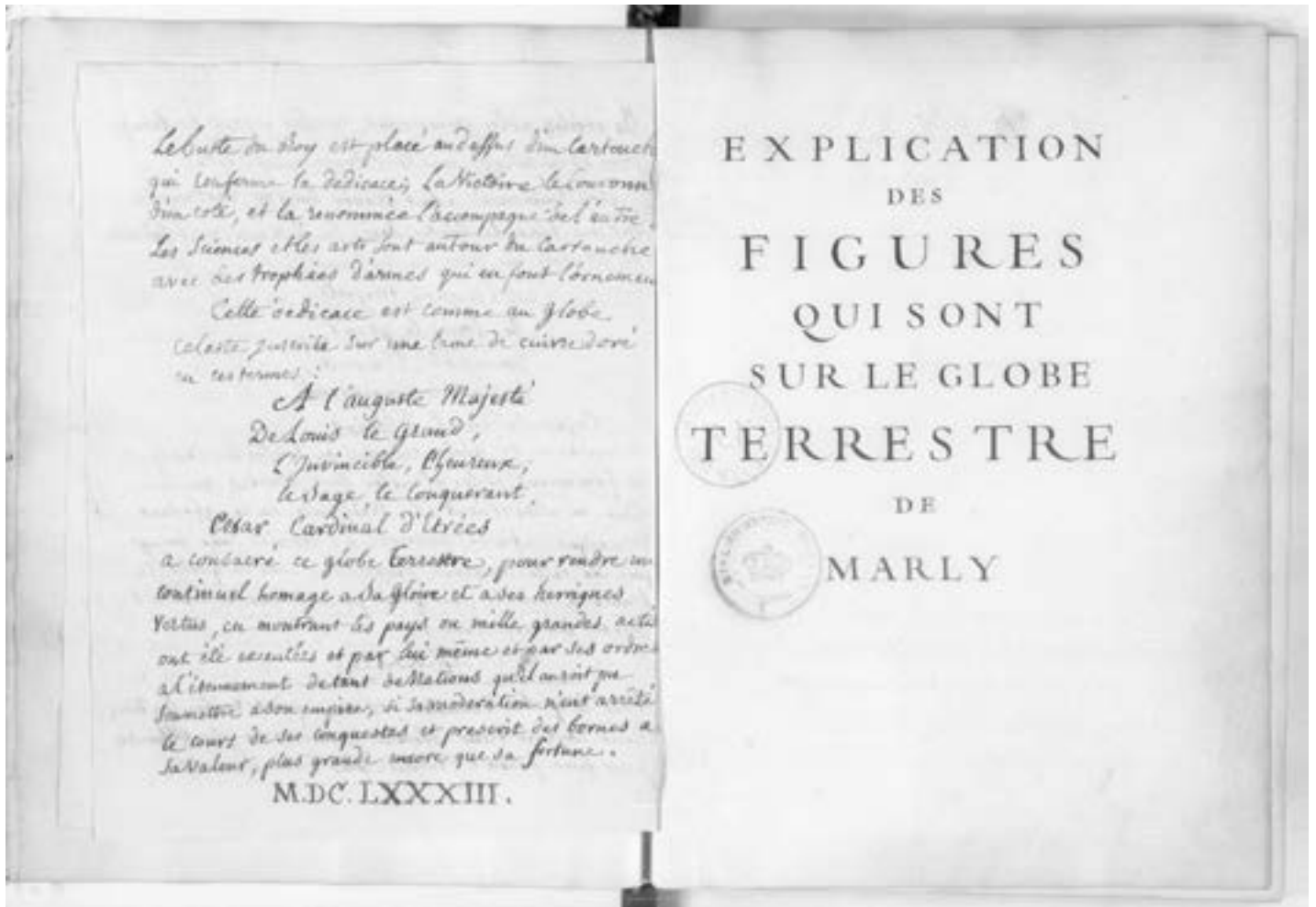


Figure 3 : François Le Large, page de titre de l'Explication des figures, v. 1710-1714. Manuscrit transcrivant et expliquant le globe terrestre de Coronelli. A gauche, fin de la transcription des pages concernant le globe terrestre dans un ouvrage de l'académicien Philippe de la Hire publié en 1704 ; on notera l'extrait de la dédicace du globe au souverain par César d'Estrées.
 Source : Bibliothèque nationale de France, département des Manuscrits, Français 13366
 3 : <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b9061321g/f6.item>

Orientations bibliographiques

Akerman, J.R. (éd.), 2009, *The imperial map: cartography and the mastery of empire*, Chicago, University of Chicago Press.

Bert J.-F., Lamy J., 2021, *Voir les savoirs: lieux, objets et gestes de la science*, Paris, Anamosa.

Besse, J.-M., Tiberghien, G.A. (éd.), 2017, *Opérations cartographiques*, Versailles, Actes Sud ENSP.

Dainville F. de, 1940, *La géographie des humanistes*, Paris, Beauchesne et fils.

Dekker E., 2007, « Globes in Renaissance Europe », dans Woodward D. (éd.), *The History of Cartography Volume 3, Cartography in the European Renaissance*, Chicago, University of Chicago Press, p. 135-173.

Delbourgo, J., Dew, N. (éd.), 2008, *Science and empire in the atlantic world*, New York, Routledge.

Hofmann C., Pelletier M., Lecoq D., Netchine È., 1995, *Le globe et son image*, Paris, Bibliothèque nationale de France.

Hofmann, C., Richard, H. (éd.), 2012, *Les globes de Louis XIV : étude artistique, historique et matérielle*, Paris, Bibliothèque nationale de France.

Jacob C., 1992, *L'Empire des cartes : Approche théorique de la cartographie à travers l'histoire*, Paris, Albin Michel.

Milanesi M., 2016, *Vincenzo Coronelli cosmographer, 1650-1718*, Turnhout, Brepols.

Pedley M., 2005, *The commerce of cartography: making and marketing maps in eighteenth-century France and England*, Chicago, University of Chicago Press.

Saule, B., Arminjon, C. (éd.), 2010, *Sciences & curiosités à la cour de Versailles*, Paris, Réunion des musées nationaux.

Vailly M., 2021, « Le globe synoptique et son vernis craquelé : une histoire matérielle de la production et de l'usage des globes terrestres de Coronelli », *Cahiers François Viète*, III, 10.

L'APPORT DES ÉCOLES ITALIENNES DANS LES PREMIÈRES CARTES DE L'OCÉANIE¹

par Richard Cagnasso

*Centre de Recherche Et de Documentation sur l'Océanie
Université d'Aix-Marseille, 3 place Victor Hugo 13331 Marseille cedex 03
richard.cagnasso@gmail.com*

À partir des années 1790, et après les observations de James Cook, la cinquième partie du monde qui ne se nomme pas encore Océanie (il faudra attendre 1816 et Brué) commence à être mieux connue, mais tout est loin d'être fixé. Ses appellations, ses divisions, sa classification des peuples vont être la matière d'enjeux de pouvoir, de reconnaissance, de débats pour construire un espace géographique et donner une existence spatiale à cette partie du monde en nommant et normalisant tout ce qui peut l'être et ce pratiquement jusqu'en 1840.

Mais si nous connaissons particulièrement bien les productions, les débats qui ont animé durant cette période les géographes et les explorateurs en France et en Angleterre, ce qui s'est fait en Italie est resté largement ignoré, même des spécialistes. Or, la production géographique italienne fut intense et créative pour cette période, avec une imagination qui suppléait le manque de voyages d'exploration. Car si en France et en Angleterre il y eut de grands navigateurs durant cette période, ce ne fut pas le cas en Italie, ce qui n'a pas empêché les géographes italiens de produire et d'échanger abondamment avec leurs pairs en Europe. Notre étude a porté sur la manière dont ceux-ci se sont insérés, se sont positionnés dans ce processus de construction de cette cinquième partie du monde, comment ils en ont été partie prenante, tant en Italie qu'en France et en Angleterre, ainsi que dans la constitution de l'espace de la géographie en Europe.

La géographie, au début de cette période, est principalement le fait de géographes de cabinet, ils ne se rendent pratiquement jamais sur le terrain mais interprètent, comparent et tracent. Puis la multiplicité des explorations et des découvertes fait émerger des navigateurs qui vont systématiser la pratique du terrain et veulent contribuer à la géographie. Pour étudier la place de ces géographes italiens nous avons

présenté les géographes de cabinet et les navigateurs, avec leurs spécificités, leurs modes de travail, leurs types de communications, puis nous avons inventorié, sans exhaustivité, les acteurs principaux, tant Français qu'Anglais, les plus reconnus pour cette partie du monde, leurs productions et leurs biographies sélectives.

La dualité entre géographes de cabinet et navigateurs n'existant pas pour l'école italienne, les circumnavigateurs italiens étant absents pour notre période, et l'Italie n'ayant pas eu d'expéditions lointaines, nous nous sommes concentrés sur la place des géographes de cabinet italiens dans le processus de construction de cet espace.

Mais ceux-ci, du fait de la fragmentation de l'Italie, se retrouvant disséminés dans plusieurs États, nous nous sommes intéressés à plusieurs entités géographiques, ne choisissant que celles qui apparaissent comme les plus pertinentes pour notre sujet. Cette approche nous a fait reconnaître et étudier cinq villes : Milan, Venise, Rome, Florence et Naples, qui sont parfaitement représentatives, à des degrés divers, de la situation de la géographie italienne de cette époque, ceci avec leurs histoires, leurs institutions, leurs flottes, ainsi que leurs géographes, leurs éditeurs et leurs publications.

Nous retiendrons un constat : l'impossibilité qui a prévalu, soit matérielle, soit financière, soit politique de construire et d'exécuter des expéditions scientifiques et/ou commerciale dans le Pacifique, même si, dans ces villes, les forces intellectuelles étaient présentes et de taille à encadrer des expéditions. Nous retiendrons ensuite que de ce panorama émergent deux villes importantes : Florence et Naples, et plusieurs géographes : Adriano Balbi (Venise), Bartolomeo Borghi (Florence), F.C. Marmocchi (Florence), Luigi Galanti (Naples), Ferdinando De Luca (Naples),

¹ Thèse de doctorat en Anthropologie sociale et historique sous la direction de Serge Tcherkézoff et de Bernard Rigo soutenue le 6 juin 2019 à l'EHESS, Paris.

et c'est pourquoi nous pouvons parler des écoles italiennes, mais avec le rôle central d'Adriano Balbi, qui a produit à Venise, Turin, Lisbonne, Vienne et Paris, se situant à la confluence des inspirations et des nombreux débats qui ont agité les géographes français, anglais et italiens.

Ayant examiné les travaux de ces géographes, voyageurs et savants, chacun pour leur compte, dans la construction de la toponymie du Pacifique et la classification des peuples, nous avons observé ce que furent les relations, les débats, parfois sévères, les créations et les appropriations entre ces géographes, tant au niveau national, pour l'Italie, qu'au niveau européen. La construction de ce nouvel espace géographique produisant plusieurs noms, divisions et classifications qui vont naître, évoluer ou disparaître.

Ainsi pour trouver un nom qui fasse totalité pour cet ensemble, Malte-Brun propose *Océanique* en 1810, transformé en *Océanie* en 1815 par Brué ; et Walckenaer, voulant se démarquer de Malte-Brun, propose en 1815 *Monde Maritime*, car cette partie du monde ressemble à un continent sous l'eau. Ils expriment tous deux le débat entre continents, parties du monde ou mondes. Le toponyme de *Monde Maritime* sera repris et amplifié en 1819 par Luigi Galanti à Naples, traducteur du géographe écossais Pinkerton en Italie, critiquant l'*Océanique* de Malte-Brun, qui n'est pas une division naturelle des terres. De Luca, qui occupe la chaire de Luigi Galanti, va reprendre en 1833 la division du globe proposée par Galanti avec *Mondo Marittimo*.

Ces deux dénominations vont perdurer en parallèle un certain temps en Europe, mais en 1833 Adriano Balbi éteint pratiquement ce débat en France, et pour partie en Italie, en proposant une solution de consensus : « Monde Maritime ou Continent Austral, qui, avec ses dépendances, forme l'Océanie » (Balbi, 1833) combinant les avantages d'*Océanie*, des îles au milieu du Grand Océan et qui permet de donner un nom, *Océanien*, aux populations, et les avantages de *Monde Maritime* qui désigne une des trois grandes divisions de la terre. La mise en relation des deux termes va entraîner la disparition de *Monde Maritime*, mais il faudra attendre 1845 pour que l'école de Naples admette *Océanie*.

Ainsi aussi ont été élaborés les toponymes : *Micronesia*, *Micronie*, *Meganesia*, *Mélanésie* et la classification des peuples. Le 6 janvier 1832 Dumont d'Urville présente à la Société de géographie sa nomenclature, ses divisions pour les îles de l'Océanie : *Micronésie*, *Polynésie*, *Mélanésie* et *Malaisie*. Il y écrit qu'il innove, tout en reconnaissant qu'il emprunte en

partie à Louis Domeny de Rienzi le nom de *Micronésie*. Mais c'est bien auparavant, en 1819 à Florence, que Bartolomeo Borghi invente le nom de *Micronesia*. Nous nous sommes penchés sur l'invention de ce terme, son utilisation, son cheminement en Italie et en France jusqu'à Dumont d'Urville.

Borghi en 1819 publie une carte : *Oceania* (fig.1) avec deux divisions construites par opposition : *Meganesia* / *Micronesia*, introduisant une appellation qui perdure encore : *Polinesia ovvero Micronesia*. Sa création en Italie, n'a eu que peu de suites immédiates, ainsi que le terme *Meganesia* qui durera peu, même si son *Atlante* eut un certain succès en Europe. Notre étude du cheminement de *Micronesia* d'Italie en France à partir du *Gabinetto Letterario e di belle arti* à Florence et des *carbonari* nous a permis de montrer que Rienzi avait eu connaissance de cet atlas, en avait vu les cartes. Elle nous a aussi permis de retrouver le terme utilisé par celui-ci dans sa présentation à la Société de géographie : *Micronie*, Rienzi transformant plus que créant des toponymes. Finalement nous sommes arrivés au texte de 1832 de Dumont d'Urville et à son appropriation du toponyme *Micronésie*, recréant le terme original à partir de celui de Rienzi sans rien savoir, on le suppose, du toponyme originel.

Cette étude nous a fait découvrir un texte inédit de Dumont d'Urville de 1826, texte rédigé dans le but de répondre à la question sur les différences entre les « races » de l'Océanie, et qui nous a permis de suivre l'évolution de sa pensée sur la classification de l'Océanie. Il montre qu'à cette date, s'il n'avait encore aucun nom pour ses régions géographiques, elles étaient déjà fortement établies pour lui. Ainsi les termes *Tonga*, pour Polynésiens, et *Carolin*, précurseur de *Micronésie*, qui nomment une région d'après sa langue principale ou le nom de l'île où vit ce peuple, sont utilisés par Dumont d'Urville.

Cette classification des peuples prit un tournant important en Europe durant la première moitié du XIX^e siècle avec les travaux de Balbi et son *Atlas ethnographique du globe* (fig. 2), la langue devenant l'indicateur principal de cette classification. Ainsi sa division des peuples océaniques est pratiquement la même que celle de Dumont d'Urville, et celui-ci, qui a toujours eu un goût très vif pour la linguistique, et qui connaissait l'ouvrage de Balbi, s'appuie, dès 1826, sur des observations linguistiques pour sa distribution des peuples d'Océanie, la langue étant pour lui un marqueur important qui permet de les différencier, ce que dit exactement Balbi. Il donnera en témoignage le nom de Balbi à une île (fig. 3). Mais Dumont d'Urville, après l'expédition à Vanikoro, a évolué d'une vision proche de Buffon et ses variétés à

MAPPEMONDE ETHNOGRAPHIQUE,

00

TABLEAU ETHNOGRAPHIQUE GÉNÉRAL DU GLOBE.

Le grand tableau de la carte ethnographique, qui se trouve dans l'Atlas ethnographique du globe, est divisé en six parties principales, savoir : 1. Les langues amantiques, 2. Les langues européennes, 3. Les langues asiatiques, 4. Les langues océaniques, 5. Les langues africaines, 6. Les langues américaines. Chaque partie est subdivisée en plusieurs sous-parties, qui sont désignées par des lettres et des chiffres. Les langues amantiques sont divisées en six groupes, les langues européennes en six groupes, les langues asiatiques en six groupes, les langues océaniques en six groupes, les langues africaines en six groupes, et les langues américaines en six groupes. Les langues amantiques sont les plus nombreuses et les plus répandues sur le globe. Elles sont parlées par plus de la moitié de la population humaine. Les langues européennes sont les plus répandues en Europe. Les langues asiatiques sont les plus répandues en Asie. Les langues océaniques sont les plus répandues dans les îles du Pacifique. Les langues africaines sont les plus répandues en Afrique. Les langues américaines sont les plus répandues en Amérique.

LANGUES AMANTIQUES Depuis le 1 ^{er} du Japon au 1 ^{er} du Mexique	1. LANGUES AMANTIQUES 1. Langues amantiques septentrionales : Japonais, Coréen, Mandchou, etc. 2. Langues amantiques méridionales : Vietnamiens, Cambodgiens, Laotiens, etc. 3. Langues amantiques occidentales : Indonésiens, Malaisiens, Philippins, etc. 4. Langues amantiques orientales : Indonésiens, Malaisiens, Philippins, etc. 5. Langues amantiques australes : Australiens, Mélanésiens, etc. 6. Langues amantiques polynésiennes : Polynésiens, Micronésiens, etc.
LANGUES EUROPÉENNES Depuis le 1 ^{er} du Japon au 1 ^{er} du Mexique	7. LANGUES EUROPÉENNES 7. Langues germaniques : Allemands, Français, Anglais, etc. 8. Langues latines : Espagnols, Portugais, Italiens, etc. 9. Langues slaves : Russes, Polonais, Serbes, etc. 10. Langues grecques : Grecs, etc. 11. Langues arméniennes : Arméniens, etc. 12. Langues celtiques : Irlandais, Gallois, etc.
LANGUES ASIATIQUES Depuis le 1 ^{er} du Japon au 1 ^{er} du Mexique	13. LANGUES ASIATIQUES 13. Langues chinoises : Chinois, etc. 14. Langues tibétaines : Tibétains, etc. 15. Langues indiennes : Indiens, etc. 16. Langues persanes : Perses, etc. 17. Langues arabes : Arabes, etc. 18. Langues hébraïques : Hébreux, etc.
LANGUES Océaniques Depuis le 1 ^{er} du Japon au 1 ^{er} du Mexique	19. LANGUES Océaniques 19. Langues polynésiennes : Polynésiens, etc. 20. Langues mélanésiennes : Mélanésiens, etc. 21. Langues micronésiennes : Micronésiens, etc.
LANGUES AFRICAINES Depuis le 1 ^{er} du Japon au 1 ^{er} du Mexique	22. LANGUES AFRICAINES 22. Langues berbères : Berbères, etc. 23. Langues négro-africaines : Négro-africains, etc. 24. Langues égyptiennes : Égyptiens, etc.
LANGUES AMÉRICAINES Depuis le 1 ^{er} du Japon au 1 ^{er} du Mexique	25. LANGUES AMÉRICAINES 25. Langues algonquiennes : Algonquiens, etc. 26. Langues iroquoiennes : Iroquoiens, etc. 27. Langues caribbéennes : Caribbéens, etc. 28. Langues mayas : Mayas, etc. 29. Langues aztèques : Aztèques, etc. 30. Langues incas : Incas, etc.

Figure 2 : Mappemonde ethnographique, dans Adriano Balbi, Atlas ethnographique du globe, Paris, Renouard, 1826, p.10.

Cuvier et ses races : sa classification, sa hiérarchisation des peuples du Pacifique se fondent en 1832 sur des critères physiques, raciaux, puis linguistiques.

Au final, nous avons reconstitué le travail de construction de l'espace géographique de l'Océanie, son élaboration par étapes, ses emprunts, ses évolutions, tant en France qu'en Italie. On a observé la manière bien particulière de Dumont d'Urville d'imposer ses points de vue et d'écarter ceux des autres géographes, sa détermination vers la

reconnaissance de ses valeurs et l'affirmation d'un système qui restera. On peut conclure que de grands géographes italiens ont pris une part importante dans cette construction mais qu'aujourd'hui certains sont pratiquement inconnus, et si Balbi est resté dans l'imaginaire géographique italien, c'est surtout par sa participation à la construction géographique de l'Italie. Ceci nous rappelle que l'élaboration d'un espace géographique ne se fait pas linéairement mais qu'il est le produit d'une histoire qu'il est important de connaître.



Figure 3 : Détail de la Carte des Iles Carolines et des terres environnantes, dans C.A. Vincendon Dumoulin, Voyage au Pôle sud et dans l'Océanie exécuté par ordre du roi sur les corvettes L'Astrolabe et la Zélée, Paris, Tastu, 1847.

Sources

Balbi, A, 1826, *Atlas ethnographique du globe, ou classification des peuples anciens et modernes d'après leurs langues ...* Paris, Rey et Gravier.

Balbi, A, 1833, *Bilancia Politica del Globo*, Padova, Zambeccari, p.3.

Balbi, A, 1833, 1837, 1840, *Compendio di geografia compilato su di un nuovo piano conforme agli ultimi trattati di pace e alle piu' recenti scoperte*, Torino, Tipografia Pomba.

Borghi, B, 1819, 1826, 1835, *Atlante generale dell'ab. Bartolommeo Borghi corredato di prospetti storici, politici, civili, naturali di ciascheduno stato*, Firenze, Aristide Parigi.

Dumont d'Urville, J, 1826, « Sur les peuples de l'Océanie », Manuscrit. SHD Marine, 7 GG2 30.

Dumont d'Urville, J, 1832. « Sur les iles du grand Océan », *Bulletin de la Société de Géographie*, vol. 17, p. 1-2.

Galanti, L M, 1808, 1812, 1819, *Instituzioni di geografia fisica e politica di Luigi Galanti*. Napoli, Presso Gaetano Raimondi, Gabinetto Letterario.

Lesson, R P, 1846, *Notice historique sur l'amiral Dumont d'Urville*, Rochefort, H. Loustan.

Luca, F de, 1833, 1837, 1840, 1843, *Nuovi elementi di geografia o esposizione degli studi geografici secondo l'ordine dell'insegnamento*, Napoli, Soc. Filomatica.

Malte-brun, C, 1819-1835, *Nouvelles Annales des voyages, de la géographie, de l'histoire et de l'archéologie*, Paris, F.Buisson.

Marmocchi, F C, 1837-1843, *Corso di geografia universale sviluppato in cento lezioni...*, Firenze, V. Batelli.

Pinkerton, J, 1807, 1811, 1817, *Modern geography: a description of the empires, kingdoms, states, and colonies, with the oceans, seas, and isles in all parts of the world, including the most recent discoveries and political alterations / digested on a new plan*, London, T. Cadell and W. Davies.

Rienzi, D de, 1836-1838. *Océanie ou cinquième partie du monde ...*, Paris, Firmin Didot frères.

Walckenaer, C A, 1818, *Le Monde maritime ou Tableau géographique et historique de l'archipel d'Orient, de la Polynésie et de l'Australie ...*, Paris, chez Nepveu.

Bibliographie

Blais, H, 2001, *Les voyages français dans le Pacifique. Pratique de l'espace, savoirs géographiques et expansion coloniale (1815-1845)*. Thèse de doctorat. Paris, EHESS.

Blanckaert, C, 2007, « Un fil d'Ariane dans le labyrinthe des origines.... Langues, races et classification ethnologique au XIX^e siècle », *Revue d'Histoire des Sciences Humaines*, n° 17, p. 137-171. (Paris, Éditions Sciences Humaines).

Douglas, B, 2011, « Geography, Raciology, and the Naming of Oceania, 1750-1900 », *Globe*, document 69, p. 1-28. (University of Melbourne).

Godlewska, A, 1999, *Geography unbound. French geographic science from Cassini to Humboldt*, Chicago, The University of Chicago Press.

Laboulais-Lesage, I (dir.), 2004, *Comblés les blancs de la carte. Modalités et enjeux de la construction des savoirs géographiques (XVII^e-XX^e siècle)*, Strasbourg, Presses Universitaires de Strasbourg (coll. Sciences de l'histoire).

Laux, C, 2008, « La construction d'une géographie du Pacifique par les explorateurs, les missionnaires, les colonisateurs », dans *L'Empire des géographes. Géographie, explorations, colonisation. XIX^e XX^e siècle* (actes du colloque de la Maison des sciences de l'homme d'Aquitaine, Bordeaux, 13-15 octobre 2005), p. 176-187, Paris, Belin.

Sarno, E, 2014, « Luigi Maria Galanti, Un geografo dimenticato del primo ottocento napoletano », *Bolletino della societa geografica italiana*, Série XIII, vol. VII, p. 334-365.

Tcherkezoff, S, 2007, *Polynésie/Mélanésie : l'invention française des "races" et des régions de l'Océanie (XVI^e-XX^e siècles)*, Papeete, Au vent des îles.

Valerio, V, 1997, « Late eighteenth and early nineteenth century italian atlases », dans John A. Wolter et Ronald E. Grim, *Images of the World: The Atlas through History*, p. 257-300. (Washington, Library of Congress).

ALEXANDRIE, AU FIL DES PLANS. Études sur la cartographie d'Alexandrie, milieu du XIX^e siècle - milieu du XX^e siècle¹

par Cécile Kuntz Shaalan

Centre d'Études Alexandrines - UAR 3134, CNRS
50, rue Soliman Yousri
21131 Alexandrie - Égypte
cecile.shaalan@cea.com.eg

La cartographie d'Alexandrie (Égypte) constitue une source documentaire incontournable pour l'étude de l'histoire de la ville. À partir d'un premier rassemblement d'une cinquantaine de plans publié en 1921², nous offrons un nouveau recensement de la documentation comptant près de 700 représentations cartographiques d'Alexandrie, pour une période allant du xv^e siècle au milieu du xx^e siècle. Nous avons centré la recherche sur la période du milieu du xix^e siècle au milieu du xx^e siècle (488 plans), à partir de laquelle quatre enquêtes historico-cartographiques (basées sur 122 plans) ont été réalisées³, afin d'en étudier les différents aspects, et par là même de mettre en relief de nouveaux éléments de l'histoire d'Alexandrie. Une introduction à l'histoire de la cartographie d'Alexandrie, présentant les différentes typologies de plans, précède ces quatre études.

La première sélection est consacrée à la cartographie en lien avec les guides et annuaires de 1840 à 1930 (73 documents) : les guides-plans (Diamanti - 1877), les plans accompagnés d'un guide (Municipalité et E. Nicohosoff - 1902) ou à l'inverse les plans accompagnant des guides commerciaux et des annuaires (Millie, François-Levernay [fig. 1], The Egyptian Directory), et des guides touristiques (Murray, Joanne, Baedeker, Meyer et Cook). Ces plans ont des contraintes propres : leur maniabilité et leur portabilité, leur lisibilité malgré leur format limité et la nécessité d'être constamment mis à jour au fil des éditions successives. Cette étude permet de saisir à la fois la fabrique des plans avec l'établissement de leurs générations et de leurs versions et, par miroir parfois déformant, la fabrique urbaine. La recherche des sources de ces plans met en avant des plans de référence.

Le deuxième corpus s'attache à la production cartographique de la famille Nicohosoff de 1902 jusqu'au début des années 1950 (16 documents), une famille russo-arménienne d'ingénieurs, architectes et cartographes, dont nous retraçons la généalogie familiale et la carrière de chacun, ainsi que leur parcours dans les administrations alexandrines et leurs activités libérales. Dans la mémoire collective alexandrine, le patronyme reste associé au stade de la ville, dont Wladimir Nicohosoff a été l'architecte. Celui-ci est également l'auteur de plans d'Alexandrie, tout comme ses deux frères, Efrem et Alexandre (fig. 2) avec, pour ce dernier, un grand lot de cartes réalisées pour divers lieux ou thématiques⁴. Au-delà de l'analyse de leurs plans d'Alexandrie, cette recherche est l'occasion d'explorer d'autres domaines que la cartographie, tels que la protection de la propriété intellectuelle ou la manière de développer l'offre commerciale.

La troisième partie porte sur les plans d'assurance d'Alexandrie. Couvrant principalement le quartier industriel de Minet el-Bassal, intrinsèquement lié au commerce du coton, cette cartographie bien spécifique permettait aux compagnies d'assurance d'apprécier au mieux les risques contre l'incendie (fig. 3). L'étude montre tout d'abord la richesse du corpus de plans d'assurance pour la période de 1880 à 1950 : richesse tant par sa quantité (149 documents, dont la moitié constituée de plans manuscrits préparatoires), que par les informations qu'ils livrent, grâce à une légende normalisée et l'utilisation d'un système de mise à jour par collage. La forte concurrence entre les auteurs et l'inter-indexation des documents sont aussi très prégnantes. Une prospection sur les lieux complète l'analyse des documents, révélant la persistance de

1 Thèse de doctorat, université Lyon 2, sous la direction de J.-Y. Empereur, soutenue le 11 mai 2019 devant un jury composé de : Jean-Yves Empereur, Membre de l'Institut, Marie-Dominique Nenna, directeur de recherche CNRS, Cristina Pallini, Professore Associato Politecnico di Milano, Jean-François Pérouse, maître de conférence à l'Université de Toulouse-II.

2 Jondet, 1921.

3 Le volume 2 de la thèse comprend les quatre corpus thématiques, puis le catalogue général des 488 plans de 1850 à 1950.

4 Le Caire, Égypte, Europe, documents liés au coton ou à la Seconde Guerre mondiale, etc.



Figure 2 (a et b) : Alexandre Nichosoff, Plan général d'Alexandrie avec ses embellissements récents, 1930 (1:10000), accompagné de son guide. Respectivement © Archives CEAlex / Coll. C. Shaalan

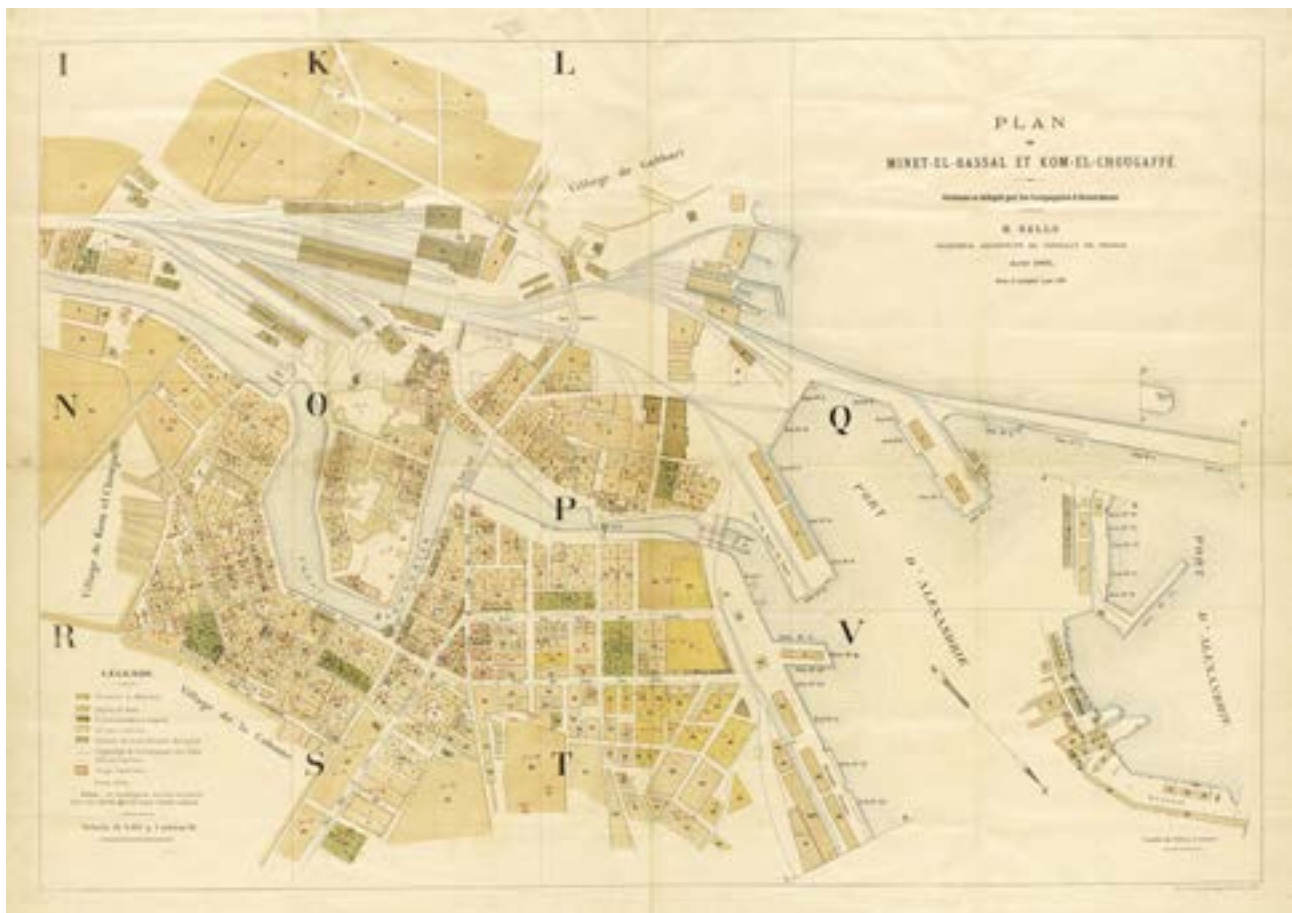


Figure 3 : Hérold Gallo, *Plan de Minet-el-Bassal et Kom-el-Chougaffé, Ordonné et Adopté par les Compagnies d'Assurances, réalisé en 1891 et mis à jour en 1897 (1:2500).*
 Fonds J.-Y. Empereur, © Archives CEAlex

certain éléments cartographiés. Enfin, une attention particulière est dédiée aux six auteurs recensés. Dans le cas de l'architecte arménien Kévork Mérametdjian (1860-1918, fig. 4), la consultation de différentes archives et la rencontre avec ses descendants donnent un visage plus humain à ces recherches.

Le dernier chapitre se concentre sur Alexandrie pendant la Première Guerre mondiale, alors que la ville était la base-arrière de la bataille des Dardanelles en 1915. Menées à partir de plans, mais aussi d'autres types d'archives⁵, tels que des lots de photographies aériennes de 1915 à 1918 (fig. 5), ces recherches offrent, par la réalisation des cartes de synthèse, une idée de la réorganisation de la ville liée au conflit. Pour ce faire, nous avons inventorié et localisé les nombreux hôpitaux (une quarantaine) et les camps des armées alliées et de prisonniers, qui se sont implantés dans les espaces vacants⁶.

Il s'agit donc d'offrir une autre perspective à la cartographie d'Alexandrie, et ainsi de transformer ce qui est souvent considéré comme un « outil de recherche » en « objet de recherche ». Ce travail est le fruit d'un patient puzzle, qui consiste à « recoller » des fragments de données descriptives ou cartographiques, à lier des plans à des guides ou à d'autres ouvrages, au gré des archives consultées. Tout au long de ces études historico-cartographiques de la ville, nous avons adopté une méthode d'utilisation raisonnée et critique des documents cartographiques. Elle consiste à contextualiser les plans, par l'identification ou la vérification de l'auteur, de la date, et le cas échéant de l'ouvrage source, ainsi qu'à comparer les plans entre eux (objectifs, commanditaires, précision, niveau de détails), afin de mieux les appréhender.

L'étude des acteurs de la cartographie (auteurs, imprimeurs, lithographes, graveurs) et de la réception de ces plans (réseaux de diffusion, clientèle) complète ce panorama. Par ce processus d'analyse, nous proposons un schéma des liens tissés entre les documents, constituant en quelque sorte une « généalogie des plans ». À travers ce phénomène de reprise de plans, nous avons vu émerger des modèles de référence d'auteurs locaux, qui s'imposent et qui sont largement réemployés ensuite. Un soin tout particulier a été porté aux auteurs de ces plans, en documentant de manière approfondie leur histoire tant personnelle et familiale que professionnelle, en explorant les sources d'archives privées ou publiques et, dans certains cas, en prenant contact avec leurs descendants. Par ces micro-histoires, nous avons pu lier l'histoire des hommes à l'histoire de la ville.

Le premier volume issu de ce doctorat est en cours d'édition⁷. Il porte sur les plans d'assurance, avec une introduction générale et méthodologique à l'histoire de la cartographie alexandrine. Il intègre le corpus des plans d'assurance pour la version papier, et parallèlement une version augmentée sera mise en ligne avec un corpus développé. Deux autres volumes sont prévus sur les plans guides-annuaires et la production cartographique de la famille Nicohosoff.

Bibliographie

Jondet J., 2021, *Atlas historique de la ville et des ports d'Alexandrie*, Le Caire (*Mémoires de la Société Sultanieh de Géographie* 2).

Shalan C., 2018, « Les navires stationnés dans le port d'Alexandrie, 1^{er}-3 avril 1915 » (p. 48-59), « Les camps d'Alexandrie. Alliés, réfugiés et prisonniers / internés » (p. 60-119), « Les soldats français à Alexandrie » (p. 144-165), « Alexandrie ville-hôpital », p. 286-327, dans EMPEREUR J.-Y., *Alexandrie dans la Première Guerre mondiale*, Alexandrie (*Alexandrie Moderne* 1).

5 Notamment plans, journaux de marche des soldats, récits personnels, correspondances.

6 Shalan, 2018.

7 *Minet el-Bassal. Le marché des plans d'assurance à Alexandrie (1880-1950)*, CE Alex (*Alexandrie Moderne* 4). Sur proposition de l'Académie des inscriptions et belles-lettres, l'Institut de France a attribué en 2022 le prix de la Fondation Jean-Édouard Goby à cette publication.

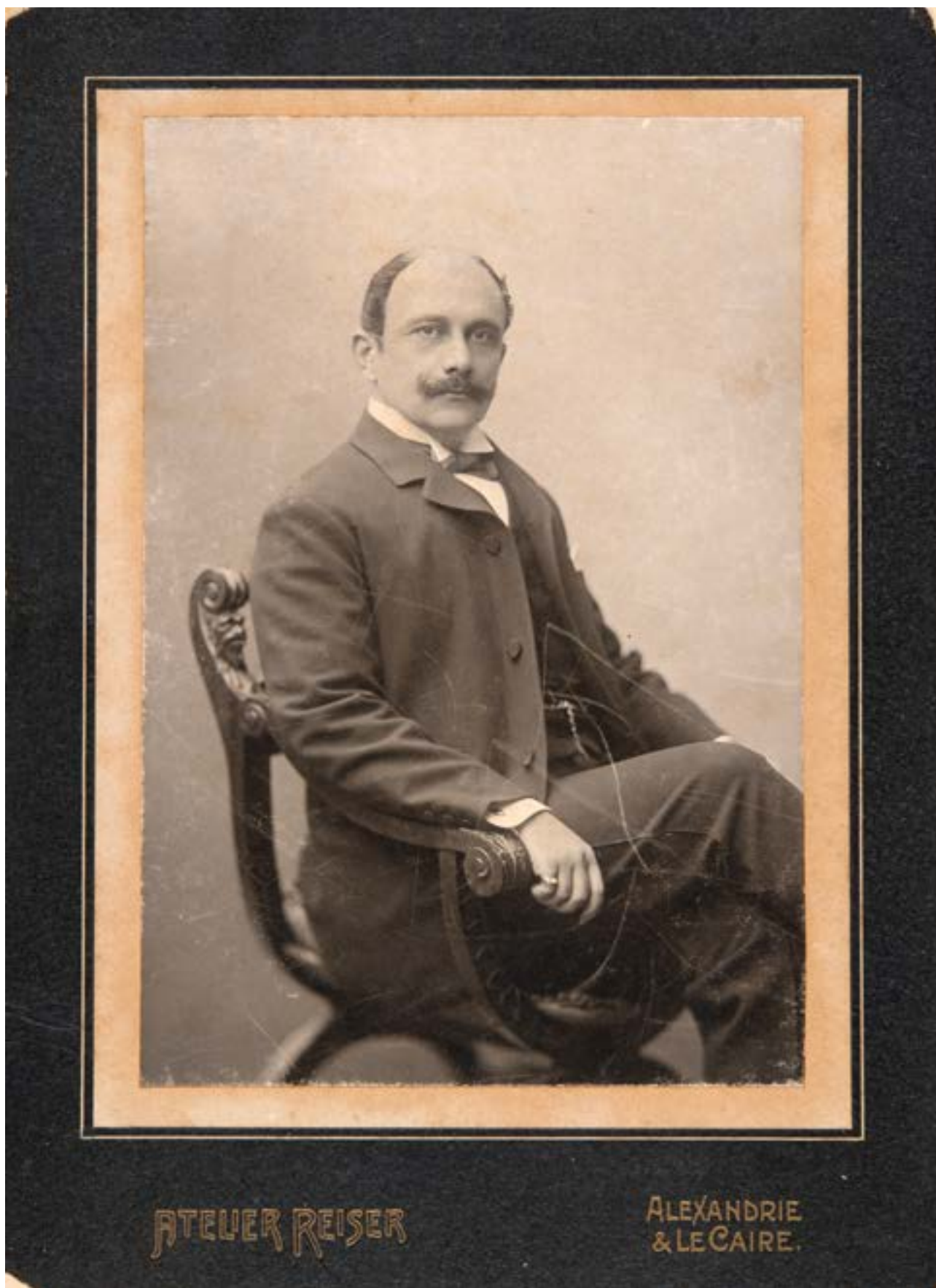


Figure 4 : Portrait photographique de 1904 de Kévork Mérametdjian, architecte et auteur de plans d'assurance de Minet el-Bassal. Fonds J.-Y. Empereur, © Archives CE Alex



Figure 5 : Photographie aérienne du port Est d'Alexandrie prise par la Royal Air Force, probablement lors de l'inspection du général Allenby du 2 décembre 1918. © Archives CEAlex

L'IMAGE DE LYON D'APRÈS LES GUIDES DE VOYAGE AUX XIX^e ET XX^e SIÈCLES, UNE ÉTONNANTE PERMANENCE¹

par Damien Petermann

Université Jean Moulin Lyon 3 - UMR 5600 EVS
18 rue Chevreul 69007 Lyon (EVS-CRGA)
damien.petermann@yahoo.fr

Cette thèse a pour objet la construction et l'évolution de l'image de Lyon livrée aux voyageurs entre le milieu du XIX^e siècle et la fin du XX^e siècle. L'approche retenue se situe entre géohistoire et géomatique, dans le champ des *spatial humanities* (Brando *et al.*, 2021). Trilingue et multiscalaire, le corpus principal rassemble 61 guides de voyage publiés dans cinq grandes collections internationales : guides Murray, Blue Guides, guides Baedeker, guides Joanne et Guides Bleus (Hachette). Cette recherche poursuit l'étude des représentations de l'espace lyonnais (Saunier, 1992 ; Gardes, 1993 ; Authier *et al.*, 2010).

Une recherche pluridisciplinaire, entre géographie et histoire

La thèse s'articule en six chapitres, qui forment trois paires. Le premier présente le rôle du guide de voyage comme objet d'étude géographique. À travers la diversité de documents littéraires et iconographiques potentiellement exploitables, le choix de cette source particulière (Devanthéry, 2016) est expliqué et motivé. Le 2^e chapitre porte en grande partie sur le corpus principal de 61 guides, dont le contenu est exposé de manière détaillée. Il y est notamment question de l'histoire et de l'évolution de chaque collection, de la structure interne des guides, des divers contenus (texte, cartes et plans, vues) et de l'entrée correspondant à « Lyon et ses environs ».

Le 3^e chapitre est entièrement consacré à la méthodologie employée pour traiter et analyser le corpus. Pédagogique, il explique comment étudier le guide de voyage selon une approche géohistorique, à travers différentes étapes : accessibilité, numérisation,

océrisation, repérage, extraction, spatialisation des objets dans le système d'information géographique (SIG), analyse et réalisation des cartes. Ensuite, le 4^e chapitre interroge la manière dont ces ouvrages construisent l'image d'un espace touristique articulant des « choses à voir » et d'autres objets servant au déplacement. À travers les notions de *sightseeing* et *tourist gaze* (Urry et Larsen, 2011), le système de valeur des « choses à voir » est analysé, afin de faire apparaître les logiques de sélection et de hiérarchisation des objets mentionnés dans la section « Visite de la ville ».

Enfin, les 5^e et 6^e chapitres présentent les résultats de cette réflexion, en deux temps : années 1840 - années 1910 et années 1920 - années 1990. Au cours de la première période, les grands éditeurs de guides participent à élaborer une nouvelle image de Lyon à destination des voyageurs. Des composantes spatiales et thématiques disparaissent au profit d'autres : c'est par exemple le cas du site de Pierre-Scize, qui constituait jusqu'au milieu du XIX^e siècle l'entrée monumentale dans Lyon depuis le nord, en bateau ou par la voie terrestre. Les années 1880-1910 correspondent à une première mise en tourisme de Lyon, avec la montée en puissance du panorama de Fourvière, la création du Syndicat d'initiative et l'apparition progressive d'une nouvelle catégorie de « chose à voir » : les maisons anciennes des vieux quartiers. La deuxième période correspond à la consolidation de cette image touristique, qui connaît une forte stabilité jusqu'à la toute fin du XX^e siècle. Des thèmes comme la gastronomie et l'industrie (à l'exception notable de la soierie) demeurent à l'écart du discours général de ces grandes collections.

1 Thèse de doctorat en géographie-aménagement, Université de Lyon - Jean Moulin Lyon 3, UMR 5600 Environnement, Ville, Société, dirigée par Bernard Gauthiez, soutenue le 8 avril 2022. Disponible en ligne (texte intégral) : <https://theses.hal.science/tel-03826767>

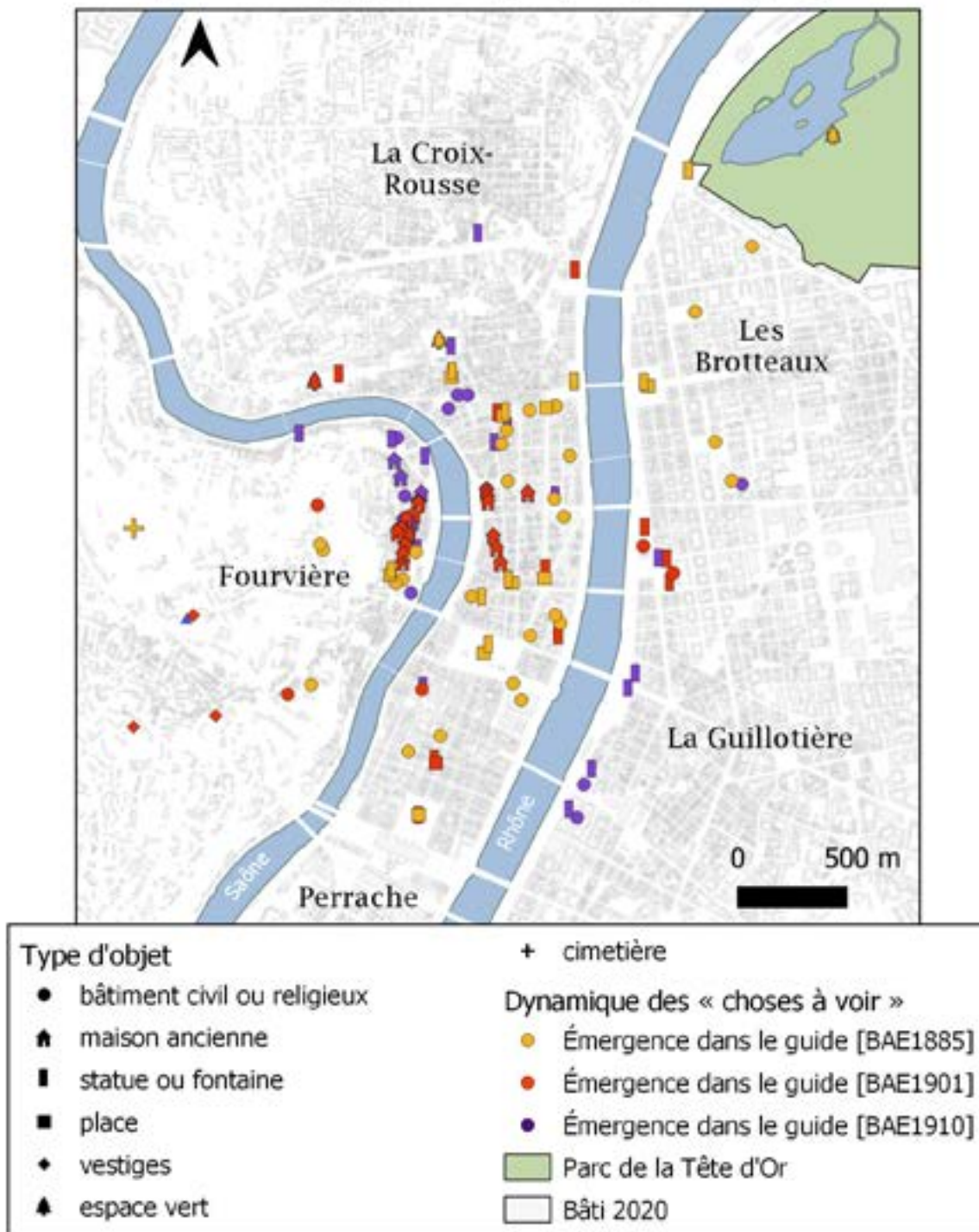
Spatialisation des itinéraires de visite du guide [HAC1925] *Lyon et ses environs*



Conception et réalisation : D. Petermann, 2021.
Couches du bâti : Data Grand Lyon, 2020 (licence ouverte).

Figure 1 : Spatialisation des itinéraires de visite du guide *Diamant Lyon et ses environs* (Hachette, 1925).
© D. Petermann, 2021.

Dynamique des « choses à voir » dans les guides [BAE1885], [BAE1901] et [BAE1910]



Auteur : D. Petermann, 2021. Bâti Data Grand Lyon, 2020.

Figure 2 : Dynamique des entrées de « choses à voir » dans les guides Baedeker *Le Midi de la France...* (1885) et *Le Sud-Est de la France...* (1901 et 1910). © D. Petermann, 2021.

Guide, image, espace : apports et perspective de la thèse

À partir du cas lyonnais, ce travail propose une réflexion sur la dimension spatiale des guides de voyage. Placée au cœur de la recherche, l'approche géographique et cartographique se déploie sur deux niveaux.

Le premier concerne les documents du corpus. Contrairement à la plupart des études portant sur les ouvrages viatiques, les trois principaux contenus des guides (texte, cartes et vues) sont ici pris en compte et étudiés. La thèse apporte de multiples éléments de connaissance à leur sujet, par exemple concernant l'évolution des plans touristiques (orientation, sémiologie, légende), le choix de rationaliser la visite de la ville sous forme d'itinéraires et non plus par catégorie d'objets, ou encore la réutilisation de mêmes visuels dans plusieurs éditions successives.

Le second niveau porte sur la méthodologie d'analyse et de valorisation des résultats. Exploratoire, la thèse montre l'intérêt d'étudier ce type de source au moyen d'un SIG, qui permet de rassembler les données, en constituant des couches cartographiques correspondant à l'espace lyonnais de chaque guide du corpus. La trentaine de cartes réalisées en expose le potentiel. Sur le plan méthodologique, certaines attestent des multiples possibilités cartographiques : spatialisation des itinéraires de visite, des points de

vue (texte et vues), de l'emprise des plans, des « choses à voir » (quantité de texte associée à chaque objet). En termes de résultats, les autres cartes portent sur la dynamique des « choses à voir » au fil des éditions d'un même titre. Elles mettent en évidence le caractère général restreint et figé de l'espace touristique lyonnais dans ces grandes collections, pendant un siècle et demi. Il se compose essentiellement du centre de la Presqu'île (entre Perrache et Terreaux), ainsi que d'une partie de la rive droite de la Saône (Vieux Lyon) et de la colline de Fourvière. Cette dernière gagne encore en importance à partir de la seconde moitié du ^{xx}e siècle, avec la mise en valeur du passé gallo-romain (théâtres antiques, musée).

Reprenant l'intéressante proposition géohistorique formulée pour étudier la mondialisation des lieux touristiques (Antonescu, 2016), la thèse invite à développer l'analyse de la trajectoire individuelle des objets, dans le temps et l'espace. Derrière l'apparente permanence générale observée, la situation est plus contrastée, avec de nombreux petits changements devenus perceptibles en pistant les entrées et sorties d'objets entre chaque édition. Ce suivi fin a permis d'identifier avec précision l'apparition de nouvelles catégories de « choses à voir » : statues et fontaines, maisons anciennes. Certains objets (grands musées, principaux édifices religieux et civils, parc de la Tête d'or) sont des curiosités incontournables, dont la présence n'est pas remise en question au fil des décennies, tandis que d'autres sont caractérisés par une forte instabilité.

Bibliographie

Antonescu A. (2016), La dynamique du champ mondial des lieux touristiques. Constitution et analyse d'une base de données historique à partir d'un corpus de guides de voyages, thèse de doctorat en études du tourisme. Lausanne : Université de Lausanne.

Authier J.-Y., Grafmeyer Y., Mallon I., Vogel M. 2010, *Sociologie de Lyon*. Paris, La Découverte.

Brando C., Frontini F., Moreau D., et al. 2021, « Introduction. Humanités numériques et analyses spatiales : enjeux et perspectives ». *Humanités numériques*, n° 3, 2021, <https://doi.org/10.4000/revuehn.2038>, consulté le 16/12/2022

Devanthéry A., 2016, *Itinéraires : guides de voyage et tourisme alpin, 1780-1920*. Paris, Presses de l'université Paris-Sorbonne.

Gardes G., 1993, *Le voyage de Lyon : regards sur la ville*. Lyon, Horvath.

Saunier P.-Y. (1992). *Lyon au ^{xix}e siècle : les espaces d'une cité*, thèse de doctorat en histoire. Lyon : Université Lumière Lyon II, <https://theses.hal.science/tel-00008880>, consulté le 12/12/2022

Urry J., Larsen J., 2011, *The tourist gaze 3.0*. Londres, Sage.

Thèses en géographie

OPTIMISATIONS CARTOGRAPHIQUES POUR LA GESTION DES CRISES ET DES RISQUES MAJEURS¹

Le cas de la cartographie rapide des dommages post-catastrophes

par Thomas Candela

Mots-clés : *Cartographie rapide post-catastrophe, risques, crises, sémiologie graphique, multi-échelle, SIG, cartographie web, incertitude.*

L'augmentation de l'impact des catastrophes s'accompagne d'une nécessité croissante d'intégrer des supports de gestion de risques et de crises efficaces. Parmi ces supports, les cartes dites opérationnelles y servent à la planification des actions lors des phases de gestion de crise et de post-crise. Plus particulièrement, les cartographies de dommages post-catastrophes y jouent depuis quelques années un rôle de plus en plus important dans les processus décisionnels. Ces cartes sont le produit des services de cartographie rapide (UNOSAT, SERTIT, ITHACA, etc.) réalisées dans le cadre de programmes internationaux et régionaux tels que la Charte internationale Espace et catastrophes majeures et Copernicus EMS. Elles dressent un premier inventaire des dommages à partir de l'imagerie satellitaire, très peu de temps après la survenue de l'événement. Leur capacité de couverture, de réactualisation et les délais d'intervention très courts font de ces produits une aide précieuse pour les gestionnaires de crises.

Malgré leur grande utilité opérationnelle, ces productions cartographiques posent certains problèmes. Cela concerne d'une part les techniques d'évaluation des dommages, mais aussi le manque d'harmonisation internationale qui est à l'origine d'une diversité des cartes d'un point de vue graphique et informationnel. Des cas concrets appliqués au séisme de Haïti en 2010 (fig. 1), ou plus récemment au cyclone Irma en 2017, interrogent les effets d'une telle diversité cartographique sur la transmission et l'interprétation des informations par différents utilisateurs.

Cette diversité a été le point d'entrée de notre recherche. Cette dernière s'organise autour de grandes questions sur les paramètres qui caractérisent cette diversité et sur les conséquences que cette dernière peut avoir sur l'interprétation individuelle et collective de plusieurs utilisateurs. Pour répondre à ces questions, une première démarche a consisté à identifier les caractères cartographiques prédominants et distinctifs qui définissent ces cartes de dommages post-catastrophes. Un échantillon de 204 cartes internationales a été évalué par l'intermédiaire d'une grille d'analyse cartographique multicritère. Cette évaluation a montré l'influence de l'échelle de visualisation sur la diversité des méthodes de représentation des dommages (carroyage, interpolation, blocs urbains, points, etc.). Elle s'est poursuivie par une première expérimentation (expérimentation #1) visant à comprendre l'impact de cette diversité sur la lecture et la transmission d'un message et à en identifier les paramètres d'efficacité et de limitation des biais d'interprétation en condition de stress simulé.

Les premiers éléments apportés par cette phase ont conduit à l'élaboration d'une nouvelle représentation cartographique fondée sur les préceptes de sémiologie graphique et de cartographie, adaptées à une large gamme d'utilisations, à plusieurs échelles et pour plusieurs acteurs de la gestion des risques et des crises. Cette représentation, appelée ici « semis-régulier de points proportionnels » (fig. 2), est basée sur la méthode de carroyage et des « points de Bertin ». Réalisée sous SIG, cette méthode mobilise les avantages du carroyage et de l'implantation

¹ Optimisations cartographiques pour la gestion des crises et des risques majeurs : le cas de la cartographie des dommages post-catastrophes. Thèse de doctorat en géographie et aménagement de l'espace sous la direction de Frédéric Léone et Mathieu Péroche. Soutenue à l'Université de Montpellier 3 le 6 décembre 2021.

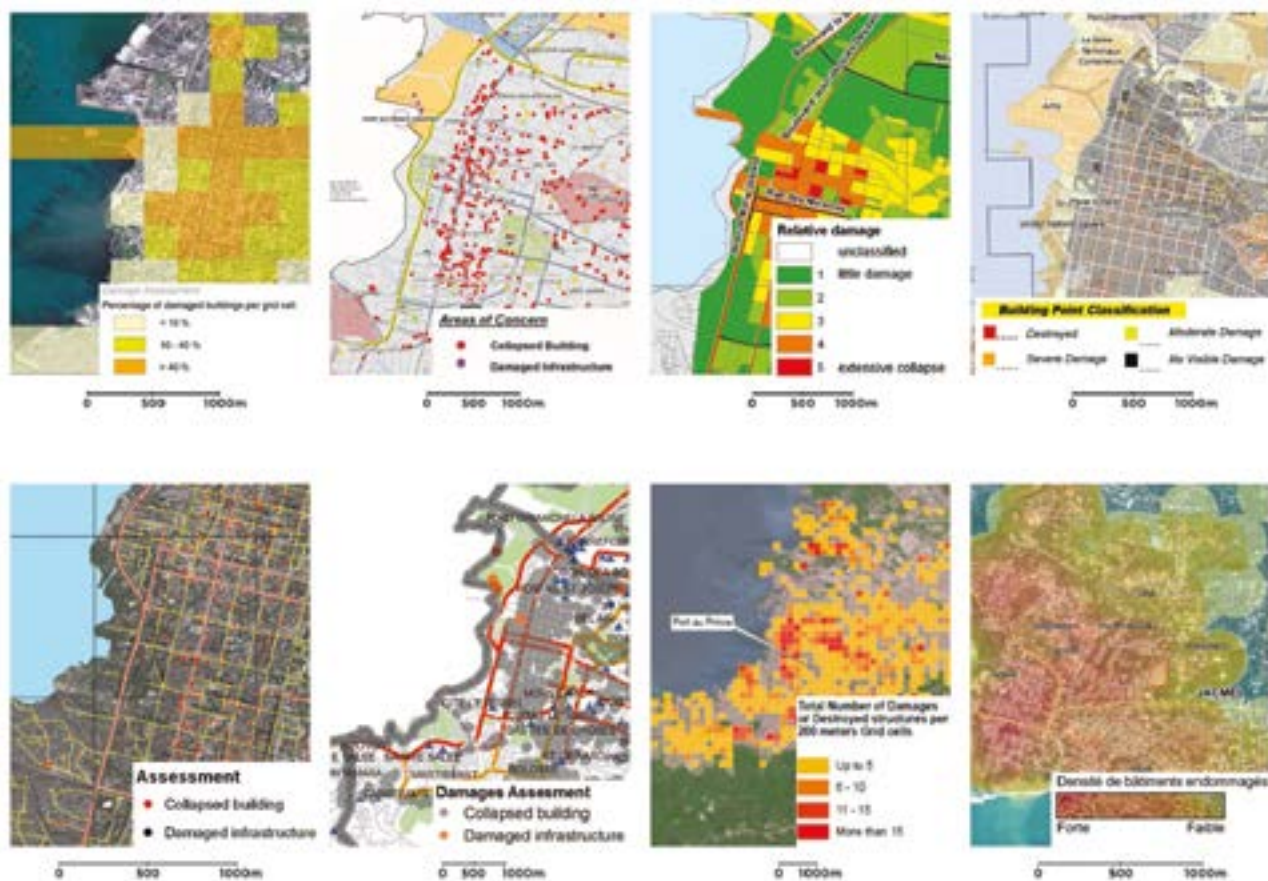


Figure 1 : Diversité des représentations du dommage à la suite du séisme de Haïti, 2010 (Kerle & Hoffman, 2013)

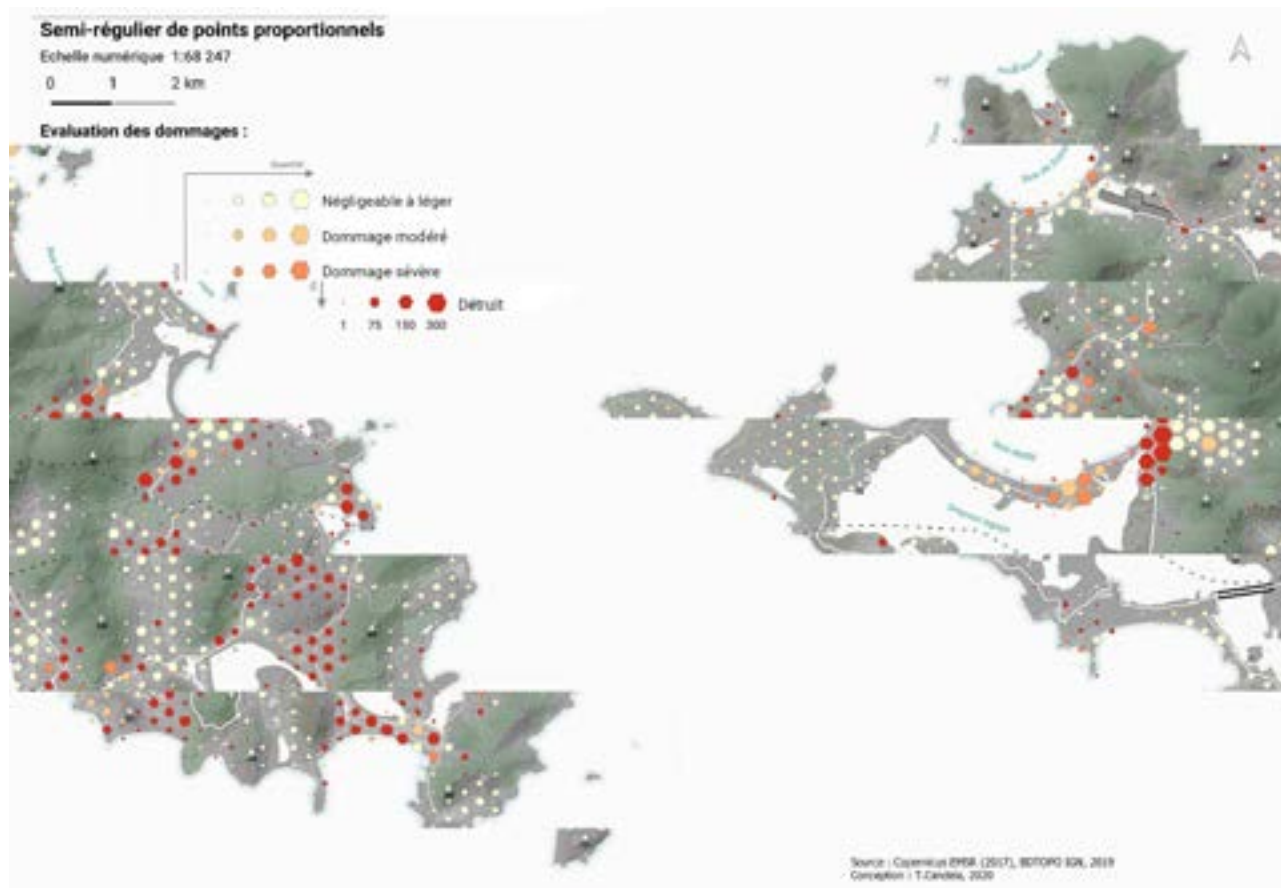


Figure 2 : Représentation des dommages par semi-régulier de points proportionnels

ponctuelle pour fournir une information quantitative (quantité de bâtiments concernés) et qualitative (niveaux de dommages observés) au moyen de la significativité des variables de taille et de couleur. Par sa distribution carroyée, l'implantation ponctuelle bénéficie également d'une combinaison redondante entre la proportionnalité des surfaces et la densité grâce à leur position.

Les capacités visuelles et cognitives de cette nouvelle représentation ont été analysées et comparées au moyen de deux protocoles d'expérimentation. L'objectif a été de tester les capacités cognitives et sensorielles de la représentation cartographique par semis-régulier de points proportionnels vis-à-vis d'un échantillon représentatif de méthodes d'agrégation employées dans la cartographie post-catastrophe. Ainsi, la seconde expérimentation de cette thèse (expérimentation #2) a permis d'évaluer plus particulièrement les capacités de mémorisation de notre représentation auprès des participants exerçant une activité professionnelle et possédant un niveau de connaissances cartographiques différents. Tandis que la troisième a comparé les capacités de saillance visuelle au moyen de la technologie de *l'Eye-tracking* pour des participants à la formation et au niveau de connaissances cartographiques proches.

Les résultats de cette recherche fournissent ainsi aux services de cartographie rapide un retour d'expérience inédit sur leurs productions à l'échelle internationale et des leviers de conception cartographique. Ils montrent l'intérêt de l'approche cartographique fondée sur la prise en compte des règles de sémiologie graphique et des expérimentations utilisateur. La représentation par semis-régulier de points proportionnels a été employée pour deux cartographies web valorisées dans plusieurs projets du laboratoire LAGAM (ANR TIREX2) et du bureau d'études RisCrises. Environnements dans lesquels les capacités de la représentation proposée ont pu être exploitées pleinement en offrant une méthode d'analyse multi-échelle (fig. 3) basée sur l'emboîtement successif de mailles dont les dimensions et les positions sont définies à partir des référentiels standardisés Web Mercator (ESPG : 3857). Cette dernière offre de nombreuses possibilités de développement cartographique au service de la planification des risques et des crises, mais aussi de l'information préventive des populations et plus largement le transfert des connaissances (fig. 4). Cette thèse a également permis d'identifier les paramètres à l'origine des incertitudes (attributaires et interprétatives) des données diffusées par ces cartes, et d'en proposer une représentation visuelle.

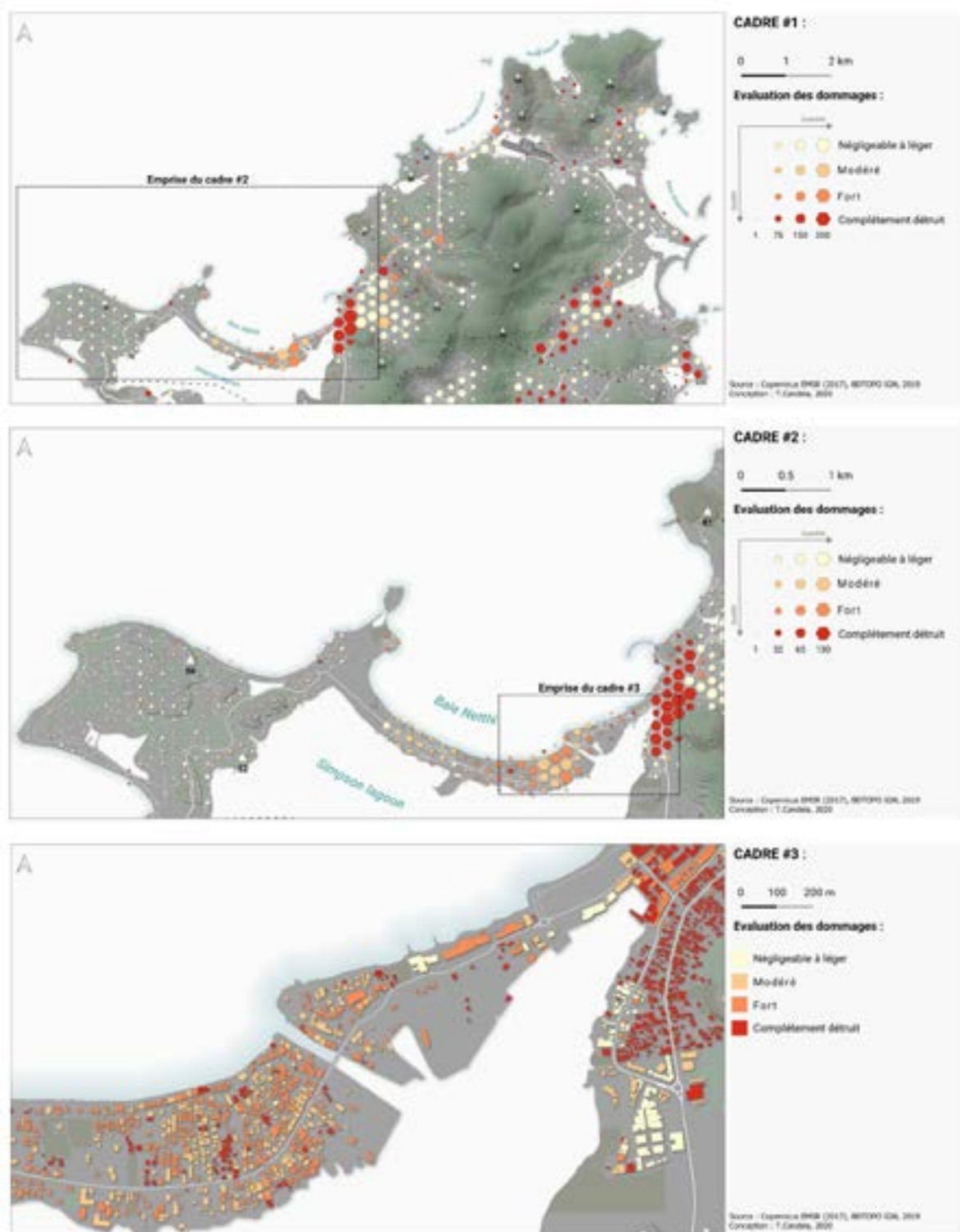


Figure 3 : Exemple d'agrégation à travers 3 échelles cartographiques, de l'échelle synoptique à celle du quartier

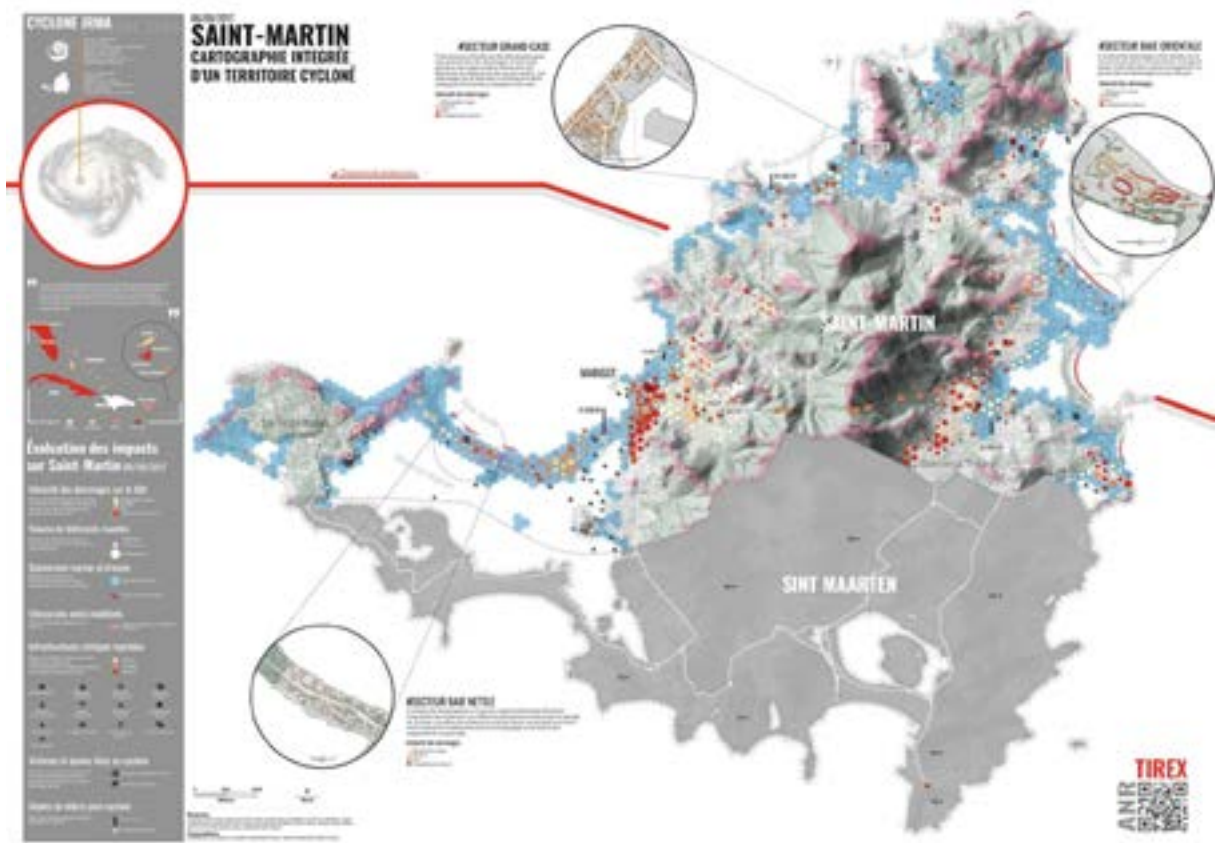


Figure 4 : Cartographie intégrée d'un territoire cyclonné

EVALUER ET VALORISER LES APPORTS EFFECTIFS DES TWEETS GÉOLOCALISÉS ÉMIS EN RÉPONSE AUX CATASTROPHES NATURELLES

Application aux phénomènes hydrométéorologiques extrêmes du Texas¹

par Camille Cavalière

Dans nos sociétés contemporaines où tout aspect du quotidien s'enracine dans les outils numériques connectés, les réseaux sociaux sont devenus les espaces virtuels privilégiés d'expression des individus connectés. Créés en masse, de manière spontanée et régulière, les contenus numériques ont été rapidement considérés par les sciences sociales, dont la géographie, comme le pilier de la construction de nouvelles connaissances, acquises par une approche verticale ascendante.

Ce travail est centré sur un type de contenu, le tweet géolocalisé par coordonnées GPS, produit dans un contexte d'interaction entre l'individu et le territoire subissant une période de crise d'origine hydrométéorologique (crues rapides et ouragan) ; le terrain d'étude est l'Etat du Texas. Il s'inscrit dans la période charnière où les premiers travaux géographiques utilisant ce nouveau matériau se montraient enthousiastes en termes de diversité et de rapidité d'acquisition, notamment pour la gestion des catastrophes naturelles mais pendant laquelle émergeait, en parallèle, un discours concluant à un potentiel initialement surévalué de ces contenus pour l'étude approfondie de questions complexes à dimension géographique. L'intégration des réseaux sociaux à la recherche restant récente et leurs usages étant évolutifs, le questionnement central explore ce potentiel et ses limites. Il s'agit alors d'évaluer jusqu'à quel point le chercheur peut s'appuyer sur ce matériau pour construire une connaissance objective des liens entre territoires et populations en crise dans un contexte particulier où la donnée de terrain rapidement disponible est rare.

La démarche analytique est guidée par trois hypothèses : capturé en temps réel, le tweet géolocalisé peut être appréhendé comme un marqueur spatio-temporel reflétant la dynamique d'un phénomène réel. Pour autant, ces contenus ne constituent pas des données scientifiques dont la production est contrôlée par un protocole de recherche. Aussi, il est difficile d'anticiper la richesse (ou au contraire, la pauvreté) d'un corpus de tweets géolocalisés pour répondre à des questions complexes. Dans la lignée du *credo* des *data analysts*, qui consiste à laisser les données parler d'elles-mêmes, la deuxième hypothèse affranchit le travail du cadre hypothético-déductif pour l'inscrire dans une approche inductive selon laquelle le questionnement s'adapte et s'oriente progressivement aux observations. Enfin, la troisième hypothèse se démarque du paradigme d'une analyse exclusivement centrée sur les contenus numériques, qui s'appuie sur le traitement de corpus massifs par des algorithmes. L'étude de questions géographiques à des échelles régionales se fonde sur des volumes restreints ; en outre, la distribution de ces contenus dépend de facteurs multiples (les densités de population, l'accès au numérique, l'attractivité des lieux, ou encore les comportements des utilisateurs). Or, tels qu'ils sont collectés, les tweets géolocalisés n'apportent pas cette information de contexte. L'étude effective du potentiel de ces contenus doit alors s'appuyer sur la reconstitution du contexte environnemental et social de leurs conditions de création, par le recours à des jeux de données complémentaires de réalité-terrain.

L'exploration des hypothèses repose sur l'étude de cas multiscalaire. Celle-ci est d'abord mise en œuvre par la proposition de méthodologies d'extraction des

¹ Evaluer et valoriser les apports effectifs des tweets géolocalisés émis en réponse aux catastrophes naturelles. Application aux phénomènes hydrométéorologiques extrêmes du Texas. Thèse de doctorat en Modèles, méthodes et algorithmes en biologie, santé et environnement sous la direction de Paule-Annick Davoine et de Céline Barrère-Lutoff. Soutenue à l'Université de Grenoble Alpes le 10 février 2020.

tweets géolocalisés liés aux crises, dont les étapes ont été définies après une première observation des comportements du réseau en réponse à un phénomène donné. Deux facteurs sont considérés : le type de phénomène car la réponse numérique varie en fonction de son degré de médiatisation et de sa fréquence de survenue, et l'échelle spatiale à laquelle on étudie un phénomène, quel que soit son type. L'objectif est double : obtenir un volume de tweets de crise adapté à l'échelle de l'analyse et extraire ces tweets en fonction du lexique propre aux utilisateurs. Les protocoles d'analyse sont guidés par des arbres de décision construits selon cette approche : une phase de primo-exploration pour observer les premières tendances ou les *outliers* éventuels ; la recherche de facteurs explicatifs par des analyses statistiques, spatiales et la cartographie ; la répétition de l'expérience dans une autre temporalité ou sur un autre territoire.

Les principaux résultats mis en évidence sont les suivants : quels que soient les territoires, l'échelle spatiale et les types de phénomènes, une minorité d'entités concentre la majorité des émissions des tweets (fig. 1 et 2). La survenue d'un phénomène, quel qu'il soit, modifie peu les structures fondamentales

de l'activité numérique (fig. 1 et 2) : les foyers d'activité normale restent les centres de l'activité de crise alors que les variations s'observent davantage dans les territoires en marge des métropoles. Le tweet géolocalisé ne constitue pas un marqueur systématique de l'intensité d'un phénomène : la diversité des comportements en fonction des territoires ne permet pas d'établir de relation significative entre les quantités d'émissions et divers jeux de données de réalité-terrain (météorologiques, dégâts, vulnérabilité), ni entre des indices de variabilité de l'activité numérique en fonction des périodes normales/perturbées et ces mêmes jeux de données (fig.1 et 3). En revanche, dans les territoires en marge des métropoles, une baisse de l'activité numérique, associée à la sémantique, peut être significative d'une situation de détresse collective (fig. 3). En réponse à ces résultats, il faut néanmoins soulever ce verrou : la production de contenus numériques géolocalisés apparaît comme le garant d'une visibilité virtuelle des territoires. Cette visibilité nous amène à focaliser les études sur des territoires essentiellement métropolitains. Or on ne peut pas prétendre à une prise de décision raisonnée sur la base d'une géographie numérique construite par des pratiques sélectives.

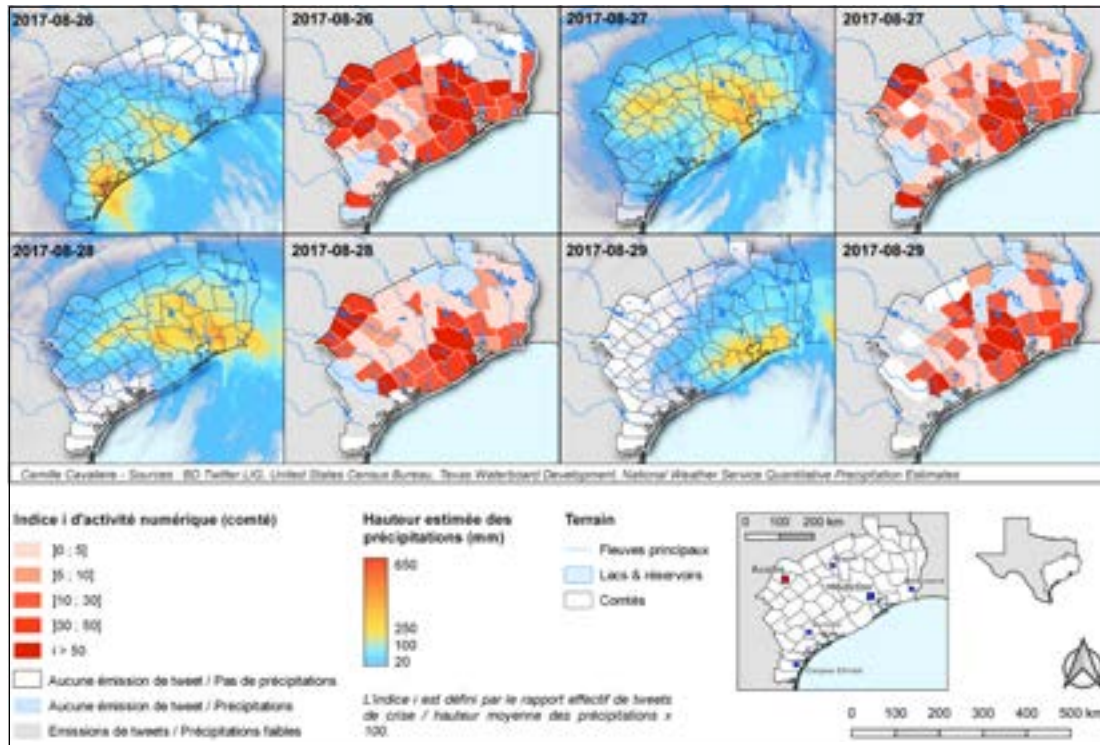


Figure 1 : Variabilité de l'activité numérique par comté en fonction de l'intensité des précipitations, ouragan Harvey (26-29 août 2017)

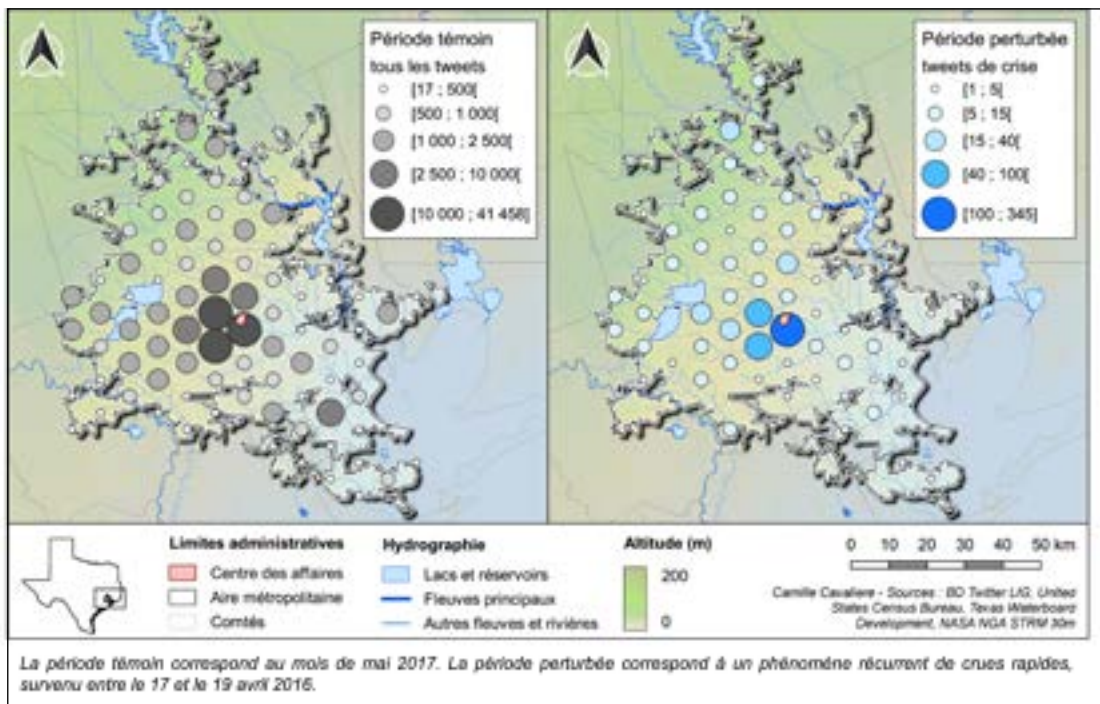


Figure 2 : Variabilité spatiale des émissions de tweets géolocalisés sur la métropole de Houston (Texas). Agrégation par mailles de 10KM

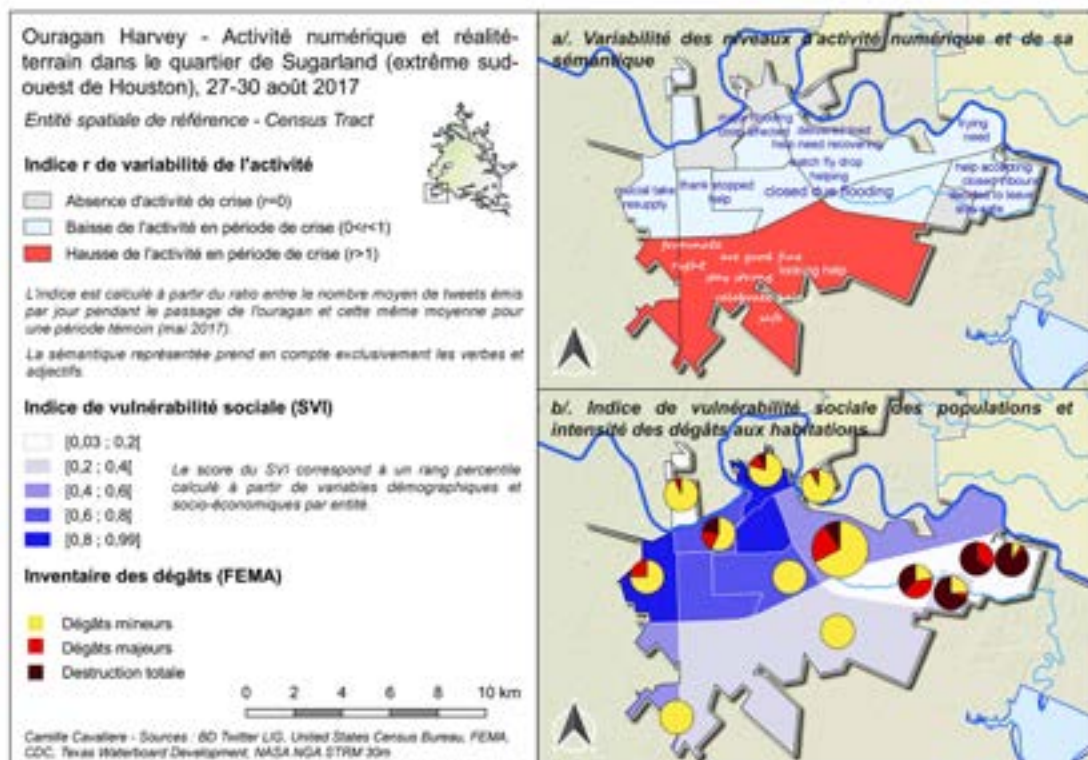


Figure 3 : Ouragan Harvey - Activité numérique et réalité-terrain dans le quartier de Sugarland (extrême sud-ouest de Houston), 27-30 août 2017

SIMULATIONS DE CROISSANCE URBAINE POUR REPRÉSENTER LES IMPACTS POSSIBLES DES CONSTRUCTIONS ET DES CONTRAINTE ENVIRONNEMENTALES SUR L'ÉTALEMENT URBAIN¹

Constructibilité et application à l'étalement urbain

par *Mojtaba ESLAHI*

École Spéciale des Travaux Publics (ESTP-Paris)
Institut de Recherche en Constructibilité (IRC)
28 Av. du Président Wilson, 94230 Cachan
meslahi@estp-paris.eu

Mots-clés : *urbanisation, étalement urbain, simulation, modèle de SLEUTH basé sur des scénarios, tissu urbain, constructibilité, SLEUTH-3r, systèmes d'information géographique (SIG), politique de la ville*

L'urbanisation est principalement due à la croissance démographique, à l'exode rural vers les villes et au changement de mode de vie (Nations Unies, 2018). Ce processus augmente la surface des terres artificielles, qui affectent la biodiversité, les écosystèmes, le climat urbain et réduit les terres pour l'agriculture et les espaces naturels (Béchet *et al.*, 2017). La figure 1 montre les facteurs et les impacts de la croissance urbaine.

L'objectif de cette thèse est de proposer des solutions pour simuler divers scénarios d'urbanisation afin d'améliorer la prise de décision en matière de politiques publiques. Pour ce faire, le modèle SLEUTH (Clarke, 2008) est utilisé afin d'évaluer l'impact des types de bâtiments et des règles environnementales sur l'étalement urbain. Dans la méthode utilisée, SLEUTH intègre davantage de données topographiques, de données sur les tissus urbains et démographiques, y compris des caractéristiques géographiques et des contraintes environnementales. Le principal défi de cette recherche est de proposer différents scénarios d'étalement urbain pour plusieurs types de règles environnementales tout en tenant compte du besoin des habitants ou du moins d'une estimation de la croissance de la population.

Le modèle SLEUTH est l'un des modèles de simulation d'automates cellulaires bien connus, qui

correspond à la simulation dynamique de l'expansion urbaine et s'adapte au modèle morphologique de la configuration urbaine. SLEUTH, comme beaucoup d'autres méthodes de simulation de la croissance urbaine, ne considère que les données historiques. Bien que les impacts de la croissance démographique et du tissu urbain soient implicitement pris en compte lors de la phase d'étalonnage sur les cartes urbaines historiques, il est impossible d'inclure les changements de taux de croissance démographique ou de types de bâtiments dans les simulations. De plus, les résultats de SLEUTH se limitent à des données matricielles difficiles à interpréter pour les décideurs. Les résultats sont des pixels, sur lesquels une urbanisation est supposée se produire, ce qui a peu de sens du point de vue de l'urbanisme. Par conséquent, notre recherche vise à diversifier les possibilités de simulation en intégrant explicitement le facteur des types de bâtiments en fonction de la croissance de la population et en fournissant des modèles de visualisation des résultats de scénarios de croissance urbaine en 2D et même en 3D.

Afin d'améliorer les résultats de SLEUTH, différents scénarios de simulation de croissance urbaine en 2D ont été définis sur la base du modèle SLEUTH en ajoutant le type de bâtiment et l'estimation de la croissance démographique en tant que facteurs du tissu urbain. Chaque simulation correspond à

¹ Thèse dirigée par Anne Ruas, Université de Paris-Est, et soutenue le 25 novembre 2019.

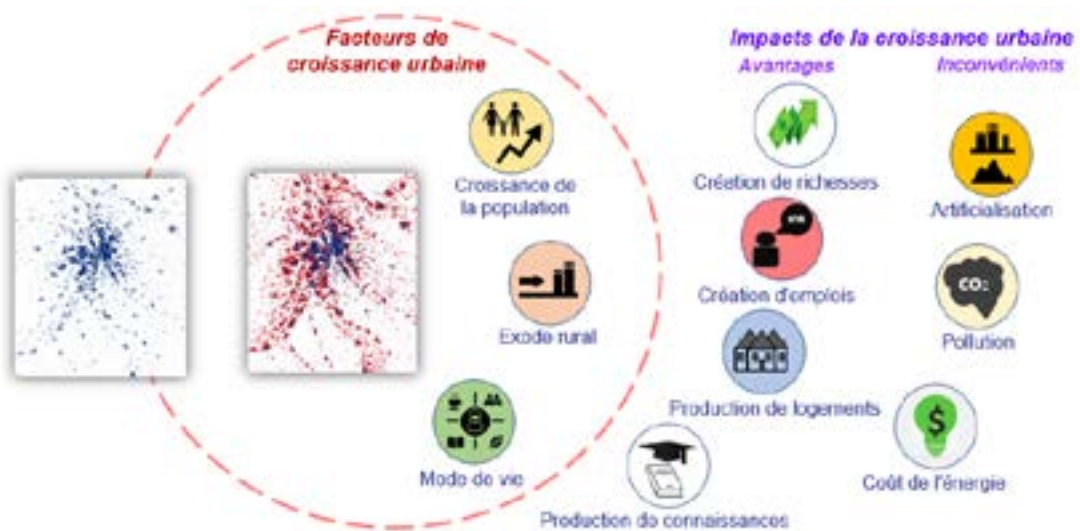


Figure 1 : Les facteurs et les impacts de la croissance urbaine

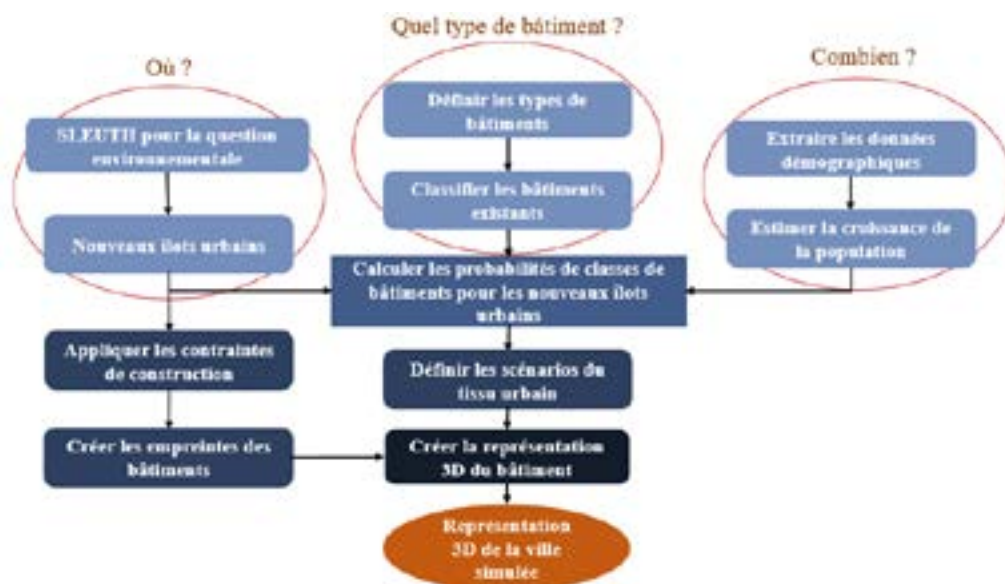


Figure 2 : Le processus du modèle

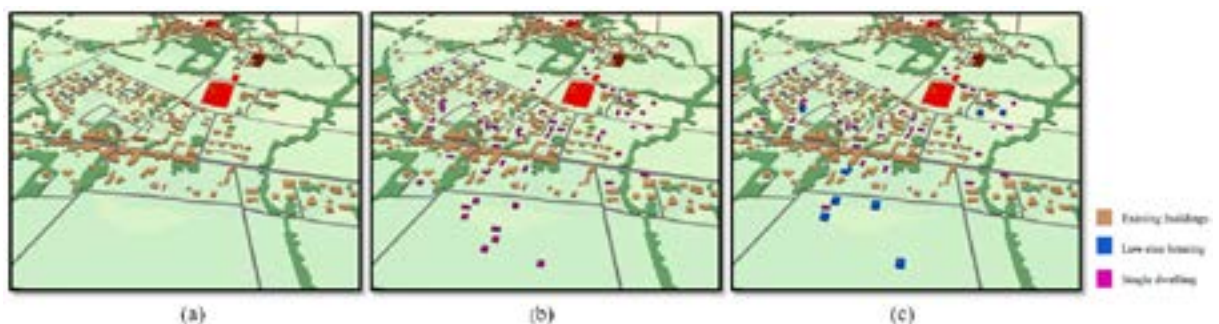


Figure 3 : (a) : Représentation 3D des bâtiments actuels ; (b) : Représentation 3D d'un scénario de tissu urbain à faible densité (23 cycles de croissance) ; (c) : Représentation 3D d'un scénario de tissu urbain à densité moyenne (18 cycles de croissance), Rieucros

des politiques plus ou moins restrictives en espaces considérant ce que ces territoires peuvent accueillir en tant que type de bâtiment et en tant que population globale. De plus, les simulations peuvent aider l'utilisateur à protéger les terrains souhaités, tels que les espaces environnementaux, de l'urbanisation. Ces scénarios montrent la force de la simulation du modèle et permettent d'améliorer notre compréhension de l'étalement urbain (Eslahi *et al.*, 2019). La figure 2 illustre le processus du modèle.

Trois études de cas de tailles et de populations différentes sont utilisées, Toulouse Métropole, Saint-Sulpice-la-Pointe et Rieucros, afin de donner une idée de l'efficacité de la méthode proposée à plusieurs échelles. L'évaluation des résultats indique que la méthode proposée est capable d'effectuer différentes simulations correspondant à plusieurs priorités et contraintes foncières. Il est utile de voir quels terrains peuvent être protégés (où) et quel type de bâtiment peut être utilisé pour limiter l'étalement urbain (combien). Une représentation en 3D de chaque simulation de croissance urbaine est fournie afin de faciliter l'interprétation de la simulation SLEUTH et de différencier les scénarios. Les résultats permettent d'avoir plusieurs images de la ville de demain pour l'appliquer aux politiques urbaines (fig. 3).

Les principaux objectifs de cette thèse comprennent :

1. Représenter les impacts des constructions et des contraintes environnementales sur l'étalement urbain.
2. Générer divers scénarios d'urbanisation, afin de :
 - montrer l'impact possible de l'étalement urbain.
 - étudier la capacité d'établissement des populations (*Human Settlement Capacity-HSC*).
 - améliorer notre compréhension d'une simulation d'étalement urbain.
 - donner différentes images de la ville de demain pour choisir et réfléchir aux politiques urbaines.
 - améliorer la prise de décision en matière de politiques publiques.

3. Contester les résultats des méthodes classiques de croissance urbaine qui sont souvent indépendantes des paramètres liés aux types de bâtiments et à la population, et proposer une amélioration pour fournir une méthode plus fiable.
4. Proposer un moyen de simuler la croissance urbaine, avec moins de perte d'informations sémantiques, et montrer les différences entre l'étalement et la croissance dense.

Le mémoire est composé de 5 chapitres :

Le chapitre 1 donne un bref aperçu de l'urbanisation et de l'artificialisation des terres afin de comprendre les avantages et les conséquences du processus d'urbanisation. Dans ce chapitre, les déterminants et les impacts de l'urbanisation sont abordés. De plus, est présenté un bref aperçu de l'état de l'art de certaines recherches académiques et pratiques de planification urbaine, afin d'explorer les modèles d'utilisation des sols et les techniques de simulation urbaine.

Le chapitre 2 présente la méthodologie de la thèse et les principes fondamentaux de la construction du modèle, notamment la raison du choix du modèle, les scénarios envisagés, les critères d'optimisation du modèle et la mise en œuvre du modèle proposé.

Le chapitre 3 est dédié aux études de cas et aux applications, y compris la réalisation de ce modèle sur trois zones d'étude différentes, en présentant les résultats, puis en les évaluant, et la discussion sur les résultats obtenus.

Le chapitre 4 explore l'illustration 3D des scénarios de croissance urbaine afin de mieux comprendre les résultats de la simulation, de faciliter l'interprétation de la simulation SLEUTH et de différencier les différents scénarios. Dans ce chapitre, les différents outils et applications de modélisation 3D sont présentés. Ensuite, une solution 3D est présentée afin d'analyser le modèle de simulation en fonction de la modélisation 3D.

Le chapitre 5 résume les résultats des recherches précédentes et analyse les prochains efforts à fournir pour perfectionner ces méthodes.

Bibliographie

Béchet B., Le Bissonnais Y., Ruas A. *et al.*, 2017, *Sols artificialisés et processus d'artificialisation des sols, Déterminants, impacts et leviers d'action*. ESCo (L'expertise scientifique collective) Ifsttar-Inra, 609 pages.

United Nations, *World urbanization prospects: Department of Economic and Social Affairs, Population Division*, 2018. <https://archive.is/wOOs1>

Clarke K. C., 2008, "A Decade of Cellular Urban Modeling with SLEUTH: Unresolved Issues and Problems", in Brail R.-K. (ed.), *Planning Support Systems for Cities and Region*, Cambridge, MA: Lincoln Institute of Land Policy, 47–60.

Eslahi, M., El Meouche, R., and Ruas, A.: "Using building types and demographic data to improve our understanding and use of urban sprawl simulation", *Proc. Int. Cartogr. Assoc.*, 2, 28, <https://doi.org/10.5194/ica-proc-2-28-2019>, 2019.

MOBILITÉ, TRANSPORT ET ORGANISATION DE L'ESPACE DANS LA MÉTROPOLE DE MONTPELLIER. Essai de modélisation par les données de téléphonie mobile et l'accessibilité des scolaires¹

par Tahar Kharchi

École Normale Supérieure de Sétif

BP 556 El-Eulma 19600 Sétif, Algérie

LAGAM – Laboratoire de Géographie et d'Aménagement de Montpellier

Université Paul Valéry, Route de Mende, 34199 Montpellier cedex 5

taharkharchi@gmail.com

Notre époque est caractérisée par une évolution des populations, avec une amplification des mobilités, un accroissement des besoins de transport, un élargissement des espaces de vie et de nouvelles territorialités. Elle est aussi l'objet d'un essor manifeste de nouvelles technologies, d'une télécommunication ample, d'appareils connectés en tout lieu et à tout moment, d'une ubiquité des échanges téléphoniques, d'un progrès appréciable des outils et techniques de stockage et de traitement de l'information. La liste est loin d'être exhaustive. Ces constats incitent à engager une profonde réflexion sur le sujet de mouvements des populations et de dynamisme des territoires et sur les possibilités de tirer profit du progrès technologique et de ses conséquences. Ce travail de recherche doctorale analyse la problématique de circulation de la population à l'échelle de la ville, voire au-delà, ce qui interroge l'offre de transport et l'organisation de l'espace. Il mobilise des données nouvelles et volumineuses – encore peu exploitées – pour apporter des éléments de réponse, d'éclairage ou de réflexion. Le choix s'est porté sur la métropole de Montpellier et ses alentours afin de pouvoir traiter de la problématique des mobilités, des transports et de l'organisation de l'espace et de pouvoir vérifier l'apport des données de téléphonie mobile (opérateur SFR, 2013) et celles de flux scolaires (collégiens et lycéens de l'académie de Montpellier, 2014-2015) dans l'appréhension du territoire.

La recherche trouve pleinement son intérêt, car les mobilités à Montpellier sont très peu étudiées,

même si la métropole a, ces dernières années, connu une mise en place de lignes de tramways et de bus, censées influencer les comportements de déplacement des citoyens. Outre le réseau de transports urbains performant déployé sur le territoire montpellierain qui mérite d'être analysé, l'intérêt de ce travail réside dans la manière dont on peut mobiliser de nouvelles sources de données dans la recherche sur la circulation et l'organisation de l'espace. Cela est aussi peu abordé en géographie des mobilités et en informatique. Ce double intérêt de lecture du territoire montpellierain et des mobilités qui s'y mènent à l'aide de données quantitatives rarement utilisées dans la recherche sur les déplacements de populations, requiert des compétences méthodologiques approfondies de géographie, notamment urbaine, d'ingénierie géomatique et de modélisation SIG (Systèmes d'information géographique). Ces compétences sont mobilisées tout au long de ce travail scientifique.

La thèse est à l'interface de la géographie et de l'aménagement de l'espace dans la mesure où elle éclaire l'importance des jeux d'acteurs dans la construction métropolitaine à partir du cas montpellierain. Elle explique l'organisation des mobilités montpellieraines et du système de transport, et contribue ainsi à la réflexion générale sur l'organisation de l'espace urbain initiée par l'école de Chicago. Elle dévoile tout l'intérêt de s'appuyer sur des sources nouvelles et sur la modélisation SIG pour révéler toute la complexité des comportements de déplacement dans une

¹ Mohamed Tahar Tamouh Kharchi thèse dirigée par Laurent Chapelon, Université Paul-Valéry Montpellier 3 et soutenue le 15 janvier 2021.

agglomération en plein développement, en montrant comment l'action politique et technique de ceux qui gèrent l'offre de transport public peine à satisfaire complètement la demande des usagers.

Sur le plan des sources de données mobilisées, celles-ci sont innovantes. La téléphonie mobile n'a, jusque-là, pas été utilisée systématiquement par les géographes. On compte très peu de travaux sur ce thème. Or son intérêt, comme l'était naguère le téléphone fixe, s'avère riche d'enseignement. La deuxième source exploitée (domiciliation des collégiens et lycéens de la métropole de Montpellier) contribue à mesurer finement la plus ou moins bonne adéquation entre l'offre et la demande de transport. Les deux approches sont complémentaires : le passage de la téléphonie mobile aux flux de déplacement révèle des faits relatifs à la fréquentation de la ville et à son mode de fonctionnement ; la connaissance des flux des scolaires gagne en précision, à la fois sur les trajets, sur les profils des usagers et sur les motifs de déplacement.

Sur le plan de l'ingénierie géomatique, les applications SIG développées dans le cadre de cette recherche ont permis de mettre en évidence, à l'aide de cartes, graphiques et tableaux statistiques, la réalité du terrain montpelliérain en ce qui concerne les déplacements de population, le système de transport et l'organisation de l'espace (fig. 1 et 2). La modélisation a en effet permis de simplifier la réalité, souvent complexe, et d'obtenir des scénarios, par la simulation, relatifs à l'adéquation offre-demande de transport. La qualité des résultats atteste à la fois de la pertinence des sources de données et de la validité de la démarche modélisatrice.

Sur le plan de la connaissance du territoire montpelliérain, trois apports majeurs sont à mettre en évidence. Le premier, c'est la confirmation – étayée sur le traitement des données et une réflexion qui s'appuie sur une simulation gravitaire – d'une métropole coupée en deux entre l'Ouest et l'Est. Les populations, relativement aisées, de l'Est ne vont guère à l'Ouest. Les populations, relativement moins aisées, de l'Ouest ne vont guère à l'Est. Les effets de la distance et de l'orientation des flux sont traduits par une expression mathématique spatialisée. Il s'agit d'un indice de friction vers le centre de l'agglomération. Le deuxième apport se traduit par le recadrage en fonction des trois modèles de l'école de Chicago qui est tout à fait opératoire. On dispose d'un macro-schéma à la Burgess, pour l'ensemble de l'agglomération, qui se subdivise en de multiples sous-ensembles eux aussi radioconcentriques, auxquels s'ajoutent, selon la vision de Hoyt, des formes d'anisotropie, vrai pour

la route de Toulouse, moins opératoire pour la route de Nîmes. Et, complexifiant le tout, plusieurs noyaux spécialisés ajoutent une empreinte à la Harris et Ullman. Le troisième apport renvoie à l'inadéquation entre la réalité de terrain et le découpage administratif d'une métropole aux limites extrêmement digitées. Les résultats de l'analyse montrent que ce découpage administratif issu de décisions, pour la plupart politiques, ne reflète pas le vécu des résidents, ni leur bassin de déplacement, ni leur pratique de l'espace. Le bassin de mobilité ne se cale pas sur les limites administratives de la métropole de Montpellier. Ce fait est remarquable. L'offre de transport de la métropole est inadaptée au bassin de mobilité, ce qui accroît la congestion routière. L'analyse réalisée montre que les comportements des habitants et leur mobilité, attestés par les résultats de la téléphonie mobile et les besoins des scolaires, nécessitent de dépasser le cadre étroit et inadéquat de la métropole pour prendre en compte une aire géographique plus pertinente.

La thèse arrive à un moment où les politiques de mobilité sont plus que jamais interpellées dans toutes leurs dimensions. En effet, les mobilités ont cette particularité d'être un élément de la vie de chacun. Les choix qui les déterminent sur des territoires aussi différents, obligent à des scénarios très divers, à des échelles multiples. Le contexte législatif (loi d'orientation des mobilités) a préfiguré et renforcé les conditions d'assemblage et d'intégration de ces politiques dans une orientation résolument tournée vers l'utilisateur. Les enjeux de réchauffement climatique confortent également la nécessité de transformation des pratiques. Le transport en général est encore responsable de 30% des émissions de CO² en France. Ces questions de mobilité sont par ailleurs au cœur de la chaîne de planification territoriale, à travers les plans de mobilités, l'obligation de convertibilité avec les différents documents d'urbanisme et d'aménagement du territoire (PLUi, SCOT), et les documents ou normes supérieures type SRADDET ainsi que les documents de planification relatifs à la qualité de l'air (ZFE, PCAET).

C'est dans ce contexte et cette actualité que la thèse apporte un éclairage résolument moderne et innovant autour des enjeux de modélisation géomatique, d'architecture de réseau et de développement territorial. La thèse a été publiée en mars 2023 : Kharchi (Tahar), 2023, *Mobilité, transport et organisation de l'espace dans la métropole de Montpellier. Modélisation à partir des données de téléphonie mobile et d'accessibilité des scolaires*, L'Harmattan. 358 pages².

2 L'ouvrage est préfacé par Michaël Delafosse, Maire de Montpellier, Président de Montpellier Méditerranée Métropole.

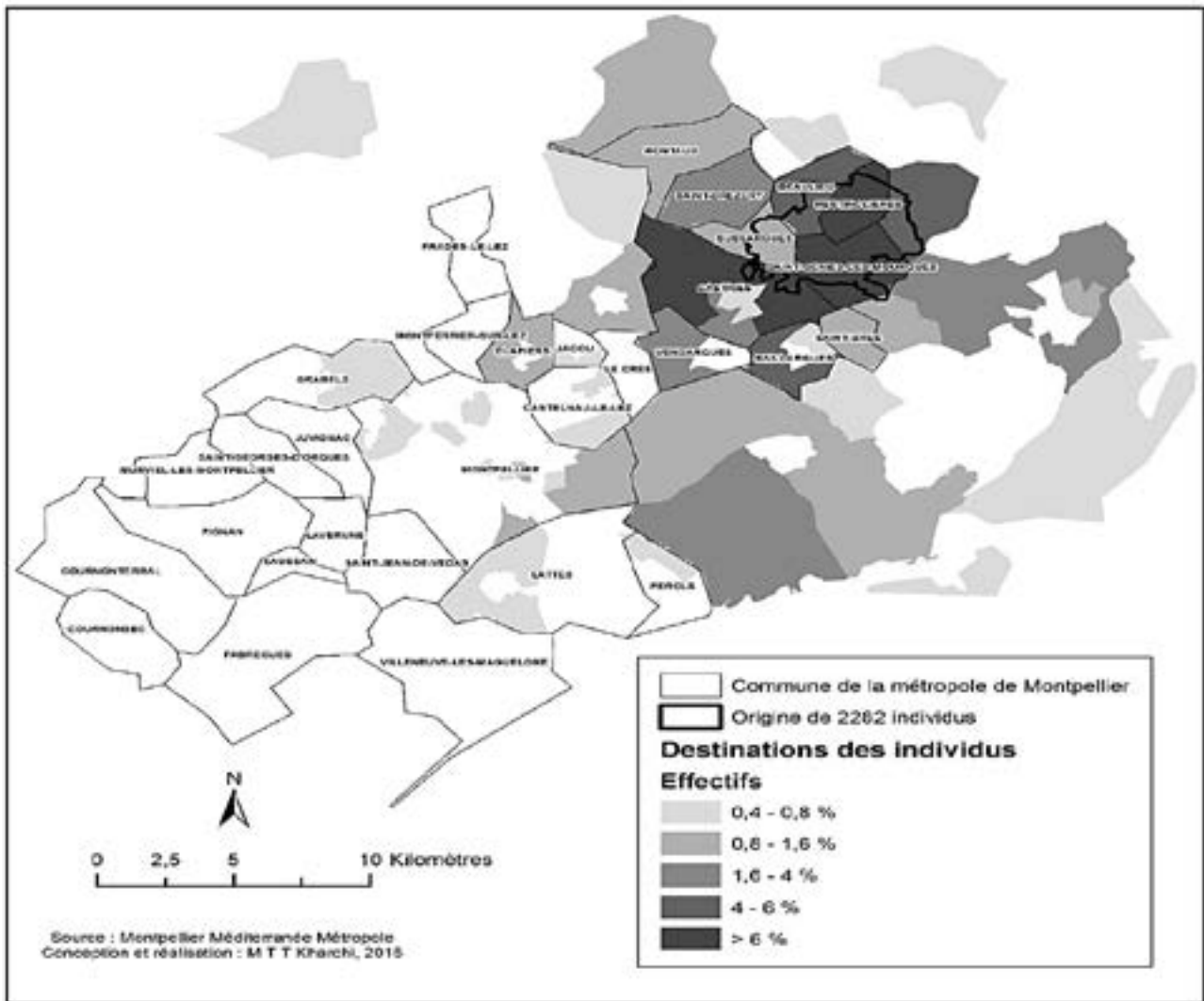


Figure 1 : Destinations supposées des possesseurs de téléphones portables, fonctionnant sur le réseau SFR, détectés à « Beaulieu – Restinclières – Sussargues – Saint-Geniès-des-Mourgues » le 8 octobre 2013 entre 1 h et 5 h et remplacés entre 9 h et 12 h (détection et remplacement de 2 h minimum).

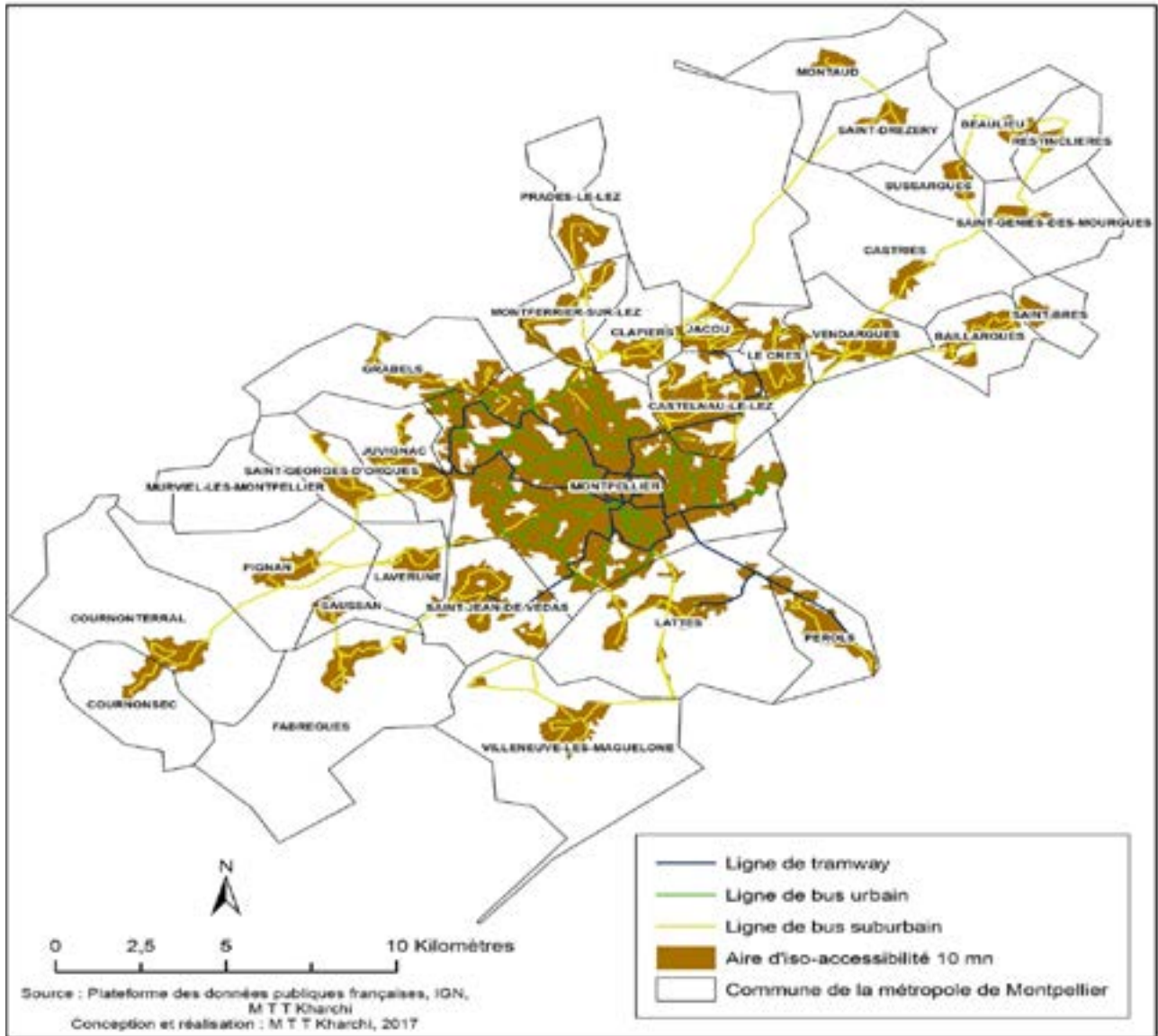


Figure 2 : Aire d'iso-accessibilité pédestre des stations de transports en commun de la métropole de Montpellier pour un temps de marche de 10 mn maximum.

Bibliographie

Burgel (Guy) et Grondeau (Alexandre), 2020, *Géographie urbaine*, Hachette Supérieur (2e éd.), 288 pages.

Cordobes (Stéphane), Desjardins (Xavier) et Vanier (Martin) (éd.), 2020, *Repenser l'aménagement du territoire*, Berger-Levrault, 314 pages.

Dominguès (Catherine) et Kharchi (Tahar), 2013, "Map Classification according to their Visual Global Properties", *Proceedings of the 26th International Cartographic Conference*, Dresden (Germany), 10 pages.

Harris (Chauncy Dennison) et Ullman (Edward Louis), 1945, "The Nature of Cities", *The Annals of the American Academy of Political and Social Science*, vol. 242, n° 1, pp. 7-17.

Hoyt (Homer), 1939, "The Structure and Growth of Residential Neighborhoods" *American Cities, Federal Housing Administration*, 178 pages.

Miossec (Jean-Marie), 2019, *Opération Saint-Charles : gouvernances universitaire et urbaine en action*, L'Harmattan, 345 pages.

Park (Robert Ezra) et Burgess (Ernest Waston) (éd.), 1925, *The City: Suggestions for Investigation of Human Behavior in the Urban Environment*, University of Chicago Press, 239 pages.

ANALYSE SPATIO-TEMPORELLE DES MOBILITÉS DE RANDONNEURS DANS LE PNR DU MASSIF DES BAUGES¹

par Colin Kerouanton

Laboratoire Espace et Sociétés, UMR 6590 ESO, CNRS/Université Rennes 2, France
colin.kerouanton@univ-rennes2.fr

Contexte

Le contexte de ma thèse se situe entre géographie, écologie et sociologie (Chanteloup *et al.*, 2016). Le sujet a été réfléchi initialement dans une perspective de quantification des interactions humaines avec la grande faune sauvage, abondante dans le contexte montagneux français mais avec une disponibilité des habitats décroissante. Le développement humain autour des massifs montagneux et le développement des pratiques récréatives de pleine nature peuvent avoir des effets sur la faune. Ces effets restent à être quantifiés et qualifiés, ce qui implique de connaître les mobilités humaines au sein des espaces naturels. C'est ainsi que se construit la problématique de ma thèse : comment, quand et où se déplacent les randonneur·se·s au sein du Parc Naturel Régional du Massif des Bauges.

Pour répondre à cette problématique et par le biais d'un protocole de suivi par traceurs GPS et par un questionnaire conçu pour deux sites en altitude (de 1100 m à 2200 m), une approche a été choisie intégrant des outils de géomatique et d'analyse spatiale (Birant et Kut, 2007 ; Newson et Krumm, 2009 ; Zheng et Zhou, 2011) et plus généralement propres à la géographie des mobilités (Chardonnel, 1999 ; Hagerstrand, 1970 ; Pappalardo *et al.*, 2015 ; Spaccapietra *et al.*, 2008).

Détection et analyse des pauses en montagne à partir de traces GPS

La première partie analytique de la thèse avait pour objectif de se focaliser sur l'étude des arrêts dans les mobilités lors de randonnées. Si la conceptualisation arrêt-déplacement (Spaccapietra *et al.*, 2008) est très utilisée depuis près de deux décennies pour étudier les déplacements, l'objet arrêt est très peu analysé

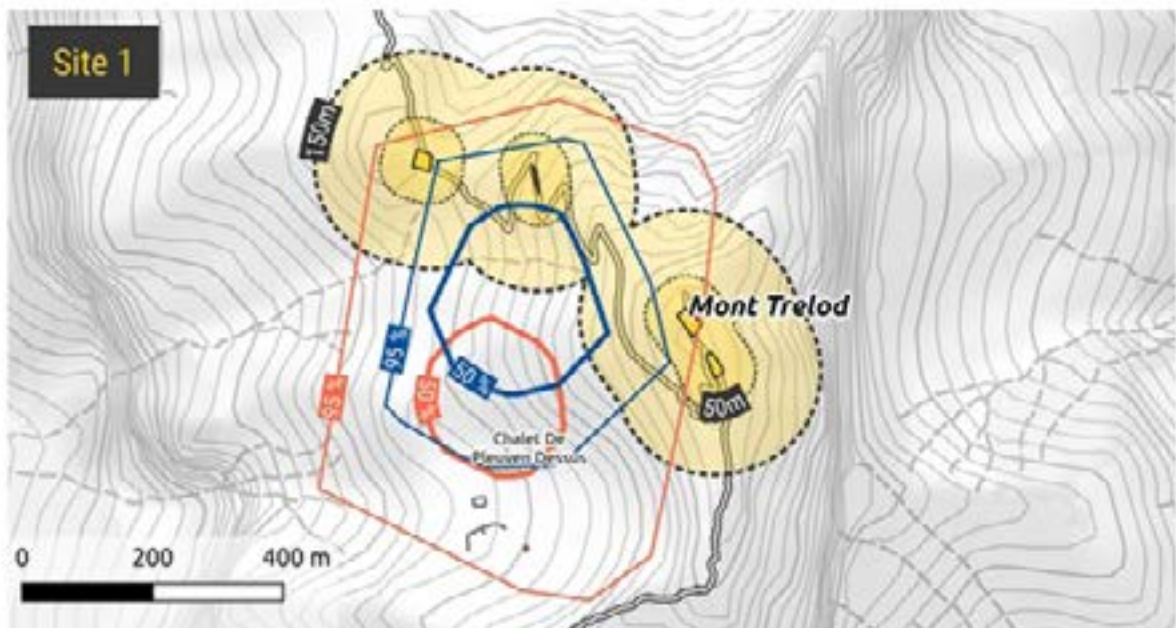
dans le cadre des *outdoor recreation studies* (Orellana *et al.*, 2012). J'ai choisi d'appliquer l'algorithme ST-DBSCAN (Birant et Kut, 2007) pour détecter les pauses des personnes suivies.

Une première étape consistait à évaluer la vraisemblance de la détection automatique par ST-DBSCAN, par comparaison avec un corpus d'arrêts de randonneur·se·s sur les sites d'étude que j'avais annotés avec une exigence d'une durée de 2 minutes minimum. Cette étape a eu comme principal résultat un score de détection s'élevant à 91,25 % de vraisemblance (F-mesure). Les pauses détectées par la meilleure combinaison avaient une répartition spatiale très similaire à celle des pauses annotées (fig. 1).

La seconde étape de cette partie utilisait les résultats de l'analyse de sensibilité pour déterminer la meilleure combinaison de paramètres à la détection des pauses sur l'ensemble des traces GPS récoltées (N = 282). 510 pauses ont été ainsi détectées sur les deux sites d'étude, et ces pauses ont été catégorisées en trois grands types : *longest pause*, *eye-catching pause* et *breath-catching pause*.

Les *longest pauses* (une par randonnée) sont faites à des endroits où la visibilité est meilleure, où la pente est faible et avec une proximité forte aux sommets. Les *eye-catching pauses* partagent des caractéristiques communes avec les *longest pauses* et se distinguent par une proximité forte avec les sommets et les cols. Les *breath-catching pauses* sont situées sur des pentes plus fortes avec une visibilité faible et un éloignement aux sommets et aux cols. Les caractéristiques socio-démographiques des groupes de randonneur·se·s montrent des variations dans les durées des pauses. Un groupe plus nombreux réalisera un nombre de pauses plus élevé et une *longest pause* plus longue. Les jeunes groupes font davantage de pauses alors que les familles font moins de pauses avec une *longest pause* plus courte,

¹ Analyse spatiale des interactions homme-animal et scénarios de gestion spatialisés : le cas des interactions entre touristes, chasseurs et grands herbivores dans le Parc Naturel Régional du Massif des Bauges (site de la Zone Atelier Alpes). Thèse soutenue à l'Université de Chambéry le 31-01-2020.



Enveloppe convexe des points GPS chamois pendant l'été

▭ Journée (de 6h à 18h)

▭ Nuit (de 18h à 6h)

Distances aux clusters de pauses (n>6) randonneurs pendant l'été

50 mètres

150 mètres

Clusters de pauses (enveloppe convexe)

NB : les largeurs de lignes pour les enveloppes convexes chamois correspondent au pourcentage de points GPS contenus (épais = 50%, fin = 95%)

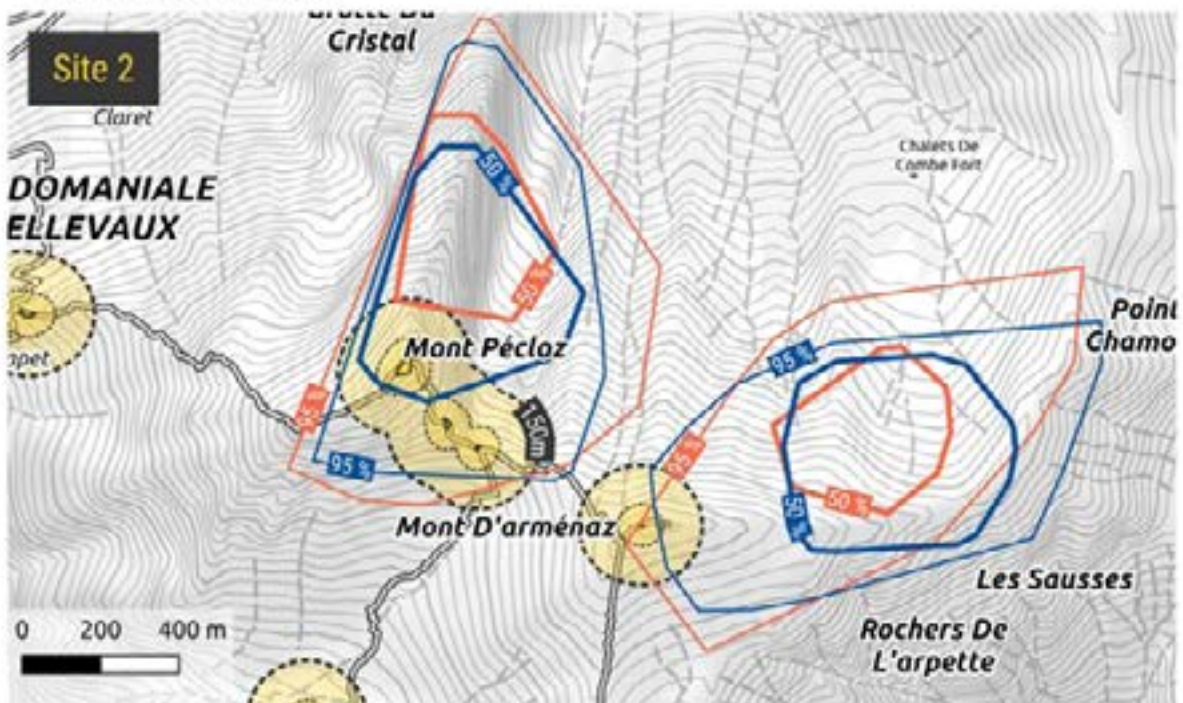


Figure 1 : Comparaison spatiale des pauses annotées (A) et détectées par ST-DBSCAN (B, en jaune avec un score de vraisemblance 75 % et en bleu 91 %).

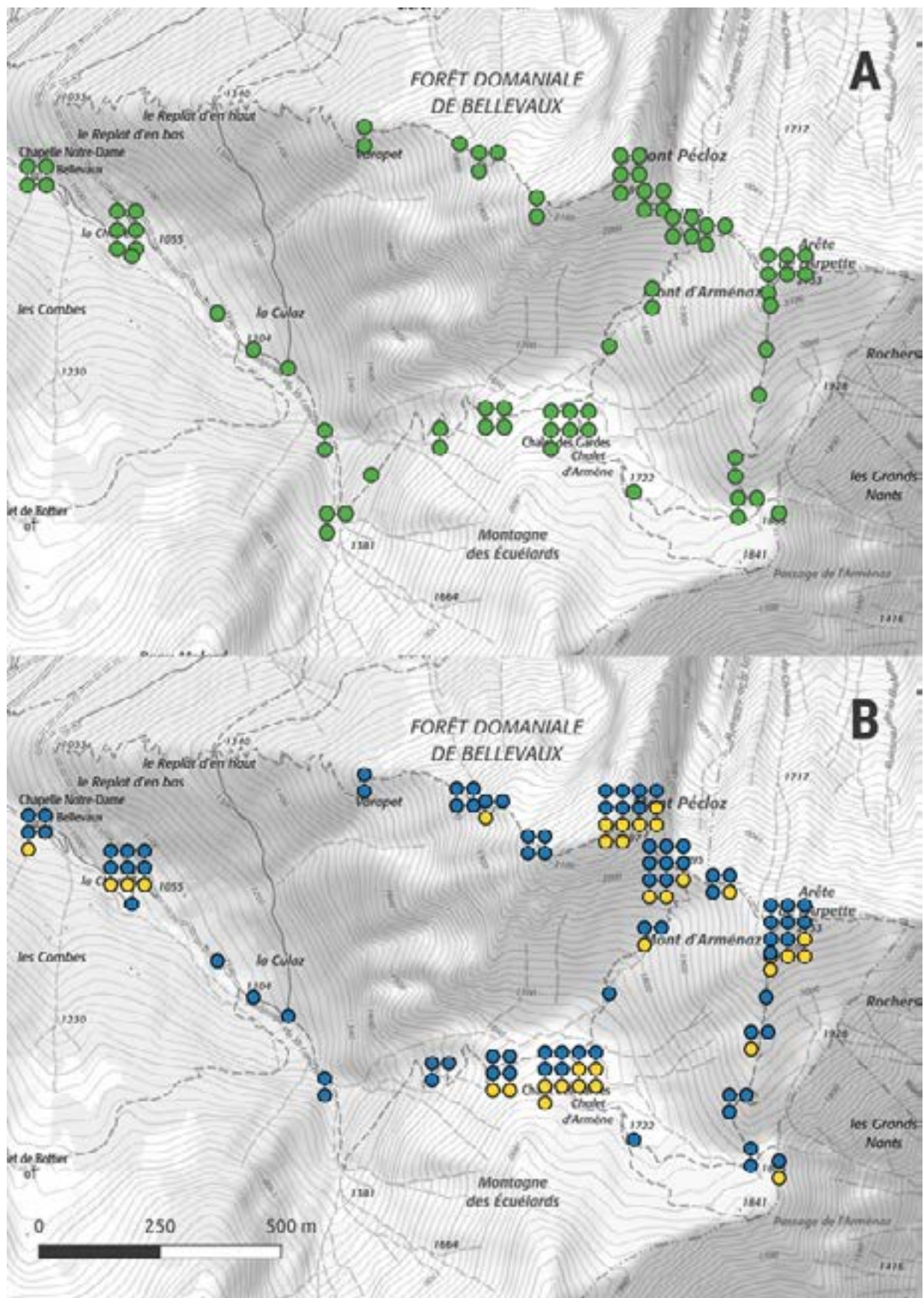


Figure 2 : Répartition de trois traces GPS de chamois et des hauts-lieux de fréquentation en pause des randonneur·se·s, sur les deux sites d'étude

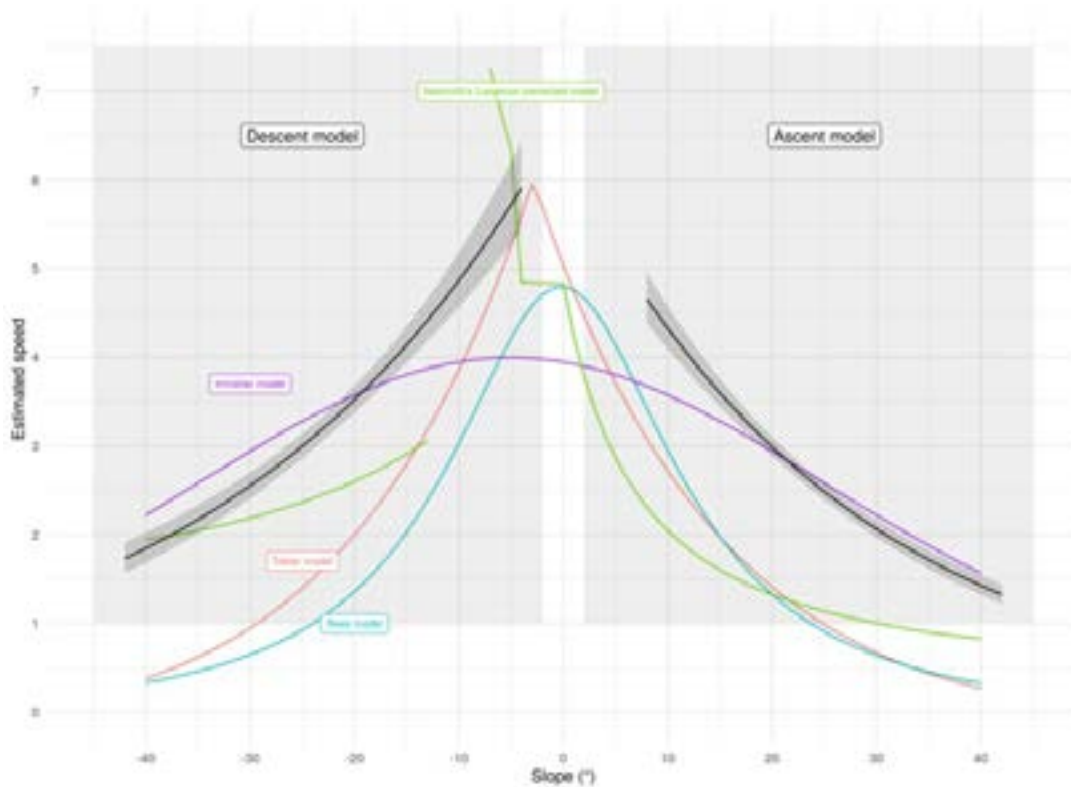


Figure 3 : Estimation de la vitesse de marche sur les sites d'étude (modèles de descente et de montée en noir, estimés à partir d'un modèle de regression linéaire générale mixte) et quatre modèles pré-existant (Tobler en rouge, Naismith-Langmuir corrected en vert, Rees en bleu et Irmisher en violet).

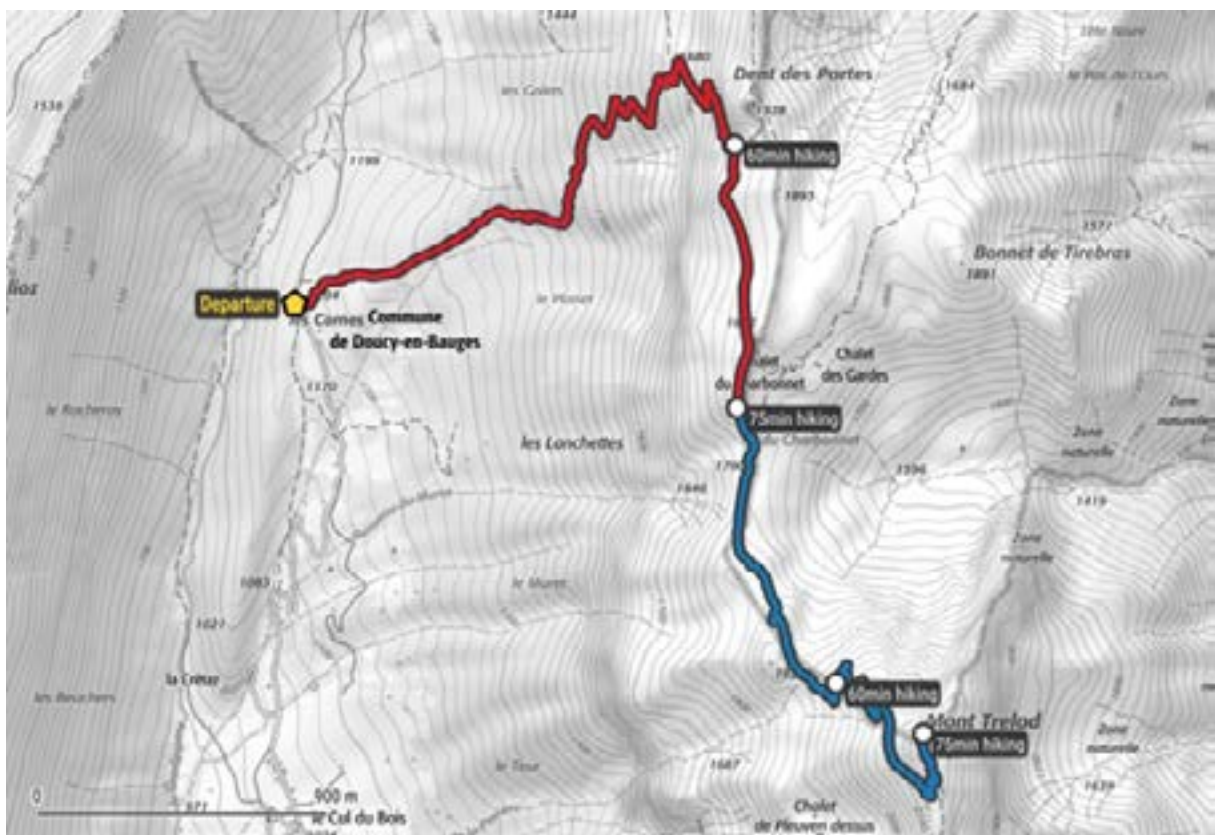


Figure 4 : Deux profils pour une même montée au Trélod : un-e jeune individu pratiquant seulement pendant les vacances (bleu) et un groupe âgé avec une pratique fréquente (en rouge). Le profil bleu arrive au sommet en 75min lorsque le profil rouge arrive au col, à un peu plus de la moitié de l'itinéraire.

quand elles ont également une probabilité plus importante de faire des *breath-catching pauses*. Enfin, les groupes uniquement composés d'hommes passent plus de temps en *breath-catching pauses* et leur probabilité de prendre au moins une *eye-catching pause* est plus faible que les groupes mixtes. Enfin, par le biais d'un *clustering spatial*, 16 hauts-lieux de pauses ont pu être formalisés. Ces hauts-lieux représentent 251 pauses sur 510 et 72 % des pauses supérieures à 10 minutes. Deux de ces hauts-lieux sont représentés sur la figure 2, avec l'étendue d'espaces utilisés par trois traces GPS de chamois, afin de montrer le croisement de corpus de données éventuel grâce à la formalisation de ces hauts-lieux.

Le déplacement de randonnée en montagne : vitesses de marche et itinéraires

La seconde partie analytique de la thèse s'est construite autour de l'analyse du déplacement des individus, à la fois en caractérisant les vitesses de marche pour répondre à des modèles déjà existants (Schamel et Job, 2017 ; Tobler, 1993), en modélisant le *time-budget* de temps de marche (André-Poyaud *et al.*, 2016 ; Fennell, 1996), en détectant les différents itinéraires empruntés (Taczanowska *et al.*, 2014), ainsi qu'en décrivant les fréquentations horaires des sentiers (Taczanowska, 2009).

Les traces GPS ont été segmentées en arrêt-déplacement selon la méthode décrite plus haut. Pour chaque individu, un *time-budget* a été produit avec le temps passé en pause par rapport au temps total de randonnée. Les déplacements ont été appariés au réseau de sentiers des deux sites. Plutôt que d'observer la vitesse de marche sur l'ensemble de la randonnée, c'est à l'échelle des tronçons du réseau qu'a été construite la pente qui est la principale variable explicative. Cet enrichissement sémantique de l'information des sentiers sur les points GPS permet à la fois d'observer les différences de vitesse à une échelle fine, et de différencier les randonnées selon les tronçons parcourus.

Le principal apport de cette partie est l'estimation de la vitesse de marche selon la pente, et selon les caractéristiques socio-démographiques des individus. Les modèles de vitesse utilisés dans les logiciels SIG datent des années 90 (Tobler, 1993) et même du 18^e siècle avec correction dans les années 70 (Langmuir, 1969 ; Naismith, 1892), même si définis avec un échantillonnage très réduit. Plus récemment,

Schamel et Job (2017) et Goodchild (2020) ont souligné l'importance de faire varier les modèles de vitesse selon les caractéristiques socio-démographiques de celles et ceux qui marchent (notamment l'âge). Ici 187 traces GPS empruntant le réseau de sentiers étudié ont été utilisées pour estimer un modèle de vitesse de marche pour la descente, et un autre modèle pour la montée. Les résultats ont montré que les modèles de vitesses déjà existant sous-estiment la vitesse de randonnée sur nos sites d'étude et avec notre population étudiée (fig. 3). La pente est le facteur qui explique le mieux la vitesse de marche, mais l'âge, le fait de partir en groupe et la fréquence de pratique sont aussi des variables explicatives, et ce indépendamment de la pente. La composition genrée des groupes n'influence pas la vitesse de marche. Le fait de pouvoir estimer les vitesses de marche selon la composition des groupes permet de prévoir le temps qu'il faudra à un groupe pour atteindre un lieu (fig. 4).

Conclusion et perspectives

Mes travaux de thèse et les résultats ont plusieurs implications, outre la formalisation d'une chaîne de traitement des données GPS, la production d'objets spatio-temporels (arrêts-déplacements) et de variables utiles à l'étude de la mobilité (vitesse de marche, *time-budget*, temps en pause, typologie de pauses). La première se situe en application directe, au sein du PNR du Massif des Bauges. La connaissance des lieux de pause, des horaires de fréquentation à ces lieux, la fréquentation du réseau de sentiers, l'estimation du temps nécessaire pour aller à un sommet selon le profil de l'individu, permet aux gestionnaires d'aménager l'espace de randonnée selon des mesures de protection ou de sensibilisation, de proposer des itinéraires adaptés aux profils des individus.

La deuxième est plus globale, s'adressant davantage aux professionnels de la géomatique et à la recherche en géographie de la mobilité. Les liens entre mobilité et paysage restent encore à explorer davantage. Les différences de mobilité (itinéraires, temps en pause, vitesses de marche) existent entre les groupes de randonnées, et un protocole plus fin permettrait d'expliquer davantage ces différences. Le modèle de vitesse de marche permet lui de passer d'une vitesse de marche absolue (en fonction de la pente) à une vitesse de marche relative (en fonction de la pente et des caractéristiques socio-démographiques), il est par conséquent possible de calculer des itinéraires et des accessibilités en fonction des groupes sociaux et de gagner en précision (secours en montagne, plus court chemin pour les logiciels SIG).

Bibliographie

- André-Poyaud, I., Chardonnel, S., Charleux, L., et Tabaka, K. (2016), *Mobility & activity patterns of individuals and parenting couples in the metropolitan area of Grenoble (France)*. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01260244/>
- Birant, D., et Kut, A. (2007), " ST-DBSCAN : An algorithm for clustering spatial-temporal data", *Data & Knowledge Engineering*, 60, 208221.
- Chanteloup, L., Perrin-Malterre, C., Duparc, A., et Loison, A. (2016), « Quels points de vue sur les espaces partagés entre humains et animaux sauvages ? », *Espaces et sociétés*, 1, 3347.
- Chardonnel, S. (1999), *Emplois du temps et de l'espace. Pratiques des populations d'une station touristique de montagne*. Université Joseph-Fourier-Grenoble I.
- Fennell, D. A. (1996), "A tourist space-time budget in the Shetland Islands", *Annals of Tourism Research*, 4(23), 811829.
- Goodchild, M. F. (2020), "Beyond Tobler's Hiking Function", *Geographical Analysis*, 52(4), 558569. <https://doi.org/10.1111/gean.12253>
- Hagerstrand, T. (1970), "What about People in Regional", *Papers of the Regional Science Association*, 24, 112.
- Langmuir, E. (1969), *Mountain leadership : The official handbook of the mountain leadership training boards of great Britain*. Scottish Council of Physical Recreation.
- Naismith, W. (1892), "Cruach Ardran, Stobinian, and Ben More", *Scottish Mountaineering Club Journal*, 2(3). <http://gdl.cdlr.strath.ac.uk/smcj/smcj009/smcj0090603.htm>
- Newson, P., et Krumm, J. (2009), "Hidden Markov map matching through noise and sparseness", *Proceedings of the 17th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems - GIS '09*, 336. <https://doi.org/10.1145/1653771.1653818>
- Pappalardo, L., Simini, F., Rinzivillo, S., et al. (2015), "Returners and explorers dichotomy in human mobility", *Nature Communications*, 6(1). <https://doi.org/10.1038/ncomms9166>
- Orellana, D., Bregt, A. K., Ligtenberg, A., et Wachowicz, M. (2012), "Exploring visitor movement patterns in natural recreational areas", *Tourism Management*, 33(67), 2e682.
- Schamel, J., et Job, H. (2017), "National Parks and demographic change – Modelling the effects of ageing hikers on mountain landscape intra-area accessibility", *Landscape and Urban Planning*, 163, 3243.
- Spaccapietra, S., Parent, C., Damiani, M. L., et al. (2008), "A conceptual view on trajectories", *Data & Knowledge Engineering*, 65, 126146.
- Taczanowska, K. (2009), *Modelling the spatial distribution of visitors in recreational areas*. na.
- Taczanowska, K., González, L. M., Garcia-Massó, X., et al. (2014), "Evaluating the structure and use of hiking trails in recreational areas using a mixed GPS tracking and graph theory approach", *Applied Geography*, 55, 184192.
- Tobler, W. (1993). *Three presentations on geographical analysis and modeling*. <https://pdfs.semanticscholar.org/61e7/435b856737840359841be249bc7d1aaa3a73.pdf>
- Zheng, Y., et Zhou, X. (2011), *Computing with Spatial Trajectories*, Springer Science & Business Media.

RENDRE EXPLICITE UNE PRÉSENCE INVISIBLE : VERS UN ATLAS MONDIAL DES TERRITOIRES AUTOCHTONES¹

par Fabrice Dubertret

Les luttes autochtones pour la reconnaissance et la protection de leurs droits fondamentaux à la terre, au territoire et aux ressources naturelles ont considérablement gagné en visibilité au cours des dernières décennies. Initialement conscrites à des tensions bilatérales entre les peuples autochtones et les États englobant leurs territoires, elles ont pris de nouvelles formes au cours des dernières décennies et se sont inscrites dans une dimension internationale. D'une part, les Peuples Autochtones ont fait irruption au sein de la gouvernance internationale et sont parvenus à faire inscrire leurs droits fondamentaux dans plusieurs instruments du droit international, notamment la Déclaration des Nations Unies sur les Droits des Peuples Autochtones² (2007). Cette dernière a aujourd'hui une portée universelle malgré une réticence persistante de nombreux États à sa pleine mise en œuvre. D'autre part, la démocratisation progressive des technologies de cartographie numérique a permis aux peuples autochtones de spatialiser leurs revendications territoriales. Ils produisent un ensemble de cartes afin de faire valoir leurs droits non seulement auprès des cours de justice, mais également auprès de l'ensemble des acteurs du foncier en les publiant sur le médium global qu'est Internet. Pourtant, malgré ces avancées politiques et techniques considérables, l'étendue mondiale des espaces détenus ou revendiqués par les peuples autochtones du monde reste méconnue...

Or leur localisation précise s'avère essentielle à la bonne compréhension des importants enjeux politiques, sociaux, économiques et écologiques multiscalaires que soulève la reconnaissance des droits fonciers collectifs autochtones. La présente thèse de doctorat cherche donc à combler ce manque cruel d'information par une démarche de recherche-action. Par définition, elle lie une production de connaissances théoriques, soutenue par le travail de recherche académique en géographie critique qu'elle présente et les nombreux exemples précis

qu'elle mobilise, à une transposition de ces savoirs dans une démarche appliquée visant à opérer des changements concrets sur le terrain, matérialisée ici par le développement de la plateforme LandMark³ : observatoire global des territoires autochtones et communautaires, dont l'auteur est un des membres fondateurs.

Un appel au droit international pour une reconnaissance territoriale locale

La première partie de la thèse résumée ici s'attache à contextualiser les luttes autochtones pour le territoire et à présenter les bases théoriques et juridiques sur lesquelles repose l'initiative LandMark. Le premier chapitre revient brièvement sur la transnationalisation progressive du mouvement des peuples autochtones et sur leur irruption dans les sphères de la gouvernance internationale. En ouvrant formellement ses portes aux représentants autochtones du monde entier dans les années 1980, l'Organisation des Nations Unies a joué un rôle fondamental tant dans la création d'une catégorie politique de *Peuples Autochtones*, qui rassemble leur immense diversité sous une dénomination commune revendicatrice de droits collectifs, que dans la reconnaissance internationale de leurs droits qu'ils ont pleinement participé à élaborer. Cette stratégie politique des luttes autochtones relève de la théorie du boomerang décrite par Keck et Sikkink (1998), à savoir la saisine des sphères de la gouvernance internationale pour une mise en œuvre locale de leurs droits, usant notamment de réseaux transnationaux de soutien à même d'exercer des pressions politiques sur les États réticents à leur reconnaissance. Cette théorie constituera le cadre analytique transversal de cette thèse, les efforts de production et de transparence d'information sur les territoires autochtones du monde proposés par la plateforme LandMark reposant sur les mêmes mécanismes.

1 Rendre explicite une présence invisible : vers un atlas mondial des territoires autochtones. Thèse de doctorat en Géographie et aménagement urbain sous la direction de François-Michel Letourneau. Soutenue à l'Université de Paris 3 le 18 12 2020

2 Désignée ci-après par « la Déclaration ».

Une première spatialisation des enjeux que soulèvent la reconnaissance et la protection des droits fonciers autochtones est proposée au second chapitre, qui vise à identifier les peuples, les États et les espaces concernés. Cet exercice s'avère délicat au regard de l'absence d'une définition explicite de la notion de Peuples Autochtones. Néanmoins, l'adoption d'une approche constructiviste, qui propose d'appréhender les peuples pouvant se revendiquer autochtones grâce à une analyse holistique de leur situation politique au sein des États et à l'utilisation de critères relatifs d'identification, permet d'effectuer une recension des données disponibles sur l'ampleur de la présence autochtone mondiale. À défaut de données précises concernant leurs territoires, seules des estimations de leur population par pays sont mobilisées, souvent incertaines, partielles ou partiales du fait de la fréquente invisibilité des Autochtones dans les statistiques officielles. Malgré ces incertitudes, largement détaillées, un panorama global de la présence autochtone est proposé, faisant lieu de plus de 500 millions d'Autochtones répartis dans au moins 90 pays. Reste alors à y préciser l'étendue de leurs territoires, en notant que c'est souvent dans les pays où les Autochtones sont les plus nombreux que leur situation est la plus problématique et que des données précises les concernant font le plus défaut...

Devant ce constat, le troisième chapitre propose une brève analyse de l'état actuel des avancées concernant la mise en œuvre des droits territoriaux autochtones depuis la constellation onusienne jusqu'aux États concernés. Une attention particulière y est accordée aux systèmes régionaux de protection des droits de l'Homme qui, par leur position intermédiaire entre les sphères internationales et les spécificités de leurs États membres, peuvent agir comme catalyseurs d'une mise en œuvre des droits territoriaux des peuples autochtones. Si l'Organisation des États Américains a historiquement été particulièrement active à cet égard, sa jurisprudence a récemment inspiré l'Union Africaine dans plusieurs jugements rendus par sa Commission et sa Cour. Cette dynamique pourrait dès lors s'étendre à d'autres systèmes régionaux jusqu'alors plus en retrait sur les questions autochtones. Nous dressons également un état des lieux mondial de la reconnaissance des droits fonciers autochtones au sein des législations nationales des différents pays du monde, montrant qu'une ouverture politique progressive est observable, bien qu'un long chemin reste à parcourir vers une mise en œuvre universelle des dispositions de la Déclaration.

Enfin, le quatrième chapitre revient sur l'émergence des initiatives de cartographie participative en contexte autochtone, qui consistent presque invariablement

à documenter leurs territorialités pour appuyer leurs revendications foncières face à des cartes officielles qui ont de tout temps passé sous silence la présence autochtone et ainsi facilité la spoliation de leurs territoires figurés comme vacants. De fait, les années 80 ont été le théâtre d'une certaine crise de la cartographie avec, d'une part, l'émergence du courant de la géographie critique qui a profondément remis en cause la présumée objectivité des cartes officielles en montrant qu'elles constituaient avant tout un vecteur de réaffirmation des pouvoirs en place et, de l'autre, une démocratisation progressive des outils cartographiques redistribuant les capacités de production des cartes, qui passent également aux mains des non-experts. Ainsi, les peuples autochtones ont rapidement opéré une « insurrection cartographique » (Rundstrom, 1991) en s'appropriant le langage, les techniques et les modes de représentation cartographique de l'État afin de légitimer leurs revendications territoriales. Si ces dynamiques témoignent d'un certain *empowerment* autochtone, leur ayant permis de faire vaciller l'hégémonie des représentations cartographiques officielles et d'obtenir à plusieurs reprises la titularisation de leurs territoires, ces « contre-cartographies » (Peluso, 1995) autochtones présentent également certains écueils, notamment liés à la difficile représentation des épistémès autochtones par le système cartographique cartésien... Néanmoins, un nombre croissant de peuples autochtones met en carte leurs territoires pour une reconnaissance *de jure* de leurs droits par les cours de justice nationales ou internationales. L'information géographique ainsi produite constitue une source d'information primordiale pour l'alimentation de l'observatoire LandMark.

Vers un atlas global des droits territoriaux autochtones

Si ces stratégies « carto-légales » des peuples autochtones pour une titularisation formelle de leurs droits fonciers témoignent de nombreux succès, elles ne rivalisent parfois que difficilement avec la rapidité de l'accaparement de leurs territoires par les entreprises extractives ou par les projets de développement national... Dès lors, de nombreuses communautés autochtones mobilisent également leurs cartes dans une stratégie « carto-politique » cherchant également une sécurisation *de facto* de leurs territoires par « effet boomerang ». En adoptant une stratégie de transparence d'information, ils cherchent à prévenir la spoliation de leurs territoires par une responsabilisation des différents acteurs de la gouvernance foncière concernant leurs revendications spatiales. Ainsi, les peuples autochtones diffusent

largement leurs contre-cartographies sur Internet, notamment par un nombre croissant de plateformes géographiques en ligne aux échelles locales, nationales ou régionales. LandMark propose de rassembler ces initiatives, ainsi que d'autres cartes non publiées sur le Web, en un observatoire global permettant de combler le vide informatif persistant concernant ces territoires.

Le cinquième chapitre de la présente thèse revient sur la saisine du cyberspace par les peuples autochtones qui, selon certains auteurs, a contribué autant que les Nations unies à la consolidation de leur mouvement transnational. Dans un premier temps, nous revenons brièvement sur la démocratisation du Web et son utilisation par les peuples autochtones comme support de publication de leurs revendications territoriales. Puis nous présentons un bref historique de la création de la plateforme LandMark, en détaillant les nombreux défis scientifiques et politiques auxquels elle a dû répondre, notamment en ce qui concerne l'agrégation d'informations hétérogènes en une base de données centralisée, intelligible et de qualité, ou la représentativité des revendications autochtones. Enfin, nous faisons le point sur les données actuellement collectées, révélant certaines tensions dans le partage des données géographiques et certains vides persistants, palliés par l'usage d'autres sources d'information non cartographiques.

Une analyse détaillée d'une des couches d'information développée par LandMark est ensuite présentée au chapitre six, à savoir un jeu d'indicateurs global qui évalue la capacité des législations nationales à pleinement garantir la sécurité foncière des territoires autochtones et leur adéquation au droit international sur le sujet. Après un bref rappel sur les composantes de la sécurité foncière et sur les droits territoriaux internationaux des peuples autochtones, nous présentons les dix indicateurs créés pour la plateforme et leurs évaluations pour 117 pays, couvrant 88,5 % des terres émergées du globe. Cette analyse permet de souligner d'importantes variations régionales concernant la reconnaissance légale des droits territoriaux des peuples autochtones, ainsi qu'une tension particulièrement palpable concernant la souveraineté locale des autochtones sur leurs ressources naturelles. La mise à jour itérative de ce jeu d'indicateurs permettra d'assurer le suivi de la mise en œuvre des dispositions de la Déclaration dans le droit national des différents pays concernés par les questions autochtones.

Le chapitre sept s'intéresse aux contributions potentielles des terres détenues par les

peuples autochtones à l'atténuation de la crise environnementale actuelle, en montrant une plus grande stabilité des couverts naturels au sein de ces dernières que dans le reste des pays qui les englobent. Dès lors, les territoires autochtones peuvent servir de refuge à de nombreuses espèces menacées qui voient leurs habitats profondément altérés dans d'autres régions, ou encore participer à la mitigation du changement climatique. Cependant, le maintien de ces services écosystémiques reste dépendant d'une sécurisation effective des droits fonciers autochtones. Ainsi, ces résultats offrent un appui scientifique supplémentaire aux plaidoyers autochtones jouant la carte environnementale pour faire valoir leurs droits, et appelle à une meilleure prise en compte des questions autochtones dans l'agenda écologique global.

Alors que le chapitre précédent permet de mettre en valeur certains atouts des territoires autochtones, le dernier chapitre s'intéresse aux pressions existant sur ces espaces, notamment pour la valorisation des importantes ressources naturelles qu'ils contiennent. Quand un nombre croissant d'entreprises extractives s'engage au respect des droits des peuples autochtones dans leurs directives opérationnelles, localiser avec précision les espaces détenus par ces derniers pourrait contribuer à la mise en œuvre effective de ces engagements et ainsi minimiser l'accaparement de ces territoires. Cependant, la base de données LandMark reste incomplète et de nombreux vides informatifs persistent. Afin de les combler provisoirement, nous proposons de dresser un modèle prédictif de la distribution globale potentielle des territoires autochtones du monde à partir des connaissances actuelles sur leurs droits fonciers reconnus, produisant ainsi une cartographie globale de la probabilité de présence de terres autochtones, dont les avantages et les faiblesses sont discutés.

Conclusion générale

Malgré la multiplication rapide des initiatives de contre-cartographie autochtone et de diffusion de ces cartes sur Internet, dresser un atlas exhaustif des territoires détenus ou revendiqués par ces peuples demeure délicat. Le partage de données géographiques souvent sensibles soulève d'importants enjeux politiques, comme autant de freins à leur publication sur la plateforme. Malgré ces difficultés, la présente thèse de doctorat et la plateforme LandMark ont permis de faire la lumière sur la localisation précise des territoires autochtones du monde, de décrire leurs dynamiques politiques et environnementales, mais aussi de mettre en exergue les espaces où davantage de recherche reste nécessaire.

La saisine parallèle des Nations Unies et du cyberspace par les peuples autochtones a offert une tribune directe et un auditoire considérable aux revendications autochtones pour la sécurisation de leurs droits fonciers collectifs. En complément des stratégies «carto-légales» mises en œuvre par les peuples autochtones afin d'obtenir une reconnaissance *de jure* de leurs territoires par les cours de justice nationales ou internationales, la plateforme LandMark agrège la spatialisation de leurs revendications en un panorama global en soutien à leurs stratégies «carto-politiques» pour leur sécurisation *de facto*. En ce sens, plusieurs communautés autochtones, ONG de soutien ou grands organismes de recherche mobilisent les données de la plateforme et ses outils d'analyse afin de démontrer l'importance des services écosystémiques rendus par les territoires autochtones, dont le maintien reste tributaire de la pleine reconnaissance de leurs droits collectifs sur ces espaces (voir notamment le rapport de l'IPBES de 2019). De même, plusieurs entreprises multinationales mobilisent les données de LandMark pour la prévention des risques sociaux liés à leurs investissements fonciers et la mise en œuvre de leur engagement pour le respect des droits autochtones. Ces différents éléments témoignent

d'un certain succès pour la sécurisation effective des droits fonciers autochtones en dépit des États restant sourds à leurs revendications.

Néanmoins, de nombreux vides cartographiques persistent, qu'on ne peut que provisoirement combler par des données moins précises et non cartographiques afin de révéler une présence autochtone. Si beaucoup reste à faire pour atteindre l'exhaustivité, LandMark propose *a minima* une représentation du monde alternative à celle proposée — ou imposée — par la cartographie officielle qui influe considérablement sur notre perception collective. En offrant une perspective globale aux initiatives de contre-cartographie des peuples autochtones, LandMark vise à corriger l'asymétrie historique de l'information géographique et à sortir les territoires autochtones des marges d'un monde qui se construit souvent sans eux, voire malgré eux. Non seulement la plateforme propose un outil qui permet la mesure, l'évaluation et le suivi de la mise en œuvre des droits territoriaux autochtones sur le long terme, mais elle offre déjà à ces peuples l'opportunité politique de révéler au monde un simple fait : « Nous vivons ici, sur ces terres ».

Bibliographie indicative

IPBES. 2019. Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. E. S. Brondizio, J. Settele, S. Díaz, and H. T. Ngo (editors). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 1148 p. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673>

Keck, Margaret E. et Sikkink, Kathryn. 1998. *Activists beyond borders : Transnational Advocacy Networks in International Politics*. Cornell University Press, Ithaca, USA, 240 p.

Peluso, Nancy Lee. 1995. «Whose Woods Are These? Counter-Mapping Forest Territories in Kalimantan, Indonesia». *Antipode*, 27, 4, p. 383–406

Rundstrom, Robert A. 1991. «Mapping, Postmodernism, Indigenous People, and the Changing Direction of North American Cartography». *Cartographica*, 28, 2, p. 12

Thèses en sciences et technologies de l'information géographique

MODÉLISATION ET RAISONNEMENT SPATIAL FLOUS POUR L'AIDE À LA LOCALISATION DE VICTIMES EN MONTAGNE¹

par Mattia Bunel

Plus de 15 000 demandes de secours en montagne sont recensées chaque année, sur le territoire français, en majorité durant les périodes estivales et hivernales. Lorsque ces demandes concernent des interventions à l'extérieur des domaines skiables elles sont réalisées par des corps spécialisés, comme les pelotons de Gendarmerie en haute-montagne (PGHM). Ces secouristes spécialisés sont chargés de l'opération de secours en tant que telle, mais également de sa préparation, ce qui implique notamment de délimiter la zone d'intervention et donc d'identifier la position de la victime. Cette étape peut être délicate. Il est fréquent que la victime ait du mal à donner une description suffisamment claire de l'endroit où elle se trouve et de la façon dont elle y est arrivée. Pour faciliter cette étape de localisation, les sauveteurs du PGHM ont développé un outil, *GendLoc*, leur permettant de localiser une victime à l'aide du GPS de son smartphone. Cette solution permet une localisation rapide et efficace, ce qui simplifie grandement la préparation de l'intervention. Il existe cependant certaines situations où les sauveteurs ne peuvent pas utiliser *GendLoc*. Par exemple, lorsque la personne ne dispose pas d'un smartphone, ou qu'elle n'est pas en mesure d'effectuer les manipulations nécessaires. Dans ce cas, les secouristes doivent localiser la victime manuellement, en recoupant les indications qu'elle leur donne oralement avec les données dont ils disposent et leurs connaissances. Cette approche manuelle, nettement plus longue et imprécise, peut avoir de graves conséquences. Les secouristes sont donc à la recherche de solutions permettant de limiter ce problème.

Le projet Choucas vise précisément à répondre à cette problématique. Les victimes décrivent généralement leur position en se situant par rapport à d'autres objets. Par exemple, dans la phrase « Je suis au sommet », la

position du locuteur est donnée par rapport à un *objet de référence* : le sommet. On parle alors de *référencement spatial indirect*. Le but de ma thèse de doctorat était de proposer une méthode permettant d'identifier la zone correspondant à une telle description, c'est-à-dire de passer d'une position exprimée dans un *référentiel indirect*, à une position décrite dans un *référentiel direct* (e.g. des coordonnées GPS).

La méthode proposée permet de traiter un ensemble de relations spatiales définies dans une ontologie spécifique : ORL (Ontologie des relations de localisation)². Elle est basée sur un principe de décomposition des relations de localisation. En effet, nous avons constaté qu'il existait des similitudes sémantiques entre certaines *relations de localisation*. Le principe de décomposition consiste à identifier ces similarités afin de construire des *relations de localisation atomiques*, dont la sémantique de la conjonction est équivalente à la sémantique de la relation non décomposée. Par exemple, la relation de localisation « sous » peut être interprétée comme la combinaison d'une notion de différence d'altitude et d'une notion de proximité : une position ne sera pas décrite comme « sous » si elle est très éloignée de l'objet de référence. Le principe de décomposition des *relations de localisation* permet de développer des méthodes de spatialisation spécifiques à chaque *relation de localisation atomique* et de les utiliser pour spatialiser toute relation de localisation qui en est composée. Par exemple, la relation de localisation atomique "proximité", qui a été utilisée dans la décomposition de la relation de localisation « sous » peut être utilisée pour spatialiser toute relation de localisation qui en est composée, par exemple « proche ».

La méthode proposée est basée sur trois phases principales, qui permettent de passer d'un *ensemble*

1 Modélisation et raisonnement spatial flous pour l'aide à la localisation de victimes en montagne. Thèse de doctorat en Sciences et Technologies de l'Information Géographique, sous la direction de Cécile Duchêne et Ana-Maria Olteanu-Raimond. Soutenue à l'Université Gustave Eiffel, le 19 02 2021.

2 <https://github.com/ANRChoucas/orl>

d'indices de localisation (la description de la position donnée par la victime) à une zone de localisation probable (ZLP), spatialisant tous les indices de localisation donnés par la victime (fig. 1). La première phase est dite « de décomposition ». C'est notamment durant cette étape que les relations de localisation sont décomposées en relations de localisation atomiques. La phase de décomposition est suivie d'une phase de spatialisation dans laquelle tous les indices de localisation sont transformés en zones de localisation compatibles (ZLC), qui spatialisent un indice de localisation donné. Cette opération, qui peut être effectuée indépendamment pour chaque indice de localisation, aboutit à la création d'une ZLC par indice de localisation. Troisièmement, afin de combiner les différentes ZLC et de définir la ZLP, une dernière phase, la fusion, est nécessaire.

Certaines de ces étapes nécessitent des informations exogènes. C'est notamment le cas de la décomposition des relations de localisation, qui nécessite de savoir comment une relation de localisation donnée doit être décomposée. Nous avons formalisé ces connaissances dans une seconde ontologie, ORLA (Ontologie des relations de localisation atomiques), liée à l'ontologie ORL. L'ontologie ORLA a trois fonctions. Premièrement, elle fait office de vocabulaire contrôlé, puisqu'elle répertorie toutes les relations de localisation que nous sommes en mesure de traiter. Ensuite, elle définit la manière dont toutes les relations de localisation sont décomposées. Enfin, elle formalise la manière dont les différentes relations atomiques de localisation doivent être spatialisées.

Afin de prendre en compte l'imprécision des relations de localisation, nous avons décidé d'utiliser la théorie des sous-ensembles flous et ainsi de construire des zones de localisation (compatibles et probables) floues. Ainsi, les différentes zones de localisation sont formalisées sous la forme de sous-ensembles flous, chaque position dans l'espace se voit attribuer un degré d'appartenance (variant entre 0 et 1), quantifiant l'« intensité » de l'appartenance de la position à la zone de localisation modélisée. Nous avons mis en œuvre cette approche en utilisant une approche raster. La zone de recherche de la victime est représentée par un raster et l'opération de spatialisation consiste alors à attribuer à chaque pixel de ce raster un degré d'appartenance, quantifiant

l'appartenance de la position à la zone de localisation modélisée.

Chaque indice de localisation est spatialisé en une zone de localisation compatible suivant une approche en trois étapes. Dans un premier temps, l'objet de référence utilisé comme point de repère est rasterisé. L'objectif de cette étape n'est pas seulement technique, elle a aussi un rôle sémantique. En effet, il est possible d'utiliser différentes méthodes de rasterisation qui traitent différemment l'objet de référence. Ainsi, il est possible de rasteriser uniquement la frontière ou le centroïde de l'objet de référence, ce qui a un impact conséquent sur la spatialisation. La deuxième étape est le calcul de la métrique. Au cours de cette étape, une métrique, qui a été identifiée comme représentative de la sémantique de la relation de localisation traitée (par exemple, la différence d'élévation ou la distance à l'objet de référence), est calculée. Cette métrique est ensuite *fuzzyfiée*, afin de construire la zone de localisation compatible. La fuzzyfication est effectuée à l'aide d'une fonction qui transforme la valeur de la métrique en un degré d'appartenance variant entre 0 et 1. Les fonctions de fuzzyfication utilisées sont définies au préalable, de façon à ce qu'elles soient réutilisables. Ainsi, seuls les différents seuils de ces fonctions doivent être définis.

À la fin de la spatialisation, on dispose d'une ZLC (sous forme de raster flou) par indice de localisation décomposé. Afin de fusionner ces zones en une zone de localisation probable, nous utiliserons alors les opérateurs d'union et d'intersection de la logique floue. Avec de tels opérateurs, des unions et des intersections de ZLC sont réalisées, afin de définir la ZLP.

L'ensemble de la méthode développée a été appliqué à deux alertes réelles précédemment traitées par les secouristes, afin de vérifier la qualité de la modélisation. Les résultats proposés étaient encourageants, l'utilisation de la modélisation floue et la généralité de la méthode apportant une réelle valeur ajoutée. Cependant, nous avons identifié de nombreux axes d'amélioration, tels que la possibilité de spatialiser une nouvelle relation de localisation, ou le développement d'une méthode permettant d'évaluer la qualité de la ZLP construite.

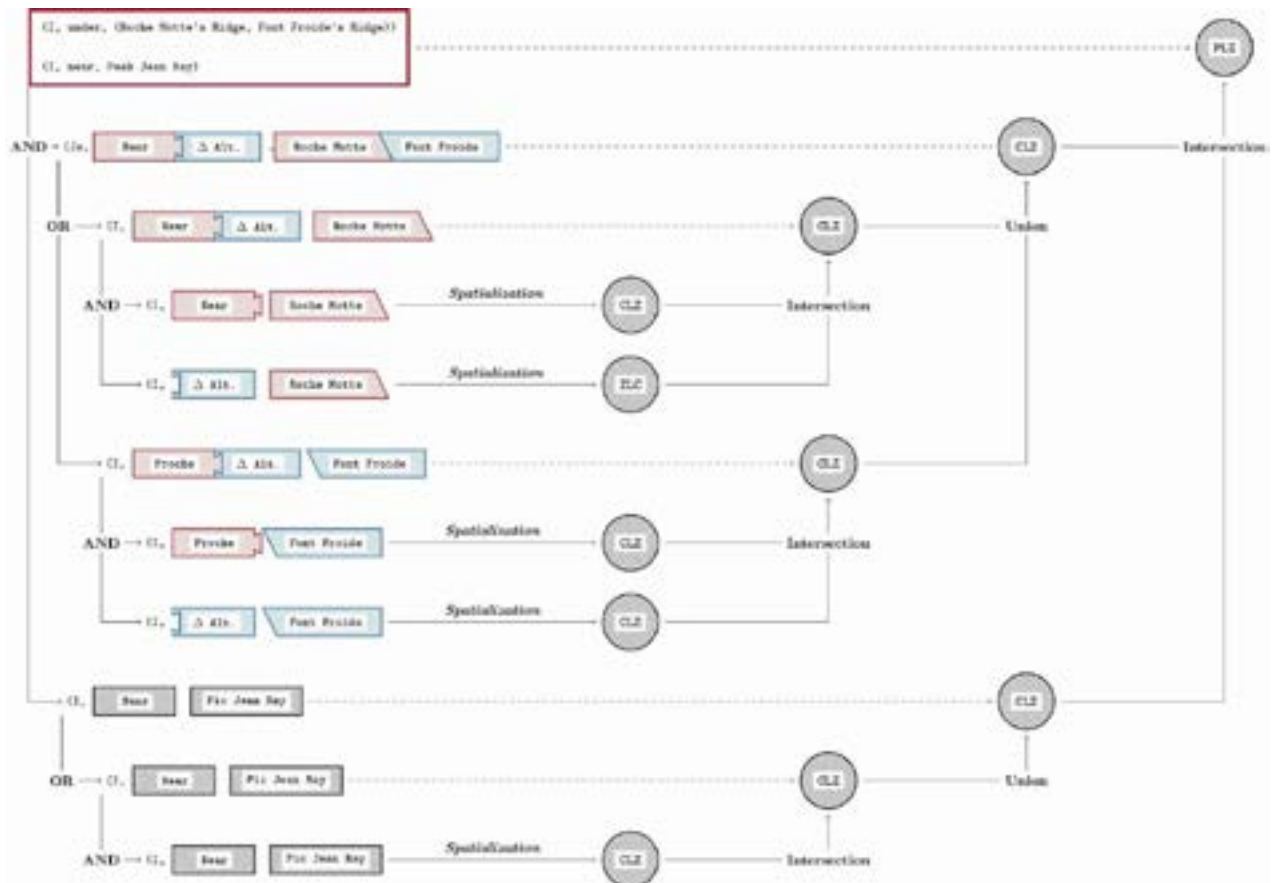


Figure 1 : Illustration du processus de construction d'une zone de localisation probable. CLZ est la traduction anglaise de ZLC et PLZ est la traduction de ZLP.



Figure 2 : Illustration d'une zone de localisation probable (ZLP) construite à partir d'une alerte réelle. La taille des cercles est proportionnelle au degré d'appartenance à la ZLP.

EXPLORATION DU POTENTIEL DE L'APPRENTISSAGE PROFOND POUR LA GÉNÉRALISATION CARTOGRAPHIQUE¹

par Azelle Courtial

Institut national de l'information géographique et forestière
73 avenue de Paris 94160 Saint-Mandé
azelle.courtial@ign.fr

Introduction

Depuis 20 ans, l'usage des cartes a évolué de façon importante, les cartes sont désormais majoritairement en ligne, multi-représentations, et multi-échelles. Les utilisateurs attendent un contenu spécifique à leurs besoins, à leurs appareils et interactif, où les informations sont accessibles de façon directe et lisible. Néanmoins, les cartes en ligne actuelles ne sont ni spécifiques aux besoins de l'utilisateur ni simples à naviguer. Par exemple, le saut de représentation entre les échelles d'une carte produit de la confusion pendant le zoom. D'autre part, la multiplication des sources de données a entraîné l'augmentation du besoin de synthèse, d'harmonisation et d'abstraction de l'information géographique sous forme d'une carte. Nous pensons que le développement de processus cartographiques qui limitent cette confusion, et répondent à ces nouveaux besoins est conditionné à de grandes avancées de la recherche en automatisation de la généralisation cartographique. Il s'agit du processus d'abstraction qui vise à adapter le niveau de détail de l'information géographique pour la rendre lisible sur une carte à une échelle plus petite (fig. 1).

La recherche sur l'automatisation de la généralisation cartographique a ralenti ces dernières années tandis que le besoin lui, n'a pas diminué. Nous pensons qu'elle pourrait bénéficier des avancées récentes en apprentissage profond qui rendent possible la résolution de tâches de plus en plus complexes, grâce à l'utilisation de nombreux exemples. L'usage de méthodes issues de l'apprentissage automatique pour la généralisation cartographique a déjà été expérimenté dans quelques cas d'étude isolés et limités (Feng, *et al.* 2019). Pourtant ces techniques sont prometteuses :

- nous disposons de jeux d'apprentissages importants grâce aux dynamiques open-data et l'ère du big data ;
- l'apprentissage profond permet d'apprendre de données brutes, Il est donc possible de passer l'étape d'extraction de variables, qui était jusqu'alors la principale limite à l'utilisation de l'apprentissage automatique en généralisation cartographique (Sester, 2000 ; Weibel et al., 1995);
- l'état de l'art en apprentissage profond montre une capacité accrue à résoudre des tâches similaires à la généralisation cartographique dans les domaines des sciences de l'information géographique et de la visualisation d'informations (Simo-Serra et al., 2017) ;

L'approche par apprentissage profond de la généralisation est encore expérimentale, et par ailleurs elle est à l'opposé des approches traditionnelles de la généralisation cartographique, où l'on formalisait d'abord des spécifications cartographiques puis on appliquait des opérations pour s'y conformer. En effet, un modèle d'apprentissage profond va plutôt apprendre à reproduire des cartes généralisées sans explicitement définir les spécifications de la carte ou les opérateurs employés, mais en déduisant ce à quoi devrait ressembler le résultat de la généralisation. Le premier objectif de cette thèse est donc de démontrer que l'approche est possible, puis nous proposons d'explorer *via* divers cas d'étude le potentiel et les questions de recherche soulevées par l'usage de l'apprentissage profond pour la généralisation cartographique. Notre exploration est construite à travers quatre cas d'études qui décrivent chacun un problème particulier de généralisation cartographique. Les trois premiers cas d'étude correspondent à des étapes classiques de processus

¹ Exploring the potential of deep learning for map generalization. Geography. Thèse dirigée par Guillaume Touya et soutenue à l'Université Gustave Eiffel le 18 janvier 2023.

de généralisation cartographique (généralisation graphique, détection de pattern, sélection d'entités) ; tandis que le dernier correspond à une approche plus globale pour la génération d'une carte généralisée qui combine plusieurs opérateurs de généralisation. La thèse est structurée autour des trois objectifs suivants : identifier le potentiel et les défis d'une telle approche ; expérimenter l'apprentissage de quelques tâches de généralisation cartographique importantes ; donner des indications pour les futures utilisations de l'apprentissage profond pour la généralisation cartographique.

Un nouveau paradigme pour la généralisation

Dans cette partie nous interrogeons comment l'apprentissage peut constituer un nouveau paradigme pour la généralisation. Les défis de la généralisation par apprentissage sont les suivants :

- la représentation image est l'approche principale en apprentissage profond, mais l'utilisation d'images pour la généralisation cartographique est moins efficace, car elle implique une perte d'information par rapport aux bases de données géographiques vectorielles ;
- les modèles d'apprentissage profond sont complexes à paramétrer et nécessiteront probablement d'être adaptés pour traiter des informations cartographiques ;
- l'apprentissage profond donne des résultats sans explication qui peuvent être considérés comme non fiables ou difficiles à intégrer dans un processus semi-automatique ;
- l'entraînement de modèles d'apprentissage profond demande des ressources importantes qui peuvent être difficilement accessibles aux chercheurs en cartographie, ou avoir un coût économique ou environnemental trop important.

Ensuite, nous identifions comment des opérations de généralisation cartographique peuvent être formulées en une tâche qu'un modèle d'apprentissage peut résoudre (fig. 2). En particulier, nous relevons qu'une grande partie des tâches de généralisation cartographique peuvent être exprimées comme un problème de classification, segmentation ou régression sur des images ou des graphes. Notons que la combinaison de plusieurs approches semble plus prometteuse encore. Par exemple pour la simplification d'une forme, une approche image est possible, ou bien une approche qui combine sélection et régression sur les nœuds d'un graphe pour prédire les nouvelles positions des sommets.

L'apprentissage profond peut-il apprendre la généralisation cartographique ?

Cette partie a pour objectif d'expérimenter le potentiel de l'apprentissage de quelques tâches de généralisation cartographique importantes. Dans un premier temps nous testons la détection d'alignement de bâtiments et la sélection du réseau routier avec une approche par graphe. Ces expériences montrent des résultats perfectibles mais révèlent une capacité à faire des prédictions cohérentes avec les relations spatiales que nous (humains) observons dans les données (fig. 3.c). Ensuite nous proposons d'éprouver la capacité des modèles d'apprentissage basés sur des images à apprendre la généralisation graphique des entités cartographiques via le cas d'étude des routes de montagne pour un saut d'échelle important. Cette expérience compare plusieurs approches (par segmentation et avec un GAN) et révèle que les modèles sont capables de reproduire le lissage des lignes, l'élargissement de virages serrés, et la caricature, pour la plupart des situations testées (voir figure 3.a). Dans cette expérience la préservation de la structure du réseau routier (et en particulier éviter la création de boucle et les déconnexions) est un enjeu majeur et les modèles génératifs sont plus prometteurs sur ce point. Enfin, nous démontrons que les réseaux adverses génératifs (GAN) sont capables de générer des images ressemblant à des cartes à une échelle donnée. Nous générons des images de cartes généralisées à partir de cartes détaillées comportant : des bâtiments, les réseaux routier et hydrographique. Nos résultats reproduisent la simplification, l'agrandissement et la typification de bâtiments, mais la représentation en tuiles est limitante pour les tâches nécessitant plus de contexte comme la sélection du réseau routier et le grisage des centres-villes (fig. 3.b).

Le futur de la généralisation cartographique par apprentissage

Les résultats de nos expériences nous laissent penser que l'utilisation de l'apprentissage profond pour la généralisation cartographique pourrait être un tournant dans l'automatisation de la généralisation cartographique. Mais pour cela, les modèles doivent être insérés et comparés avec les processus traditionnels de généralisation cartographique. Dans la troisième partie de la thèse nous discutons donc : 1) capacité de transfert des modèles d'apprentissage profond proposé, 2) leur intégration, d'une part dans un processus de généralisation traditionnel

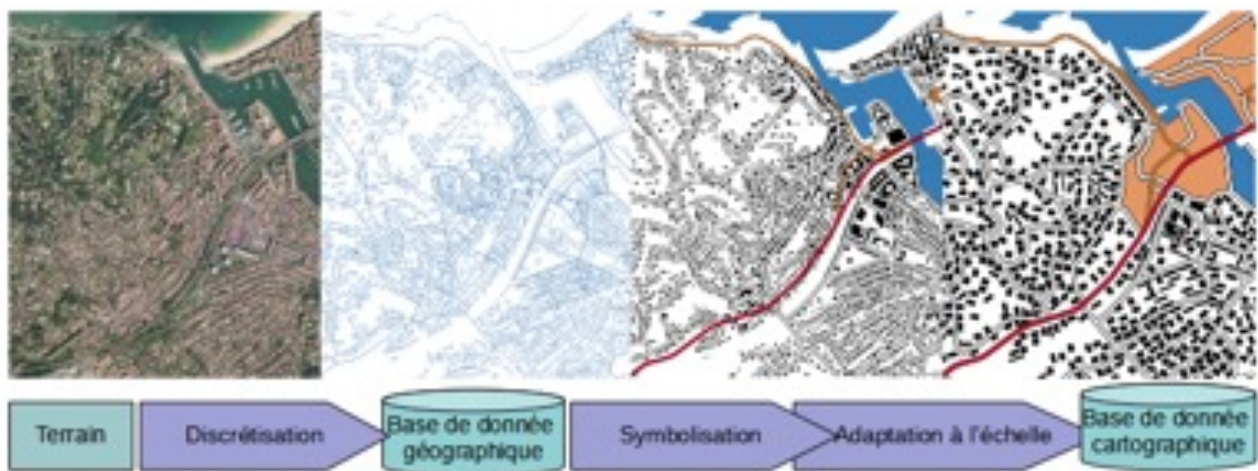


Figure 1 : Le rôle de la généralisation dans la production cartographique

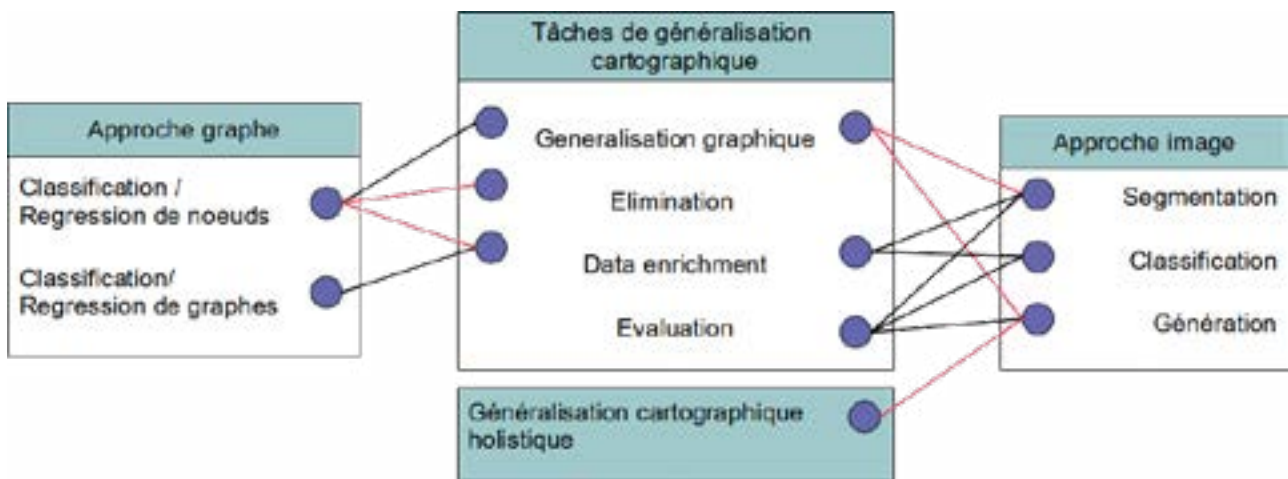


Figure 2 : Résumée des approches graphe et images pour résoudre des tâche de généralisation cartographique (les liens en rose représentent les approches abordées dans la thèse).

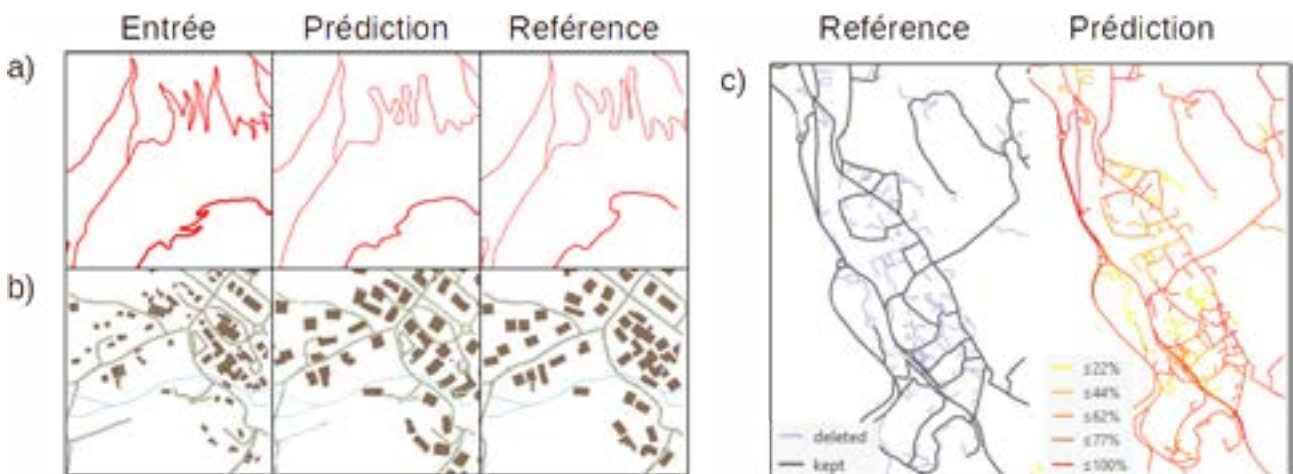


Figure 3 : Illustration des résultats des trois principaux cas d'études a) généralisation graphique de routes de montagnes ; b) génération de carte généralisée ; c) sélection du réseau routier.

(comme indicateur pour l'enrichissement des données géographiques ou comme opérateur de généralisation) et d'autre part dans un processus constitué entièrement de modèles d'apprentissage, 3) leur évaluation.

En particulier, pour l'évaluation nous comparons trois approches :

- l'adaptation des contraintes de généralisation cartographique pour une mesure basée sur des tuiles, permet une évaluation automatique des différents aspects de la généralisation, mais toutes les contraintes ne semblent pas adaptables.
- La reconstruction d'une base de données vectorielle permet d'appliquer les méthodes traditionnelles d'évaluation de la généralisation cartographique, mais demande un temps de calcul important et peut altérer la qualité des prédictions.
- Le test utilisateur est le seul moyen de s'assurer que la prédiction correspond à ce qui est attendu par l'utilisateur, néanmoins, il ne permet pas l'évaluation automatique.

Conclusion

L'objectif de notre thèse était d'explorer le potentiel de l'apprentissage profond pour la généralisation cartographique. Les résultats de nos expériences

révèlent la capacité des modèles d'apprentissage profond à apprendre à interpréter, abstraire et représenter l'information géographique depuis des images ou des graphes. Nos résultats sont suffisamment performants pour un usage comme indicateur (c'est-à-dire pour l'enrichissement de l'information géographique avant la généralisation), mais la qualité et les difficultés d'évaluation/intégration des modèles qui visent à apprendre un ou plusieurs opérateurs ne sont pour l'instant pas suffisantes pour remplacer ou compléter les opérateurs traditionnels dans un processus de généralisation. Nous pensons que pour rendre possibles de tels usages, l'amélioration des architectures et jeux d'apprentissage est nécessaire et en particulier pour une meilleure utilisation du contexte spatial. Aussi, notre thèse s'inscrit dans l'objectif global de la géo-intelligence artificielle, qui est de concevoir un programme capable de comprendre la question d'un utilisateur relative à l'information géographique, et de regrouper, analyser et présenter les données requises pour répondre à la question de l'utilisateur dans une forme adaptée (Janowicz *et al.*, 2020, p. 631). En effet, la carte est bien souvent le mode de communication de la solution la plus souhaitable pour communiquer une information géographique à un utilisateur humain, et requiert l'automatisation et l'adaptabilité des processus de généralisation. L'usage de l'apprentissage profond pourrait débloquer la recherche d'un modèle capable de générer de telles cartes.

Bibliographie

Feng, Y., Thiemann, F., et Sester, M. (2019). « Learning cartographic building generalization with deep convolutional neural networks ». *International Journal of Geo-Information*.

Janowicz, K., Gao, S., McKenzie, G., *et al.* (2020), "GeoAI: spatially explicit artificial intelligence techniques for geographic knowledge discovery and beyond", *International Journal of Geographical Information Science*, 34(4), 625-636. <https://doi.org/10.1080/13658816.2019.1684500>

Sester, M. (2000), "Knowledge acquisition for the automatic interpretation of spatial data", *International Journal of Geographical Information Science*, 14(1), 1-24. <https://doi.org/10.1080/136588100240930>

Simo-Serra, E., Iizuka, S., et Ishikawa, H. (2017). Mastering Sketching: Adversarial Augmentation for Structured Prediction. ArXiv:1703.08966 [Cs], 37(1). <https://doi.org/10.1145/3132703>

Touya, G., Zhang, X., et Lokhat, I. (2019). « Is deep learning the new agent for map generalization ? » *International Journal of Cartography*, 5, 142-157. <https://doi.org/10.1080/23729333.2019.1613071>

Weibel, R., Keller, S., et Reichenbacher, T. (1995), "Overcoming the knowledge acquisition bottleneck in map generalization: The role of interactive systems and computational intelligence", *Spatial Information Theory A Theoretical Basis for GIS* (Vol. 988, p. 139-156). Springer. https://doi.org/10.1007/3-540-60392-1_10

ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE DONNÉES DE LA BASE OPENSTREETMAP PAR APPRENTISSAGE : CAS DE LA RÉPUBLIQUE DE DJIBOUTI¹

par Ibrahim Maidaneh Abdi

*Institut national de l'information géographique et forestière
73 avenue de Paris 94160 Saint-Mandé*

La qualité des données de la base OpenStreetMap peut être évaluée en comparant les données d'OSM avec les données d'une base de données géographiques de référence. Cependant, en l'absence d'un organisme national de cartographie produisant une base de référence (comme c'est le cas dans la République de Djibouti), l'évaluation de la qualité des données OSM par comparaison avec une base de référence n'est pas faisable. La précision spatiale de ces données n'est alors pas connue, alors que les données OSM pourraient potentiellement servir de base à une base de données de référence. Ces travaux de thèse proposent un cadre de travail permettant d'inférer la précision spatiale des données OSM à l'aide de méthodes d'apprentissage automatique sous l'hypothèse qu'il existe une relation statistique entre une mesure de la qualité extrinsèque (précision spatiale) et des indicateurs intrinsèques de la qualité (élongation, granularité...).

La première étape est la définition d'un certain nombre d'indicateurs extrinsèques décrivant la forme et la position des objets géographiques en appariant un jeu de données OSM avec un autre jeu de données issu d'une base de référence (fig. 1). À l'issue d'un appariement multicritère basé sur la théorie des croyances, chaque objet OSM apparié se voit associer quatre valeurs mesurant des écarts par rapport à son homologue de la base de référence.

La deuxième étape est la définition d'indicateurs intrinsèques sur les bâtiments d'OSM. Ces indicateurs intrinsèques conçus comme des marqueurs de qualité de l'objet sont calculés sur les objets OSM appariés.

La troisième étape est la définition d'un modèle d'apprentissage supervisé dont l'objectif est de reconstruire les mesures extrinsèques à partir

des mesures intrinsèques. Ces travaux de thèse présentent deux méthodes, une régression multiple LASSO et une classification par Random Forest. La première permet une évaluation quantitative de la précision spatiale tandis que la deuxième fournit une évaluation qualitative.

Ce framework a été appliqué sur les bâtiments à l'échelle de plusieurs communes d'un département (le Val-de-Marne). La méthode de régression appliquée à l'échelle individuelle (le bâtiment) permet d'expliquer jusqu'à 30% de la variance des mesures de précision spatiale extrinsèques, tandis que la même méthode appliquée à l'échelle agrégée (structure spatiale basée sur l'autocorrélation) permet un score de variance expliquée allant jusqu'à 42%. La méthode de classification, quant à elle, permet de détecter des bâtiments de qualité insuffisante avec une sensibilité de 80% et une spécificité de 70% (fig.2).

La transférabilité du modèle de classification est également étudiée, de sorte à mesurer la part de performance de prédiction du modèle de classification entraîné sur une zone d'étude donnée qui se conserve sur de nouvelles zones d'étude. Pour cela, deux nouvelles zones ont été considérées, la première dans le département du Gers et la seconde autour de la ville d'Édimbourg (Écosse). Cette étude montre que le modèle se transfère de manière satisfaisante.

Le classifieur de type Random Forest obtenu par apprentissage a été appliqué sur un jeu de données OSM de Djibouti pour étudier la possibilité de dériver un jeu de données de référence à partir des données OSM. 82.6% des bâtiments de la zone d'étude sont alors classifiés comme étant de qualité insuffisante, mais le modèle présente encore de nombreuses limites.

¹ Thèse sous la direction d'Ana-Maria Olteanu-Raimond et soutenue à l'Université Gustave Eiffel le 23 novembre 2022

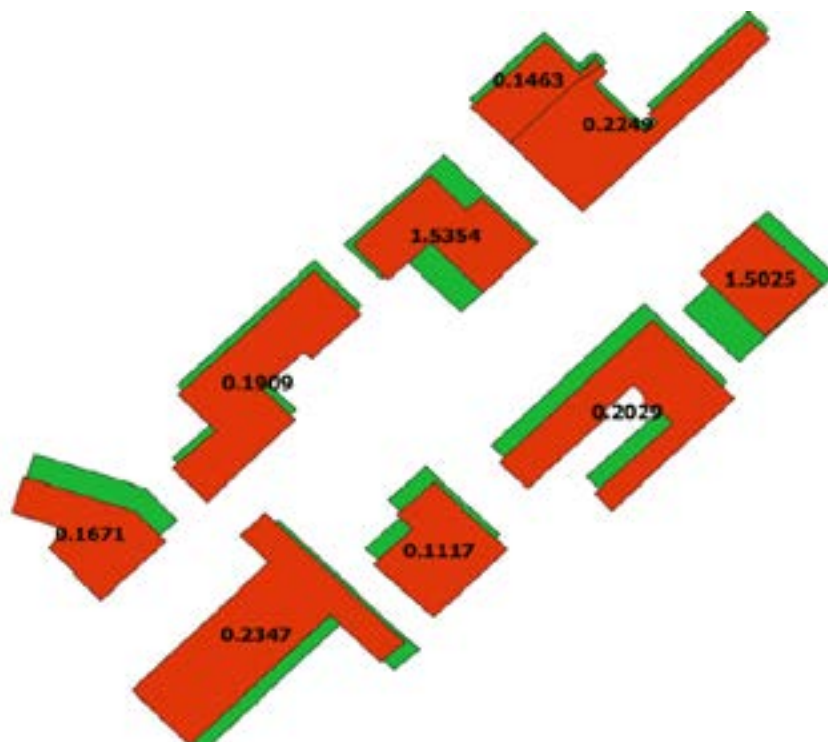


Figure 1 : Distance radiale entre bâtiments OSM et bâtiments de la base de référence candidats à l'appariement.

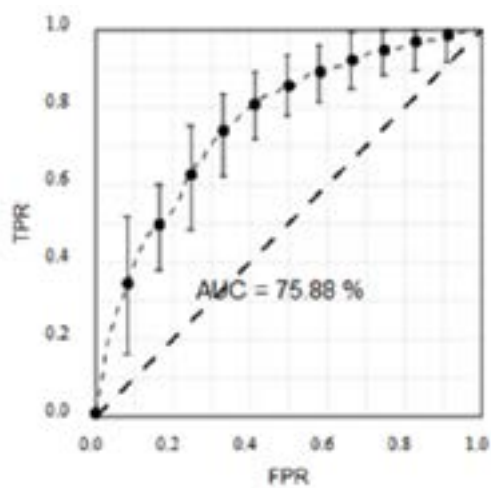


Figure 2 : Courbe ROC du classifieur Random Forest sur le jeu de données Val-de-Marne

LA RECHERCHE DE JEUX DE DONNÉES GÉOGRAPHIQUES : UNE APPROCHE FONDÉE SUR LES GRAPHS DE CONNAISSANCES

par Mehdi Zrhal, Bénédicte Bucher, Marie-Dominique van Damme
Université Gustave Eiffel, LASTIG-MEIG, ENSG-IGN

Alors que le nombre de données disponibles en ligne s'accroît avec les politiques d'ouverture de données, le problème de la recherche d'un jeu de données reste ouvert. Il consiste pour un utilisateur à connaître l'existence des données disponibles et à pouvoir les comparer pour faire un choix. Réciproquement, du point de vue des producteurs de données, le défi de la visibilité des données se pose encore. Ce problème est lié essentiellement aux silos existants encore entre les différents catalogues et portails selon des périmètres définis par : la couverture spatiale, temporelle, la technologie sous-jacente, le programme de financement ou encore la communauté. En France par exemple, une recherche de jeu de données disponibles sur la pollution des rivières françaises nécessitera au moins de consulter plusieurs catalogues comme le Sandre, le Géo-catalogue, data.gouv.fr et enfin le portail du Cerema, avec parfois des recoupements. Si l'utilisateur est en mesure d'identifier les catalogues qui répondent à ses besoins, il devra encore comparer les résultats obtenus. Cela s'avère généralement difficile. Il est rare qu'un jeu de données corresponde parfaitement à la demande et l'utilisateur devra évaluer différents avantages et coûts, en termes d'expertise requise et en termes d'incertitudes. Les métadonnées sont insuffisamment expressives pour déterminer si un jeu de données correspond à une tâche spécifique (Chapman *et al.*, 2020). Récemment, l'utilisation des graphes de connaissances (KG) s'est généralisée dans la recherche d'informations par des entreprises telles que Google, Microsoft, Amazon (Noy *et al.*, 2019). L'objectif du travail décrit ici est d'appliquer l'approche des graphes de connaissances au domaine des jeux de données géographiques. La section suivante présente les travaux existant sur ce sujet. Puis nous analysons les exigences fonctionnelles d'un graphe de connaissances dédié à la recherche de jeux de données géographiques et les composants à y inclure.

La recherche d'ensembles de données spatiales a reçu des contributions de différents domaines tels que la recherche d'informations, les métadonnées et

les catalogues de données, et le web sémantique. Des normes de métadonnées adaptées à la complexité des données géographiques sont développées pour faciliter la découverte et la réutilisation de données provenant de différentes sources dans les infrastructures d'information (Nebert, 2004). La directive européenne INSPIRE qui vise la création d'une infrastructure d'informations spatiales, exige des États membres qu'ils documentent leurs données au moyen de métadonnées conformes à un profil spécifique de la norme ISO 19115. Les moteurs de recherche utilisés dans les catalogues sont fondés sur une recherche verticale en texte intégral associée à des filtres sur certains champs de métadonnées (Hervey *et al.*, 2020). De nouveaux portails sont apparus ces 5 dernières années tels que Google Dataset Search (GDS) et European Data Portal (EDP). Ils ont en commun l'utilisation de normes de métadonnées Web basées sur les technologies du Web sémantique. DCAT est un schéma RDF développé et recommandé par le World Wide Web Consortium pour décrire les ensembles de données et les catalogues. DCAT-AP étend DCAT pour l'enrichir d'informations (lignage, provenance, etc.) nécessaires pour être conforme à la norme ISO 19115 et à la directive INSPIRE, et est utilisé pour développer EDP (Kirstein *et al.*, 2019). L'EDP comprend une fonction appelée «similar datasets» qui prend en charge la recherche par l'exemple. GDS utilise le Knowledge Graph de Google et l'applique au texte des métadonnées (Brickley *et al.*, 2019).

Pour élaborer un KG dédié à la recherche de jeux de données spatiales, nous identifions les étapes de ce processus en nous inspirant des étapes de la recherche d'informations (Purves *et al.*, 2007) afin d'identifier et organiser les connaissances nécessaires en réutilisant et alignant des ressources du Web (fig. 1).

Expression de la requête : l'utilisateur exprime une requête. Nous nous focalisons sur l'expression d'une requête *via* des concepts d'intérêt, *e.g.* « fleuve, berges ». Le KG doit contenir une ou plusieurs ontologies du domaine d'application ciblé, mais

aussi des vocabulaires de sens commun et permettre la phase de *disambiguation*. Parmi les KG de sens communs ouverts nous avons choisi Wikidata qui dispose d'un meilleur support, qui conserve le lien avec l'encyclopédie en ligne Wikipedia et supporte extrêmement bien la phase de *disambiguation* et de désignation d'un concept.

Le moteur transforme ensuite cette requête de l'utilisateur en une requête de ressources, ici les enregistrements de métadonnées des jeux. Pour cette phase, il convient d'inclure les vocabulaires des métadonnées, comme le thesaurus GEMET et d'identifier les champs de métadonnées à prendre en compte et de préparer les alignements entre le concept d'intérêt et ces champs. Nous choisissons comme champs le thème, la couverture spatiale et temporelle, le titre, les mots-clés et la description. Les enregistrements sont repris de catalogues français qui contiennent des jeux de données liés au domaine de l'eau (Sandre) et au domaine de l'environnement (Cerema), ainsi que l'IGN et GéoSource. Au total, 209 fichiers d'enregistrements conformes à la norme ISO19115 ont été récupérés des quatre catalogues et transformés en format DCAT-AP. Une étape de post-traitement est nécessaire pour harmoniser le KG car les métadonnées sont très hétérogènes. A titre d'exemple, la couverture spatiale peut être représentée dans le champ «dct:spatial» sous la forme d'une boîte de délimitation à l'aide de la propriété «dcat:bbox» ou être exprimée sous forme de mot-clé.

Le moteur évalue ensuite un score de pertinence pour chaque ressource afin de classer les réponses.

Cette pertinence peut être une mesure de similarité entre un enregistrement et le concept d'intérêt. Nous choisissons TOPSIS (Zrhal *et al.*, 2021 et 2022) comme mesure multi-critères pour combiner les résultats de mesures de similarité champ par champ appliquées aux champs « thèmes », « couverture spatiale », « couverture temporelle ».

Enfin, le KG est utilisé pour regrouper les enregistrements candidats et faciliter l'exploration des réponses. Il peut également étendre la requête et recommander des résultats supplémentaires, en se fondant sur une mesure de distance entre les enregistrements.

Pour évaluer notre approche, nous conduisons une première évaluation des fonctionnalités prises séparément par un groupe d'experts qui connaissent bien l'application et les données. Celle-ci met en évidence les limites de Wikidata, dans son état, à supporter l'expression des requêtes. Une autre évaluation a porté sur la capacité du KG à identifier des enregistrements pertinents. Cette évaluation est restée qualitative car la mise en place d'une campagne d'évaluation quantitative de fonctionnalités de recherche de jeux de données s'est heurtée à la difficulté d'avoir des experts pouvant réaliser de façon homogène les jeux témoins. Il existe des différences trop importantes d'un expert à l'autre. Ces premières évaluations ouvrent des perspectives pour la suite : contribuer à améliorer la présence dans Wikidata de concepts applicatifs, mettre en place une campagne d'évaluation avec la communauté, améliorer la présentation visuelle des groupes de jeux.

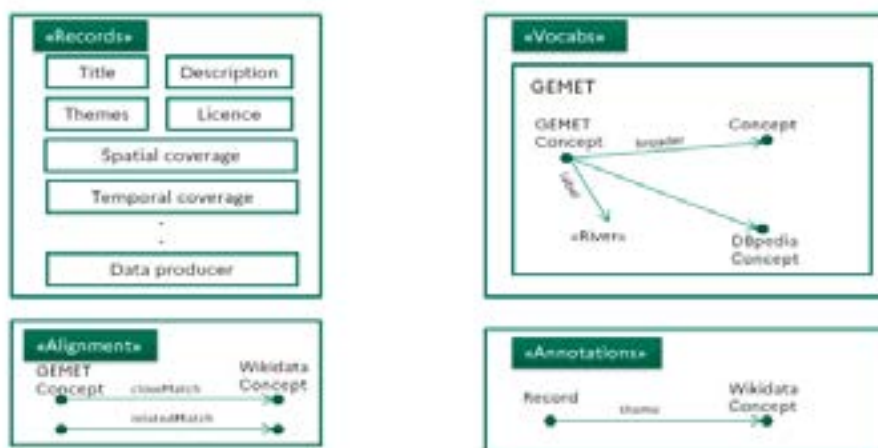


Figure 1 : Composants du Graphe de Connaissances

Bibliographie

- Chapman, A., Simperl, E., Koesten, L., *et al.*, 2020. Dataset search: a survey. *VLDB J.* 29, 251–272.
- Noy, N.F., Gao, Y., Jain, A., *et al.*, 2019. Industry-scale knowledge graphs: lessons and challenges. *Commun. ACM* 62, 36–43.
- Nebert, D.D., 2004. Developing spatial data infrastructures: the SDI cookbook .
- Hervey, T., Lafia, S., Kuhn, W., 2020. “Search facets and ranking in geospatial dataset search”, *11th International Conference on Geographic Information Science (GIScience 2021)*
- Kirstein, F., Dittwald, B., Dutkowski, S., *et al.*, 2019. “Linked data in the European Data Portal: A comprehensive platform for applying dcat-ap”, *International Conference on Electronic Government, Springer*. pp. 192–204.
- Brickley, D., Burgess, M., Noy, N.F., 2019. “Google dataset search: Building a search engine for datasets in an open web ecosystem”, *WWW, ACM*, pp. 1365–1375.
- Purves, R.S., Clough, P., Jones, C., *et al.*, 2007. “The design and implementation of spirit: a spatially aware search engine for information retrieval on the internet”, *International Journal of Geographical Information Science* 21, 717–745.
- Zrhal, M., Bucher, B., Van Damme, M.D., Hamdi, F., 2021, “Spatial dataset search: Building a dedicated knowledge graph”, *AGILE: GIScience Series 2*, 1–5.
- Zrhal, M., Bucher, B., Hamdi, F., van Damme, M.-D., 2022, “Identifying the Key Resources and Missing Elements to Build a Knowledge Graph Dedicated to Spatial Dataset Search”, *Procedia Computer Science*, 207, Elsevier, pp.2911-2920.

LE VANDALISME DE L'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE VOLONTAIRE¹

par Quy Thy Truong

Institut national de l'information géographique et forestière

73 avenue de Paris 94160 Saint-Mandé

pre.nom@ign.fr

Depuis ces dernières années, le développement des technologies de l'information et de la communication a eu un fort impact sur la production et le partage des données numériques. En effet, celui-ci a notamment entraîné l'émergence des sciences citoyennes et du crowdsourcing, qui exploitent la capacité de la foule à produire des données en quantité massive pour répondre à des problématiques sociétales, environnementales ou scientifiques.

Dans le domaine des sciences de l'information géographique, l'information géographique volontaire désigne tout type de données spatiales collectées par tout type de contributeurs, qu'ils soient professionnels ou pas. Par ailleurs, les plateformes de saisie d'information géographique volontaire connaissent une certaine popularité : par exemple, le projet OpenStreetMap (OSM) compte chaque mois plus de 40 000 contributeurs pour mettre à jour la base cartographique du monde entier.

Toutefois, la qualité de l'information géographique est discutable. En effet, celle-ci peut être inexacte et sujette à des erreurs, voire même à des dégradations volontairement commises par ses contributeurs. Dans ce dernier cas, nous pouvons parler de vandalisme cartographique, ou de carto-vandalisme. Le risque de carto-vandalisme constitue l'un des inconvénients majeurs du crowdsourcing, et malgré le faible nombre d'incidents de carto-vandalisme détectés à notre connaissance, ce phénomène peut dissuader de l'utilisation des données provenant de ce mode de collecte.

Jusqu'à récemment, les instituts nationaux de cartographie avaient le monopole de la production de données géographiques. Etant donnée l'émergence de l'information géographique volontaire, certaines agences de cartographie ont commencé à s'intéresser aux approches de collecte collaborative pour acquérir les données spatiales. Par exemple, en France,

l'Institut National de l'Information Géographique et Forestière a mis en place des projets collaboratifs auxquels peuvent participer des contributeurs non-professionnels pour collecter des données (IGN Rando, LandSense, Espace Collaboratif). Ces instituts ayant pour vocation de fournir l'information géographique officielle, ils se doivent de produire des données de qualité optimale. En conséquence, l'enjeu est d'exploiter le potentiel offert par l'information géographique volontaire – par exemple, pour mettre à jour des bases de données cartographiques officielles – en évitant l'intégration de données de piètre qualité.

Dans ce contexte, cette thèse de doctorat se focalise sur l'évaluation de la qualité de l'information géographique volontaire. En particulier, la recherche porte sur la détection des contributions issues de carto-vandalisme, car celle-ci peut offrir une garantie minimale à l'utilisation des données spatiales collaboratives. Les objectifs visés dans cette thèse sont : tout d'abord de formuler clairement une définition du carto-vandalisme ; puis de qualifier les contributeurs d'information géographique volontaire dans le but d'identifier ceux qui, intentionnellement, détériorent les cartes collaboratives ; enfin, de trouver des méthodes appropriées pour détecter les données de carto-vandalisme.

Définition du carto-vandalisme

La première partie de la thèse a consisté à définir le terme de « carto-vandalisme ». Pour cela, il a fallu remonter aux origines historiques du vandalisme tel qu'il est communément compris, et d'analyser comment il est défini selon la législation française. Progressivement, en appliquant cette définition au domaine numérique puis cartographique, nous avons pu définir théoriquement le carto-vandalisme comme une dégradation de l'espace cartographique collaboratif. De manière plus pratique, nous avons constitué un échantillon d'incidents réels relevés

¹ Thérèse Quy Thy Truong, Le vandalisme de l'information géographique volontaire : analyse exploratoire et proposition d'une méthodologie de détection automatique, Thèse dirigée par Guillaume Touya et Cyril de Runz, soutenue à l'Université Paris-Est le 8 janvier 2020.



Figure 1 : Hôpital dont la géométrie chevauche plusieurs îles du Nord du Canada dans OpenStreetMap.

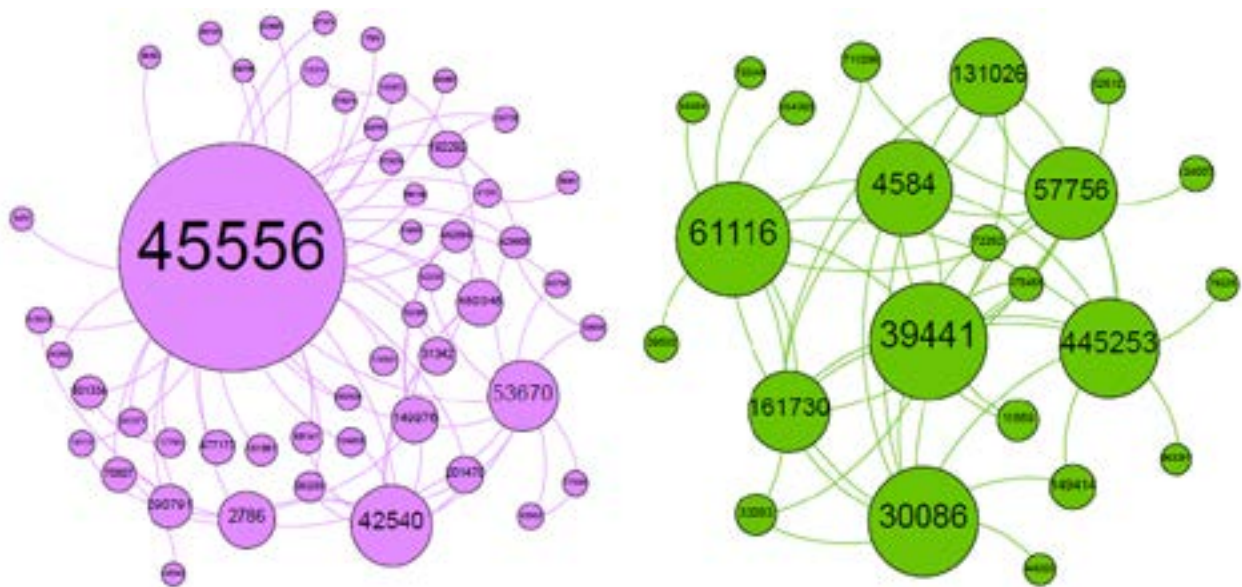


Figure 2 : Deux exemples de communautés extraites de l'analyse des interactions entre contributeurs OSM sur la ville allemande de Stuhr.

par des modérateurs du projet OSM comme étant du vandalisme cartographique (fig. 1). L'analyse de cet échantillon de contributions de carto-vandalisme nous a permis de valider la définition proposée.

Qualité du contributeur

En considérant que les données spatiales corrompues proviennent de contributeurs malicieux, cette thèse défend que l'évaluation de la qualité du contributeur d'information géographique volontaire permet d'évaluer la qualité de ses contributions. En ce sens, nous avons cherché à étudier le comportement du contributeur d'information géographique volontaire. En particulier, les opérations cartographiques autorisées sur une plateforme de saisie collaborative – tels que l'ajout, la modification, la complétion ou la suppression de données – constituent différents moyens à travers lesquels les contributeurs peuvent interagir et collaborer entre eux. L'analyse des interactions qu'a un contributeur avec le reste de la communauté de contributeurs à partir de son activité cartographique fournit des informations sur sa fiabilité et donc sur la qualité de ses contributions (fig. 2).

La modélisation des interactions entre les contributeurs d'information géographique volontaire sous forme de graphes sociaux est un moyen judicieux car nous avons pu exploiter des méthodes d'analyse issues de la théorie des graphes pour étudier les collaborations entre contributeurs. Par ailleurs, puisque différents types d'interaction illustrent des aspects différents du comportement d'un contributeur, il a fallu construire plusieurs graphes sociaux matérialisant des interactions différentes. Pour étudier ces multiples graphes, nous avons construit un graphe multiplexe, qui est un modèle développé dans le domaine de l'analyse des réseaux sociaux pour représenter les différentes dimensions dans lesquelles de mêmes individus partagent ou non des relations de nature différente (au travail, en famille, entre amis, sur les réseaux sociaux, par exemple). Nous proposons donc d'exploiter un modèle de réseau multiplexe de collaboration des contributeurs qui contient plusieurs graphes d'interactions. Ce modèle permet de représenter autant de formes de collaboration que possible, et donc de représenter de manière plus réaliste le comportement des contributeurs.

Expérimentalement, nous avons implémenté un réseau multiplexe de collaboration de contributeurs d'OSM. En y lançant des calculs de détection de communauté, nous avons pu mettre en évidence des profils contributeurs fiables, de type modérateur

ou pionnier, dont les contributions se sont avérées être de bonne qualité. Dans le but de qualifier globalement tous les contributeurs, les résultats issus de l'analyse multiplexe sont ensuite réutilisés sous la forme d'indicateurs de fiabilité. En particulier, deux méthodes sont testées pour évaluer la fiabilité du contributeur : la première consiste en un score de fiabilité, tandis que la seconde produit un classement des contributeurs selon un algorithme de décision multicritère (PROMETHEE-II). Les expériences menées sur des contributeurs d'OSM ont alors montré que les indicateurs construits à partir des graphes d'interaction permettent de filtrer plus précisément les contributeurs non fiables.

Détection du carto-vandalisme par apprentissage automatique

La dernière partie de cette thèse explore la capacité des méthodes d'apprentissage à détecter le carto-vandalisme. Notre état de l'art sur la détection du vandalisme dans les bases de connaissances ouvertes ont permis d'identifier des indicateurs et des méthodes pertinentes à cette problématique, et qui semblaient utiles pour détecter le vandalisme cartographique. Par ailleurs, pour évaluer la performance de ces méthodes d'apprentissage dans la détection du carto-vandalisme, nous avons construit le tout premier corpus de données labélisées, composées de contributions OSM et de contributions artificielles de carto-vandalisme. Le processus expérimental vise à répondre à trois problématiques : 1) trouver les bonnes variables descriptives qui expliquent le carto-vandalisme ; 2) évaluer la performance des méthodes d'apprentissage automatique ; 3) améliorer le corpus de données de carto-vandalisme.

Les expériences utilisant les méthodes d'apprentissage non-supervisées ont démontré la nécessité des indicateurs sur les contributeurs pour détecter le carto-vandalisme, ce qui appuie la pertinence de notre recherche sur la qualité des contributeurs. De plus, les indicateurs de comparaison avec des données d'autorité se sont révélés utiles pour détecter des contributions erronées ou anormales. Quant aux méthodes d'apprentissage supervisées, les expériences ont montré que les forêts aléatoires prédisent correctement le carto-vandalisme sur une zone, à condition d'avoir au préalable entraîné le système de classification sur la zone à prédire. En revanche, les faibles résultats issus de la détection du carto-vandalisme par des réseaux de neurones de convolution encouragent à poursuivre les recherches pour déterminer si cette méthode peut être exploitée pour réaliser des tâches spécifiques dans un processus plus long de détection du carto-vandalisme.

Enfin, nos analyses ont permis de mettre en évidence les limites du corpus de données labélisées, notamment à cause de la « faible qualité » des contributions artificielles de carto-vandalisme (fig. 3). Nous avons alors proposé des idées et des

suggestions pour récupérer des contributions réelles de carto-vandalisme, telles que la mise en place d'un système d'annotation de contributions réelles, qui peut s'effectuer de manière manuelle ou automatique.



Figure 3 : Exemples d'édérations vandalisées artificielles créées pour ce travail

Bibliographie sommaire

Truong, Q. T., Touya, G. et Runz, C. (2020) "OSMWatchman: Learning How to Detect Vandalized Contributions in OSM Using a Random Forest Classifier. ISPRS Int. J". *Geo-Inf.* 2020, 9, 504.

Truong, Q.-T., de Runz, C. et Touya, G. (2019). « Analysis of collaboration networks in OpenStreetMap through weighted social multigraph mining », *International Journal of Geographical Information Science*, 33(8):1651-1682.

Truong, Q. T., Touya, G. et de Runz, C. (2018). « Le vandalisme dans l'information géographique volontaire : apprendre pour mieux détecter ? », *Actes de la conférence SAGEO 2018*, pages 61-76, Montpellier, France.

Truong, Q.-T., Touya, G. et de Runz, C. (2018). « Towards Vandalism Detection in OpenStreetMap Through a Data Driven Approach ». In Winter, S., Griffin, A. et Sester, M., (eds.): *10th International Conference on Geographic Information Science (GIScience 2018)*, volume 114 de Leibniz International Proceedings in Informatics (LIPICs), Dagstuhl, Germany. Schloss Dagstuhl-Leibniz-Zentrum fuer Informatik.

Truong, Q. T., De Runz, C. et Touya, G. (2018). « Analyse du comportement des contributeurs dans l'Information Géographique Volontaire via la construction de réseaux sociaux ». In Runz, C de., Kergosien, É., Guyet, T. et Sallaberry, C., (eds) : *18ème Conférence Internationale Sur l'Extraction et La Gestion Des Connaissances (EGC 2018)*, pages 44-54, Paris, France.

Truong, Q.-T., Touya, G. et de Runz, C. (2018). « Building Social Networks in Volunteered Geographic Information Communities: What Contributor Behaviours Reveal About Crowdsourced Data Quality ». In Fogliaroni, P., Balla-tore, A. et Clementini, E. (eds): *Proceedings of Workshops and Posters at the 13th International Conference on Spatial Information Theory (COSIT 2017)*, *Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*, pages 125-131. Springer International Publishing.