

## Diplôme national de master

Domaine – sciences humaines et sociales

Mention – sciences de l'information et des bibliothèques

Spécialité – publication numérique

# Écrire la carte. Les apports intellectuels de la cartographie numérique

**Arthur PERRET**

Sous la direction d'Éric GUICHARD  
Maître de conférences – Enssib

— ON NE PEUT DESSINER SUR LA CARTE QUE CE QUE L'ON A D'ABORD VU  
SUR LE TERRAIN, ET NON L'INVERSE!

— C'EST AUSSI CE QUE JE CROYAIS. MAIS REGARDEZ MIEUX LA CARTE.

FRANÇOIS PLACE, *ATLAS DES GÉOGRAPHES D'ORBÆ*

LA TENTATION DE L'HORIZON EST TOUJOURS PRÉSENTE ET MÊME S'IL EST  
VRAI, COMME LE CROYAIENT LES ANCIENS, QU'AU-DELÀ DU MONDE UN VOYA-  
GEUR TOMBERAIT DANS L'ABÎME, NOUS NE NOUS ABSTENONS PAS D'EXPLO-  
RER, AINSI QU'ULYSSE LE DIT À DANTE DANS *LA DIVINE COMÉDIE*.

ALBERTO MANGUEL, *DE LA CURIOSITÉ*

ARTHUR PERRET

# ÉCRIRE LA CARTE

LES APPORTS INTELLECTUELS DE LA CARTOGRAPHIE NUMÉRIQUE

ENSSIB (ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DES SCIENCES DE  
L'INFORMATION ET DES BIBLIOTHÈQUES)

## Écrire la carte. Les apports intellectuels de la cartographie numérique

**Résumé :** Ce mémoire de recherche s'inscrit dans une démarche d'anthropologie des pratiques d'écriture à l'ère numérique. Il rend compte d'observations, d'expérimentations et de réflexions autour de la cartographie comme dispositif d'écriture afin de contribuer à une épistémologie de l'édition ancrée dans les sciences de l'information.

*Descripteurs : cartographie, édition, épistémologie, technologie intellectuelle, territoire*

**Abstract :** This work is part of an anthropologic approach to writing practices in the digital era. It reports on observations, experiments and reflections on cartography as a writing device in order to contribute to an epistemology of publishing rooted in information science.

*Keywords : cartography, epistemology, publishing, technology of the intellect, territory*

CC-BY-NC-ND 2017 Arthur Perret

DIPLÔME NATIONAL DE MASTER EN SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES – MENTION SCIENCES DE L'INFORMATION ET DES BIBLIOTHÈQUES – SPÉCIALITÉ PUBLICATION NUMÉRIQUE

MÉMOIRE DE RECHERCHE – ANNÉE 2016-2017 – PUBLIÉ PAR L'ENSSIB

Ce document est mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons « Attribution - Pas d'utilisation commerciale - Pas de modification 4.0 International ». Pour voir une copie de cette licence, visitez <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr> ou écrivez à Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.



# Sommaire

*Introduction* 9

*I. Cartographie et rationalité* 13

*La cartographie et l'écriture réticulée* 13

*La carte, une mnémotechnologie* 16

*L'ingénierie cartographique* 18

*Synthèse* 21

*II. Explorations* 23

*L'information géographique* 23

*L'outillage cartographique* 28

*La production de cartes* 31

*III. Du terrain à l'épistémologie* 41

*La fabrique du territoire* 43

*Éditer des cartes* 46

*Conclusion* 49

*Bibliographie* 51

*Liste des illustrations* 53



*Je remercie ici toutes les personnes qui m'ont témoigné leur sympathie et leur soutien à l'Enssib, à l'Inria et à l'Ens-Lyon.*

*Je remercie également les auteurs auxquels j'ai emprunté de nombreux caractères pour mieux aiguïser le mien.*

*Merci à mes parents de m'avoir ouvert les portes du dessin et des géographies imaginaires.*



# Introduction

L'ÉCRITURE est ce que J. Goody appelle une technologie de l'intellect, c'est-à-dire un outil indissociable de la pensée, qui entraîne des effets cognitifs, sociaux et politiques.<sup>1</sup> En écrivant, nous pouvons fixer l'information, ce qui libère une partie de notre mémoire pour d'autres tâches intellectuelles; nous pouvons également dé-contextualiser un message pour le considérer de façon critique. L'écriture est une technique réflexive : en matérialisant le langage, elle rend possible l'étude de sa construction. Cependant, l'écriture n'est pas qu'un simple système de notation. On peut la décomposer en un système sophistiqué constitué de plusieurs éléments : système de signes, support matériel, activité psychique et réseau social.<sup>2</sup> Formulé autrement, un texte formé par des signes sur un support est la trace d'une activité cognitive liée à des pratiques personnelles, mais aussi des traditions et des écoles de pensée.

Au fur et à mesure que nous avons inventé de nouveaux dispositifs d'écriture, celle-ci a déployé son potentiel réflexif. Liste, livre, bibliothèque, catalogue, logiciel... Chacun représente un agencement différent des éléments constitutifs de l'écriture, ce qui signifie de nouveaux modes de production et de circulation des savoirs. Nous faisons alors des progrès en matière de raisonnement et nous développons de nouvelles pratiques. Il ne s'agit cependant pas d'une relation à sens unique, d'un déterminisme technique. D'une part, l'écriture est une technique non objectivable : elle se confond avec nos pratiques.<sup>3</sup> D'autre part, elle est influencée par ses propres effets, ce qui signifie qu'elle n'est pas libre de toutes contraintes, notamment lorsqu'elle est instrumentalisée suivant des logiques politiques ou économiques.

Dans l'histoire de l'écriture, son informatisation et sa mise en ligne constituent une étape significative, un véritable passage à l'échelle, car elle sert désormais à exprimer toutes les données, tous les documents, tous les objets informationnels possibles. Toutes nos pratiques numériques sont donc des pratiques d'écriture, c'est pourquoi elle constitue une référence incontournable pour aborder les problématiques et enjeux du numérique. Cela peut se faire par des angles multiples, étant donné le nombre d'objets, d'acteurs et d'enjeux impliqués. Parmi ces possibilités, la cartographie offre un intérêt particulier : la carte est, comme l'écriture elle-même, une « technique de distribution spatiale de l'information »<sup>4</sup> et se distingue par son vaste potentiel épistémologique.

Le lien entre cartographie et écriture est d'abord de nature étymologique : si le mot « géo-graphie » signifie une écriture de la terre, c'est bien la « carto-graphie » qui en est la concrétisation, signifiant l'écriture par les cartes. Le terme « concrétisation » évoque la matérialité et

1. Goody, *La Raison graphique*, 1979 ; Guichard, *L'internet et l'écriture : du terrain à l'épistémologie*, 2010.

2. Guichard, "Internet, cartes, territoire et culture", 2008.

3. Guichard, "L'écriture scientifique", 2008.

4. Goody, *La logique de l'écriture*, 1986.

la technicité indéniables de l'écriture et de la carte.<sup>5</sup> Leur évolution est conjointe : à travers l'informatisation, la cartographie est passée d'un régime où image et texte coexistent à un régime où l'image est elle-même textuelle, devenant littéralement écrite. Ce passage a des implications significatives. Pour l'examiner, il est nécessaire de faire dialoguer notre appareil conceptuel avec les nouvelles formes de la carte, objet désormais à la fois visuel et textuel. Ce présent mémoire s'y emploie, prolongeant en cela un travail précédent qui explorait les transformations de la photographie dans son processus de production – notamment la composition et le déclenchement –, mais aussi de gestion documentaire, en soulevant des implications fortes sur la relation entre culture et usages d'une technique.<sup>6</sup> La carte est une image particulière, qui possède une certaine parenté avec la photographie : de la même façon que la photographie s'organise en profondeur sur différents plans, la carte est un millefeuille d'information dans lequel on peut plonger par le dessus. Or l'image étant numérique, les éléments à travers lesquels on navigue sont textuels. Assemblage et lecture de la carte s'apparentent donc à un ensemble de techniques d'écriture numérique : emboîtement de langages structurés, manipulation de texte, chaînage entre fichiers et bibliothèques de ressources. Maîtriser cet ensemble signifie maîtriser les artefacts, interfaces et normes de l'écriture informatique, c'est-à-dire faire preuve d'une forme de littératie numérique. L'étude de dispositifs comme la carte présente l'intérêt de mettre rapidement en évidence la réflexivité et les apports intellectuels qui caractérisent l'écriture en général.

Le périmètre de ce travail est restreint à un certain type de représentations et d'outils : il porte essentiellement sur la carte thématique et le cartogramme utilisant une échelle de couleur continue. Ce choix très spécifique appelle un commentaire. La cartographie est un domaine théorique et pratique vaste ; si l'*appréhension* de cet univers complexe peut se faire rapidement, la question de sa *compréhension* est toute autre. Or ce mémoire s'appuie sur une expérience dont les conditions particulières doivent être décrites : il s'agit d'un travail d'apprentissage théorique et technique accéléré de la cartographie contemporaine dans le cadre d'un stage de recherche, sans connaissances préalables ni en géographie ni en fabrication de cartes – mais soutenu par des compétences informatiques générales –, dans un délai restreint (moins de six mois). Afin de pouvoir approfondir suffisamment un certain type de pratique, le stage et le mémoire ont donc un périmètre technique resserré.

Par ailleurs, cette pratique et sa mise en réflexion sont également restreintes à un écosystème spécifique : la production de savoirs scientifiques. Cela appelle également un commentaire. La carte est l'une des manifestations les plus frappantes du lien entre raison et écriture. Cette dernière est par nature un support du travail intellectuel et de la démarche scientifique : elle sert à organiser l'information pour y établir des comparaisons et des hypothèses, donc à construire l'argumentation. La carte s'inscrit pleinement dans cette voie : elle fait notamment fonction de preuve graphique, c'est-à-dire d'image utilisée comme argument dans un raisonnement.<sup>7</sup> L'expression « raison graphique »<sup>8</sup> synthétise cette imbrication du raisonnement et de l'outil de représentation, imbrication qui est propre à l'écriture sous toutes ses nombreuses formes. Mais

5. C. Jacob est un peu plus précis et mentionne une « écriture-dessin de la terre » (Jacob, *L'empire des cartes. Approche théorique de la cartographie à travers l'histoire*, 1992, p. 468) ; P. Robert et E. Souchier évoquent quant à eux « les écrivains de la terre » (Robert et Souchier, « La carte, un média entre sémiotique et politique. La carte au rivage des SIC », 2008).

6. Perret, « Écrire l'image. Approche pragmatique et conceptuelle de la photographie numérique », 2016.

7. Guichard, « L'écriture scientifique », 2008.

8. Goody, *La Raison graphique*, 1979.

le changement important que constitue l'informatisation de la cartographie a des effets sur les pratiques qui s'y rattachent et diversifie les usages de la carte. De façon générale, l'évolution des technologies de l'information et de la communication est caractérisée par des effets d'accélération et d'amplification ; cela s'applique à l'écriture et donc à la cartographie, qui n'est plus produite par les mêmes techniques, ni suivant la même temporalité. L'hypertexte, les scripts et les algorithmes augmentent le nombre de dimensions sur lesquelles il est possible de travailler. La place du calcul en informatique rapproche encore plus la cartographie de la statistique, notamment à travers les cartogrammes ; plus généralement, l'informatisation de l'écriture redéfinit les frontières entre disciplines et fait passer la carte d'un objet descriptif ou synthétique au statut de méthode à part entière, ce qui élargit son champ d'action et conduit potentiellement à des transferts de pratiques. La carte numérique est ainsi d'une nature duale : elle peut être à la fois un outil de travail qui encourage l'expérimentation et un terminus communicationnel.

Ce statut hybride invite à considérer la carte comme méthode et comme finalité dans une même continuité, celle de son processus d'élaboration. Pour cela, nous adoptons la perspective éditoriale. En effet, la carte soulève des enjeux communicationnels – qu'il s'agisse du régime de vérité dans lequel elle s'inscrit ou bien de la performativité des représentations qu'elle porte –, enjeux qui ne sont pas indépendants de la fabrication mais qui y sont au contraire intrinsèquement liés. C'est précisément ce lien qui caractérise le processus d'édition tel qu'il est envisagé dans ce mémoire et dans les recherches actuelles, notamment pour étudier l'ingénierie documentaire. Faire l'épistémologie du processus d'édition de la carte correspond à décrire la relation entre culture et technique, entre outillage et raisonnement, entre les apports intellectuels de l'outil et ceux du document numérique. Considérer la carte selon la perspective de son édition scientifique offre de plus un référentiel solide pour approcher cette relation et traiter les questions de véracité et de performativité mais aussi de reproductibilité et d'accessibilité qui émergent durant le processus d'édition des cartes.

NOTRE PROBLÉMATIQUE est donc celle des apports intellectuels de la cartographie numérique comme processus d'édition centré sur un dispositif d'écriture. Nous réalisons pour cela l'anthropologie des pratiques d'une forme d'ingénierie documentaire, en explorant conjointement les deux dimensions de la carte : technique et objet, méthode et finalité, outil et document. Ce travail est présenté en trois parties :

1. nous exposons d'abord un cadre conceptuel sur la carte en relation avec l'écriture, en discutant les apports théoriques de plusieurs auteurs ;
2. nous décrivons ensuite notre terrain, c'est-à-dire une pratique cartographique, mise en regard des normes, savoirs et enjeux impliqués dans la fabrication des cartes ;
3. enfin, nous faisons dialoguer les deux premières parties pour analyser le terrain avec recul, interroger les concepts que nous mobilisons et formuler notre conceptualisation de l'édition.





# *I. Cartographie et rationalité*

LE CHOIX DE L'ÉCRITURE comme point d'ancrage pour l'étude de la cartographie s'appuie sur un corpus de travaux portant précisément sur les propriétés de l'écriture et des cartes en relation avec l'activité intellectuelle. La majeure partie de ces travaux se situent dans le giron des sciences de l'information et de la communication<sup>9</sup> mais puisent dans des terrains variés : ils adoptent fréquemment une posture anthropologique et épistémologique tout en interrogeant des problématiques importantes en géographie, en sociologie ou encore en philosophie.

9. L'abréviation SIC sera utilisée systématiquement par la suite.

## *La cartographie et l'écriture réticulée*

Parmi les différents auteurs qui sont cités dans ce mémoire, il nous faut mentionner en premier une proximité intellectuelle avec les travaux accomplis par É. Guichard dans les années 1990 et 2000, travaux qui ont constitué notre point d'entrée sur les principaux enjeux liés à la cartographie numérique. Guichard s'intéresse à celle-ci dans le cadre d'une réflexion sur l'apport de l'écriture en ligne pour les sciences humaines, en s'appuyant sur la réalisation de plusieurs atlas informatiques comme terrain d'expérimentation. Il développe trois axes que nous détaillons ici : le lien entre écriture et carte, qui donne à celle-ci le statut de méthode ; le rapport entre culture et technique ; la notion de territoire.

L'INFORMATISATION DES CARTES que nous avons évoquée en introduction correspond à ce que Guichard qualifie de « retrouvailles de l'écriture et de la cartographie ». <sup>10</sup> Spécifiquement, il associe à travers la carte un travail intellectuel lié aux sciences exactes et diverses formes d'écriture. Les mathématiques par exemple prennent une place significative dans l'architecture de la carte, par le biais du processus de fabrication dont la nature algorithmique se retrouve explicitée. Il en va de même pour la géométrie : le format vectoriel numérique exprime des opérations géométriques à travers un jeu d'écriture. Guichard voit dans cette évolution une unification des différents types de cartes (notamment dans l'opposition entre topologique et thématique), avec la géométrisation par l'écriture comme mécanisme sous-jacent. Cependant, il insiste bien sur le fait que l'informatique constitue un révélateur de mécanismes qui lui sont antérieurs. La carte est une image chargée de texte ; Guichard qualifie ainsi d'hypertextuel le rapport entre la légende et l'élément de la carte auquel elle se rapporte ; face à la carte imprimée,

10. Guichard, "L'internet : retrouvailles de l'écriture et de la cartographie", 2006.

le renvoi se traduit par un aller-retour mental, une opération qui n'est donc pas rendue possible mais explicitée par l'écriture numérique. Couplé à une démocratisation de la puissance de calcul à travers l'évolution des ordinateurs, ce renforcement de la proximité entre la cartographie et les sciences exactes favorise selon Guichard une diffusion des raisonnements et des pratiques propres à ces dernières. Il s'appuie notamment sur les travaux en histoire de la cartographie de G. Palsky pour qualifier ce phénomène de retour aux sources, les origines de la carte thématique au XIX<sup>e</sup> siècle étant liées à l'ingénierie et non à la géographie. Il en tire une conclusion significative : « la carte n'est plus un but, mais un outil d'exploration des hypothèses et des données ». <sup>11</sup>

EN PARALLÈLE de cette exploration de la technicité et de la scientificité de la carte, Guichard se penche également sur la notion de culture. Il part du principe que l'évolution de la technique et de ses usages conduit à des évolutions culturelles, et inversement. Les pratiques d'écriture en particulier sont étroitement liées à la culture, car elles changent notre outillage mental, donc nos modes d'apprentissage. J. Goody utilise le terme de culture au sens de « comportement appris » <sup>12</sup> pour souligner l'importance de ce qu'il appelle les technologies de l'intellect dans la construction progressive de nos représentations collectives. D. Olson dit à propos de l'écriture que « notre conception moderne du monde et de nous-mêmes est, pourrait-on dire, un sous-produit de l'invention du monde sur le papier ». <sup>13</sup> Guichard nous montre que cette phrase s'applique doublement à la cartographie : « la carte produit du territoire, c'est-à-dire des représentations collectives qui articulent l'espace et le social », <sup>14</sup> tout en étant elle-même un dispositif d'écriture. Sa fonction est d'opérer une médiation complexe entre plusieurs types d'information et leur destinataire pour aider à penser l'espace, appréhender le monde.

Guichard fait appel à une conception précise de la culture, dont il distingue trois composantes. <sup>15</sup> La première est une forme de culture savante à dimension individuelle. La seconde est comportementale, construite dynamiquement ; elle puise notamment dans la première comme expérience. La troisième se construit de façon plus collective et dans le temps long ; elle intervient dans le prolongement de deux autres et les influence en retour. La technique qui nous entoure et que nous manipulons a une certaine influence sur ces trois composantes, mais l'inverse est tout aussi important, car la pensée circule entre culture, technique et pratiques. Nos représentations collectives, notre vocabulaire graphique, nos dynamiques sociales sont autant de facteurs qui modifient notre perception et nos usages de la technique en tant qu'outil et méthode. L'environnement numérique possède des logiques, discours et représentations qui lui sont propres et qui influent sur la manière dont se développent les pratiques numériques, dont la cartographie.

Ce lien entre culture et technique ne saurait être mieux approché au regard de la carte que par la notion de territoire, dont Guichard synthétise son approche dans un article intitulé « Internet, cartes, territoire et culture ». <sup>16</sup> Il y admet la difficulté de définir le mot lui-même, préférant l'approcher d'abord par le terrain. À travers ses recherches, il montre en effet que la carte permet de prouver l'existence du territoire, comme celui d'Internet : en cartographiant la localisation des infra-

11. Guichard, "L'internet : retrouvailles de l'écriture et de la cartographie", 2006, p. 51.

12. Goody, "Culture et technique", 2012, p. 331.

13. Olson, *L'univers de l'écrit*, 2010, p. 312.

14. Guichard, *L'internet et l'écriture : du terrain à l'épistémologie*, 2010.

15. Ibid., 2010.

16. Guichard, "Internet, cartes, territoire et culture", 2008.

structures, les relations entre acteurs, les caractéristiques techniques du réseau (vitesse, latence), se construit progressivement un espace tangible qui constitue aussi un référentiel culturel. Toutefois, la relation entre les deux paraît complexe, car il montre également comment la carte représente un instrument de fabrication du territoire. Ce rapport ambigu entre génération et explicitation, entre capacité de donner à voir et d'engendrer une certaine réalité, constitue le pouvoir de la carte, ce que l'on désigne sous le terme de performativité.<sup>17</sup> Ce constat renforce sa définition du territoire comme la « superposition d'un espace localisé et de pratiques sociales »<sup>18</sup> et montre combien la fabrique du territoire explicite l'étroitesse du rapport entre technique et culture. En effet, l'écriture résulte d'un lent travail d'élaboration d'un système de signes permettant d'exprimer une certaine objectivité, notamment à travers la valeur d'illocution – cette part du discours qui n'est pas verbalisée et nécessite donc l'invention de modalités autres que l'alphabet de base pour être transcrite. Guichard relie ainsi son approche du territoire à son observation de la proximité entre cartes et sciences exactes : c'est en partageant un système sophistiqué de signes avec les mathématiques que la cartographie constitue une sorte d'écriture spatiale géométrique pouvant produire du territoire, car celui-ci est profondément graphique. En qualifiant la carte d'outil d'exploration des données influencé par la démarche exploratoire des physiciens, il indique donc également la façon dont elle produit des représentations venant interagir avec la culture individuelle et collective.

REVENONS POUR FINIR sur cette particularité heuristique, conséquence de l'informatisation et véritable ouverture du champ des possibles cartographiques. Si la carte n'est plus seulement une finalité mais potentiellement une méthode à part entière, mettant en jeu une expérimentation mathématique et géométrique par des mécanismes d'écriture numérique, alors sa pratique et les apports intellectuels associés évoluent. Ce renforcement – car la fonction heuristique de la carte est antérieure à son informatisation –, favorise selon Guichard une prise en main par les adeptes de l'empirisme, « les personnes attirées par la preuve visuelle ».<sup>19</sup> La carte a depuis toujours une fonction de preuve graphique mais ce qui semble se dessiner ici est une autre contextualisation de cette fonction, non pas comme finalité mais comme instrument grâce auquel des hypothèses peuvent être testées. La dimension graphique reste centrale dans le processus, mais ses ressorts pratiques ne sont plus seulement visuels : ils sont également textuels. Il y a donc ici la nécessité d'un commentaire épistémologique nouveau, lequel se penche sur les modalités de l'expérimentation en cartographie numérique. La philosophie des sciences ne s'est vraiment emparée des sciences dites expérimentales que depuis les années 1980. Les travaux du philosophe canadien I. Hacking mettent en lumière un tournant dans l'étude des sciences autour de T. Kuhn, le XX<sup>e</sup> siècle représentant pour lui un rapprochement de la théorie et de l'observation des sciences. Hacking donne en particulier une impulsion à l'anthropologie des pratiques avec cette phrase : « L'expérimentation a, en effet, sa vie propre »<sup>20</sup>. En France, cette appel trouve un écho dans les travaux de B. Latour, lequel se focalise durant cette même période sur les aspects concrets du travail scientifique, en étudiant les transfor-

17. Sur cette question, Guichard souligne l'apport de C. Jacob, pour qui la carte précède souvent le territoire.

18. Guichard, "L'internet : retrouvailles de l'écriture et de la cartographie", 2006, p. 52.

19. Ibid., 2006, p. 51.

20. Cité dans Rheinberger, *Introduction à la philosophie des sciences*, 2014, p. 105.

mations d'un matériau en inscription. La cartographie numérique est donc fortement imbriquée avec un environnement – la science et plus particulièrement les sciences exactes –, sur lequel peut aisément se déployer une étude attentive des pratiques. Les travaux de Guichard, qui approchent la question des apports intellectuels dans l'optique de livrer un commentaire éclairé à destination des sciences sociales, mettent à jour les effets liés à leur instrumentation notamment par l'adoption d'une telle démarche d'anthropologie des pratiques dans un contexte de travail scientifique. Nous proposons ici une approche similaire, c'est-à-dire un examen attentif des modalités de l'expérimentation en cartographie numérique, mais avec l'ambition de proposer des remarques plus fondamentales en ce qui concerne la nature de la carte et les processus qui s'y rattachent.

Pour cela, il nous donc faut examiner plusieurs autres cadres théoriques ancrés dans les sciences de l'information qui offrent eux-mêmes un regard plus fondamental sur la carte.

### *La carte, une mnémotechnologie*

AFIN DE POURSUIVRE, il nous faut examiner les aspects fondamentaux de la notion d'écriture telle qu'elle est abordée ici. Nous avons mentionné en introduction le concept de technologie de l'intellect avancé par J. Goody ; il est particulièrement opérant dans les travaux d'É. Guichard sur la carte et constitue l'objet central des paragraphes qui suivent. F. Dagognet perçoit dans la carte « un instrument épistémologique décisif » et pointe exactement ce qui en fait selon lui la spécificité : c'est un « croquis hyper-elliptique »<sup>21 22</sup> qui permet de faire plus avec moins en condensant l'information à un degré élevé. La carte est donc une prouesse rationnelle dont le mécanisme nécessite un approfondissement théorique significatif pour être mieux appréhendé.

DANS SON OUVRAGE *Mnémotechnologies*,<sup>23</sup> P. Robert contextualise l'expression « technologie de l'intellect » par rapport à une réflexion générale sur l'outillage du travail intellectuel. La notion constitue la clef de voûte du travail anthropologique de Goody sur l'écriture comme technique permettant la réflexivité, mais elle sous-tend également d'autres contributions qui adoptent pour la plupart une expression légèrement différente, « technologie intellectuelle ». En parallèle de la définition de Goody, Robert en examine deux autres – celles de D. Bell et P. Lévy –, qui présentent pour lui l'inconvénient de restreindre le concept au contexte informatique, en supposant l'ordinateur moderne comme un pré-requis. Robert entreprend donc de formuler une théorie générale du concept<sup>24</sup>, ce qui l'amène à nommer les principales technologies intellectuelles et notamment la carte.

Robert définit la technologie intellectuelle comme « un outil régulé de gestion du nombre (de la complexité) opérant une traduction par enregistrement de l'événement en document grâce à l'opération de conversion des dimensions ».<sup>25</sup> L'écriture nous permet d'appliquer instantanément cette idée à un terrain qui sera familier à la plupart des lecteurs de ce mémoire : l'écriture traduit l'événement en document.

21. Dagognet, *Les outils de la réflexion*, 1999, p. 92.

22. Il emploie également une variante lorsqu'il qualifie la carte de « graphe hyper-elliptique » (p. 97). La répétition de l'adjectif confirme qu'il s'agit bien de ce qui nous intéresse ici, à savoir la fonctionnalité de la carte.

23. Robert, *Mnémotechnologies. Une théorie générale critique des technologies intellectuelles*, 2010.

24. On en retrouve cependant l'amorce dans des travaux antérieurs (Robert, "Qu'est-ce qu'une technologie intellectuelle?", 2000)

25. Ibid., 2010, p. 34.

La matérialité de l'écriture est indissociable de son caractère informationnel : il n'existe pas de texte sans support, le texte n'a donc pas de sens sans la page ; cependant le terme « page » n'a pas de signification en dehors de l'écriture, qui en constitue la raison d'être – en tout cas lorsqu'elle est appréhendée socialement. L'écriture permet d'exprimer ses propres mécanismes de régulation, c'est-à-dire la typographie et l'appareil critique qui structurent l'information. Elle rend possible la gestion de la complexité en permettant une organisation spatiale de l'information qui est souvent une forme ou une autre de réticulation (liste, tableau, graphe). Et bien évidemment, la notion de document permet d'articuler les problématiques liées à la fixation de cette information, auparavant éphémère : l'accumulation et le traitement.

L'écriture est le ciment du raisonnement effectué par Robert : il la considère comme « méta-technologie intellectuelle, c'est-à-dire comme fondement – avec l'image –, de toute technologie intellectuelle possible ». <sup>26</sup> Une autre notion en forme la clef de voûte : il s'agit de l'opération qui permet de fonder le concept de technologie intellectuelle et d'en qualifier les différentes manifestations, la conversion des dimensions. À travers l'approfondissement de cette idée, il aboutit en effet à un système général qui surplombe l'écriture, s'appuyant sur les contributions de Goody et des autres auteurs cités pour mieux les dépasser. Il offre notamment une perspective plus fine sur la carte prise de façon individuelle. Robert affirme que chaque technologie intellectuelle permet une variante spécifique de traitement, navigation ou modélisation de l'information, permettant de l'inscrire dans un type de raison parmi trois : raison graphique, raison classificatrice et raison simulatrice. Celles-ci expriment en quelques sortes les facettes de la rationalité entretenues par les technologies intellectuelles. La raison graphique <sup>27</sup> inclut la liste et le tableau – qui représentent l'ordonnancement discret de l'information –, et la carte, qui représente l'ordonnancement en deux dimensions dans tout son potentiel. Robert insiste sur la dimension hautement régulée de l'outil : grille, projection, échelle et légende se combinent pour assurer une fonction particulièrement performante de gestion de la complexité, formant une sorte d'équivalent pour la carte de ce que nous qualifions d'appareil critique pour l'écriture (titre, auteur, chapitres, notes, bibliographie, index) <sup>28</sup>. En ce qui concerne le fonctionnement de la carte, il advient principalement par la mise en forme, la symbolisation. Or la représentation ne peut se superposer exactement à tous les objets représentés : un unique point répété à différents endroits doit suffire à représenter différentes villes, tandis que les villes sont évidemment différentes dans la réalité. Il y a donc un effet classificatoire de la carte, en plus de la localisation géographique de l'information : les villes de tant d'habitants sont représentées par un point d'une certaine taille, les électeurs de telle catégories sont regroupées sous une certaine couleur, etc. Robert justifie enfin le périmètre de la carte en suivant la logique de son système jusqu'au bout : il observe qu'il est impossible de réaliser une carte, même thématique, qui inclue trois dimensions sans tomber dans une modélisation imparfaite, en sacrifiant au passage ce qui fait la performance de ladite carte en tant que technologie intellectuelle. Elle est donc fermement liée à la raison graphique.

26. Ibid., 2010, p. III.

27. Il s'agit d'un hommage assumé à l'ouvrage fondateur de Goody, *La Raison graphique*, 1979.

28. F. Dagognet parle notamment de codage lorsqu'il évoque la façon dont les notes sont signalées dans le texte (Dagognet, *Les outils de la réflexion*, 1999, p. 92).

LA LOGIQUE exposée dans ce raisonnement nous pousse à qualifier la carte de territoire de l'exploration par excellence – du moins parmi les technologies intellectuelles liées à la raison graphique. Robert insiste à plusieurs reprises sur les « blancs » qu'elle contient et qui ne demandent qu'à être remplis. Surtout, il mentionne que c'est bien la dimension graphique, c'est-à-dire la carte en tant qu'image en deux dimensions, qui fonde l'usage exploratoire de la carte : là où l'écriture favorise l'analyse, la carte soutient plutôt la synthèse, l'évocation et la projection, donc une certaine dynamique de l'information. Si la carte est donc superficielle par définition, cela n'ôte rien à son pouvoir visuel car elle offre à la fois une concentration et un surplomb. C'est l'analyse qu'en faisait Dagognet en disant que « la carte donne à voir [...] ce que nous ne pouvons pas voir », parce qu'elle nous permet d'observer par le dessus « une extrême focalisation des informations »<sup>29 30</sup>. Robert ajoute que la carte possède une capacité à s'amplifier lorsqu'elle est cumulée en atlas : en faisant varier les paramètres régulateurs tels que l'échelle, la juxtaposition des cartes épaissit la description du phénomène et crée donc les conditions d'une circulation volumique.

La caractérisation de la carte en tant que technologie intellectuelle telle que nous l'avons développée ici est centrale pour traiter notre problématique : elle offre une série de concepts et de postures théoriques qui nous permettent de travailler avec pertinence le terrain de nos pratiques cartographiques. Ce qui nous intéresse ici est l'idée d'un potentiel expérimental intrinsèque qui convoque les termes d'invitation, d'appel et d'exploration. Cela renforce notre intention d'interroger par la pratique le fait que cette possibilité, comme le suggère É. Guichard, est rendue explicite par l'informatisation de l'écriture, et si oui, de quelle manière.

### *L'ingénierie cartographique*

LA CARTE permet d'aborder un certain nombre de questions documentaires. Jusqu'ici, nous l'avons envisagée par le seul angle de l'écriture – avec un détour conséquent par les théories portant sur le rôle de l'outillage –, afin de situer le contexte qui nous a amené à formuler des liens entre document et rationalité. Cependant, les SIC disposent d'un certain nombre de socles théoriques qui permettent d'étoffer cette analyse, en particulier concernant la production du document et la médiation des savoirs, ce qu'il convient d'examiner au regard de notre problématique.

Les références sur lesquelles nous nous appuyons délaissent quelque peu la fonction de médiation, car elle n'est pas opérante lorsqu'on examine la finalité critique de ces travaux. Le raisonnement formulé par P. Robert sur le modèle du système général de Le Moigne émet la double ambition d'établir une théorie générale et critique ; de la même façon que les travaux de Guichard sur la carte visent en partie à formuler une sociologie critique de l'Internet, Robert alimente une réflexion sur la logistique, notamment à travers les outils informatiques et en particulier dans un contexte de production des savoirs. Se dessine donc dans ces deux approches un horizon politique, que les deux auteurs estiment à juste titre faire partie intégrante de la cartographie. Ils s'inscrivent

29. Dagognet, *Les outils de la réflexion*, 1999, p. 93-94.

30. C'est également l'analyse qu'en fait E. Tufte dans ses travaux sur la visualisation de données lorsqu'il affirme que les cartes dépassent sur ce point la plupart des graphes statistiques (cité dans Robert, *Mnémotechnologies. Une théorie générale critique des technologies intellectuelles*, 2010, p. 148).

en cela dans les pas de C. Jacob, dont les recherches sur l'histoire de la carte<sup>31</sup> ont précisé l'aspect central des enjeux de pouvoir<sup>32</sup>. Une façon d'étudier la question des enjeux sociaux et politiques consiste à adopter une perspective info-communicationnelle. En considérant la carte comme un média, c'est-à-dire un objet d'étude privilégié pour les SIC,<sup>33</sup> le prisme de la médiation des savoirs peut paraître incontournable. En réalité, il n'offre pas de perspective sur la carte numérique que nous n'aurions déjà sur la carte tout court : Guichard a montré que l'anthropologie des pratiques conduit bien plus aisément à des interrogations pertinentes, si tant est qu'elle s'inscrive dans une perspective historique et évite les déterminismes techniques. Cela peut expliquer en partie l'absence d'une réflexion sur la lecture indépendamment de l'écriture dans ses travaux.

LA DIMENSION GRAPHIQUE de la carte suggère la nécessité d'une étude sémiologique pour approfondir la logique soulevée par Goody et précisée par Robert quant à la raison graphique. Y. Jeanneret et E. Souchier ont décrit l'intérêt croissant de la recherche en SIC pour « les pratiques d'écriture et d'édition [...] analysées comme des transformations sémiotiques » dans leur synthèse des recherches sur le concept d'énonciation éditoriale.<sup>34</sup> Toutefois, cette ébullition théorique se situe plutôt clairement autour du texte que de l'image ; l'expression « image du texte » en particulier est un faux ami pour notre problématique, puisqu'elle concerne la médiation du texte en tant que tel et non la question de la fusion entre régime textuel et régime visuel dans le cas de l'image elle-même. Ce cadre théorique-là reste à construire et passe selon nous par une sémiologie critique du code et des interfaces de programmation, interrogeant au passage la sémiologie elle-même – mais ce n'est pas notre objet ici.

Revenons une nouvelle fois à F. Dagognet, qui qualifie l'image de simultanée, concise, dépourvue de rhétorique : « les mots supposent toujours la médiation, le détour, la préparation, alors que la carte s'en dispense, pour exposer ce qu'on doit retenir, l'ossature, le relief, le notable. Le *compendium*, par excellence ». <sup>35</sup> Il s'agit donc d'entendre que la carte n'a nul besoin de médiation extérieure : elle donne à voir car elle porte en elle les conditions de sa propre médiation. Nous abordons dans ce travail la cartographie dans le contexte de la production de savoirs et notamment de savoirs scientifiques ; l'observation de Dagognet suggère une grande complexité de la conception de la carte : l'image se doit d'explicitier, commenter, préciser, développer, sans perdre l'immédiateté et la simplicité bi-dimensionnelle qui font selon Robert sa performance en tant que technologie intellectuelle. Si l'on suit le raisonnement exposé jusqu'ici, nous pouvons supposer que les modalités de la médiation cartographique sont à relier à l'appareil critique de la carte : la cartographie serait en partie une problématique d'internalisation de la médiation. Il nous faut donc aborder la carte par l'intérieur.

DANS SA THÈSE, intitulée « Conception des chaînes éditoriales »,<sup>36</sup> T. Arribé présente un exemple d'approche théorique de l'édition numérique qui s'appuie notamment sur les travaux de B. Bachimont pour définir les notions de document et d'ingénierie documentaire, ainsi que

31. Jacob, *L'empire des cartes. Approche théorique de la cartographie à travers l'histoire*, 1992.

32. Dagognet parle aussi de la carte comme dessin et dessein – sous-entendre, politique (Dagognet, *Les outils de la réflexion*, 1999, p. 95-96)

33. Robert et Souchier, « La carte, un média entre sémiotique et politique. La carte au rivage des SIC », 2008.

34. Jeanneret et Souchier, « L'énonciation éditoriale dans les écrits d'écran », 2005.

35. Dagognet, *Les outils de la réflexion*, 1999, p. 98.

36. Arribé, « Conception des chaînes éditoriales : documentariser l'activité et structurer le graphe documentaire pour améliorer la maîtrise de la rééditorialisation », 2014.

la place de l'écriture. La thèse de la raison computationnelle proposée par Bachimont envisage la programmation comme écriture en tant que telle, à la différence de l'écrit d'écran d'E. Souchier qui considère qu'elle se sémiotise en écriture<sup>37</sup>. Pour Bachimont, le numérique représente un passage à l'échelle : il occasionne un déplacement des formes graphiques étudiées par J. Goody – liste, tableau et formule –, introduisant de nouvelles structures équivalentes : programme, réseau et couche. Contrairement à P. Robert, qui opère une réduction fondamentale du propos de Goody pour mieux le déployer, Bachimont réalise une extension de la raison graphique à travers des formes supplémentaires : le schéma, qui se traduit numériquement par la maquette. Arribe analyse avec justesse que ces formes se rattachent plus généralement à la modélisation. Bachimont définit en effet le schéma comme « la représentation matérielle et spatio-temporelle minimale d'un concept », reposant sur la mise en scène, ajoutant que « la maquette numérique reprend cette approche en lui ajoutant le calcul qui permet de simuler, par son comportement, l'objet visé ».<sup>38</sup> Il y a effectivement là une proximité avec le modèle de Robert, dans lequel l'intersection de la modélisation et de la simulation est occupée par l'informatique. Plus précisément, Bachimont voit dans la transformation de l'écriture en tant que technologie intellectuelle un passage du signe au calcul qui permet de faire émerger le formalisme, logique qui « montre comment faire sens avec un graphique qui ne possède pas de contrepartie orale ou langagière ».<sup>39</sup> Il estime que le formalisme est empreint d'une « radicale étrangeté »<sup>40</sup>, laquelle est mise en évidence selon lui par la difficulté que nous éprouvons à revenir du formalisme vers la simple écriture. Arribe met en œuvre cela dans sa thèse : il montre comment le concept de raison computationnelle informe son propre travail sur l'édition de texte à partir du format XML, faisant émerger un savoir-faire à la valeur économique réelle. Il rappelle d'abord la logique qui permet de modéliser les chaînes éditoriales : « être le plus générique possible afin de permettre l'adressage d'un maximum de contextes ».<sup>41</sup> Puis il reprend l'idée que le numérique constitue un passage à l'échelle, dans le processus d'édition : plus qu'un flux d'opérations, il observe un réseau. Adoptant le point de vue informatique, il puise chez Bachimont pour analyser la place du modèle dans l'appréhension du texte numérique.

Peut-être le détail le plus intéressant pour nous dans ce travail est l'usage de la cartographie comme exemple de document impliquant une modélisation à travers sa légende. Cette observation d'Arribe semble confirmer que la cartographie numérique se situe à l'intersection de la carte et de l'informatique dans le modèle conceptuel de Robert. Le partage des différentes logiques qui sous-tendent ces deux technologies constitue une question extrêmement pertinente au regard de notre problématique. Pour C. Jacob, la carte « est la matérialisation d'un schéma qui naît dans l'esprit »<sup>42</sup> ; nous cherchons justement à étudier les conditions de cette matérialisation dans un contexte numérique. *Mnémotechnologies* contient un outil pour unifier ces impressions et nous donner une direction vis-à-vis du terrain. Robert modélise ce dont Bachimont parle avec la notion de Motif, c'est-à-dire l'informatique comme « moteur d'inférence et de gestion de formes » ; il réutilise ensuite le terme d'architexte d'après Y. Jeanneret, dans lequel il voit « la forme logicielle

37. Cette comparaison d'une grande acuité est d'Y. Jeanneret.

38. Bachimont, « Le numérique comme support de la connaissance : entre matérialisation et interprétation », 2010.

39. Ibid., 2010.

40. C. Jacob évoque « l'étrangeté de la projection graphique [...] qui est création intellectuelle, artefact reflétant une vue de l'esprit » (Jacob, *L'empire des cartes. Approche théorique de la cartographie à travers l'histoire*, 1992, p. 457-458).

41. Arribe, « Conception des chaînes éditoriales : documentariser l'activité et structurer le graphe documentaire pour améliorer la maîtrise de la rééditorialisation », 2014.

42. Jacob, *L'empire des cartes. Approche théorique de la cartographie à travers l'histoire*, 1992, p. 48.



du Motif sur support informatique ». Il établit ainsi une distinction entre le support et la technologie intellectuelle, entre papier et texte, entre Internet et écriture numérique, entre écran et architexte.<sup>43</sup> Ceci confirme que notre approche de la cartographie numérique doit être celle d'une méta-écriture rendue visible par les logiciels.

43. Robert, *Mnémotechnologies. Une théorie générale critique des technologies intellectuelles*, 2010, p. 297-304.

### *Synthèse*

Nous abordons à présent le terrain des pratiques avec un matériau théorique conséquent, ce qui justifie une brève synthèse des enjeux que nous avons pu soulever en rapport avec la cartographie.

1. La carte est profondément liée à l'univers de l'écrit. Loin de n'être qu'image, elle se nourrit de l'écriture comme méta-technologie qui lui confère un certain nombre de propriétés d'intérêt lorsqu'il s'agit d'étudier son rôle dans un contexte de production de savoirs. Néanmoins, elle reste une image. Il y a donc une tension entre le régime textuel et le régime visuel, inhérente à toute image informatique, qui doit rester à l'esprit de toute entreprise épistémologique ayant trait à la cartographie numérique.
2. La carte est par nature associée à la rationalité. Elle soutient des mécanismes de pensée, favorise l'émergence de nouveaux raisonnements et se transforme sous l'impulsion du travail intellectuel. Elle accueille une démarche expérimentale et exploratoire qui génère des savoirs et notamment du territoire.
3. La carte est un document dont l'ingénierie a profondément évolué avec l'informatique. Ceci remet en question la manière dont nous envisageons ses apports et ses effets. Le cadre conceptuel des SIC suggère un examen soutenu du terrain que constitue la méta-écriture logicielle et ses usages.

Avec ces éléments en tête, nous nous penchons à présent sur les aspects concrets de la fabrication des cartes.



## II. Explorations

À l'origine de ce mémoire se trouve une expérience concrète de la fabrication de cartes numériques. Entre avril et juillet 2017, nous avons travaillé sur la cartographie des données réseaux pour le laboratoire Madynes de l'Inria<sup>44</sup> sous la direction d'Isabelle Chrisment et Éric Guichard. Le cœur de la mission consistait en un état de l'art de la cartographie contemporaine, ses sources, ses outils, ses normes et ses pratiques, une attention particulière devant être portée à la sémiologie graphique. Au fil de ce travail, nous avons accumulé des savoirs théoriques et des savoir-faire concrets : nous avons rassemblé des sources, créé des scripts, fabriqué des images ; nous avons étudié l'existant, débattu des possibilités cartographiques, proposé des pistes d'évolution et transmis notre pratique. Il en résulte un matériau extrêmement dense, dont il nous faut maintenant retranscrire un maximum d'éléments de la façon la plus juste possible en vue d'interroger notre bagage théorique.

Dans cette partie, nous présentons donc un retour d'expérience, en abordant successivement différents points et les pratiques qui s'y rattachent :

1. les données ;
2. les outils ;
3. les cartes ;

### *L'information géographique*

« En pratique, les données (ou mieux, ce qu'il faudrait vraiment apprendre à nommer les « obtenues ») captent toujours des connexions (colonnes d'un tableau de chiffres, série de phrases, images mises côte à côte, graphes, etc.). Ce sont ces connexions qui sont ensuite projetées selon des formats divers et qui donnent alors l'impression de décrire un espace et un temps (en fait toujours un espace-temps, c'est-à-dire un parcours ou une trajectoire). L'argument (philosophique, mais peu importe ici) est qu'il ne faut pas confondre la projection avec la connectivité : les données sont plus riches en connectivité que les projections (forcément limitées) par lesquelles on les ordonne. C'est une autre façon de dire qu'il ne faut pas confondre la carte (les projections) avec ce que l'on a obtenu du territoire, ou, qu'il ne faut pas confondre le récit (qui n'est jamais qu'un autre format de projection) avec la trajectoire. »<sup>45</sup>

CETTE LONGUE CITATION est indispensable car elle contient une appréciation fondamentale des données, lesquelles constituent la première pierre de notre expérience cartographique. Dans une formulation deve-

44. Équipe de recherche Supervision des réseaux et services dynamiques, Institut national de recherche en informatique et automatique.

45. Latour, "L'anti-zoom", 2014.

nue célèbre, Latour appelle à parler d'obtenues plutôt que de données. Nous allons voir dans les lignes qui suivent qu'il n'y a rien de plus dangereux pour le cartographe enthousiaste que de considérer son matériau comme une donnée, c'est-à-dire quelque chose dont il va pouvoir se saisir en toute insouciance simplement en se penchant sur le terrain. Les données cartographiques n'ont en fait rien de donné : elles sont obtenues, la plupart du temps avec difficulté, parfois en payant un prix n'ayant rien de métaphorique. Nous affirmons ce constat avec le bénéfice du recul et après un long travail réflexif sur lequel nous allons revenir, mais il nous faut d'abord présenter une toute première expérience de cartographie qui s'est avérée très différente et salutaire.

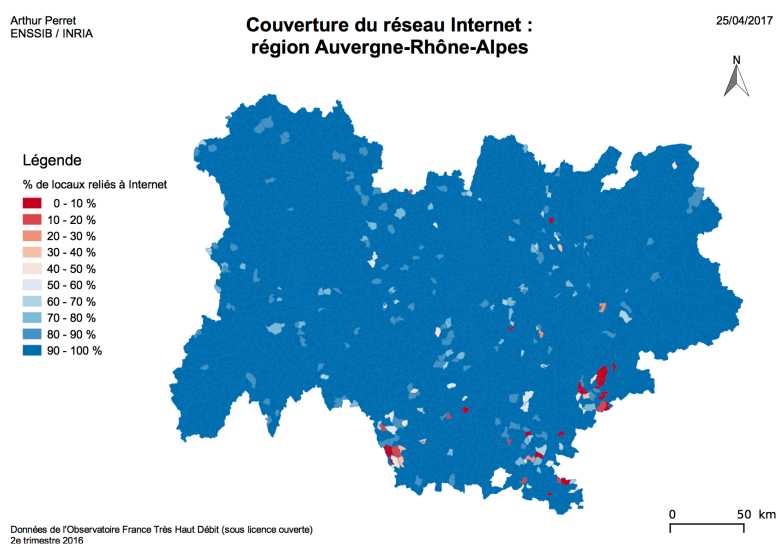


FIGURE 1 : Couverture Internet en région Auvergne-Rhône-Alpes.

LA CARTE présentée en figure 1 a été fabriquée au douzième jour de notre mission (la date fait foi). Elle présente toutes les caractéristiques de l'erreur de jeunesse. Elle est incomplète : la région est percée de trous qui sont autant de données manquantes, ce qui n'est pas indiqué par la légende. Elle mobilise une conception naïve de la cartographie : la boussole et l'échelle kilométrique sont superflues et auraient pu être remplacées avantageusement par une délimitation des contours départementaux, voire les noms des principales villes. Elle est discutable sémiologiquement, si on souhaite s'en tenir aux principes de J. Bertin<sup>46</sup> : une échelle de couleur allant du bleu au rouge est la plupart du temps associée à un phénomène croissant (par analogie avec la température), or elle est ici inversée, donc d'une certaine façon susceptible de prêter à confusion – les pourcentages faibles étant en rouge.

Malgré ces défauts, cette carte présenta sur le moment un intérêt majeur, lequel n'a rien à voir avec une éventuelle conclusion sur la connectivité des communes rurales en Auvergne-Rhône-Alpes : elle nous a permis d'envisager la fabrication de la carte comme une activité certes complexe mais abordable, cette carte-ci n'ayant nécessité que l'apprentissage de quelques instructions et une poignée de minutes passées à les transcrire dans un logiciel pour s'afficher devant nos yeux. L'accélération des techniques, plusieurs fois mises en avant dans nos références, est ici vécue comme une réalisation frappante : faire des

46. Bertin, *Sémiologie graphique : les diagrammes, les réseaux, les cartes*, 1967.

cartes est beaucoup plus rapide qu'autrefois. Notons qu'il s'agit bien de vitesse dont nous parlons ; la facilité de la chose n'est pas si évidente. En effet, la question de la maîtrise des outils est toujours d'actualité mais s'est quelque peu déplacée : l'habileté plastique n'est plus en jeu, remplacée par une forme d'agilité informatique, ce dont nous avons conscience en abordant le stage. É. Guichard a donc bien raison de placer le terme « démocratisation » entre guillemets lorsqu'il évoque la démocratisation de la vitesse.<sup>47</sup>

Évidemment, le temps passé à *faire* la carte est bien inférieur à celui passé à la *préparer* et c'est là tout notre propos relativement à la citation de Latour. Pour quelques minutes passées à fabriquer l'image avec QGIS, un logiciel de type SIG<sup>48</sup>, ce sont plusieurs heures de traitement qui précèdent et conditionnent d'une certaine manière l'étape durant laquelle la carte est matérialisée. Le traitement des données semble obéir à une loi de type Pareto, au sens où la majeure partie du matériau ne nécessite que peu de temps de travail, tandis qu'un petit nombre d'entités posent des problèmes multiples liés à des cas particuliers – mauvais codage, valeurs manquantes, erreurs matérielles –, problèmes dont la résolution se révèle bien plus chronophage.

Nous n'avons vécu aucun de ces problèmes avec la première carte ; en toute naïveté, nous nous sommes simplement baissés pour ramasser le matériau et la carte s'est faite presque toute seule. C'est en discutant de ce travail avec des historiens que nous avons pu prendre du recul sur cette introduction à la cartographie. En effet, nous cherchions à entrer dans le vif du sujet de la façon la plus rapide possible, ce qui nous a conduit à utiliser des sources que les historiens qualifient à juste titre d'idéales : un fichier de contours et un fichier de données contenant une référence commune permettant de les joindre correctement, disponibles en accès libre sur les sites de producteurs de données *a priori* fiables<sup>49</sup>. Ces conditions optimales permettent effectivement de produire rapidement des cartes qui, à défaut de constituer des représentations justes, servent de visualisation efficace. Nous reviendrons plus loin sur la notion de cartes de travail.

L'ASPECT CHRONOPHAGE du traitement des données s'explique aussi par le caractère parfois volumineux de l'information géographique. Le tableau 1 présente un extrait des fonds de cartes les plus importants parmi ceux que nous avons accumulés durant ce stage :

Nom	Poids (Mo)	Nb d'entités	Description
IRIS	144	16000	Découpage infra-communal
CARTOGRAM	130	35000	Anamorphose
GEOFLA	97	35000	Découpage communal
GEOFUSION	45	35000	Découpage communal corrigé
ARA	22	4000	Région Auverne-Rhône-Alpes
RHONE	1	200	Département du Rhône

Les opérations cartographiques nécessitent de mettre en mémoire vive un grand volume d'entités provenant de fichiers dont le niveau de description est parfois très fin. Le tableau 2 présente les ordres de grandeur pour la durée de plusieurs opérations appliquées à un fonds de carte du découpage communal en France métropolitaine, classés par

47. Guichard, "L'internet : retrouvailles de l'écriture et de la cartographie", 2006, p. 51.

48. Système d'information géographique.

49. Le portail [data.gouv.fr](http://data.gouv.fr) et le site de l'Institut géographique national (IGN).

TABLE 1 : Fonds de cartes utilisés durant la mission, classés par poids de fichier.

ordre croissant. Ceci est représentatif de notre pratique, qui comporte de nombreuses cartes de France au niveau communal, c'est-à-dire traitant simultanément 35000 entités.

Opération	Logiciel	Durée
Affichage des entités dans l'interface graphique	QGIS	1 seconde
Déformation des contours suivant un paramètre	Scapetoad	3 minutes
Fusion de données carroyées à zoom	ArcMap	plusieurs heures

TABLE 2 : Durée comparative de trois opérations cartographiques sur le fonds GEOFLA.

Nous constatons rapidement que la complexité de l'opération se superpose au poids du fichier (dépendant du niveau de définition des données) et au nombre d'entités pour donner des durées difficiles à maîtriser. Certaines ambitions cartographiques relèvent ainsi du *big data* : l'opération de fusion que nous prenons pour exemple n'est quasiment pas envisageable à l'échelle de la France et ce en disposant pourtant de machines performantes. Pour contourner ce problème, la meilleure solution est de réduire la quantité de mémoire sur une seule opération, donc de découper les données – par exemple par départements. Ce surcroît de traitement renforce l'image de la cartographie comme une science basée sur la manipulation des données.

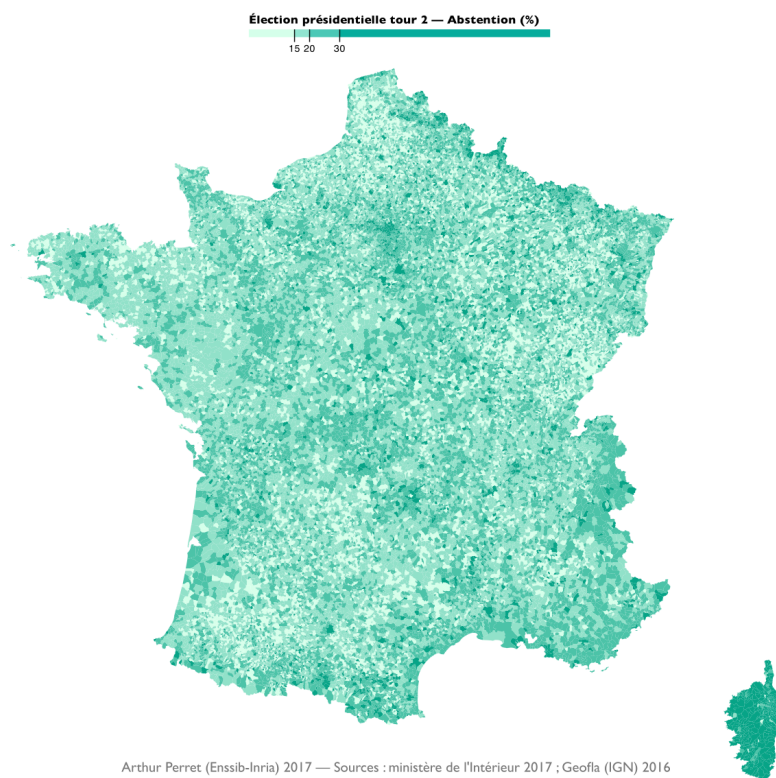


FIGURE 2 : Abstention au second tour de l'élection présidentielle 2017.

LA CARTE DE L'ABSTENTION présentée en figure 2, contrairement à la première, a nécessité plusieurs dizaines d'heures de travail. Elle cumule pourtant les bénéfices d'une maîtrise technique plus poussée et le fruit de nombreux échanges avec la communauté cartographique, ayant été produite vers la fin de notre mission de stage. En retranchant les facteurs liés à notre posture d'apprentissage, nous évaluons le seul nettoyage des

données pour cette carte à environ une quarantaine d’heures. Ces heures comprennent la lecture des données, puis la rédaction de scripts permettant d’automatiser le traitement<sup>50</sup>, dans une démarche nécessairement itérative : sur un large volume d’entités (les quelques 35 000 communes de la France métropolitaine), le traitement génère inévitablement des erreurs, tandis qu’il révèle les particularités de constructions des données ; le tout nécessite de remettre cent fois l’ouvrage sur le métier. Pour cette carte, nous disposons de deux codages différents : les contours des communes, mis à disposition par l’IGN, correspondent à un découpage exhaustif du territoire dans lequel chaque ville et village dispose de son code historique ; à l’inverse, les données du ministère de l’Intérieur respectent les fusions de communes ayant eu cours entre 2015 et 2017. Nous avons donc construit une référence commune en automatisant la complétion des codes manquants autant que possible ; malgré tout, il nous a fallu éditer manuellement une centaine de communes pour obtenir une carte complète.

LA DEUXIÈME IDÉE importante dans les propos de B. Latour sur les données concernent leur richesse, à ses yeux supérieure à la projection que nous pouvons en faire. Il évoque leur connectivité, ce que nous traduisons au sens de Bachimont comme une propriété du calcul comme logique fondamentale de l’écriture numérique : le potentiel hermétique des données est soutenu par une combinatoire qui permet de les relier pour produire de nouvelles données. Dans le cas de la cartographie, le matériau de base est d’autant plus riche que l’information géographique peut être de triple nature :

- sémantique, permettant une description de la nature de l’entité ;
- topologique, c’est-à-dire relationnelle ;
- géométrique, pour exprimer la forme et la localisation.

Une simple liste de coordonnées telle que présentée dans le tableau 3 constitue de l’information géographique. Dans sa forme la plus simple, elle peut donc être exprimée en texte brut. Le tableau 4 présente une liste de communes contenant leur code Insee, ce qui constitue une autre forme d’information géographique.

Code	Nom	A	B	B-A
39208	Entre-deux-Monts	38,37	61,63	23,00
39209	Val-d’Epy	38,3	61,7	23,00
39210	Equevillon	39,87	60,13	21,00
39211	Essards-Taignevaux (Les)	51,35	48,65	-3,00
39214	Esserval-Tartre	35,09	64,91	29,00
39216	Etival	32,85	67,15	35,00
39217	Etoile (L’)	24,8	75,2	51,00

Il apparaît que l’information sémantique est facile à stocker et à interpréter, y compris pour les humains. Voici en revanche une entité exprimée dans une variante de JSON auquel nous rajoutons simplement l’information géométrique, c’est-à-dire les contours et les coordonnées :

```
[{"type": "Feature", "properties": {"code": "69019", "nom": "Belleville",
"geometry": {"type": "Polygon", "coordinates": [[ [523.3344788203428, 221.87352850569732],
[518.1049774313567, 228.6665113444542], [509.1780979441128, 238.5434714286166],
[510.37704979926343, 249.5027052636724], [489.0768859218524, 241.34926641055063],
```

50. Nous nous sommes appuyés sur des acquis préalables liés au langage Perl et aux expressions régulières.

Latitude	Longitude
45,82076	4,87673
45,82307	4,88249
45,82666	4,88792
45,83533	4,89154
45,84503	4,88941
45,84987	4,88849

TABLE 3 : Une série de coordonnées en latitude et longitude.

TABLE 4 : Information géographique au format texte présentée dans un tableau.

```
[479.7637745092002,229.1581754242943], [470.0266655530038,228.15350604001287],
[466.8519772031266,217.49561908806209], [477.6575702278667,214.25298639102402],
[486.7321520389801,214.0040644552646], [506.11630596555074,218.04684207104583],
[509.8042073801821,216.59326876705018], [523.3344788203428,221.87352850569732]]],
"id":"69019","id":"69019","internet":"100,0","thd":"92,5"]
```

Nous voyons que l'humain va rapidement avoir des difficultés pour interpréter cette information : le texte est beaucoup plus dense, difficile à présenter sous forme de tableau sans créer une case surdimensionnée ; le format des coordonnées ne correspond pas à des latitudes et longitudes ; la structure semble reposer sur une nomenclature en anglais. En somme, un logiciel adapté s'avère indispensable pour traiter cette information.

Enfin, voici un extrait similaire mais exprimé en TopoJSON, c'est-à-dire exprimant la topologie. Ces trois entités ont subi plusieurs opérations de codage pour réduire le volume de l'information.

```
"type":"Polygon","arcs":[[0,1,2,3,4,5,6,7,8]], "id":"38225","properties":{"density":88,
"type":"Polygon","arcs":[[9,10,11,12,13,14,15]], "id":"42070","properties":{"density":33,
"type":"Polygon","arcs":[[16,17,18,19,20,21]], "id":"38342","properties":{"density":19
```

Au 01/09/17, Wikipédia recense 18 formats de données vectorielles dont la plupart correspondent à l'implémentation propriétaire d'une même intention, à savoir le stockage structuré de l'information géographique. Les efforts de standardisation varient en fonction de l'économie de chaque secteur de l'informatique. Dans le domaine de la cartographie numérique, le format propriétaire Shapefile s'est imposé car il a été repris par de nombreux logiciels libres ; parallèlement, le format GeoJSON s'impose dans les usages de l'information géographique liés à Internet car il repose sur les technologies du Web. Le standard à proprement parler est un dérivé du XML, le GML<sup>51</sup>, dont l'usage principal est l'articulation entre les différents formats – une fonction que permettent également certaines bibliothèques en Javascript.

51. *Geographic Markup Language.*

En examinant ces différentes formes de données, nous comprenons pourquoi la cartographie peut apparaître plus pauvre aux yeux de B. Latour. Les données, une fois passées à la moulinette classificatrice de la projection, se recomposent difficilement dans notre esprit, la carte ayant efficacement aplati un réseau informationnel brut pour en faire émerger une signification précise. Plus exactement, la projection induit une représentation et non la donnée elle-même. La carte topographique donne à voir une partie des noms, une certaine représentation des formes et un fragment seulement de la topologie<sup>52</sup>. À priori, elle représente donc une perte d'information considérable par rapport aux données.

52. Ce que nous pourrions éventuellement appeler une carte topologique est en fait un graphe.

La réalité est en faite plus complexe mais pour évaluer cela il nous faut nous intéresser au paysage logiciel de la cartographie et aux caractéristiques de ses principales interfaces.

### *L'outillage cartographique*

NOTRE PREMIER CONTACT avec les aspects concrets de la cartographie numérique par ordinateur suggérait que la pratique pouvait être d'une certaine facilité. Plus encore, que la matérialisation de la représentation pouvait avoir un côté spectaculaire : deux clics, trois lignes



de code et voici déjà une image, qui plus est offrant un semblant de justesse. La première visualisation que nous avons obtenue s'est manifestée sans attendre et la première carte à proprement parler a suivi très peu de temps après; la première carte juste, elle, a mis des heures voire des semaines à émerger mais à ce stade le cartographe amateur est déjà enthousiasmé par la rapidité des instruments. Si les différents auteurs que nous avons cité ont pu souligner l'aura ancienne de la carte, le numérique y adjoint ce numéro d'apparition frappant qui confère à l'écriture de la carte le même vertige que sa lecture. Cependant, les mêmes auteurs nous mettent en garde contre les effets mystificateurs de l'informatique. En débutant notre compte-rendu par la question des données, c'est toute la rugosité de la cartographie que nous avons volontairement restituée en premier : cette démystification préalable prévient tout risque de raccourci malheureux tel que « le logiciel fait la représentation » en soulignant la quantité de manipulations qui sont l'œuvre du cartographe, conditionnant en grande partie l'action ultérieure du logiciel.

LES TECHNOLOGIES de la cartographie contemporaine se scindent en deux groupes : les systèmes d'information géographiques, rassemblés sous le sigle SIG (dont nous avons beaucoup utilisé un représentant libre, QGIS); les bibliothèques de code, exprimées dans des langages de programmation tels que le Javascript et l'environnement R. Ces interfaces entre le scripteur et la carte se veulent polyvalentes, permettant notamment des opérations sophistiquées sur les données. Il existe donc en théorie une possibilité de maîtriser la chaîne cartographique de bout en bout à travers un seul logiciel. Dans la pratique, les SIG se révèlent lents et fragiles, tandis que le Javascript est sujet aux fuites de mémoire. Notons donc au préalable que notre travail n'aurait pas pu se réaliser sans d'autres types de programmes : les tableurs, les éditeurs de texte, les navigateurs Internet.

SIG et langages de programmation fonctionnent fondamentalement tous de la même manière : ils permettent de sélectionner des données et d'y appliquer des opérations algébriques, logiques et géométriques, d'effectuer des requêtes et de renvoyer des résultats, de projeter des coordonnées, de gérer des sources locales et en ligne, etc. Nous nous dispensons ici des généralités pour développer uniquement les éléments qui nous semblent les plus indiqués pour notre problématique : nous nous intéressons avant tout à la manière dont les outils favorisent la démarche exploratoire de la carte et sa reproductibilité. Ce sont donc principalement les modalités d'automatisation qui nous intéressent. Il s'avère qu'elle sont similaires entre un SIG et un langage de programmation mais que leur gestion diffère grandement. Avec un SIG du type QGIS, le cartographe peut aisément enregistrer sous forme de modèles des réglages sémiologiques et des canevas pour l'export, ainsi que des scripts contenant requêtes et instructions. Le logiciel gère ainsi une bibliothèque locale de fichiers dont les rôles sont distincts, construits automatiquement sur décision de l'utilisateur. Avec du Javascript ou du R, l'opération est par nature possible car toute action repose sur des lignes de texte entièrement manipulables mais elle est beaucoup moins accessible, car le code constitue un moteur pour les différentes fonc-

tionnalités souhaitées, pas les fonctionnalités elles-mêmes : tout doit être fabriqué. Si le cartographe crée donc occasionnellement des ressources qui s'accumulent en bibliothèque locale, il a plutôt recours à des ressources existantes rassemblées dans des bibliothèques en ligne – ce qui est un principe essentiel des technologies du Web.

Au-delà de leurs similitudes, la différence majeure entre SIG et langages de programmation se situe au niveau de l'interface, ce qui est frappant si on compare les figures 3 et 4. Un SIG s'appuie sur une logique d'informatique grand public ; il met à disposition une interface compréhensible pour mener un travail composite entre géographie, géométrie et gestion des bases de données : il présente des tables d'attributs et permet de saisir des requêtes ; il met à disposition des fonctionnalités de modification d'image raster et vectorielle dans des panneaux appropriés ; il supporte une certaine modularité, permettant d'importer d'autres techniques et ressources (comme des scripts ou des fonds de carte en ligne). Les bibliothèques Javascript telles que Leaflet ou D3 sont beaucoup plus rudes d'accès. D'expérience, D3 est fréquemment décrit au cartographe amateur comme un enfer mathématique ; or le SIG aussi permet d'effectuer des calculs, des projections et des transformations – il dispose même souvent de fonctions d'analyse spatiale –, il n'est donc pas moins mathématique que D3. Simplement, le Javascript peut s'écrire dans une fenêtre d'éditeur de texte ou d'invite de commande : les interfaces du langage de programmation sont donc plus dépouillées, sa nature architecturale devenant plus délicate à appréhender car dépourvue d'environnement graphique traduisant la mathématique sous-jacente, au contraire du SIG. Les deux constituent des systèmes documentaires mettant en lien ressources locales et distantes, mais leur manipulation semble si différente car elle ne se présente pas du tout de la même façon.

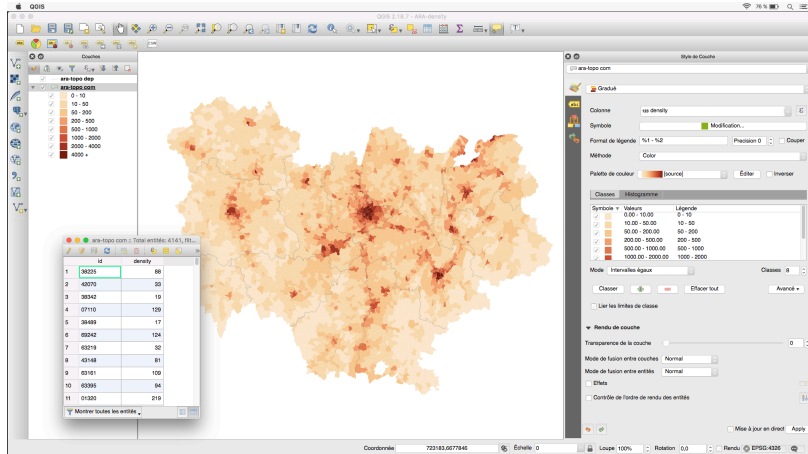


FIGURE 3 : Interface du logiciel QGIS.

```

328 ndjson-map 'd.properties = {density: Math.floor(d.properties.POPULATION /
329 d.properties.SUPERFICIE * 10000)}, d' < ara-ndjson > ara-density.ndjson
330 less ara-density.ndjson
331 ndjson-reduce 'p.features.push(d), p' 'type: "FeaturesCollection", featu
332 res: []' < ara-density.ndjson > ara-density.json
333 ndjson-map -r -d3 '(d.properties.fill = d3.scaleSequential(d3.interpolat
334 eVizier).domain([0, 40000]))(d.properties.density), d)' < ara-density.ndjson >
335 ara-color.ndjson
336 gpd2topo -n com-ara-density.ndjson > ara-topo.json
337 topoisimplify -p 1 -f < ara-topo.json > ara-simple-topo.json
338 topoquantize 1a5 < ara-simple-topo.json > ara-quantized-topo.json
339 topomerge -k 'd.id.slice(0, 2)' dep-con < ara-quantized-topo.json > ara-
340 erge-topo.json
341 less ara-merge-topo.json
342 less ara-quantized-topo.json
343 topomerge reg-con < ara-quantized-topo.json > ara-reg-
344 json
345 ls -l
346 less ara-reg-
347 topomerge dep-con -k 'd.id.slice(0, 2)' < ara-quantized-topo.json > ara-
348 erge-topo.json

```

FIGURE 4 : La ligne de commande, une interface possible pour programmer avec D3.

Il s'agit là presque d'un lieu commun pour quiconque possède des notions d'informatique, sans parler d'ingénierie documentaire, cependant il soulève un enjeu fort en matière de reproductibilité. Si en matière d'image, le code ne montre rien tandis que le SIG montre constamment, c'est l'inverse en matière de fabrication. Un unique fichier texte suffit à contenir toutes les instructions et renvois utiles pour réaliser une carte en Javascript. Mieux encore, un unique fichier texte peut très bien exprimer un raisonnement, contenir les données et le script créant la carte : c'est le principe du logiciel Jupyter, lequel repro-

duit la logique du carnet de laboratoire numérique. Cela fonctionne car ce type de cartographie est bâti sur un ensemble de cadres logiciels purement textuels et interconnectés, formant une sorte d'hyper-architexte. Le SIG échoue pour l'instant à entrer dans ce paradigme. Les appels à une meilleure reproductibilité se focalisent donc sur les méthodes liées à la programmation. Le créateur de D3, Mike Bostock, travaille notamment sur des outils permettant de documenter et partager les méthodes d'élaboration de cartes en Javascript. Récemment, des auteurs français ont proposé l'adoption des dépendances cartographiques de R pour favoriser la réutilisation des techniques cartographiques et plus seulement des données, à la recherche d'un modèle propice à la reproductibilité des cartes comme toute autre méthode expérimentale.<sup>53</sup>

53. Giraud et Lambert, "Reproducible Cartography", 2017.

EN MATIÈRE DE SÉMIOLOGIE, la distinction entre SIG et langages de programmation développée dans les paragraphes précédents ne se prolonge pas si aisément. Comme nous l'avons dit, les SIG font le lien entre une informatique moderne permettant l'usage de bases de données et une géographie traditionnelle dont les représentations sont stabilisées. Cela se traduit en pratique par une certaine polyvalence graphique : dans QGIS, toute la palette de représentations évoquée par Bertin est réalisable, de même que les nombreuses évolutions sémiologiques ayant eu lieu depuis. Les listes de symboles prédéfinis acceptent l'importation de nouveaux éléments. Le logiciel maîtrise autant le support vectoriel que raster, y compris le raster en ligne avec l'importation dynamique des tuiles fournies comme service par Google ou OpenStreetMap<sup>54</sup>. En somme, le SIG standard semble plutôt complet en matière de possibilités graphiques. Étonnamment, les librairies de code offrent une certaine souplesse mais ce n'est pas systématique : l'usage massif de cartes interactives optimisées pour la navigation sur mobile a conduit certaines librairies à se calibrer sur cet usage, tandis que d'autres ont suivi l'essor du SVG animé ; ceci en fait des outils finalement assez spécialisés, malgré (ou peut-être du fait de) la plasticité de l'architexte sous-jacent.

54. La carte 10 utilise un fonds représentant la végétation et les cours d'eau. Le contraste avec les zones rouges constitue tout le ressort graphique de cette carte.

### *La production de cartes*

À PARTIR DE CES POSSIBILITÉS peut se déployer une activité assez intense. L'automatisation permet en effet de multiplier les cartes en général mais surtout les cartes dites de travail qui nourrissent l'expérimentation scientifique. Elle facilite la manipulation de l'information géographique, ce qui nous permet de réaliser avec rapidité différents types de visualisation d'un même ensemble de données. Enfin, à travers la création de modèles, patrons et autres outils *ad hoc*, elle nous pousse à reproduire les cartes pour observer les similitudes et les variations, améliorer éventuellement la cohérence et la précision, jusqu'à constituer des séries de cartes pouvant être regroupées en atlas et publiées. Nous présentons ici quelques exemples tirés de notre propre expérience permettant d'analyser ces différentes productions.

LES CARTES DE TRAVAIL constituent une nouveauté par rapport à la cartographie non-informatique : le temps de réalisation étant plus court

et le support réutilisable, produire de nombreuses cartes n'entraîne plus un coût élevé, ce qui favorise la multiplication de versions intermédiaires, inachevées, temporaires. Elles peuvent avoir différents usages : susciter un questionnement, apporter des éléments de réponse, mettre en lumière les imperfections qui nécessitent un retour aux données ou à l'hypothèse, etc. Revenons à la première carte que nous avons fabriquée avec QGIS (p. 24). Nous avons mentionné que la région y est percée de trous : certaines taches blanches correspondent en effet à des données manquantes, ce qui se traduit par une absence de couleur pour la zone correspondante. La plus large tache blanche, située tout en bas de la carte, a résisté à notre entendement pendant un temps que l'honnêteté intellectuelle nous force à qualifier de relativement long. Il s'avère que cette tache n'est pas une erreur mais l'enclave des papes, c'est-à-dire un canton du Vaucluse qu'un bras de terre sépare du reste de sa région. La tache est pour ainsi dire officielle et constitue plus qu'une anecdote pour le cartographe. Elle nous a d'ailleurs accompagné tout au long de notre mission, se rappelant à notre bon souvenir dans les cartes 5 et 6. Nous effleurons ici une forme de fabrique du territoire sur laquelle nous reviendrons dans la troisième partie.

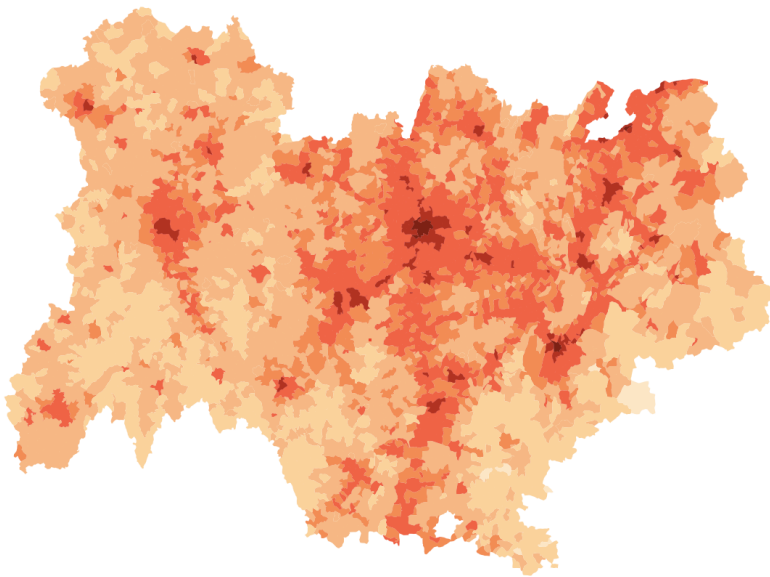


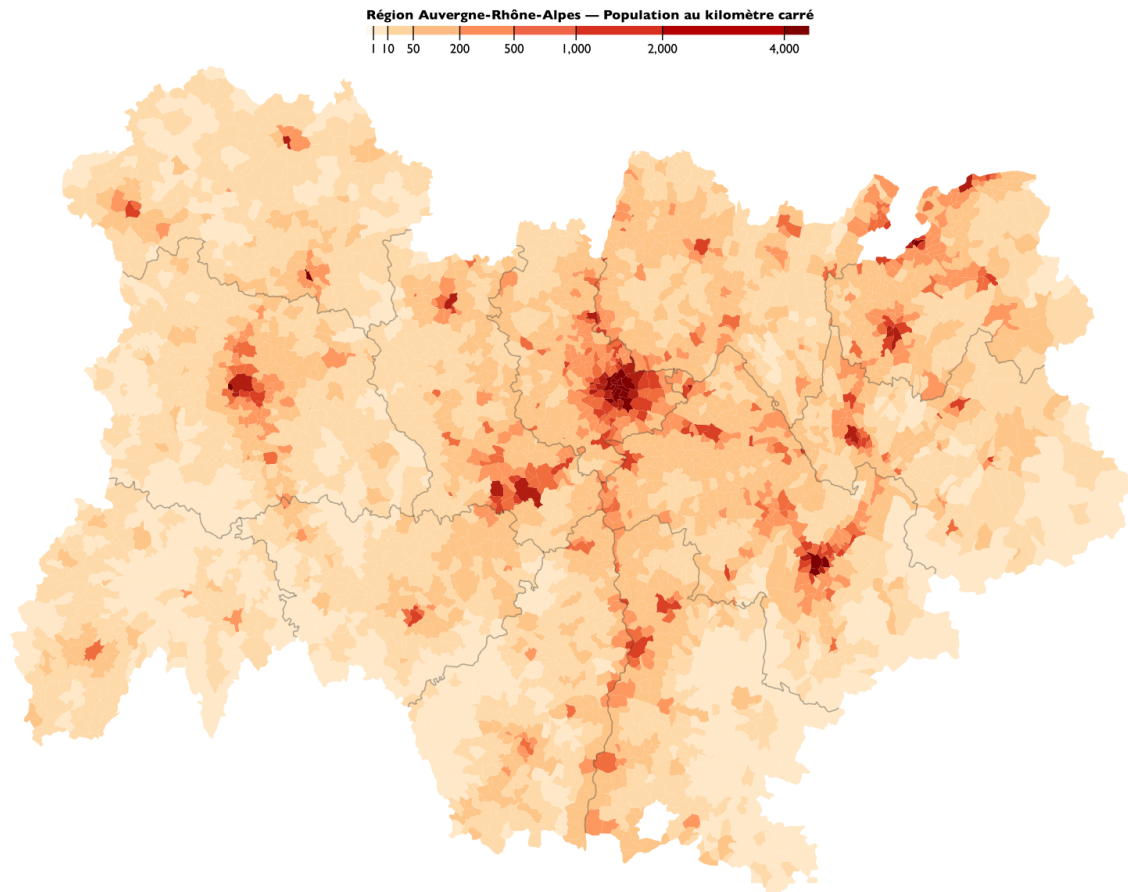
FIGURE 5 : Densité de population en région Auvergne-Rhône-Alpes, version de travail.

AUTRE EXEMPLE, toujours en région Auvergne-Rhône-Alpes, la carte 5 est cette fois-ci fabriquée avec D3. Elle est censée représenter la densité de population par communes mais malgré de nombreuses manipulations d'échelle, elle ne donne pas une visualisation très claire : la carte semble indiquer une répartition globalement correcte, mais l'échelle de la région devrait générer des contrastes beaucoup plus importants. C'est ici l'austérité du Javascript qui explique le piège dans lequel nous sommes tombés. Dans l'expression suivante, nous utilisons D3 pour calculer la densité à partir des informations présentes dans le fonds Geofla. La ligne de commande se présente ainsi :

```
ndjson-map 'd.properties = density:Math.floor(d.properties.POPULATION / d.properties.SUPERFICIE * 10000), d'
```

Effectivement, en l'absence de commentaires de l'auteur pour le

préciser, impossible de savoir que le nombre 10000 est une constante qui sert à convertir les unités et surtout que ce n'est pas la bonne constante car Geofla exprime les superficies en hectares et non en mètres carrés. En ôtant deux zéros, on obtient la carte 6, qui est beaucoup plus juste.



Arthur Perret (Enssib-Inria) 2017 — Source : Geofla (IGN) 2016

FIGURE 6 : Densité de population en région Auvergne-Rhône-Alpes.

Il est particulièrement éclairant de réaliser la même carte à l'aide de deux outils différents. Cette carte de la densité est exactement la même qu'elle soit fabriquée avec QGIS ou avec D3. Cela prouve que ce n'est pas le logiciel qui fait la représentation mais bien l'utilisateur. Cela contribue aussi à souligner les différences d'interface : les commandes utilisées avec D3 sont beaucoup propices à la rédaction d'un script *ad hoc*, donc à inscrire cette carte comme méthode.

TROISIÈME ET DERNIER EXEMPLE, nous avons réalisé plusieurs cartes à partir des données de l'Arcep, l'autorité de régulation des télécoms en France. L'objectif était double : tester la mise en carte des données réseaux et mener une réflexion sur la sémiologie à adopter. Dans un premier temps, nous avons fabriqué rapidement des visualisations de la qualité du réseau téléphonique sur les axes de transports, ce que montre la figure 7.

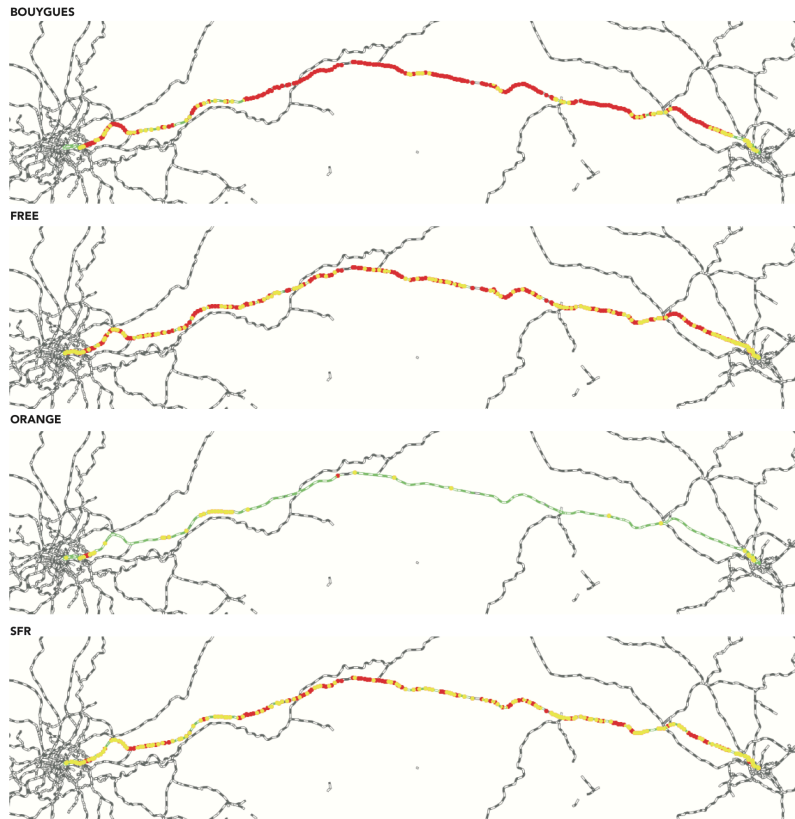


FIGURE 7 : Qualité du réseau téléphonique de Bouygues, Free, Orange et SFR sur le TGV Paris-Lyon.

En travaillant sur ces données, nous avons mis en évidence des zones blanches totales représentant les échecs de connexion communs aux réseaux des quatre opérateurs (voir cartes 8 et 9).

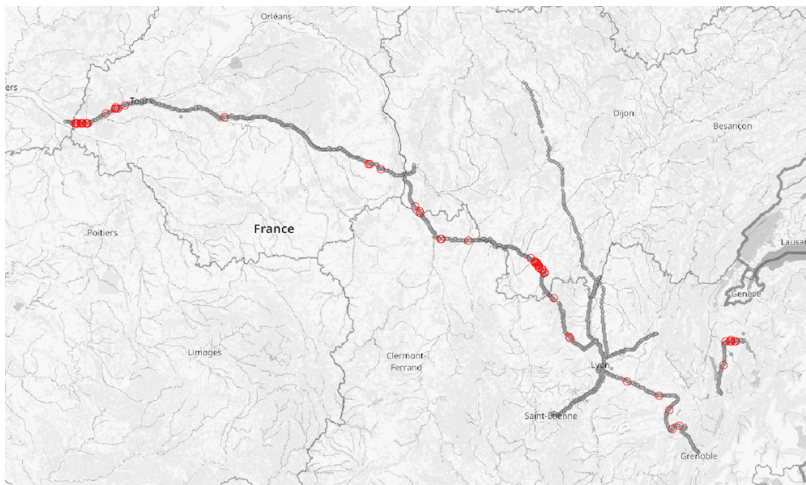


FIGURE 9 : Echecs de connexion, version de travail (A. Perret).

La problématique dans laquelle ces cartes ont vu le jour est la qualité de service des réseaux, ce qui s'appuie beaucoup sur les notions de perception et de représentation. Il s'agit notamment de mener une réflexion sur le sens à donner aux cartes éventuellement déployées dans des applications effectuant des mesures de données réseaux, afin de favoriser l'appréhension de ces mesures par les utilisateurs. Nous avons construit une proposition graphique simple quoique un peu provocatrice pour représenter les zones blanches totales, montrée en figure 10.

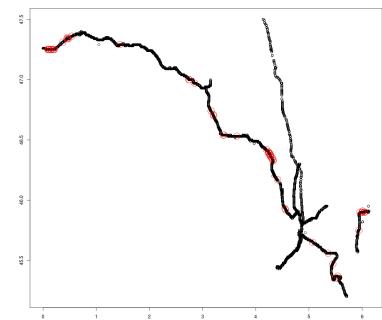


FIGURE 8 : Echecs de connexion, version de travail (É. Guichard).



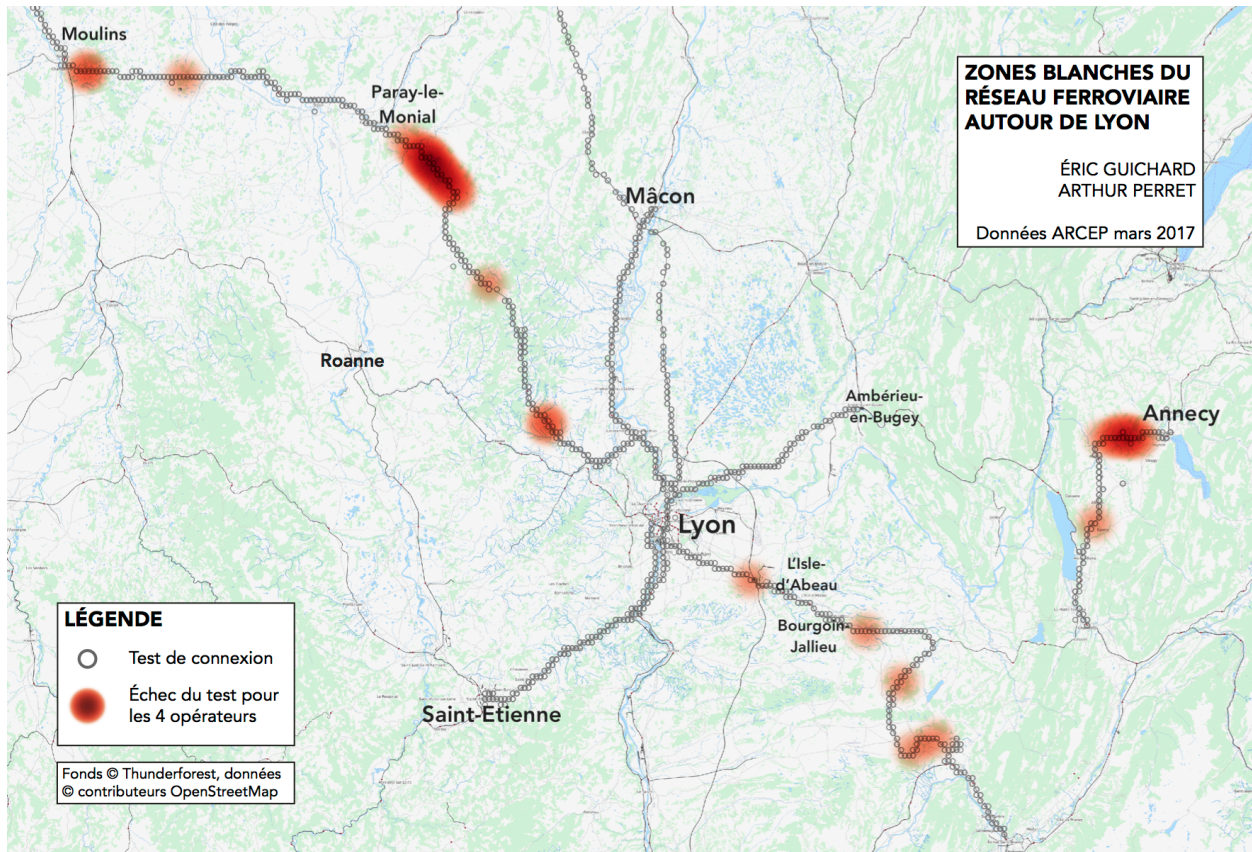


FIGURE 10 : Zones blanches rouges.

Le débat sur ces taches rouges a constitué un terrain de réflexion fertile sur l'intention et l'interprétation des représentations. La carte a également suscité de nouvelles questions : pourquoi une absence totale de connexion dans les zones ainsi révélées ? Un détour par l'observation du terrain a pu confirmer certaines évidences (les tunnels) et donner d'autres éléments de réponse (particularités de l'urbanisme, présence d'un aéroport ou d'un échangeur, absence d'antennes relais). Les incertitudes se sont vues réduites à quelques zones seulement. Notons qu'il s'agit une nouvelle fois d'une façon détournée de construire des connaissances géographiques.

EXAMINONS À PRÉSENT un cas plus spécifique ayant trait à la manipulation de l'information géographique. L'équipe Chôros de l'EPFL<sup>55</sup> a publié récemment un *Atlas*<sup>56</sup> dans lequel ils démontrent la pertinence de l'usage du cartogramme. Ils utilisent deux fonds de carte : l'un représente la carte euclidienne du territoire français (la projection est équivalente, c'est-à-dire qu'elle respecte l'analogie surface-surface) ; l'autre est un cartogramme de ce territoire, c'est-à-dire une anamorphose qui rend les surfaces proportionnelles à une donnée (ici, la population communale). La méthode peut être réalisée avec certains logiciels de cartographie. Nous avons utilisé celui publié par l'équipe Chôros, Scapetoad. La figure 11 montre le logiciel à l'œuvre, avec la grille de déformation ; les surfaces sont dilatées ou compressées avec une faible marge d'erreur positive (rouge) ou négative (violet) pour donner le fonds présenté en figure 12.

55. École polytechnique fédérale de Lausanne.

56. Lévy et al., *Atlas politique de la France*, 2017.

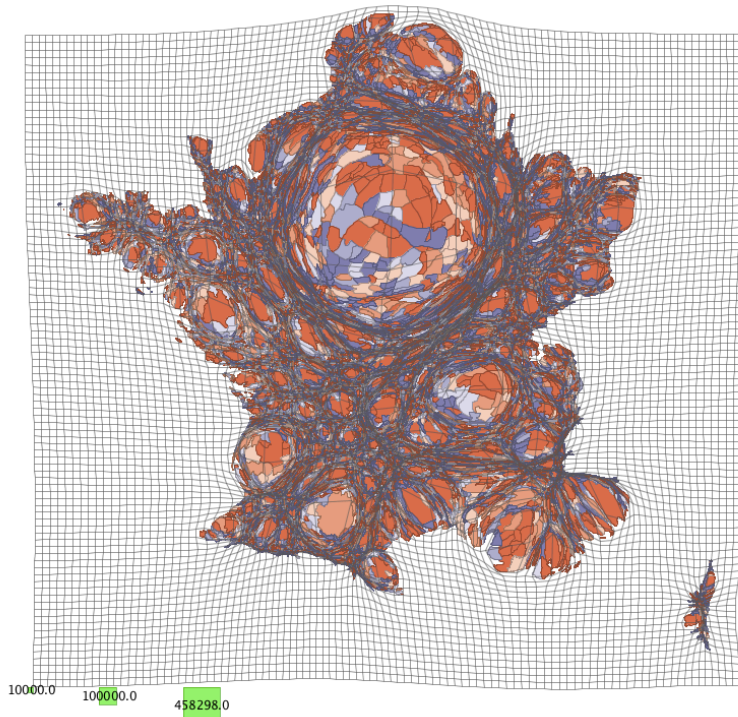


FIGURE 11 : Anamorphose de la carte des communes de France en fonction de la population.

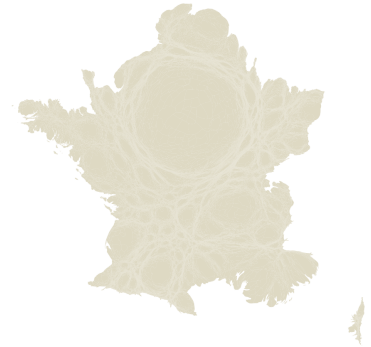


FIGURE 12 : Cartogramme prêt à l'emploi.

L'intérêt de la démarche réside dans l'utilisation du fonds ainsi produit pour cartographier des données d'une façon différente. En particulier, les auteurs de l'Atlas montrent que les données liées à une population sont parfois difficiles à lire sur une carte euclidienne ; les villes sont mieux représentées sur le cartogramme, ce qui permet à Lévy et son équipe de réaliser une observation très fine de la répartition de différents phénomènes dans les agglomérations. En ajoutant à leur cartes les contours des aires urbaines, ils montrent en effet que les gradients d'urbanité sont un élément structurant majeur du paysage français actuel. À titre d'exemple, nous présentons en figure 13 un cartogramme de l'abstention représentant les mêmes données que la carte présentée p. 26. Nous reprenons en vignette cette dernière afin de renforcer la comparaison. En effet, la carte euclidienne peine à nous informer sur le phénomène de l'abstention ; sa répartition semble relativement similaire sur tout le territoire (à l'exception de la Corse, qui se détache plus nettement) et nous avons du mal à discriminer d'éventuelles logiques à un niveau régional ou local. En revanche, le cartogramme laisse apparaître des logiques plus facilement lisibles. Les auteurs de l'Atlas émettent l'analyse suivante d'après leurs cartes de l'abstention au premier tour : « À l'exception de Paris et de Lyon, tous les centres des grandes villes s'abstiennent davantage que leurs couronnes périurbaines voire de leur banlieue. L'abstention est maximale dans les petites villes, surtout industrielles, et dans les banlieues des grandes villes. »<sup>57</sup> Notre carte du second tour vérifie en tous points cette observation.

57. Lévy et al., *Atlas politique de la France*, 2017, p. 87.



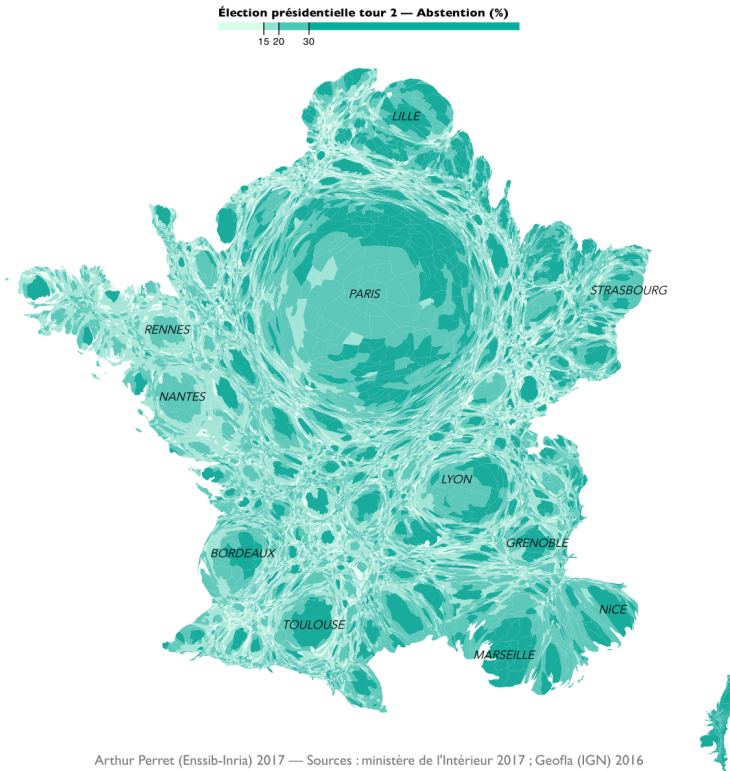


FIGURE 13 : Cartogramme de l'abstention au second tour de l'élection présidentielle 2017.

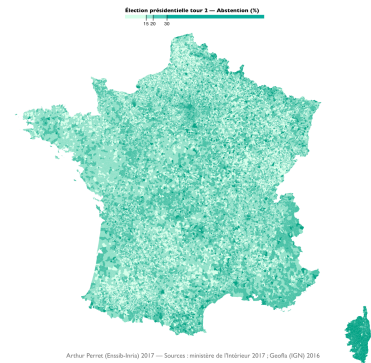
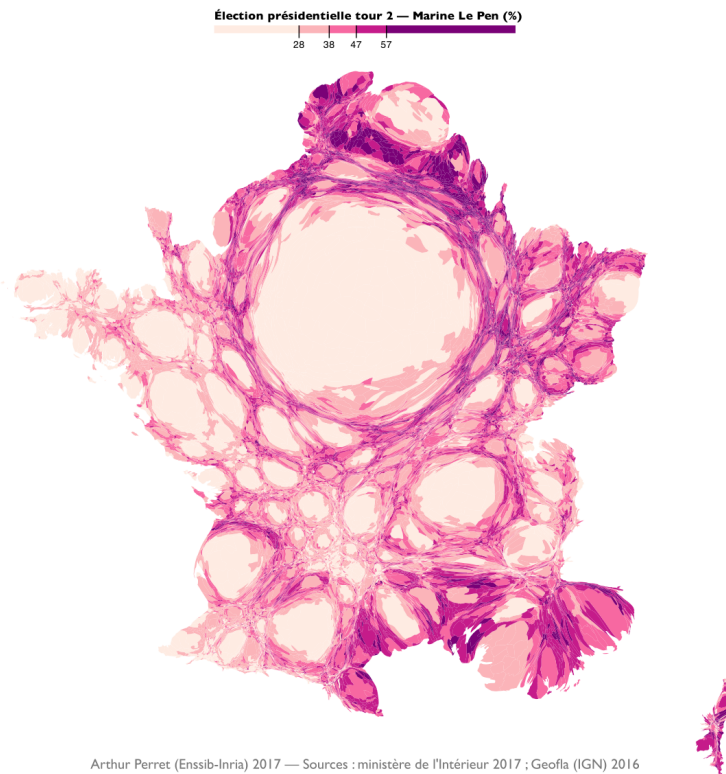


FIGURE 14 : Abstention au second tour de l'élection présidentielle 2017 (reprise).

En présentant la carte pour la première fois (p. 26), nous avons mentionné le fait que ce type de carte demande de nombreuses heures de travail mais que ce temps est principalement constitué du traitement des données. Nous avons également insisté sur le fait que les logiciels de cartographie nécessitent l'apport d'autres outils, en particulier pour ce traitement. Précisons ici cette remarque : le SIG et les bibliothèques de code telles que D3 sont des outils taillés pour manipuler de l'information géographique. Une bonne maîtrise des éditeurs de texte, de certains langages de programmation et des expressions régulières est cependant indispensable pour gagner du temps dans la *création* de cette information, étape préliminaire pour laquelle les logiciels de cartographie ne sont pas forcément aussi souples, ni aussi performants. Nos cartes du second tour de l'élection présidentielle 2017 constituent un bon exemple de cela. Comme nous l'avons dit précédemment, l'information géographique dont nous disposons provient de deux sources dont le codage diffère ; afin de réconcilier les deux, de nombreuses opérations textuelles sont nécessaires. Parce que nous souhaitons optimiser notre temps de travail, nous n'éditions pas les données à la main avec un SIG : nous créons des scripts en Perl qui automatisent ce traitement.

Une fois l'information géographique correctement encodée, les logiciels de cartographie permettent de multiplier les rendus de cette information, en modélisant une partie du processus sous différentes formes. Avec QGIS, nous avons créé un canevas permettant de reproduire le processus de création d'une carte finalisée, c'est-à-dire correctement titrée et légendée (la légende étant elle-même un modèle fabriqué avec D3). En faisant ensuite varier les paramètres sémiologiques, nous avons pu exporter rapidement une demi-douzaine de cartes liées à l'élection.



Notre objectif était notamment de décomposer un cartogramme présent dans l'*Atlas* de l'équipe Chôros, lequel montre le score des deux finalistes simultanément. En montrant séparément les deux scores, on ne visualise pas le rapport de force mais la performance individuelle, ce qui permet d'autres observations.

POUR PROLONGER CES EXPÉRIENCES, nous avons repris le chemin des données réseaux. Nos contacts avec l'Arcep nous ont permis de préciser quels sont les deux types de jeux de données réseaux les plus courants : des mesures, lesquelles représentent le territoire de façon exacte mais non exhaustive ; des simulations de couverture réseau, qui couvrent tout le territoire mais n'en représentent pas les spécificités. Le premier type de données conduit aux représentations que nous avons expérimentées avec les cartes liées au réseau ferroviaire. Le second type de données est le plus approprié pour les cartogrammes.

Nous avons créé l'image comparative présentée en figure 19 à partir de l'Observatoire France Très Haut Débit, un outil cartographique lié à la mission gouvernementale du même nom. Le jeu de données associé décrit l'état de la couverture Internet en France en fonction des tech-

FIGURE 18 : Cartogramme du score de M. Le Pen au second tour de l'élection présidentielle 2017.

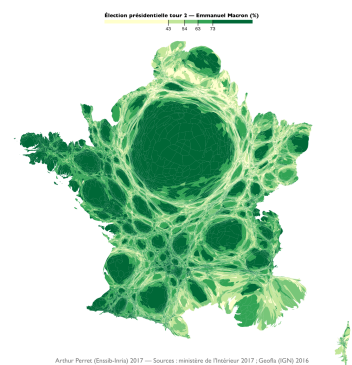


FIGURE 15 : Cartogramme du score d'E. Macron au second tour de l'élection présidentielle 2017.

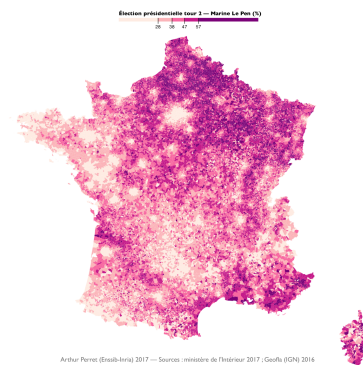


FIGURE 16 : Score de M. Le Pen au second tour de l'élection présidentielle 2017.

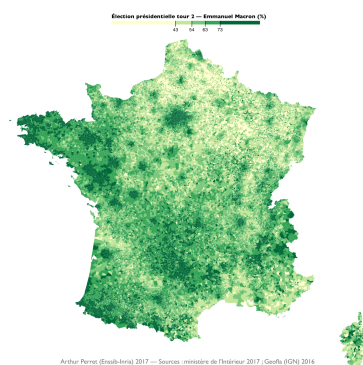


FIGURE 17 : Score d'E. Macron au second tour de l'élection présidentielle 2017.

nologies (DSL, câble, fibre). Nous avons réutilisé ces données avec la même anamorphose du territoire que précédemment afin d'observer l'avancement de la mission. La carte de gauche montre que la couverture est de plus en plus large mais qu'elle tombe à 50% et moins dans les territoires moins peuplés; celle de droite précise le déséquilibre entre les centres des villes, dans lesquels le très haut débit est soit courant soit en bonne voie de déploiement et une agglomération encore très peu desservie au même titre que les campagnes.

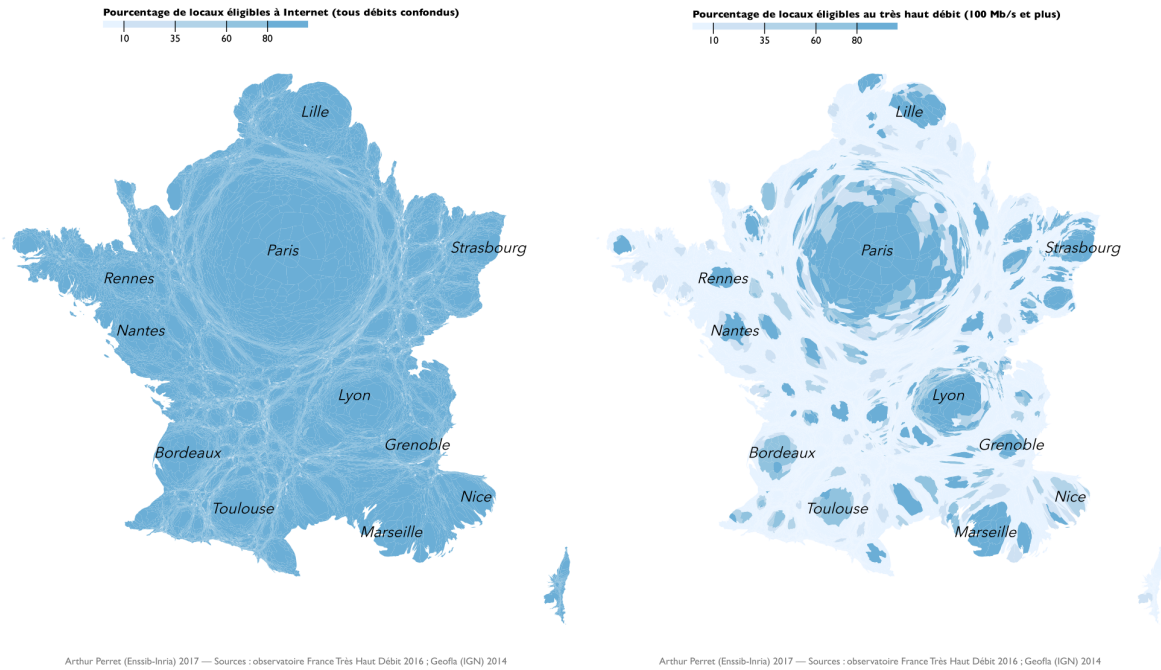


FIGURE 19 : La couverture du réseau Internet en France. À gauche, toutes technologies confondues; à droite, seulement le très haut débit (connexion à plus de 100 Mbits/s).

À TRAVERS CES CARTES, nous voyons l'architecte cartographique en action. Nous allons à présent mobiliser la somme de ces observations en effectuant un retour sur les outils conceptuels analysés dans la première partie.



### III. Du terrain à l'épistémologie

EN FABRIQUANT DES CARTES, nous ne manipulons *in fine* que trois choses : de l'information géographique, un logiciel et des matérialisations de l'information par le logiciel.

Les matérialisations de l'information géographique peuvent s'appréhender de deux façons. La première est simple puisqu'elle repose sur des objets qu'il nous est facile de caractériser en termes documentaires : ce sont les matérialisations durables, images raster (par exemple celles au format PNG que nous avons utilisées pour ce mémoire), vectorielles (optimisées pour l'affichage sur écran) ou même les pages HTML affichant un rendu d'instructions en Javascript. Il s'agit de ce qu'on peut appeler des « exports » : le fonctionnement du logiciel conduit à produire un ou plusieurs fichiers qui s'inscrivent dans nos référentiels documentaires. Ce sont des matérialisations fixées : l'écriture informatique qui les sous-tend est en quelque sorte *documentarisée*.

La deuxième façon d'aborder les matérialisations est plus complexe. Prenons l'image qui se présente à nous dans l'interface du SIG. Elle s'agrège sous nos yeux en une fraction de seconde, entité par entité, comme si un bataillon de cartographes invisibles s'activaient par en-dessous de l'écran pour placer en bon ordre les formes qui viennent s'assembler en carte. Dès lors que nous interagissons avec elle, voilà que l'image s'évanouit ; presque aussitôt un nouvel amoncellement de formes apparaît, répondant à l'interaction qui vient de se produire. Si celle-ci était sans conséquence, comme un petit déplacement de l'emprise ou un léger redimensionnement de la fenêtre<sup>58</sup>, tout se passe comme s'il n'y avait eu aucun changement d'importance – l'image a cligné pendant un bref instant. Mais si nous avons changé l'échelle, la couleur ou les symboles, dupliqué une couche, supprimé des valeurs ou calculé des positions, transformé les lignes en points, les points en cercles ou les cercles en aires, alors l'image est bien évidemment différente. Or ces interactions avec l'information géographique matérialisée sont constantes, c'est la raison d'être de cet environnement logiciel ; nous assistons donc à un ballet d'images indexé sur nos mouvements et notre pensée. Ces matérialisations-là ne sont pas fixes : elles sont faites d'une écriture informatique non transcrite sous forme de documents. Elles représentent quelque chose de tout à fait étrange pour nous qui baignons dans la culture de l'écrit : une inscription de pixels. Sémiotiquement, l'objet est déconcertant : une *image d'image*<sup>59</sup>.

Le mot « matérialisation » est utilisé par C. Jacob lorsqu'il s'attache à définir ce qu'est une carte. Il reconnaît à la carte un aspect désordonné, fait de multiples matérialisations possibles mais non nommées,

58. L'emprise est constituée de 4 coordonnées en latitude et longitude qui servent de cadre à l'aperçu affiché par le logiciel.

59. Pour évoquer l'expression image du texte d'E. Souchier.

non tangibles, non reconnues. Seulement lorsque l'objet se matérialise pouvons-nous dire : c'est une carte. Selon lui, « la matérialisation, plus profondément, se trouve dans l'opération intellectuelle, autant, sinon plus, que technique, qui permet de projeter un schéma minimal ou une image saturée d'informations sur un support ». <sup>60</sup> D'après ce que nous avons pu observer, les logiciels de cartographie numérique mettent en place les conditions d'un dialogue entre la dimension intellectuelle et la dimension technique de la matérialisation : le cartographe conceptualise la carte, ce qu'il traduit par un paramétrage du logiciel, qui offre une matérialisation. Mais le paramétrage introduit des difficultés. Il constitue nécessairement un codage suivant sa propre nature informatique, laquelle est façonnée par un certain type de culture humaine et bornée par un fonctionnement logique. La traduction de la conception du cartographe peut dès lors être réduite, déplacée, transformée. Qui plus est, le paramétrage est ardu : il nécessite de multiples efforts de navigation, édition de données, interactions sur l'écran – une agilité informatique qui remplace l'habileté manuelle dont devaient faire preuve les cartographes travaillant avec règle et compas. La matérialisation *ici* ne se retrouve donc pas toujours dans la matérialisation *là*. Fort heureusement, le logiciel propose et l'utilisateur dispose ; il s'établit donc progressivement un aller-retour entre deux boucles technique-culture, celle qui habite le cartographe et celle qui caractérise la machine.

Les conditions de cette matérialisation sont inscrites dans les documents que nous appelons fonds de carte et que nous devons réfléchir à qualifier autrement. Au début de la fabrication d'une carte, nous importons un extrait de Geofla au format Shapefile : un simple fonds de carte de l'IGN, qui contient les contours des communes. À la fin du processus, le fichier JSON que nous enregistrons agrège toutes les données sur lesquelles nous avons travaillé : contours, topologie et information sémantique sur les communes ainsi que les données représentées (population, accès Internet, résultats d'élection, etc.). Ce fichier permet de reproduire nos images et bien d'autres : peut-on encore parler d'un simple fonds de carte ? Nous ne pouvons le qualifier de carte : l'information géographique est là mais elle n'est pas matérialisée. Par rapport au logiciel, le fichier Shapefile ou JSON est un matériau vu du dessus : le logiciel constitue un plan de travail dans lequel « le transfert de la réalité sur un support réduit » <sup>61</sup> est répété cent fois à la minute au fil des diverses matérialisations. De plus, ces documents ne sauraient se passer des autres documents essentiels pour cette matérialisation : les fameux modèles qui font tout l'intérêt des logiciels cartographiques, que ce soient les styles de QGIS ou les bibliothèques de fragments de code Javascript.

LA CARTOGRAPHIE NUMÉRIQUE est donc à la fois la césure et l'union des technologies intellectuelles que sont la carte et l'écriture. La césure, car l'information géographique et sa matérialisation sont absorbées par l'écriture, inscrites séparément sous forme de texte numérique. L'union, car l'architexte relie et recompose les liens entre information et matérialisation pour créer les objets que nous pourrions nommer des cartes. La carte numérique, quant à elle, est la matérialisation d'une opération elle-même matérialisée dans différents schémas ; une image produite par un processus inscrit de façon fragmentaire dans des documents-méthodes

60. Jacob, *L'empire des cartes. Approche théorique de la cartographie à travers l'histoire*, 1992, p. 136.

61. Dagognet, *Les outils de la réflexion*, 1999, p. 90.

dont les liens sont tissés par les architextes cartographiques. C'est une technologie intellectuelle au carré.

### *La fabrique du territoire*

NOUS AVONS PROPOSÉ l'idée que la cartographie numérique est une recomposition dynamique par une technologie intellectuelle (la carte) d'un matériau lui-même façonné par une autre technologie intellectuelle (l'écriture informatique). Cette réflexion peut-elle rencontrer un écho dans notre pratique? Comment la mobiliser vis-à-vis du terrain?

Notre intérêt fondamental pour la fusion des régimes textuels et visuels nous amène à formuler une observation que nous résumerons ainsi : nous manipulons des images percées de texte. En effet, toutes nos cartes sollicitent des données inscrites. Il s'agit en partie d'un épiphénomène : les données percent directement la carte de chiffres et de mots à travers la légende et lorsqu'elles sont placées en regard d'un contour ou d'un point précis. Par exemple, nous faisons figurer les noms de certaines villes sur les cartes de l'accès à Internet (cf. p. 39) grâce à une instruction logique rédigée suivant une syntaxe propre à QGIS, sur le modèle "Nom de la commune" IN ("Paris", "Marseille", "Lyon") etc. Nous pouvons utiliser le même type de commande pour afficher des infobulles visibles uniquement dans l'affichage du logiciel et pas à l'export. Autre exemple, nous créons un modèle de légende avec D3 au format HTML (cf. figure 20); nous incluons ce modèle en tant que source HTML dans un canevas sous QGIS, ce qui nous permet d'afficher le SVG tel qu'il est paramétré dans l'export de nos cartes. Là aussi, il s'agit de texte numérique transparaissant dans la carte. Mais plus fondamentalement, nous avons explicité la nature textuelle de l'information géographique. La plupart des opérations que nous effectuons en manipulant la carte sont des manipulations textuelles. Les SIG enrobent une partie de ces interactions d'une interface graphique, tandis que la programmation les explicite totalement; dans les deux cas, la manipulation de l'image s'accompagne de nombreuses manipulations de texte.

Nous avons compris en examinant l'information géographique que le constat de B. Latour sur les données est justifié : il y a quelque chose de plus dans ces objets textuels que ne possèdent pas les images que nous en tirons. Cependant, nous commençons à appréhender le fait que les opérations techniques que nous effectuons sur les cartes sollicitent directement ces données. F. Dagognet caractérise la carte comme ce qui fait « le plus » avec « le moins »; P. Robert démonte ses mécanismes en exposant les outils de régulation internes de la carte, sa logique classificatoire, la dynamique exploratoire qu'elle installe en favorisant la navigation, la condensation qu'elle réalise en même temps qu'elle offre un surplomb. Il faut imaginer maintenant les conséquences d'une circulation entre cette technologie intellectuelle-là et les données qui sont au-dedans. La matérialisation qui opère dans notre esprit lorsque nous entreprenons une telle circulation est une forme de rationalité cartographique qui embarque de l'écriture numérique. Plus précisément, la carte fait « encore plus » parce que la matérialisation puise dans deux technologies intellectuelles à la fois.

```
<!DOCTYPE html>
<svg width="500" height="50" <g transform="translate(20,20)"></g></svg>
<script src="https://d3js.org/d3.v4.min.js"></script>
<script>
var formatPercent = d3.format(".0%"),
    formatNumber = d3.format(".0f");
var threshold = d3.scaleThreshold()
    .domain([0.15, 0.28, 0.38])
    .range(["#55ffea", "#90e480", "#4bc080", "#86ac9c"]);
var x = d3.scaleLinear()
    .domain([0, 1])
    .range([0, 318]);
var xAxis = d3.axisBottom(x)
    .tickSize(13)
    .tickValues(threshold.domain())
    .tickFormat(function(d) { return d === 0.5 ? formatPercent(d) :
formatNumber(100 * d); });
var g = d3.select("g").call(xAxis);
g.selectAll(".domain")
    .remove();
g.selectAll("rect")
    .data(threshold.range().map(function(color) {
var d = threshold.invertExtent(color);
if (d[0] == null) d[0] = x.domain()[0];
if (d[1] == null) d[1] = x.domain()[1];
return d;
}))
    .enter().insert("rect", ".tick")
    .attr("height", 8)
    .attr("x", function(d) { return x(d[0]); })
    .attr("width", function(d) { return x(d[1]) - x(d[0]); })
    .attr("fill", function(d) { return threshold(d[0]); });
g.append("text")
    .attr("fill", "#000")
    .attr("font-family", "Gill Sans")
    .attr("font-size", "12")
    .attr("font-weight", "bold")
    .attr("text-anchor", "start")
    .attr("y", -6)
    .text("Election présidentielle tour 2 - Abstention (%)");
</script>
```

FIGURE 20 : Un modèle de légende réalisé avec D3.



DE CETTE SUPERPOSITION des rationalités résulte une forme d'acquisition des savoirs tout à fait étonnante. Elle repose entièrement sur l'association du visuel et du textuel. Lorsque nous matérialisons des entités, nous envisageons leur forme, leur localisation et leur nature. La cartographie numérique nous pousse à y agréger des nomenclatures, des statistiques, des descriptions : tout ceci s'entremêle et conduit nécessairement à de nombreuses interrogations. Celle que nous avons émise la plus fréquemment durant notre expérience de la cartographie est « Pourquoi est-ce qu'il n'y a rien ici ? » Plus précisément, lorsque nous disposons de contours et de données, nous matérialisons mentalement une certaine carte ; or il est fréquent que la matérialisation technique qui se présente à nous diffère, car des éléments nous ont échappé. Beaucoup de nos cartes se sont d'abord présentées percées de trous, comme celle que nous reproduisons en figure 21. Il s'agit d'une version intermédiaire de la carte du score d'E. Macron au second tour de l'élection présidentielle, où près de 1500 communes semblent manquer à l'appel.

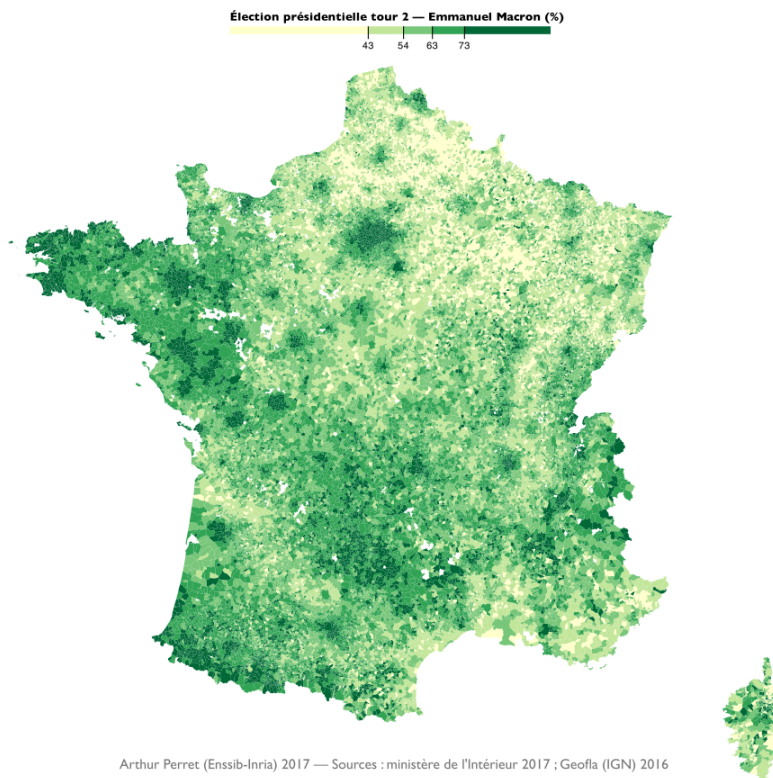


FIGURE 21 : Carte de travail de l'élection avec les communes manquantes visibles en blanc.

Comme nous l'avons expliqué, il s'agit d'un problème de codage ; les résultats de l'élection prennent en compte les récentes fusions de communes, contrairement au fonds de carte. Les communes ayant été absorbées sont qualifiées de communes déléguées. Implicitement, elles sont décrites par les résultats de leur chef-lieu. Mais la connaissance de l'implicite n'étant pas une fonctionnalité des logiciels de cartographie, elles sont laissées en blanc sur la carte. C'est en cherchant une explication à ce phénomène que nous avons rassemblé ces informations et fini par produire une carte plus juste.

CE FAISANT, nous avons engrangé une foule de savoirs géographiques



que l'on pourrait qualifier d'anecdotiques mais qui posent des questions intéressantes en termes de sémiologie et de valeur scientifique de la carte. Ainsi, certains villages détruits pendant la Première Guerre Mondiale n'ayant pas été reconstruits ni repeuplés sont également absents des fichiers de résultats des élections. Nous pouvons les rattacher administrativement à d'autres communes, ce qui permet de ne pas laisser de blanc sur la carte. La représentation est plus satisfaisante esthétiquement mais est-elle exacte ? Cela suppose de définir quel est l'usage de la carte. Crée-t-on une image qui sert à visualiser un phénomène ou bien un SVG qui sert de base à un répertoire interactif des résultats ? Nos différentes matérialisations posent la question de leur propre finalité. Dans *l'Atlas politique de la France*, l'équipe Chôros a fait le choix de ne pas écraser les territoires inhabités ; au contraire, ils sont préservés lors de l'anamorphose par un masque spécialement élaboré à partir de données carroyées à 200m. Il en résulte des cartes à trous mais qui font l'objet d'une description suffisamment claire pour ne pas susciter de confusion. Surtout, *l'Atlas* compte plus de 70 cartes. Si la première peut surprendre le lecteur, l'effet d'accumulation tend à effacer rapidement les impressions liées aux choix de représentations au profit de comparaisons entre ce qui est effectivement représenté.

Nous observons progressivement que la pratique de la cartographie fabrique du territoire chez le cartographe. Il s'agit de savoirs empiriques nés de l'aller-retour entre la dimension visuelle de la carte et tous les jeux d'écriture qui la soutiennent. Ces savoirs ont une valeur individuelle mais également collective, car ils ont vocation à être soulignés par de nouvelles cartes et à essaimer à travers elles. Nos représentations de la qualité de service dans le train démontrent que tout s'enchaîne : l'exploration des données, l'acquisition d'un savoir, l'élaboration d'une sémiologie exprimant un dessein particulier, l'émergence de nouvelles questions. Le territoire est défini à deux reprises par É. Guichard comme une articulation de l'espace et du social : une fois par le terme représentations, une fois par le terme superposition. Au terme de notre réflexion, nous pouvons proposer d'ancrer cette définition de la manière suivante : le territoire est la matérialisation conjointe de l'espace et du social. En effet, nous avons vécu la fabrique du territoire comme profondément incarnée, de la même façon que C. Jacob nomme la carte à partir de sa concrétisation en objet. Il est donc logique que nous relions notre conception de la cartographie numérique comme technologie de matérialisation à son principal produit. Le territoire n'est pas la réalité géographique : c'est une construction, certes tangible mais une construction quoi qu'il advienne. C'est en grande partie à travers la cartographie que cette construction s'élabore.

Il y a certainement un argument à faire en faveur de l'enseignement de la cartographie dans des domaines variés. En géographie, cela tombe sous le sens, comme à l'intersection de la géographie et de l'informatique. Mais de façon plus générale, la cartographie présente des vertus épistémologiques indéniables qui en font à nos yeux une pratique idéale pour la formation aux humanités numériques. Elle soulève avec acuité et originalité les traditionnelles questions liées à la constitution de corpus, stimule la démarche scientifique et interroge efficacement de nombreux phénomènes naturels et sociaux. Surtout, elle nécessite d'appréhender la

technique par de multiples angles, des plus ouverts – les SIG –, aux plus aigus – la programmation. Il nous semble qu'il y a là matière à développer une culture originale et utile de l'informatique.

### *Éditer des cartes*

EN RECONSTITUANT LA CHRONOLOGIE de nos cartes, c'est un micro-atlas que nous avons réalisé. Même brève, une telle superposition offre une perspective supplémentaire, comme l'ont justement analysé plusieurs des auteurs cités au fil de ce mémoire. Nous avons perçu une continuité à l'intérieur de notre pratique qui nous a amené à parler de territoire. D'où provient cette continuité? Tout le processus se condense autour des logiciels de cartographie, lesquels articulent le texte et l'image à travers une matérialisation technique qui répond à notre matérialisation intellectuelle. Or les usages de ces logiciels offrent beaucoup de proximités avec l'édition numérique actuelle.

Comme nous l'avons décrit, les nouvelles modalités de production et de reproduction de la preuve graphique reposent sur ce que P. Robert analyse comme la logistique des technologies intellectuelles. Elles se traduisent naturellement en problématiques d'édition communes : gestion des sources, des documents et de leurs versions, des formats de sortie ; aspects visuels qui sollicitent des notions de sémiologie, de design ou d'architecture de l'information ; élaboration d'un appareil critique impliquant une logique documentaire propre ; contexte de publication, stratégies de diffusion et de communication, etc. Ces différents aspects sont tous liés à des compétences techniques spécialisées ainsi qu'à une compétence plus globale en matière d'ingénierie documentaire. D'après notre expérience, la cartographie stimule l'ensemble de ces compétences, introduisant des enjeux particulièrement forts sur les tensions dues au numérique : l'accroissement du volume des fichiers, les pertes et gains de temps liés à l'automatisation, l'interopérabilité. Il existe aussi une perspective que nous qualifierions de stratégique : elle a trait à une certaine capacité d'observation des normes et des tendances, une compréhension des enjeux de la sémiologie et des principes de la communication en général. Car la carte est une image – nous sommes prompts à juger les images.

Toutefois une différence essentielle distingue la cartographie des autres formes d'édition numérique. Elle réside dans son rapport à la matérialisation telle que nous l'avons décrite précédemment. En plus de gérer la conception d'un document considéré sous l'angle de la finalité, les logiciels de cartographie orchestrent aussi l'exploration de l'information géographique à travers une matérialisation d'ordre plus éphémère. Ils accordent donc une place absolument centrale à l'expérimentation. L'édition a un rapport encore balbutiant à cette notion. En effet, la logique éditoriale traditionnelle est celle d'une production tendant entièrement vers un terminus documentaire<sup>62</sup>. L'édition numérique a d'abord reproduit cette tradition mais cela a vite posé problème, car l'écriture et ses manifestations circulent désormais dans différents supports et réseaux au sein desquels elles sont partagées, recomposées, redocumentarisées. La mise en flux des documents et des processus est

62. Le fameux BAT pour bon à tirer désigne un document destiné à l'impression qui constitue l'objectif final du processus d'édition papier.

un aspect fondamental du numérique qui interroge les pratiques actuelles de l'édition et favorise l'apparition de nouveaux paradigmes ;<sup>63</sup> en particulier, les logiciels à interface graphique de type WYSIWIG structurés par la page sont concurrencés par des méthodes basées sur un langage de structuration du contenu et un unique fichier pivot (en XML ou Markdown)<sup>64 65</sup>. Le développement de sites Web redéfinit également largement la temporalité et la finalité du processus : une pratique fréquente consiste à réaliser des « mises en production » régulières du site qui sont autant de moments de publication.

Malgré toutes ces constatations, il convient d'admettre que la carte s'affranchit de cadres procéduraux qui sont structurants pour l'édition. L'expérimentation qui préside à la conception du nouveau design d'un site Web est bornée par cette même tâche ; l'expérimentation cartographique n'est bornée que par les données sous-jacentes, lesquelles sont tout à fait susceptibles de redéfinir entièrement la problématique et donc une éventuelle production finale. Le site Medium a changé de logo, de typographie et de mécanismes sociaux à plusieurs reprises – la nature du site et son projet éditorial sont restés les mêmes. Ce mémoire, composé grâce à L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, s'est épaissi et développé dans différentes directions au fil de son édition – aucune étape n'a pourtant été susceptible d'en faire un précis d'astronomie ou une compilation de recettes de cuisine. En revanche, nous nous sommes plusieurs fois attelés à des cartes dont le sujet a changé au cours du processus d'édition, du fait d'interrogations liées aux données et à la sémiologie. C'est en cela que la cartographie numérique nous apparaît comme un processus d'édition aux enjeux bien distincts. Cependant, le lien mérite d'être exploré en profondeur, notamment dans des contextes où la cartographie doit composer avec des impératifs métiers différents de la recherche. À cet égard, l'essor de la visualisation de données sur le Web a occasionné la naissance d'activités journalistiques étroitement liées à la cartographie ; il nous semble que cela constituerait un terrain intéressant pour emmener la problématique plus loin.

NOUS CONCLUONS CETTE ANALYSE de la perspective éditoriale en la reliant à notre travail sur le territoire. Nous nous sommes posés la question de la nature du territoire numérique mais notre matériau n'a pas pu pleinement supporter une investigation en ce sens. En revanche, nous pensons qu'il existe une possibilité de travailler sur la notion de territoire numérique en lien avec les questions d'édition, ce que semble indiquer la notion d'éditorialisation. La cartographie numérique nous apparaît comme un véritable travail d'édition, rendu spécifique par la façon dont il matérialise la carte mais aussi le territoire. Il s'agit donc bien d'une « dynamique qui produit et structure l'espace numérique »,<sup>66</sup> équilibre circulaire entre culture, technique et pratiques. Nous témoignons de la proximité entre culture cartographique et culture éditoriale, entre la figure du cartographe et celle de l'éditeur. L'anthropologie de nos pratiques cartographiques est orientée sur les apports intellectuels dans l'optique de travailler un ensemble conceptuel bien précis : le lien entre carte et rationalité. Il nous semble extrêmement intéressant que la cartographie partage une forme de culture technique et savante avec l'édition, lien qui se renforce avec l'examen de la notion de territoire.

63. Pédaque, *Le document à la lumière du numérique*, 2006.

64. Tangaro, "De la page au flux : la conception du livre numérique", 2017.

65. La distinction entre ces deux univers est similaire à celle que nous avons faite entre SIG et langages de programmation ; cela soulève la question d'un partage global entre deux modalités de production de documents, l'une plus près du code que l'autre.

66. Vitali-Rosati, "Qu'est-ce que l'éditorialisation?", 2016.

Il conviendrait donc d'élargir la perspective que nous avons menée sur les pratiques personnelles pour étudier leur existence dans un cadre plus large : collectif, réseau, école de pensée, société. Il s'agirait notamment de comprendre comment elle s'inscrit dans une « culture numérique ».<sup>67</sup>

67. Guichard, "Culture numérique, culture de l'écrit", 2015.

## Conclusion

DE LA THÉORIE AU TERRAIN et du terrain à l'épistémologie, nous avons tenté de mener une démarche informée, cohérente et précise. Néanmoins, comme la carte, elle laisse apparaître des trous, des blancs qui restent à explorer, peut-être à remplir. Au terme de ce mémoire, il nous apparaît justement que la meilleure proximité entre cartographie et travail intellectuel s'illustre par cette similitude, propre à l'expérimentation et à la recherche. Sur les traces de F. Dagognet, nous avons cherché à mêler « la science comme écriture et l'écriture comme science » ainsi que « le voir et le lire ». <sup>68</sup> C'est à cette condition que nous sommes mieux à même de comprendre les tenants et les aboutissants de la proximité entre carte et science qui constituent notre intérêt.

68. Dagognet, *Écriture et iconographie*, 1973, p. II.

NOUS POUVONS RÉPONDRE À LA QUESTION des apports intellectuels de la cartographie numérique en décrivant ce qu'elle est avec les mots les plus simples : *faire des cartes avec des ordinateurs*. À partir de là, il nous suffit de saisir les mécanismes de la rationalité liés à ces deux technologies et de remonter progressivement vers leur articulation. C'est ce que nous avons fait ici.

En premier lieu, nous avons pris la carte en tant qu'objet théorique et nous l'avons mise à plat. Nous n'avons pas entrepris de remonter jusqu'à l'Antiquité et ainsi refaire le travail magistral de C. Jacob ; nous avons plutôt saisi les interrogations des auteurs s'étant inscrits dans ses pas en se penchant sur la numérisation des technologies intellectuelles, dont la carte. Nous espérons avoir rendu justice à la pensée de ces différents auteurs, particulièrement en ce qui concerne les connexions partagées ; il nous semblent que celles-ci démontrent une cohérence des recherches sur l'écriture, la carte et les technologies en sciences de l'information qui a grandement contribué à cadrer efficacement notre analyse.

Ensuite, nous avons décrit ce que sont les cartes numériques et la façon dont on peut les fabriquer. Il y a dans la cartographie numérique une part de la mystique portée par la carte tout court, cet objet qui convoque aussi bien les poètes que les explorateurs. En effet, ni la sécheresse des sources ni les limites du matériel ne sauraient dissiper le pouvoir sémiologique du logiciel cartographique, cette façon qu'il a de matérialiser la carte comme une réponse interrogative aux matérialisations de notre esprit. Cette stimulante propriété du logiciel nous a conduit à explorer plusieurs types de représentations bien au-delà des limites prévues pour ce travail.

Enfin, nous avons confronté théorie et terrain. Nous avons notamment proposé une interprétation conceptuelle de notre expérience qui

fasse sens vis-à-vis de nos lectures tout en affirmant un point de vue circonstancié. À partir de cette synthèse, nous avons pu décrire la façon dont se traduit la production de savoirs cartographiques du point de vue de la fabrique du territoire mais aussi d'une certaine compétence éditoriale.

UNE QUESTION SE RÉSOUT avec une autre question ; une carte ouvre sur une autre carte. La question de la finalité des sciences est bien trop vaste même pour l'ouverture d'une conclusion mais celle de la finalité des cartes peut ici trouver son sens. Quelle meilleure interrogation pour la clôture de ce travail de recherche ? Car c'est bien cette dichotomie apparente qui nous a le plus frappé en débattant de cartographie avec ses praticiens : la carte comme méthode, la carte comme finalité. Les efforts d'épistémologie de la carte réalisés à la fin du XX<sup>e</sup> siècle ont fait émerger la dimension méthodologique mais se sont retrouvés avec la question de la finalité sur les bras. Près de vingt ans ont passé et le problème est toujours débattu. Deux esquives sont devenues communes face à ce nœud gordien : dire que la finalité est de produire une connaissance et dire que la finalité est de nourrir la méthode. Pendant ce temps, des esprits plus déterminés ont poursuivi dans les voies parallèles de l'anthropologie des pratiques et de l'élaboration théorique. Nous réalisons ici la jointure. Ce n'est pas un hasard si elle fonctionne : nous avons le bon codage.

# Bibliographie

- ARRIBE, Thibaut. “Conception des chaînes éditoriales : documentariser l’activité et structurer le graphe documentaire pour améliorer la maîtrise de la rééditorialisation”. Thèse de doct. Université de technologie de Compiègne, 2014.
- BACHIMONT, Bruno. “Le numérique comme support de la connaissance : entre matérialisation et interprétation”. In : *Ressources vives. Le travail documentaire des professeurs en mathématiques*. Presses universitaires de Rennes, INRP, 2010.
- BERTIN, Jacques. *Sémiologie graphique : les diagrammes, les réseaux, les cartes*. Ré-impressions (2013). Paris : Éditions de l’École des hautes études en sciences sociales, 1967.
- DAGOGNET, François. *Écriture et iconographie*. Problèmes et controverses. Paris : Vrin, 1973.
- *Les outils de la réflexion : épistémologie*. Collection Les empêcheurs de penser en rond. Le Plessis-Robinson : Institut Synthélabo pour le progrès de la connaissance, 1999.
- GIRAUD, Timothée et Nicolas LAMBERT. “Reproductible Cartography”. In : *Advances in Cartography and GIScience : Selections from the International Cartographic Conference 2017*. Sous la dir. de Michael P. PETERSON. Springer, 2017, p. 173–183.
- GOODY, Jack. “Culture et technique”. In : *Écritures : sur les traces de Jack Goody*. Sous la dir. de Éric GUICHARD. Papiers. Villeurbanne : Presses de l’Enssib, 2012.
- *La logique de l’écriture : aux origines des sociétés humaines*. Paris : A. Colin, 1986.
  - *La Raison graphique : la domestication de la pensée sauvage*. Paris : Les Editions de Minuit, 1979.
- GUICHARD, Éric. “Culture numérique, culture de l’écrit”. In : *Interfaces numériques 4.3* (2015). URL : <http://barthes.enssib.fr/articles/Guichard-culture-num-2015.html>.
- “Internet, cartes, territoire et culture”. In : *Communication & langages* 2008.158 (2008), p. 77. URL : <http://barthes.enssib.fr/articles/Guichard-internet-culture.html>.
  - “L’écriture scientifique : grandeur et misère des technologies de l’intellect”. In : *L’Internet entre savoirs, espaces publics et monopoles*. Sous la dir. de Paul MATHIAS, Françoise MASSIT-FOLLÉA et Gérard WORMSER. Lyon : Sens Public, 2008. URL : <http://barthes.enssib.fr/articles/Guichard-CIPH2006.html>.
  - *L’Internet et l’écriture : du terrain à l’épistémologie*. Habilitation à diriger des recherches. 2010. URL : <http://barthes.enssib.fr/articles/HDR-Guichard.html>.

- GUICHARD, Éric. “L’internet : retrouvailles de l’écriture et de la cartographie”. In : *Revue de la Bibliothèque nationale de France* 24 (2006), p. 51–55. URL : <http://barthes.enssib.fr/articles/Guichard-BNF-carto-web.html>.
- JACOB, Christian. *L’empire des cartes. Approche théorique de la cartographie à travers l’histoire*. Paris : Albin Michel, 1992.
- JEANNERET, Yves et Emmanuël SOUCHIER. “L’énonciation éditoriale dans les écrits d’écran”. In : *Communication et langages* 145.1 (2005), p. 3–15. URL : [http://www.persee.fr/doc/colan\\_0336-1500\\_2005\\_num\\_145\\_1\\_3351](http://www.persee.fr/doc/colan_0336-1500_2005_num_145_1_3351).
- LATOUR, Bruno. “L’anti-zoom”. In : *Contact, catalogue de l’exposition d’Olafur Eliasson*. Paris : Fondation Vuitton, 2014. URL : <http://www.bruno-latour.fr/sites/default/files/P-170-ELIASSON-FRpdf.pdf>.
- LÉVY, Jacques et al. *Atlas politique de la France*. Sous la dir. de Jacques LÉVY. Autrement, 2017.
- OLSON, David R. *L’univers de l’écrit : comment la culture écrite donne forme à la pensée*. Paris : Retz, 2010.
- PÉDAUQUE, Roger T. *Le document à la lumière du numérique*. Caen : C&F, 2006.
- PERRET, Arthur. “Écrire l’image. Approche pragmatique et conceptuelle de la photographie numérique”. Mém.de mast. Enssib, 2016. URL : <http://www.enssib.fr/bibliotheque-numerique/documents/67249-ecrire-l-image-approche-pragmatique-et-conceptuelle-de-la-photographie-numerique.pdf>.
- RHEINBERGER, Hans-Jörg. *Introduction à la philosophie des sciences*. Repères. Paris : La Découverte, 2014.
- ROBERT, Pascal. *Mnémotechnologies. Une théorie générale critique des technologies intellectuelles*. Lavoisier, 2010.
- “Qu’est-ce qu’une technologie intellectuelle?” In : *Communication et langages* 123.1 (2000), p. 97–114. URL : [http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/colan\\_0336-1500\\_2000\\_num\\_123\\_1\\_2992](http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/colan_0336-1500_2000_num_123_1_2992).
- ROBERT, Pascal et Emmanuël SOUCHIER. “La carte, un média entre sémiotique et politique. La carte au rivage des SIC”. In : *Communication & langages* 2008.158 (2008), p. 25. URL : [http://www.necplus.eu/abstract\\_S0336150008004031](http://www.necplus.eu/abstract_S0336150008004031).
- TANGARO, Bianca. “De la page au flux : la conception du livre numérique”. In : *Carnet DLIS [en ligne]* (2017). URL : <https://dlis.hypotheses.org/1255>.
- VITALI-ROSATI, Marcello. “Qu’est-ce que l’éditorialisation?” In : *Sens public* (2016). URL : <http://sens-public.org/article1184.html>.



## Liste des illustrations

1	Couverture Internet en région Auvergne-Rhône-Alpes.	24
2	Abstention au second tour de l'élection présidentielle 2017.	26
3	Interface du logiciel QGIS.	30
4	La ligne de commande, une interface possible pour programmer avec D3.	30
5	Densité de population en région Auvergne-Rhône-Alpes, version de travail.	32
6	Densité de population en région Auvergne-Rhône-Alpes.	33
7	Qualité du réseau téléphonique de Bouygues, Free, Orange et SFR sur le TGV Paris-Lyon.	34
8	Echecs de connexion, version de travail (É. Guichard).	34
9	Echecs de connexion, version de travail (A. Perret).	34
10	Zones blanches rouges.	35
11	Anamorphose de la carte des communes de France en fonction de la population.	36
12	Cartogramme prêt à l'emploi.	36
13	Cartogramme de l'abstention au second tour de l'élection présidentielle 2017.	37
14	Abstention au second tour de l'élection présidentielle 2017 (reprise).	37
15	Cartogramme du score d'E. Macron au second tour de l'élection présidentielle 2017.	38
16	Score de M. Le Pen au second tour de l'élection présidentielle 2017.	38
17	Score d'E. Macron au second tour de l'élection présidentielle 2017.	38
18	Cartogramme du score de M. Le Pen au second tour de l'élection présidentielle 2017.	38
19	La couverture du réseau Internet en France.	39
20	Un modèle de légende réalisé avec D3.	43
21	Carte de travail de l'élection avec les communes manquantes visibles en blanc.	44

## Tableaux

1	Fonds de cartes utilisés durant la mission, classés par poids de fichier.	25
2	Durée comparative de trois opérations cartographiques sur le fonds GEO-FLA.	26
3	Une série de coordonnées en latitude et longitude.	27
4	Information géographique au format texte présentée dans un tableau.	27