

Avant-propos

Colette CAUVIN-REYMOND

LIVE, CNRS, Université de Strasbourg, Strasbourg, France

Dans le cadre de l'encyclopédie SCIENCES ISTE et, plus particulièrement, du domaine « Géographie et démographie », quatre ouvrages sont consacrés à la cartographie. Discipline scientifique et artistique (Robinson 1952, 1953), la cartographie est indispensable à toute personne, tout organisme, toute institution qui a besoin de traiter et de représenter des données géographiques pour en faire ressortir les caractéristiques spatiales. Avec les transformations technologiques actuelles, l'accroissement continu de l'utilisation du Web 2.0 et l'apparition des réseaux sociaux, la cartographie subit à nouveau de profonds bouleversements.

Cette discipline, en effet, a connu au cours du temps de nombreuses mutations plus ou moins fondamentales, tant sur le plan conceptuel que sur le plan technique, les deux étant intimement liés, ainsi que l'écrit de Rosnay (2008) : « Le progrès scientifique et le progrès technologique s'alimentent l'un l'autre. » Si sa jonction avec les statistiques dès la fin du XIX^e siècle avait introduit de nouveaux procédés pour traduire des phénomènes localisés, l'avènement de l'ordinateur et, par suite, la naissance de la cartographie informatisée peuvent être considérés comme une révolution. Cette dernière a été concrétisée dans un article de Tobler en 1959, annonçant dans un même temps les étapes de la construction d'une carte automatisée et les principes de base de ce qui deviendra les systèmes d'information géographique (SIG).

Entre cette date et le début des années 1980, cette « nouvelle » cartographie s'est développée dans deux directions : d'une part, la cartomatique, qui reproduit ce qui se faisait auparavant manuellement, et, d'autre part, la cartographie assistée par ordinateur, qui a

ouvert des voies inédites : soit pour créer des représentations innovantes, soit pour introduire des méthodes d'analyse des surfaces¹. Au début des années 1980, apparaissent les micro-ordinateurs, dont les immenses possibilités sont désormais à la disposition d'un grand nombre de personnes ayant un minimum de connaissances. « Faire » des cartes paraît plus facile, les mises à jour deviennent aisées, les logiciels, de qualité inégale, prolifèrent. La mise à disposition d'Internet, puis surtout du Web en 1994, simplifie encore la diffusion des documents graphiques, qui se multiplient.

Parallèlement à ces nouveautés, une transformation fondamentale porte sur le paradigme de la communication, essentielle dans la discipline. Malgré l'automatisation, l'arrivée d'Internet et du Web, la logique d'un mouvement de l'auteur/producteur (celui qui conçoit, qui représente) vers un lecteur/utilisateur, avec parfois des rétroactions, reste prédominante ; le lecteur, celui qui consulte, qui regarde la carte et l'utilise, demeure *passif*, même si, grâce à l'animation et surtout à l'interactivité, il peut faire bouger son document, zoomer, survoler, etc. ; mais il ne peut le modifier. Or, avec l'arrivée du Web 2.0, le Web sémantique, et l'avènement du Géoweb à partir des années 2005-2010 et surtout 2015, un nouveau tournant s'opère : le lecteur/utilisateur, quel qu'il soit, devient *actif*. Il peut modifier les cartes sur le Web, il peut même en créer lui-même. Commence alors pour la cartographie une période nouvelle qui va être approfondie dans les ouvrages destinés à l'encyclopédie ISTE, afin de présenter un état à jour de cette science, avec ses transformations pour la période 2010-2022.

La date de 2010 retenue comme point de départ s'explique par le fait que de nombreux ouvrages de cartographie, tant français (Béguin et Pumain 1994 ; Cauvin *et al.* 2007, 2008, 2010) qu'anglophones (Slocum *et al.* 2009), ont été publiés dans les années précédentes. Ces travaux exposent les caractéristiques de la discipline juste avant le « vrai » démarrage du Web sémantique et mettent en évidence les étapes nécessaires pour produire une carte, ainsi que les choix successifs à effectuer nécessairement. En effet, la construction d'une carte demande au minimum trois étapes principales, qui ont chacune un rôle bien spécifique. La première a pour fonction de constituer une base de données localisées à partir des informations géographiques fournies. La deuxième assure les traitements et transformations des données de la base en insistant soit sur les localisations, soit sur les données thématiques, soit encore sur les deux simultanément, en prenant ou non en compte le temps ; elle aboutit à la détermination du mode de représentation à adopter. Quant à la troisième étape, celle de la communication et de la diffusion, elle repose non seulement sur des solutions techniques, sur des choix sémiotiques, sur l'adoption d'actions particulières, etc., mais aussi sur la connaissance d'éléments liés à la perception visuelle et à la cognition.

1. Cette approche correspond en grande partie à la cartographie analytique introduite par (Tobler 1976, 2000).

Ces trois étapes² sont interdépendantes et sont liées à la fois à la problématique et à la relation destinataire/utilisateur de la carte. Ce sont elles qui ont guidé la sélection des quatre ouvrages retenus pour l'encyclopédie ISTE, car elles partent de l'état de la science cartographique à une période qui précède juste des changements importants. Il sera donc plus aisé de bien faire ressortir, de décrire et de caractériser les traits spécifiques et originaux des années 2010-2022. Un volume est ainsi consacré à chacune des étapes et un quatrième replace la cartographie dans sa dimension historique, facilitant ainsi une meilleure compréhension des mutations temporelles. Chaque ouvrage peut être lu indépendamment des autres et dans l'ordre que le lecteur désire, en fonction de ses souhaits et de ses attentes. Il en est de même pour chacun des chapitres.

Le volume historique a pour objectif « de poser les grandes lignes de l'histoire de la cartographie telle qu'elle se fait, et telle qu'elle continue à évoluer en proposant une synthèse des réflexions et de leurs modifications depuis quarante ans, pour avancer une histoire de la cartographie qui tienne compte des réflexions et recherches actuelles, et surtout qui ouvre sur les nouvelles pistes à explorer ».

Le volume portant sur l'information géographique et la cartographie s'intéresse aux données, à leurs caractéristiques et à leur utilisation en cartographie dans une période où les techniques numériques recomposent progressivement mais fondamentalement les sociétés contemporaines. L'acquisition des données n'est plus une activité réservée à des spécialistes. Les sources de données géolocalisées se diversifient, les citoyens fournissent directement et, souvent, volontairement, de l'information géographique (relevés GPS, téléphone portable, objets mobiles connectés, Twitter, etc.) ; la mise en réseau est immédiate. La recherche d'informations pour la production de cartes est donc profondément transformée et révèle des enjeux majeurs au niveau de la société du numérique.

Le volume concernant les traitements pour la cartographie de l'information géographique a un double objectif. Le premier est d'exposer des méthodes et techniques d'exploitation et de transformation des informations afin de produire des cartes répondant spécifiquement à chaque problématique. Ces procédures prennent en compte les composantes tant spatiales que thématiques et temporelles de ces informations ; elles mettent l'accent sur les processus spatiaux et spatiotemporels à l'aide d'indicateurs et de modèles. Le second objectif vise à souligner l'interdépendance des différentes étapes de la construction cartographique, où l'étape des traitements est centrale. Cette dernière doit, d'une part, tenir compte des données à traiter, sélectionnées à l'étape précédente. Elle précise, d'autre part, pour l'étape suivante, les modes de représentations cartographiques originaux qui découlent des traitements choisis. Ces deux objectifs sont systématiquement concrétisés par des exemples qui permettent de bien appréhender les méthodes et leurs apports à la compréhension du phénomène étudié.

2. On trouve un schéma similaire dans la dernière version de l'ouvrage de référence de Robinson, en 1995.

Le volume sur la communication, quant à lui, s'intéresse à la transmission de la carte, car cette dernière n'est pas un document que l'on produit pour qu'il reste dans notre poche. Elle doit devenir visible, et même éventuellement audible et sensible, en faisant appel à des variables graphiques ou autres, à des actions possibles et aux propriétés des appareils d'affichage. C'est certainement dans ce volume qu'il sera le plus aisé de déceler les spécificités de la période actuelle, avec le rôle des choix à toutes les étapes, l'entremêlement de ces étapes et le travail en collaboration.

Avec les mêmes outils, les mêmes moyens, spécialistes et non-spécialistes vont produire des cartes en prenant ce qui est à leur disposition mais avec des formations distinctes, ce qui induit des risques. En effet, les nouveaux procédés cartographiques qui surgissent sans cesse ont, certes, de nombreux aspects positifs : facilité d'utilisation, diversité, attractivité. Mais comme toute nouveauté, leurs avantages ont un revers : chacun de ces procédés a des propriétés spécifiques qu'il est important de connaître au moins *a minima* pour les appliquer à bon escient et éviter des erreurs. Les quatre ouvrages présentés ici montrent que nous allons vers de nouvelles logiques, de nouvelles façons de concevoir, de traduire, de traiter, de transcrire cartographiquement l'information géographique, mais sans nécessairement rejeter ce qui existait. Le monde des cartes n'échappe pas à l'évolution générale à laquelle nous participons tous, avec nos richesses et nos inquiétudes. Puissent ces livres aider chacun à être conscient de ce qu'il produit et à utiliser tous ces outils avec discernement.

Bibliographie

- Béguin, M., Pumain, D. (1994). *La représentation des données géographiques. Statistique et cartographie*. Armand Colin, Paris.
- Cauvin, C., Escobar, F., Serradj, A. (2007). *Cartographie thématique. Des transformations incontournables*. Hermès-Lavoisier, Paris.
- Cauvin, C., Escobar, F., Serradj, A. (2008). *Cartographie thématique. Des voies nouvelles à explorer*. Hermès-Lavoisier, Paris.
- Cauvin, C., Escobar, F., Serradj, A. (2010). *New Approaches in Thematic Cartography*. ISTE Ltd, Londres, Wiley, New York.
- Robinson, A.H. (1952). The look of maps. An examination of cartographic design. Thèse de doctorat, Université de Wisconsin, Madison.
- Robinson, A.H. (1953). *Elements of cartography*. Wiley, New York.
- Robinson, A.H., Morrison, J., Muehrcke, P.C., Kimerling, A.J., Gutpill, S.C. (1995). *Elements of cartography*. Wiley, New York.

- de Rosnay, J. (2008). *2020 : les scénarios du futur. Comprendre le monde qui vient*. Fayard, Paris.
- Slocum, T.A., McMaster, R.B., Kessler, F.C., Howard, H.H. (2009). *Thematic cartography and geography visualization*. Prentice Hall, Hoboken.
- Tobler, W.R. (1959). Automation and Cartography. *The Geographical Review*, 49(4), 526–534.
- Tobler, W.R. (1976). Analytical Cartography. *The American Cartographer*, 3, 21–31.
- Tobler, W.R. (2000). The Development of Analytical Cartography. *Cartography and Geographic Information Science*, 27(3), 189–194.

Introduction

Claire CUNTY¹ et Hélène MATHIAN²

¹ EVS, Université Lumière Lyon 2, Lyon, France

² EVS, CNRS, Lyon, France

L'acte cartographique est peut-être l'acte le plus formateur [formative] et le plus créatif de tout processus de production [design process], d'abord en révélant et ensuite en organisant les conditions pour l'émergence de réalités nouvelles.

James Corner, 1999

I.1. Cartes et opérations cartographiques

Plus qu'une « simple » représentation de l'espace, la carte doit être vue comme une succession d'opérations cartographiques (Besse et Tiberghien 2017). Elle est tout à la fois le résultat graphique et l'ensemble des opérations cartographiques qui ont conduit à ce résultat.

« Opérer c'est transformer une matière en suivant un certain nombre de règles formelles (des règles qui ne sont pas nécessairement déterminées *a priori*, mais qui au contraire peuvent s'inventer ou se redéfinir au cours de l'opération elle-même), afin d'obtenir un résultat, un objet, une œuvre. Toute opération est une “formation” et une transformation [...] » (Besse et Tiberghien 2017, p.14-16)

Formellement, le passage de l'information géographique ou données géographiques à la carte traverse plusieurs étapes de « transformations » des données, qui opèrent à des

niveaux différents. Cauvin *et al.* (2007) définissent une catégorisation de ces différentes « transformations » : transformations des entités, transformations des attributs thématiques et géométriques, transformation cartographique, transformation sémiotique et enfin transformation d'affichage (figure I.1).

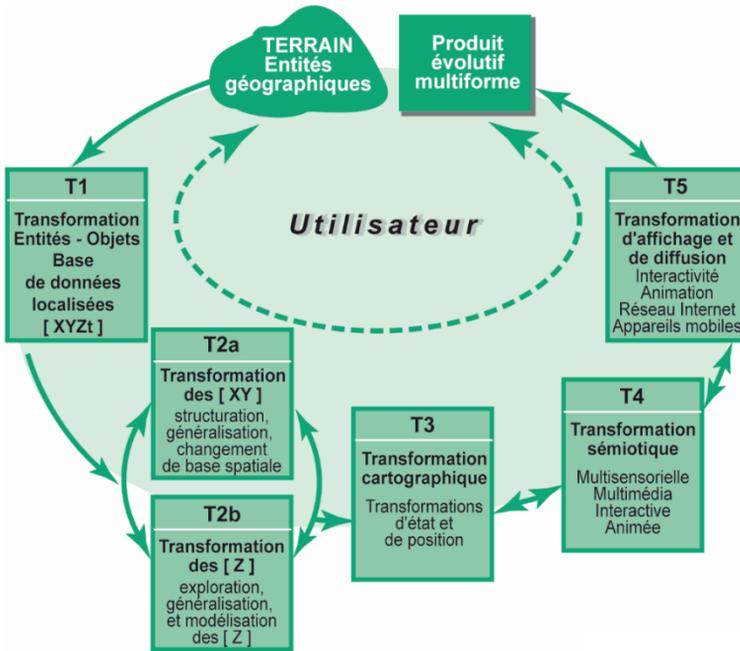


Figure I.1. La carte comme une suite de transformations (Cauvin *et al.* 2008)

L'enjeu de ce volume est de présenter les différentes opérations qui relèvent de l'articulation entre l'information géographique et la carte, à savoir les **traitements** (T2a, T2b, T3 sur la figure I.1). Le choix a été fait de les présenter dans un cadre opérationnel. L'ensemble des exemples et développements exposés dans les chapitres sont fortement ancrés dans une approche d'**analyse spatiale**, c'est-à-dire se donnant comme objet la description et la modélisation de structures spatiales. Dans tous les chapitres, les auteurs reviennent sur les opérations liées au traitement des données géographiques, d'un point de vue pragmatique, relié à une question géographique, en s'intéressant à un certain nombre de ces choix contextualisés. L'ensemble de ces opérations s'associe en effet à des choix et à des méthodes qui « orientent » les données dans un sens (en leur donnant une signification), qui éclairent une question géographique en tenant compte des contraintes de support et du public visé. Les questions ou les développements associés à ces

opérations sont renouvelés par le contexte technologique (généralisation du géoréférencement des données, données massives, etc.) et méthodologique (démocratisation de bibliothèques de programmation, évolution technologique d'environnements de visualisation, etc.), tout en conservant nécessairement les réflexions conceptuelles.

L'articulation entre données géographiques¹, traitement et carte se fait selon différents ordres, en fonction du rôle de la carte : elle peut être le résultat, constituer une étape intermédiaire d'une analyse, être une interface d'exploration des données. La catégorisation proposée par MacEachren (1994) est très utile et très utilisée pour positionner des productions cartographiques selon leurs objectifs (figure I.2). Il définit quatre usages des représentations cartographiques à partir de trois dimensions : le niveau de connaissance du phénomène abordé, le niveau d'interactivité avec la carte et le public visé. Les démarches d'analyse développées dans les chapitres de ce volume relèvent, pour la majorité, de la phase d'exploration/confirmation.

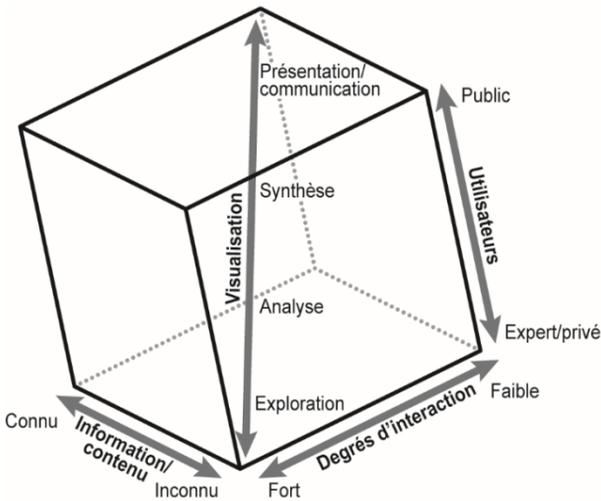


Figure I.2. Différents objectifs de visualisation, d'après (MacEachren 1994)

Certains chapitres développent une chaîne de traitements répondant à une question géographique précise et montrent comment la carte accompagne cette démarche (chapitres 4, 5 et 8) ; d'autres proposent un éclairage actualisé ou contextualisé d'une question méthodologique précise (chapitres 1 et 3) ; enfin d'autres encore présentent un inventaire de solutions sur une question méthodologique spécifique (chapitres 2, 6 et 7) (figure I.3).

1. Dans l'ensemble du volume, « information géographique » et « données géographiques » seront utilisés avec la même signification. Par la suite, dans l'introduction, le terme « données » signifiera implicitement qu'il s'agit de « données géographiques ».

L'ensemble couvre une grande diversité de traitements qui lient données et cartes, et permet de discuter des différents enjeux associés.

Nous proposons dans cette introduction deux lectures méthodologiques du contenu de ce volume. En fin d'introduction, une « carte » des chapitres est proposée, reprenant les spécificités de chacun relativement aux différents éléments soulevés ci-dessus et au cours de ces deux lectures qui suivent (figure I.3).

I.2. Première lecture : au prisme de quelques opérations et méthodes

Une première lecture des chapitres doit se faire à partir de quelques notions-clés qui sous-tendent des différenciations de pratiques.

Ces points d'entrée correspondent à différentes opérations. L'enchaînement de ces opérations suit généralement un schéma de type : 1) information géographique ; 2) traitements ; 3) visualisations (voir cercle extérieur orange sur la figure I.3). Mais cet enchaînement n'est souvent pas aussi linéaire et les allers-retours sont fréquents entre les opérations, notamment avec le développement des interfaces numériques de visualisation de l'information, qui permettent d'enchaîner les opérations de manière interactive. Par exemple, une première hypothèse sur une question peut amener à mobiliser des données, puis à pratiquer un type de traitement et à le visualiser. Le résultat conduit parfois à reconsidérer l'une ou l'ensemble des opérations.

Nous proposons cependant une première lecture à l'aune de ce schéma d'opérations, pour expliciter les procédés discutés ou utilisés dans les différents chapitres, à savoir ce qui relève des entités et des données, des traitements et méthodes mobilisées et de la représentation.

I.2.1. Articulation entre données et entités

Passer d'un phénomène à sa mesure nécessite d'explicitement conceptuellement les entités géographiques sur lesquelles on va travailler. Par exemple, l'observation de la diffusion de la Covid (phénomène) nécessite d'explicitement les objets (individus mobiles, hôpitaux, communes, etc.) et les opérations qui vont être effectuées pour définir les **entités géographiques** qui permettront d'approcher la représentation du phénomène. Cette étape de conceptualisation permet de donner du sens aux données que l'on mobilise pour éclairer un phénomène. Elle peut être omise lorsque l'objectif est seulement de **donner à voir des données**, sans qu'il y ait réellement de réflexion ou de lien avec un phénomène ou son analyse, en témoigne le succès des tableaux de bord (outils d'informatique décisionnelle) qui permettent de visualiser automatiquement les données : la carte est la donnée,

les traitements servent essentiellement à gérer des questions techniques de visualisation dans des environnements interactifs.

Orientés sur les traitements des données dans le sens de leur analyse, les chapitres de ce volume abordent tous la question du passage de la [conception des entités](#) et des enjeux associés à la [construction de l'information](#) en la contextualisant relativement à des usages variés.

Certains chapitres s'appuient pour cela sur un formalisme, maintenant classique dans le domaine des sciences de l'information géographique, qui consiste à identifier, pour décrire des entités, ce qui relève de la composante géographique et de la composante attributive. Un objet géographique se définit à partir d'une composante (ou dimension) géographique (que l'on peut noter XY) et d'une composante thématique (Z), et s'il y a lieu d'une dimension temporelle (T). Les chapitres 6 et 7 discutent précisément de transformations de ces dimensions et le chapitre 8 en expose une extension pour les liens entre les lieux.

D'autres chapitres abordent les données de manière opérationnelle ; les formalisations utilisées portent sur les enjeux associés à l'interopérabilité des données permettant de donner du sens aux entités. Cette question se pose particulièrement à l'heure du « déluge » des données, avec les données massives, ou nouvelles données, du Web, telles que celles mobilisées dans les chapitres 2 et 8. Le chapitre 2 propose un éclairage épistémologique de ce nouveau paradigme, et discute des méthodes qui permettent de les intégrer au sein d'entités géographiques. Ce point est abordé aussi dans le chapitre 3 en formalisant les traitements (et représentations) permettant d'intégrer des « objets » environnementaux d'origines diverses. Le chapitre 5 présente une autre complexité de construction de données, avec un exemple des données de gestion foncières (DVF). D'autres questions associées sont discutées, comme celles de l'harmonisation des données internationales pour assurer leur comparabilité (chapitres 1 et 8), celles des catégories statistiques et leur légitimité (chapitre 4).

Ainsi, la variété des exemples au cours du volume permet de parcourir un grand nombre de types de données et des enjeux associés : données administratives, données échantillonnées ou données continues, données massives, données qualitatives, données quantitatives, données de liens, etc. Ils offrent aussi une grande diversité de niveaux de complexité : allant de simples données de localisation avec un seul attribut (chapitre 2), à des données qui nécessitent une reconstruction des localisations (chapitre 8) par désambiguïsation (TAL, traitement automatique des langues) et dont la forme est un lien entre des entités géographiques. L'ensemble des chapitres rend explicite ce lien entités-données, assurant ainsi l'articulation entre la question thématique et son opérationnalisation empirique et technique.

1.2.2. Des données à la carte

1.2.2.1. Création d'indicateurs

Le traitement sans doute le plus récurrent est celui de la création d'indicateurs et leur report sur la carte. Celui-ci implique des opérations sur la composante thématique et la composante géométrique. Elles correspondent à des opérations « traçables », qui mobilisent un calcul simple (un taux de variation entre deux dates, un calcul de durée, une discrétisation), un calcul spatial (accessibilité) ou qui sont le résultat d'une méthode statistique impliquant des hypothèses, et une chaîne d'opérations plus complexes faisant appel à des optimisations par exemple (calcul d'un facteur d'ACP ou de résidus d'une régression). Ces opérations de création sont abordées dans tous les chapitres en les justifiant relativement à la question posée.

En préalable ou au cours de la création des indicateurs, se pose la question du niveau géographique (à quel niveau analyser les prix des transactions immobilières ? Quel niveau géographique restitue le mieux la ségrégation ethnique ?). Ces interrogations conduisent à des opérations d'agrégation (de quartiers à commune par exemple) ou de simplification de l'information géométrique (calcule-t-on l'accessibilité au centroïde de la zone ou au bord du polygone associé à la zone ?).

Le plus souvent, la question de l'indicateur et celle du niveau géographique sont indissociables, et renvoient à la discussion précédente sur la définition des entités observées. Le chapitre 4 discute particulièrement cette question et le fait que les indicateurs créés peuvent être « sensibles » à la taille et/ou la forme des mailles, problème connu sous le terme MAUP (*modifiable areal unit problem*). La question se pose différemment selon que les mailles constituent des « contenants » neutres sans diversité de forme et de taille (qui peuvent être assimilés à des mailles homogènes) et que l'intérêt se porte seulement sur le contenu, ou qu'il s'agit de mailles administratives (ou de pouvoir) qui comportent une certaine complexité car elles ne sont neutres ni thématiquement ni géométriquement (forme et taille).

1.2.2.2. Méthodes d'analyse

Dans le domaine de l'analyse spatiale, la création d'indicateurs mobilise des méthodes formelles et quantitatives, statistiques ou mathématiques. Elles s'inscrivent essentiellement dans le champ des méthodes statistiques permettant d'identifier, décrire et expliquer l'organisation spatiale d'un phénomène. Ces traitements peuvent être utilisés à différentes étapes ou selon différents objectifs. Par exemple, une interpolation spatiale peut être à la fois une méthode de « construction de l'information » (données échantillonnées, chapitre 2) ou de restitution d'une organisation spatiale (chapitres 3 et 4), ou encore de simplification de l'information (densité de points, chapitre 2). Méthodes et cartes sont interreliées. Selon le cas, les méthodes servent la carte ou la carte, en tant qu'agencement des données, est intégrée dans la méthode. Il paraît important d'introduire ici une

distinction parmi les types de méthodes qui sont mobilisées au fil des chapitres, et qui, selon le contexte, attribuent des rôles différents à la carte :

- statistiques classiques *versus* statistiques spatiales. Quand les méthodes employées sont issues de la statistique classique, la dimension géographique n'est pas intégrée dans le traitement *a priori* ; la visualisation (report de l'information thématique sur l'espace géographique) permet alors parfois de révéler des effets spatiaux *a posteriori*. Les chapitres 1, 3, 4 et 8 en sont des exemples caractéristiques. Quand les méthodes sont issues des statistiques spatiales, la dimension spatiale (localisation, espacement, voisinage, etc.) est formalisée directement dans la méthode. Les chapitres 4 et 5 sont à ce titre emblématiques, avec des méthodes intégrant les distances, les voisinages, l'accessibilité. Les chapitres 2, 6 et 7 amènent d'autres éclairages de ce type d'approche ;

- statistiques descriptives *versus* explicatives. L'utilisation de méthodes statistiques inférentielles sur des entités spatiales pose la question du bien-fondé de telles approches sur des entités spatiales qui, de par leur essence, comportent de nombreux biais : données dépendantes (autocorrélation spatiale), existant à plusieurs niveaux géographiques (MAUP) et pouvant être considérées comme des cas uniques. Plusieurs chapitres reviennent sur ces questions et en proposent différentes approches (chapitres 4 et 5) ;

- analyse exploratoire *versus* confirmatoire : enfin, l'ouvrage présente plusieurs cas où la carte est intégrée dans le processus d'analyse, soit dans un processus itératif (chapitres 5, 7, 8) soit à l'intérieur d'un environnement interactif (chapitres 1 et 2). Dans ce cas, elle est à la fois représentation et opératrice de sélection des données, positionnant l'analyste dans une démarche de recherche par exploration plutôt que par confirmation d'hypothèses statistiques.

1.2.3. Des représentations

La carte joue un rôle différent selon le moment où elle est mobilisée dans le traitement de l'information (figure I.2), mais les formes qu'elle revêt sont également diverses. Ces formes sont liées aux choix sémiotiques et sémiologiques. Tous les chapitres prennent pour acquis le système de signes défini par Bertin (1967) dans la sémiologie graphique, qui associe certains signes au niveau de mesure qu'ils traduisent (quantitatif, ordonné, différent). Les lecteurs intéressés pourront se référer pour cela à des ouvrages fondamentaux en cartographie (Béguin et Pumain 2017 ; Cauvin *et al.* 2007). L'ensemble du volume présente une grande variété de formes cartographiques. L'objet du volume étant le processus de production cartographique, leur esthétique ou leur perception ne sont pas discutées, excepté dans les chapitres 6 et 7.

Les choix de représentation cartographique sont liés au type de structure spatiale que l'on cherche à analyser :

– tout d'abord des structures spatiales peuvent émerger grâce au report de la dimension thématique sur l'espace géographique. Cependant, la répartition de poids/stocks (cartes par figurés proportionnels) dans l'espace ne va pas se traduire graphiquement de la même manière que celle de données relatives (cartes choroplèthes). Les analyses que l'on tire de ces représentations sont différentes et complémentaires (chapitre 4). Une manière de sortir du « simple » report est illustrée par des anamorphoses (chapitre 7) qui permettent de visualiser simultanément ces deux dimensions. De manière générale, les opérations de report permettent de voir émerger des structures spatiales y compris lorsque plusieurs dimensions thématiques sont prises en compte simultanément (chapitre 1, 3, 4 et 5) ;

– lorsque ce sont les relations entre les lieux qui sont au cœur de l'analyse, elles sont représentées cartographiquement par des lignes joignant les lieux connectés. C'est ce que propose le chapitre 8 (voir aussi (Mericskay 2023, chapitre 4)). Le chapitre 4 dépeint une autre forme de relations mettant l'accent sur les différenciations entre unités voisines avec des cartes de « discontinuités » ;

– enfin l'analyse des processus et des dynamiques amène à intégrer la dimension temporelle dans la représentation. Pour cela, les modes de représentation utilisent des moyens graphiques variés, incluant l'animation, pour intégrer le temps dans la visualisation cartographique (chapitre 6).

À ces formes cartographiques initiales, qui servent le plus souvent à révéler des structures, peuvent succéder des cartes dans lesquelles les choix cartographiques cherchent, par une métaphore graphique, à mettre en avant la structure spatiale et parfois spatiotemporelle du phénomène (découpage du monde dans le chapitre 1, délimitation de fronts dans le chapitre 3, discontinuité dans le chapitre 4, diffusion d'épidémie dans le chapitre 6, accessibilité dans le chapitre 7). On trouve dans ces cartes une plus grande créativité graphique dans le but de transmettre un message.

Le développement des plateformes de visualisation permet une visualisation « brute » des bases de données, dans un but d'exploration des données elles-mêmes (chapitre 2). Cette automatisation puise dans les savoir-faire cartographiques et les traitements associés. Cette systématisation, sans question sous-jacente et sans adaptation sémiologique à la question, va avec une certaine standardisation cartographique sur laquelle on doit s'interroger.

I.3. Deuxième lecture : ce qui relie les chapitres

À l'instar de la figure I.1, on peut organiser les chapitres sur une boucle, car ils ont été pensés avec une forme de progression. Ils ont été conçus par paire pour éclairer certaines étapes et le résultat montre qu'un certain nombre d'autres dimensions viennent mettre en résonance d'autres paires de chapitres (figure I.3).

Les chapitres 1 et 8 : l'un ouvre et l'autre termine ce volume. Ils abordent la question des **relations** : relations statistiques pour le chapitre 1 et relations entre les entités pour le chapitre 8. Ils portent tous les deux sur une échelle cartographique spécifique, celle du **monde**, qui pose des questions cartographiques qui seront éclairées de deux manières différentes. Ces deux chapitres ouvrent le champ de discussion sur l'**exploration des données**, où la carte permet d'interroger la complexité des relations et d'avancer dans le raisonnement et l'expression d'hypothèse, tout en étant aussi le support de compréhension de leurs organisations.

Les chapitres 2 et 3 : l'accent de ces deux chapitres est mis sur les premières étapes de transformation, à savoir les **données**, leur conception, leur acquisition et leur intégration. Les chapitres discutent de manière originale de ces questions, abordant le lien entre **objets cartographiques et données**, avec un point de vue radicalement opposé. Le chapitre 2 se situe dans le nouveau paradigme de l'information géographique, appelée ici des **nouvelles données du Web** et pose la question suivante : comment ces données, qui sont produites dans des contextes souvent éloignés d'un protocole adapté précisément à une analyse, ou dans un contexte participatif, peuvent-elles être intégrées pour servir une analyse ? Le chapitre 3 revient sur la **construction d'objets cartographiques** dans le cas d'observation de phénomènes continus, principalement dans le domaine de l'environnement.

Les chapitres 4 et 5 : ces deux chapitres proposent chacun un déroulement extrêmement pédagogique, mobilisant des **modélisations statistiques** pour révéler des formes d'organisation, celle de la ségrégation raciale pour le chapitre 4 et celle d'une forme de ségrégation sociale dans le chapitre 5. La perspective méthodologique est un peu différente, plutôt **descriptive** pour le chapitre 4 et plutôt **inférentielle** dans le chapitre 5.

Les deux chapitres discutent de construction de l'information, d'**identification des maillages**, du MAUP, de l'**autocorrélation spatiale**. Ils illustrent bien l'ensemble des choix qui peuvent être faits au cours d'une chaîne de traitement et comment la carte est tout à la fois données, graphique et résultat. Les deux chapitres réinterrogent cet usage à chaque étape.

Les chapitres 6 et 7 : chacun de ces chapitres propose un **panorama** de transformations associées à une dimension spécifique – celle du **temps** pour le chapitre 6 et celle de l'**espace** pour le chapitre 7. Le chapitre 6 propose une **formalisation des données** qui sert d'entrée à cette revue de solutions cartographiques pour intégrer le temps. Chaque visualisation est discutée par rapport aux choix qui sont faits sur les données et aux effets recherchés. Le chapitre 7 avance une série de **formalisations méthodologiques** qui sous-tendent des transformations cartographiques et discute à partir d'un même exemple des effets de ces transformations. Les deux chapitres abordent la question du **changement**, d'état pour le chapitre 6 et de forme pour le chapitre 7. Les deux chapitres se rejoignent sur les questions de **mouvements**.

I.4. Une carte des chapitres

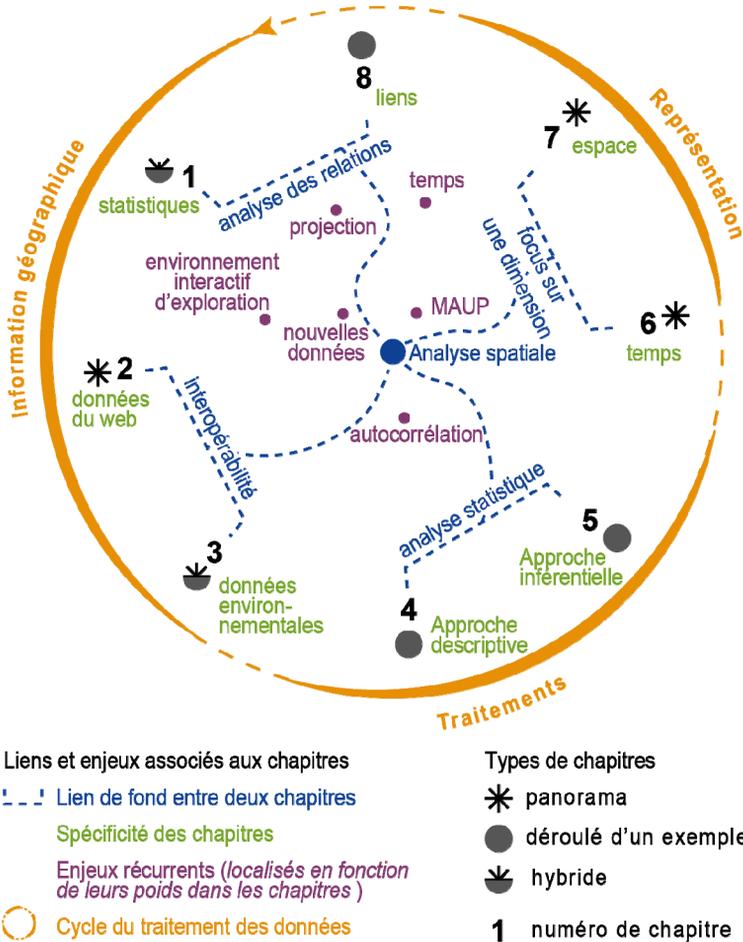


Figure I.3. Carte des chapitres : ce qui les relie, les notions qui les jalonnent

La figure I.3 positionne les chapitres les uns par rapport aux autres, et relativement aux différents points qui ont été soulevés au cours de cette introduction.

– Tout d’abord les chapitres sont positionnés le long d’un continuum où sont identifiées les étapes-clés d’un cycle qui relie les données à la carte (cercle orange). Bien sûr, tous les chapitres traitent de l’ensemble des étapes, mais ils se positionnent au plus près de l’éclairage qu’ils donnent.

– Des signes rappellent le parti pris des chapitres : entre panoramas, déroulés d'exemples et présentations formelles.

– Les chapitres sont reliés par un dendrogramme illustrant les proximités entre chapitres que la deuxième lecture vient de décrire (bleu). Ce qui les rassemble tous, est le fait qu'ils mobilisent des **méthodes et modèles formels** pour ces transformations et s'inscrivent dans une démarche d'**analyse spatiale** dont l'objet est de révéler des formes et organisations.

– Des notions (vert) viennent décliner les spécificités de chaque chapitre au-delà de leurs proximités citées ci-dessus.

– Un certain nombre d'autres notions (violet) sont abordées au cours des chapitres et sont communes. Elles sont positionnées en fonction de leur importance dans les chapitres.

Ainsi, comme le schématise cette « carte », les chapitres s'associent, se complètent, renvoient les uns aux autres, se répètent parfois, se répondent souvent. L'ensemble couvre ainsi une grande diversité de pratiques et de productions cartographiques, qui offrent des possibilités de réflexion dans de nombreuses directions.

1.5. Remerciements

Le contenu de tous les chapitres a fait l'objet d'échanges entre l'ensemble des autrices et auteurs. Chaque chapitre de cet ouvrage a été finalisé au cours d'un processus itératif d'évaluations croisées en interne, et en incluant des experts externes (Marc Bourgeois, Julie Vallée, Sébastien Oliveau, Lena Sanders, Nicolas Lambert, Clarisse Didelon), les deux coordinatrices de l'ouvrage et la responsable du thème Cartographie, Colette Cauvin-Reymond. Nous tenons à remercier particulièrement les relectrices et relecteurs externes de s'être prêtés à ce jeu et de leurs suggestions avisées, ainsi que Colette Cauvin-Reymond pour ses précieux conseils et son soutien. L'ensemble de la rédaction de l'ouvrage a donné lieu à de riches échanges méthodologiques. Les chapitres assemblés restituent cette richesse et cette diversité d'approches autour de la carte. Nous remercions encore les autrices et les auteurs pour leurs contributions originales, qui permettent d'éclairer différents traitements et usages de la carte dans nos démarches « in vivo ».

1.6. Bibliographie

Béguin, M., Pumain, D. (2017). *La représentation des données géographiques : statistiques et cartographie*. Armand Colin, Paris.

- Bertin, J. (1967). *Sémiologie graphique : les diagrammes, les réseaux, les cartes*. Mouton et Gauthier-Villars, Paris.
- Besse, J-M., Tiberghien, G. (2017). *Opérations cartographiques*. Actes Sud, Arles.
- Cauvin, C., Escobar, F., Serradj, A. (2008). *Cartographie thématique 3. Méthodes quantitatives et transformations attributaires*. Hermès science, Lavoisier/Paris.
- Corner, J. (1999). The Agency of Mapping. Dans *Mappings*, Cosgrove, D. (dir.). Reaktion Books, Londres, 213–252.
- MacEachren, A.M. (1994). Visualization in modern cartography: Setting the Agenda. Dans *Visualization in Modern Cartography*, MacEachren, A.M., Taylor, D.R.F. (dir.). Elsevier, Oxford, 1–12.