

# RAISONNEMENT CARTOGRAPHIQUE ET DEMARCHE SCIENTIFIQUE EXPERIMENTALE

Par Colette CAUVIN  
UPRES-A 7011 du CNRS "Image et Ville"

Depuis les années 30, d'excellents ouvrages, complétés par de nombreux articles<sup>1</sup>, ont proposé de multiples solutions pour représenter cartographiquement des variables thématiques<sup>2</sup>. La plupart se sont appuyés sur le langage des signes qui s'est codifié, enrichi, systématisé progressivement en mettant l'accent soit sur la grammaire graphique comme J. Bertin (1967), soit sur la perception graphique comme nombre d'auteurs anglo-saxons<sup>3</sup>; ces orientations ne se complètent pas toujours, mais ont toutes deux pour objectif principal une meilleure visualisation du phénomène étudié. Une autre direction, plus mathématique, s'est développée, dans un premier temps à partir de l'introduction de la statistique et de la modélisation avec des géographes ou des cartographes, puis dans un deuxième temps grâce à l'apparition des systèmes d'information géographique (S.I.G.) et donc des possibilités de combinaisons, d'intersections spatiales. L'accroissement exponentiel des publications en ce domaine souligne l'importance de cette nouvelle voie.

Cependant, l'existence de ces deux courants a provoqué une évolution dans les disciplines nécessaires à la production des cartes, une multiplication de spécialités qui tendent, malheureusement, à rester juxtaposées au lieu de se compléter. Aussi devient-il indispensable de tenter de mettre en place un corpus conceptuel, si l'on veut que des synergies se créent afin d'améliorer la compréhension des phénomènes spatiaux à travers la qualité des cartes qui les expriment<sup>4</sup>.

## 1. Une nécessité : la mise en place d'un cadre conceptuel

En effet, le rôle de la carte a évolué<sup>5</sup>, l'éventail des méthodes et techniques disponibles s'est considérablement

élargi, nombreux sont les spécialistes qui se nomment cartographes, etc. ; tous ces faits ont conduit à une hétérogénéité du vocabulaire, à des mots à significations diverses, à des notions identiques exprimées par des termes variés. Deux éléments principaux nous ont ainsi amenés à nous interroger sur la nécessité d'une réflexion conceptuelle, sinon théorique, que nous proposons ici.

D'une part, les cartes thématiques sont très souvent conçues comme une représentation, une visualisation d'un phénomène observé sur un plan, c'est-à-dire comme un report, une application de l'espace des attributs [Z] dans l'espace des localisations, soit  $[Z] \xrightarrow{f} [X, Y]$ . Des signes, des symboles caractérisent alors les phénomènes selon des règles de plus en plus précises, mais qui conduisent à des images qui varient selon les auteurs. Si la carte n'est qu'une mise en évidence de ce qui est observable, observé, cette position peut suffire ; mais si l'on considère la carte comme un moyen de "révéler", de faire émerger des structures cachées, alors ces procédés purement sémiologiques apparaissent insuffisants, car ils ne constituent pas des constructions que chacun pourra reproduire de manière identique, une fois les principes et les choix explicités. Or, si l'on veut aboutir à des cartes comparables, reproductibles, interprétables aisément, il est indispensable de produire des cartes qui soient réellement, au moins dans un premier temps, une construction élaborée<sup>6</sup> selon un protocole précis<sup>7</sup>. Les symboles graphiques peuvent ensuite améliorer la lecture ; ils sont essentiels pour la visualisation, mais ils ne constituent pas une solution reproductible<sup>8</sup> par tous même lorsque les principes et les choix ont été énoncés. Les cartes devraient en fait comprendre deux grands volets dans leur élaboration : le premier proposant la construction de base reproductible, le second permettant la communication et s'appuyant sur la sémiologie. Mais il faut noter que tous les phénomènes thématiques à traiter sont encore loin d'avoir reçu une solution dans ce domaine qui reste encore à explorer.

<sup>1</sup> Raisz E., 1931, Robinson A.H., 1951, par exemple.

<sup>2</sup> Nous considérons ici la carte topographique, non comme une carte thématique, mais comme la carte de base sur laquelle s'appuie la production de toutes les cartes thématiques.

<sup>3</sup> Olson J., 1976, Board C., 1983, par exemple.

<sup>4</sup> Précisons que cet article correspond à l'état de nos recherches actuelles, et que certains points peuvent être sujet à modifications en fonction des travaux à venir.

<sup>5</sup> Nous ne nous étendrons pas ici sur l'évolution du rôle de la carte.

<sup>6</sup> Construction signifie par exemple que les [Z] peuvent être fonction des localisations comme dans les interpolations, les surfaces de tendance, ... , ou inversement que les [X,Y] dépendent des [Z], comme dans les transformations cartographiques.

<sup>7</sup> Nous reviendrons sur la notion de protocole.

<sup>8</sup> Précisons que le terme "reproductible" est utilisé ici, non dans son sens technique, associé à l'impression, mais dans sa signification scientifique.

D'autre part, si des étapes apparaissent dans l'élaboration des cartes, qu'il s'agisse de reports ou de constructions, il est clair que beaucoup de chercheurs investissent davantage dans l'une ou l'autre d'entre elles sans nécessairement replacer leur travail dans le déroulement logique de la production de la (des) carte(s). Or chaque étape est liée aux autres ; faire abstraction de ces liens peut conduire à des cartes insatisfaisantes sans que cela ressorte obligatoirement. Ainsi, *l'élaboration d'une carte doit suivre des règles minimales très précises si l'on veut que le document obtenu soit une construction scientifique et non simplement une illustration accompagnant un texte lié à un auteur. Ces règles ne doivent pas se limiter à la sémiologie graphique ; elles doivent intervenir à tous les stades de la production cartographique. Si cette idée a déjà été envisagée et partiellement expliquée, sa structuration et sa généralisation auxquelles on s'attache ici deviennent urgentes pour plusieurs raisons.*

- Tout d'abord, elle n'a pas encore fait l'objet de développement complet et systématique s'appuyant sur des principes scientifiques. De ce fait, une carte est rarement reproductible et ne peut servir comme objet d'expérimentation et/ou de démonstration sur un phénomène spatial.

- Ensuite, cette idée devient de plus en plus nécessaire avec la multiplication des logiciels de cartographie ou de systèmes d'information géographique. Cette abondance permet en effet à n'importe qui de produire, souvent n'importe comment, une carte en faisant appel aux fonctions indiquées par le logiciel utilisé, qu'elle qu'en soit la qualité.

- Troisièmement, elle devrait permettre d'établir un pont entre les différents spécialistes qui interviennent dans la production d'une carte ; car il ne faut pas oublier que ces spécialistes se multiplient, introduisant, comme nous l'avons déjà dit, de nouveaux termes, de nouvelles possibilités qu'il est urgent d'harmoniser pour les exploiter correctement.

- Enfin, il faut rappeler que la cartographie, reconnue comme une science à part entière au congrès de Vienne en 1975<sup>9</sup>, permet non seulement de visualiser des phénomènes thématiques observables directement, mais aussi - et surtout - de révéler des structures spatiales sous-jacentes qui peuvent contribuer à l'explicitation du phénomène. Construction cartographique et analyse géo-spatiale sont inséparables si l'on veut comprendre ces structures et mettre en évidence les processus associés. Les «produits» doivent donc être établis selon une démarche scientifique rigoureuse qu'il convient de rappeler.

## 2. Un guide indispensable : la démarche scientifique expérimentale

C'est pourquoi, compte tenu de ce qui vient d'être dit, on rappelle brièvement ici les principes de la démarche scientifique expérimentale qui vont sous-tendre les étapes du raisonnement cartographique que l'on va proposer, la carte faisant partie intégrante des réflexions et recherches engagées. Les trois termes de l'expression ci-

dessus, en s'appuyant sur les travaux de K. Popper, H. Reymond et H. Beguin en particulier<sup>10</sup>, s'entendent de la manière suivante :

- La démarche est la manière de progresser, le cheminement, la succession des étapes dans «l'activité» engagée.

- Le mot «scientifique» renvoie à la logique disciplinaire et exprime le fait qu'il existe un consensus sur le sujet à traiter, consensus qui peut varier dans le temps mais qui est reconnu à une période donnée.

- Quant au qualificatif «expérimental», il signifie que la démarche est transparente, qu'elle est reproductible, qu'elle est vérifiable et réfutable par chacun.

La démarche scientifique expérimentale englobe donc l'ensemble de la recherche entreprise. Une fois le thème choisi, elle conduit à définir la problématique générale énoncée, les théories et hypothèses associées ; parmi les hypothèses, certaines ne concernent que les attributs, d'autres seulement la composante spatiale, d'autres encore les attributs et les localisations, sans oublier éventuellement le temps. Il est bien évident que dans le cadre considéré ici, la dimension spatiale constitue un sous-ensemble prédominant qui est régi par la même démarche ce qui implique que des hypothèses plus précises sur l'espace soient énoncées. La démarche atteint alors le niveau de la carte et sous-tend le raisonnement.

Ainsi, la démarche scientifique expérimentale sur laquelle repose le raisonnement cartographique qui est proposé, a pour but la production de cartes «satisfaisantes», c'est-à-dire d'une part vérifiables et reproductibles par toute personne ayant les connaissances nécessaires, d'autre part compréhensibles par le public visé, adaptées à ce public. Une carte devient alors une construction raisonnée qui s'appuie sur une double logique, celle du thème abordé - la logique disciplinaire - et celle de la cartographie - la logique cartographique -, ces deux logiques s'emboîtant (figure 1).

## 3. Des étapes ordonnées : le raisonnement cartographique

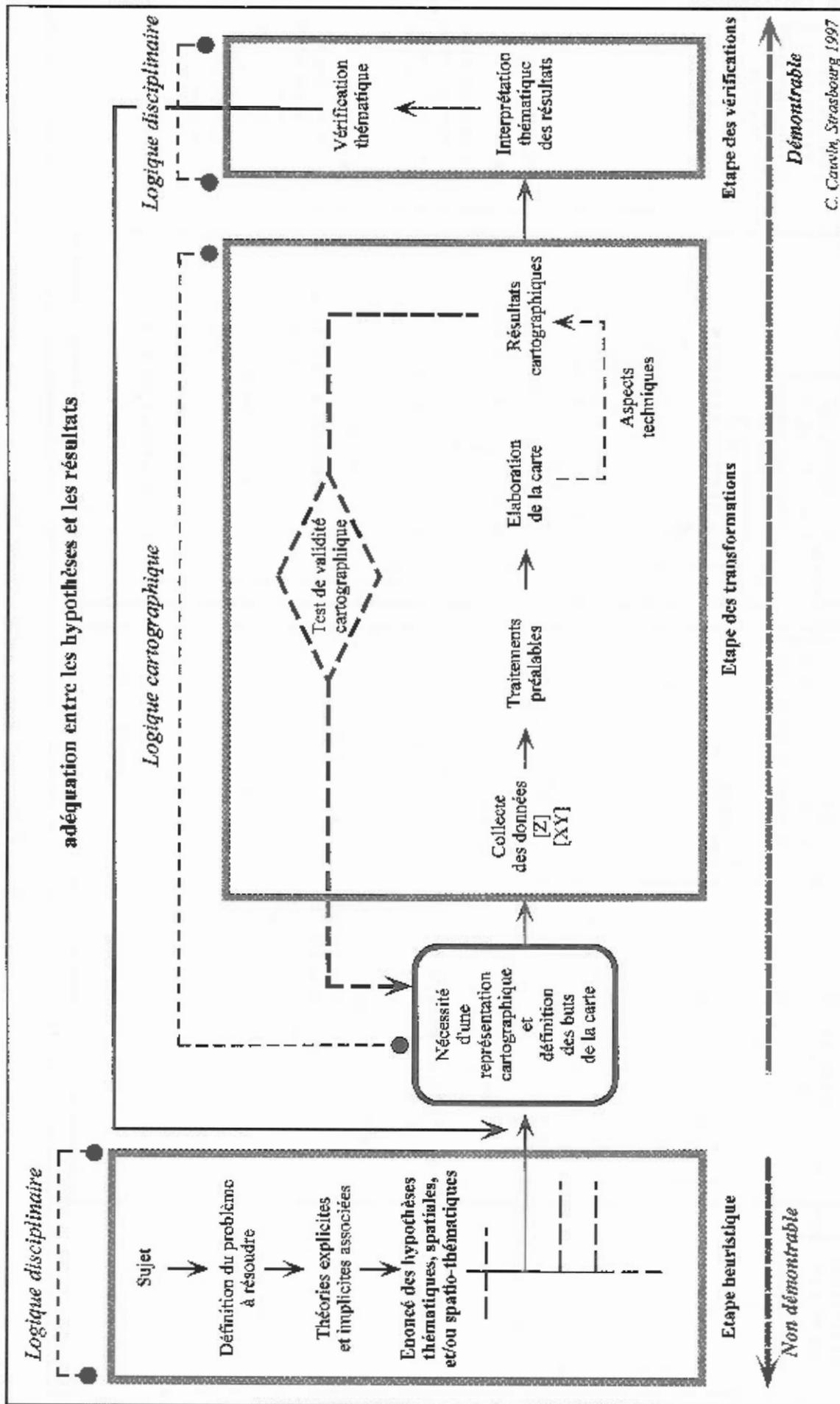
Pour atteindre le résultat proposé, un protocole<sup>11</sup>, au sens scientifique du terme, doit être élaboré ; il sous-tend les principales étapes de ce raisonnement, qui se suivent de manière logique mais peuvent aussi inclure des effets de rétroaction. Elles sont au nombre de 5, à savoir, la définition du but de la carte, la collecte des données, les traitements préafables, l'élaboration cartographique proprement dite et la production technique. C'est à la description de ces étapes que nous allons nous attacher maintenant en nous appuyant sur la figure 2.

1. La définition du but de la carte est liée à la thématique à représenter, aux théories existantes dans le domaine concerné, au public prévu. Au départ de la démarche, elle doit être établie avec échanges entre le spécialiste du thème et le cartographe ; elle permet de faire

<sup>9</sup> Krestchmer I, 1977.

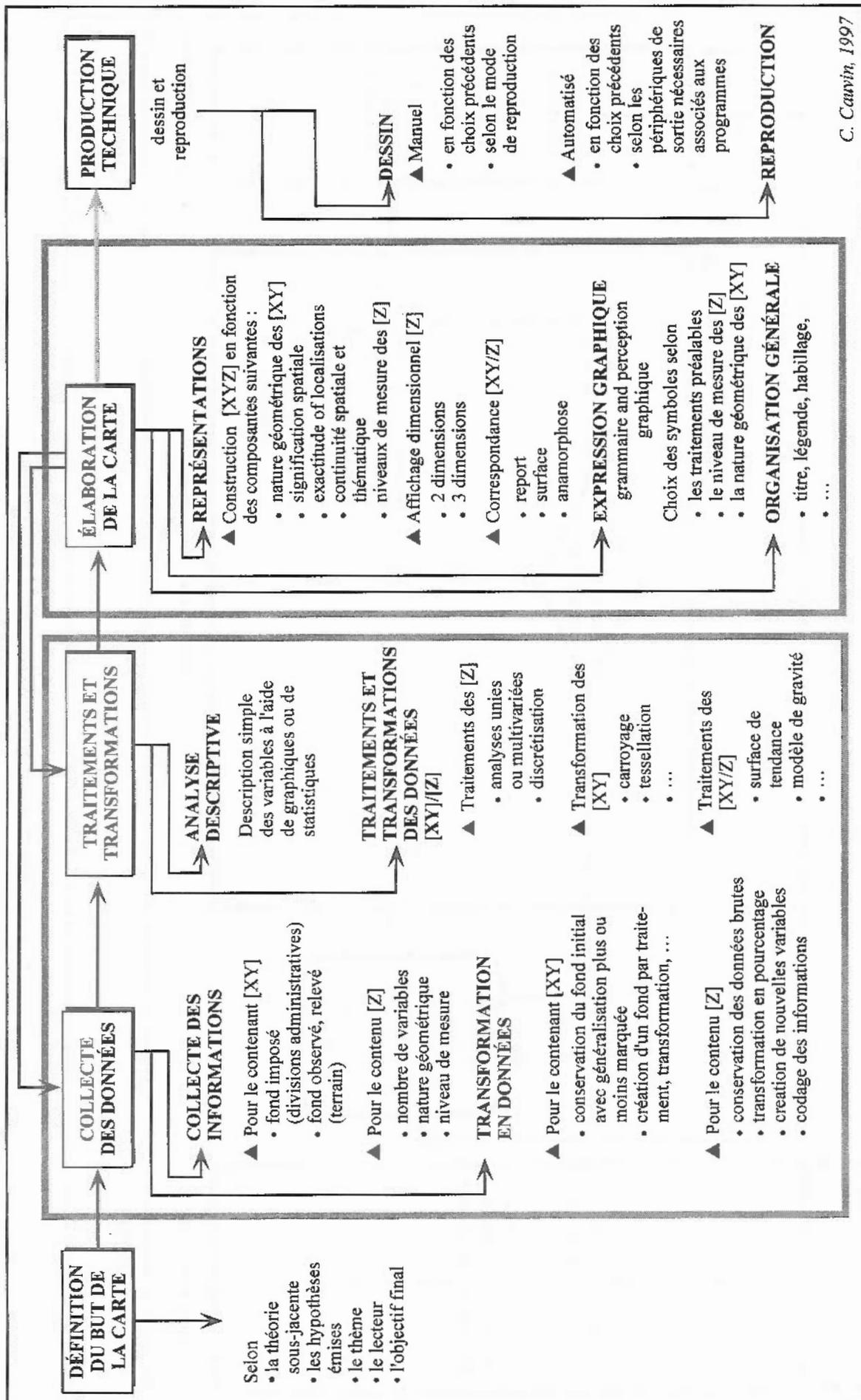
<sup>10</sup> Popper K, 1972, Reymond H., 1973, Beguin H., 1993.

<sup>11</sup> Rappelons ici, que cette notion est apparue comme essentielle dans les échanges entre scientifiques sur «la mémoire de l'eau» ; le protocole est au cœur de la validation scientifique d'une hypothèse.



C. Carvin, Strasbourg 1997

Figure 1 : Cartographie et démarche scientifique expérimentale



C. Cauvin, 1997

Figure 2 : Etapes du raisonnement cartographique

des choix justifiés tout au long du cheminement qu'il s'agisse des aspects de la construction de la carte comme de ceux de la communication. Car une carte est, on le rappelle, un moyen de communiquer de l'information de manière efficace.

2. *La collecte des données localisées* inclut l'obtention des informations brutes et leur transformation en données en relation avec le problème posé et les hypothèses énoncées. En effet, *il faut que les données à représenter soient «construites» de manière à permettre la vérification de ces hypothèses, c'est-à-dire de pouvoir dire si elles sont justes ou non, si elles peuvent être acceptées ou si elles doivent être rejetées.* Les transformations des informations initiales ne sont ni neutres ni interchangeables ; elles correspondent à un problème précis à traiter et conditionnent la validité de la carte. Elles concernent aussi bien les attributs thématiques (ou contenu, [Z]) que les localisants (ou contenant, [X,Y]) et induisent les traitements ultérieurs, les représentations et les choix graphiques.

3. *Les traitements* visent à structurer, organiser, classer les données de manière à obtenir des représentations compréhensibles. Les traitements préalables regroupent les descriptions statistiques de base, les analyses multivariées (inductives ou déductives). Ils concernent également les données de localisation et visent à proposer un support construit en fonction de la problématique. Ces opérations préalables dépendent en amont du type de données et en aval des familles de représentation.

4. *L'élaboration cartographique* proprement dite constitue l'étape fondamentale et comprend elle-même trois stades : la détermination des familles de représentation, le choix au niveau de l'expression graphique, l'organisation générale de la carte.

- Les familles de représentation sont liées aux composantes de la carte [XY, Z] (cartes ponctuelles, linéaires ou surfaciques, phénomène discret ou continu, ...), à l'affichage dimensionnel des attributs Z (2 ou 3 dimensions), au type de correspondance entre les [XY/Z] (système de report, de surface ou d'anamorphose). Pour effectuer des choix cohérents, il convient de se poser les questions suivantes : *A qui est destinée la carte ? Dans quel(s) but(s) est-elle construite ?*

- L'expression graphique concrétise les tracés, la représentation du phénomène. Le choix des signes repose sur les niveaux de mesure des [Z] et sur la nature géométrique des [XY], donc essentiellement sur les caractéristiques des données collectées. Mais pour que la grammaire soit «efficace», il faut encore connaître les capacités du lecteur et la manière dont ces signes peuvent être reçus, donc prendre en compte la perception graphique. Les décisions s'appuient alors sur les réponses à plusieurs questions : *Que mettre en évidence ? Comment ? Avec quels effets ? Pour quel lecteur ?*

- Enfin l'organisation générale de la carte comprend l'identification externe par le titre, son identification interne par la légende et des compléments qui constituent «l'habillage». La question essentielle qu'il faut ici garder présente à l'esprit est «à qui est destinée la carte ?»

Cette quatrième étape ne peut donc être menée à bien que si l'on se pose un certain nombre de questions pour

lesquelles le schéma de Lasswell sur la communication, adapté à la cartographie, constitue une aide précieuse<sup>12</sup>.

5. *La production technique* constitue l'étape finale de l'élaboration d'une carte. Regroupant les dessins manuels ou automatisés et les opérations de reproduction (quand cela s'avère nécessaire), cette étape ne se situe pas sur le même plan que les précédentes car elle n'intervient pas dans le cadre logique du raisonnement cartographique. Cependant sans elle, aucune carte ne serait visualisable. Elle fait donc partie de l'ensemble du raisonnement même si elle n'a pas d'effet de rétroaction sur les étapes précédentes.

Il apparaît ainsi que suivre ce cheminement pour élaborer une carte permet de présenter un document que toute personne compétente pourra reproduire à l'identique si ce cheminement a été explicité clairement à l'aide d'un protocole. A ce stade, il faudra évaluer avant d'aller plus loin la "qualité" du résultat : *la carte répond-elle à son but auprès du lecteur ? Une première vérification, de type technique, liée à des tests de perception visuelle, s'impose. La carte peut ensuite être interprétée thématiquement et la vérification des hypothèses émises devient possible. La carte est ainsi réellement un document scientifique qui participe intégralement à l'étude entreprise ; ce n'est plus un simple document annexe.*

## Conclusion

On retrouve bien ainsi ce que l'on a annoncé en introduction. Si l'on veut joindre les diverses fonctions de la carte, si l'on veut mettre en synergie ses deux rôles essentiels qui se traduisent par des qualités différentes, il devient évident que pour atteindre le but poursuivi, pour construire des cartes et communiquer de l'information, un corpus théorique doit être élaboré, indépendamment des thèmes à traiter ; il ne s'agit pas de proposer des solutions pour la cartographie de la population ou celle de la géomorphologie ou encore celle des transports urbains ; il convient de réunir un ensemble de méthodes en en précisant les contraintes, les hypothèses, les intérêts, ..., ensemble dans lequel il sera possible de puiser pour traiter les différents thèmes. L'éventail des méthodes de construction cartographique doit être élargi, en faisant appel éventuellement à des modèles venant d'autres disciplines, telles la biologie, la physique, ... Les constructions une fois effectuées, leur communication à divers publics sera rendue possible, sera améliorée en retrouvant et en approfondissant les connaissances d'une part en sémiologie graphique, donc en linguistique, et d'autre part en perception graphique. Car le passage de la construction à la communication visuelle n'est pas aussi aisé qu'on le croit, mais il est indispensable comme le montre bien le schéma de D. Dibiase (1990). Il est certain que dans ce domaine, de nombreuses recherches ont déjà été effectuées ; elles peuvent être renouvelées en faisant appel aux nouvelles technologies. Cependant, c'est sur le premier aspect - la construction - que l'effort essentiel doit porter. Cet effort de rigueur est indispensable pour l'avenir de la cartographie, afin que tout son potentiel pour l'analyse spatiale puisse être développé.

## Références bibliographiques

- Baily A.S., Beguin H., 1993 (4<sup>e</sup> ed.), *Introduction à la géographie humaine*, Masson, géographie, Paris, 192 p.
- Bertin J., 1967, *Sémiologie graphique. Les diagrammes, les réseaux et les cartes*, Mouton, Gauthier-Villars, Paris, 431 p.
- Board C., 1983, The development of concepts of cartographic communication with special reference to the role of Pr. Ratajski. *International Yearbook of Cartography*, Vol. 23, pp. 19-30.
- Cauvin C., 1996, In favour in teaching theory in cartography. Suggestions for an academic cursus. *Cartographica. Canada*. Vol. 33. numéro 3, pp. 21-28.
- DiBiase D., 1990, Visualisation in the earth sciences, *Earth and Mineral Sciences, Bulletin of the College of earth and Mineral Sciences*, PSU, Vol. 59, N° 2, pp. 13-18.
- Kretschmer I., 1977, *Studies in theoretical cartography*. F. Deuticke. Wien 1975, 325p.
- Olson J.M., 1976, A co-ordinated approach to map communication improvement. *The American Cartographer*, Vol. 3, n° 2, pp. 151-159.
- Popper K., 1972, *La connaissance objective*. Presses universitaires de France, 174 p.
- Raisz E., 1931, The physiographic method of representing scenery of maps, *The Geographical review*, 21, pp. 297-304.
- Racine J.B., Reymond H., 1973, *L'analyse quantitative en géographie*. P.U.F., Collection SUP, Paris, 316 p.
- Robinson A.H. and al., 1951 (first edition), *Elements of cartography*, John Wiley & sons, New York, 448 p.