



Manuel de Cartographie

Ecrit par Didier Poidevin

Extrait de son ouvrage « La carte : moyen d'action » aux éditions Ellipses

Articque
Les Roches
37230 Fondettes
Tel : +33 2 47 49 90 49
Fax : +33 2 47 49 91 49
Web : <http://www.articque.com>
Email : info@articque.com

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES	2
PRESENTATION	4
I CARTOGRAPHIES, CARTES	6
1) <i>Qu'est ce que la cartographie ?</i>	<i>6</i>
2) <i>La carte.....</i>	<i>8</i>
3) <i>L'informatique au service d'une nouvelle cartographie</i>	<i>11</i>
4) <i>Comment aborder la cartographie par ordinateur ?</i>	<i>12</i>
5) <i>Les apports la cartographie par ordinateur</i>	<i>14</i>
II L'ECHELLE ET LA GENERALISATION.....	18
1) <i>L'échelle</i>	<i>18</i>
2) <i>La généralisation</i>	<i>20</i>
III LOCALISATION - IMPLANTATION.....	23
1) <i>La localisation</i>	<i>23</i>
2) <i>L'implantation.....</i>	<i>23</i>
IV LES VARIABLES VISUELLES.....	29
1) <i>1^{ère} variable visuelle : la taille.....</i>	<i>29</i>
2) <i>2^{ème} variable visuelle : la forme</i>	<i>30</i>
3) <i>3^{ème} variable visuelle : la valeur.....</i>	<i>31</i>
4) <i>4^{ème} variable visuelle : le grain.....</i>	<i>33</i>
5) <i>5^{ème} variable visuelle : l'orientation</i>	<i>33</i>
6) <i>6^{ème} variable visuelle : la couleur.....</i>	<i>33</i>
V QU'EXPRIME-T-ON AVEC LE LANGAGE CARTOGRAPHIQUE	43
1) <i>Des quantités, des proportions (information quantitative).....</i>	<i>43</i>
2) <i>Un classement, un ordre (information ordonnée).....</i>	<i>46</i>
3) <i>Une différence, une distinction (information qualitative)</i>	<i>47</i>
4) <i>En résumé, pour une bonne utilisation des variables visuelles</i>	<i>50</i>
VI RESPECTER LES REGLES.....	51
1) <i>Etre rigoureux avec la collecte et le traitement des données</i>	<i>52</i>
2) <i>Le traitement graphique doit être judicieux (du bon usage de l'expression cartographique).....</i>	<i>53</i>
3) <i>Une carte doit être lisible (nette et économique)</i>	<i>53</i>
4) <i>Une carte doit être complète</i>	<i>55</i>
5) <i>Une carte thématique doit répondre à deux questions</i>	<i>61</i>
VII LES ETAPES	64
1) <i>Se poser les questions pertinentes avant la conception.....</i>	<i>64</i>
2) <i>La construction d'une carte.....</i>	<i>67</i>

Manuel de Cartographie

VIII	LA MISE EN CLASSES DES SERIES STATISTIQUES	69
1)	<i>La terminologie élémentaire de la statistique</i>	69
2)	<i>Principes du découpage en classes</i>	71
3)	<i>Rappels de statistiques élémentaires : les principaux indicateurs</i>	72
4)	<i>Les méthodes de discrétisation</i>	75
IX	LES CARTES D'ANALYSE	81
1)	<i>Les cartes en points</i>	81
2)	<i>Les cartes en proportions</i>	82
3)	<i>Les cartes en diagrammes</i>	84
4)	<i>Les cartes en symboles</i>	86
5)	<i>Les cartes de réseaux</i>	87
6)	<i>Les cartes de flux</i>	89
7)	<i>Les cartes en plages</i>	91
X	LES AUTRES FORMES DE CARTES	93
1)	<i>Les cartes en carroyage</i>	93
2)	<i>Les anamorphoses</i>	94
3)	<i>Les cartes en trois dimensions</i>	95

PRESENTATION

La carte, familière, quotidienne, indispensable, est pourtant un outil dont les potentialités sont méconnues voire inconnues par la plupart d'entre-nous.

Des générations d'élèves puis de professionnels assimilent encore la géographie et indirectement la cartographie à des disciplines d'inventaires dont le seul but serait de situer les lieux, les faits et phénomènes.

Cette vision limitée et fortement stéréotypée vient du fait que l'école et l'enseignement en général n'ont pas été préparés à transmettre l'utilité opérationnelle de la géographie et de la cartographie. Parallèlement, le marché de la carte, sa pratique et son utilisation médiatique se sont considérablement accrus. La maîtrise de l'outil cartographique est devenue un enjeu primordial dans tous les domaines se préoccupant de la connaissance et de la gestion des territoires. Ce développement prodigieux de la cartographie résulte d'une part d'une prise de conscience des ses qualités d'aide à la décision et à la gestion, de support de communication, d'analyse ou encore de simulation et d'autre part de la montée en puissance de l'informatique. Celle-ci ouvre à la cartographie de vastes champs d'application (et inversement) et donne *théoriquement* à tous la possibilité de concevoir une carte.

Ayant résolu le problème, délicat, de l'acquisition d'un logiciel, l'enjeu est maintenant pour vous de travailler judicieusement avec les méthodes cartographiques et d'analyse exploratoire auquel *Cartes & Données* vous donne accès.

Toute carte devrait présenter des qualités de rigueur, de clarté et d'esthétique, en résumé ne pas ignorer les règles élémentaires de la graphique. En tant que langage, la cartographie ne s'improvise donc pas ; elle s'apprend et n'est efficace que si elle assure au lecteur le maximum de clarté et de rapidité de compréhension. Les progrès de l'informatique et la démocratisation induite ont tendance à le faire oublier et chaque jour, de trop nombreuses cartes alimentent un sottisier dont on s'abstiendrait volontiers.

Lorsque l'on conçoit ou que l'on apprend à concevoir une carte, il faut toujours garder à l'esprit une des caractéristiques fondamentales de l'outil cartographique : celui-ci utilise un langage visuel dont les principes, les règles, les qualités et les limites résultent tous des exigences physiologiques de l'œil humain.

Manuel de Cartographie

Ce livret a pour objectifs d'énoncer les règles fondamentales de l'expression cartographique et ce en dix parties : la première donne les définitions indispensables tandis que les quatre suivantes présentent les subtilités de l'expression cartographique.

Les sixième et septième parties insistent sur les règles et les étapes nécessaires pour concevoir et réaliser une carte *efficace*. Les techniques de mise en classes (*discrétisation*) font l'objet d'une huitième partie. Enfin, les différents types de cartes, exemples à l'appui, sont exposés dans deux dernières parties.

I Cartographies, cartes

- généralités -



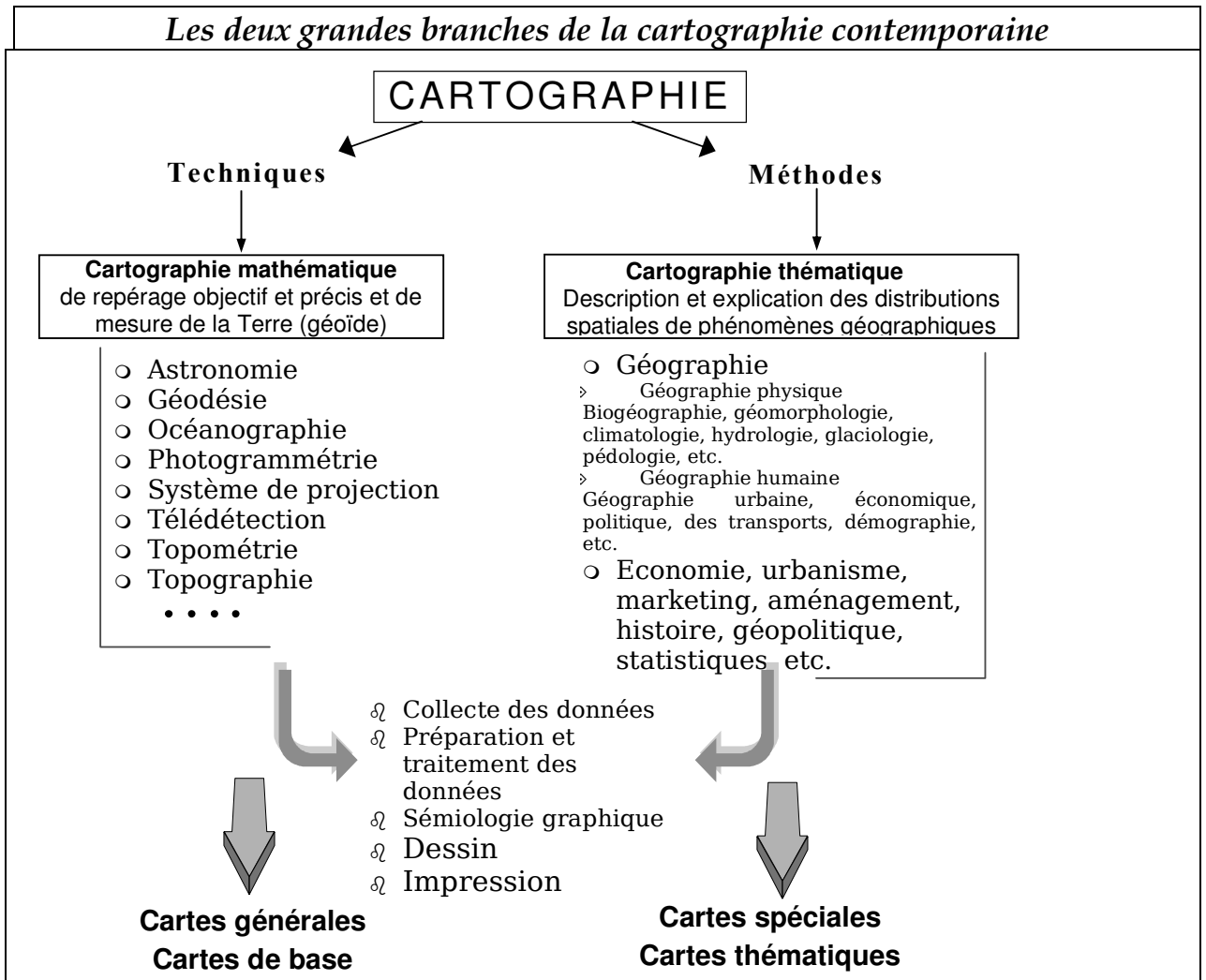
1) Qu'est ce que la cartographie ?

- La **cartographie** a pour but la représentation de la Terre ou d'une autre planète sous une forme géométrique et graphique grâce à la conception, la préparation et la réalisation de cartes. La cartographie est à la fois une science, un art et une technique.
 - C'est une science, car ses bases sont mathématiques, notamment en ce qui concerne la détermination de la forme et des dimensions de la Terre puis le report de la surface courbe de la Terre sur un plan (la carte) grâce au système des projections et enfin l'établissement d'un canevas planimétrique et altimétrique. L'enjeu est la précision et la fiabilité de la carte.
 - C'est un art, car en tant que mode d'expression graphique, la carte doit présenter des qualités de forme (esthétique et didactique grâce à la clarté du trait, à son expressivité et sa lisibilité) afin d'exploiter au mieux les capacités visuelles du lecteur. Cela exige de la part du concepteur et du réalisateur des choix dans la représentation.
 - C'est enfin une technique, car elle nécessite d'amont en aval, l'emploi d'instruments dont les progrès ont bouleversé toute la filière cartographique (photographies aériennes, satellites, ordinateurs, impression et diffusion, etc.).

La définition de la cartographie suppose que la représentation de la Terre s'accomplit grâce à un ensemble de techniques et de méthodes. Il en résulte les deux grandes branches de la cartographie.

- Les *techniques* précèdent les méthodes et engendrent une *cartographie d'amont* ou une *cartographie « mathématique »* ou *« topographique »*, sachant que ces qualificatifs sont peu satisfaisants. Cette cartographie a pour finalité majeure d'établir les *fonds de carte** nécessaires à l'élaboration de toute carte. C'est là où se situent les fondements mathématiques et géométriques de la cartographie. Grâce à l'astronomie, à la topographie, à la photogrammétrie*, à la géodésie*, à la topométrie (ensemble des mesures faites sur le terrain pour la réalisation des cartes topographiques), à la télédétection* (découverte de la Terre à distance) entre autres et bien sûr à l'exploration systématique du globe, on a pu donner de plus en plus précisément au fil du temps, les dimensions, la forme générale et une représentation à plat de la Terre. La connaissance de notre planète est à peine terminée et s'enrichit encore aujourd'hui avec les progrès de l'imagerie satellitaire.

Cette cartographie demande des compétences particulières que possèdent les topographes ou les géomètres par exemple. Pour le concepteur et réalisateur de cartes thématiques, les buts à atteindre sont différents puisqu'il utilise des fonds de cartes déjà établis.



L'enjeu est plutôt de considérer la cartographie comme art d'expression et comme un outil d'analyse, d'aide à la décision et de communication, d'où le contenu de ce livre axé essentiellement sur les méthodes de la cartographie.

- Les **méthodes** de la cartographie, c'est-à-dire la démarche et la réflexion intellectuelle que supposent l'acte de concevoir, réaliser puis lire des *cartes thématiques* (cf. définition plus bas) nécessitent d'autres compétences. Lire une carte thématique est en soit un acte complexe qui ne répond à aucune recette prédéterminée. L'expérience du lecteur dans un domaine quelconque et sa capacité à décrypter la trame de l'organisation de l'espace géographique sont les deux

facteurs-clefs de la lecture efficace d'une carte. Il est par contre plus aisé de cerner les acquis que réclament la conception puis la réalisation d'une carte thématique puisqu'ils découlent plus ou moins directement d'une logique dans le choix du langage cartographique. Pour résumer, le respect d'une série de règles et de méthodes est garant d'une cartographie thématique efficace et fiable.

2) La carte

- Objet très ancien, plus ou moins complexe, aux multiples facettes et utilisations, on ne peut donner une seule définition de la carte. Toutes les cartes ont néanmoins un point commun, celui de représenter une portion de l'espace terrestre. Retenons deux définitions de la carte :
 - Selon F. Joly, « *une carte est une représentation géométrique, plane, simplifiée et conventionnelle de tout ou partie de la surface terrestre et cela dans un rapport de similitude convenable qu'on appelle échelle* ».
 - La carte est un dessin réduit et à plat du Monde ou d'une portion du Monde. Elle peut être aussi et d'autre part une représentation sur un fond de carte géographique, d'un *phénomène* quelconque concret ou abstrait. Cette représentation est faite sur papier ou sur un autre support tel le verre, le bois ou un écran d'ordinateur. Une carte est conçue à la main ou par une machine. Les distances sur la carte sont toujours dans le même rapport que sur le terrain.

La notion de carte n'est pas à confondre avec celle de *plan** qui représente un espace restreint. On parle de plans de maison, de quartier voire de ville mais jamais de plan de France ou d'une région.

- De ces définitions se dégagent cinq grands principes dont les conséquences pratiques guident ou devraient guider le travail de tout cartographe, professionnel ou non.
 - La carte est une représentation, un dessin : la carte est donc un document visuel. Ceci explique que la conception et la réalisation d'une carte doivent respecter des règles simples mais rigoureuses, issues des lois de la perception visuelle.
 - La carte est une représentation plane : la carte matérialise le passage de la sphère terrestre à un plan. Ce passage est réalisé grâce au procédé des projections. L'obligation de la projection implique qu'aucune carte n'est fidèle à la forme réelle de la surface terrestre. De plus, selon la projection retenue, le visage du territoire projeté sera très différent. Cette contrainte n'est impérieuse que dans le cadre d'une cartographie de grandes étendues de terrain (travail à *petite échelle*).
 - La carte est une représentation réduite : une carte n'a pas pour objectif de représenter l'espace en vraie grandeur. Au contraire, le but est d'obtenir un

document maniable sur lequel est représenté le terrain selon un rapport de réduction : *l'échelle*.

- La carte est une représentation simplifiée : la réduction impose une série d'opérations graphiques que l'on regroupe sous le nom générique de *généralisation* et qui visent à choisir les objets à représenter et à remplacer leurs formes observées sur le terrain par des figurés conventionnels.
- La carte est une représentation conventionnelle : le cartographe utilise un langage, le langage cartographique, qui possède sa propre *grammaire*. Sa connaissance permet de transmettre au mieux une information géographique.
- De même que la définition de la cartographie a laissé entrevoir les deux grandes branches de cette discipline, celle de la carte différencie deux grands types de cartes : d'une part les cartes de base (appelées également cartes générales ou encore cartes classiques) issues de la cartographie mathématique et d'autre part les cartes spéciales.

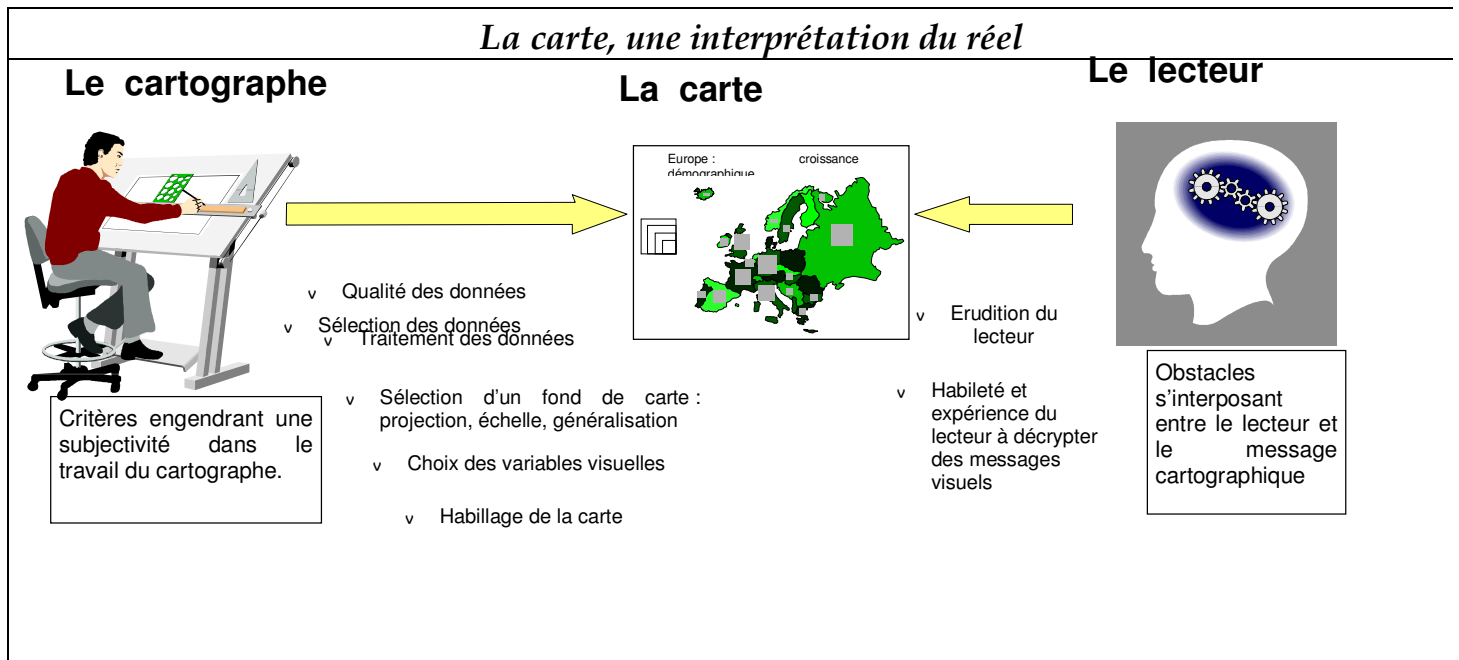
Dès le 17^{ème} siècle, l'homme a cartographié la Terre dans un but moins restrictif que celui de représenter la topographie des pays et de décrire la Terre. Les cartes sont devenues des instruments de connaissance, de décision, de prévision et de planification au service des Etats. Sont donc apparues des *cartes spéciales* ou *cartes spécialisées* aujourd'hui communément appelées *cartes thématiques*.

Une carte thématique a pour finalité de donner sur un fond de carte une représentation conventionnelle de faits et de phénomènes présentant un aspect de distribution dans l'espace et de leurs corrélations, à l'aide de symboles qualitatifs ou quantitatifs, géométriques ou figuratifs dont l'explication se trouve dans une légende.

Les phénomènes à représenter étant illimités, les cartes thématiques et leurs applications sont innombrables. C'est cette variété même qui fait certes la complexité mais aussi l'intérêt d'un point de vue professionnel des cartes thématiques conçues pour décrire, comprendre et interpréter l'organisation de l'espace afin, le cas échéant, d'agir.

□ **Le cartographe est un auteur qui propose un message au lecteur**

Cet aspect devrait être constamment dans l'esprit des concepteurs, réalisateurs et lecteurs de cartes. S'il en était besoin, les uns y gagneraient en rigueur et en modestie, les autres en prudence et en lucidité.



- C'est lors de la conception et de la réalisation que se décide une très grande part de l'effet final du document cartographique.
 - Le cartographe doit d'abord appréhender la réalité du terrain afin de répertorier et d'organiser les objets géographiques, bref les données* quantitatives ou qualitatives qui constituent la base de la carte. C'est le cartographe qui décide quelles sont les données à conserver ou à escamoter. Cette sélection est souvent indispensable, car elle garantit la lisibilité du document final. Elle est souvent liée aussi au thème de la carte et le cas échéant au lectorat de la carte : un technicien ou un ingénieur sera capable de lire (ou exigera) des cartes infiniment plus complexes que le néophyte. A ce choix des données (pourvu que celles-ci soient fiables et homogènes) s'ajoutent généralement un traitement de celles-ci. Là encore, le cartographe s'affirme comme le seul maître à bord. Par exemple, parmi les méthodes de découpage en classes des séries statistiques, il faut savoir choisir, sachant que chaque méthode possède ses propriétés et surtout débouchent sur un résultat cartographique exclusif.
 - Les données étant sélectionnées, le cas échéant vérifiées puis traitées, il faut maintenant passer à la présentation du fond de carte, une autre prise de décision importante de la part du cartographe. Quelle projection choisir et surtout quelle échelle et quel degré de généralisation retenir ? *A priori*, le nombre de solutions est illimité mais le jugement du cartographe est encore une fois généralement guidé par l'objectif final de la carte.
 - L'esprit d'initiative est encore de mise lors de la phase-clé que constitue le dessin de la carte. A la fois attendu et redouté, ce passage des données à l'expression cartographique a été grandement simplifié grâce à l'informatique.

Même les logiciels les plus perfectionnés laissent pourtant toute latitude au cartographe pour décider de la couleur, de la forme des figurés, de la typographie...en définitive du style final de la carte. La machine s'efface devant les capacités et l'obligation créatrices du cartographe.

- Enfin, il appartient au cartographe d'habiller la carte grâce à la légende (où la placer, comment la présenter?), à un cadre (doit-il limiter la carte?), à l'orientation, etc. Le choix d'un titre (souvent l'acte final du cartographe) est loin d'être innocent. Aucun logiciel n'est capable, évidemment, de nommer une carte. Il appartient à l'auteur de lui donner une tournure neutre et sobre ou à l'inverse d'exprimer une pensée, une opinion. La taille des lettres, l'utilisation de figures de pensée (exclamation, interrogation, énumération...) sont des techniques plus ou moins subtiles pour formuler un titre et au final influencer le lecteur.
- Le décodage de la carte induit lui aussi une absence de spontanéité de la part du lecteur. Tout lecteur a un vécu, une culture, une aisance et une formation qui font que le message sera reçu différemment et plus ou moins fidèlement. En conclusion, le cartographe, en sélectionnant, le fond de carte adapté, en rassemblant et en traitant les données et en choisissant la manière dont il les représente graphiquement est un auteur. « Organisateur, géomètre, styliste et rhétoricien, il exprime librement sa "vision du monde" »¹. Au-delà des biais que peut entraîner une telle intervention du cartographe, l'avantage réside dans le fait que la carte est un outil au service du lecteur. Ce dernier n'a qu'à en disposer pour agir. En recevant le message cartographique (cela est vrai pour tout message, visuel ou écrit), le lecteur interprète lui aussi la structure du message originel. Il appartient donc d'une part au cartographe d'apporter un maximum de rigueur afin d'atténuer les irrégularités inhérentes à toute démarche de communication et d'autre part au lecteur d'être conscient que la carte n'est pas un calque du monde.

3) L'informatique au service d'une nouvelle cartographie

L'apparition de l'informatique dans le domaine de la cartographie est déjà ancienne puisque les premières cartes par ordinateur datent du début des années 60. Néanmoins, à cette époque, la technologie encore balbutiante et surtout les obstacles financiers empêchaient l'expansion de la *cartographie par ordinateur* qui ne concernait qu'un noyau de spécialistes. Depuis, elle s'est perfectionnée sans cesse si bien qu'aujourd'hui, concevoir une carte sur ordinateur est en passe de devenir un acte aussi ordinaire qu'utiliser un traitement de texte. Cette (r)évolution a bouleversé toute la filière cartographique, d'amont en aval.

Pour le cartographe néophyte, la cartographie par ordinateur soulève un flot de questions, car celle-ci possède son jargon, ses méthodes et ses spécialistes.

¹ Rémi Caron, *Cartes et Figures de la Terre*, 1980



A noter

Pour qualifier l'élaboration d'une carte avec un ordinateur, on a inventé une série de termes plus ou moins satisfaisants et spécifiques.

□ Le vocable cartographie assistée par ordinateur a le mérite d'être clair mais ses initiales (C.A.O.*) étaient déjà utilisées par conception assistée par ordinateur, discipline qui fait référence aux traitements graphiques en général.

□ L'expression cartographie automatique est souvent utilisée pour qualifier toute la chaîne de fabrication d'une carte (des levés sur le terrain jusqu'au dessin et l'impression). On obtient donc au final une carte automatique. Il est vrai que l'ordinateur entraîne une automatisation de toutes les étapes de la réalisation d'une carte : tracé du fond de carte, traitement des données, dessin, légende automatique, impression, etc. Mais cette expression de cartographie automatique est abusive tant le rôle du cartographe reste fondamental à tous les stades de l'élaboration de la carte : choix du sujet, des objectifs, des traitements statistiques, de l'échelle, entrée des données, retouche d'images, etc. Le jour où l'ordinateur pourra prendre en charge, sans intervention du cartographe, la création d'une carte est encore loin.

□ On rencontre également les vocables d'infographie qui s'applique plus généralement aux traitements graphiques de l'information et de géomatique qui fait référence à l'ensemble des procédures de traitement de données géographiques par ordinateur dans l'élaboration du cadastre* et de la carte topographique de base. Ces vocables sont peu employés hors des milieux professionnels intéressés.

□ Le néologisme cartomatique suggéré par le géographe Roger Brunet est un compromis entre cartographie assistée par ordinateur et cartographie automatique. On pourra également utiliser sans crainte la formule de cartographie par ordinateur.

4) Comment aborder la cartographie par ordinateur ?

On peut distinguer quatre niveaux selon les fonctionnalités des logiciels.

- Certains logiciels destinés au grand public et plus particulièrement aux curieux de géographie ou aux milieux scolaires ne sont que des **recueils de cartes passives** (des atlas*) historiques, géographiques, satellitaires. Ils ne permettent en aucun cas de créer des cartes et ne sont donc pas des logiciels de cartographie.

- **Les logiciels de dessin**

La réalisation de cartes grâce un logiciel de dessin (Adobe Illustrator ou CorelDraw par exemple) suppose le maniement plus ou moins expérimenté du Dessin Assisté par Ordinateur (D.A.O.). Quatre cas se présentent :

- le cartographe privilégie le travail graphique voire artistique et non pas la conception de cartes supposant des traitements statistiques. Les logiciels de dessin sont ainsi tout indiqués pour concevoir des cartes fictives, des cartes

destinées à la communication ou des cartes schématiques. Ces documents ne nécessitent pas en effet de liens entre objets graphiques de données statistiques mais imposent généralement des fonctions de dessins avancées.

- Le cartographe travaille sur un logiciel de cartographie et retouche les cartes dans un logiciel de dessin ou de présentation externe pour en améliorer la présentation et l'esthétique, mettre en forme les textes, etc. Les logiciels de cartographie offrent ainsi la possibilité *d'exporter* les cartes à différents formats (GIF, JPEG, WMF, Postscript...). Cette méthode présente cependant l'inconvénient de perdre les liens dynamiques entre objets graphiques et données alphanumériques. Dans le cas d'une mise à jour par exemple, une nouvelle rédaction de la carte s'impose. Toutefois, certains logiciels de cartographie proposent des fonctions *internes* d'édition cartographique préservant les liens entre paramètres d'habillage et base de données.
- Le cartographe *conçoit* sa carte « manuellement », par exemple les traitements statistiques à l'aide d'une calculatrice ou d'un tableur, et *réalise* sa carte sur logiciel de dessin.
- Certains logiciels de dessin perfectionnés proposent, grâce à des modules intégrés, de nombreuses fonctions permettant de traiter des données géographiques. La barrière entre ces logiciels et les logiciels de cartographie est mince.

Si l'on veut mettre en relation les données statistiques et les données cartographiques et mettre en œuvre des fonctions d'analyse géographique, en résumé tirer pleinement parti de la cartographie par ordinateur, il faut passer à la vitesse supérieure, c'est-à-dire aux logiciels de cartographie proprement dits.

□ **Les logiciels de cartographie**

Les **logiciels de cartographie** sont complets et permettent de « numériser » (ou « digitaliser »), c'est-à-dire enregistrer des fonds de carte personnels. Ils créent, structurent et gèrent les bases de données cartographiques. Ils offrent ainsi toutes les fonctionnalités de rassemblement, de classement et de traitements mathématiques des données à cartographier. Ils traduisent les données (chiffrées ou non) en un langage cartographique constitué de figures géométriques, de trames, de symboles, de diagrammes, de couleurs..., puis ils permettent « d'habiller » la carte avec une légende, un titre, un cadre, une couleur de fond, etc. Enfin, les logiciels de cartographie effectuent des analyses spatiales très élaborées (intersections, sélection d'objets selon divers critères, calculs d'itinéraires, d'isochrones, analyses factorielles, etc.). Les logiciels de cartographie ont gagné en ergonomie. Autrefois trop compliqués pour les cartographes occasionnels, ils sont aujourd'hui accessibles au grand public moyennant une formation.

□ **Les systèmes d'informations géographiques (S.I.G.)**

Le but de ce paragraphe est uniquement et simplement de tirer au clair les grandes lignes d'un secteur aux multiples ramifications et en perpétuelle évolution. Le fait que la plupart des personnes extérieures à la problématique des systèmes

d'informations géographiques et même bon nombre de professionnels assimilent les S.I.G. à des logiciels de cartographie est révélateur de la confusion qui règne dans ce domaine dont l'image et le fonctionnement tendent à se brouiller un peu plus chaque jour, particulièrement aux yeux du cartographe occasionnel.

Définition du S.I.G.

« Un S.I.G. est l'ensemble des structures, des méthodes, des outils et des données constitué pour rendre compte des phénomènes localisées dans un espace spécifique et faciliter les décisions à prendre sur cet espace ». (T. Joliveau).

- Contrairement à une idée reçue et tenace, les logiciels de cartographie et les systèmes informatiques permettant de rassembler stocker, manipuler, traiter, gérer et analyser les données spatiales ne sont que des éléments d'un ensemble beaucoup plus vaste, cet ensemble étant le S.I.G. proprement dit.
- Cette définition insiste sur le fait essentiel que les S.I.G. sont des systèmes incluant à côté des outils matériels et logiciels, d'autres composantes tout aussi fondamentales : les structures, les méthodes et les données.

5) Les apports la cartographie par ordinateur

- Les forces de la cartographie par ordinateur procèdent inévitablement de la puissance et de la vitesse de calcul toujours plus importantes, intrinsèques aux ordinateurs.

Les progrès de l'informatique et surtout de la micro-informatique bénéficient à tous les échelons de la cartographie par ordinateur. Sa prééminence sur la cartographie manuelle se décline en sept points majeurs :

- La rapidité d'exécution.
A toutes les phases de la conception et de la réalisation, l'ordinateur est susceptible d'offrir aux cartographes professionnels ou amateurs un gain de temps considérable. Traitement et réactualisation des données, dessin et transformation du fond de carte, dessin de la carte, reproduction : tout le processus est si rapide aujourd'hui qu'il est difficile d'imaginer un *avant*. Il reste pourtant bien utile d'être passé par la cartographie manuelle afin de mieux estimer et maîtriser la puissance de l'ordinateur ainsi que vérifier la pertinence des résultats, notamment en ce qui concerne la partie graphique (choix des variables visuelles, contrôle de la légende par exemple).
- Un potentiel énorme en matière de stockage et de diffusion.
L'époque où les cartes poussiéreuses dormaient dans des armoires oubliées est révolue. Les cartes sont emmagasinées et classées sur support magnétique, sur disque dur, sur CD-ROM, etc. Les documents ne se dégradent plus au contact de l'air ou de l'humidité et de plus, le format compact des disquettes ou des CD-ROM par exemple permet d'extraire les cartes en un temps record puis de les diffuser tout aussi aisément. Les coûts de stockage s'en trouvent donc minimisés. La diffusion des cartes et de l'information géographique acquiert actuellement

une nouvelle dimension avec le réseau Internet sur lequel on peut consulter, importer et imprimer dans des logiciels spécialisés, des cartes de tout type.

- La netteté du dessin et la qualité de la restitution.
Si au début de la cartographie par ordinateur, le dessin de la carte et son impression étaient souvent plus proches du brouillon que du document cartographique, cet inconvénient est aujourd'hui disparu grâce d'une part à des outils d'édition cartographique très proches des meilleurs logiciels de dessin assisté par ordinateur et d'autre part à l'évolution technologique des imprimantes.
 - Les logiciels de cartographie automatisent le dessin de nombreux figurés cartographiques : plages de valeurs, symboles proportionnels, diagrammes, etc.
 - Les outils de dessin associés aux logiciels de cartographie évitent de savoir dessiner (du moins, à la main). Sur papier, en effet, le dessin d'une carte impose un apprentissage et une pratique soutenus pour dessiner des formes géométriques parfois complexes et surtout une sensibilité aux arts graphiques afin d'assurer un rendu des couleurs honorable par exemple. Les logiciels de cartographie intègrent des aides au dessin avec lesquelles tracer et dessiner des figurés, des trames, des diagrammes ou des aplats* de couleurs ne constituent plus vraiment un frein. Enfin, les fonctions de mise en page permettent d'éditer des documents clairs et synthétiques. Le cartographe y gagne en temps, en précision et en rigueur.
 - En revanche, le dessin par ordinateur ne s'apprend pas en quelques heures : dessiner avec une souris n'épargne pas l'utilisateur d'une initiation au dessin vectoriel (cf. Ci-dessous). Au moins, avec l'ordinateur, corriger une erreur de dessin et tester des solutions jusqu'à satisfaction est un jeu d'enfant. Sur papier au contraire, le droit à l'erreur est très limité : une main tremblotante entraîne irrémédiablement une carte - et des heures de travail - dans une corbeille à papier.
 - Enfin, le rendu des imprimantes s'est considérablement amélioré ces dernières années. Pour un prix modique (moins de 5000 FF), il est possible maintenant de se procurer des imprimantes (laser, thermique, jet d'encre...) dont les performances offrent une qualité d'impression étonnante non seulement en noir et blanc mais aussi en couleur : au cartographe de tirer le meilleur parti de ces petites merveilles de technologie.
- Le traitement des données est lié directement à la partie graphique de la carte. Cette fonction, atout majeur des logiciels de cartographie, met en relation les données statistiques présentes dans un tableur ou une base de données *et* les figurés graphiques et non graphiques (titre, légende, nomenclature) de la carte. Il suffit dès lors de changer les données numériques pour mettre à jour les cartes.
- Une immense capacité de gestion, de traitement, d'analyse.
La cartographie par ordinateur offre à la recherche scientifique et à de

nombreuses activités professionnelles (aménagement et urbanisme, prospective, marketing, transport et circulation, etc.) une infinité de possibilités de croisements, de corrélations, de calculs, des plus simples (divisions en classes, calculs des moyennes, des écarts-types, des taux) aux plus compliqués (analyse factorielle, tendances, potentiels et gravités, agrégation...). L'établissement de modèles éventuels en est grandement facilité. La possibilité de formuler des hypothèses constitue aussi une formidable avancée pour les scientifiques, notamment les géographes mais aussi pour tous les professionnels soucieux d'optimiser l'organisation de l'espace. On aboutit à une autre fonction essentielle des S.I.G. : simuler.

- La possibilité de réaliser des cartes originales.
En alliant la puissance de calcul et la puissance graphique de l'ordinateur et des logiciels, de « nouvelles » cartes sont nées, inconcevables ou très difficilement concevables à la main : il s'agit notamment des anamorphoses, des cartes en « 3D » et des cartes en carroyage. Ces cartes, au-delà de leur côté spectaculaire ou peu commun, explorent de nouvelles formes de représentations cartographiques. Dans le meilleur des cas, elles permettent d'analyser des phénomènes spatiaux jusqu'alors difficilement perceptibles, voire inconnus.
 - La possibilité de manipuler des bases de données cartographiques.
Les logiciels sont capables d'exploiter et de manipuler des cartes satellites et des bases de données complexes issues des grands organismes producteurs de fonds de cartes (I.G.N., Michelin...).
- Cette série d'avantages fondamentaux explique dans bien des cas qu'on ne puisse plus se passer de l'informatique lorsque l'on conçoit et réalise une carte. Néanmoins, l'ordinateur et les logiciels de cartographie n'évitent pas une prise en compte des règles de l'expression cartographique.
- L'ordinateur et les logiciels de cartographie font très souvent oublier, même aux professionnels, que l'informatique ne dispense pas du respect des règles de construction d'une carte. A titre de comparaison, il serait tout aussi grotesque de penser qu'un traitement de texte exempt des règles de construction d'une phrase ou d'un texte.
- Certes, tout comme un traitement de texte, le logiciel de cartographie propose des aides : aide au dessin, légende automatique, aide à la généralisation, etc. Mais le cartographe comme l'écrivain reste le seul pilote à bord. Le logiciel de cartographie fait au final ce qu'on lui dit de faire : si les données saisies sont fausses par exemple, la carte sera également complètement fausse. Les plus grosses lacunes se retrouvent dans les choix graphiques. On note ainsi « une contradiction grandissante entre le niveau de sophistication de la cartographie théorique, mathématique et automatique et l'ignorance des principes élémentaires de la graphique » (J.C. Muller).
- On voit donc fleurir des centaines de cartes en apparence sérieuses mais en fait totalement fantaisistes et/ou illisibles. A la différence d'un texte bourré de fautes

Manuel de Cartographie

d'orthographe et de style, ces cartes passent souvent aux travers des critiques, car peu de lecteurs discernent le bon du mauvais.

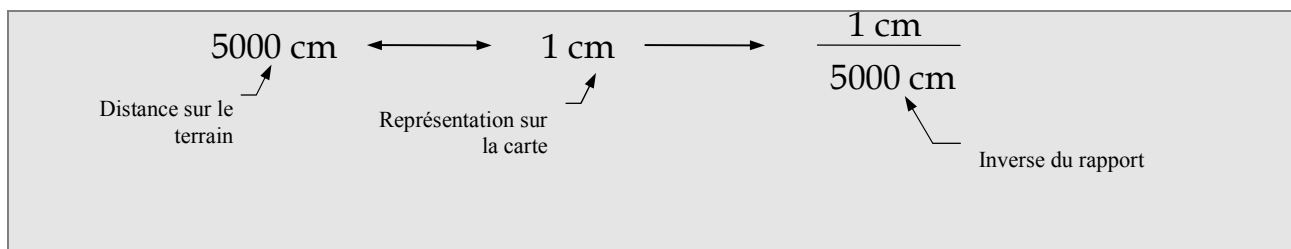


II L'échelle et la généralisation



1) L'échelle

- **L'échelle** d'une carte est l'inverse du rapport d'une distance et de sa représentation (définition du C.F.C.).



- L'échelle cartographique se présente sous deux formes :
 - *L'échelle graphique* : « ligne droite ou abaque matérialisant sur la carte, l'échelle numérique » (définition du C.F.C.).
 - L'échelle numérique est le rapport d'une distance mesurée sur la carte et sa valeur réelle sur le terrain. Une échelle de 1/100 000 signifie que 1 cm sur la carte représente 100 000 cm, soit 1000 mètres (ou 1 kilomètre) sur le terrain. En d'autres termes, un objet sur la carte sera 100 000 fois plus grand dans la réalité. Le tableau suivant donne les échelles numériques les plus courantes en France.

1/5 000	1 cm sur la carte représente	50 m sur le terrain	Plans cadastraux
1/10 000	1 cm sur la carte représente	100 m sur le terrain	Plans cadastraux
1/25 000	1 cm sur la carte représente	250 m sur le terrain	Ex. : <i>Série Bleue IGN</i> , 1750 cartes topographiques très détaillées pour couvrir la France.
1/100 000	1 cm sur la carte représente	1 km sur le terrain	Ex. : <i>Série Verte I.G.N.</i> , 74 cartes pour toute la France.
1/200 000	1 cm sur la carte représente	2 km sur le terrain	Ex. : carte routière <i>Michelin</i>
1/1 000 000	1 cm sur la carte représente	10 km sur le terrain	Ex. carte d'Atlas détaillée, carte routière <i>I.G.N.</i>
1/5 000 000	1 cm sur la carte représente	50 km sur le terrain	Ex. : cartes d'atlas*

N.B. : la production des cartes au 50 000^{ème} a récemment été arrêtée en France.

- La notion d'échelle est très relative. Une carte à 1/5 000 peut être considérée à juste titre comme une carte à grande échelle. Mais elle sera une carte à petite échelle si on la compare à une carte à 1/500. Pour tenter d'établir une convention, l'Institut Géographique National a mis en place une terminologie afin de classer les cartes selon leurs échelles. Il en résulte trois catégories :
 - les cartes à moyenne échelle : de 1/25 000 à 1/100 000 inclus,
 - les cartes à petite échelle : de 1/100 000 à 1/500 000 inclus,
 - les cartes à très petite échelle : inférieure ou égale au millionième.

La plupart des cartographes sont confrontés à des cartes à grande échelle (supérieure au 25 000^{ème}) car ils travaillent à l'échelle de la ville, du quartier, voire de l'îlot. On parle alors parfois de *plans** : plan cadastral par exemple.



A retenir

□ Il convient de dire :

- carte à 1/x, et non pas carte *au* 1/x,
- échelle *de* 1/x, et non pas échelle *au* 1/x,
- en chiffres, on écrira carte au 25000^{ème} et échelle du 25000^{ème},
- en toutes lettres, on écrira carte au millionième et échelle du millionième.

□ Attention à la terminologie petite échelle et grande échelle. L'échelle est un rapport : plus le dénominateur sera important et donc le rapport petit, plus l'échelle sera petite.

Exemples :

$$\frac{1}{5\,000\,000}$$

**Grand dénominateur =
petit rapport = petite**

$$\frac{1}{500}$$

**Petit dénominateur =
grand rapport =**

□ Une carte à grande échelle représente une petite surface mais avec beaucoup de détails tandis qu'une carte à petite échelle couvre une grande surface en sacrifiant au détail de la représentation. De ce fait, une carte à grande échelle autorise plus de détail et plus de précision tandis qu'un document à petite échelle nécessite une plus grande sélectivité : il y sera impossible de représenter les faits par leur forme réelle. Cela implique la *généralisation* du fond de carte et des phénomènes représentés (cf. Ci-dessous).

□ Lorsque l'on réduit ou agrandit une carte, l'échelle graphique est réduite ou agrandie automatiquement, en même temps que la carte. Par contre, l'échelle numérique est modifiée.

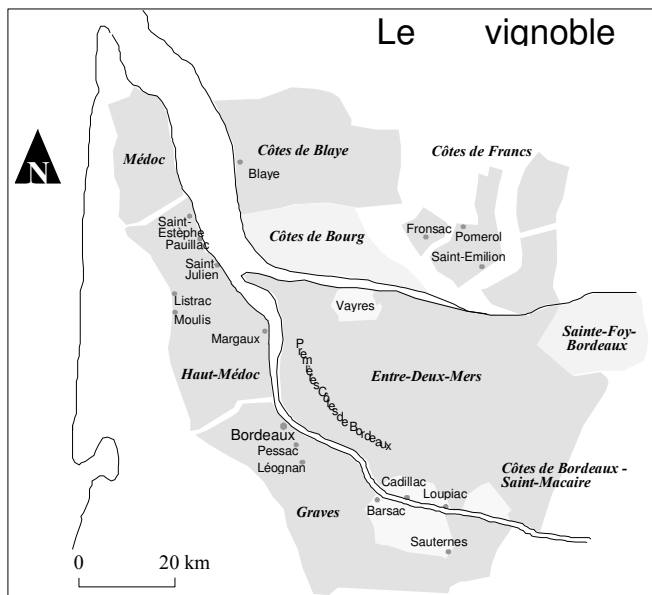
2) La généralisation

- La *généralisation* consiste en une simplification des tracés des fonds de carte et du contenu de la carte lui-même. C'est la réduction de l'échelle qui nécessite la généralisation : plus l'échelle sera petite (et donc la portion de terrain représentée, étendue), plus la généralisation devra être importante - et inversement. L'épaisseur du trait est à l'origine de ce phénomène. Cette épaisseur se relativise par rapport à l'échelle de la carte : un trait de même épaisseur couvrira une bande plus large sur une carte à petite échelle que sur une carte à grande échelle. Par exemple, à l'échelle du 50 000^{ème} (1 cm = 500 mètres □ une carte de 20 mètres de haut est nécessaire pour représenter la France), un trait d'un dixième de millimètre équivaut à cinq mètres sur le terrain. Ainsi, même le plus fin des traits ne pourra jamais être 100 % fidèle à la réalité du terrain (sauf à l'échelle, absurde, de 1:1). En conséquence, si on généralise, c'est non seulement par la force des choses mais aussi et surtout pour gagner en lisibilité. En d'autres termes, plus l'échelle sera grande, plus le cartographe sera à l'aise dans le choix de l'expression cartographique mais quelle que soit l'échelle, une généralisation est toujours nécessaire.
- Généraliser n'est pas *schématiser*. Avec la *schématisation*, on remplace le contour géographique par des contours simplement évocateurs de la forme initiale du territoire en question (un hexagone pour la France par exemple).
- On généralise de quatre manières.
 - On suit les tracés linéaires et on les simplifie en émoissant les sinuosités - généralisation du fond de carte -.
Par exemple, admettons que l'on ait à cartographier un phénomène à l'échelle de la Bretagne sur une feuille A4 (21×29,7). Il est impossible d'être scrupuleux quant aux contours des lignes de rivages et de frontières, au réseau routier, au réseau hydrographique (fleuves et rivières). De ce fait, on généralise le fond de carte en gommant les multiples indentations et ondulations de ces tracés linéaires
 - On sélectionne les principaux éléments et on en enlève d'autres que l'on juge inutiles ou gênants à petite échelle - généralisation par sélection (**Erreur! Source du renvoi introuvable.**).
Si au 50 000^{ème} par exemple, il est possible de représenter toutes les routes et toutes les rivières, il est évident qu'au 500 000^{ème} par exemple, une sélection s'impose. Il suffit par exemple de sélectionner les rivières ou les éléments du réseau routier les plus importants (en taille, en débit...).
 - On simplifie les contours en regroupant les zones - généralisation structurale -
En réduisant l'échelle, les objets géographiques de la carte deviennent de plus en plus illisibles. Le cartographe est donc amené à regrouper ces objets tout en préservant leur *structure* initiale. Cependant, l'implantation réelle de l'objet n'est

plus respectée. Par exemple, sur la figure ci-dessous, le vignoble Bordelais dispose d'une implantation zonale dans la réalité : la première et la deuxième carte respectent cette implantation mais non la troisième. Autre exemple, au 5 000^{ème}, tous les bâtiments d'un village sont cartographiables avec précision. Au fur et à mesure que l'échelle se réduit, on généralise en regroupant ces bâtiments en zones. Puis à une échelle encore inférieure (1/500 000 par exemple), toutes les zones et donc le village seront représentés par un figuré ponctuel.

- On représente le phénomène par une forme totalement différente et très simplifiée - généralisation conceptuelle -.
- En réduisant encore l'échelle, la généralisation structurale ne suffit plus : la zone se transforme en une tache dont on ne distingue plus la structure. On la remplace par un signe ponctuel, géométrique ou figuratif.

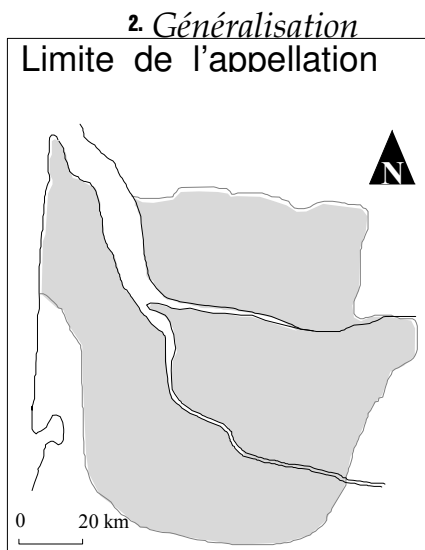
Généralisations structurale et conceptuelle



1. Document avant

L'échelle permet de localiser précisément les appellations du vignoble Bordelais ainsi que de les nommer.

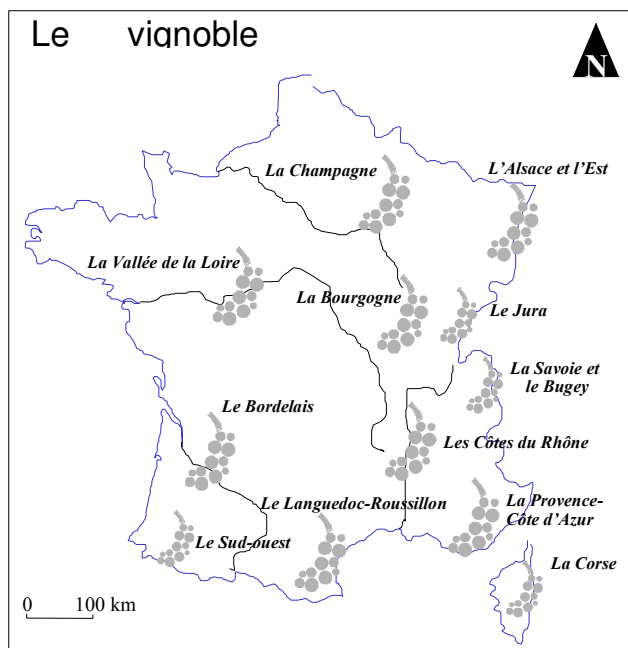
La réduction d'échelle impose un nouveau mode de représentation : on sacrifie au détail de la carte précédente en regroupant les appellations du vignoble Bordelais en une seule et même zone : c'est une généralisation structurale car elle ne porte que sur les tracés.



2. Généralisation

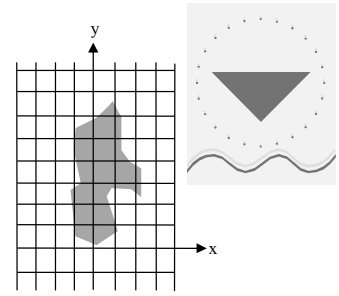
Limite de l'appellation

3. Généralisation



L'échelle diminue de nouveau. Il serait encore possible, mais moins précisément, de représenter le vignoble Bordelais par un figuré zonal comme ci-dessus. Mais le cartographe décide de le figurer par un symbole évocateur : une grappe de raisin. C'est une généralisation conceptuelle car elle change le mode de représentation (ici, figuré zonal à figuré ponctuel) et l'implantation (ici, implantation zonale à implantation ponctuelle).

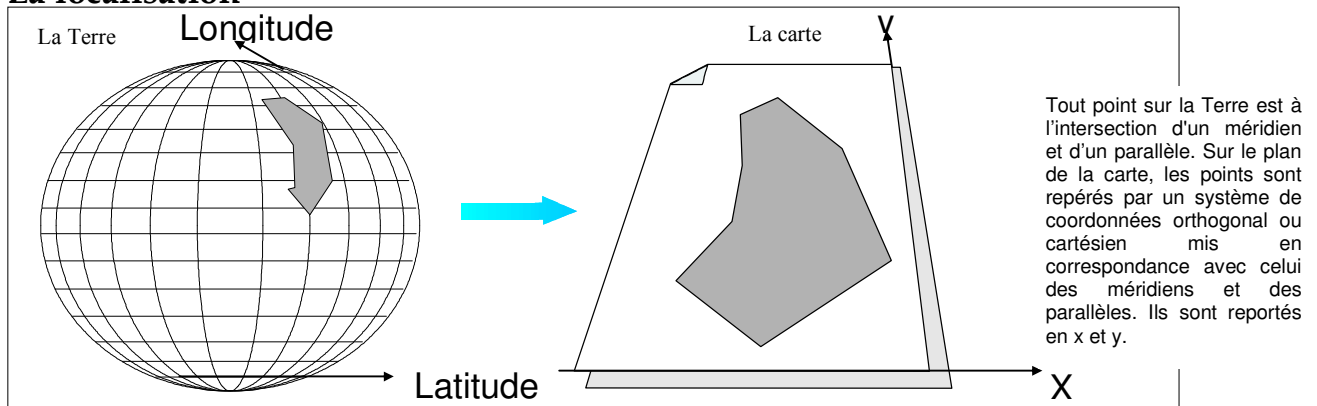
III Localisation - implantation



1) La localisation

Le premier effort du cartographe consiste à tracer sur sa carte, les objets géographiques. Une carte constitue un plan de dessin à deux dimensions. Les objets géographiques y sont localisés par leurs coordonnées* x et y issues de leurs coordonnées géographiques sur la sphère terrestre, respectivement la longitude* et la latitude*.

La localisation



Cette phase, consistant à reproduire l'ordre géographique des lieux, est rarement une étape laborieuse, car il existe un nombre considérable de fonds de carte (sous forme papier ou numérique) : il suffit de chercher et de trouver celui qui conviendra le mieux au travail cartographique en question.

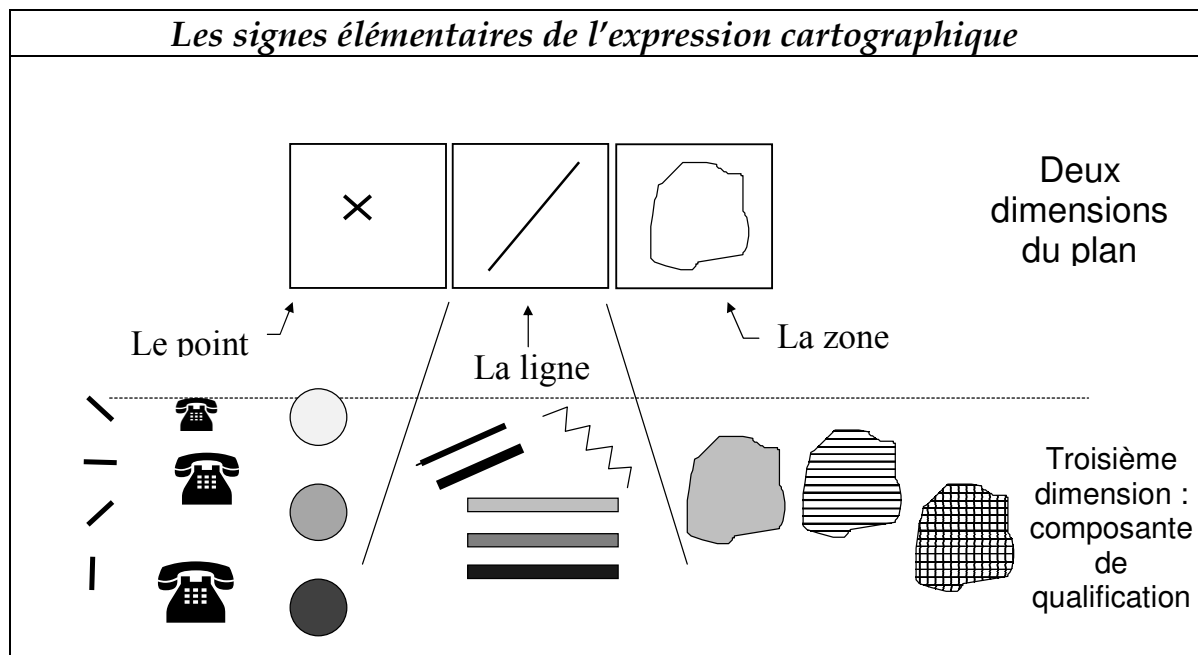
Encore faut-il rendre visibles sur le papier les objets géographiques et, dans le cadre de la cartographie thématique, les données qui s'y rapportent. Pour cela, le cartographe dispose des trois figures élémentaires de la géométrie : le point, la ligne et la zone. A chaque figure correspond une **implantation** et des **figurés symboliques** particuliers.

2) L'implantation

- L'implantation est la transcription cartographique d'un objet ou d'un phénomène géographique sur un plan à deux dimensions. Il existe trois types d'implantation :
 - l'implantation ponctuelle pour des phénomènes peu étendus et localisés précisément dans l'espace (un point géodésique, une maison sur un plan cadastral, la position d'un navire par exemple). Cette localisation est centrée dans

le plan de la carte sur un point, sans longueur, ni surface. Le cartographe rend visible ce point grâce à un figuré (rond, croix, dessin d'un navire...) qui peut varier de taille, de valeur, de grain, de couleur, d'orientation et de forme.

- L'*implantation linéaire* pour des phénomènes linéaires (routes, rivières, frontières, oléoducs, par exemple) localisés par une ligne dans le plan de la carte. Le cartographe rend visible cette ligne grâce à un figuré (une ligne) qui peut varier de taille (en fait de largeur), de valeur, de grain, de couleur, d'orientation et de forme.



L'*implantation zonale* pour des phénomènes étendus (un lac, un état, une zone sur un Plan d'Occupation des Sols par exemple) localisés par une zone dans le plan de la carte. Le cartographe rend visible cette zone grâce à une plage de couleur ou un aplat* qui peut varier de valeur, de grain et de couleur. Il ne peut en aucun cas varier de taille, d'orientation ni de forme, car cela reviendrait à changer les dimensions de la zone. Toutefois, si l'aplat est constitué de hachures ou de points par exemple, il est possible de jouer sur la taille, l'orientation ou la forme, sans que les dimensions de la zone ne soient affectées.



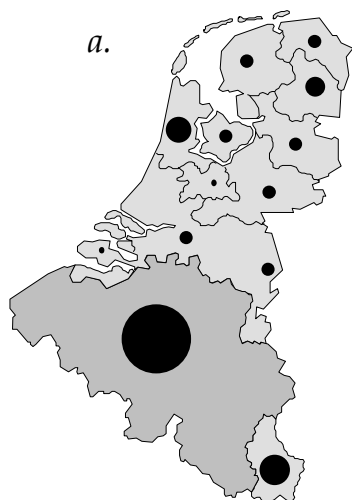
A noter

□ L'**homogénéité** du plan, que tout lecteur considère inconsciemment comme un fait acquis, entraîne des conséquences primordiales pour le travail du cartographe. Retenons

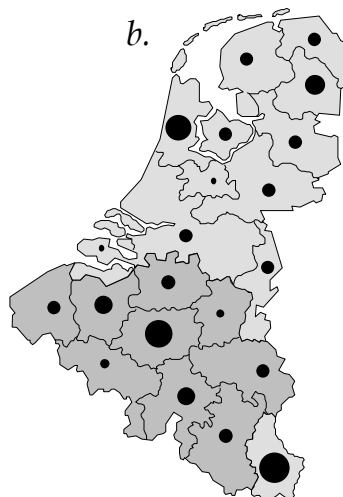
que pour un même fait géographique, la représentation et le traitement graphiques doivent être les mêmes sur la carte. En cas de non respect de cette règle, le lecteur subdivisera visuellement les différents traitements et sera convaincu d'une hétérogénéité spatiale qui en réalité n'existe pas.

- ***Sur un même plan, il est ainsi impossible d'assigner deux implantations différentes à un même fait géographique. Par exemple, si une ville est positionnée sur la carte grâce à un point (implantation ponctuelle), les autres villes devront être positionnées de la même manière.***
 - Sur un même plan, le découpage administratif sera similaire pour toutes les entités géographiques représentées : par exemple, la Belgique et les Pays-Bas divisés en provinces et non pas la Belgique dans sa totalité et les Pays-Bas en provinces. Autre exemple, il serait faux de diviser sur une même carte, une partie de la France en départements et l'autre partie, en régions.
 - Compte tenu de l'homogénéité présumée du plan, il est fortement déconseillé de caractériser un phénomène par une absence de signes (un aplat blanc par exemple). Toute la carte doit être informée afin que les blancs éventuels traduisent l'absence du phénomène et non pas l'ignorance du phénomène qui est somme toute assez rare dans les pays occidentaux.
- Selon l'implantation, l'utilisation des variables visuelles sera plus ou moins aisée et efficace. En implantation zonale, les variations de couleur ou de valeur par exemple seront plus visibles et potentiellement plus nuancées qu'en implantation ponctuelle ou linéaire, car la tache visible par l'œil sera plus étendue.

Homogénéité et continuité du plan de la carte



a.
La Belgique est représentée d'un seul « tenant » alors que les Pays-Bas sont divisés en Provinces. Cela fausse le message de la carte, car le lecteur sépare les deux pays alors que le phénomène géographique est identique.



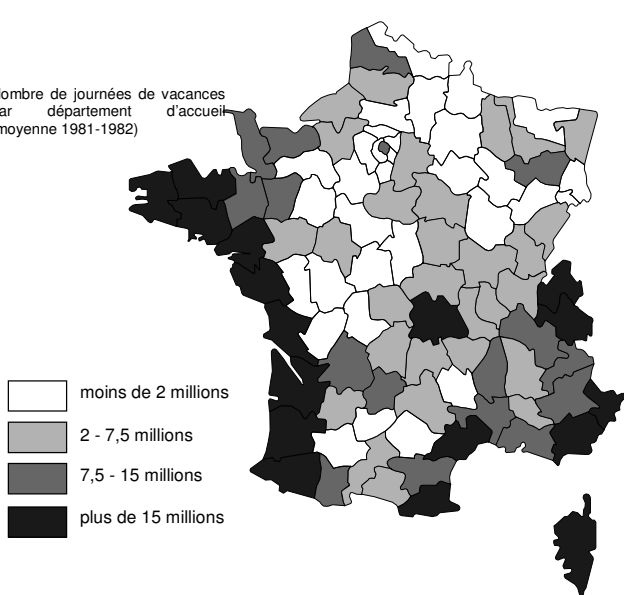
b.
Belgique et Pays-Bas sont divisés en Provinces. La comparaison et l'interprétation sont spontanées. Les Provinces sont l'équivalent des Régions en France (1^{ère} division administrative en dessous de l'Etat) mais avec une superficie moindre pour les premières

c.

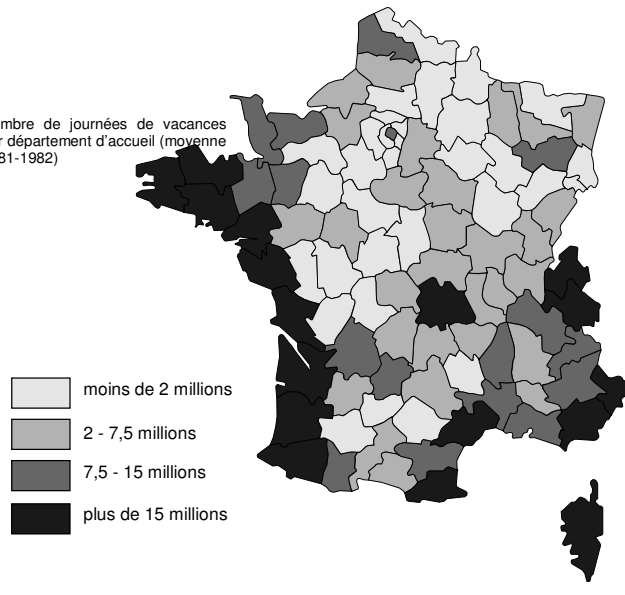
d.

Fréquentation touristique
Source Atlas 2000

Nombre de journées de vacances par département d'accueil (moyenne 1981-1982)



Nombre de journées de vacances par département d'accueil (moyenne 1981-1982)



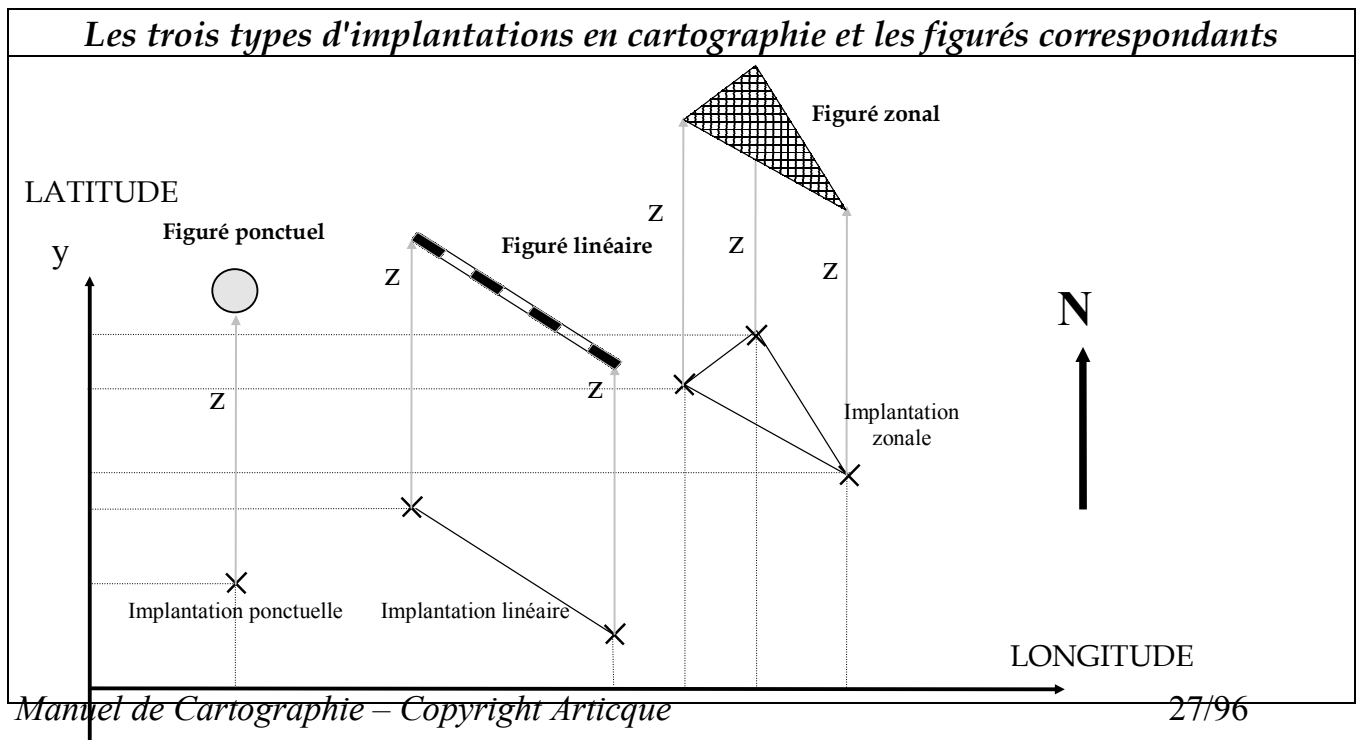
Laisser en blanc une partie de la carte s'avère risqué, car visuellement, l'absence de signes transcrit soit l'absence du phénomène, soit des lacunes dans les données dont dispose le cartographe. Ici, cette solution graphique n'est donc pas logique.

o A chaque type d'implantation correspond un type de figuré.

- Les **figurés ponctuels** : ce sont des constructions graphiques qui ont un contour **géométrique** (cercle, carré, rectangle, triangle, losange...) ou **expressif**, car ils évoquent la forme réelle de la donnée représentée (un avion pour un aéroport, une croix pour une église...). Il existe bien sûr une multitude de ces figurés dits expressifs mais leur utilisation doit être réfléchie.
- Les **figurés linéaires** : lignes simples ou flèches, ces figurés sont construits selon un axe : ce sont des segments de droites ou des arcs de cercle.
- Les **figurés zonaux** : appelés également *figurés de surface* ou *surfaciques*, ils couvrent une zone quelconque. On distingue les **plages de couleurs** des **grisés**.

Autrefois cantonnées à la cartographie professionnelle, les **plages de couleurs** sont aujourd'hui utilisables par tous. Leur expressivité est particulièrement efficace et implique des précautions d'usage.

Les grisés permettent d'étaler sur une surface, une gamme de teintes allant du blanc au noir. Les grisés regroupent l'aplat*, les hachures, droites parallèles dont on fait varier l'orientation, l'écartement et la graisse, les trames (pointillés, quadrillés...) et les poncifs, figures répétées uniformément et régulièrement sur une surface (une plante pour les marais, des croix pour les cimetières ou les terrains granitiques, etc.).



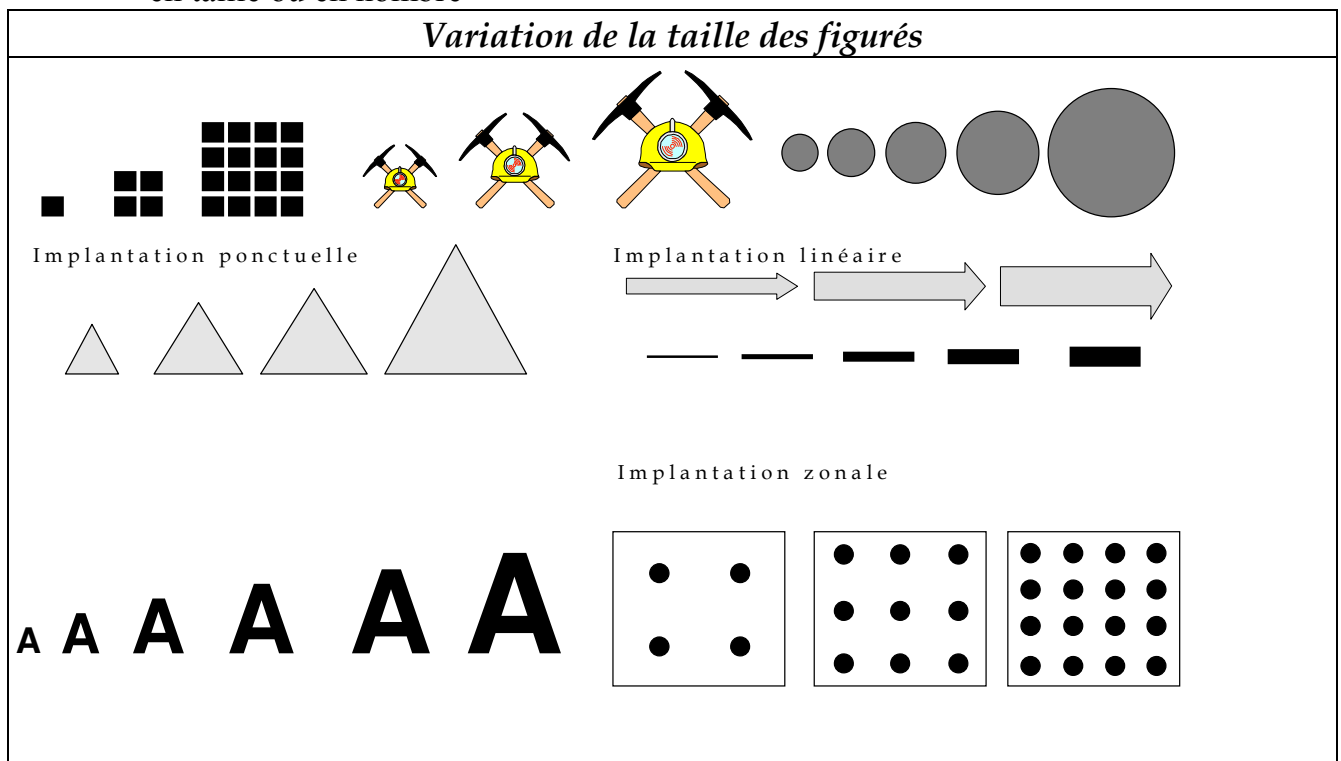
IV Les variables visuelles

du langage cartographique

1) 1^{ère} variable visuelle : la taille

□ Principes

- On fait varier la longueur, la largeur, la hauteur et par conséquent la *superficie* du figuré. Ainsi, la variation de taille consiste en une variation de surface.
- En *implantation ponctuelle*, le figuré peut être géométrique ou figuratif. Il peut également être formé de morceaux accolés. En *implantation linéaire*, c'est l'épaisseur de la ligne qui varie.
- En *implantation zonale*, rappelons que l'on ne peut modifier la surface de la zone. Cependant, les figurés internes à la zone (points ou lignes) peuvent varier en taille ou en nombre



□ Conseils

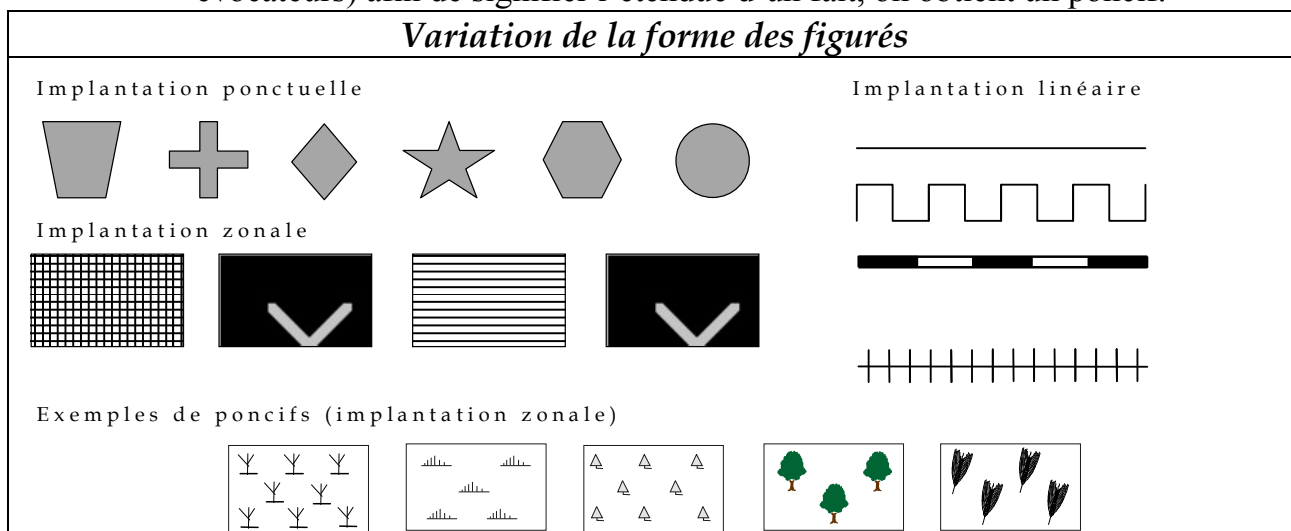
- Les tailles des figurés seront bien différenciées afin que l'œil les perçoive aisément et rapidement.
- Le nombre de paliers ne sera pas trop élevé : plus ce nombre sera grand, plus la légende sera complexe et la carte difficile à lire.

- Le figuré ayant la plus grande taille sera, sur la carte, placé un niveau en dessous du figuré de moins grande taille et ainsi de suite.
- La variation de taille n'est visible que pour des figurés de valeur foncée. Il faudra donc éviter les figurés évidés et blancs qui réduisent l'effet de la variation de taille

2) 2^{ème} variable visuelle : la forme

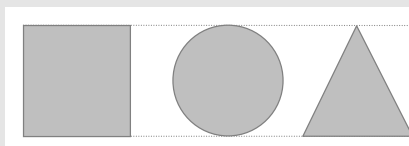
□ Principes

- Chaque figuré possède une forme précise et déterminée. Changer la forme du figuré *en implantation ponctuelle* et *en implantation linéaire* consiste à changer son contour. Changer la forme d'un figuré *en implantation zonale* signifie modifier sa structure interne.
- Les solutions sont illimitées : un figuré géométrique tel qu'un losange peut devenir un carré qui peut lui-même être transformé en triangle...
- Lorsque la structure d'un figuré zonal est construite avec des éléments graphiques, des symboles ou un ensemble de symboles figuratifs (ou évocateurs) afin de signifier l'étendue d'un fait, on obtient un poncifs.



□ Conseils

- La multiplication des formes sur la carte nuit à la lecture et à la mémorisation des figurés et nécessite un recours trop fréquent à la légende.
- La variable visuelle forme engendre parfois des effets d'optique : à dimensions égales, un cercle paraîtra plus petit qu'un carré ou qu'un triangle.



Alors que la variable visuelle forme est utilisée uniquement pour exprimer des *différences*, cet effet d'optique peut suggérer une *hiérarchie*.

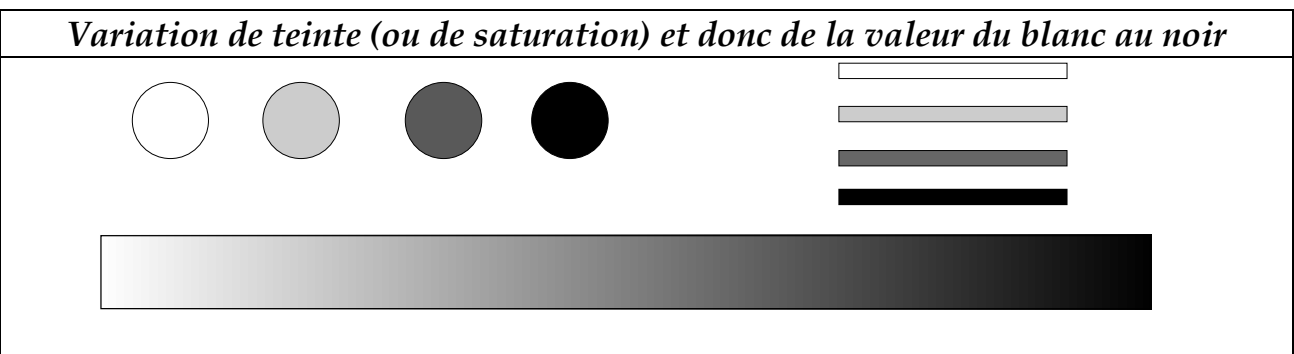
3) 3^{ème} variable visuelle : la valeur

□ **Principes**

- La valeur est le rapport entre la quantité de noir et de blanc sur une surface donnée. On agit donc sur la valeur en ajoutant du blanc ou du noir. Sur du papier blanc, c'est le noir qui a la plus grande valeur. Même si le fait d'influer sur la valeur est parfois délicat dans le cadre des travaux cartographiques manuels, cette variable visuelle est la plus utilisée en cartographie après la couleur.
- Les logiciels et les trames vendues dans le commerce mesurent la valeur en pourcentage : 100 % correspond au noir, 0% au blanc tandis qu'un gris de 40 % équivaut à 40 % de noir et 60 % de blanc. La variation de valeur est pour des raisons pratiques plus usitée que la variation de grain, car elle n'impose pas un équilibre entre le noir et le blanc.
- Le cartographe dispose de quatre solutions (qui peuvent être combinées entre elles ou avec d'autres variables visuelles) pour varier la valeur :
 - changer la trame (ou texture). La trame est la structure interne d'un figuré.

La variation de trame s'obtient en composant et en faisant varier des ensembles d'éléments graphiques simples, ponctuels ou linéaires, répartis de façon parfaitement. La trame est donc une organisation, un dessin, de type hachures, pointillés, croisillons, damiers, etc
 - Changer la graisse, c'est-à-dire l'épaisseur des figurés.
 - Changer l'écartement, c'est-à-dire la distance entre les éléments de la trame des figurés.
 - Changer la teinte (ou la saturation)

La teinte est la quantité de blanc et de noir pour une couleur donnée. On agit donc sur la teinte d'une couleur en y ajoutant du blanc ou du noir. La variation de teinte s'applique au noir et à toutes les couleurs de l'arc-en-ciel. La variation de teinte est monochrome : le passage du blanc au jaune pur est une variation de teinte et non de couleur.

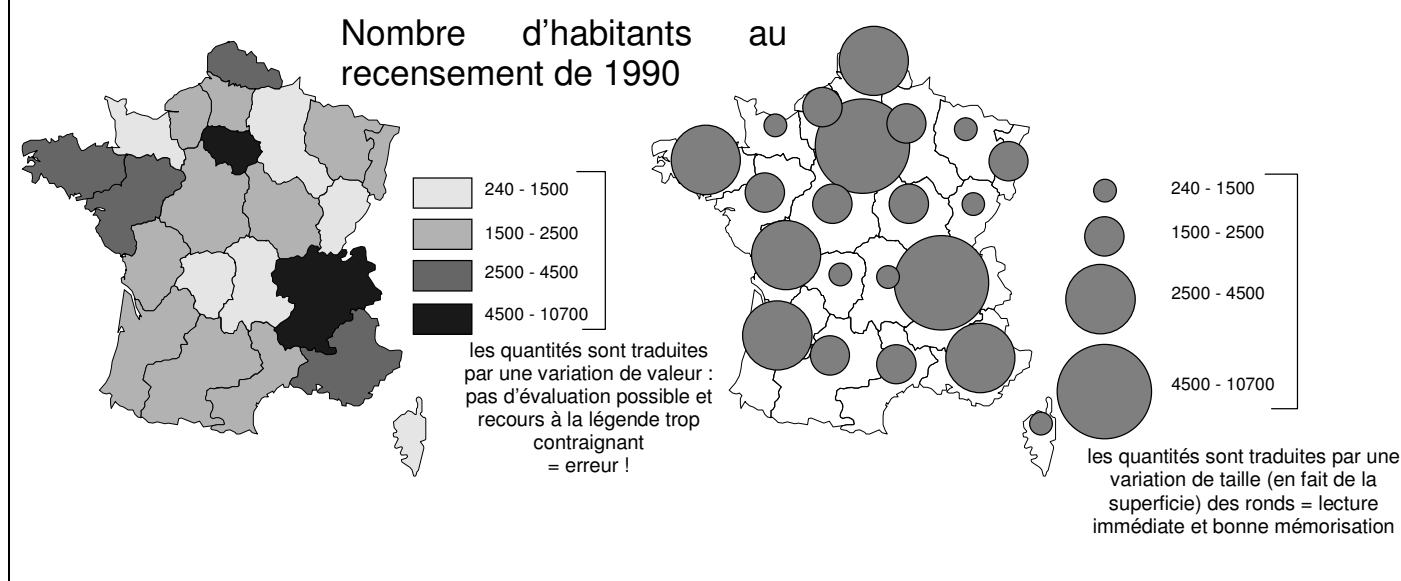


□ **Conseils et remarques**

□ La valeur est, en noir et blanc ou combinée avec la couleur, la seule variable visuelle capable de visualiser une série ordonnée à partir d'une série statistique divisée en classes par exemple .

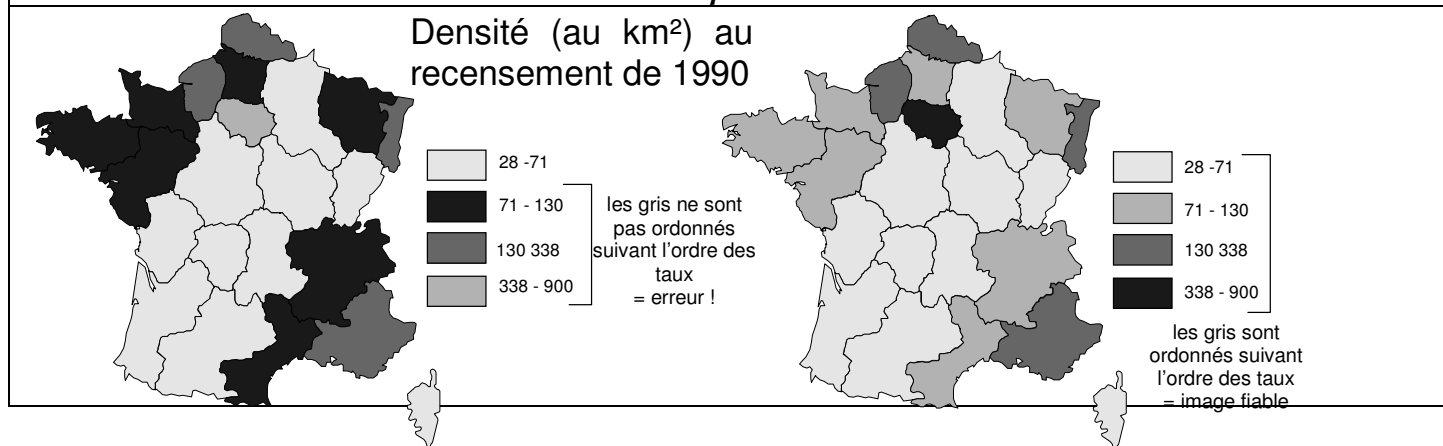
□ A l'inverse, la valeur ne doit jamais être utilisée pour exprimer des quantités, car elle n'autorise aucune évaluation de ces quantités.

La valeur ne traduit pas des quantités



- Pour obtenir une meilleure sélection des paliers, la bonne méthode est de combiner la variation de trame avec une variation de teinte et/ou une variation de l'orientation.
- Afin de respecter la gradation de valeur, il faut toujours aller du clair au foncé).
- L'œil ne s'accommode que d'un nombre limité de paliers sinon il ne perçoit pas ou mal la variation de valeur : quatre au maximum en implantation ponctuelle et linéaire, sept ou huit en implantation zonale. Il faut également prendre garde à bien différencier les paliers. Pour cela, il convient d'utiliser l'extension maximale de la gamme : celle du blanc au noir.
- Eviter cependant l'usage du blanc qui laisse présumer au lecteur soit la non possession de l'information, soit un espace vide alors que ce n'est pas le cas.
- La progression doit être constante, c'est-à-dire visuellement équidistante, sauf si l'on veut introduire une rupture entre deux valeurs afin d'exprimer une rupture observée dans la réalité.

La valeur ne doit pas être désordonnée



4) 4^{ème} variable visuelle : le grain

□ Principes

Faire varier le grain consiste à modifier l'épaisseur des éléments constitutifs d'une trame sans que l'équilibre noir (couleur du figuré) - blanc (couleur de fond) ne soit rompu.

□ Conseils

- Le grain trouve son expression optimale en implantation zonale mais un effet vibratoire peut apparaître sur grande surface.
- Comme pour la valeur, les paliers doivent être bien différenciés et peu nombreux (4 à 5 en implantation zonale, 3 à 4 en implantation linéaire, 2 à 3 en implantation ponctuelle).

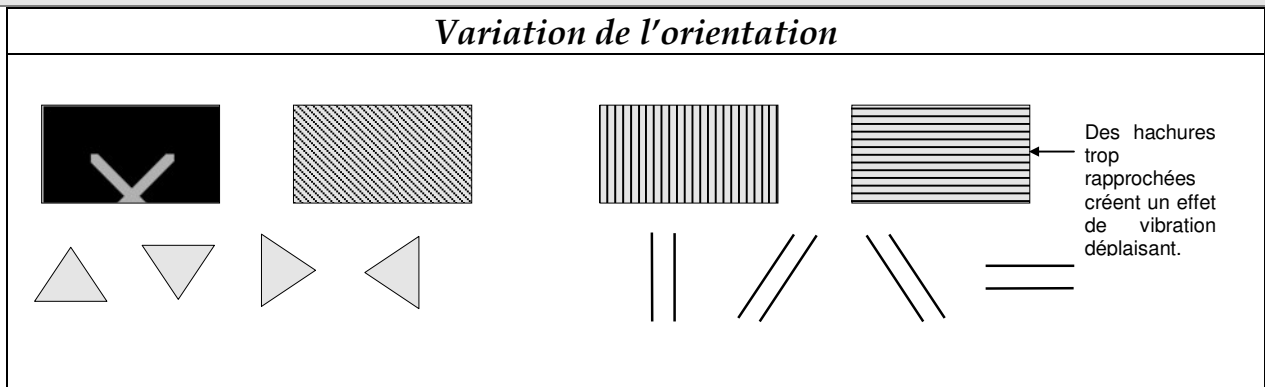
5) 5^{ème} variable visuelle : l'orientation

□ Principes

Cette variable visuelle s'applique particulièrement aux hachures qui peuvent être verticales, horizontales ou obliques mais également aux quadrillés et aux figurés ponctuels.

□ Conseils

- L'orientation utilisée seule n'a aucun pouvoir visuel pour exprimer une variation de valeur. On cherchera à la combiner avec d'autres variables visuelles telles que la graisse ou l'écartement.
- L'orientation est très efficace en implantation linéaire, un peu moins en implantation ponctuelle et très peu en implantation zonale.
- Il est recommandé, pour garantir l'efficacité visuelle, de ne pas dépasser cinq changements d'orientation (quatre étant le chiffre optimal).



6) 6^{ème} variable visuelle : la couleur

□ La terminologie utile pour la cartographie

Le vocabulaire de la couleur est abondant mais rarement utilisé opportunément. Par exemple, les vocables *teinte*, *nuance*, *tonalité*, *luminosité* ou *clarté* sont tous passés dans le langage courant mais leur sens reste le plus souvent obscur. Dans le cadre de la cartographie, seuls quatre termes sont à connaître et à retenir pour maîtriser cette variable visuelle particulièrement subtile qu'est la couleur : il s'agit de la couleur, de la valeur, **du** ton et de la saturation.

- La couleur

- La couleur est la *sensation* transmise à notre cerveau par la vision d'un objet coloré éclairé. Trois éléments interviennent dans cette sensation de couleur : notre *système visuel récepteur* (cerveau puis œil), la *nature* de l'objet et la *lumière* qui l'atteint. Ainsi une orange apparaît de couleur orange lorsqu'elle est éclairée d'une lumière blanche ou approximativement blanche mais de couleur brunâtre si la lumière vire au bleu ou au vert. Puisque la sensation de couleur est tributaire de la lumière, il est toujours important de consulter un document couleur avec des conditions de lumière optimales (la lumière blanche est la plus neutre).
- Sur le spectre solaire, la sensibilité de notre œil aux couleurs issues de la décomposition de la lumière blanche par le prisme présente un maximum au niveau de la lumière jaune (560 nanomètres) et décroît régulièrement de part et d'autre de cette longueur d'onde pour s'annuler en dessous du violet (on atteint les ultraviolets) et au-delà du rouge puis du pourpre (on atteint les infrarouges).

- La valeur (parfois appelé *intensité* ou *luminosité*)

On rappelle que la valeur est le rapport entre les quantités de noir et de blanc perçues dans une surface donnée. Les principes de la variable visuelle valeur en noir et blanc sont identiques en couleur. On associe deux variables visuelles distinctes (valeur et couleur) afin de faire varier la quantité de noir ou de blanc dans une couleur. On obtient ainsi une *gradation* de couleur.

- Le ton ou tonalité

Le ton est la combinaison entre une couleur et une valeur. Aux grandes catégories de couleurs (dans l'ordre du spectre solaire, violet, bleu, vert, jaune, orangé, rouge, pourpre) auxquelles on ajoute le gris, on soumet des variations de valeur. Par exemple, dans la couleur rouge, le rouge clair, le rouge saturé et le rouge foncé sont trois tons différents. De plus, il est possible d'assembler les couleurs entre elles, et ce dans leur différents pourcentages de valeur. Les solutions semblent infinies d'autant plus que l'œil humain est capable de distinguer, séparer et définir un nombre considérable de tons.



A noter

- Le jaune est une tonalité qui offre un contraste très faible avec le blanc, car elle est très peu intense., le jaune constitue un seuil physiologique en dessous duquel l'œil humain distingue les tons froids et au-dessus duquel il distingue les tons chauds.
- Les couleurs chaudes sont le jaune, l'orange, le rouge et leurs dérivés et les couleurs froides sont le violet et surtout le bleu. Le rouge est la couleur la plus saillante, car elle excite nos sens tandis que le bleu est fuyant et reposant.

- La saturation
Chaque couleur contient une valeur centrale sans noir ni blanc : c'est le ton *pur* ou *saturé*. La *saturation* est mesurée (en pourcentage) par la quantité de blanc et de noir que contient une couleur : une couleur saturée ou pure renferme 0 % de blanc et 0% de noir ; elle apparaît éclatante à nos yeux..
- **Utilisation de la couleur en cartographie**
 - Les couleurs ont vis-à-vis de notre psychisme des influences qui se manifestent par des réactions privilégiées. En effet, chaque couleur stimule des associations d'idées et des effets psychologiques, physiques et physiologiques propres à chaque individu selon son vécu, sa culture, sa religion et sa physiologie. Cette caractéristique est décisive pour les cartes publicitaires et joue un rôle notable dans la conception de toutes les cartes en couleurs : cela rend leur conception délicate mais passionnante. Il existe ainsi des couleurs qui donnent une impression de chaleur et d'autres une impression de fraîcheur. Les couleurs chaudes sont le jaune, l'orange, le rouge et leurs dérivés et les couleurs froides sont le violet et surtout le bleu. De même, on parle de *couleurs évocatrices*, parce qu'elles rappellent les couleurs rencontrées dans la nature : le vert des forêts, le jaune des céréales et du sable, le bleu de l'eau, etc. Les couleurs « chaudes » symbolisent la chaleur, la sécheresse, ce qui est « positif » tandis que les couleurs « froides » évoquent le froid, l'humidité, ce qui est « négatif ». Dessiner une industrie lourde en vert ou une diminution en rouge n'est pas une faute technique mais complique la lecture.
 - Les cinq autres variables visuelles (taille - forme - valeur - grain - orientation) sont assez efficaces pour transcrire tous les cas de figures possibles et imaginables qu'il est possible de rencontrer en cartographie. En d'autres termes, Il existe une telle variété de moyens visuels avec le noir et blanc que l'usage de la couleur est loin d'être indispensable en cartographie. Seules les cartes de géographie physique ou d'occupation du sol complexes jouant sur le pouvoir sélectif de la couleur (les cartes géologiques par exemple) sont difficilement réalisables voire irréalisables en noir et blanc. Toutefois, la couleur est la variable visuelle qui possède le pouvoir différentiel le plus efficace, d'où l'hégémonie de la couleur dans la cartographie de l'information qualitative. De plus, la couleur exprime mieux les hiérarchies que le noir et blanc car les variations de valeur en couleur sont plus faciles à saisir que celles des trames de noir. Elle possède en outre une incontestable supériorité esthétique sur les cinq autres variables visuelles. Elle séduit d'emblée notre œil qui préfère un ciel bleu à un ciel gris. Les documents couleurs sont en outre plus rapidement mémorisés que les documents noir et blanc. Enfin, objectivement, la couleur facilite grandement le travail du cartographe pour qui le choix des trames ou des grisés en noir et blanc est parfois malaisé.

- La démocratisation et l'attrait de la couleur ne doivent pas faire oublier les problèmes et les subtilités inhérents à son emploi. Hormis l'élévation des coûts qu'elle entraîne (impression, duplication, diffusion), les problèmes viennent souvent d'une méconnaissance des quatre paramètres fondamentaux décrits ci-dessus et qui conduit dans le meilleur des cas à des cartes très esthétiques mais désastreuses d'un point de vue technique et donc inutiles.



Conseils pour l'usage de la couleur en cartographie

□ Les couleurs, à valeur égale, sont opposables. La couleur est ainsi de très loin la variable visuelle la plus efficace pour cartographier des objets géographiques qualitativement différents (habitat urbain, industrie, espace vert par exemple) que l'on veut opposer graphiquement. Toutefois, il convient de noter que le choix de la gamme des tons purs (violet saturé, bleu saturé, vert saturé, etc.) produit certes une variation de couleur mais également une variation de valeur. En d'autres termes, un jaune saturé ne sera pas au même niveau visuel qu'un rouge saturé : cette particularité est à prendre en compte lorsque l'on cartographie des différences qualitatives, sinon l'œil lira avant tout un ordre (un classement) et non une différence. La deuxième erreur à ne pas commettre est d'utiliser une variation de couleur (sans variation de valeur) pour exprimer un ordre.

□ En effet, pour traduire un ordre, un classement, la couleur doit être combinée avec la valeur. L'enjeu est de communiquer le plus spontanément possible une sensation de hiérarchie traduite par exemple par une série discrétisée. Il faut respecter un principe de base : une valeur forte est transcrite par une couleur intense ou sombre et une valeur faible par une couleur claire. On doit obtenir une gradation de tons allant du plus clair au plus foncé (et inversement si l'ordre est décroissant). Cette gradation est obtenue à l'aide de plusieurs procédés.

- La première solution est le camaïeu, appelé également *harmonie de valeurs*. Le camaïeu consiste en une variation monochrome (c'est-à-dire une même couleur) de valeur, du clair au foncé ; par exemple, rouge très pâle, pâle, vif, sombre, très sombre. Cette méthode, très simple, a pour mérite d'éviter des erreurs parfois commises avec les solutions suivantes.
- La deuxième solution est l'*harmonie de nuances*. La perception ordonnée s'accomplit à l'aide de plusieurs couleurs voisines prises dans chaque moitié de l'arc-en-ciel (« gamme froide » et « gamme chaude ») auxquelles on peut ajouter une variation de valeur ; par exemple, jaune, jaune orangé, orange, rouge orangé, rouge (« gamme chaude »).
- Il est enfin possible d'enrichir un camaïeu. Un camaïeu de rouge (du rouge clair ou blanc au rouge saturé) peut se prolonger d'un jaune très léger dans le bas et d'un violet dans le haut. Un camaïeu de verts peut s'enrichir d'un jaune très clair dans le bas, de bleu foncé ou de brun dans le haut. Il n'est pas interdit également de commencer une gradation par du blanc (attention à l'usage du blanc qui transcrit une absence d'information) et de la terminer par du noir. Dans tous les cas, il faut respecter la gradation (du clair au foncé) de tons et l'ordre des couleurs dans l'arc-en-ciel.

□ Dans le cas d'une série statistique comportant des valeurs positives et des valeurs négatives (série bipolaire), ou si l'on veut cartographier des écarts à la moyenne, la première méthode est d'avoir recours à une gamme double, en utilisant tout l'arc-en-ciel. On mise sur le contraste de deux demi-spectres : l'un constitué de couleurs « chaudes »

(du jaune clair au rouge par exemple) et l'autre de couleurs « froides » (du vert au bleu-violet par exemple). L'autre solution, moins risquée, est d'affronter deux camaïeux (par exemple, le premier camaïeu irait du rouge clair au rouge saturé et le deuxième camaïeu, du bleu clair au bleu saturé). Par convention, les couleurs chaudes transcrivent la croissance et les couleurs froides, la décroissance. Ainsi, dans une carte de variation de la population, les augmentations sont souvent traduites en rouge et les diminutions en bleu. Dans les deux cas (demi-spectres ou deux camaïeux), un blanc ou un jaune léger peuvent servir à exprimer la valeur zéro (stagnation) ou la moyenne.

□ Afin que la gradation des couleurs et des valeurs transmettent le plus efficacement possible une sensation d'ordre, il faut respecter l'ordre des couleurs dans l'arc-en-ciel et une progression des valeurs. Cette erreur est classique chez les non-initiés mais ses effets sont redoutables, car elle annihile tout ou partie du message : un bleu intercalé dans une gamme de vert, une progression de orangés se terminant par des tons bleus, une valeur placée en fin de gamme plus claire que celle qui la précède sont des fautes qui altèrent la lecture et la mémorisation. De même, il faut veiller à une différenciation des paliers de valeurs pour que l'œil discerne rapidement les seuils.

□ Il faut éviter les aplats de couleurs lumineuses, trop vives et saturées (notamment le jaune, l'orange et le rouge) qui ressortent violemment et « agressent » le lecteur. Elles occasionnent une fatigue visuelle et nerveuse détournant le lecteur de la carte.

□ Certaines couleurs font paraître les figurés cartographiques plus massifs, ce sont le brun et le noir, d'autres donnent au figuré un aspect plus aérien, plus léger, ce sont les couleurs pastels qui ont des teintes claires, le bleu ciel par exemple. Le voisinage de la couleur influence beaucoup sa perception : une couleur entourée de noir apparaît plus sombre que lorsqu'elle est entourée de blanc ou d'une couleur très claire. Les tons chauds ressortent plus que les tons froids d'où l'application des tons chauds aux valeurs fortes, ou positives.

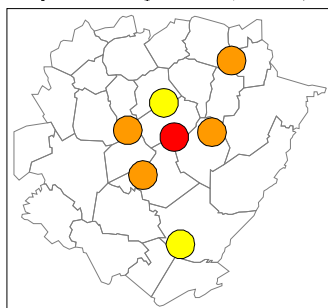
□ Parfois, il convient d'adapter la couleur au thème cartographié, au contexte et à la ou les personnes susceptibles de lire la carte. Le rouge par exemple sera interprété par certains en priorité comme une hausse ou un symbole de vitalité et de dynamisme. D'autres enfin y verront un avertissement ou un danger. En outre, l'usage de la couleur est susceptible d'être guidé par l'engagement du cartographe. Par exemple, il n'est pas rare de consulter des cartes où des baisses sont transcrites par des couleurs chaudes : l'auteur veut de cette manière insister sur un fait qui selon lui est inquiétant. Cet artifice doit-il être considéré comme une manipulation de l'information géographique ou comme un moyen d'échapper à des habitudes cartographiques ? En résumé, l'usage de la couleur est particulièrement délicat. A l'inverse, le noir et blanc laisse infiniment moins de place aux prouesses techniques, aux interprétations voire aux *fantaisies* du cartographe.

□ Avant de concevoir une carte en couleurs, il faut poser le problème de la reproduction : une photocopie noir et blanc d'un document couleur est souvent très décevante esthétiquement et « trahit » parfois le document originel. En ce qui concerne les gradations de couleurs du clair au saturé et les camaïeux, si le choix des gradations de couleurs et de tons est satisfaisant, il doit être possible de photocopier (ou d'imprimer en noir et blanc) la carte couleur en noir et blanc sans perdre ses propriétés. Pour la différenciation des

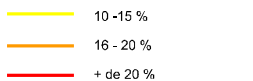
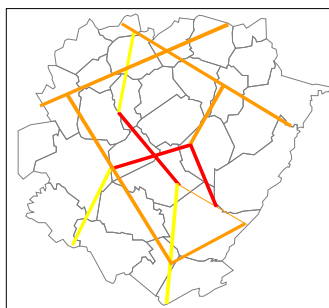
objets géographiques, le niveau de valeur entre les couleurs est constant. De ce fait, le passage en noir et blanc donnera des tons de gris quasiment semblables d'où la perte intégrale de l'information initiale.

Manuel de Cartographie

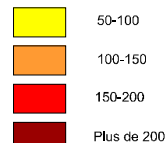
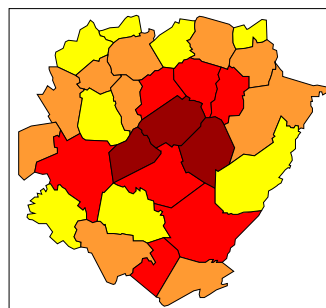
a. Exprimer des quantités (en taux) : gradation des couleurs ou camaïeu



% de réussite au baccalauréat dans les lycées (toutes sections confondues)

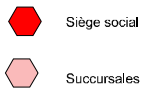
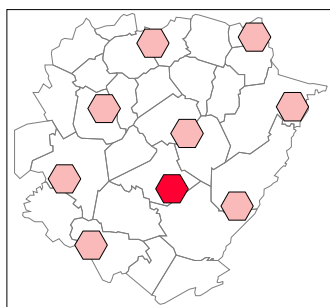


% d'excès de vitesse (par rapport au total de la circulation)

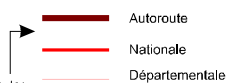
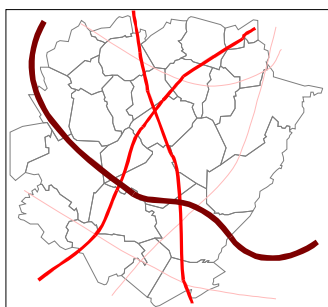


Densités de population (Nombre d'habitants au km²)

b. Exprimer un classement : gradation des couleurs ou camaïeu

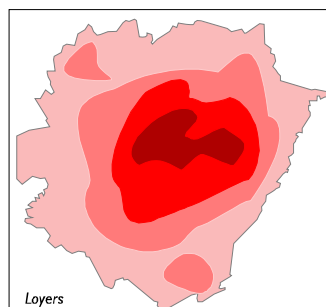


Organisation spatiale de l'entreprise



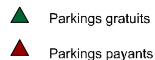
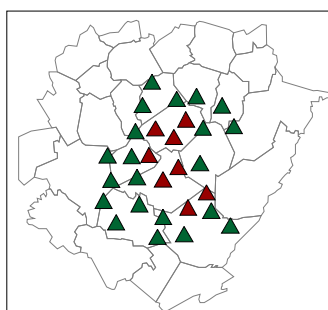
Il est possible d'ajouter un effet de taille, de manière simplement indicative.

Voies routières

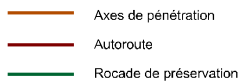
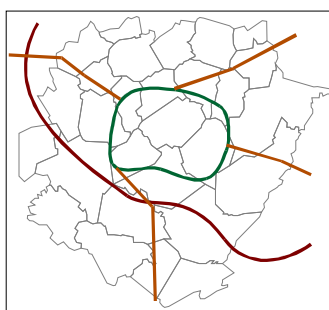


Loyers

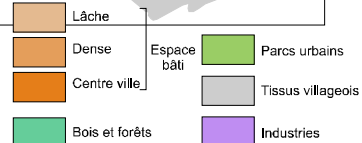
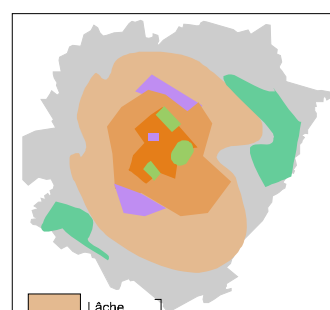
c. Exprimer une différence : variation différentielle des couleurs (valeur constante)



Types de parkings



Plan routier urbain



Occupation du sol

On suggère en même temps un ordre dans les densités grâce à une variation de la valeur des couleurs

Manuel de Cartographie

Couleurs avec valeurs constantes (et équivalent en noir et blanc)

Implantation zonale

Implantation ponctuelle

Implantation linéaire

Camaïeux avec changements de valeur (ou harmonies ton sur ton ou harmonies de valeur)

Camaïeu de bleu Camaïeu de rouge Camaïeu de vert feuille Camaïeu de jaune

V A L E U R

Composition de couleurs combinées à la valeur (ou harmonies de nuances)

suite de plusieurs couleurs chaudes du spectre combinée à la valeur

suite de plusieurs couleurs froides du spectre combinée à la valeur

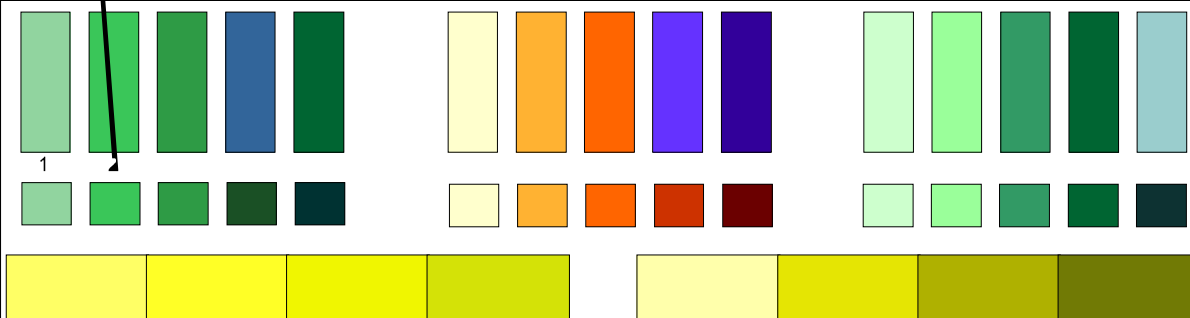
dégradé de verts avec ajout d'un jaune léger et d'un violet en début et en fin de gamme

dégradé de roses avec ajout d'un jaune pâle d'un pourpre en début et en fin de gamme

Figure 1 : le code des couleurs

Couleur	Association		Effets		Quelques utilisations en cartographie
	affektive	objective	psychologiques	physiques	
Rouge	amour meurtre	feu sang	chaud dynamique énervant	très visible saillant	- chaleur, aridité - valeurs les plus fortes - faits les plus saillants - avertissement, danger - voie interdite
Orange	incandescence chaleur	feu coucher de soleil	ardent stimulant brillant	très visible	- sécheresse, chaleur - valeurs fortes - avertissement
Jaune	gaieté dignité	lumière soleil	gai spirituel dynamique	très visible lumineux	- fort ensoleillement - sable - céréales - valeurs moyennes
Vert	mauvaise influence	nature verdure	calme repos fraîcheur pacifique néfaste	très visible	- forêts, plaines, jardins - sports, espaces verts - pétrole - industries non polluantes - voie libre
Bleu	espace voyage	ciel eau	clair frais léger calme atmosphérique	reposant pour l'œil élargit étend	- océans, fleuves, rivières - froid, humidité, glace - activités liées à la mer - gaz, hautes technologies - valeurs basses, diminution
Pourpre	pompe mystère	fleurs fastes	calme mélancolie délicatesse fraîcheur	adaptation difficile	- fraîcheur - valeurs très basses
Violet	deuil dignité	fleurs évêques améthystes	fraîcheur	peu visible	- vignes - valeurs très basses
Marron	dignité mélancolie	tabac fumée	triste	peu lumineux	- jachères - altitudes élevées
Blanc	communion mariage clarté pureté	fleurs lumière neige	sobre clair	lumineux aérien	- neiges persistantes - altitudes les plus élevées - absence de phénomène - ignorance des données
Noir	ténèbres mystère tristesse	nuit mort néant	tristesse	obscur massif	- énergies fossiles - industries lourdes - contours du fond de carte - contours, remplissage des figurés, textes

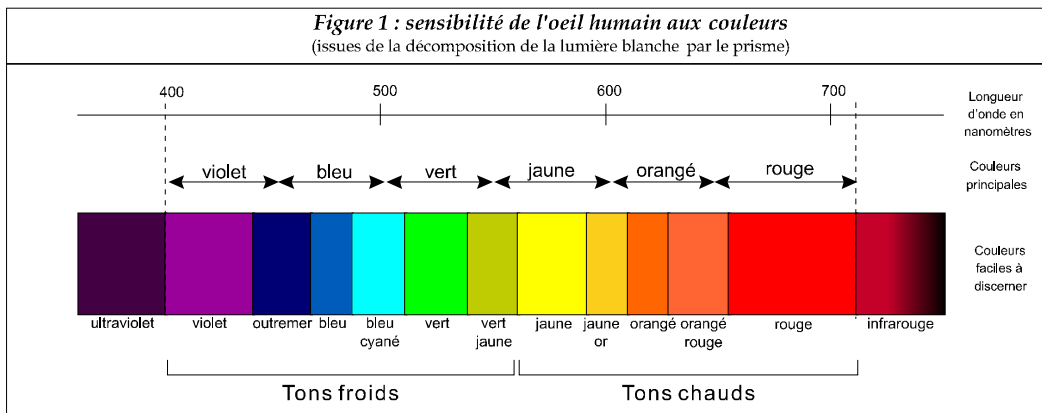
Précautions d'usage pour les progressions de couleurs



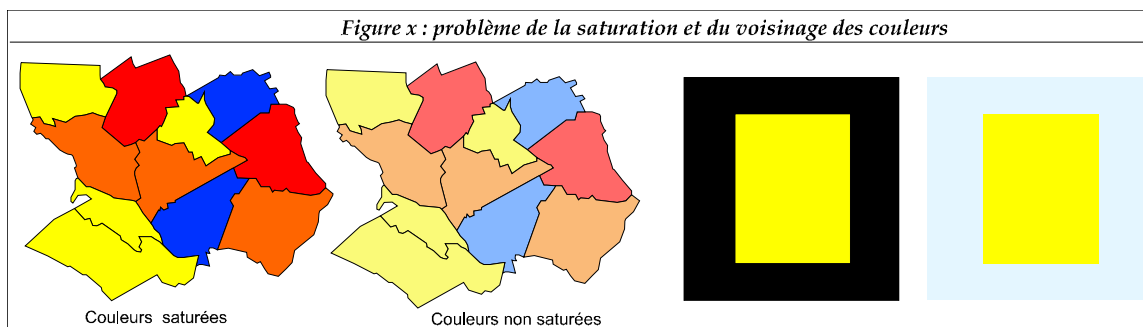
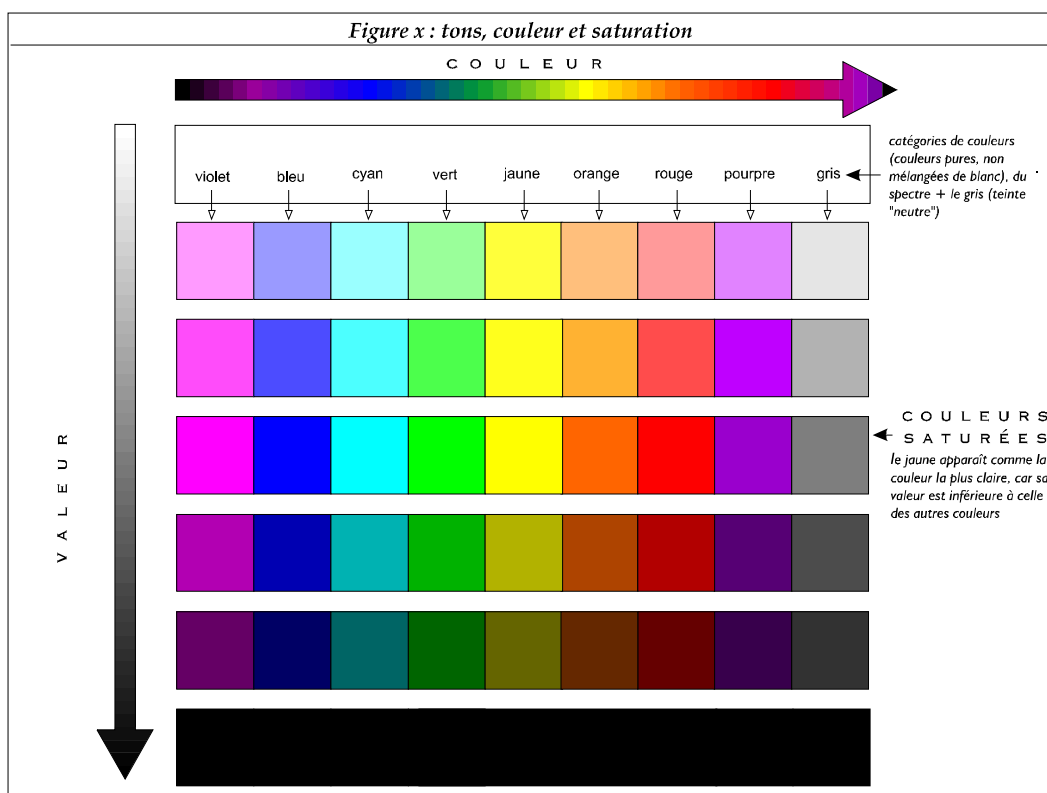
Mauvaise séparation des tons

séparation correcte des tons

Manuel de Cartographie



Lorsque le faisceau de lumière solaire est dévié et décomposé par un prisme, on obtient un rectangle allongé, coloré aux couleurs de l'arc-en-ciel (toujours disposées dans le même ordre) et nommé **spectre solaire**. Un oeil humain normal présente une sensibilité maximum vers 560 nanomètres. Cette sensibilité s'annule vers 400 et 720 nanomètres.



V Qu'exprime-t-on avec le langage cartographique

et avec quelles variables visuelles ?



Les données dont le cartographe dispose appartiennent à un système qui met en relation n'importe quelle donnée avec les autres données. Une carte sert à visualiser ces relations grâce à des transformations que l'on fait subir aux points, aux lignes et aux zones à l'aide des variables visuelles. Il existe trois types de relations : la proportionnalité, l'ordre et la différence. Si une donnée recouvrait l'intégralité de la carte sans présenter aucune variation (en importance, en nature, en densité...), alors la représentation cartographique ne serait d'aucune utilité. Le but d'une carte et notamment d'une carte thématique est de visualiser outre la localisation des données, des configurations spatiales, des contrastes, des formes issus des relations de proportionnalité, d'ordre (ou de classement) et de différence (ou d'association) qui existent entre les données. On aboutit alors à l'information géographique.

1) Des quantités, des proportions (information quantitative)

L'information est quantitative quand elle donne une mesure chiffrée du phénomène.

On distingue deux types de quantités : les quantités en **valeur absolue** et les quantités en **taux**. Leur représentation cartographique n'est pas la même.

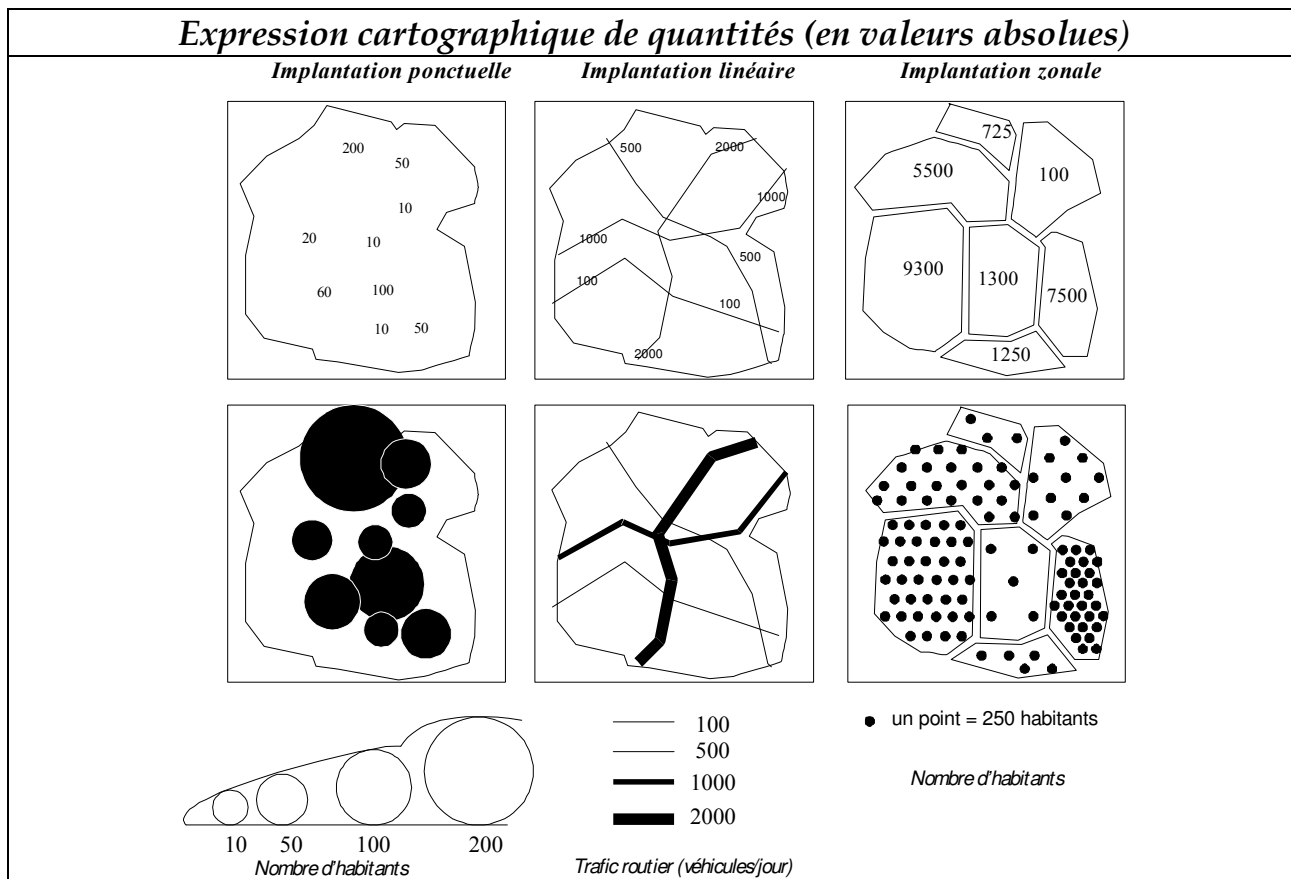
□ **Les quantités en valeur absolue ou masses**

Elles résultent d'un dénombrement (exemple : 100 habitants, 70 000 tonnes, 50 000 têtes).

- En implantation ponctuelle, les masses sont représentées par des figurés dont la surface est proportionnelle au nombre. La variable visuelle utilisée est la taille.
- En implantation linéaire (débit d'une route, flux de migrants), les masses sont transcrites par l'épaisseur des traits. La variable visuelle utilisée est la taille. Il est conseillé de commencer, pour les valeurs les moins élevées, avec des figurés très fins (du type tireté pour les valeurs les plus faibles). Cela évite d'encombrer le fond de carte avec des traits trop épais pour les valeurs les plus fortes.
- En **implantation zonale**, théoriquement, il n'est pas possible de visualiser les masses sans tenir compte de la superficie de la circonscription. Dans la pratique, on assimile souvent, par souci de simplicité lors de la réalisation graphique, la circonscription à son centre qu'on traite comme un point : on regroupe les quantités de la circonscription sur un seul figuré et on utilise la variable visuelle

taille. La deuxième solution consiste à répartir sur chaque circonscription des points d'égale valeur en disposition homogène.

La taille est la seule variable visuelle capable de traduire correctement les quantités absolues, car elle autorise la perception des proportions.



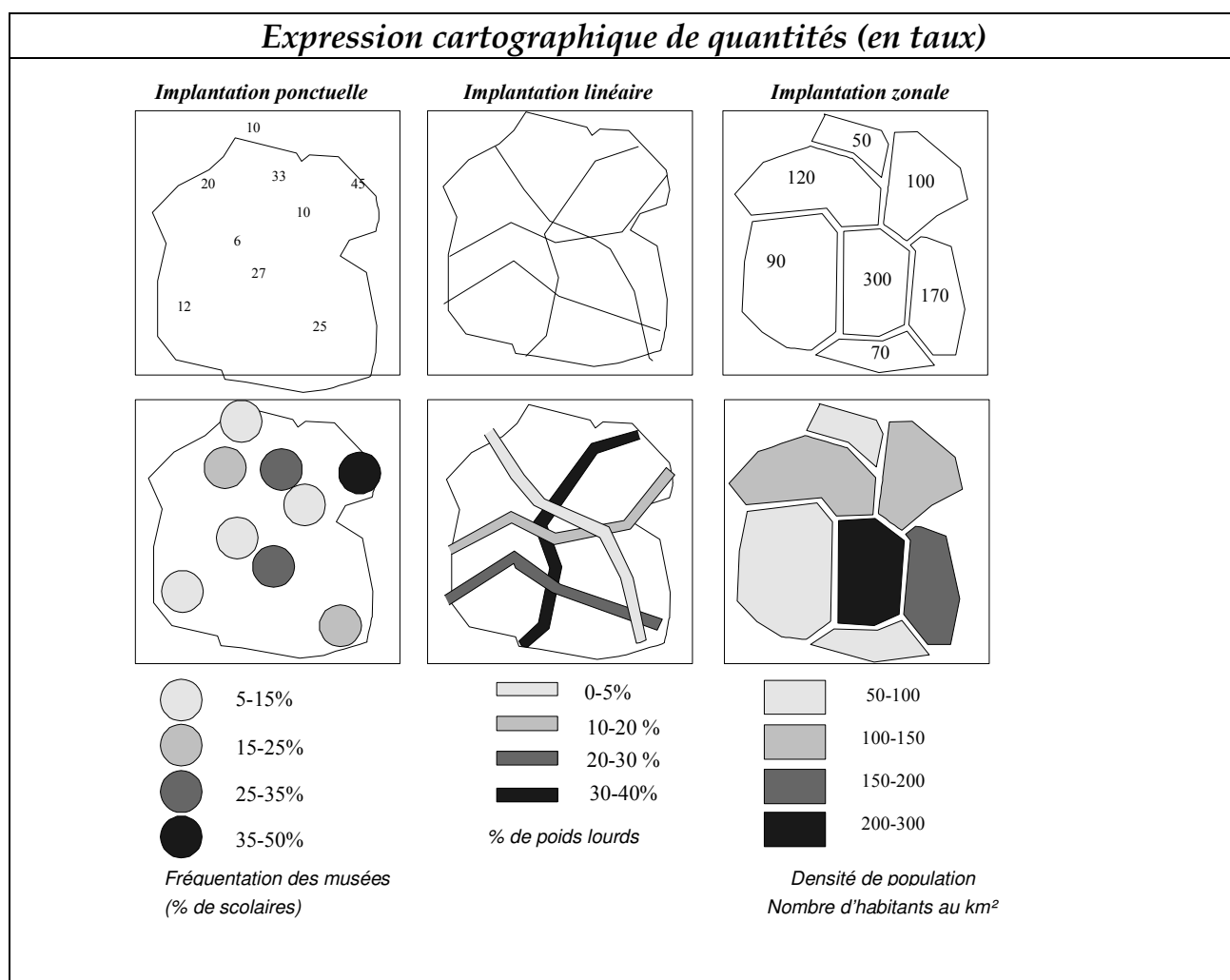
□ **Les taux**

Ils sont calculés :

- par rapport à une autre variable (pourcentage de bacheliers dans une classe d'âge, dépense municipale par habitant, nombre de vols de voitures par rapport au total des habitants),
- par rapport à un total auquel concourt la variable (pourcentages de cadres supérieurs dans la population active, nombre de bénéficiaires de l'allocation logement par rapport au nombre de bénéficiaires de prestations familiales),
- par rapport à la superficie de la circonscription (nombre d'habitants au km², nombre de quintaux à l'hectare).

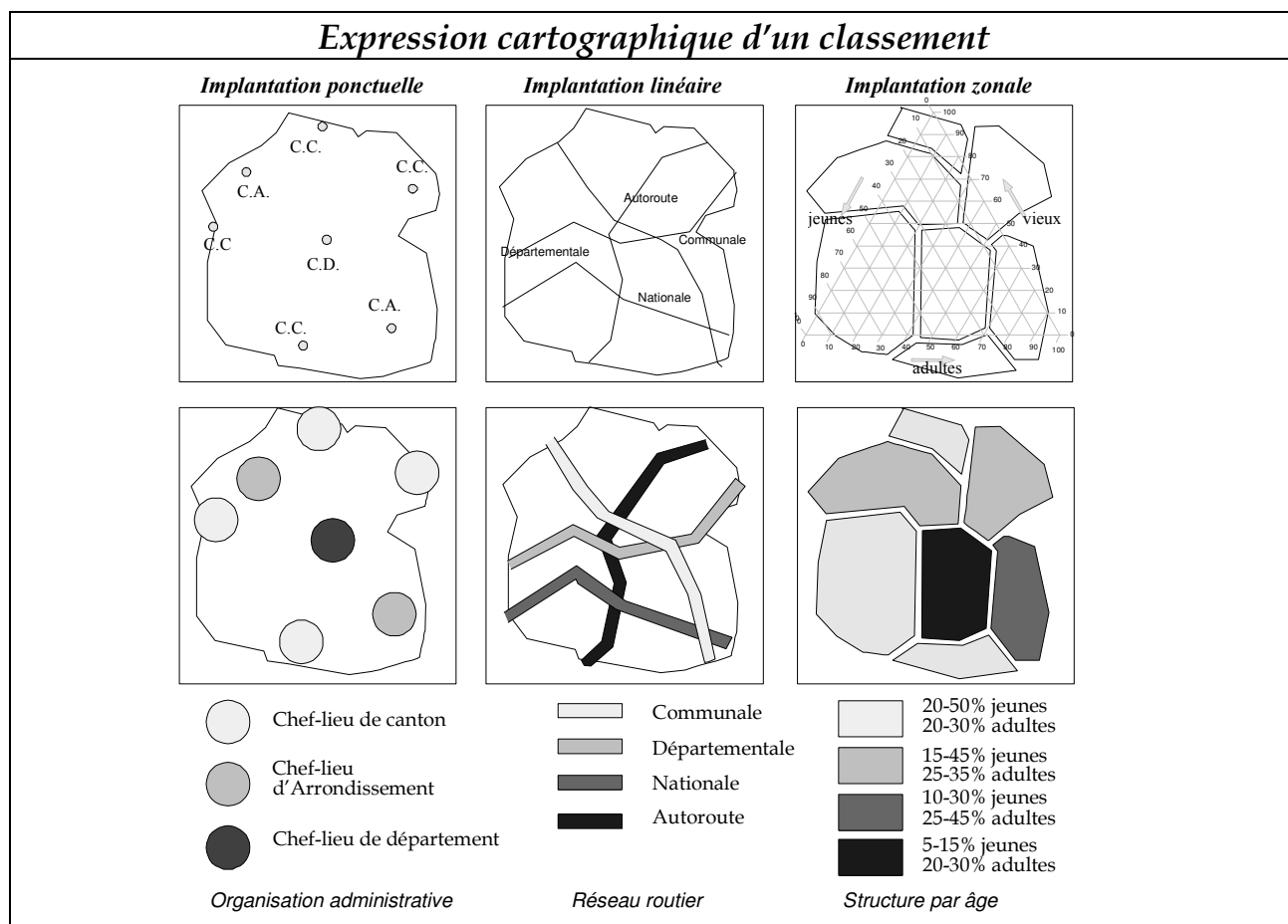
Un taux ne s'exprime donc pas seulement en pourcentage.

- En *implantation ponctuelle*, c'est-à-dire lorsque le taux est donné pour un point, on centre le figuré sur ce point et on fait varier la **valeur** ou l'intensité de la **couleur** du figuré.
- En implantation linéaire, les figurés centrés sur une ligne **gardent la même largeur et on fait varier leur** valeur **ou** l'intensité de leur couleur (par exemple, nombre de voitures par kilomètres de route, pourcentage de T.G.V. par rapport au trafic ferroviaire total).
- En implantation zonale, on fait varier la valeur ou l'intensité de la couleur **du figuré de surface** (par exemple, nombre de monuments classés au kilomètre carré, nombre de salles de cinéma pour 10 000 habitants).



2) Un classement, un ordre (information ordonnée)

- En classant, on suppose qu'une information est supérieure ou inférieure à une autre. Il est par exemple courant de classer les villes selon leur niveau de fonction (capitale, préfecture, sous-préfecture, chef-lieu de département,...). Les données se trouvent dans une relation d'ordre quand il est possible de définir et de percevoir leur importance relative les unes par rapport aux autres. Un ordre se représente *techniquement* sans trop de difficultés. Mais exprimer un jugement de valeur (cette donnée est plus importante que celle-là ou cette donnée vient en premier, celle-ci en deuxième...) demande une grande circonspection au niveau de la *méthodologie*.
- L'échelle des valeurs doit être très précise (éviter les vocables « bon », « satisfaisant », « mauvais ») mais il faut aussi et surtout être très attentif à ne pas hiérarchiser des phénomènes dont l'égalité est une certitude. Les cartes ethniques ou de religion ne seront pas hiérarchiques, car elles peuvent être assimilées à des documents racistes ou antisémites. Dans ce cas, la seule option sera d'exprimer une différence, cartographiquement parlant.



- En implantation ponctuelle, on joue sur la valeur de la couleur des figurés. (exemples : hiérarchie des campings selon leur nombre d'étoiles ; monuments classés et monuments inscrits à l'inventaire)
- En implantation linéaire, on fait varier la valeur de la couleur des figurés (exemples : autoroute, route nationale et route départementale ; limite d'Etat, limite de département et limite d'arrondissement).
- En implantation zonale, les variations sont basées sur la valeur de la couleur. (exemples : zone fortement urbanisée, zone d'habitat lâche ; cultures intensives, cultures extensives).

Si on veut exprimer un classement grâce à la couleur, il faut soit utiliser un camaïeu (par exemple du bleu ciel au bleu marine), soit utiliser un demi-spectre (du jaune au rouge foncé par exemple).

La valeur est une variable visuelle qui permet de traduire un ordre, car l'œil classe les taches grisées de la plus claire à la plus foncée. Il associe aux taches claires les valeurs les plus faibles et aux taches foncées, les valeurs les plus fortes.

Le grain peut exprimer un classement mais est rarement utilisé.

La forme, utilisée seule, n'exprime pas une relation d'ordre.

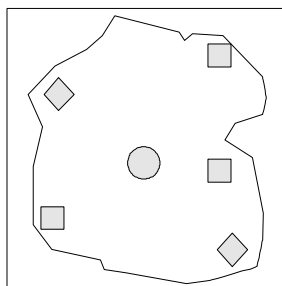
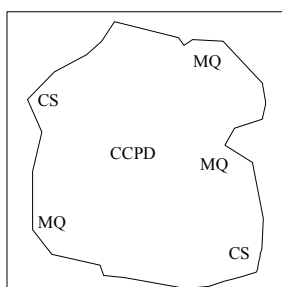
3) Une différence, une distinction (information qualitative)

Exprimer une différence est, à l'inverse d'un classement, simple au niveau de la méthode mais délicat dans la pratique : il est obligatoire que tous les figurés aient la même taille et la même valeur sinon une hiérarchie apparaît. L'habileté du cartographe réside dans le choix des variables visuelles ayant des vertus *séparatives* (qui permettent d'exprimer une différence).

- En implantation ponctuelle, les contours des figurés seront bien différenciés (exemples : école privée et école publique, exploitation en fermage et exploitation en métayage).
On utilise les variables visuelles **forme** ou **couleur (couleurs opposables)**.
- En implantation linéaire (exemple : autoroutes gratuites et autoroutes payantes), on ne joue ni sur la largeur de la ligne, ni sur la valeur. Il ne reste donc que deux solutions, celles de faire varier la **forme** ou la **couleur (couleurs opposables)** du figuré.
- **En implantation zonale**, les variables visuelles à utiliser sont soit la **forme**, soit la couleur (**couleurs opposables**), soit l'**orientation**. Pour l'orientation, il faut prendre garde à ce que l'espacement et l'épaisseur soient constants. (exemples : zone N et zone U du P.O.S., culture de blés et culture de maïs).

Expression cartographique de la différence

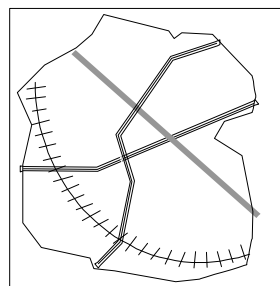
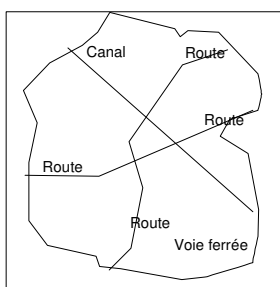
Implantation ponctuelle



- ◆ Centre social
- C.C.P.D.
- Maison de Quartier

Les acteurs sociaux

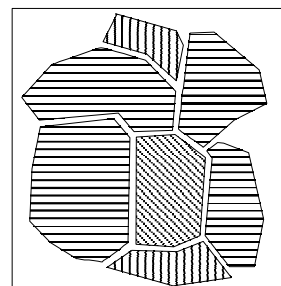
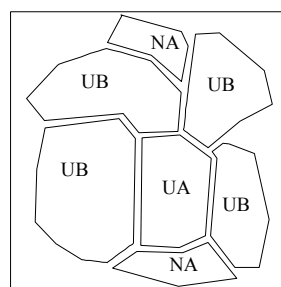
Implantation linéaire



- - - - - Voie ferrée
- Route
- ==== Canal

Réseau routier

Implantation zonale



- ▨ Zone UA
- ▬ Zone UB
- ▮ Zone NA

Plan d'Occupation des Sols

Expression cartographique des relations de proportionnalité, d'ordre et de différence entre les données en noir et blanc - récapitulatif -

	Quantité		Classement	Différence
	Masses	Taux	Possibilité d'utiliser la taille mais de façon indicative puisque non chiffrée	
Implantation ponctuelle				
Implantation linéaire				
Implantation zonale				
	↑	↑	↑	↑
	Variables visuelles en N&B Taille	Variables visuelles en N&B Valeur	Variables visuelles en N&B Valeur Grain	Variables visuelles en N&B Orientation Forme Grain

4) En résumé, pour une bonne utilisation des variables visuelles

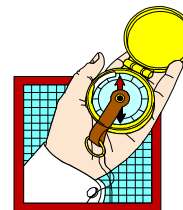
Tableau récapitulatif de l'utilisation des six variables

	Différences	Classement Ordre	Proportions en valeur absolue	Proportions en taux
TAILLE		☹	😊😊	
VALEUR		😊😊		😊😊
COULEUR	😊😊			
ORIENTATION	😊			
FORME	😊			
GRAIN	😊	😊		☹

 : interdit
 ☹ : déconseillé
 😊 : bon
 😊😊 : idéal

VI Respecter les règles

pour concevoir une carte sans erreurs



- Il peut paraître subjectif voire prétentieux d'affirmer qu'une carte puisse être de meilleure qualité qu'une autre. Quels sont en effet les critères permettant de juger en toute impartialité de la valeur d'une carte ? Ou, posé d'un point de vue pédagogique, quelles sont les erreurs à éviter pour concevoir une carte de qualité ? De l'amont à l'aval du processus de la conception et de la réalisation d'une carte, il est possible d'identifier cinq erreurs majeures :
 - le manque de soin et de précision dans la collecte et le traitement des données,
 - une utilisation incorrecte du langage cartographique,
 - la réalisation d'une carte surchargée et/ou illisible,
 - la réalisation d'une carte incomplète,
 - la réalisation d'une carte à lire, c'est-à-dire une carte qui n'est pas une carte.
- On peut s'étonner de ne pas trouver dans cette énumération d'erreurs, le fait de réaliser une carte mal présentée ou peu soignée. Cela renvoie donc au critère de l'esthétique.

Le problème est que l'esthétique est un critère subjectif puis tributaire des moyens techniques mis en oeuvre et enfin relatif au type de carte en question. Dans tous les cas, en tant que concepteur d'une image, le cartographe expérimenté n'est pas à l'abri d'une faute de goût tandis qu'une carte esthétiquement très réussie n'est pas forcément dénuée d'erreurs. Il est donc difficile voire impossible de fixer des limites en matière d'élégance de présentation.

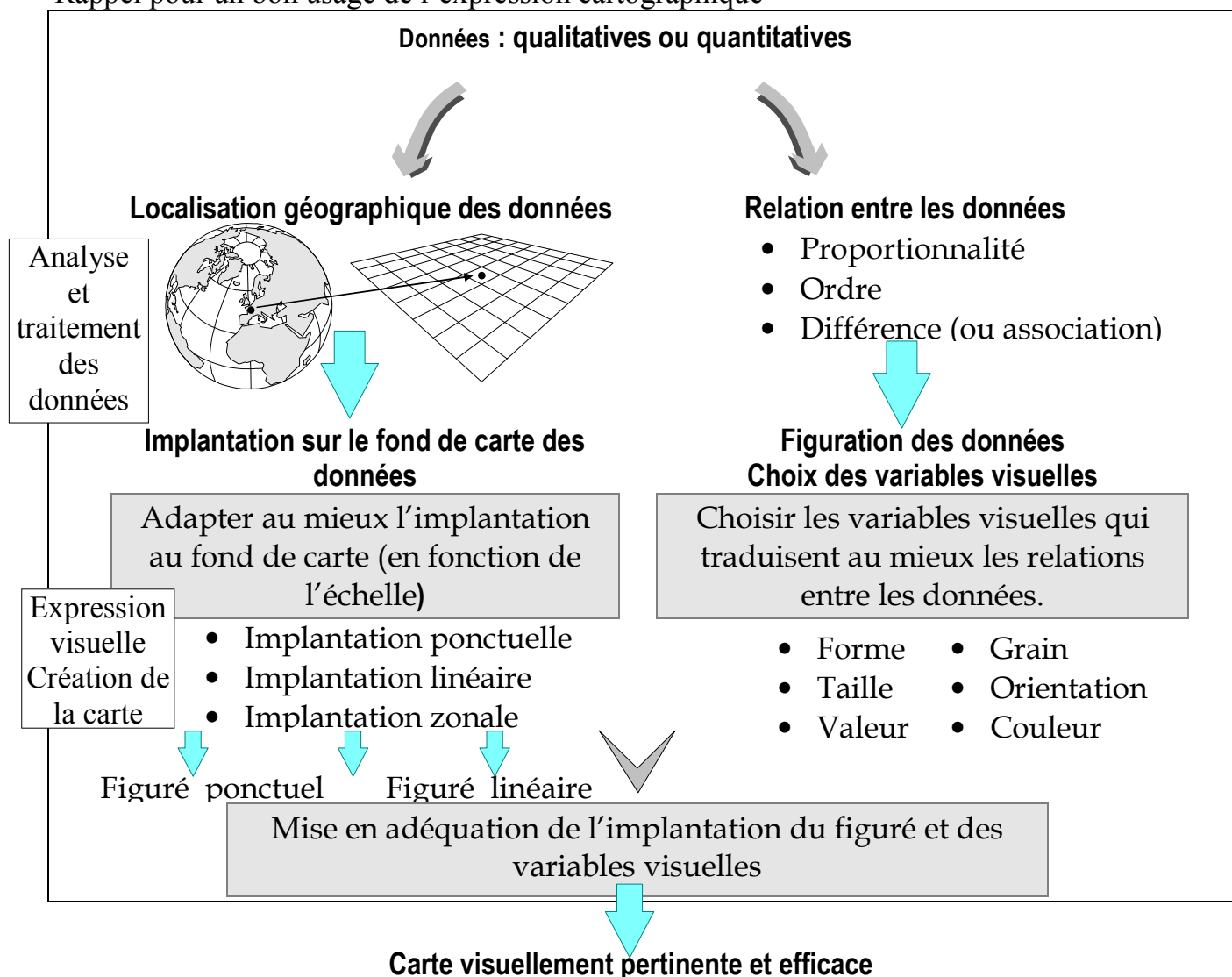
Toutefois, même en cartographie thématique, l'esthétique commande une bonne partie de l'efficacité du message de la carte : une carte nette, sobre et graphiquement bien conçue, est regardée avec plus d'attention, car elle communique plus efficacement qu'une carte peu soignée. En cela, l'informatique s'avère être d'un grand secours aux dessinateurs peu entraînés.

Le manque de soin apporté à la réalisation d'une carte n'est pas à proprement parlé une *erreur* mais plutôt une *maladresse* dont les conséquences sont forcément nuisibles au résultat final. Même le cartographe le plus averti est susceptible de commettre des maladroites mais les erreurs sont plus graves, car elles résultent d'un non respect des règles de base d'où l'importance d'observer scrupuleusement les « cinq commandements » suivants.

1) Etre rigoureux avec la collecte et le traitement des données

- Toutes les cartes sont le résultat d'observations et la transcription graphique de données quantitatives ou qualitatives. Une carte topographique par exemple est l'aboutissement de travaux de géodésie*, de planimétrie, de topographie, etc. Pour les cartes thématiques, la transformation de la donnée brute en une représentation cartographique apparaît moins technique mais nécessite tout autant de rigueur dans le rassemblement et le traitement des données. Leur forme originelle ainsi que leur provenance sont variables : statistiques, cartographiques, résultats d'enquêtes, recensement, levés, études de terrain, etc.
- Trop nombreuses pour être directement cartographiées, les données doivent faire l'objet de traitements (mathématiques, graphiques, statistiques et fréquemment d'une mise en classes).

Rappel pour un bon usage de l'expression cartographique



- Quoiqu'il en soit, si le cartographe représente des données fausses à cause de sources douteuses, d'oublis ou de mauvais traitements statistiques par exemple, la carte sera elle-même faussée et les conséquences peuvent être graves notamment pour les cartes d'aide à la décision. Le lecteur a très peu de chances de détecter ce type d'erreurs sauf s'il a accès à d'autres sources d'informations.
- Toutefois, dans le cadre d'une cartographie à usage interne, la précision a ses limites. Les collectivités locales par exemple préfèrent souvent avoir un ordre d'idée sur les principaux indicateurs plutôt que viser une rigueur scientifique gaspilleuse de temps et d'énergie et souvent superflue.

2) Le traitement graphique doit être judicieux (du bon usage de l'expression cartographique)

L'erreur la plus communément répandue tient à la représentation graphique des données. La quasi absence de conventions en cartographie pourrait laisser penser que tout est possible. En théorie, oui, mais *la vision humaine a ses propriétés* ; si le cartographe n'a pas respecté les règles du langage cartographique, la carte devient fausse et/ou illisible et de toute façon improductive.

3) Une carte doit être lisible (nette et économique)

L'un des apports majeurs de la carte est de contribuer à *saisir* immédiatement une problématique. A la différence d'un tableau ou d'un texte, une carte est capable d'associer, de simplifier et de synthétiser les composantes d'un phénomène géographique. Ces qualités apparaissent si le message est net et concis.



Conseils pour garantir la lisibilité d'une carte

□ La présentation graphique doit être soignée.

Ce postulat est celui qui rebute le plus les cartographes amateurs rarement sensibilisés aux arts graphiques. Avec **Cartes & Données**, c'est l'ordinateur qui dessine avec tout ce que cela implique en terme de précision et de rapidité du trait.

□ Il faut travailler à l'économie.

Etrangement, une carte très détaillée donne davantage confiance, même si elle est erronée. Une carte épurée trouble le lecteur qui met en doute sa fiabilité. Pourtant, les meilleures cartes ne sont pas celles qui comportent le plus de signes, au contraire. Moins une carte est surchargée, plus la carte est simple de lecture et plus le message est efficace. Le cartographe est ainsi amené à éviter les légendes interminables. Lorsque les signes sont nombreux, les superpositions deviennent inévitables et difficiles à gérer puis à lire. Il ne faut donc pas utiliser plusieurs signes pour un même fait (un figuré ponctuel et un figuré zonal par exemple).

□ Les figurés doivent être bien différenciés.

La lisibilité d'une carte passe aussi par une bonne différenciation des figurés. C'est ce que l'on nomme la *séparativité*. Deux faits différents seront identifiés sur la carte sans risque de confusion.

□ Les figurés doivent être hiérarchisés.

Une carte représentant plusieurs phénomènes est lisible et expressive si elle est *hiérarchique*.

Si le lecteur n'est pas capable de trier et d'hiérarchiser visuellement les informations représentées, en d'autres termes si aucune configuration spatiale ne se dégage de la carte, alors celle-ci n'aura pas atteint son objectif. Pour garantir la hiérarchisation des faits représentés et donc la hiérarchisation des figurés sur la carte, le concepteur doit se poser deux questions :

- *Que faut-il montrer ?*

Cela suppose de la part du cartographe, un effort de synthèse : il doit décider des phénomènes à représenter et à éliminer. Cela aboutit à une simplification de la réalité.

- *Que faut-il mettre en valeur ?*

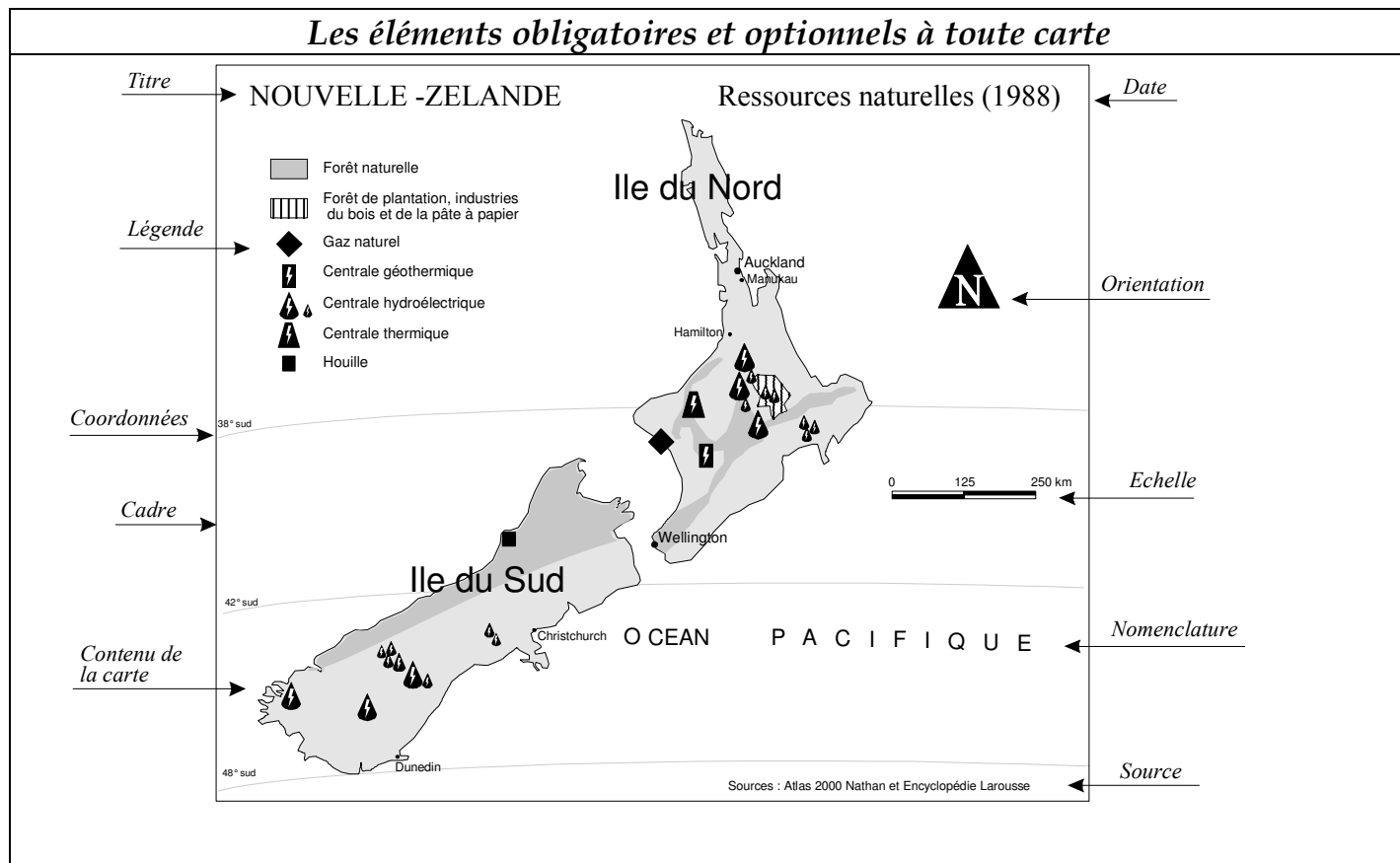
En fonction du thème, de la destination de la carte et du public visé, le cartographe doit assumer l'initiative d'une mise en relief de certains faits et du retrait d'autres faits. Cette mise en valeur et son contraire s'accomplissent grâce à toutes les solutions offertes par le langage cartographique et aux six variables visuelles.

La hiérarchisation prend tout son sens lorsqu'il faut exprimer des différences d'intensité d'un phénomène grâce à une gradation (en couleur ou en noir et blanc). Dans ce cas, le choix des couleurs ou des grisés (ou trames) doit être logique : rappelons que les couleurs se décomposent en couleurs froides : violet, bleu, vert... et en couleurs chaudes : jaune, orange, rouge... et qu'aux fortes valeurs correspondra un ton chaud ou bien un grisé (ou une trame) sombre.

□ *La légende doit être ordonnée et présentée clairement.*

Graphiquement, la légende doit être claire et présentée avec rigueur et soin. De même que pour l'introduction d'un texte, la légende joue un rôle fondamental sur le jugement du lecteur d'une carte.

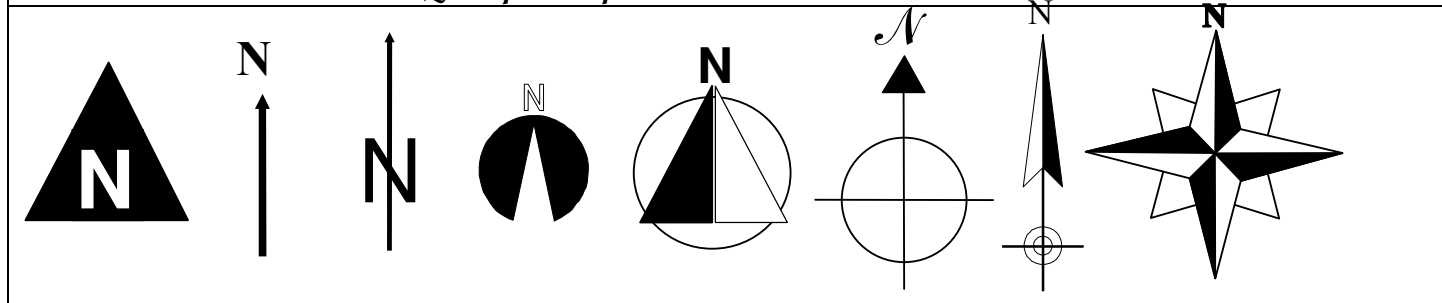
4) Une carte doit être complète



Toute carte devrait posséder les éléments indispensables à sa présentation et à sa compréhension. Selon le type de carte, certains de ces éléments sont optionnels mais la plupart sont obligatoires.

- ❑ **Le contenu de la carte** : une carte sans lui serait un comble... C'est le seul élément dont on n'a jamais déploré l'absence, ce qui n'est pas le cas des suivants.
- ❑ **L'orientation** : orienter un fond de carte est loin d'être inutile surtout lorsque l'on travaille à grande échelle ou sur des fonds de carte dont les contours sont peu connus. L'orientation permet le cas échéant de situer par rapport à des faits physiques (vents, soleil...) et humains (banlieue nord - banlieue sud). On oriente avec le Nord.

Quelques représentations de l'orientation

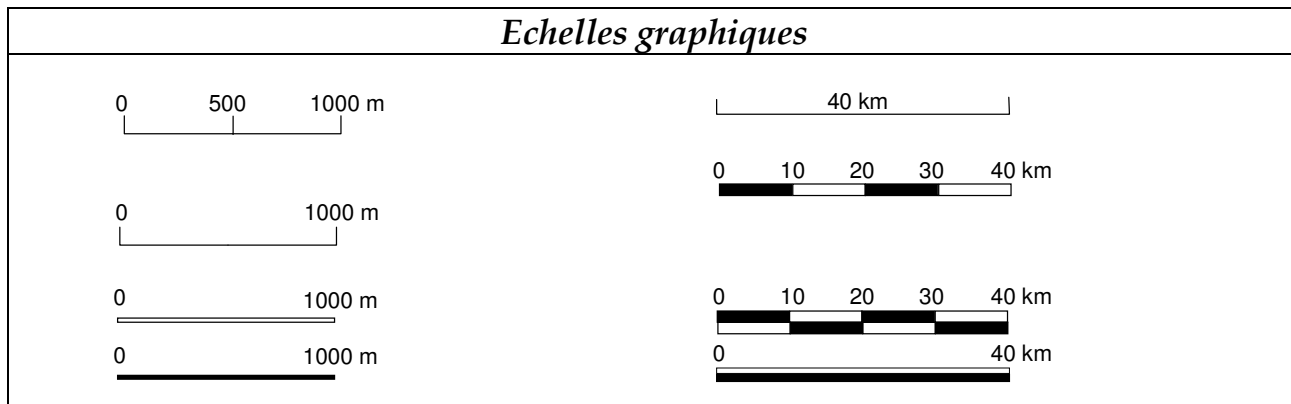


Le fond de carte peut avoir été tourné pour des raisons de commodités si bien que le Nord de la carte pointe parfois vers la gauche de la feuille par exemple. Par convention et surtout si on le peut, il est préférable que le nord de la carte pointe vers le haut de la feuille.

□ **L'échelle**

Elle devrait toujours être présente, quelle que soit la carte. Elle permet d'évaluer les dimensions du territoire cartographié. On peut la donner sous forme numérique (1/5000^e, 1/10000^e...) mais on préférera une échelle graphique, car elle offre une plus grande commodité d'emploi. De plus, elle reste opérationnelle même si la carte est réduite ou agrandie (par photocopie par exemple).

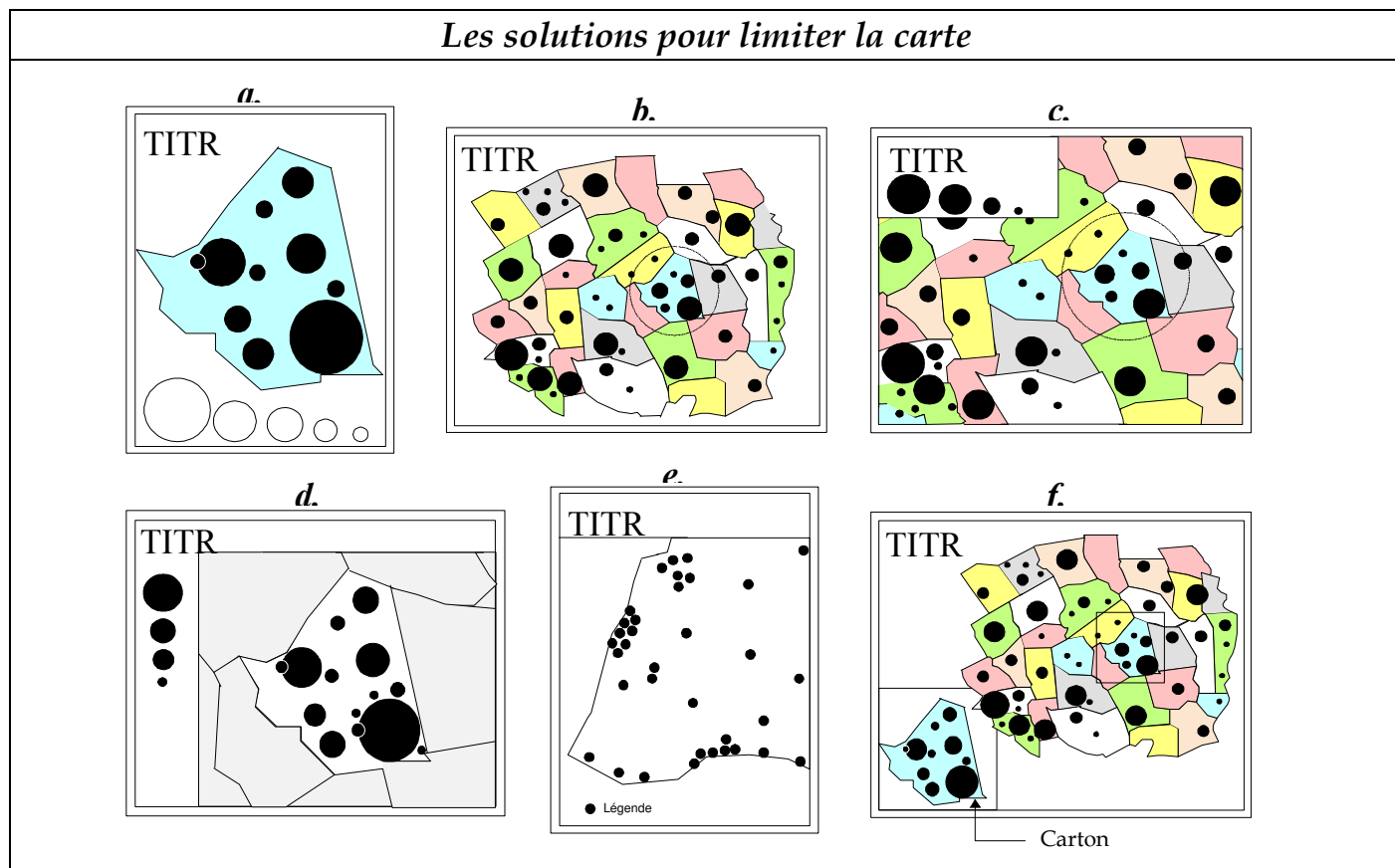
Echelles graphiques



□ **Un cadre**

- Le cadre était extrêmement travaillé sur les cartes anciennes, (au point qu'il occultait parfois le fond de carte). Aujourd'hui, notamment en cartographie thématique, un simple trait fin noir suffit pour matérialiser le cadre.
- Le cadre se place à une distance moyenne d'un centimètre du bord de la feuille. Il n'apporte le plus souvent aucun plus au niveau de la technique cartographique mais participe à l'agencement de la carte et donc à la qualité de sa présentation.
- Lors de la réalisation graphique, le cartographe se trouve confronté à plusieurs éventualités quant au dessin du cadre.

Les solutions pour limiter la carte



- Le champ de la carte est délimité par des frontières juridiques, naturelles et/ou administratives définies : un pays, une ville, un quartier, une Z.A.C., une île, etc. (a, b et c). Le cartographe dispose de deux choix.
 - ◊ Il préfère ne représenter *que* le territoire concerné par la problématique de la carte. (a.). Dans ce cas, le territoire devient une « île » mais cette solution présente les avantages de se soustraire à une trop grande généralisation et donc de pouvoir être précis, d’optimiser la netteté et d’éviter au cartographe de « renseigner » les circonscriptions voisines.
 - ◊ Afin, par exemple, d’insister sur l’environnement géographique d’un territoire donné, le cartographe opte pour la solution plus complexe de représenter ce territoire *et* les territoires limitrophes (et au-delà, le cas échéant). Avec cette solution, le cartographe s’expose à une charge plus lourde de travail, car il aura à « renseigner » également les circonscriptions voisines (sauf s’il a recours à un artifice graphique exposé ci-dessous). Les choix graphiques dépendent ensuite des objectifs du cartographe et surtout de l’échelle retenue :
 - le cartographe limite le fond de carte grâce aux limites du ou des territoire(s) représenté(s), (b.),
 - le cartographe limite le fond de carte non pas par les limites du ou des territoire(s) représenté(s) mais grâce au cadre : c’est une carte à *fond perdu**, (c.). C’est une solution à éviter, car le message cartographique est amputé d’une partie de son intérêt : étant donné que le phénomène n’est pas fini dans l’espace, le cadre limite ce phénomène et ne donne pas au lecteur la possibilité d’en saisir l’organisation spatiale.
 - Dans le cas où le cartographe désire travailler à grande échelle, privilégier un territoire particulier et représenter une partie des territoires adjacents, il mettra graphiquement en retrait les circonscriptions

voisines : le fond de carte du territoire, sujet de la carte, en blanc et le fond de carte des autres pays en grisé par exemple (d.). Mais cela n'apporte strictement rien à l'analyse.

- Si le fond de carte n'est pas délimité par des frontières administratives ou naturelles (une partie d'un quartier, d'une ville, d'une région, etc.), le cartographe doit prolonger le fond de carte jusqu'au cadre extérieur : c'est également une carte à *fond perdu**(e.).



A noter

- Un carton (f.) est une carte complémentaire à la carte principale, figurant sur la même feuille et dont l'échelle est le plus souvent différente.
- Le but du carton est en général de *montrer à plus grande échelle* une partie de la surface cartographiée, car le phénomène géographique traité y est plus dense et/ou notable).
- Le carton est *complémentaire* lorsqu'il fournit des informations additionnelles et distinctes à la carte principale. Un *carton index* situe la carte par rapport aux cartes attenantes. Un *carton administratif* représente les frontières et les limites administratives.
- Pour construire correctement le carton :
 - les figurés doivent y avoir les mêmes caractéristiques graphiques (couleur, taille, valeur...) que sur la carte principale. En d'autres termes, si le carton montre le même phénomène que la carte principale mais à une échelle différente (souvent agrandie), la légende doit y être strictement identique pour permettre la comparaison.
 - L'échelle, qu'elle soit *réduite* ou *agrandie*, doit être impérativement mentionnée.
 - Les limites de la zone correspondant au carton doivent être tracées (trait fin) sur la carte principale.
 - Etant donné que le plan de la carte est considéré comme homogène, les figurés doivent apparaître (même si la densité des figurés rend la lecture difficile) dans la zone concernée par le carton. A l'inverse, il ne faut pas laisser cette zone en blanc, car cela signifie, pour le lecteur, une absence de phénomènes alors qu'il n'en est rien.

□ Une légende

Elément essentiel de la carte, la légende définit les symboles employés sur la carte. Sans elle, aucune compréhension n'est possible. De la rigueur de la légende dépend en grande partie la rigueur de la carte.



Conseils pour la conception et la réalisation de la légende

- *La légende doit être exhaustive.*
La légende doit présenter tous les signes utilisés dans la carte. Certains faits sont suffisamment clairs et évidents pour que le cartographe omette de les faire figurer dans la légende (trait bleu sinueux d'une rivière ou d'un fleuve, aplats* bleus pour la mer) mais ces phénomènes bénéficient d'un symbolisme naturel rarissime en cartographie.
- *La légende doit être ordonnée.*
Afin d'assurer la clarté et les qualités d'analyse de la légende, il est souhaitable de créer des groupements par thèmes (réseau routier, habitat, données socio-démographiques...). Certes, une telle présentation de la légende ne convient pas à certaines cartes, par exemple les cartes à un thème, mais est nécessaire pour les cartes polythématiques.

□ *La légende doit être soignée graphiquement.*

On a déjà évoqué le fait que la légende gagne beaucoup en clarté si les figurés et les textes sont alignés.

Un échantillon de chaque figuré zonal doit figurer dans un rectangle appelé caisson*. A côté de chaque caisson, on indique les valeurs ou les descriptions correspondantes.

- ◇ Pour les valeurs numériques (données quantitatives), les solutions de présentation sont nombreuses mais plus ou moins judicieuses.
- ◇ Pour les valeurs non numériques (données qualitatives), les commentaires doivent être brefs et précis :
- ◇ Pour les données numériques en implantation ponctuelle, on dessine les figurés correspondants en ordre croissant ou décroissant accompagnée des valeurs correspondantes.

□ *La mise en page de la légende doit être adaptée à l'agencement de la carte.*

La légende est le plus souvent placée en bas à droite de la carte mais aucune règle n'existe à ce sujet. Elle est en tous cas rarement placée au-dessus de la carte et, sauf cas extrême dû à un manque de place sur le recto, il ne faut pas mettre la légende au dos de la carte ou sur une feuille séparée.

Les règles à respecter pour la construction de la légende

1 Réseau
 Route quatre voies (voie express)
 Autre route importante

Réseau
 de 2000 à 10000 habitants
 de 10000 à 20000 habitants
 de 20000 à 50000 habitants
 de 50 000 à 100 000 habitants
 plus de 100 000 habitants

Elevage
 De 50 à 65 vaches pour 100 ha de S.A.U.
 De 65 à 80 vaches pour 100 ha de S.A.U.
 De 80 à 90 vaches pour 100 ha de S.A.U.
 Plus de 90 ha de S.A.U.

3 Activités
 Valeurs des apports en millions de francs (1983)
 de 0 à 50
 de 50 à 150
 de 150 à 500
 plus de 500

4

5

Tourisme et loisirs
 Edifice religieux remarquable
 Villes fortifiées
 Limite du Parc Régional
 Station balnéaire complète, dense
 Commune possédant une capacité d'accueil touristique de plus de 2000 personnes

6

7

8

- 1 **Exhaustive**: tous les signes utilisés par la carte sont répertoriés dans la légende.
- 2 **Fidèle** : les signes répertoriés doivent avoir les même formes, tailles, couleurs que sur la carte (et vice-versa).
- 3 **Claire** : les signes et le texte sont alignés, le texte est bien écrit, précis et concis et il ne faut pas hésiter à découper la légende en sous-parties.
- 4 **Classée par type de figurés** : si possible, on essaye de regrouper les figurés ponctuels entre-eux, les figurés zonaux avec les figurés zonaux, etc.
- 5 **Classée par type de phénomènes** : on crée des groupements en mettant des titres et des sous-titres.
- 6 **Pour les figurés proportionnels**, on les dessine tous si leur nombre sur la carte est restreint. Sinon, on retient quelques figurés repères.
- 7 **Les progressions de valeur doivent apparaître**. On préfère des valeurs rondes à des valeurs quelconques.
- 8 **Les figurés zonaux sont dessinés dans des caissons** (rectangles)

□ **Un titre**

- Egalement obligatoire, le titre expose dans le moins de mots possibles, le contenu de la carte.
- Le titre doit être immédiatement visible : souvent écrit en capitales, on peut aussi jouer sur la graisse et la taille des lettres.

- La tournure du titre est fonction de l'objectif de la carte : il sera séducteur pour les dépliants touristiques ou publicitaires (« une région aux mille facettes », « un carrefour de l'Europe ») mais objectif et sans fantaisies pour les cartes d'aide à la décision.
 - Il doit en tout cas toujours être bref et ne pas se présenter sous la forme d'une phrase avec sujet, verbe et complément.
 - Il est inutile d'y faire figurer les mots « localisation » ou « carte de », car par définition une carte localise et le lecteur est assez sensé pour savoir qu'il lit une carte.
- **Les coordonnées***
- Les coordonnées (latitude et longitude) sont utiles pour les cartes à petite échelle, pour certains thèmes (les climats par exemple) ou lorsque le territoire présenté est lointain et/ou peu connu. Dans ce cas, il est intéressant de mentionner en lieu et place, des coordonnées (souvent en dehors du cadre) voire le nom d'un lieu géographique célèbre situé à la même latitude ou longitude que le territoire cartographié.

□ **La source**

Indispensable pour les cartes statistiques, elle permet de vérifier l'origine de l'information, sa validité et sa marge de confiance.

□ **La date**

Elle est, quel que soit le type de carte, obligatoire. Sans date, on ne peut contrôler le degré d'ancienneté de l'information, ce qui est capital pour l'information géographique en perpétuelle évolution.

□ **La nomenclature**

- La nomenclature est l'ensemble des noms de lieux ou de faits géographiques écrits sur le fond de carte. Elle est bien sûr nécessaire sur les cartes de localisation pour lesquelles la liste des noms de lieux constitue une base.
- Dans la plupart des cartes d'analyse, de synthèse ou modèles, la nomenclature se fait discrète voire disparaît. Il est parfois souhaitable de faire figurer au moins quelques noms de points-clés (place, gare, cathédrale, rivière...) sur les cartes statistiques à grande échelle. Cela aide le lecteur à se repérer. La nomenclature sera toujours sobre afin de ne pas nuire au message de la carte.
- Pour varier la nomenclature selon l'importance et la nature des objets auxquels elle se rapporte, le cartographe a le choix de jouer sur la forme, la taille, la valeur et la couleur des lettres et des mots comme il le ferait avec des figurés ponctuels, linéaires ou zonaux.

5) Une carte thématique doit répondre à deux questions

- La qualité majeure d'une carte thématique est et devrait toujours être d'apporter une information globale à son lecteur. Cette obligation résulte de la vocation même des cartes thématiques : celle d'aider l'analyse et la décision. Or, pour que cette

vocation soit respectée, une carte doit répondre à deux questions ; en d'autres termes, le lecteur est en droit de réclamer de la carte, une réponse immédiate et fiable à deux questions :

- Au niveau du détail : à tel endroit, qu'y a-t-il ?
En parcourant une carte, le lecteur est amené à rechercher une information géographique à un point précis de la carte ; par exemple, quelle est la population de cette ville ?, quels sont les prix du terrain au m² dans ce quartier ?, quelle est la capacité hôtelière de ces stations balnéaires ?, etc. Le plus souvent, toutes les cartes répondent à cette question élémentaire pour la simple raison que même un mauvais choix de variable visuelle n'altère pas la vision au niveau élémentaire.
- Au niveau général, tel phénomène, quelle est sa géographie ?
Une carte thématique, grâce à une expression géographique adaptée, est conçue pour visualiser des *formes*, des *ensembles spatiaux* qui permettent au lecteur de dégager la *régionalisation* d'un phénomène géographique donné. Cette lecture se fait au niveau de l'ensemble de la carte et permet donc de déceler des ensembles spatiaux.

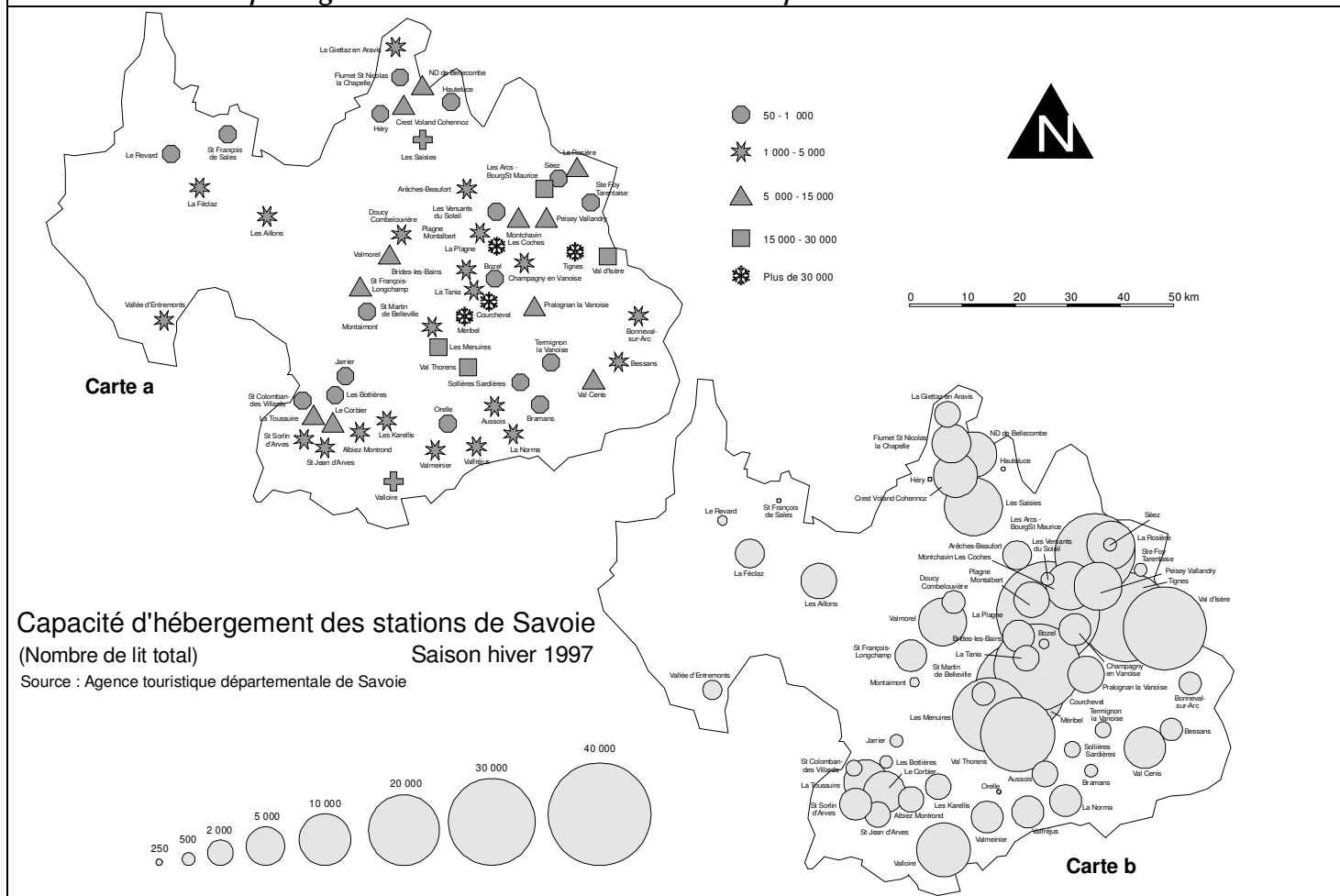
□ **Carte à lire et carte à voir**

- En conséquence, si la carte thématique ne répond qu'à la première de ces deux questions, c'est une *carte à lire*. Rappelons que tout l'intérêt d'une carte thématique est certes de situer mais également et en premier lieu de montrer instantanément la distribution d'un phénomène. Si cette distribution n'apparaît pas, un texte ou un tableau sont plus appropriés qu'une carte, car la conception de celle-ci demande plus de temps. En résumé, une carte à lire est sans objet, elle représente un effort inutile à la fois pour le concepteur et pour le lecteur qui doit déchiffrer la carte.
- Si la carte répond rapidement à la deuxième question, alors c'est une carte à voir. Avec un temps minimum d'observation, le lecteur est capable d'une part d'analyser un fait quelconque puis d'autre part de dessiner mentalement ou graphiquement s'il le désire une *régionalisation*. Enfin, il est apte à mémoriser l'image qu'il a en face des yeux. Pourtant, et c'est un signe de plus que la pédagogie de la carte est très déficiente, paraissent encore trop de cartes à lire totalement stériles n'autorisant aucune analyse. Les cartes à lire peuvent être étendus aux cartes en diagrammes ou aux cartes représentant l'ordre des quantités par un non-ordre (résultant d'une mauvaise gradation de valeurs par exemple nécessitant un recours constant à la légende). Dans l'absolu, ces erreurs ont toujours pour origine un mauvais usage des règles de l'expression cartographique.

Au final, le problème de la carte à lire souligne combien l'expression cartographique procède de la physiologie de notre œil. Si le concepteur et réalisateur de cartes n'admet pas cette évidence, alors ses cartes - ses images - seront toujours illisibles.

- Exemple de carte à lire : mauvais usage des variables visuelles

Carte 1 : passage d'une carte à lire à une carte à voir par correction des variables visuelles



• Commentaire de la « carte » à lire

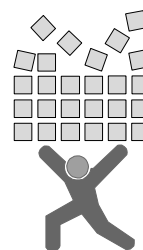
- ◆ L'information, c'est-à-dire la capacité d'hébergement des stations de sports d'hiver de Savoie est transcrite par des symboles dont on fait varier la forme.
- ◆ Sur cette carte, l'image instantanée est celle de la localisation des stations de sports d'hiver. Ce n'est pas celle de leur capacité d'hébergement. Pour trouver une signification « capacité d'hébergement », il faut différencier les formes des signes. Pour analyser le fait « capacités d'hébergement des stations de Savoie » dans son ensemble, il faut lire les 60 signes, ce qui est

• Commentaire de la carte à voir

- ◆ La carte de droite répond aux deux types de questions :
 - « à tel endroit (à Tignes), quelle est la capacité d'hébergement ? »
 - « tel caractère (les capacités d'hébergement), quelle est la géographie ? »
- ◆ Ainsi, le lecteur discerne très nettement un **régionalisation** des stations de sports d'hiver savoyardes : premier ensemble, les stations de la Tarentaise avec quatre d'entre elles dépassant les 30 000 lits ; deuxième ensemble au sud, les stations de la Maurienne et de la Haute-Maurienne, plus modestes mais nombreuses ; troisième ensemble, les stations du Val d'Arly au Nord et enfin quatrième ensemble, les quelques stations de l'ouest du département situées dans les massifs des Bauges et de la Chartreuse plus tournées vers le ski de fond et l'économie pastorale, où les altitudes sont moins élevées.

VII Les étapes

de conception, de réalisation et de lecture d'une carte



1) Se poser les questions pertinentes avant la conception

□ **Faut-il faire une carte ?**

Il faut peser le pour et le contre et surtout savoir juger de l'utilité de la carte en tant qu'outil d'aide à la décision et à la compréhension d'un phénomène. Le fait de faire ou non une carte dépend ensuite de la volonté et des acquis de chacun mais aussi des données à analyser. Une carte est réalisable si les données ont :

- **une dimension géographique.**

Si les données ne sont pas localisées (ou *spatialisées* ou encore *géographiquement référencées* dans le langage informatique), il sera évidemment impossible de les cartographier.

Exemple : le nombre de médecins spécialistes (dentistes, ophtalmologues, gynécologues) pour 50 000 habitants dans une ville de 200 000 habitants.

	1962			1972			1982			1992		
Commune X	12			31			41			53		
Type de spécialistes	D	O	G	D	O	G	D	O	G	D	O	G
Nombre de spécialistes	10	2	0	25	4	2	29	7	5	37	9	7

Ce tableau ne contient pas d'informations spatiales. La cartographie n'est pas à l'ordre du jour.

Commune X	1982	1990	1982	1992
Centre	9	18	21	24
Quartier Nord	1	5	8	13
Quartier Est	1	2	3	6
Quartier Ouest	1	4	5	4
Quartier Sud	0	2	4	6

Ce tableau offre un facteur différentiel géographique : les quartiers de la ville. Il est donc possible de réaliser une carte après avoir éventuellement traité les données.

- **Une masse critique.**

L'expressivité de la carte se fonde sur son contenu. Si ce dernier n'offre pas la possibilité de visualiser des distributions spatiales, la carte d'analyse est inutile puisqu'elle ne permet plus l'analyse. Le nombre de données doit donc être suffisant pour que l'apport de la carte soit significatif.

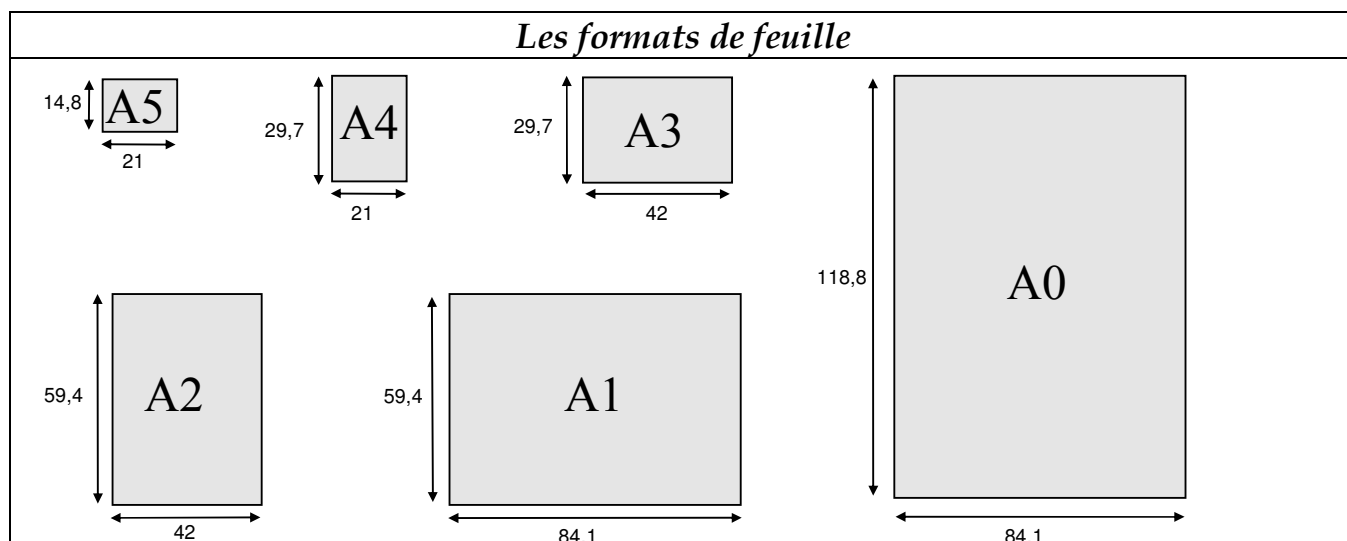
Pour les cartes de localisation, en revanche, on peut se contenter d'un nombre restreint de données. La carte sera toujours plus fructueuse pour dire qui fait quoi et où est qui qu'un tableau ou du texte.

□ **Une carte, plusieurs cartes ou une carte de synthèse ?**

L'un des principaux soucis du cartographe est la synthèse, c'est-à-dire établir des correspondances entre les composantes d'un ou de plusieurs faits géographiques.

Dans le cas d'une représentation d'une localisation ou d'une situation par exemple, on aura tout intérêt à regrouper toutes les données sur un seul et même support. La remarque vaut également pour les cartes d'occupation et d'utilisation du sol et les cartes de synthèse régionale. Pour les cartes statistiques, la démultiplication est le plus souvent conseillée (un seul caractère par carte, deux tout au plus pour des raisons à la fois de méthode et de clarté).

- La première solution est de jouer sur la combinaison et la superposition des figurés. Cette alternative, on le sait, atteint très vite des limites graphiques. Les puristes, et ils n'ont pas tort, considèrent cette solution comme une fausse synthèse, car elle se contente de *superposer*. Plutôt que de chercher à déployer des trésors de virtuosité, il faut parfois se résoudre à concevoir un recueil, une collection de cartes, chacune visualisant un caractère.
 - Néanmoins, la solution la plus aboutie, notamment pour les études introduisant de multiples composantes, est la synthèse capable d'établir des relations entre toutes ces composantes. Elle doit être mûrement réfléchie et passe par un traitement des données.
- **A quelle échelle travailler ?**
Il faut adapter le choix de l'échelle à l'étendue du territoire à cartographier, au format de la feuille et à l'ordonnement final de la carte. Il serait dommage de choisir une trop grande échelle et de ne plus avoir la place nécessaire pour la légende par exemple.
 - **Quel fond de carte choisir ?**
Là aussi, le type de carte commande le choix du fond de carte. Pour les cartes de situation, on recherchera des fonds de cartes détaillés et complets avec une toponymie omniprésente. Pour les cartes statistiques, au contraire, on préférera des fonds de cartes épurés, fortement généralisés et contenant une base administrative ou institutionnelle : pays, région, département, commune, quartier ou îlot de recensement.
 - **Que veut-on montrer : quel langage graphique adopter ?**
Une règle d'or : utiliser au mieux les facultés du cerveau et de l'œil humains. Il suffit dès lors de savoir ce que l'on veut montrer (des proportions, un classement, des différences, une dynamique...) et d'obéir aux principes du langage cartographique.
 - **Quel format ?**
Le cartographe a le choix entre plusieurs formats de présentation. Au-delà du format A3 (42×29,7), les coûts de production augmentent et la maniabilité diminue.



□ **En couleur ou en noir et blanc ?**

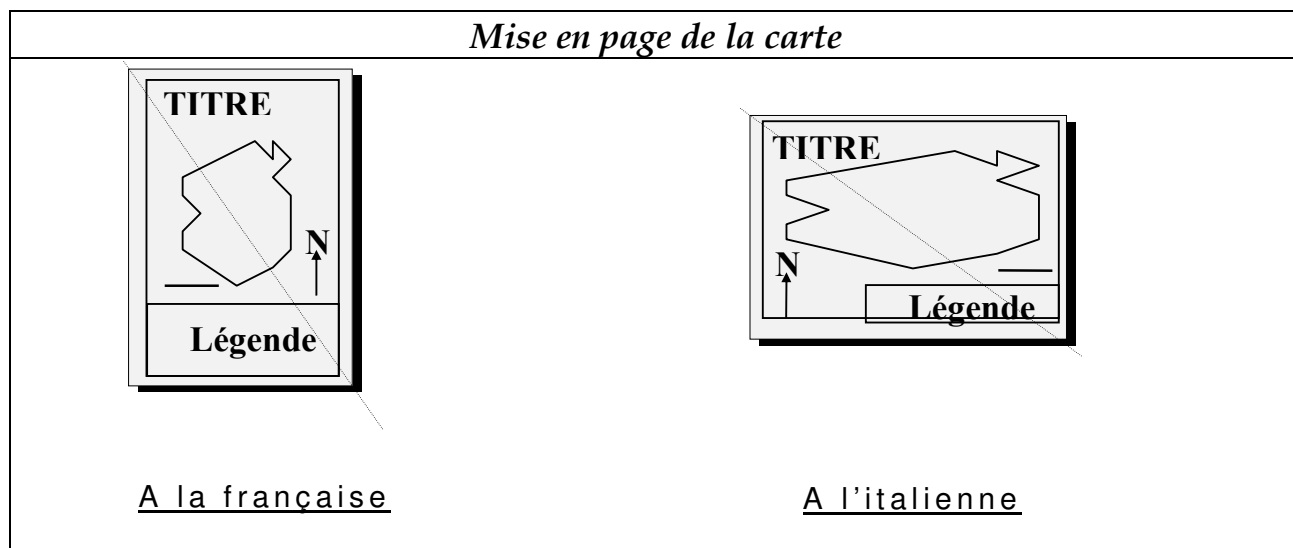
Il est inutile de revenir sur les attraits indiscutables et les précautions d'emploi de la couleur. Le choix repose sur le matériel à la disposition du cartographe : si en cartographie manuelle, une vingtaine de crayons de couleurs suffisent, la cartographie par ordinateur nécessite des investissements plus lourds (carte graphique et écran notamment) et surtout une imprimante et des papiers de bonne qualité au risque d'être déçu entre le résultat à l'écran et le résultat sur papier.

□ **Quelle mise en page ?**

Deux types de mises en page :

- à la *française* (*mode portrait* dans les logiciels) : la page est dans le sens de la hauteur.
- à l'*italienne* (*mode paysage* dans les logiciels) : la page est dans le sens de la largeur.

Le choix de la mise en page est le plus souvent guidé par la forme et la taille du fond de carte. Elle influence évidemment la disposition des éléments et la configuration générale de la carte. Il faut de toute manière éviter les vides sur la page et rechercher un bon ordonnancement de l'ensemble, le plus souvent, selon une diagonale.



□ **Sur quel matériau ?**

Le choix du matériau est conditionné par les moyens mis en œuvre pour cartographier. En cartographie par ordinateur, une table traçante (surtout réservée à la cartographie technique et au dessin industriel) travaille sur calque ou sur papier. Une imprimante (laser, transfert thermique, à jet d'encre) exige un papier de qualité (au-dessus de 80g/m²).

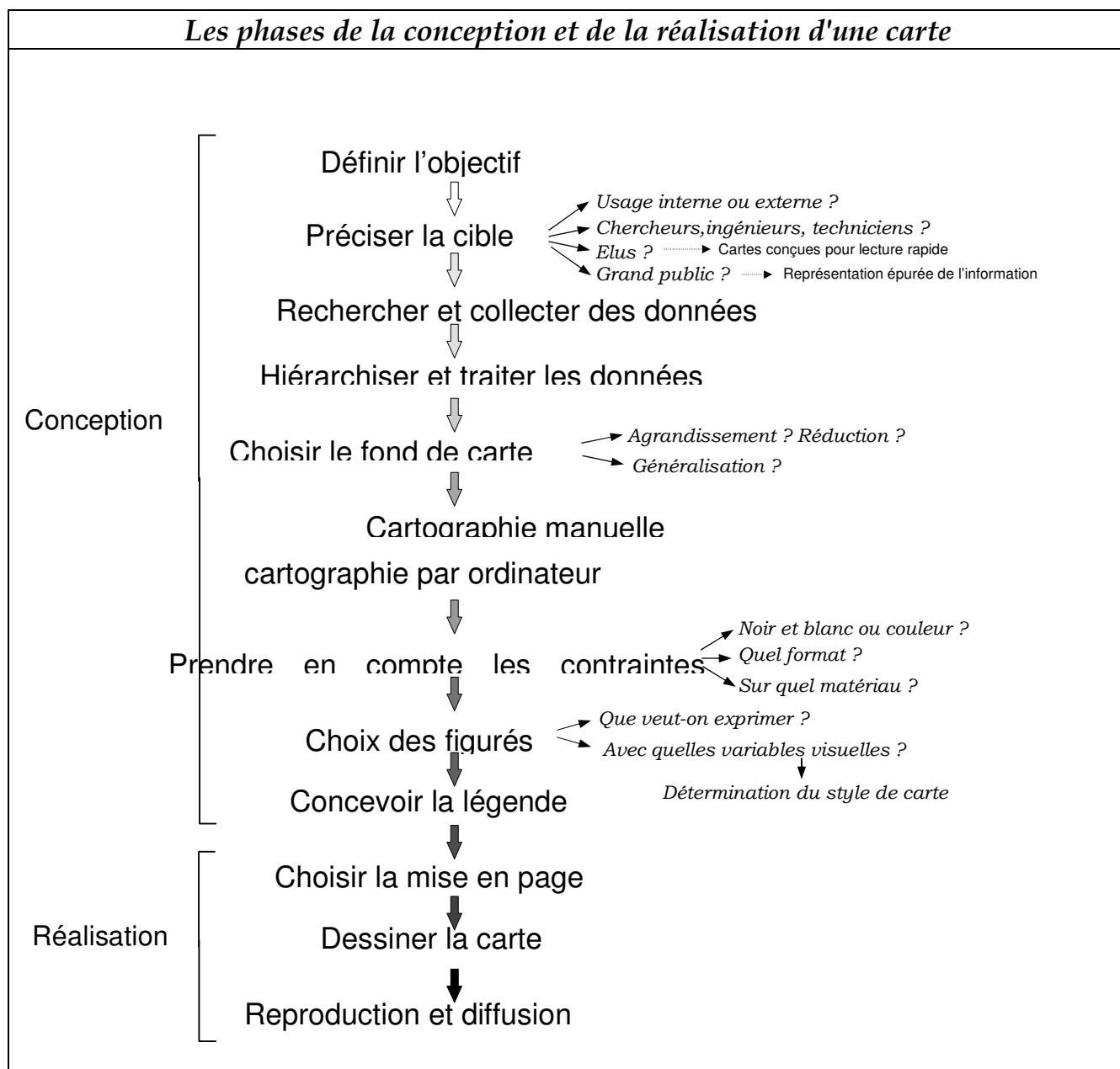
Pour **l'impression couleur**, des papiers spéciaux (papier couché ou papier glacé) garantissent un rendu optimal. Une impression couleur de qualité passe en effet obligatoirement par une bonne adéquation entre l'encre des imprimantes et le papier. Sans papier spécial, l'encre bave, les couleurs sont ternes, le papier gondole.

2) La construction d'une carte

La figure ci-dessous présente la succession théorique des phases de la construction d'une carte. Que cette carte soit conçue à la main ou sur un ordinateur, les étapes sont globalement les mêmes : il faut collecter et analyser les données, les retravailler le cas échéant et enfin dessiner la carte. Dans la pratique, ces phases sont interactives et connectées.

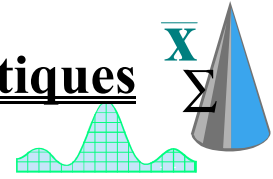
Par exemple, les moyens et les procédés de reproduction (informatique, offset, sérigraphie...), contraintes majeures en cartographie, interfèrent sur le choix de la couleur ou du noir et blanc, du format, des figurés (trames, aplat*), etc.

De même, selon le public visé, il faudra adapter les traitements statistiques et les choix graphiques. Enfin, l'objectif de la carte (publicité, recherche, étude d'aménagement*, aide à la décision...) influence évidemment les choix graphiques ou le format.



En conclusion, il est indispensable d'avoir dès le départ, une vision globale du processus, de la première phase de la conception à la dernière phase de la réalisation.

VIII La mise en classes des séries statistiques



- La statistique est une science d'observation quantitative et une méthode mathématique d'analyse et d'interprétation de ces observations. De ce fait, le terme statistique recouvre deux acceptions :
 - . la collecte, le regroupement et la mise en forme d'informations et de données sur les activités humaines,
 - . la statistique est aussi l'ensemble des méthodes et des techniques qui permettent de manipuler ces données, de décrire et d'organiser l'information (*statistique descriptive*) et de calculer des probabilités en introduisant des hypothèses (*statistique mathématique*).
- Parce que la plupart des cartes contemporaines sont réalisées à partir de données chiffrées, la cartographie (et la géographie) s'est tout naturellement tournée vers les statistiques qui offrent un champ inépuisable pour les calculs de taux, les divisions en classes, les calculs d'évolution, l'analyse factorielle, la construction de diagrammes, bref, pour les traitements statistiques en général, des plus simples aux plus complexes.
- Le but est d'étudier, le cas échéant, de transformer les données chiffrées brutes, puis d'accéder au langage cartographique en respectant au mieux l'information géographique contenue dans la série statistique et en garantissant la lisibilité de la carte. **Cartes & Données** a encore accentué ce mariage de raison entre cartographie et statistique. Il propose des fonctionnalités parfois très évoluées ; les cartographes même amateurs ont ainsi la possibilité d'accéder à un haut niveau d'analyse statistique.

Ce vaste domaine parfois très compliqué, n'est abordable que partiellement dans le cadre de ce livre. Au même titre que la cartographie, la statistique est une discipline à part entière et demande très vite des connaissances pointues en mathématiques. La bibliographie sur ce sujet est certes abondante mais s'adresse le plus souvent à des personnes déjà formées aux rudiments des statistiques. Toutefois, il est indispensable, même pour le cartographe novice, de posséder les notions de bases ne serait ce que pour maîtriser un procédé constamment usité et fondamental lorsque l'on conçoit une carte d'analyse : le découpage en classes ou discrétisation.

1) La terminologie élémentaire de la statistique

- Une information est, d'un point de vue statistique, une série de correspondances entre des **individus** et des **attributs**.

- Les **individus** (ou unités statistiques) sont les objets, les éléments observés. Ils recouvrent des formes très diverses (personne, animal, objets inanimés) mais puisque, dans le cadre de cet ouvrage, nous raisonnons sur une information géographique, les individus sont des unités spatiales, c'est-à-dire des points où ont été observés et mesurés des faits géographiques : parcelles, communes, départements, régions, etc.
- L'ensemble des individus (ou unités spatiales en géographie) constitue une **population**.
- Les **attributs** sont des *valeurs* (ou *modalités*) décrivant un individu ; chaque individu pouvant être décrit par un ou plusieurs attributs.
- La liste des attributs constitue une **variable**. Il est commun d'utiliser comme synonyme de variable, le terme de **caractère** (J. Bertin dans son ouvrage Sémiologie Graphique qualifie les attributs et individus de *composantes* d'une information).
- Un couple individu-attribut forme une **observation**.
- Si un individu est décrit par plusieurs attributs, on obtient une liste de variables.

Variables

	Effectifs des collectivités en 1990 (équivalent temps complet)	Nombre d'agents pour 1000 habitants
Alsace	24736	15,2
Aquitaine	53400	19,1
Auvergne	21559	16,3
Bourgogne	27269	16,9
Bretagne	45681	16,3
Centre	41864	17,7
Champagne-Ardenne	21428	15,9
Corse	5792	23,1
Franche-Comté	18295	16,7
Ile-de-France	262859	24,7
Languedoc-Roussillon	38898	18,4
Limousin	12691	17,6
Lorraine	34121	14,8
Midi-Pyrénées	44886	18,5
Nord-Pas-de-Calais	65321	16,5
Basse-Normandie	23278	16,7
Haute-Normandie	32962	19,0
Pays de la Loire	49981	16,3
Picardie	28400	15,7
Poitou-Charentes	28887	18,1
Provence-Alpes-Côte-d'Azur	99667	23,4
Rhône-Alpes	92706	17,3

Source : INSEE

- Conventionnellement, l'information est présentée sous forme de tableau : les individus (dans notre cas, les unités spatiales) remplissent la première colonne tandis que les attributs forment les autres colonnes. Cette présentation en tableau

implique une double lecture : *géographique* (lecture horizontale) et *statistique* (lecture verticale).

2) Principes du découpage en classes.

□ Définition

Le *découpage en classes* est un procédé qui vise à transformer une série statistique brute en une série ordonnée divisée en classes. Cette opération est encore appelée discrétisation, dans la mesure où elle consiste à rendre discrète, c'est-à-dire discontinue, une série mesurée d'abord sur une échelle continue de valeurs.

Il est en effet impossible, d'un point de vue cartographique, de garder telle quelle une série statistique, car cela reviendrait à cartographier toutes les valeurs, chose rendue inconcevable par les règles de la perception visuelle qui exige, on le sait, visibilité et clarté.

□ Présentation des classes dans la légende

- Dans un souci de clarté et de simplicité, le nombre de classes varie généralement de 4 à 7. Si l'objet de la carte n'est pas d'exprimer une distribution mais juste d'observer la progression comme dans les cartes de diffusion, alors le nombre de classes n'est pas limité.
- Les classes sont identifiées par leurs limites (ou bornes). Dans la légende, elles sont insérées à côté des caissons* ou des signes.

Deux types de présentation sont possibles :

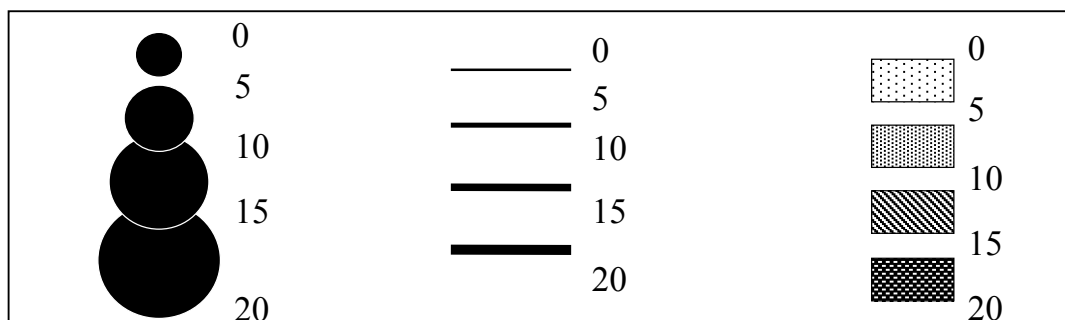
- on écrit à côté de chaque signe ou caisson les valeurs de la borne inférieure et de la borne supérieure,

		Présentation fiable mais rigide car mathématique				
●	—	De 0 à 5	0 à 5	0 - 5	< 5	[0 - 5[✓
●	—	de 5 à 10	ou 5 à 10	ou 5 - 10	ou 5 à 10	ou [5 - 10[
●	—	de 10 à 15	10 à 15	10 - 15	10 à 15	[10 - 15[
●	—	de 15 à 20	15 à 20	15 - 20	> 20	[15 - 20[

Le tiret peut être interprété comme le signe moins

Le premier crochet inclut, le deuxième exclut.

- on écrit les valeurs des bornes une fois seulement entre deux signes ou caissons successifs.



Conseils pour les limites de classes

□ Les limites de classes couvriront l'ensemble du domaine de la variation de la série statistique et ne laisseront pas des valeurs en dehors du champ couvert par les bornes des classes.

Par exemple :

0 à 5 7 à 10 12 à 20 22 à 30	NON	0 à 5 5 à 10 10 à 20 20 à 30	OUI
---------------------------------------	------------	---------------------------------------	------------

□ A l'inverse, une valeur n'appartiendra qu'à une seule classe : il n'y aura pas de recouvrement entre deux classes.

Par exemple :

0 à 5 5 à 15 12 à 20 18 à 30	NON	0 à 5 5 à 10 10 à 20 20 à 30	OUI
---------------------------------------	------------	---------------------------------------	------------

□ Enfin, les valeurs utilisées comme limites de classes devront être lues rapidement et facilement mémorisées. On préférera donc les nombres entiers, le cas échéant arrondis (50,2 □ 50 ou 2,9 □ 3) en évitant les décimales à plus d'un chiffre derrière la virgule ne servant strictement à rien sinon à compliquer la lecture de la carte.

3) Rappels de statistiques élémentaires : les principaux indicateurs

- Les principaux indicateurs utilisés dans le découpage en classes sont peu nombreux mais fondamentaux : il s'agit de la moyenne, de l'écart-type et dans une moindre mesure de la variance et de la médiane. Ces indicateurs ont deux utilités dominantes en cartographie :

- il est souhaitable pour le lecteur d'une carte d'analyse de disposer dans la légende d'un ordre de grandeur du phénomène représenté. Certes, les indications chiffrées situées à côté du caisson (cf. Ci-dessus) ou du symbole et résultant d'un traitement statistique de la part du cartographe, fournissent dans une certaine mesure cet ordre de grandeur mais ces chiffres sont rarement interprétables en eux-mêmes. Seule l'expérience du lecteur dans un domaine particulier, permet de juger, selon le contexte, si une moyenne de 200 habitants au km² est une densité faible ou élevée (aujourd'hui en France par exemple). Il est donc toujours profitable d'insérer en légende un ordre de grandeur se rapportant à *toute* la distribution statistique : par exemple, moyenne nationale ou écart-type.
- Plus encore que pour la lecture, ces paramètres sont fondamentaux pour la conception des cartes à base de données statistiques : la moyenne et l'écart-type régissent la plupart des méthodes de discrétisation. Même si les calculatrices programmables et les tableurs (pour la cartographie manuelle) et *a fortiori* le logiciel **Cartes & Données** calculent les indicateurs expliqués ci-dessous, cela ne dispense en rien le cartographe de connaître le contenu et les fonctions de ces indicateurs afin de jauger leur valeur et d'apprécier leur utilité dans tel ou tel contexte.

□ **La moyenne arithmétique (\bar{x})**

Le symbole \bar{x} se lit « *x barre* ».

C'est la valeur centrale la plus utilisée pour résumer une distribution. On l'obtient en effectuant la somme de toutes les valeurs de la série statistique et en divisant le résultat par le nombre d'observations.

$$\bar{X} = \frac{\sum (x_i)}{N}$$

Où
 x_i = attributs avec i variant de 1 à n
 N = nombre d'observations

□ **La variance (V)**

La variance est la moyenne arithmétique des carrés des écarts à la moyenne.

$$V = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N}$$

Où
 x_i = attributs avec i variant de 1 à n
 N = nombre d'observations

□ **L'écart type (σ)**

L'écart type est une mesure de la dispersion des valeurs par rapport à la moyenne (valeur moyenne). Il correspond à la racine carrée de la variance. Plus l'écart-type est élevé, plus les observations sont dispersées.

□

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

ou

$$\sigma = \sqrt{V}$$

Où

x_i = attributs avec i variant de 1 à n
 N = nombre d'observations

□ La médiane

- La médiane est la valeur qui se trouve au centre d'un ensemble de nombres. Elle partage la série en deux classes d'égal effectif. En d'autres termes, les valeurs appartenant à la première moitié de l'ensemble ont une valeur inférieure à la médiane tandis que celles appartenant à l'autre moitié ont une valeur supérieure à la médiane.
- D'une façon générale, on emploie la médiane comme valeur centrale pour caractériser une distribution dissymétrique dont la valeur moyenne est peu représentative.

Lors du calcul de la médiane, deux cas peuvent se présenter :

- *les observations ne sont pas groupées par classes.*

Dans ce cas, le calcul de la médiane est simple : on ordonne la série et on dénombre la moitié de l'effectif total N : la médiane correspond à l'élément médian de la distribution.

Par exemple,

- si l'effectif est impair :

quand le nombre d'observations (N) est impair, la médiane existe dans la série :

MEDIANE (1; 2; 3; 4; 5) égale 3.

MEDIANE (711; 851; 862; 912; 922) égale 862.

- Si l'effectif est pair :

quand le nombre d'observations (N) est pair, la médiane est la moyenne des deux valeurs centrales :

MEDIANE (1; 2; 3; 4; 5; 6) égale 3,5, la moyenne de 3 et 4.

- *Les observations sont groupées par classes.*

- On dénombre les effectifs par classes,
- on cumule les effectifs n_i des classes,
- on divise par deux le nombre cumulé,
- on repère la classe qui possède l'élément médian, la médiane est la moyenne des deux bornes de la classe.



L'exemple suivant mesure le produit des quatre taxes directes locales par région.

Produits des quatre taxes directes locales (en francs / habitant)	Nombre de régions n_i	Effectifs cumulés des régions
2888 - 3100	6	6
3100 - 3300	8	14
3300 - 3500	2	16
3500 - 3800	4	20
3800 - 4163	2	22

Source : Direction Générale des Impôts, Direction de la Comptabilité Publique (1989)

On dénombre les effectifs par classe

On cumule les effectifs.

Puisqu'il y a 22 régions, l'élément médian a le rang 11 (22/2). La valeur médiane se situe donc dans la deuxième classe : entre 3100 et 3300 francs. La médiane est donc égale à 3200 francs.

Donc, la moitié des régions ont une fiscalité locale inférieure à 3200 francs par habitants.

- Notons que la moyenne et la médiane informent souvent de manière très incomplète sur l'ordre de grandeur d'une série statistique. Par exemple, nous avons deux séries statistiques :

Série 1	95	97	100	103	105
Série 2	50	75	100	125	150

Ces deux séries statistiques ont certes la même moyenne ($\bar{x} = 100$) et la même médiane ($M=100$) mais la seconde série est beaucoup plus dispersée.

D'où l'intérêt de l'écart-type qui permet de connaître la dispersion des deux séries :

pour la série 1 : $\sigma = 4,1$

pour la série 2 : $\sigma = 39,5$

4) Les méthodes de discrétisation

- Il existe plusieurs techniques de discrétisation. Certaines sont *spontanées*, *empiriques* et donc apparemment pratiques. Elles sont cependant hasardeuses, car elles ne conservent pas ou peu l'information apportée par les données. D'autres, *rationnelles*, s'appuient sur les mathématiques et ont pour objectifs de préserver l'ordre de grandeur du phénomène représenté, la forme de la distribution, sa dispersion et l'existence éventuelle de cas particuliers. **Cartes & Données** offre des outils d'aide à la discrétisation et de visualisation des résultats très performants mais préserve la liberté de l'utilisateur quant au choix de

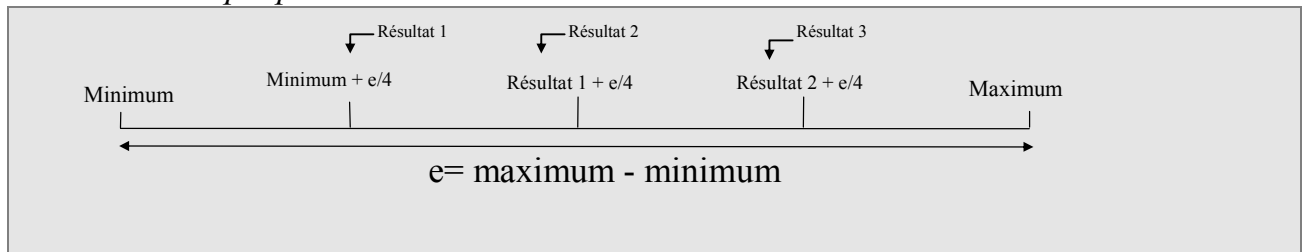
la méthode. Sont présentées ici les méthodes les plus répandues, faciles à utiliser et couvrant largement les exigences des cartographes spécialistes ou non.

□ **1^{ère} méthode (à éviter) : découpage à l'estime**

- Cette méthode, certes très commode et rapide, n'est viable qu'avec les séries statistiques simples comportant peu de valeurs. Avec cette méthode, il s'agit de découper la série statistique en repérant les ruptures dans la variation. Chaque rupture marquera le début et la fin d'une classe.
- Cette méthode n'est pas très sûre mais nécessite pourtant un entraînement soutenu dans la lecture des tableaux statistiques. Plus grave, elle engendre des erreurs quant au découpage : il arrive que des classes soient vides ou au contraire trop pleines par exemple. On privilégiera les méthodes suivantes, non seulement plus fiables mais également très simples à mettre en œuvre.

□ **2^{ème} méthode : discrétisation en classes d'amplitudes égales**

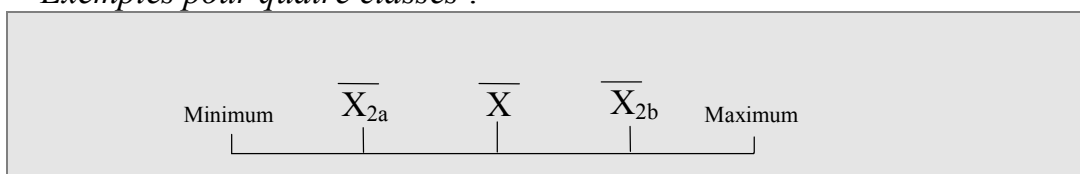
- Cette méthode consiste à réaliser des classes de même étendue. Pour cela, il faut calculer l'écart entre le maximum et le minimum (e) puis diviser cet écart par le nombre de classes souhaité. On ajoute ensuite le résultat au minimum puis on continue jusqu'à ce que l'on atteigne le maximum.
- *Exemple pour 4 classes :*



- Pour rendre la lecture de la légende plus aisée, on peut arrondir l'amplitude et affecter également à la première borne une valeur arrondie.
- La méthode de représentation par classes d'amplitudes égales a l'intérêt d'être vite comprise dans son principe par le lecteur et d'être facile à réaliser.
- Cette méthode convient bien aux distributions uniformes mais est moins adaptée aux distributions asymétriques comportant peu de valeurs élevées par exemple. La carte serait dans ce cas couverte par des figurés clairs.

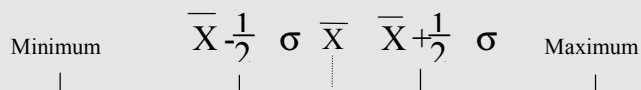
□ **3^{ème} méthode : discrétisation selon les moyennes emboîtées**

- La moyenne (\bar{x}) divise la série en deux groupes afin de construire deux classes. A leur tour, les moyennes de ces groupes, \bar{x}_{2a} et \bar{x}_{2b} , permettent un nouveau découpage en 4 classes, et ainsi de suite. De ce fait, le nombre de classes sera toujours avec cette méthode un multiple de 2.
- *Exemples pour quatre classes :*



- **4^{ème} méthode : discrétisation selon les quantiles**
 - Cette méthode consiste à réaliser des classes qui possèdent (si possible) le même nombre d'individus. Faire des classes d'effectifs égaux signifie cependant que l'on perde toute information relative à la forme statistique de la distribution.
 - La méthode est simple à appliquer :
 - on divise le nombre d'observations (N) par le nombre de classes désiré pour obtenir l'effectif de chaque classe.
 - On détermine ensuite les limites de chaque classe en comptant le nombre des unités géographiques dans la série ordonnée. Les limites de classes ainsi constituées s'appellent des quantiles : *quartiles* lorsqu'on a quatre classes (la médiane est alors une limite de classe) ($n/4, 2n/4, 3n/4$), *quintiles* s'il y en a cinq (la médiane est alors incluse dans la classe centrale), ($n/5, 2n/5, 3n/5, 4n/5$), *octiles* pour huit classes ($n/8, 2n/8... 7n/8$), *déciles* pour dix classes ($n/10, 2n/10, ... 9n/10$), etc.
- **5^{ème} méthode : discrétisation standardisée**
 - Cette méthode se réfère aux valeurs caractéristiques de la distribution - moyenne et écart-type - très intéressantes lorsqu'il s'agit d'effectuer des comparaisons entre cartes.
 - La moyenne est utilisée comme centre ou comme limite de classe et l'écart-type pour calculer l'amplitude des classes. Les classes ont l'amplitude d'un écart-type.
 - Si on choisit un nombre pair de classes, la moyenne apparaîtra comme borne de classe. Si le nombre de classes est impair, elle sera centre de classe.
 - Cette méthode est sans doute la plus performante de toutes les méthodes de discrétisation et est la plus employée en cartographie. Elle présente deux avantages majeurs :
 - elle produit des classes d'amplitude égale dont la mémorisation est facile et la logique de construction accessible même au lecteur non averti.
 - Elle a le gros avantage de permettre la comparaison entre cartes (construites évidemment selon la même méthode et avec le même nombre de classes).
 - *La manière de procéder est la suivante :*

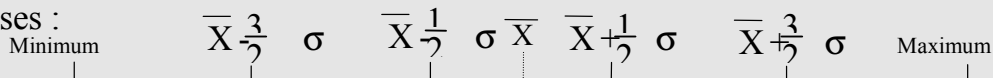
Pour 3 classes :



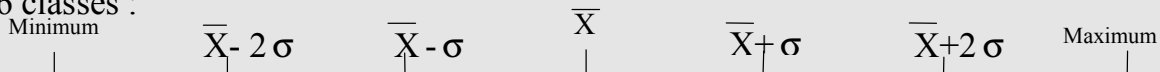
Pour 4 classes :



Pour 5 classes :



Pour 6 classes :



et ainsi de suite...



Conseils pour la discrétisation standardisée

- La discrétisation standardisée est d'autant plus fiable que la distribution statistique est normale (gaussienne).
- Les bornes de classes inscrites en légende doivent apparaître clairement (en chiffre) et non pas sous la forme « moyenne plus un écart-type ».
- Par contre, il est toujours intéressant de faire figurer en légende la moyenne et l'écart-type qui donneront au lecteur une information quant à l'ordre de grandeur et à la dispersion de la distribution.

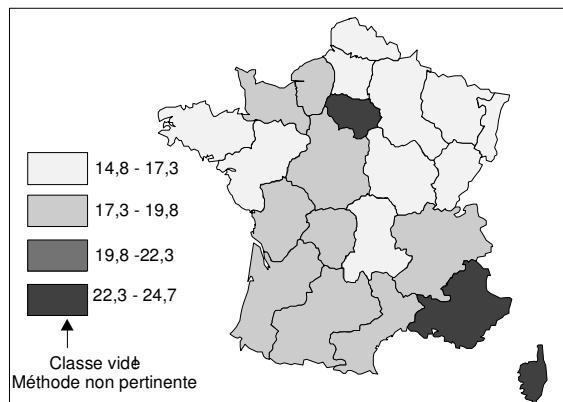
□ 6^{ème} méthode : discrétisation selon le relief de l'histogramme

• Démarche

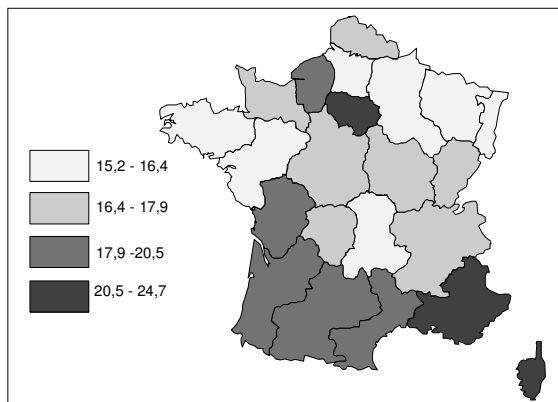
- On dresse un diagramme de type histogramme (diagramme en bâtons) sur lequel sont rangées toutes les valeurs de la distribution statistique. On représente les individus en abscisse et les valeurs en ordonnée.
- On effectue visuellement le découpage là où la série présente des sauts (ou seuils, ou paliers) de valeur.
- La méthode graphique est une méthode simple et permet d'individualiser rapidement chaque classe. Toutefois, elle présente quelques inconvénients qui la rendent dans bien des cas, peu pertinente.
 - En effet, les intervalles sont rarement distribués de telle manière à ce que les classes soient équilibrées. Le plus souvent, on est obligé de corriger cette méthode en réintroduisant d'autres coupures pour subdiviser une classe trop grande ou au contraire en regroupant des valeurs isolées qui engendreraient trop de classes peu représentées sur la carte.

- Enfin et surtout, la méthode graphique n'offre pas la possibilité de comparer plusieurs cartes, chacune étant construite à partir d'un modèle unique de série statistique.

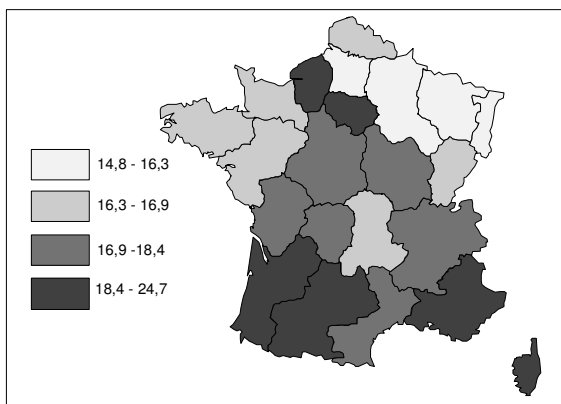
Exemples de discrétisations : 2^{ème} colonne du tableau (nombre d'agents pour 1000 habitants)



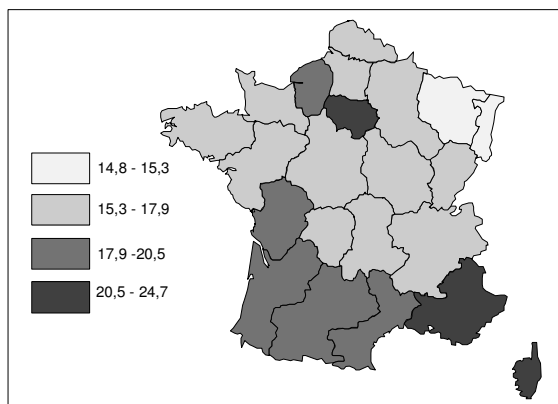
discrétisation en classes d'amplitude égale



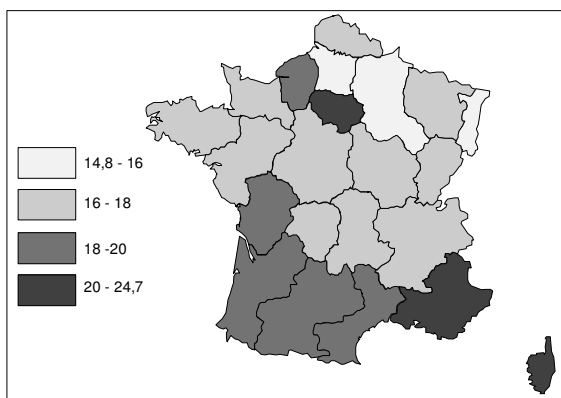
discrétisation selon les moyennes emboîtées



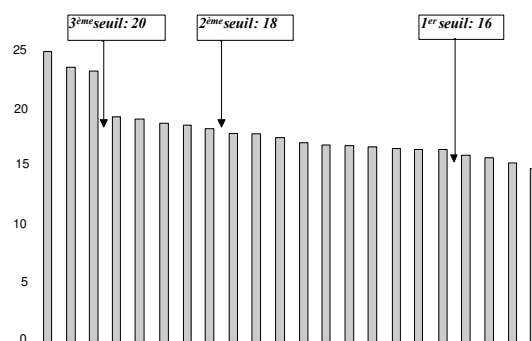
discrétisation selon les quantiles



discrétisations standardisée



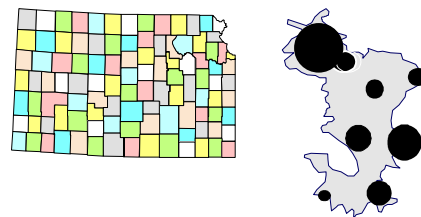
discrétisation selon le relief de l'histogramme



Quelques remarques

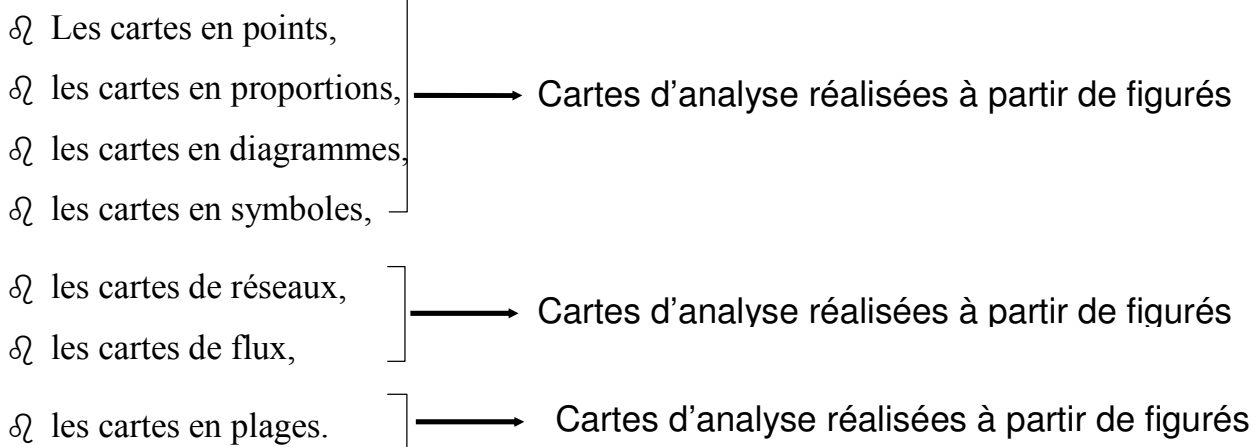
- Dans le détail, les résultats cartographiques diffèrent selon la méthode de discrétisation employée, preuve une fois de plus que c'est bien le cartographe qui décide avant tout du visage final de la carte.
- Les méthodes de discrétisation sont plus ou moins pertinentes selon le contenu et la forme de la série statistique à ordonner. Il suffit que l'écart-type soit plus important que la moyenne (série très dissymétrique comme c'est le cas pour le premier exercice) pour que la méthode de la discrétisation standardisée ne soit plus utilisable par exemple. De même, certaines méthodes engendrent parfois des classes vides ; il faut donc que le cartographe soit toujours vigilant même en cartographie par ordinateur.

IX Les cartes d'analyse



Les cartes d'analyse (ou cartes analytiques) sont des cartes à un thème : elles représentent l'extension et la répartition d'un phénomène donné dans le but de préciser ses rapports avec l'espace géographique. La variété des cartes d'analyse résulte de la diversité des thèmes cartographiables (climat, milieu naturel, risques naturels, agriculture, urbanisme, démographie...) qui n'ont en vérité que les limites de l'activité humaine.

On distingue ici les cartes d'analyse selon leur mode de construction basé sur les trois signes élémentaires du langage cartographique que sont le point, la ligne et la surface engendrant respectivement les figurés ponctuels, les figurés linéaires et les figurés zonaux. On différencie ainsi sept types de cartes d'analyse : chacun présente, outre une construction, des finalités spécifiques.



1) Les cartes en points

□ Principes et finalités

- Les cartes en points utilisent un figuré ponctuel simple, le point, afin de signaler la présence ou l'absence d'un objet : une mairie, un commerce, un service public, un site touristique, le représentant d'une espèce animale, etc.
- La variation en densité des points sur la carte indique la variation en densité de l'objet géographique représenté.
- Si la carte en points est bien conçue, l'œil perçoit immédiatement les différences de densités dans la distribution des points. Ce type de carte est utile si le nombre de points est suffisant : au-dessous d'un certain seuil, la carte en points n'est plus expressive.

- Le nom générique de *carte en points* n'interdit cependant pas le recours à d'autres formes géométriques : le carré, le losange ou le triangle sont également utilisables. Leur précision est cependant moindre que le point.
- **Réalisation graphique**
 - Sur une même carte, tous les points sont identiques : ils ont la même taille et la même valeur numérique.
 - Un point peut désigner deux choses :
 - on assigne à chaque point un seul objet géographique.
 - Chaque point correspond à une valeur numérique (plusieurs (*n*) objets géographiques) et on porte sur la carte autant de points que la valeur est contenue dans le nombre total.

Par exemple, si un point équivaut à *n* objets (cela peut être un point pour 100 000 habitants, pour cent têtes de bovins, pour dix cas de grippe, pour cinq impacts de foudre, pour trois cabines téléphoniques, etc.) et que *x* objets sont à représenter, il faut dessiner x/n points.

- La variation de la *structure interne* des points (couleurs opposables ou forme) permet d'exprimer la nature des objets géographiques (un point bleu pour une plage propre et un point noir pour une plage polluée par exemple).
- En intervenant sur la taille des points (un point pour 10 habitants et un plus gros pour 100 par exemple), on passe à un autre type de carte : la *carte en proportions* (cf. Ci-dessous).
- Si le cartographe différencie les points selon leur forme (un carré pour tel objet et un triangle pour un autre), il obtient une *carte en symboles* (cf. Ci-dessous).

2) Les cartes en proportions

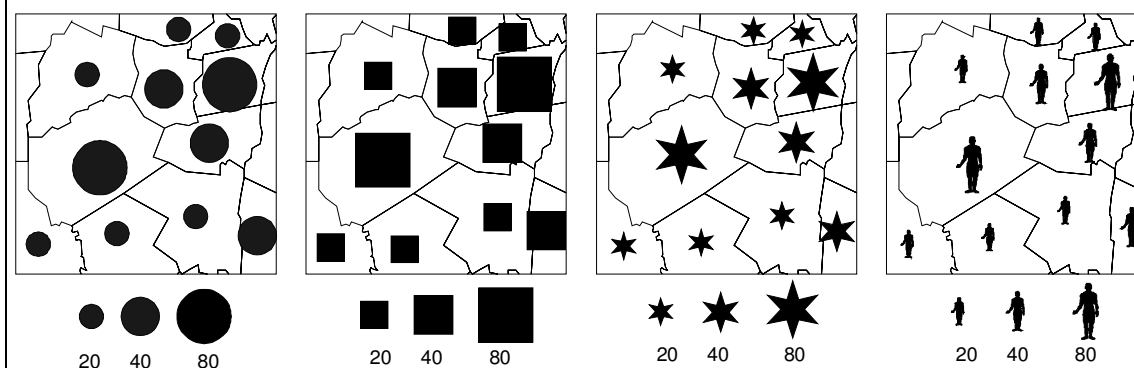
□ **Principes et finalités**

L'objectif des cartes en proportions est de visualiser les quantités en valeurs absolues des composantes d'un fait géographique grâce à la variation de la surface des symboles exprimant ces quantités.

□ **Conception**

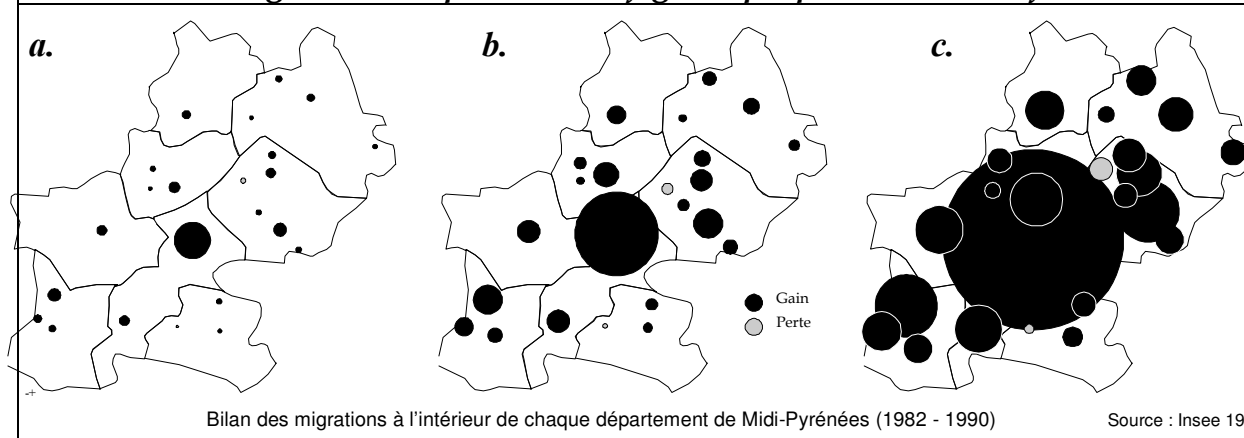
- La variable visuelle utilisée est la taille : la surface d'un figuré est proportionnelle aux quantités. Il faut donc invariablement utiliser, pour les carrés ou pour les cercles proportionnels, la racine carrée **du côté ou du rayon afin de maîtriser la proportionnalité des figurés.**
- Les proportions sont représentées soit par des figurés géométriques - les plus répandus sont le cercle, le carré et dans une moindre mesure, le rectangle, l'étoile, le losange... - soit par des figurés expressifs (appelés également figurines ou pictogrammes). Le cercle est non seulement la figure la plus facile à construire mais aussi la plus lisible. Il est en effet difficile de respecter la règle de proportionnalité avec des formes complexes qui, de plus, entravent une vision convenable de l'information portée par les symboles.

Représentations de quantités en valeurs absolues avec symboles géométriques et figuratifs



- Comment optimiser la relation entre les données statistiques et les figurés proportionnels ?
 - Le principe est simple : la surface des figurés doit conserver le rapport des quantités à représenter. Par exemple, si ces quantités sont de 10 et de 100 (rapport de 1 à 10) alors les figurés (cercles et carrés de préférence) devront avoir 1 et 10 millimètres de rayon ou de côté pour que leur surface conservent le rapport de 1 à 10.
 - *Cartes § Données* donne au processus de conception puis de réalisation des cartes en proportions une facilité et une rapidité très avantageuses mais il faut vérifier si le logiciel propose une solution graphique correcte.
- **Réalisation graphique**
 - Il faut adapter la taille des signes utilisés à l'échelle de la carte et par conséquent à la taille du fond de carte et/ou des circonscriptions.
 - Il faut éviter d'utiliser des figurés différents sur une même carte en proportions : l'œil perçoit difficilement les variations de taille d'un carré, d'un triangle ou d'un rectangle à la fois.

Figure 1 : adaptation des figurés proportionnels au fond de carte



De trop petits figurés proportionnels rendent difficile la perception et la différenciation des proportions (a.). A l'inverse, de trop grands figurés proportionnels nuisent à la clarté de la carte, car ils se chevauchent et occultent le fond de carte (c.). Seule la figure b. garantit une bonne lisibilité.

- Le diagramme semi-circulaire (demi-cercles affrontés)

Le cercle se divise en deux demi-cercles qui se font face. Ce type de diagramme convient lorsqu'on doit opposer deux phénomènes avec leurs variables, en particulier pour traiter des thèmes tels que : importation-exportation, achat-vente... Il est aussi utilisé pour exprimer l'évolution d'une même variable sur deux périodes (un demi-cercle bleu pour les diminutions, un demi-cercle rouge pour les augmentations par exemple).

3) Les cartes en diagrammes

□ Principes et finalités

- Un diagramme est un graphique en deux ou en trois dimensions qui renseigne sur la structure d'un phénomène.
Très souvent, la représentation de la structure est combinée avec celle de la masse. Certains diagrammes sont en outre capables de suggérer l'évolution temporelle d'un phénomène.

- Une carte en diagrammes est donc un fond de carte* sur lequel sont placés des diagrammes en implantation ponctuelle (structure de la population des grandes villes d'une région par exemple), en implantation linéaire (évolution du débit d'un cours d'eau par exemple) ou en implantation zonale (composition de la production agricole d'un département par exemple).

- Hors cartographie, les diagrammes sont constamment utilisés, car ils présentent théoriquement un moyen efficace de visualiser les données statistiques tout en facilitant leur interprétation. Comme la carte, le diagramme est une image qui offre l'opportunité de communiquer rapidement un message. Comme la carte, un diagramme doit respecter une grammaire visuelle et les données qu'il transcrit.

- En cartographie, aux particularités du diagramme s'ajoutent celles de la carte si bien que la formule de la carte en diagrammes cumule deux handicaps :

• Une carte en diagrammes n'est expressive que si les diagrammes sont suffisamment nombreux sinon la carte est inutile. Or, l'œil éprouve des difficultés à lire plusieurs diagrammes en même temps, à les comparer puis à dégager un quelconque message. De ce fait, la carte en diagrammes est définitivement plus proche de la *carte à lire* que de la *carte à voir*.

- La taille des diagrammes doit s'adapter au format et à la présentation du fond de carte. Il est rare d'obtenir une bonne adéquation entre le fond de carte et la disposition des diagrammes.

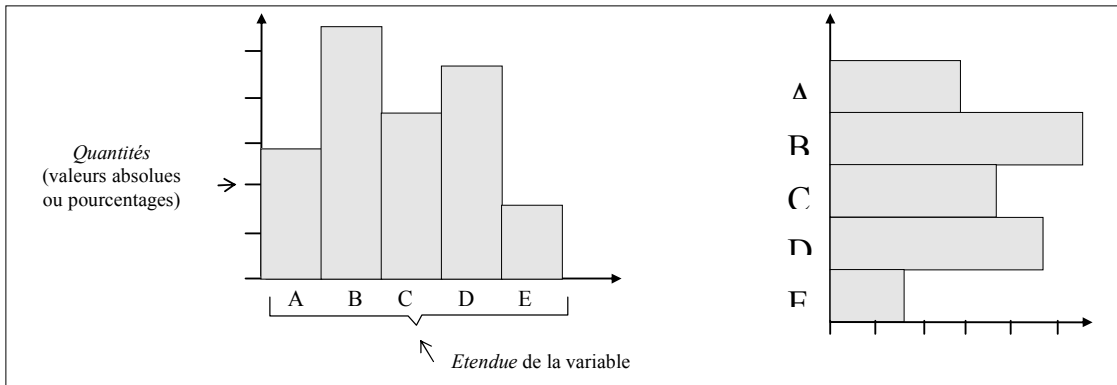
□ Réalisation graphique

Concrètement, il faut choisir le bon diagramme en fonction de l'objectif de la carte, des données à notre disposition et de l'information à visualiser.

- Pour exprimer une répartition

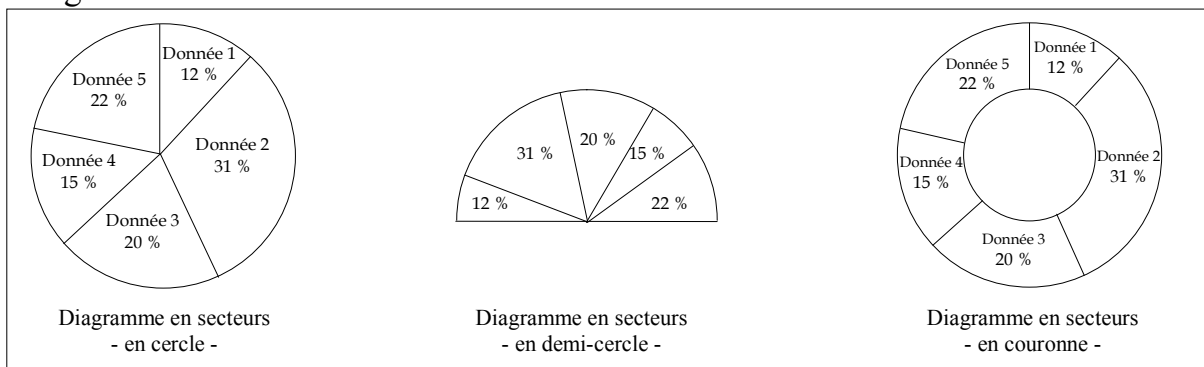
- Le *diagramme en barres* ou *histogramme* est construit à partir de deux axes orthogonaux (coordonnées cartésiennes). Sur un axe, figure la variable représentée, sur l'autre, l'échelle des valeurs (les quantités en valeurs absolues ou plus rarement en pourcentages le plus souvent représentées grâce aux diagrammes en secteurs). Le nombre d'individus est traduit par une barre (un rectangle) dont la surface est proportionnelle à ce nombre. Le sens du profil de construction des barres est horizontal ou vertical. La juxtaposition des barres forme l'histogramme. La configuration de l'axe de la variable diffère selon que l'étendue de la variable a été découpée en classes (une barre pour chaque classe) ou non (une barre pour un individu de la variable, une barre pour une année - cf. ci-dessous -, etc.).

Diagrammes en barres ou histogrammes



- Le *diagramme en secteurs*, appelé familièrement « camemberts » (*pie graph* en anglais), est un diagramme en forme de cercle fractionné en secteurs. La surface de chaque secteur est proportionnelle à une valeur numérique (le plus souvent donnée en pourcentage) appartenant à un ensemble. Trois présentations :
 - présentation en cercle qui se fragmente en secteurs dont l'angle est proportionnel au taux,
 - présentation en demi-cercle qui se fragmente en secteurs selon le même principe lorsque le cartographe doit confronter deux variables différentes par exemple (importation - exportation par exemple □ opposition de deux demi-cercles).
 - Présentation en anneau (ou couronne). C'est un sous-type du graphique en secteurs. Il peut contenir plusieurs séries de données mais les proportions sont plus difficilement lisibles.

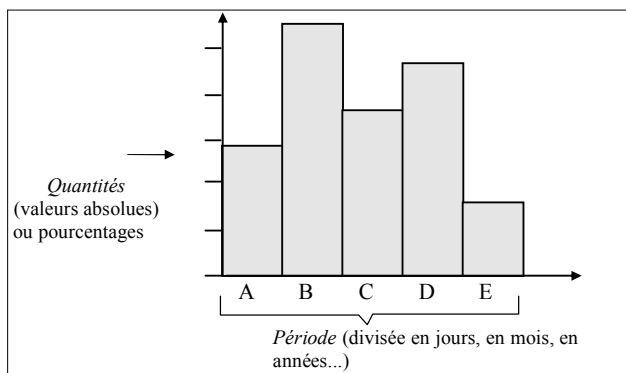
Diagrammes en secteurs



- Pour exprimer une évolution
 - le *diagramme en barre* ou *histogramme* (cf. construction plus haut)

D'après la hauteur des barres, on observe la variation quantitative d'une variable sur une période donnée divisée en jours, en mois ou en années.

Diagramme en barres
- ou histogramme -



4) Les cartes en symboles

□ Principes et finalités

- Le symbole est un signe n'ayant plus de rapport avec la forme réelle (la projection horizontale) de l'objet représenté. Deux types de symboles :
 - les symboles géométriques (cercles, carrés, triangles...),
 - les symboles figuratifs (ou expressifs, ou évocateurs) : un épi pour la culture du blé, un avion pour un aéroport, une cornue pour une usine chimique, etc.
- La carte en symboles a pour but de visualiser la présence ou l'absence d'objets localisés grâce à des symboles géométriques ou figuratifs. La variable visuelle utilisée est donc la forme et suggère une différence).
- Toutefois, au niveau de la lecture d'ensemble d'une carte en symboles, l'œil parvient mieux à distinguer la variation en densité des symboles que la variation en forme des symboles.
- Même si les cartes en symboles sont avant tout des cartes d'inventaire, les symboles sont un recours précieux pour les cartes de superposition (séance suivante) et dans tous les cas où le cartographe doit localiser de manière simple et rapide des objets géographiques divers.

- *Cartes & Données* simplifie beaucoup la réalisation des cartes en symboles, particulièrement des cartes en symboles expressifs. Il propose des bibliothèques de symboles et l'utilisateur peut en créer, les copier et les manipuler à l'infini.
 - Une certaine analogie unit les cartes en symboles et les cartes en diagrammes : elles ont toutes deux le vent en poupe notamment grâce à l'ordinateur mais leur intérêt cartographique est limité. De même que les cartes en diagrammes, les cartes en symboles n'offrent pas de contrastes assez appuyés pour suggérer des formes spatiales et aider l'analyse.
 - Les cartes en symboles figuratifs sont une solution séduisante pour les cartes publicitaires, les dépliants touristiques dont les objectifs sont entièrement tournés vers la communication et l'esthétique ou pour la presse qui doit distraire et « accrocher » le lecteur (magazines de voyage, rubriques touristiques par exemple). On les rencontre abondamment dans les atlas* pour enfants où les fonds de cartes sont encombrés par des dessins très réalistes qui captent l'attention de l'enfant mais dont l'intérêt et la précision géographiques sont parfois douteux.
- **Réalisation graphique**
- Les figurés géométriques répertorient des objets géographiques en les conceptualisant, c'est-à-dire en les représentant par une forme géométrique ou évocatrice. Les figurés expressifs ont une infinité de formes. Ils peuvent être dépouillés ou au contraire très achevés.
 - Le choix des figurés est en fait assez limité, car il faut les sélectionner avec soin. En effet, pour que la carte soit lisible, les formes des symboles doivent être très distinctes : une association cercle, carré, étoile et croix est ainsi moins efficace qu'une association cercle, étoile, triangle et rectangle.
 - Si on travaille en couleurs, on veillera à ce que les couleurs des figurés soient semblables ou opposables afin de ne pas suggérer une hiérarchie.
 - Pour garantir la clarté de la carte, il ne faut pas utiliser trop de symboles différents.
 - Les symboles expressifs, souvent trop compliqués, interdisent une bonne lecture des proportions : la variation de taille d'un cercle ou d'un carré est bien plus perceptible - c'est une question de lisibilité rétinienne - que celle d'un arbre ou d'une voiture.
 - Lorsque l'échelle le permet, il faut veiller à ne pas utiliser de symboles ponctuels pour des phénomènes zonaux. Cette confusion entraîne invariablement une carte à lire.

5) Les cartes de réseaux

□ **Principes et finalités**

- Un réseau est un ²ensemble de lignes ou de relations entre des points. Dans les faits, les réseaux ont des visages hétéroclites mais leur forme même dévoile très souvent les particularités générales de l'organisation d'un espace. On distingue les réseaux matériels et les réseaux immatériels.
 - Les réseaux matériels ont une assise concrète et tangible : l'ensemble des lignes de communication d'un territoire, d'une compagnie de transport - réseau aérien, routier, fluvial, ferré, réseau de la S.N.C.F. -, les VRD (voiries et réseaux divers) d'une commune, le réseau hydrographique, etc.
 - Les réseaux immatériels sont intangibles : réseaux de communication, urbains³, de services, des filiales d'une grande entreprise, etc.
- Un réseau est donc constitué de lignes et de points. Les points (ou noeuds) sont des lieux, des équipements, des infrastructures (villes, ports, stations de métro, centraux téléphoniques, concessionnaires...). Par exemple, pour un réseau aérien, les lignes sont les couloirs aériens et les points, les aéroports.
- Un réseau est hiérarchisé ou partiellement hiérarchisé si les relations entre deux lieux d'un même réseau ne sont pas directes mais passent par un noeud de rang supérieur : réseaux des grandes entreprises, réseaux de villes, etc. Dans un réseau centralisé (tel le réseau routier ou ferré français), les relations entre deux lieux passent par le centre du réseau.
- Les *cartes de réseaux* indiquent les *liaisons* et le *type de liaison* entre deux lieux.
- **Réalisation graphique**
 - Les cartes de réseaux utilisent des figurés linéaires pour exprimer les liaisons et des figurés ponctuels (symboles géométriques ou figuratifs, le nom du noeud) pour localiser les noeuds.
 - Les cartes de réseaux sont plus ou moins généralisées. En d'autres termes, soit le cartographe décide d'être le plus proche possible de la réalité du terrain en respectant les distances et les tracés des réseaux, les temps de parcours, soit au contraire, il préfère s'abstraire de la réalité sans respect des distances ou en *modélisant* la forme du réseau.
 - Outre la localisation des relations et des noeuds, le cartographe peut suggérer quatre choses sur une carte de réseaux :
 - un classement du réseau en jouant sur la taille (simplement indicative et non pas pour exprimer une quantité comme sur les cartes de flux), la couleur (le ton) ou la valeur des lignes : par exemple, route départementale, nationale, autoroute.
 - La nature du réseau afin d'exprimer une *différence* en variant la forme, la couleur des figurés linéaires: par exemple, relations privilégiées ou mauvaises relations, voies ferrées électriques ou non, etc.
 - Une différenciation des noeuds avec des signes géométriques, expressifs ou le nom du noeud.

² Réseau urbain : ensemble, généralement hiérarchisé, de villes d'importance variable unies par des liens d'ordre économique, administratif, culturel, etc.

Un classement des noeuds en fonction de leur importance.

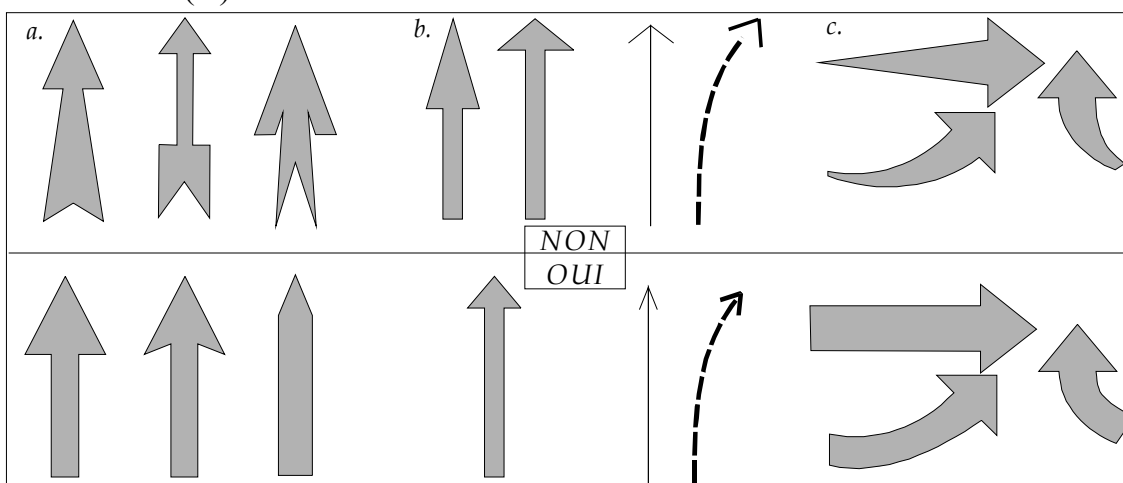
6) Les cartes de flux

□ Principes et finalités

- Un flux est la progression, la circulation d'un volume de biens ou de personnes.
 - Un flux a une origine, une destination, un trajet.
 - Si le flux emprunte un réseau matérialisable et identifié (routes, voies ferrées, routes aériennes, etc.), on dit que le flux est *matériel*.
 - Si on ne connaît du flux que son point de départ et d'arrivée sans identifier le réseau qu'il suit, le flux est considéré comme *immatériel* (flux de capitaux, d'informations, de populations, etc.).
- Une carte de flux visualise, comme la carte de réseaux, les liaisons entre un certain nombre de points mais aussi l'ampleur et l'inégalité de ces liaisons.

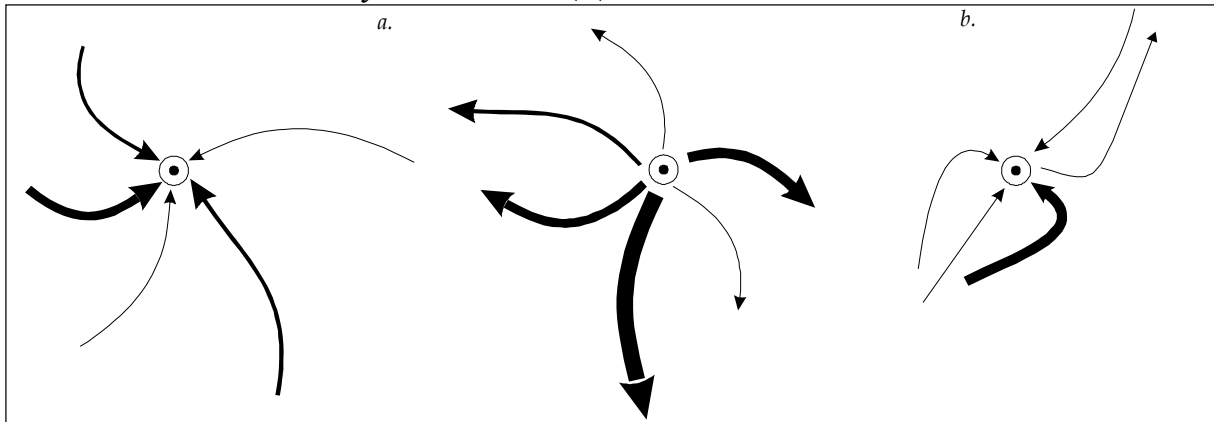
□ Réalisation graphique

- Un flux est cartographié par un figuré linéaire, généralement une flèche.
 - Des flèches simples et claires facilitent la lecture (a.). De ce fait, la tête des flèches doit être proportionnelle au corps des flèches (b.). Enfin, il faut éviter de biseauter le début du corps de la flèche afin d'obtenir une largeur constante (c.).



- Si le flux est exprimé en valeur absolue (ampleur du flux en milliers de tonnes, en nombre de véhicules, en millions de francs par exemple), le principe est le même que pour les figurés proportionnels des cartes en proportions : on joue sur *la superficie* du figuré. Une quantité trois fois plus importante qu'une autre est cartographiée par un trait trois fois plus épais. L'épaisseur est donc proportionnelle à l'ampleur du flux. Cependant, la multiplication des changements d'épaisseur peut nuire à la clarté de la lecture. Il est possible d'avoir recours à une mise en classes (5 ou 6 au maximum) : on perd de l'information mais le lecteur mémoriserait plus facilement la carte.

- S'il s'agit d'un taux (intensité des flux en nombre de véhicules par jour, en tonnes par jour par exemple), on fait varier la *valeur* ou l'intensité de la couleur du figuré.
- Il est possible également de combiner deux variables visuelles pour exprimer soit l'ampleur et la nature du flux soit l'intensité et la nature du flux.
- Quand deux flèches se croisent, le même principe que pour les figurés proportionnels est adopté : la flèche la plus fine a la priorité sur la flèche la plus épaisse.
- Lorsque plusieurs flux convergent vers un même lieu ou divergent d'un même lieu, on prend comme axe des flèches, les rayons d'un cercle imaginaire dont le centre est soit le point de départ, soit le point d'arrivée des flèches (a.). Dans la pratique, cette solution n'est pas toujours réalisable, car les flèches (les flux dans la réalité) s'organisent rarement régulièrement autour du point d'arrivée ou de départ. Dans ce cas, les flèches sont coudées de telle manière à ce que soit les bases, soit les têtes de flèches s'organisent selon les rayons du cercle (b.).



- **Cartographie des flux matériels**

- Le figuré linéaire est centré sur le trajet du flux. La tête de la flèche ou une flèche dessinée parallèlement au figuré linéaire indique le sens du flux.
- Si le flux se divise en flux montant et en flux descendant entre deux points, on identifie ces deux flux soit en dessinant deux flèches en sens inverse, soit en accolant deux bandes.
- Un travail à petite échelle (une carte des flux migratoires à l'échelle d'un pays par exemple) exige une généralisation et donc une simplification des flux. Pour cela, on regroupe les points de départ et les points d'arrivée afin de limiter le nombre de flèches.

- **Cartographie des flux immatériels**

Les flux immatériels sont traités sans tenir compte des trajets réels tout en conservant l'origine et la destination.

7) Les cartes en plages

□ Principes et finalités

- Les cartes en plages sont à base de données numériques.
- Elles expriment graphiquement une variation ordonnée (un classement) par des plages zonales de couleurs ou tramées, ordonnées.
- Chaque plage recouvre une circonscription. Une circonscription est une division administrative d'un territoire.
 - En France, de nombreuses circonscriptions administratives se superposent : coexistent en effet l'Etat, la région, le département, la commune et les structures de coopérations intercommunales (S.I.V.U., S.I.V.O.M., S.I.E.P., districts, communautés de communes et les communautés urbaines) auxquels on doit ajouter les subdivisions administratives (arrondissements), électorales (cantons), statistiques (l'îlot I.N.S.E.E.) et toutes les circonscriptions spécifiques à une action, une administration ou une institution (circonscriptions académiques, diocèses, etc.).
 - Il faut noter qu'au 1^{er} janvier 1992, la France compte 36 763 communes (contre 32 000 pour l'Allemagne, l'Espagne et l'Italie réunies), 100 départements et 22 régions programmes (26 si on inclut la Guadeloupe, la Guyane, la Martinique et la Réunion). Le nombre des collectivités territoriales en France est supérieur à celui des autres états communautaires réunis.

□ Réalisation graphique

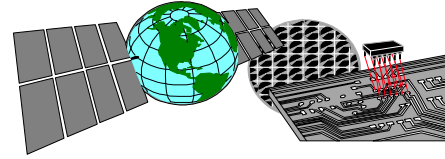
- Le fond de carte
 - Le nombre et la variété des circonscriptions en France et dans une moindre mesure dans les autres pays européens laisse au cartographe une grande liberté quant au choix du fond de carte. Néanmoins, la base du fond de carte doit être homogène, c'est-à-dire qu'il ne doit se fonder que sur une circonscription et non plusieurs en même temps.
 - Une valeur doit correspondre à une circonscription de base considérée comme uniforme.
 - Pour garantir cette uniformité, la carte en plage ne peut être utilisée que pour des phénomènes couvrant toute la surface des circonscriptions : par exemple taux de chômage, densité de population, pourcentage de familles nombreuses ou pourcentage d'emplois tertiaires.
 - Il ne faut pas trop appuyer graphiquement les contours des circonscriptions au risque de mettre en retrait le message et de nuire à la compréhension de la carte. Le compromis est de choisir un trait fin, noir ou gris afin d'identifier aisément les circonscriptions.
 - Si on dispose de données pour une circonscription, le fait de s'en servir à des niveaux plus détaillés est proscrit. Par exemple, on ne peut choisir comme circonscription de base, le département alors que l'on ne possède que des

données à l'échelle de la région. Le respect du lecteur doit aussi guider le travail du cartographe.

- Sur une carte en plage, un traitement des données par un découpage en classes de la série numérique est obligatoire selon les méthodes expliquées par ailleurs. Une valeur ou une couleur (considérée dans son intensité) correspond à une classe.

X Les autres formes de cartes

et les nouvelles cartes



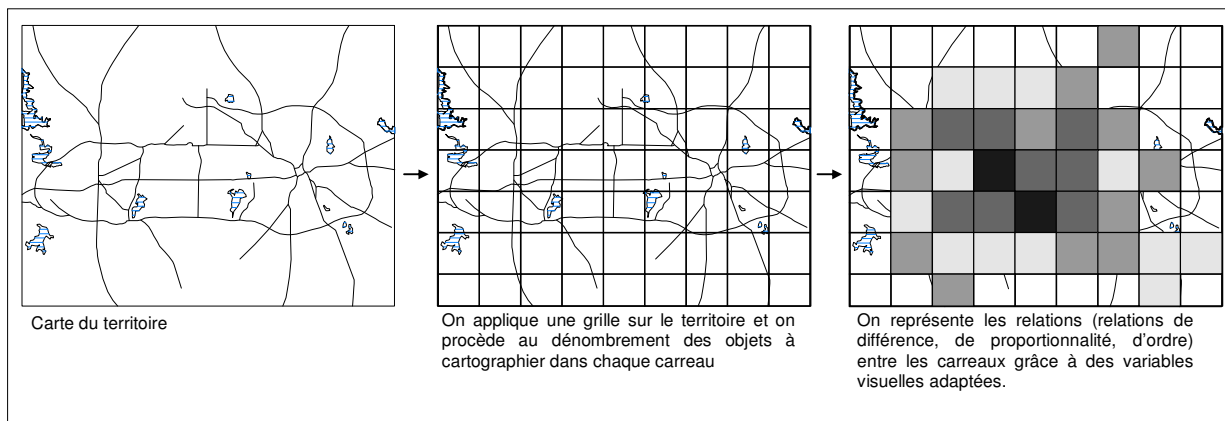
Les apports récents de l'informatique, des statistiques et de la conquête spatiale ont donné à la carte de nouveaux visages. Leur lecture et leur utilisation s'avèrent généralement passionnantes mais leur conception et leur réalisation sont encore réservées à des spécialistes (ingénieurs, géographes, statisticiens, démographes, ingénieurs cartographes, etc.) car la maîtrise de techniques et de matériels très pointus est indispensable.

Toutefois, une description même brève s'impose, car ces « nouvelles cartes » se répandent de plus en plus dans le monde des cartes thématiques. De plus, les fonctionnalités de *Cartes & Données* (notamment des versions *Médium* et *Plus*) font que ces cartes soient sinon réalisables, au moins utilisables par les cartographes occasionnels.

1) Les cartes en carroyage

□ Principes et finalités

- Les cartes en carroyage consistent à découper un espace en unités régulières appelées carreaux. Dans chaque carreau (de forme généralement carré et parfois rectangulaire voire hexagonale), on effectue un comptage de la variable retenue. On a donc une relation entre les carreaux et l'information géographique. Le comptage peut se faire soit par des relevés de terrain soit par des méthodes statistiques adaptées.



- Les cartes en carroyage, tout comme les cartes lissées, se libèrent des circonscriptions de base. Cela aboutit à une neutralité du découpage particulièrement intéressante en ce qui concerne les données naturelles pour lesquelles les limites administratives sont totalement artificielles. De plus, le découpage en carreaux présente des qualités de stabilité spatiale et temporelle que n'ont pas les zones administratives. En outre, l'expression cartographique est très simple lorsque l'on utilise la cartographie par ordinateur. Enfin, l'égalité des superficies des carreaux permet des comparaisons fiables et d'appliquer des tests statistiques non tronqués par l'hétérogénéité des circonscriptions de base.
- Toutefois, l'application d'une grille sur un territoire est un acte artificiel : un léger déplacement de la grille conduit à une variation parfois importante des comptages. Le problème majeur est le choix de la taille du carreau : plus les carreaux sont petits, plus l'information est précise mais l'analyse est plus difficile à réaliser. Le coût de l'information géographique augmente en même temps que le *pas* du carreau (un carré de 10 km de côté a un *pas* de 10 km) diminue.
- Les recensements des pays scandinaves et anglo-saxons sont accomplis selon le procédé du carroyage. En France, cette méthode reste encore confidentielle. Une partie du prochain recensement effectué par l'INSEE utilisera vraisemblablement le procédé du carroyage.
- Les cartes en carroyage, ainsi que les techniques cartographiques qui en découlent (lissage par exemple) sont parfaitement adaptées à la cartographie par ordinateur). Elles exigent un recueil des données très rigoureux et un maniement expérimenté des statistiques et de l'informatique. Un apprentissage spécifique est donc nécessaire.

2) Les anamorphoses

- Les anamorphoses sont des cartes dont les unités spatiales ont été déformées afin de traduire graphiquement un phénomène quantitatif dont la dimension spatiale n'apparaît plus. Ces cartes sont conçues de telle façon à ce que la forme originelle de l'espace étudié ne soit pas méconnaissable : le concepteur fixe ainsi un « seuil de reconnaissance ». Les anamorphoses sont élaborées de trois manières :
 - les unités spatiales (pays, régions, carreaux, etc.) sont transformées en polygones (généralement des rectangles ou des formes rectangulaires) dont la surface est proportionnelle à une quantité (population, Produit Intérieur Brut par exemple) qui leur a été attribuée. Les rectangles doivent rappeler la forme et surtout respecter la disposition des unités spatiales originelles : ces anamorphoses sont appelées « *anamorphoses simples* ».

- En partant du découpage zonal traditionnel (carte choroplèthe) et à partir d'un point d'origine, on fait subir des distorsions aux contours des unités spatiales grâce à une fonction mathématique : c'est une *anamorphose unipolaire*. Les localisations relatives changent et la déformation d'une unité spatiale se répercute sur les autres unités spatiales. Ce type d'anamorphose atteint rapidement la limite constituée par le découpage administratif.
 - Le troisième type d'anamorphose résulte de la technique du carroyage. A chaque circonscription sont affectées une, plusieurs ou des parties de carreaux. La contraction d'une partie du carroyage agit sur le reste du carroyage, car la nouvelle surface qui doit être attribuée à chaque carreau est calculée progressivement de telle manière à ce que la grille ne se rompe pas. Ces anamorphoses nommées *anamorphoses bipolaires* sont les plus efficaces pour exprimer des tendances spatiales
- **Avantages et contraintes**
- Si le premier type d'anamorphose est réalisable en cartographie manuelle, il n'en est pas de même pour les anamorphoses déformant les contours des unités géographiques et les localisations relatives. Celles-ci nécessitent l'usage de l'ordinateur et de logiciels adaptés dont les algorithmes dérivent de la mécanique des bétons ou des métaux, les matériaux étant appelés de même que les carreaux de la carte à résister à certaines pressions.
 - Les anamorphoses présentent l'avantage d'éliminer les liens de cause à effet existant entre la superficie des territoires et la variable étudiée.
 - Cependant, les distorsions engendrées par les anamorphoses réclament de la part du lecteur la connaissance de la forme originelle du territoire afin bien sûr qu'il puisse estimer et mesurer visuellement les déformations.
 - Qualité pour les uns, défaut pour les autres, les anamorphoses ne fournissent pas une lecture de détail de l'information géographique.
 - Les anamorphoses, de par leur aspect peu conventionnel, surprennent le lecteur. Par conséquent, elles facilitent la mémorisation des tendances spatiales du phénomène représenté.

3) Les cartes en trois dimensions

- Les cartes en « 3 D » ne sont pas en relief palpable : elles sont en fait en perspective. Aux deux dimensions x et y de la feuille s'ajoute la dimension z. Autrefois réalisées à la main pour représenter le relief, elles visualisent aujourd'hui des thèmes divers et non plus seulement concrets (cartes thématiques). Les méthodes ont en effet évolué : les cartes en « 3D » sont aujourd'hui le monopole de l'informatique, car ces cartes supposent des traitements de données très puissants et des représentations graphiques non moins complexes que seuls les ordinateurs peuvent réellement accomplir dans un laps de temps raisonnable.

- Le but de ces cartes est d'assimiler une donnée altimétrique (donnée « z ») à une variable quantitative quelconque. Le problème est l'adéquation des maillages administratifs à la mise en perspective, car les circonscriptions les plus étendues auront un volume supérieur à celui des petites circonscriptions. Cela aboutit généralement à des cartes peu claires. De ce fait, la solution du *carroyage* puis du passage à la troisième dimension est la plus souvent retenue.