

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Ziane Achour de Djelfa

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences de la Terre et de l'univers



Polycopié Pédagogique

Pour l'obtention de :

L'habilitation Universitaire

Spécialité:

Développement Rural Durable

Intitulé :

Techniques Cartographiques

Réalisé par : SEHL Boudjema.

Année Universitaire 2020-2021

TABLE DES MATIERES

PRESENTATION.....	6
Partie Cours	7
I. La Cartographie	8
II. Définitions et concepts	9
1. La carte	9
2. Les principaux types de cartes :	9
3. Les éléments constitutifs de la carte :	10
3.1. Le titre	10
3.2. La légende cartographique	10
3.3. Orientation	10
3.4. L'échelle	11
3.5. Le cadre	11
III. La construction du langage cartographique	12
III.1. Mode d'implantation des variables	12
• Le Point	12
• La ligne	15
• La zone	15
• Texture graphique	16
IV. Sémiologie Graphique	18
IV.1. Les concepts du langage graphique	18
a) Symbolique et signification :.....	18
b) Signification et différence :	18
c) Sémiologie et niveaux	18
d) Signification et compréhension	19
IV.2. La constitution du langage cartographique	20
1. Les variables visuelles	20

2.	Propriétés des variables visuelles	22
3.	La couleur	25
Partie Travaux Pratiques		34
Travaux Pratiques N° 01 :		35
I.	Projections cartographiques	35
	Types de projections.....	35
	Altérations dues aux projections	36
	Exemples de projections	36
	Projection conique	36
	La projection Lambert	36
	Projections cylindriques	36
	La projection U.T.M.	37
	Les principaux systèmes de projections utilisées dans le monde	38
II.	Conversion angulaire :.....	39
	Présentation des degrés sexagésimaux	39
	Transformation de degrés sexagésimaux en grades	39
Travaux Pratiques N° 02 :		41
I.	Analyse des données géographiques	41
	Notions de base pour décrire les données géographiques	42
Conclusion :		44
II.	Création du tableau de distribution statistique*	44
III.	Construction du diagramme de distribution*	44
Travaux Pratiques N° 03 :		46
I.	La proportionnalité	46
	Calcul des figurés proportionnels implantés ponctuellement	46
	Quand faire des classes de cercles proportionnels ?	48
	Abaque de Lenz-César.....	48

Programme

Domaine	:	Sciences de la Terre et de l'Univers
Filière	:	Géographie et aménagement du territoire
Semestre	:	Socle commun Semestre 1
Unité d'enseignement	:	UE Fondamentale
Code de l'Unité d'enseignement	:	UEF12
Intitulé de la Matière	:	Techniques cartographiques
Code de la matière	:	F122
Nombre de Crédits	:	4
Coefficient	:	2
<u>Volume horaire hebdomadaire</u>	:	
	Cours	: 01H30'
	TP	: 01H30'
	Totale	: 45H00
<u>Mode d'évaluation</u>	:	
	Contrôle continue	: Oui
	Examen	: Oui

Discription de la matière :

Il s'agit d'initier l'étudiant à lire l'information textuelle/statistique, à la représenter et à la visualiser par les différentes méthodes graphiques qui lui seront enseignées à travers cette matière.

Avant Propos

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.

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.

PARTIE COURS

I. LA CARTOGRAPHIE

La cartographie a pour but la conception, la préparation et la réalisation des cartes. Sa vocation est la représentation du monde sous une forme graphique et géométrique. En cela, elle répond à un besoin très ancien de l'humanité qui est de conserver la mémoire des lieux et des voies de communication ainsi que de leurs caractères utiles ou hostiles à l'activité des hommes.

D'abord stricte description de la Terre connue et des itinéraires maritimes ou terrestres parcourus par les militaires et les marchands, la cartographie s'est diversifiée avec le temps. Grâce à sa précision et à son efficacité, elle est devenue à partir du XVIIe siècle un instrument de connaissance et de puissance au service des États et un moyen de prévoir et de planifier l'action de l'homme sur le milieu.

L'objectif principal de la cartographie est 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.).

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.

II. DEFINITIONS ET CONCEPTS

1. 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 ».

Important

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 l'Algérie ou d'une région (Sahara).

Cinq grands principes dont les conséquences pratiques guident ou devraient guider le travail de tout cartographe :

- **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.

2. Les principaux types de cartes :

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 :

- **Cartes de base** : appelées également cartes générales ou encore cartes classiques, issues de la cartographie mathématique.
- **Cartes thématiques** : 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.

3. Les éléments constitutifs de la carte :

Qu'il s'agisse d'une carte de base ou d'une carte thématique, elle comporte cinq éléments indispensables à sa compréhension.

3.1. Le titre

a) *Titre de la carte*

Chaque document cartographique porte un titre, court mais précis, qui indique le problème traité et, le territoire concerné. Le titre est placé de préférence en haut et à gauche de la carte. Il est écrit de manière à être très lisible, en majuscules ou en caractères gras ou renforcés.

b) *Sources documentaires*

L'origine du document servant de fond à la carte doit impérativement être citée. Cette indication est distincte du titre. Elle se confond avec celle de l'auteur si le fond est original.

Quand le fond cartographique a été purement et simplement reproduit, on indique seulement son origine. S'il a été redessiné, on fait précéder cette indication de la mention : "Fond (établi par l').....d'après ... " .

c) *Origine des informations présentées :*

Il est tout aussi indispensable de fournir l'origine (nom de l'auteur, date, etc.) des informations reportées sur la carte quand celles-ci ne sont pas issues du Service.

3.2. La légende cartographique

Toutes les variations graphiques (symboles, lettres-code, trames, variation de traits, . . .) , employées sur une carte, doivent être explicitées par une légende. On adoptera pour sa rédaction un ordre logique, éventuellement une présentation en tableau. Cette légende doit se retrouver sur chaque document, même quand celui-ci fait partie d'une série utilisant les mêmes signes graphiques, de sorte que chaque carte puisse être extraite de sa série ou de son dossier sans que se posent de problèmes de compréhension.

3.3. Orientation

La direction du Nord est située de préférence vers le haut de la carte. Elle peut, pour des facilités de mise en pages, ne pas coïncider avec l'axe vertical de la feuille, mais elle doit tendre à faire avec lui un angle minimum.

Par exception on pourra respecter l'orientation de certaines cartes, dont le Nord n'est pas dirigé vers le haut du document, si cela permet de préserver l'horizontalité des écritures.

Remarque : On s'efforcera autant que possible de donner une même orientation à des cartes d'origine et d'orientation différentes quand elles se présentent dans le même document (mémoire de fin d'étude par exemple).

La direction du Nord est toujours indiquée par une flèche, la plus simple possible, placée de préférence dans la moitié haute de la feuille.

3.4. L'échelle

Chaque carte doit porter l'indication de son échelle réelle. Celle-ci peut être éventuellement différente de l'échelle originelle de la carte servant de fond cartographique. Cette dernière est notée en mode numérique, l'échelle effective de la carte est indiquée de manière graphique, c'est-à-dire par une barre d'échelle graduée, avec indications des longueurs équivalentes sur le terrain. Cette barre d'échelle permet, malgré les agrandissements ou les réductions opérées lors des reproductions, de garder une indication exacte du rapport d'échelle.

La barre d'échelle est placée de préférence dans le tiers inférieur de la carte.

Remarque : La barre d'échelle peut être utilisée pour faciliter les réductions ou les agrandissements photographiques à une échelle déterminée : on indique au photographe la longueur à laquelle elle doit être ramenée après tirage pour correspondre à l'échelle recherchée.

3.5. Le cadre

Il sert à "caler" la carte, à mieux équilibrer la composition d'ensemble du document. Il peut aider en particulier une carte de format réel trop petit à mieux occuper la surface disponible du support. En principe, le cadre est limite de la représentation, et le dessin du fond cartographique doit être prolongé jusqu'à lui, au-delà de la seule zone d'intérêt. Il est donc préférable de cadrer serrée sur cette dernière.

Le cadre doit être dessiné très simplement, par un trait fort ou un double trait fin. Son orthogonalité se vérifie par les diagonales.

III. LA CONSTRUCTION DU LANGAGE CARTOGRAPHIQUE

Avant d'entamer cette étude, quelques remarques générales s'imposent.

Pour qu'un message graphique ait une efficacité maximale, il est indispensable que chaque phénomène de la carte soit aisément différencié par une symbolique originale.

Si l'étude d'un symbole passe obligatoirement par l'application des règles du langage graphique, elle devra également tenir compte de sa valeur relationnelle avec les autres signes.

Le meilleur signe sera toujours celui que l'ensemble des usagers interprétera de façon identique sans avoir à se reporter à la légende. Par conséquent, réduire au minimum le nombre de conventions préalables à la lecture de la carte, c'est-à-dire la légende.

III.1. Mode d'implantation des variables

Les descripteurs géométriques des objets auxquels les variables s'appliquent se limitent à trois.

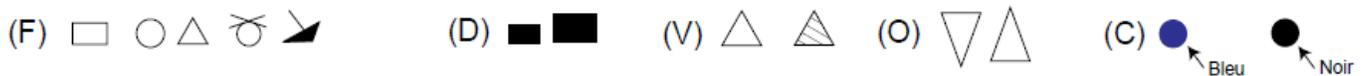
- **Le Point**

C'est une abstraction, un lieu du plan sans surface. Pour être visible, il aura nécessairement une certaine emprise purement conventionnelle, et seul son centre aura une signification positionnelle.

C'est l'élément de la « fixité » par excellence mais aussi de l'isolement. Le point demeure sans relation graphique, ni avec la surface qui le supporte, ni avec ses congénères. La signification qu'on lui attribuera ne concerne que lui.

Ces caractéristiques originales lui permettent d'exprimer sans ambiguïté une notion de quantité en un lieu donné en jouant sur la taille.

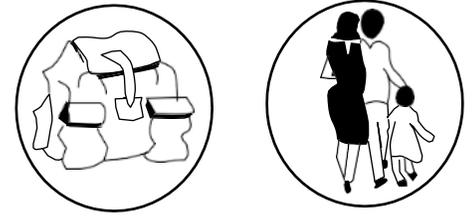
En cartographie, tout graphisme compact, isolé et de petite taille est considéré comme ponctuel. On lui applique les variables visuelles :



La symbolique ponctuelle peut être **figurative**, **évocatrice** ou purement **conventionnelle**

Le symbole figuratif

Plus ou moins stylisé, il occupera une surface assez importante capable de traduire suffisamment de détails pour rendre le sujet reconnaissable (représentation de monuments sur une carte touristique à moyenne échelle par exemple).



Conséquences : une identification aisée, mais un encombrement important et une localisation approximative qui en limiteront l'usage.

Le symbole évocateur

C'est l'idéogramme. Il a l'avantage de la simplicité, donc moins encombrant et fortement suggestif.

C'est la solution la plus efficace car elle évite au lecteur de se reporter à la légende.

Cependant, souvenons-nous que toute image graphique véhicule, pour chaque lecteur, certaines connotations personnelles que le concepteur peut ne pas avoir soupçonnées.

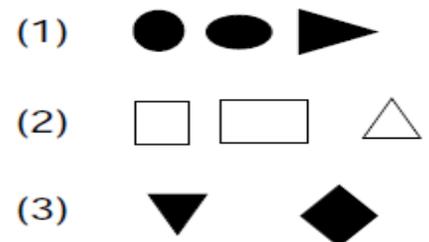


Il faut donc s'assurer au préalable, que le symbole ait pour tous le même sens. Pour cela, le testez sur différents lecteurs en prenant en compte le contexte culturel national.

Le symbole conventionnel

C'est une figuration quelconque à laquelle on attribue une signification arbitraire. Ce type de représentation a l'avantage de pouvoir s'appliquer à n'importe quel concept mais oblige toujours à se référer à la légende.

- Jouer de la simplicité des formes, de préférence géométriques, facilement mémorisables et qui n'engageront pas le lecteur dans de vaines spéculations sémiologiques.
- Tenir compte des propriétés fondamentales des formes géométriques :
- Le mouvement est traduit par le cercle ou par le triangle asymétrique orienté (assimilé à la flèche). (1)
- La stabilité par des formes basées, posées (2)
- L'instabilité par des formes aiguës en équilibre sur une pointe (3). Le respect de ces propriétés n'a rien d'impératif, elles ne sont qu'un critère de choix parmi d'autres.



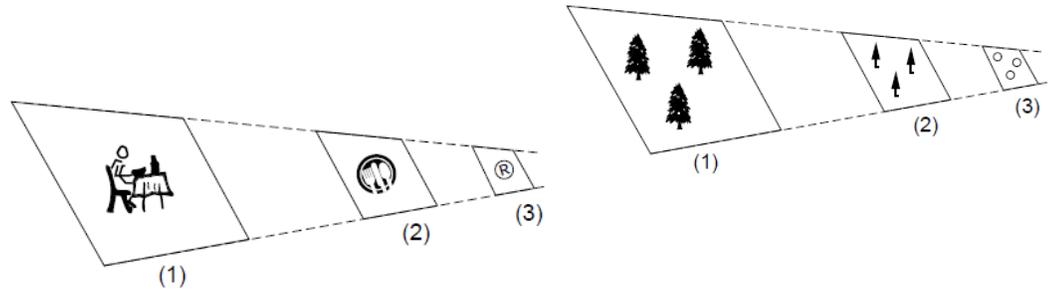
Veiller à la compatibilité du symbole (taille et forme) avec tous les objets susceptibles de juxtaposition (alignement peu cohérent de petits ronds de carrés moyens et de gros triangles) ou de contiguïté (placement de triangles sur un réseau routier)



Penser à la possible désorientation du symbole lors de sa mise en place topographique, sa signification ne devant pas en être altérée.

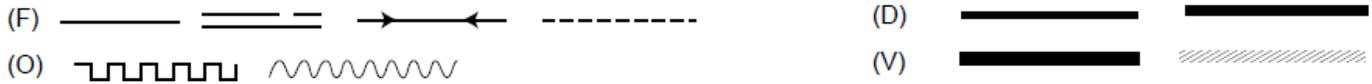
Les 3 états du graphisme :

- 1) *Figuratif*,
- 2) *Évocateur*
- 3) *Conventionnel*



- **La ligne**

Lieu du plan qui peut être la limite entre deux surfaces ou la trace d'un élément spécifique d'un réseau. Sur la carte, les éléments linéaires sont multiples et variés, mais quel que soit l'encombrement du symbole, seul l'axe de la tâche visible a une signification positionnelle.



- Les lignes droites sont aisément assimilables aux créations humaines alors que les tracés sinueux s'apparentent généralement à des phénomènes naturels.
- Les lignes discontinues peuvent simplement signifier l'interruption provisoire du phénomène, posséder un caractère plus aléatoire que son homologue continu (route irrégulièrement entretenue), ou s'appliquer à des thèmes abstraits (limites administratives).

Il est essentiel d'assurer toujours une bonne différenciation entre les familles d'objets linéaires, souvent nombreux sur une carte.

- **La zone**

C'est une partie du plan limitée ou non par une ligne fermée (sémiologiquement parlant).

Comme déjà évoqué à propos de la forme, une zone peut être « creuse » ou pleine, dans le premier cas l'espace demeure disponible pour y introduire le graphisme de son choix, dans l'autre cas c'est la surface qui signifie la zone.

Les deux figurés peuvent cohabiter lorsque la tâche est également limitée par le trait. Cette redondance a pour effet de la mettre en valeur au détriment de la lisibilité globale si la carte contient d'autres objets linéaires, ce qui est souvent le cas. Il sera donc préférable de se dispenser de faire figurer les limites de zones si elles n'ont pas de signification particulière.

La zone aura une forme, une dimension, une orientation donnée qui la caractérisent

Les variables s'appliqueront à tous les points de la surface sous forme de couleurs homogènes (teinte à plat ou dégradée) ou d'éléments unitaires (texture) agencés de différentes façons (structure).

- **Texture graphique**

C'est la forme de l'élément graphique unitaire dont la répétition permettra de couvrir la zone. La constitution de ces éléments sera :

- Texture simple : forme élémentaire (1)



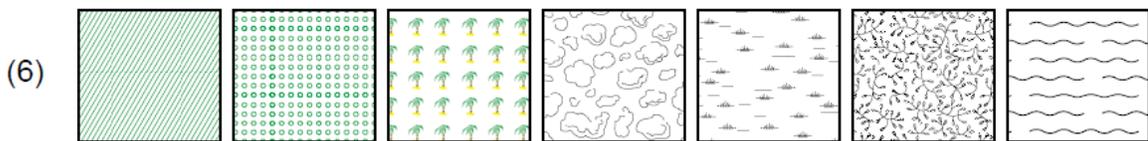
- Texture complexe : résultant de l'agencement de constituants élémentaires par :



Intersection (2), superposition (3), juxtaposition (4) de la création d'une forme originale (5).

Selon que la dimension de l'élément unitaire sera supérieure ou inférieure au seuil de perception, on distinguera :

- Texture apparente : dénommée « poncif » dans le jargon cartographique, dont les formes sont identifiables (parfois évocatrices) et varient à l'infini (6). Leur singularité permet de leur attribuer une signification particulière (poncif de « petits ronds » = verger, « petits poissons » = zone de pêche, par exemples).

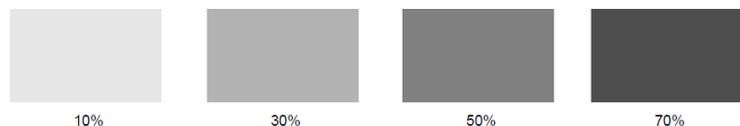


- Texture non visible appelée « trame »

La taille de l'élément unitaire ne sera pas visible ou trop peu pour qu'on puisse attribuer une signification à la texture.

Puisqu'imperceptible, la forme d'une texture tramée restera généralement simple, point ou ligne.

La différenciation tonale s'effectue en faisant varier la densité et / ou (légèrement) la taille de l'élément unitaire ce qui produira un effet de valeur.



• Structure graphique

C'est l'organisation des éléments unitaires entre eux.

- Structure aléatoire ou irrégulière

La disposition n'obéit à aucune loi géométrique simple (7).

- Structure géométrique

Les éléments sont organisés selon une périodicité prévisible caractérisée par :

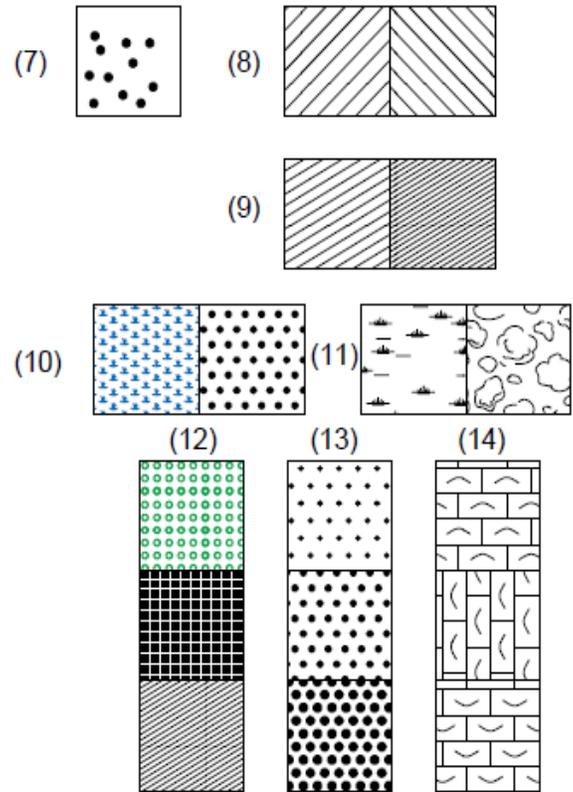
- Une orientation (8)
- Un pas : intervalle entre le centre ou l'axe des éléments (9) mesure en nombre de lignes par pouce (lpi)¹ ou points par pouce, en anglais dot per inch (dpi)².
- Structure homogène (10)

Constituée d'éléments graphiques de texture identique.

- Structure hétérogène (11)

Constituée d'éléments de textures différentes.

Quelques applications zonales des variables visuelles :
forme (12), dimension (13), orientation (14).



IV. SEMIOLOGIE GRAPHIQUE

La démarche sémiologique doit permettre une transmission correcte de l'information et aboutir à la création d'une image cartographique aisément accessible au lecteur.

Elle repose sur des règles de construction de la symbolique, c'est la sémiologie (étude des signes et de leur signification), elle s'appuie également sur une utilisation codifiée des écritures et sur des principes esthétiques généraux.

IV.1. Les concepts du langage graphique

Avant d'aborder l'étude des outils graphiques il est nécessaire d'analyser à la fois la démarche du cartographe et celle du lecteur.

a) Symbolique et signification :

Toute pratique est signifiante. Chaque élément graphique aura toujours une signification, soit parce que vous aurez sciemment fait en sorte qu'il soit le support de votre message, soit par sa seule présence qui imposera au lecteur d'interpréter le signe, même si aucune signification particulière ne lui a été attribuée par son créateur.

Aussi pour éviter que le lecteur ne laisse traîner son imagination au hasard d'une information graphique incertaine, retenez qu'**aucune symbolique n'est « insignifiante »**, bannissez à la fois les signes ambigus autant que le remplissage irraisonné sous prétexte que « cela fait joli dans le tableau ». Cependant, la mise en garde précédente ne doit surtout pas annihiler votre créativité.

b) Signification et différence :

Pour qu'il y ait un sens, c'est à dire matière à comprendre, il faut que la différence existe.

Les descripteurs géométriques et topologiques des objets sont basés sur la dualité, de même la symbolique attribuée à ces objets n'aura de valeur que dans la dualité : Traits larges ou étroits, taille petite ou grande, couleur sombre ou claire, chaude ou froide...

c) Sémiologie et niveaux

Dans le domaine de la symbolique graphique, on peut attribuer deux sens distincts au terme « niveau » :

- **Les paliers** : c'est à dire les niveaux successifs physiquement exprimés qui s'étendent entre les deux extrêmes d'un phénomène et au graphisme qui s'y rattache. Du trait large au trait fin ou du blanc au noir, existe la graduation des paliers intermédiaires qui traduiront toutes les nuances de la différence et en moduleront le sens.

- **Les niveaux** : caractérisent, à proprement parler, l'importance relative que l'on veut attribuer aux phénomènes entre eux.

d) Signification et compréhension

Seule la méthode de perception de l'utilisateur permettra d'éclairer les choix du concepteur. Cette démarche revêt un double aspect :

- D'une part, ne pouvant à la lecture dissocier totalement le fond de la forme (puisque le fond s'exprime au travers de la forme et que seule cette dernière est immédiatement perceptible) l'utilisateur est amené à décoder la carte en appliquant une démarche récurrente qui fait appel à sa capacité à interpréter la symbolique proposée en fonction de ses connaissances.
- D'autre part, à partir du contexte spatial fixé par la symbolique et au-delà de la lecture initiale, le lecteur va ensuite découvrir les relations spatiales, les interactions induites par la juxtaposition des phénomènes (fond et forme confondus) et cette interprétation au deuxième degré.

Exemple : Pourquoi traduire les deux zones délimitant les niveaux de nuisance sonore d'un aéroport par deux symboliques incohérentes. Le niveau le plus faible par un palier de valeur de gris et le plus fort en lui surimposant un poncif « herbu » ? le lecteur aura quelques raisons d'être perplexe sur la finalité de ce tapis végétal incongru (non convenable) !

Les difficultés entre signifiant et signifié évoquées ci-dessus, inhérentes à toute forme de communication visuelle seront déjà atténuées si le lecteur pénètre dans l'espace graphique à son insu. Pour y parvenir, le cartographe devra, tout au long du processus d'élaboration du produit se référer à ce principe :

« Ce n'est pas à l'utilisateur à faire l'effort de compréhension, c'est au concepteur, puisqu'il est à l'origine de la démarche, de faire l'effort de créativité nécessaire afin de transmettre un message clair plutôt qu'un rébus cartographique ».

IV.2. La constitution du langage cartographique

Un objet géographique est d'abord défini par sa position, sa localisation (X, Y) dans le plan, preuve de son existence, mais pas de sa présence.

Sa matérialité n'est rendue possible que par l'intermédiaire d'un graphisme, c'est à dire d'une « tâche » visible, qu'il s'agisse d'un simple point ou d'un symbole.

Ce graphisme possède des caractéristiques fondamentales que l'on nomme « variables visuelles » (Bertin) et qui sont au nombre de 7.

De plus, chaque variable visuelle a une « longueur », qui est le nombre d'éléments distincts et non identiques que l'on peut créer à partir de cette variable et qui soient reconnaissables au sein d'une image complexe.

1. Les variables visuelles

La forme :

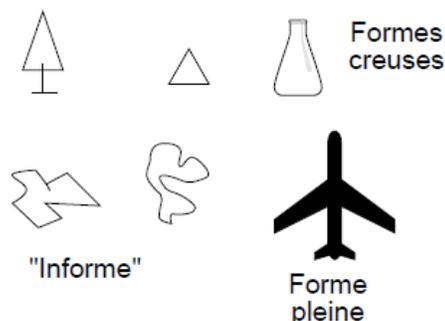
C'est l'enveloppe de l'objet, ou plus précisément dans le domaine qui nous concerne, le concept engendré par un espace limité par une ou plusieurs lignes.

On peut parler de forme « creuse » si elle n'est matérialisée que par son contour, elle aura l'avantage de laisser vide l'intérieur de la zone qui pourra alors contenir d'autres graphismes.

La ou les lignes qui constituent la forme peuvent être virtuelles lorsque la forme n'est signifiée que par une surface non bordée. La limite n'étant alors perceptible que par la différence de couleur ou de valeur avec les zones adjacentes. Nous verrons plus signification.

La forme peut être figurative (pictogramme), évocatrice (idéogramme), ou purement symbolique. Sa configuration peut être géométrique ou quelconque.

La création de formes n'a pour limite que l'imagination du créateur, on dit que cette variable a une longueur infinie



La

forme d'un objet n'a de valeur, pour nous, que dans la mesure où on pourra l'associer à un concept connu (soit par notre acquis soit à l'aide de la légende). Dans ce contexte le terme "informe" prend alors toute sa

- La dimension

Un même symbole peut avoir une taille allant du plus petit (seuil de perception de l'œil) au plus grand (encombrement maximal acceptable pour la carte considérée).

La longueur infinie de la variable dimension est donc toute théorique, elle est bornée par les deux contraintes ci-dessus énoncées.

La taille n'est pas forcément assujettie à la dimension de l'objet qu'elle représente, mais, selon l'objectif de la carte, à l'importance que l'on désire attribuer au message.

- L'orientation

C'est la direction du symbole par rapport aux directions de base de la carte, les bords verticaux et horizontaux du cadre. En l'occurrence, la direction du nord n'est pas une référence sémiologique mais uniquement géographique.

Dans une image complexe, l'œil ne peut discerner sans erreur que les quatre directions principales : les deux axes de la carte et deux obliques opposées (pas forcément les diagonales), il n'est pas raisonnable d'infliger au lecteur de multiples et subtiles différences d'orientation qu'il devra vérifier en légende. Quatre sera donc la longueur de cette variable.

- La couleur

Sensation physiologique résultant de l'ensemble des radiations lumineuses perçue par l'œil. Bleu outremer, vert émeraude, jaune citron, ocre jaune, etc...

Bien que notre œil soit capable d'apprécier quelques milliers de nuances et que l'artiste puisse se permettre une infinité de coloris, la palette du cartographe sera réduite à ce que l'utilisateur est capable de différencier et surtout de mémoriser en fonction du contenu de la carte.

Une vingtaine de couleurs différentes semble être la limite de la variable.

Sans entrer dans l'étude de la couleur il est nécessaire de connaître la terminologie de base :

- Couleurs fondamentales (Bleu-Violet, Vert, Rouge « B, V, R »). Ce sont les 3 lumières colorées à partir desquelles on peut reconstituer, par association, tous les autres flux colorés et la lumière blanche (synthèse additive).
- Couleurs primaires (Cyan, Magenta, Jaune « C, M, J »). Elles sont dites complémentaires des précédentes ($C = B + V$, $M = B + R$, $J = R + V$). Dans la pratique ce sont les couleurs des encres d'imprimerie permettant de reconstituer la plupart des autres couleurs (synthèse soustractive).

- La dynamique

Aujourd'hui, la création d'images sur écran permet de bénéficier d'une nouvelle variable, l'animation du graphisme. Elle est caractérisée par les différents modes de changements d'état d'un symbole en un temps donné :

- Le déplacement d'un objet ponctuel (par exemple, un mobile parcourant un axe) ou l'extension d'un phénomène linéaire (progression d'une pollution fluviale) ou zonal (extension d'un incendie).
- Le clignotement d'un symbole (apparition et disparition alternative de l'objet).
- La mutation d'un graphisme, remplacement d'un objet par un autre (au cours d'un clignotement, par exemple), ou modification progressive de son état (élargissement d'un trait, variation de valeur ou de teinte d'une zone colorée, en temps réel, en fonction des quantités exprimées).

Pour une image animée la vitesse ne s'étendra pas de zéro à l'infini, les seuils seront dictés par notre faculté de perception et de mémorisation du phénomène. Trop lente ou trop rapide l'animation ne sera pas perçue de façon significative. Cette vitesse devra également être adaptée à la taille, au contraste et à la durée du phénomène.

Enfin, on peut estimer à trois la longueur de cette variable, car il serait illusoire de suivre simultanément un nombre important de graphismes mobiles et d'interpréter correctement leurs messages.

- La structure

C'est l'organisation spatiale d'éléments unitaires (appelés texture, sans préjuger de la nature de celle-ci) servant à signifier une zone. En effet, pour qu'une zone soit caractérisée, sa surface doit être occupée par une symbolique donnée. Il peut s'agir, soit d'une teinte uniforme (ce qui ne pose évidemment pas de difficulté d'implantation), soit d'éléments distincts unitaires (ponctuels ou linéaires) qui devront être agencés d'une certaine manière, les types d'implantation définiront la structure :

- Géométrique si la périodicité est prévisible, ou aléatoire dans le cas contraire.
- Homogène ou hétérogène si les éléments de la texture ne sont pas tous identiques.

On peut considérer que la longueur de la variable est quatre.

Notons que cette variable n'est pas fondamentale dans la mesure où elle s'applique uniquement à une expression zonale à l'inverse des autres variables.

2. Propriétés des variables visuelles

Ce sont les quatre qualités informatives que peuvent posséder les éléments d'une même variable. Ces propriétés s'entendent en vision spontanée, sans référence nécessaire à une légende.

- Différenciation

Propriété de sélectivité qui permet d'identifier le caractère original d'un élément ou d'un groupe d'éléments parmi les autres.

Les sept variables ont toutes des propriétés différentielles.

Exemple :

- *Dimension* : Les gros et les petits points.
- *Couleur* : Le vert et le bleu.
- *Valeur* : Bleu clair ou bleu foncé.
- *Forme* : Rond ou carré.
- *Orientation* : Droit ou penché.
- *Structure* : Homogène ou hétérogène.
- *Dynamique* : Rapide ou lent.

- Ordre

La relation d'ordre est la faculté de pouvoir appréhender une hiérarchie sans ambiguïté.

Seules la dimension, la valeur et la dynamique sont ordonnées.

Exemple :

- *Dimension* : Les petits, les moyens et les gros triangles
- *Valeur* : Bleu clair, bleu moyen, bleu foncé
- *Dynamique* : Mouvement de plus en plus rapide

Je souligne qu'en cartographie la couleur n'est pas ordonnée. Sur quel critère visuel pourrait-on dire que le vert précède le bleu et suit le rouge ? Si les longueurs d'ondes sont la référence indispensable en colorimétrie pour définir et classer les couleurs, les longueurs d'ondes n'ont aucune correspondance directe avec nos sensations psychosensorielles.

- Quantité

Propriété qui permet d'apprécier, avec une certaine précision, la valeur de chaque élément par rapport aux autres ou la quantité absolue par rapport à une échelle de référence.

Seule la dimension est quantitative.

Exemple : Ce carré est le double de cet autre ou bien, en référence à un étalonnage stipulé en légende, ce cercle vaut 100 tonnes.

- Associativité

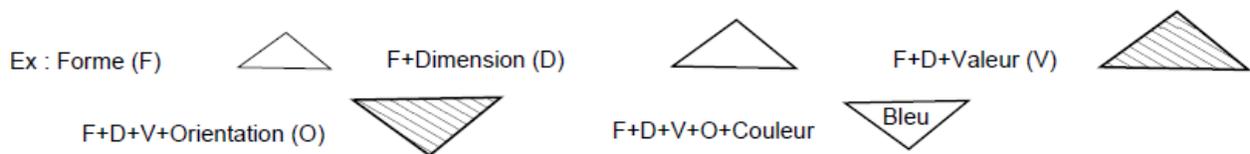
Faculté d'interpréter comme des phénomènes apparentés des éléments graphiques de nature différente. Cette assimilation est possible lorsque qu'ils ont en commun certaines propriétés. Sont associatives les variables suivantes :

- *Valeur* : Ce palier de vert a même intensité que ce palier de rouge.
- Couleurs de tonalités voisines : La gamme des rouges vermillon, pourpre, carmin... celle des verts.
- *Dynamique* : Tous les objets affectés d'un mouvement.
- *Forme*
 - Ponctuel : Petits triangles assimilables à de petits ronds)
 - Linéaire : Bâtonnets orientés différemment
 - Contour : Arrondis, anguleux ou allongés.

- Combinaison des variables

Les sept variables peuvent se combiner entre elles.

L'association de variables ayant des propriétés identiques permet de renforcer le message. Ex : Dimension + Valeur renforcent les propriétés différentielles et ordonnées.



3. 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 leurs 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.

- *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 camaïeu (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 camaïeu), 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.

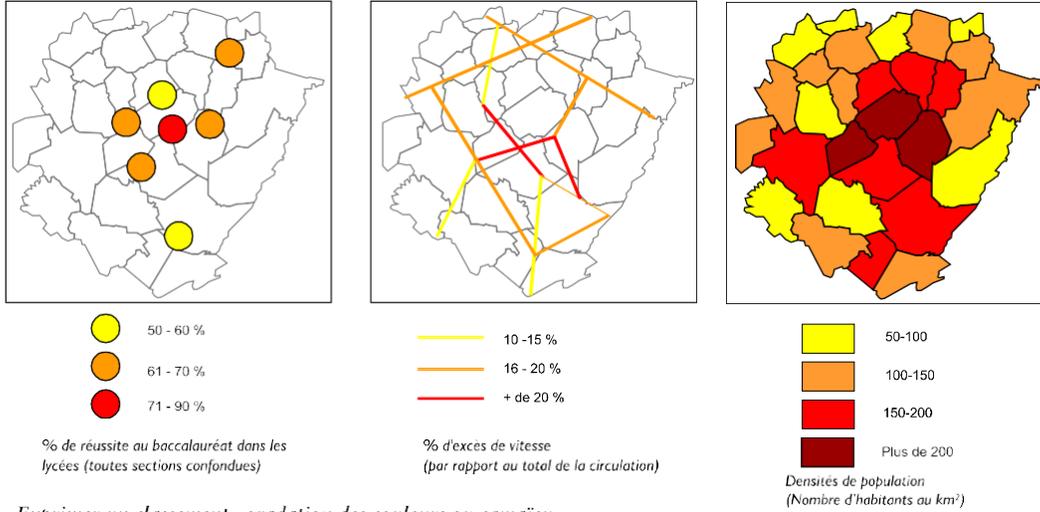
Certaines couleurs font paraître les figurés cartographiques plus massifs, ce sont le brun et le noir, d'autres donnent au figuré un aspect plus aérien, plus léger, ce sont les couleurs pastel qui ont des teintes claires, le bleu ciel par exemple. Le voisinage de la couleur influence beaucoup sa perception : 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.

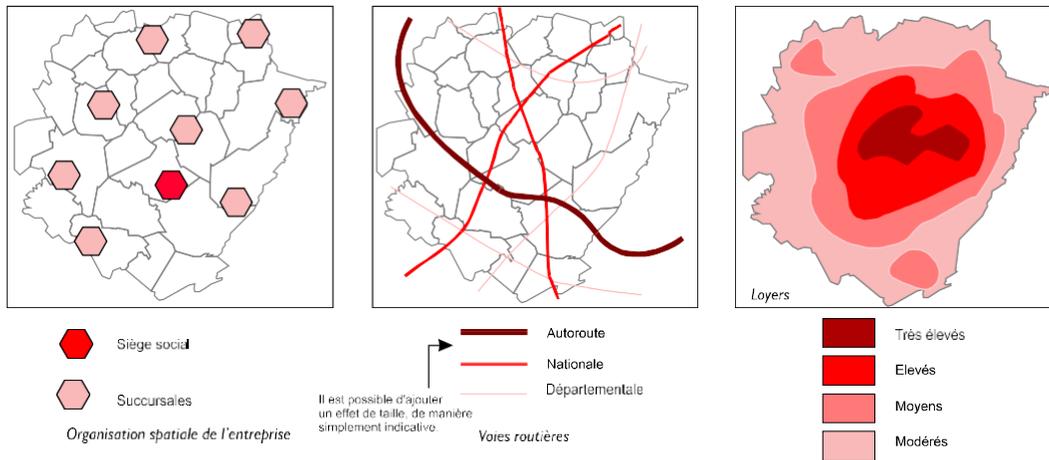
Avant de concevoir une carte en couleurs, il faut poser le problème de la reproduction : une photocopie noire et blanche d'un document couleur est souvent très décevante esthétiquement et « trahit » parfois le document

originel. En ce qui concerne les gradations de couleurs du clair au saturé et le camaïeu, 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

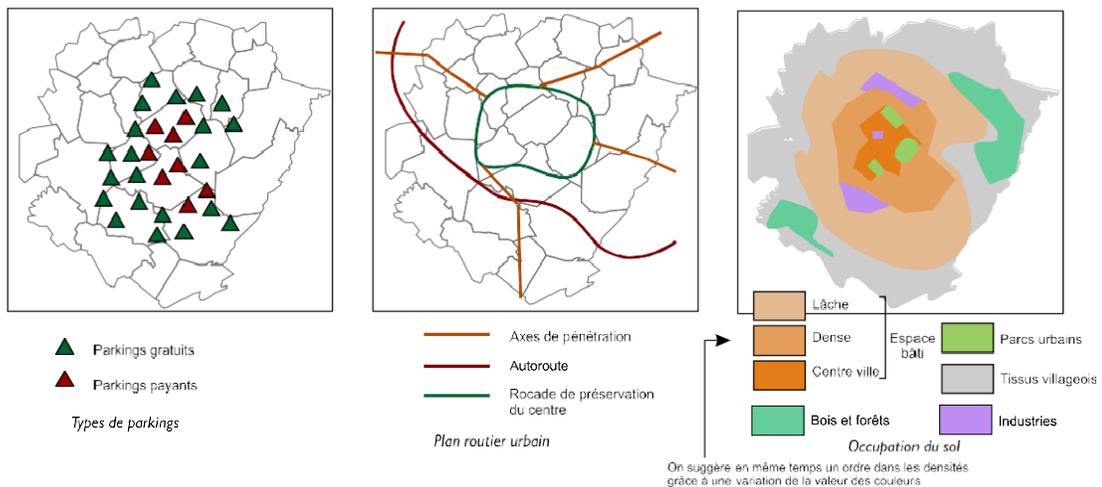
a. Exprimer des quantités (en taux) : gradation des couleurs ou camaïeu

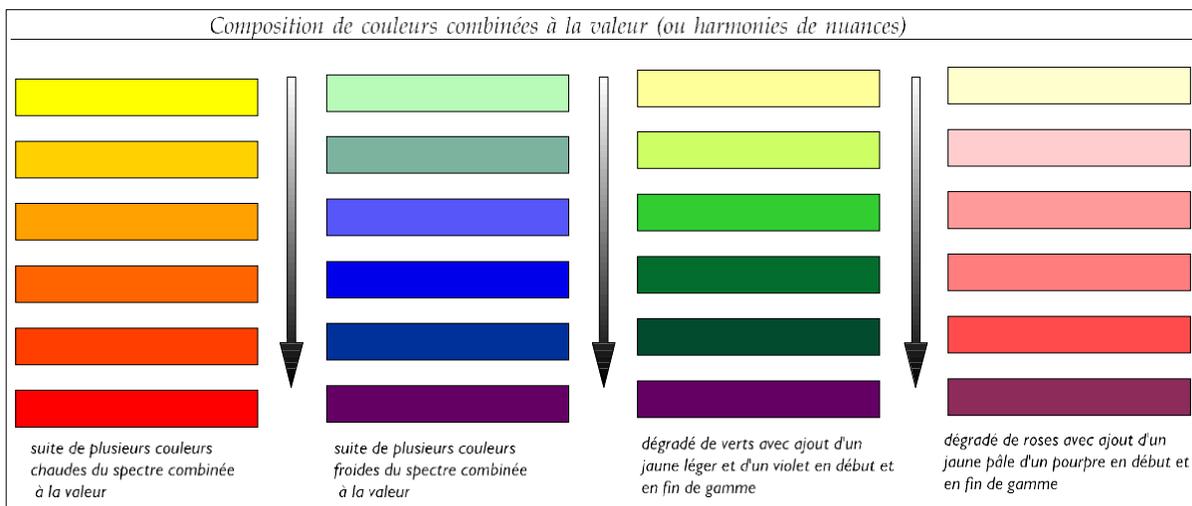
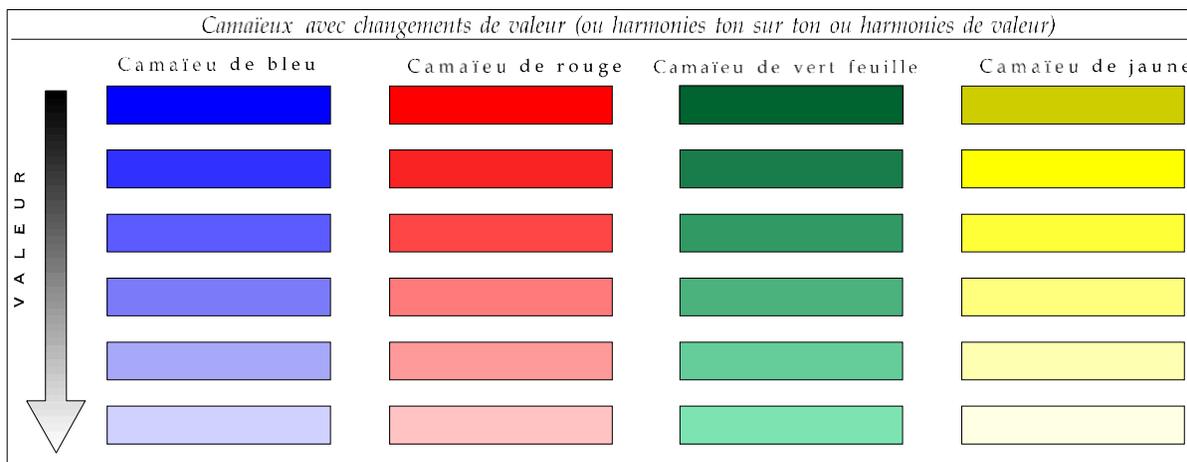
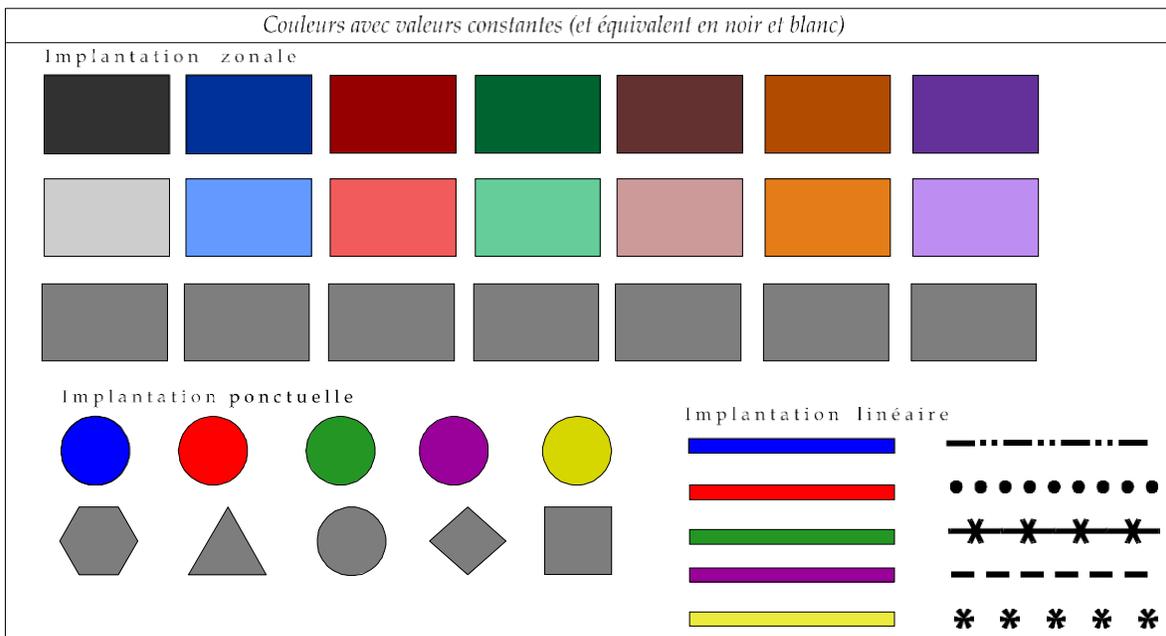


b. Exprimer un classement : gradation des couleurs ou camaïeu



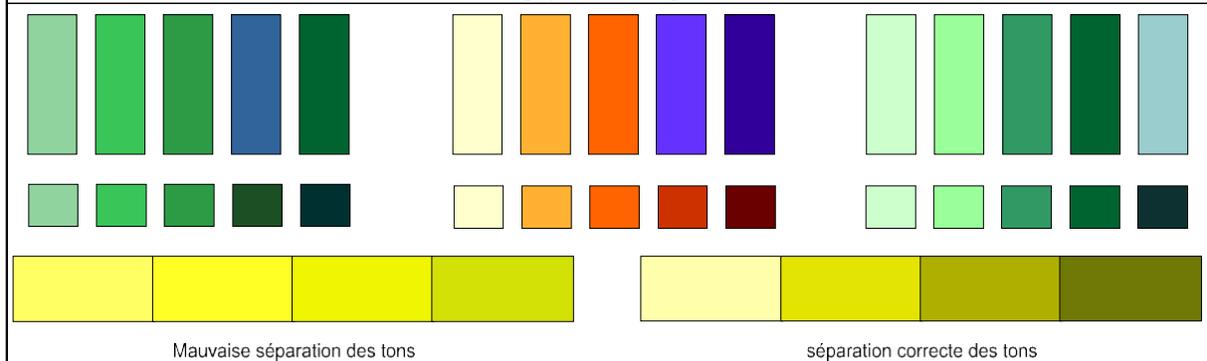
Exprimer une différence : variation différentielle des couleurs (valeur constante)





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 réfaste	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



- Tableau récapitulatif des propriétés des variables visuelles

Type de variable	PROPRIÉTÉS DES VARIABLES (Exemples)				
	Longueur de la variable	Différentiel	Ordonné	Quantitatif	Associatif
Forme	Infinie	Carré ou rond			Les signes ponctuels
Dimension	D>perception D<format	Grand ou petit	Grand, moyen, petit	Ce trait est double de cet autre	
Valeur	De 2 à 6	Foncé ou clair	De plus en plus foncé		Cette teinte a même valeur que cette autre
Couleur	20 environ	Vert ou bleu			Vermillon ou rouge carmin
Orientation	4	Droit ou penché			
Dynamique	3	Vitesse $1 > V3$	$V1 > V2 > V3$		Le mouvement
Structure	4	Homogène ou hétérogène			

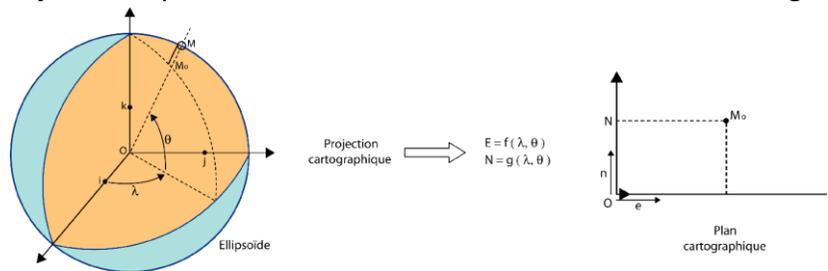
PARTIE TRAVAUX PRATIQUES

TRAVAUX PRATIQUES N° 01 :

I. PROJECTIONS CARTOGRAPHIQUES

Le principe de la projection consiste à projeter des positions de la surface terrestre sur une surface géométrique donnée :

- Un cylindre
- Un cône
- Ou une surface plane



Ensuite cette surface peut être découpée pour prendre une forme plane (la carte)

Types de projections

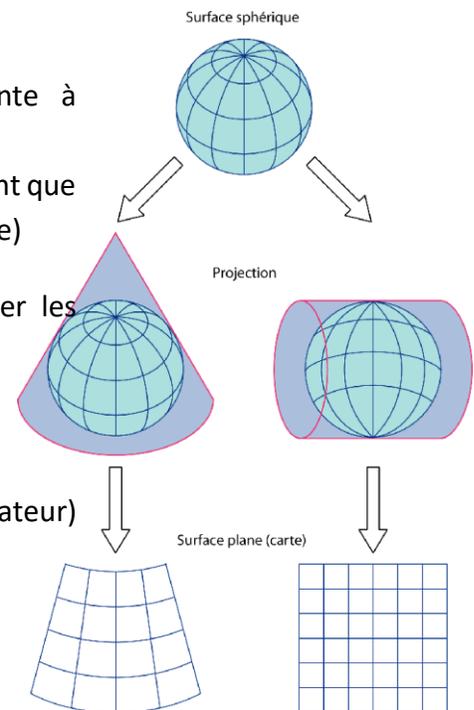
1. Les figures géométriques peuvent être tangente ou sécante à l'ellipsoïde.

(la déformation moyenne est moindre pour une projection sécante tant que la position à reporter est proche de l'une des deux lignes de référence)

2. Le choix d'un système de projection se fera afin de minimiser les altérations.

Adapter le type de projection selon :

- La situation du pays
- La position à la surface du globe (proximité d'un pôle, de l'équateur)
- Étendue du pays
- (île de faible surface ou pays continent)

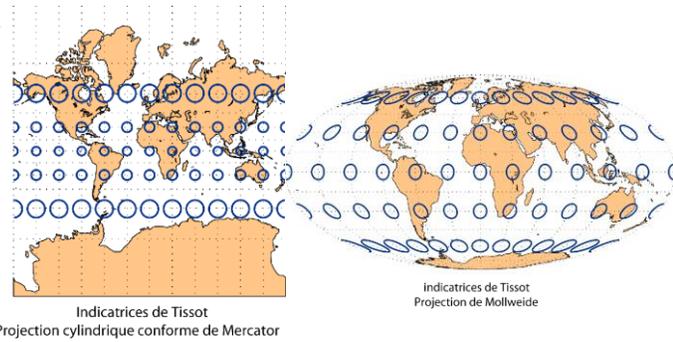


Altérations dues aux projections

Les changements peuvent porter sur les surfaces ou sur les angles.

Pour les projections UTM (Universal Transverse Mercator) ou Lambert Conforme Conique, les angles sont constants, mais les distances (et surfaces) varient = elles sont appelées projections conformes

Pour les projections équivalentes (ex. Projection de Mollweide) les rapports de surface sont maintenus tandis que les angles et les distances changent.

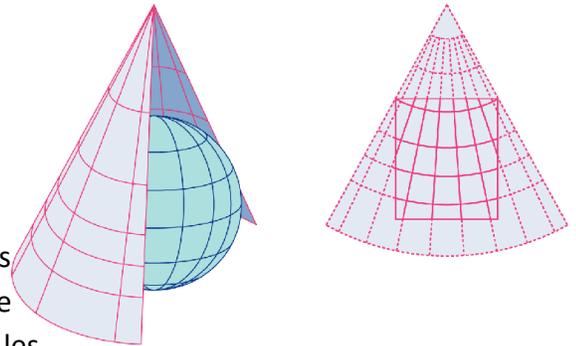


Exemples de projections

Projection conique

- réalisée à partir d'une forme conique
- avec cône tangent (ou sécant) à l'ellipsoïde

Dès que la projection est appliquée, le système de coordonnées change. On utilise alors un système de coordonnées cartographique (X, Y) avec une unité donnée de longueur (le m, le Km, le mile ou les miles nautiques).



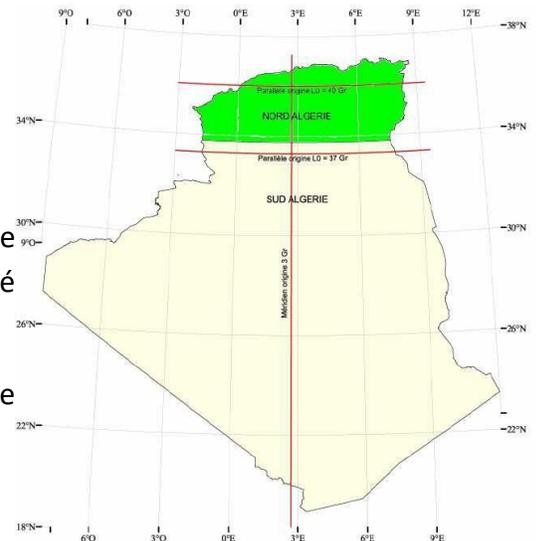
Principe de la projection conique Lambert

La projection Lambert

Le système de référence utilisé en Algérie est la projection

Qui est une projection conique conforme tangente de Lambert. Dans le but de minimiser les déformations (altérations linéaires), l'Algérie a été découpée en deux zones :

- Une projection appelée "Lambert Nord" qui couvre le nord de l'Algérie
- Une projection appelée "Lambert Sud" qui couvre le sud de l'Algérie.

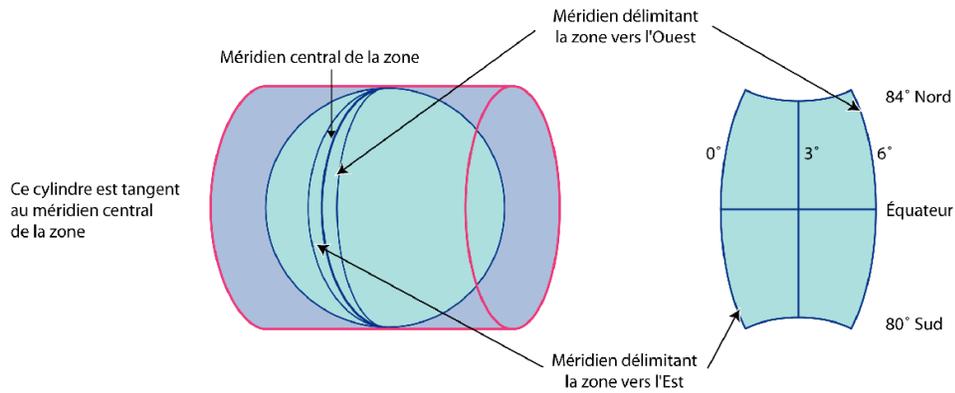


Projections cylindriques

- réalisée à partir d'une forme cylindrique
- tangente à l'ellipsoïde, tangence qui peut se faire sur l'équateur ou sur un méridien.

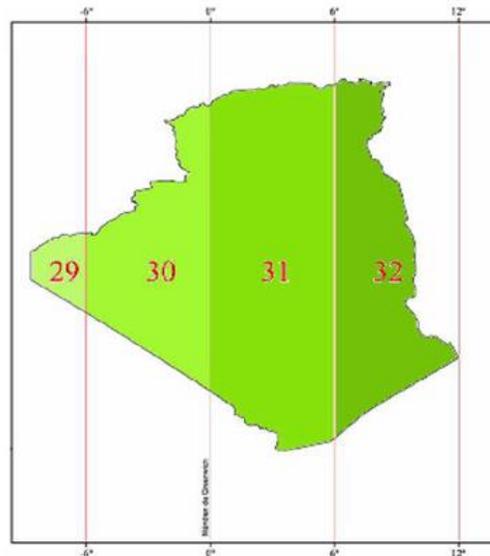
- La projection cylindrique transverse (projection UTM utilisée par exemple

avec le GPS). Ici le méridien central et l'équateur sont transformés en deux droites orthogonales, tandis que les autres méridiens et parallèles deviennent des courbes orthogonales entre elles.

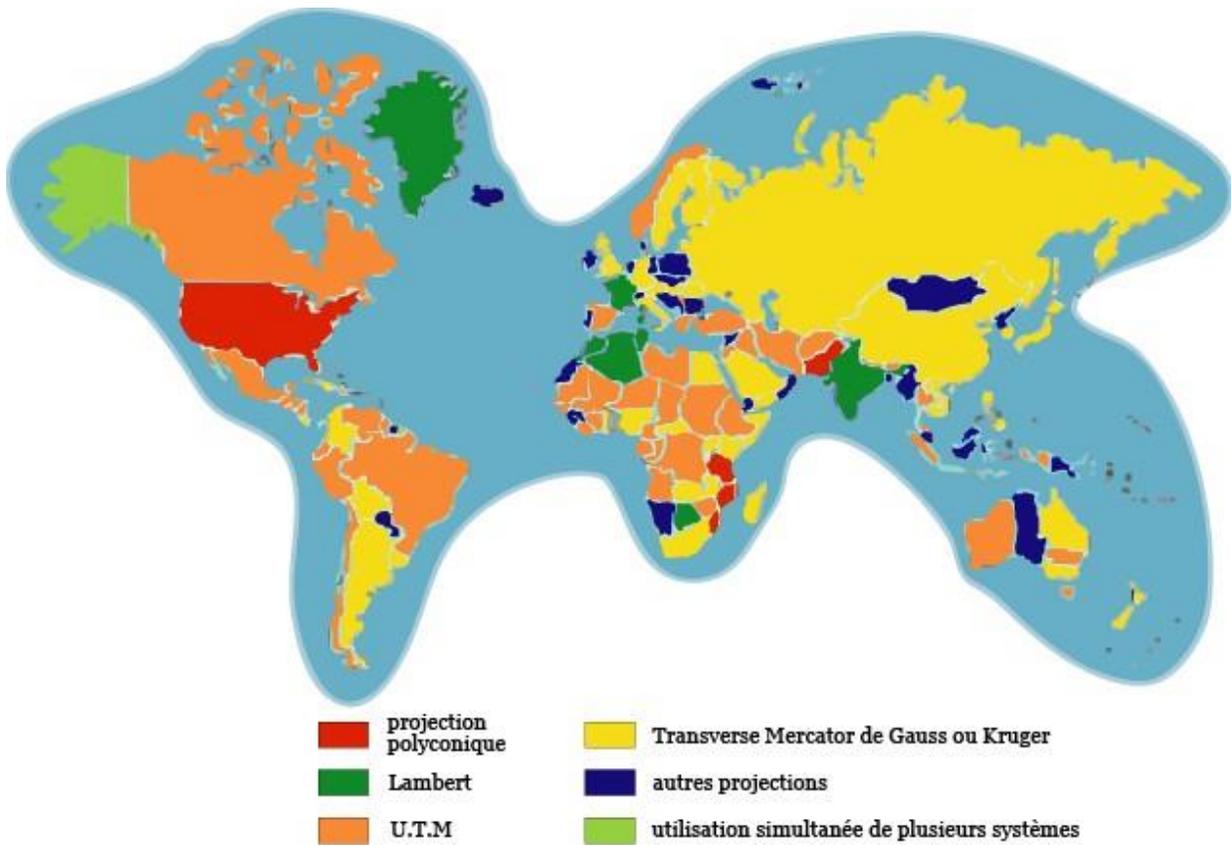


Principe de la projection cylindrique Universal Transverse Mercator (UTM)

La projection U.T.M.
 La représentation cartographique plane en vigueur adopté par l'Algérie en 2003 est l'UTM (Universel Transverse Mercator). L'Algérie s'étale de l'Ouest à l'Est sur quatre fuseaux : le 29, 30, 31 et 32 soit de 9° à l'Ouest du méridien d'origine et à 12° à l'Est du méridien d'origine.



Les principaux systèmes de projections utilisées dans le monde



II. CONVERSION ANGULAIRE :

Présentation des degrés sexagésimaux

Les degrés sexagésimaux se présentent sous une forme d'une valeur en trois parties.

$$ddd^{\circ} mm' ss,ppppp''$$

$$\text{Exemple 1 : } 209^{\circ} 48' 07,4589''$$

- La première partie ddd est le chiffrage des degrés et la valeur est comprise entre 0 et 180.
- La deuxième partie mm correspond aux minutes et la valeur est comprise entre 0 et 59.
- Enfin la troisième partie ss correspond aux secondes et la valeur est comprise entre 0 et 59. Le chiffrage qui suit la virgule est l'expression des décimales de secondes exprimée en sous multiple de 10 (dixièmes, centièmes, millièmes,).

La particularité est que les minutes et les secondes tournent à 60, c'est-à-dire qu'après 59 le niveau supérieur (degré ou minutes) s'incrémente de 1.

$$\text{Exemple 2 : } 183^{\circ} 59' 45'' + 1' = 184^{\circ} 00' 45''$$

Transformation de degrés sexagésimaux en grades

Transformation de degrés sexagésimaux en degrés décimaux

La transformation se fait en commençant par les secondes, puis les minutes.

Dans un premier temps, il faut transformer les secondes sexagésimales en partie de minutes dans le système décimal. Pour cela il faut diviser les secondes par 60 (soixante). En effet :

$$60'' \text{ équivalent à } 1'$$

$$x'' \text{ équivalent à } y'$$

Soit

$$y' = \frac{x'' \cdot 1'}{60''} = \frac{x''}{60}$$

Il faut procéder de la même façon pour transformer les minutes en partie de degrés. Exemple 3 : soit un angle A = 125° 36' 18,456''

$$\text{D'où } A = 125^{\circ} 36,3076'$$

$$\frac{36,3076'}{60} = 0,6051267^{\circ}$$

$$\frac{18,456''}{60} = 0,3076'$$

Soit en degrés décimaux $A = 125,6051267^\circ$

Transformation de degrés décimaux en grades

Le rapport est simple, un tour complet fait 360 degrés soit 400 gon.

D'ou

$$\begin{array}{l} 360^\circ \text{ équivalent à } 400 \\ \text{gon} \\ x^\circ \text{ équivalent à } y \text{ gon} \end{array}$$

$$y = \frac{x^\circ}{360} \times 400 = \frac{x^\circ}{\frac{360}{400}} = \frac{x^\circ}{0,9}$$

Soit un coefficient de 0,9.

En poursuivant l'exemple :

$$A = \frac{125,6051267^\circ}{0,9} = 139,5612519 \text{ gon}$$

Dans un tour, il y a plus de grades (400) que de degrés (360), il est donc normal que le résultat chiffré en grade soit plus grand que la valeur originale en degrés.

TRAVAUX PRATIQUES N° 02 :

I. ANALYSE DES DONNEES GEOGRAPHIQUES

Tableau suivant montrant quelques indicateurs socio-démographiques des communes de la Wilaya de Djelfa (ONS Algérie)

COMMUNE	NATURE	Classe	pop1987	pop1998	Taux_ Accroissement	Rang Population estimé
AIN CHOUHADA	COMMUNE	RURALE	6580	8337	2.13	31
AIN EL IBEL	CHEF-LIEU-DAIRA	RURALE	11225	20436	5.47	8
AIN FEKKA	COMMUNE	RURALE	10248	16842	4.52	11
AIN MAABED	COMMUNE	RURALE	10260	13183	2.25	27
AIN OUESSARA	CHEF-LIEU-DAIRA	URBAIN	46610	82597	5.22	2
AMOURA	COMMUNE	RURALE	3600	5879	4.46	29
BENHAR	COMMUNE	RURALE	10329	10380	0.04	36
BENI YAGOUB	COMMUNE	RURALE	5544	6456	1.36	34
BIRINE	CHEF-LIEU-DAIRA	RURALE	19438	26617	2.83	12
BOUIRA LAHDAB	COMMUNE	RURALE	5957	8897	3.63	25
CHAREF	CHEF-LIEU-DAIRA	URBAIN	13195	19373	3.47	15
DAR CHIOUKH	CHEF-LIEU-DAIRA	RURALE	15678	24870	4.19	9
DELDOUL	COMMUNE	RURALE	8472	13171	4.00	19
DJELFA	CHEF-LIEU-DAIRA	URBAIN	90032	164126	5.48	1
DOUIS	COMMUNE	RURALE	3216	10356	10.95	7
EL GUEDDID	COMMUNE	RURALE	10111	11059	0.80	33
EL IDRISSIA	CHEF-LIEU-DAIRA	RURALE	12730	21279	4.67	10
EL KHEMIS	COMMUNE	RURALE	2354	4769	6.48	26
FEIDH EL BOTMA	CHEF-LIEU-DAIRA	RURALE	10708	20664	6.02	6
GUERNINI	COMMUNE	RURALE	2172	4038	5.67	30
GUETTARA	COMMUNE	RURALE	7469	11151	3.63	21
HAD SAHARY	CHEF-LIEU-DAIRA	RURALE	15436	22277	3.32	13
HASSI BAHBAH	CHEF-LIEU-DAIRA	URBAIN	38644	61790	4.26	4
HASSI EL EUCH	COMMUNE	RURALE	6222	10834	5.05	18
HASSI FDOUL	COMMUNE	RURALE	8956	12221	2.80	24
MESSAAD	CHEF-LIEU-DAIRA	RURALE	50313	77754	3.95	3
MLILIHA	COMMUNE	RURALE	7236	13155	5.46	14
MOUADJEBAR	COMMUNE	RURALE	7175	10365	3.32	23
OUM LAADHAM	COMMUNE	RURALE	8369	13696	4.48	16
SED RAHAL	COMMUNE	RURALE	6705	11812	5.16	17
SELMANA	COMMUNE	RURALE	5308	14008	9.01	5
SIDI BAIZID	COMMUNE	RURALE	7710	11360	3.51	22
SIDI LAADJEL	CHEF-LIEU-DAIRA	RURALE	7667	11776	3.89	20
TADMIT	COMMUNE	RURALE	6576	6172	-0.56	35
ZAAFRANE	COMMUNE	RURALE	10028	12865	2.24	28
ZAKKAR	COMMUNE	RURALE	2221	3142	3.13	32

- Pourquoi est-il géographique ?
- Quelles sont les unités spatiales ?

Notions de base pour décrire les données géographiques

Vocabulaire

Rechercher dans le tableau les éléments suivants :

- Unité statistique (individu*) ;
 - Population* ;
 - Caractère* (attribut*, variable*) ;
 - Modalité*.
- Quelle est leur fonction ?

Les différents types de données

Il existe deux familles de données :

a) Les données qualitatives

- Caractères qualitatifs nominaux*

- Echelles nominales* (ordre alphabétique)

- n modalités = catégories (qualités ou états distincts)

- *Catégories socio-professionnelles (employés, cadres...)*

- *Éléments de planimétrie (autoroute, route, sentier...)*

- Echelles binaires* (dichotomique*)

- Deux modalités (oui ou non, homme ou femme, présence ou absence ...)

- Caractères qualitatifs ordinaux*

- Echelles ordinales*

- 1 rang peut être affecté à chaque observation sous forme de :

- *classement (1er, 2e, 3e, ...)*

- *ordre (grand, moyen, petit)*

b) *Les données quantitatives (cardinales)**

- Echelle de rapports* (% , ratio)

- Echelle d'intervalles*

Caractérisée par 3 modes de collecte :

- Le dénombrement* (= caractères quantitatifs dénombrés)

Données discrètes , où le zéro signifie absence de valeurs*

*Synonyme : caractère quantitatif de stock**

- La mesure* (= caractères quantitatifs mesurés)

Données continues , où le zéro signifie également absence de valeurs*

- Le repérage* (= caractères quantitatifs repérés)

Données discrètes ou continues , où le zéro est une valeur (températures ou altitudes par exemple , mais aussi certains taux et pourcentages)

Attention aux quantités repérées sur une échelle où , seuls , les écarts (ou différences) ont un sens.

Exemple des températures en °C et °F

Fait-il deux fois plus chaud à Laghouat qu'à Djelfa ?

	Températures en °C	Températures en °F
Djelfa	0	32
Laghouat	10	50
Ghardaia	20	68
Température (Laghouat - Djelfa)	10	18
Température (Ghardaia - Djelfa)	20	36

[Modalités de conversion ($T \text{ en } ^\circ\text{F} = 1,8^\circ\text{C} + 32$) et ($T \text{ en } ^\circ\text{C} = 0,5^\circ\text{F} - 17,7$)]

Seul l'écart suivant est valable pour les deux échelles de températures en °C ou °F.

Température (Ghardaia - Djelfa) = 2 * Température (Laghouat - Djelfa)

C'est lié au caractère conventionnel du zéro de l'échelle.

0 ne signifie pas ici absence d'information

C'est la même chose avec les taux (cf.. BOURSIN 1988 p.8)

CONCLUSION :

- Les données quantitatives acceptent les opérateurs mathématiques*.
- Les données qualitatives n'acceptent que des opérateurs logiques* liés à l'ordre et à l'équivalence

Préciser le type de chacun des données présentées dans le tableau d'information géographique sur les communes de Djelfa.

II. CREATION DU TABLEAU DE DISTRIBUTION STATISTIQUE*

Faire un tri croissant de la variable Taux d'accroissement

Quels sont les min et Max de la distribution ?

III. CONSTRUCTION DU DIAGRAMME DE DISTRIBUTION*

Tracez un diagramme de distribution pour les variables (Commune, Taux d'accroissement)

Qu'apprend-on sur le taux d'accroissement des communes de la Wilaya de Djelfa ?

Comment cartographieriez-vous cette variable ?

Réaliser la carte sur le fond suivant.

NB : les mots suivis de "" font partie du vocabulaire statistique, donc leur définition doit être connue. Faites-vous un glossaire.*



1:1 900 000

0 12.5 25 50 75 100 Km

TRAVAUX PRATIQUES N° 03 :

I. LA PROPORTIONNALITE

Pour représenter les données quantitatives dénombrées ou mesurées

Variable visuelle utilisée : **la Taille**

Objectif : faire varier la taille d'un figuré proportionnellement à une quantité

- En implantation ponctuelle
 - Variation de la surface d'1 symbole

- En implantation linéaire
 - Variation de la largeur de la ligne

- En implantation surfacique, il y a plusieurs solutions
Aucune n'est optimale

Retour à 1 implantation ponctuelle, avec choix d'1 point de référence

Déformation des zones selon la quantité affectée (anamorphose)

Utilisation d'1 semis de points values

Méthode : il existe 2 méthodes de détermination

- Par calcul
- Par abaque

Calcul des figurés proportionnels implantés ponctuellement

Le principe

En implantation ponctuelle ou zonale, le signe le plus utilisé est le cercle

- Si la surface du cercle est proportionnelle à la quantité à représenter, alors :

Formule n°1

$$S = \Pi * \mathcal{R}^2 = Q$$

Comme 2 quantités sont proportionnelles, alors leurs surfaces le sont également

La règle de proportionnalité permet d'éliminer les Pi

Formule n°2

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{\Pi * \mathcal{R}_1^2}{\Pi * \mathcal{R}_2^2} = \frac{\mathcal{R}_1^2}{\mathcal{R}_2^2} = \frac{Q_1}{Q_2}$$

En pratique, les quantités sont connues mais pas les rayons.

Les méthodes

Déterminer le cercle de référence à savoir : rechercher la quantité la plus importante (qui devient Q_{ref})

Nota : si on est en implantation zonale

Rechercher la surface d'implantation la plus faible pour la quantité la plus élevée (se référer au fond de carte et aux données)

- Déterminer le rayon supportable (sans masquer les voisins)
- Puis, transformer l'équation de la façon suivante :

Formule n°3

$$\frac{\mathcal{R}_{ref}^2}{\mathcal{R}_1^2} = \frac{Q_{ref}}{Q_1}$$

Formulen° 4

$$\mathcal{R}_1^2 = Q_1 * \frac{\mathcal{R}_{ref}^2}{Q_{ref}}$$

Puis, calculer n'importe quel rayon \mathcal{R}_i comme suit :

Formule n°5

$$\mathcal{R}_i = \sqrt{Q_1} * \frac{\mathcal{R}_{ref}}{\sqrt{Q_{ref}}}$$

Enfin, tracer les cercles sur la carte.

Quand faire des classes de cercles proportionnels ?

- Logiquement, quand les données sont groupées
 - Prendre le centre de chaque classe

En calculer le rayon

Tracer un cercle unique pour tous les individus de la classe

Sinon, perte d'information quand les données sont continues

Par un abaque

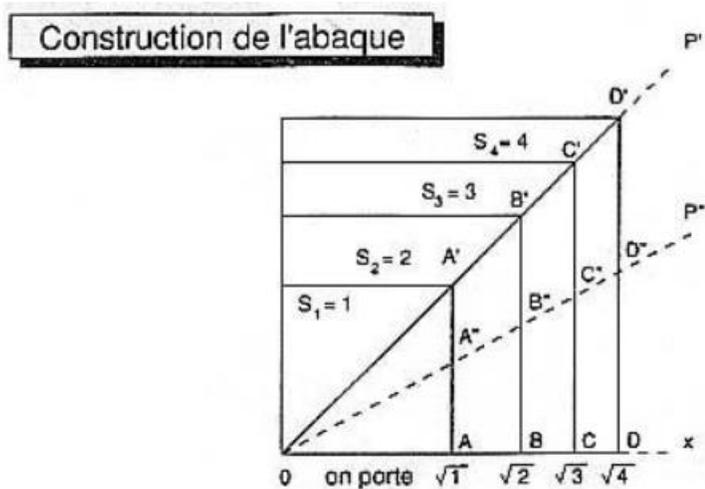
Méthode graphique qui repose sur la conception et/ou l'utilisation d'1 abaque.

Plusieurs types d'abaques

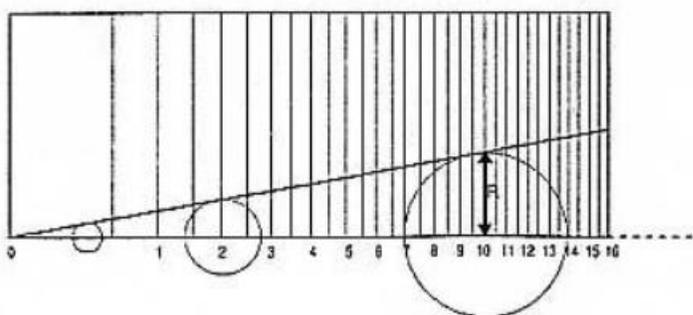
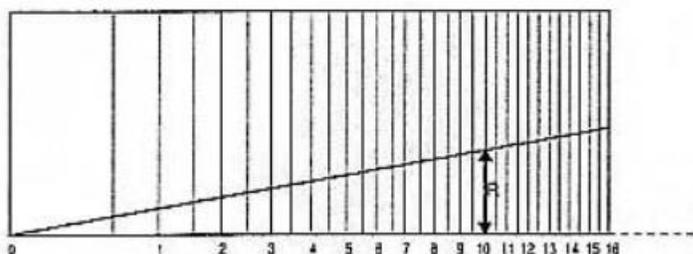
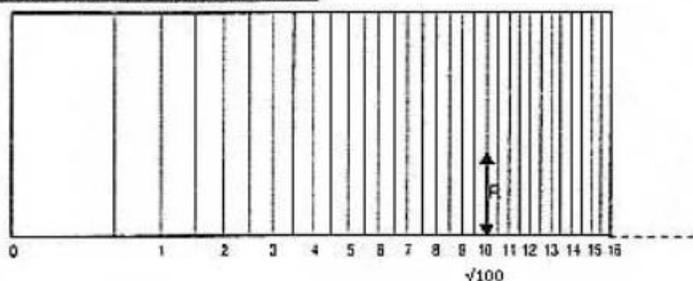
- H. Lenz-César, J. Bertin, A. Robinson...
- H. Lenz-César (disponible dans l'article téléchargeable ici ou là dans les Cahiers de géographie du Québec)

Même principe de construction que par le calcul sauf que c'est déjà tracé à partir de quelques valeurs de référence.

Abaque de Lenz-César



Utilisation de l'abaque



- Rechercher la racine carrée de quelques quantités

- Quantité maxi

Les positionner sur 1 axe gradué de 0 à racine carrée de Q_{max}

La progression est ici géométrique (fonction de la racine carrée)

Exemple :

Si $Q_{ref} = 100$ alors racine carré de 100 = 10

On cale la courbe de l'abaque sur cette valeur

Si c'est trop long (ne tient pas dans le format d'édition !), on divise par 10 ou 100, etc.

Construction de la légende

Abaque linéaire

- Tracer 1 axe et porter dessus les quantités suivantes :

- Des quantités "rondes"
- Le maximum de la distribution

Cette fois, la distance n'est plus proportionnelle aux racines carrées mais aux valeurs

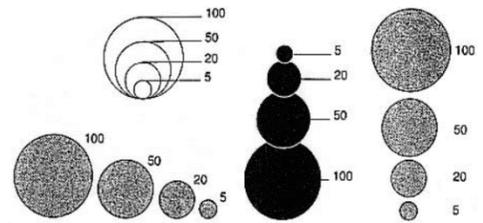
Ce n'est plus le rayon que l'on dessine mais le diamètre car le lecteur mesure le diamètre sur la carte

- Ne tracer qu'un seul cercle, celui de Q_{max}
- Enfin, si la distribution est très longue

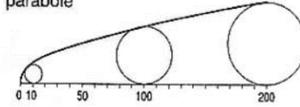
Faire un abaque par tranche (progression logarithmique)

Exercice :

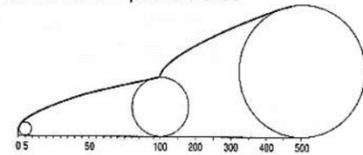
Faire la présentation de la population 1998 des communes de la Wilaya de Djelfa en utilisant les données géographiques et le fond carte.



parabole



parabole interrompue ou crevée



de

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- BEGUIN M., PUMAIN D., 1994. La représentation des données géographiques : Statistique et cartographie. Collection Cursus, Edition Armand Colin, Paris. 192p. (Deuxième édition 2000)
- BERTIN J., 1967. Sémiologie graphique. Mouton-Gauthier-Villars-Bordas, Paris, 1ère Edition. 431p. (2ème Edition 1973).
- BERTIN J., 1977. La graphique et le traitement graphique de l'information. Edition Flammarion, Collection : Nouvelle bibliothèque scientifique. 277p.
- BLIN E., BORD J.-P., 1993. Initiation Géo-graphique : ou comment visualiser son information. 2ème édition remaniée et augmentée. SEDES. 284p.
- BONIN S., 1975. Initiation à la graphique. Edition Epi, Paris. 170p. (Nouvelle édition 1983).
- BRUNET R., 1987. La carte, Mode d'emploi. Fayard, Reclus.
- GARNIER, B. (2018). Nicolas Lambert, Christine Zanin, 2016, Manuel de cartographie. Principes, méthodes, applications, Paris, Armand Colin, 224 p.. Population, vol. 73(2), 402-403. <https://doi.org/10.3917/popu.1802.0402>
- JOLY F., 1985. La cartographie. Collection Que sais-je ? n° 937. PUF. 127p. (Nouvelle édition 1994).
- JEGOU L., 2002. La troisième dimension en cartographie statistique, des cartes en prismes imprimées aux modèles 3D interactifs. Mappemonde. Sommaire du n°86.
- PALSKY, G., & Robic, M. C. (2000). Aux sources de la sémiologie graphique. Cybergeo: European Journal of Geography.
- RAVENAU, J. (1965). Compte rendu de [Rimbert, Sylvie. Cartes et Graphiques. Initiation à la Cartographie appliquée aux Sciences humaines. Société d'Édition d'Enseignement supérieur, Paris, 1964. 236 pages, 88 figures, bibliographie infrapaginale.] Cahiers de géographie du Québec, 9 (18), 288–289. <https://doi.org/10.7202/020617ar>
- THÉRY H., MARCOTTE L., 1992. La cartographie des transports urbains. Guide pratique, CERTU-GIP RECLUS, Montpellier. 47p.
- MARTINEK, M. (1974). probleme de la semiologie cartographique comme nouvelle cartographie theorique.