

# **UE DATA-CEVI**

**– Données agri-environnementales –**  
collecter, explorer, visualiser, inférer

D. Sheeren (INP-ENSAT)



# **Introduction à la cartographie thématique (ECUE 4 : DATA-VISU)**

**Remarque** : le contenu de ce cours s'inspire principalement des différentes références citées en bibliographie. En général, les sources sont précisées mais un oubli est possible ;-). N'hésitez pas à le signaler.

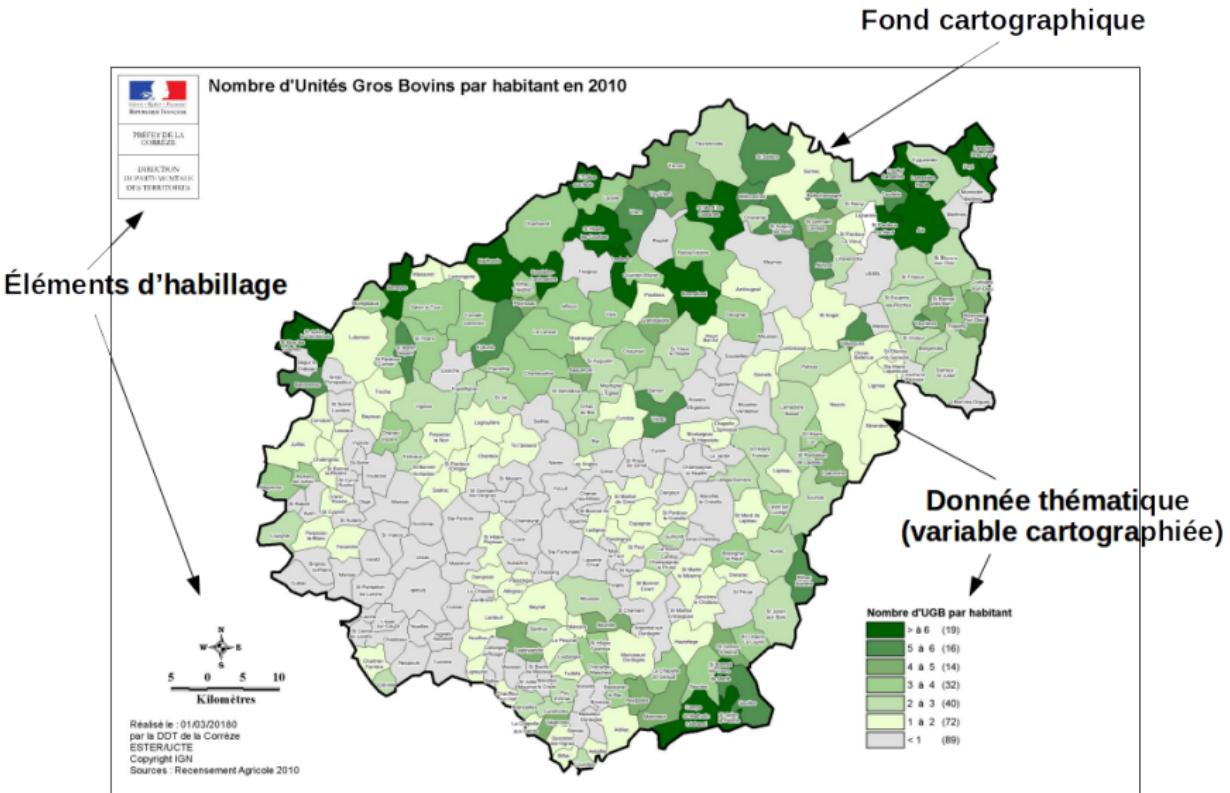
# Qu'est-ce qu'une carte ?

Moyen d'expression et de communication à l'aide d'un langage graphique

- Il existe différents types de cartes :
  - ▶ Topographique, thématique (économique, climatique...)
  - ▶ Carte d'inventaire (fonction de stockage), d'information (doit permettre une lecture synoptique)
  - ▶ Carte à petite, moyenne, grande échelle
  - ▶ Carte de base et carte dérivée...

# 1. Les composantes d'une carte thématique

# Eléments constitutifs d'une carte thématique



## 1.1. Le fond cartographique

- C'est la **composante spatiale** du système graphique (*le contenant*)
- Il est formé d'un ensemble d'**objets spatiaux** (maillage)
  - ▶ découpage fondé sur des unités fonctionnelles (ex. limites administratives) ou arbitraire (ex. cellules d'une grille régulière)
- Il est défini par :
  - ▶ une **emprise** et une **orientation**
  - ▶ une **projection cartographique**
  - ▶ un degré de **généralisation** cartographique
- Le choix du fond dépend de l'objectif de la carte, de son échelle, et du public visé
- L'espace est partout significatif (absence de signes = absence de phénomène)

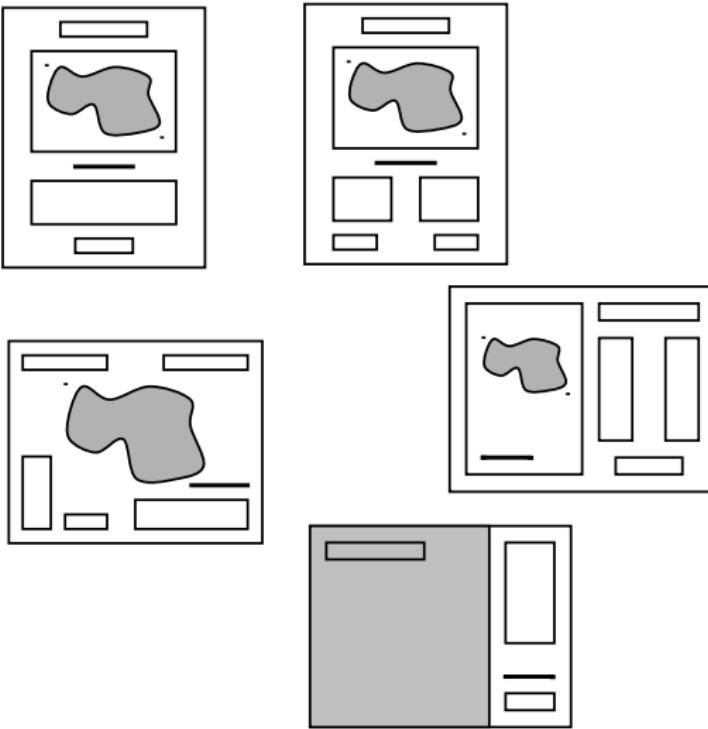
## 1.2. La variable d'intérêt

- C'est la **composante thématique** du système graphique (*le contenu*)
- Elle résulte d'un processus de **collecte de données** en amont et d'un **traitement** plus ou moins complexe avant sa retranscription graphique
  - ▶ Discrétisation, calcul d'indicateurs statistiques, simplification, agrégation...
- Elle est représentée en faisant appel à une **variable visuelle** (ou rétinienne) pour faire passer un message cartographique
  - ▶ Variation de couleur, de taille, de forme...

## 1.3. Les éléments d'habillage

- Ils fournissent des **clés d'interprétation** du document cartographique
- Certains sont **obligatoires** :
  - ▶ Titre, légende, source, auteur, échelle, date
- D'autres sont **facultatifs** :
  - ▶ Orientation, quadrillage cartographique (canevas), carton, toponyme, cadre, cartouche avec logos... .

## 1.3. Les éléments d'habillage



## **2. Les systèmes de référence spatiaux**

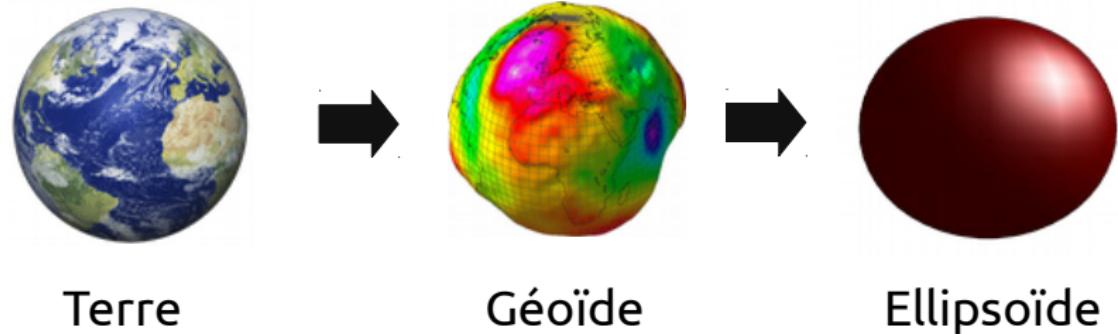
(géoïde, ellipsoïde, projection, systèmes de coordonnées, datum. . . )

## 2.1. Forme de la terre

Ceci n'est pas une sphère !



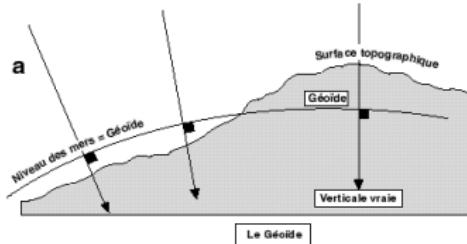
## 2.1. Forme de la terre



## 2.1. Forme de la terre

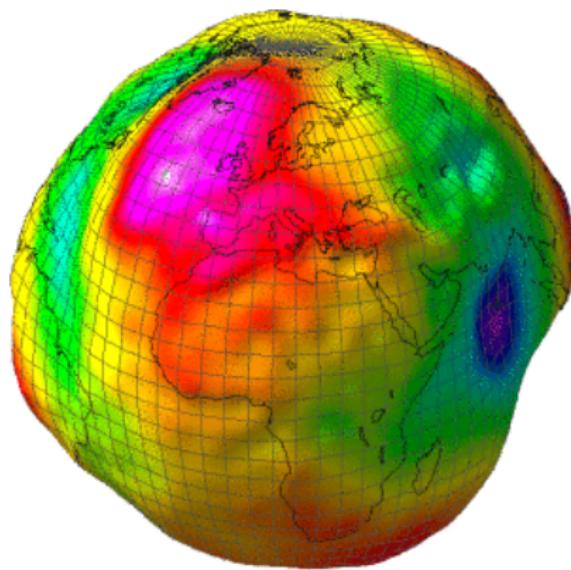
### 1. Le géoïde

- **Figure irrégulière approchant au mieux la forme réelle de la terre**
- Il ne s'agit **pas de la surface topographique !**
- C'est la surface **équipotentielle** du champ de **pesanteur** terrestre
  - ▶ perpendiculaire à la direction de la verticale du lieu (fil à plomb)
- Coïncide approximativement avec le **niveau moyen des mers**
- Niveau zéro de **référence** pour calculer les **altitudes**
- Estimation par des mesures gravimétriques et observations satellitaires



## 2.1. Forme de la terre

### 1. Le géoïde



Les creux et bosses sont liés à la répartition inégale des masses à la surface de la terre  
(épaisseur, densité, hétérogénéité des roches...)

→ modifie l'intensité et la direction de la pesanteur

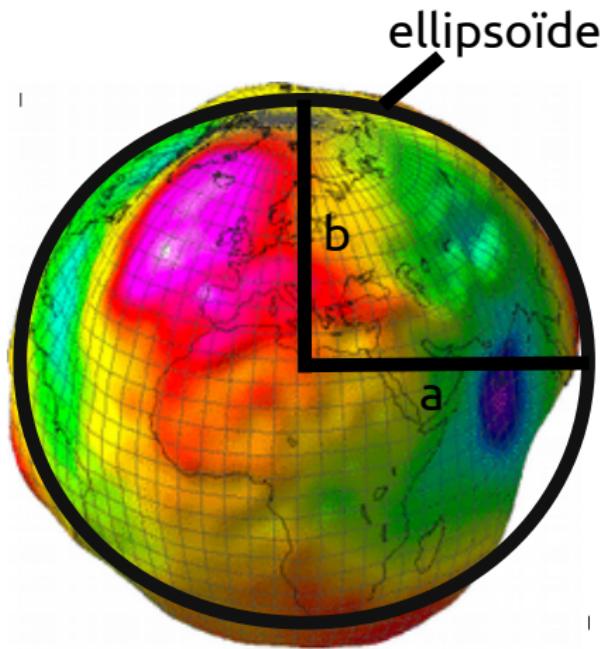
## 2.1. Forme de la terre

### 2. L'ellipsoïde

- **Figure régulière** correspondant à une **approximation mathématique** (modèle) du géoïde
- Solide de révolution généré par la rotation d'une ellipse (et non d'une sphère) autour de son demi-petit axe
  - ▶ la terre est légèrement aplatie aux pôles en raison de la rotation (force centrifuge plus grande à l'équateur)
- Un ellipsoïde est défini par :
  - ▶ le **demi-grand axe**  $a$  (rayon équatorial)
  - ▶ le **demi-petit axe**  $b$  (rayon polaire)
  - ▶ l'**aplatissement**  $f = (a - b)/a$

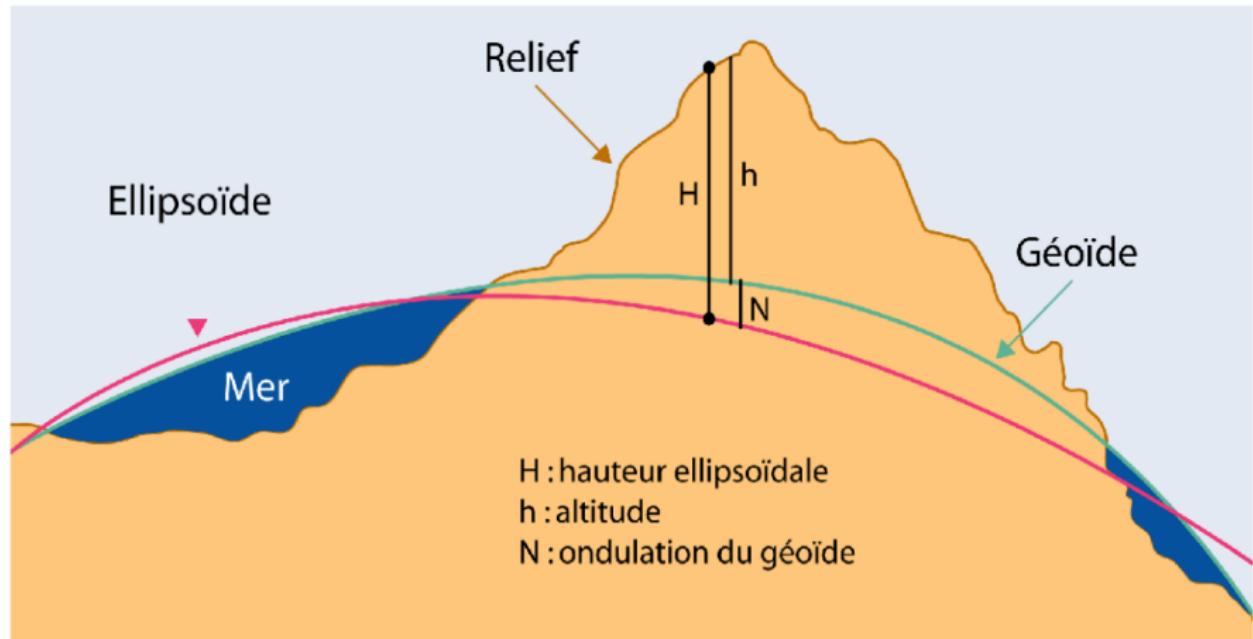
## 2.1. Forme de la terre

### 2. L'ellipsoïde



## 2.1. Forme de la terre

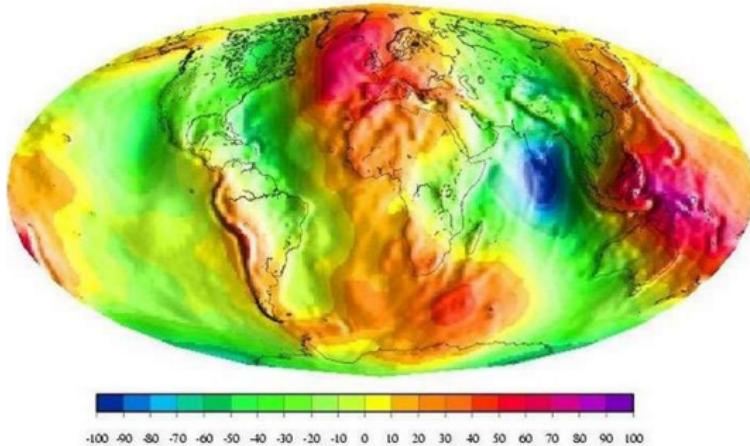
### 2. L'ellipsoïde



## 2.1. Forme de la terre

### 2. L'ellipsoïde

Hauteur du géoïde par rapport à l'ellipsoïde terrestre (en m)



Ellipsoïde terrestre IAG-GRS 80 (associé au système géodésique WGS-84) :

- **demi-grand axe**  $a = 6378,137 \text{ km}$
- **demi-petit axe**  $b = 6356,752 \text{ km}$
- **aplatissement géométrique**  $1/f = 1/298.25$
- **circonférence équatoriale**  $2\pi.a = 40\,075,017 \text{ km}$
- **aplatissement polaire**  $2\pi.b = 39\,940,652 \text{ km}$

## 2.1. Forme de la terre

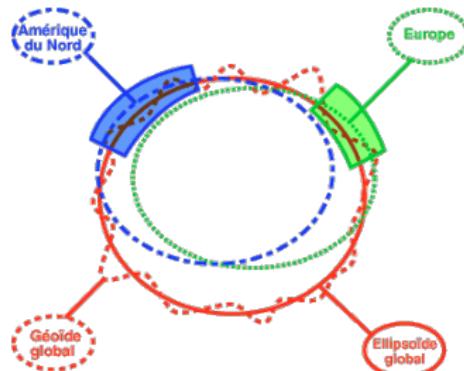
### 2. L'ellipsoïde

- A l'origine, définition d'**ellipsoïdes locaux** par chaque pays de telle manière à minimiser localement les écarts au géoïde
  - ▶ En France, l'ancien système géodésique NTF (en vigueur jusqu'en 2001) était fondé sur l'ellipsoïde de Clarke 1880 modifié.
  - ▶ Pour l'Europe, les systèmes ED50 puis ETRS89 ont été proposés.
- Les ellipsoïdes locaux ont des centres différents et ne coïncident pas forcément avec le centre de masse de la terre (écart de quelques centaines mètres)

## 2.1. Forme de la terre

### 2. L'ellipsoïde

- Aujourd'hui, définition également d'**ellipsoïdes globaux**
  - ▶ Ex : l'ellipsoïde terrestre de référence est le IAG-GRS80
- Leur centre est très proche du centre de masse de la terre (écart de quelques mètres)



## 2.2. Systèmes de référence

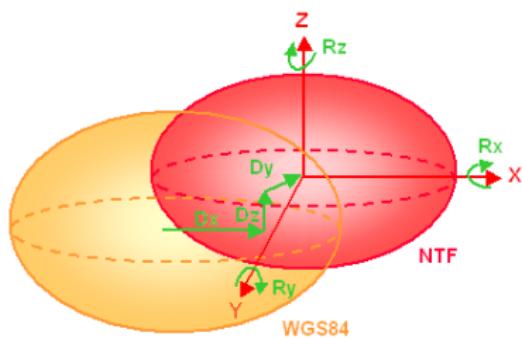
### Systèmes géodésiques (ou *datum*)

- La définition des caractéristiques d'un ellipsoïde ne suffit pas. Il faut le **positionner par rapport au géoïde**. Tous ces paramètres constituent un système géodésique ou *datum* qui inclut (système local) :
  - ▶ la **définition de l'ellipsoïde**
  - ▶ son **point fondamental** (lieu où l'ellipsoïde tangente le geoïde; altitude = hauteur ellipsoïdale)
  - ▶ son **orientation** (direction du nord en ce lieu)
  - ▶ le méridien origine (Greenwich, Paris...)
- A ajoute généralement les systèmes de projection associés

## 2.2. Systèmes de référence

### Systèmes géodésiques (ou *datum*)

- Aujourd'hui, on positionne les ellipsoïdes locaux par rapport à l'ellipsoïde global WGS84 (équivalent IAG-GRS80) dont la définition est très précise, en calculant les constantes fondamentales :



- Décalage (en m) du centre du repère en X ( $D_x$ )
- Décalage (en m) du centre du repère en Y ( $D_y$ )
- Décalage (en m) du centre du repère en Z ( $D_z$ )
- Angle de rotation (en degrés) de l'axe X du repère ( $R_x$ )
- Angle de rotation (en degrés) de l'axe Y du repère ( $R_y$ )
- Angle de rotation (en degrés) de l'axe Z du repère ( $R_z$ )
- Facteur d'échelle ( $1+n$ ) de la norme des vecteurs du repère ( $n$ )

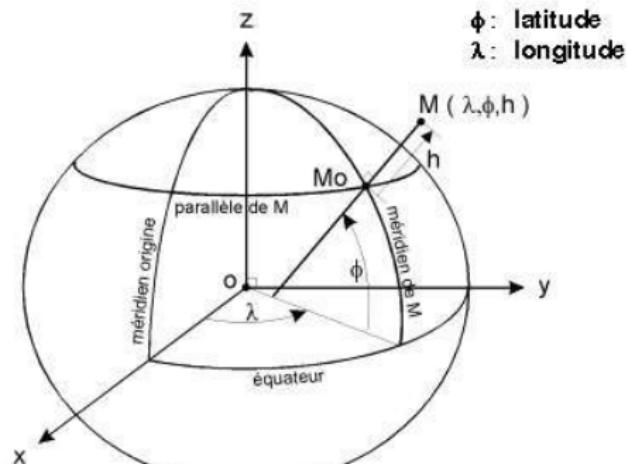
## 2.2. Systèmes de référence

### Systèmes de coordonnées

- Définis pour se **repérer dans l'espace**
- Ils peuvent être liés à :
  - ▶ une représentation du globe terrestre (= coordonnées **géographiques**)
  - ▶ un système de projection (= coordonnées **planes**)
  - ▶ un repère orthonormé indépendant d'une représentation du globe ou d'une projection (= coordonnées **cartésiennes géocentriques**)

## 2.2. Systèmes de référence

Systèmes de coordonnées géographiques  $(\lambda, \phi, h)$



(Source : IGN)

## 2.2. Systèmes de référence

### Systèmes de coordonnées géographiques $(\lambda, \phi, h)$

- La **longitude**  $\lambda$  correspond à l'angle qui sépare le méridien origine (ex. Greenwich) et le méridien passant par ce point (= l'abscisse) ;
  - ▶ La longitude varie de  $0$  à  $180^\circ$  E et  $0$  à  $180^\circ$  W
  - ▶ les points situés à une même longitude forme les *méridiens*
- La **latitude**  $\phi$  correspond à l'angle qui sépare le plan équatorial et la normale à l'ellipsoïde passant par un point donné (= l'ordonnée)
  - ▶ La latitude varie de  $0$  à  $90^\circ$  N et  $0$  à  $90^\circ$  S
  - ▶ les points situés à une même latitude forme les *parallèles*
- Le hauteur  $h$  est la **hauteur ellipsoïdale** (en supposant avoir choisi un ellipsoïde de référence)

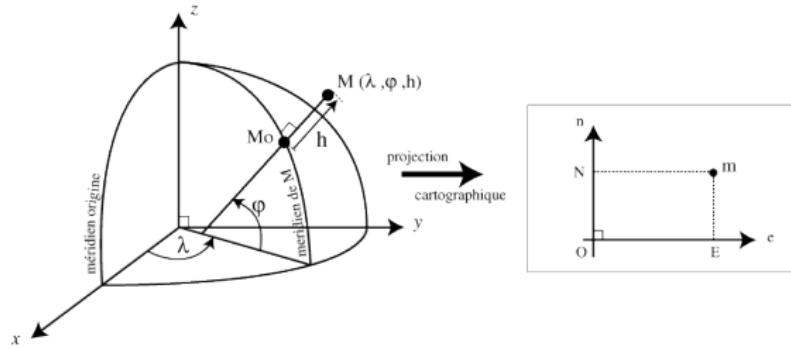
Unités : angulaires (degrés décimaux ou degrés, minutes, secondes)

## 2.2. Systèmes de référence

### Systèmes de coordonnées planes ( $X, Y, Z$ )

- Conversion de l'ellipsoïde (3D) en surface plane (2D) par l'intermédiaire d'une **projection cartographique**
- Les coordonnées sont définies dans un système rectangulaire situé sur la surface de projection

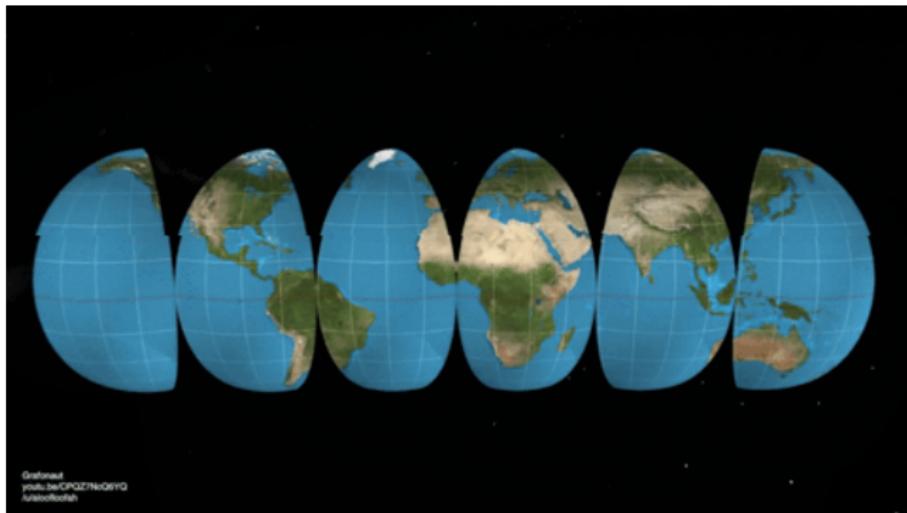
Unités : métriques



## 2.2. Systèmes de référence

Projections cartographiques :  $(X, Y, Z) = f(\lambda, \phi, h)$

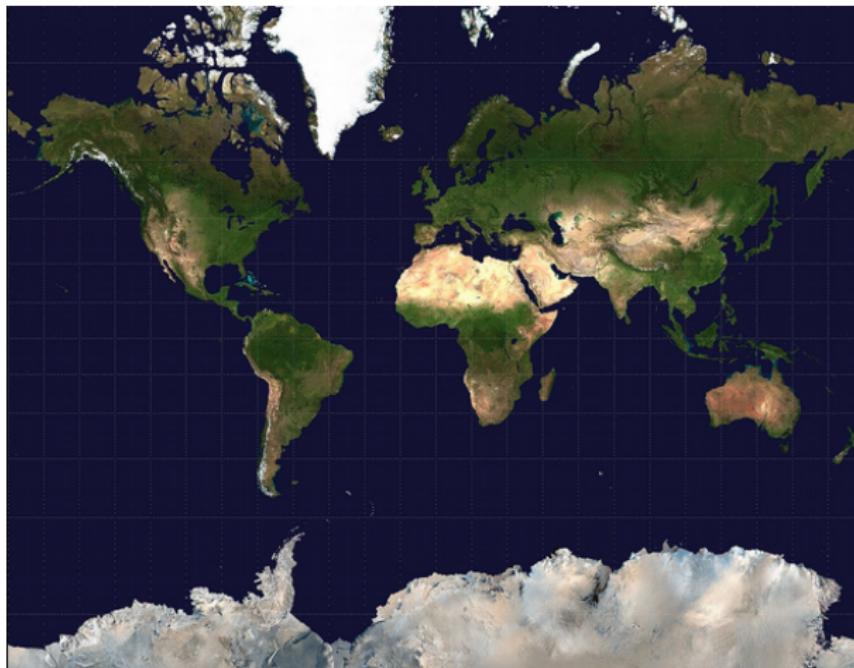
- Une sphère (ou un ellipsoïde) n'est pas développable sur un plan
- Toute projection introduit des déformations



## 2.2. Systèmes de référence

Projections cartographiques :  $(X, Y, Z) = f(\lambda, \phi, h)$

Projection de Mercator



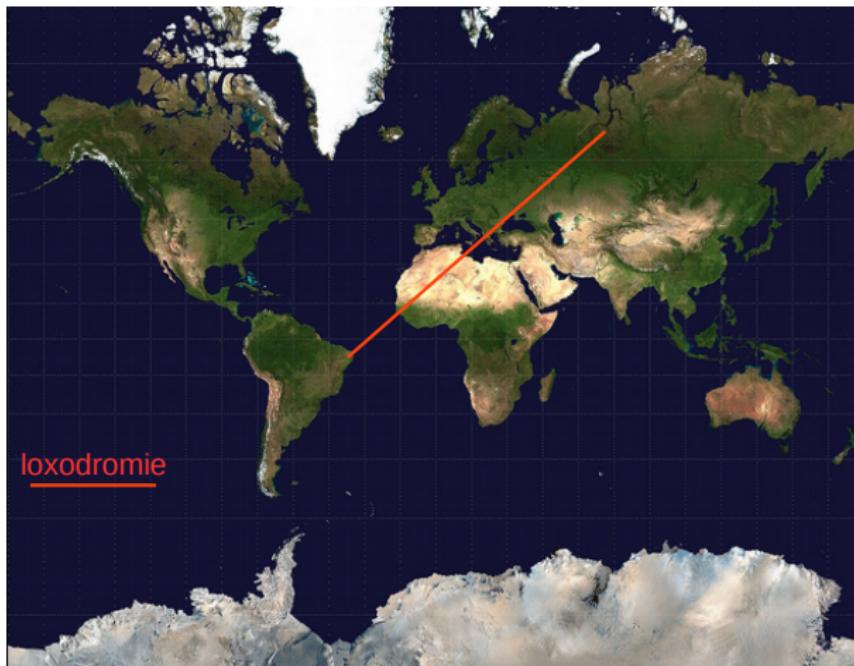
**Le Groenland, plus grand que l'Afrique ?**

En réalité : Groenland = 2 175 600 km<sup>2</sup> et Afrique = 29 800 000 km<sup>2</sup>

## 2.2. Systèmes de référence

Projections cartographiques :  $(X, Y, Z) = f(\lambda, \phi, h)$

Projection de Mercator



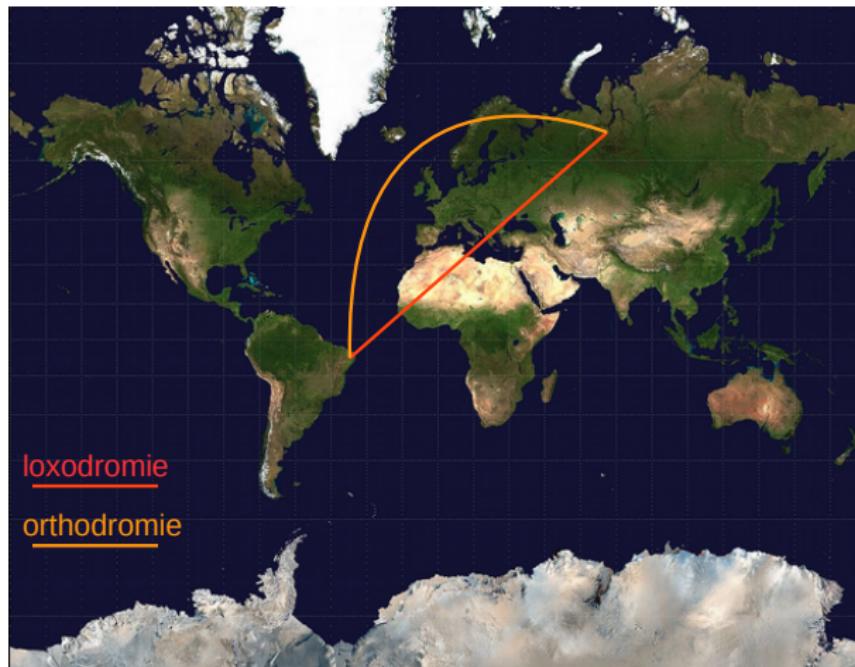
Plus court chemin = une droite ?

Loxodromie = recouplement des méridiens avec azimuth constant (cap)

## 2.2. Systèmes de référence

Projections cartographiques :  $(X, Y, Z) = f(\lambda, \phi, h)$

Projection de Mercator



Plus court chemin = un arc de grand cercle !  
Orthodromie

## 2.2. Systèmes de référence

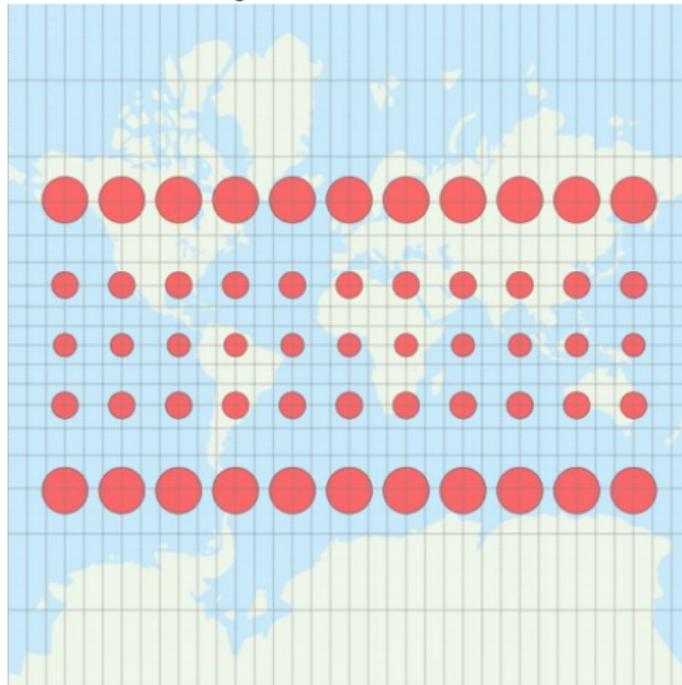
Projections cartographiques :  $(X, Y, Z) = f(\lambda, \phi, h)$

- Les projections conservent généralement une propriété géométrique (surface, angle, distance) au détriment des autres. On distingue :
  - ▶ les projections **équivalentes** : conserve les **surfaces**
  - ▶ les projections **conformes** : conserve les **angles**
  - ▶ les projections **équidistantes** : conserve les **distances**
  - ▶ les projections **aphylactiques** : aucune propriété n'est conservée
- Le **choix** d'une projection est **conventionnel**. Chaque pays choisit la projection qui **minimise les déformations**. Le choix dépend aussi de l'usage (ex. navigation maritime).

## 2.2. Systèmes de référence

Projections cartographiques :  $(X, Y, Z) = f(\lambda, \phi, h)$

Projection de Mercator

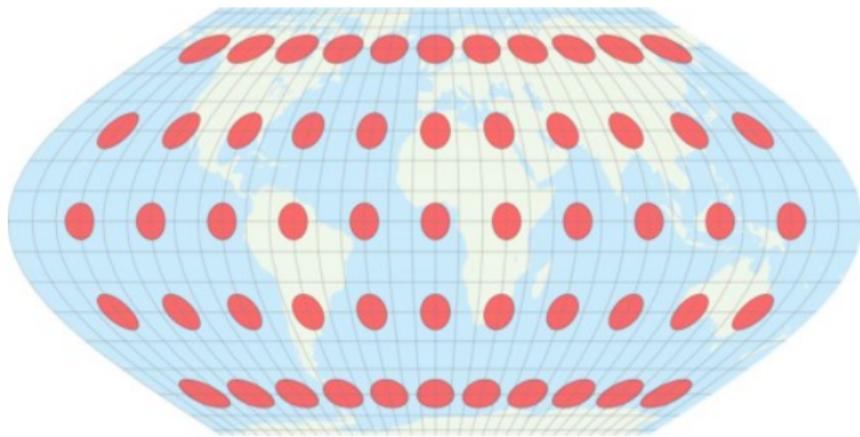


Conforme : conservation des angles mais pas des superficies

## 2.2. Systèmes de référence

Projections cartographiques :  $(X, Y, Z) = f(\lambda, \phi, h)$

Projection Eckert VI

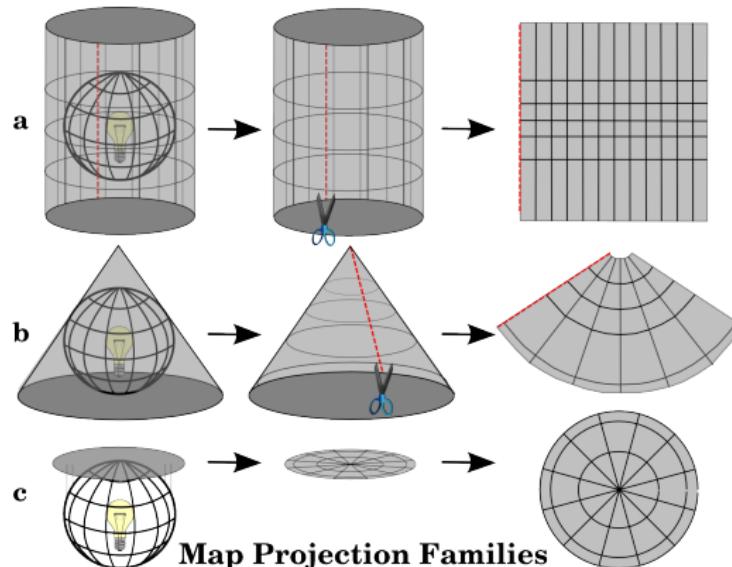


Équivalente : conservation des superficies mais pas des angles ( cercle  $\rightarrow$  ellipse )

## 2.2. Systèmes de référence

Projections cartographiques :  $(X, Y, Z) = f(\lambda, \phi, h)$

- Les projections sont définies par :
  - ① La **surface développable** choisie : **cylindre**, **cône**, **plan**

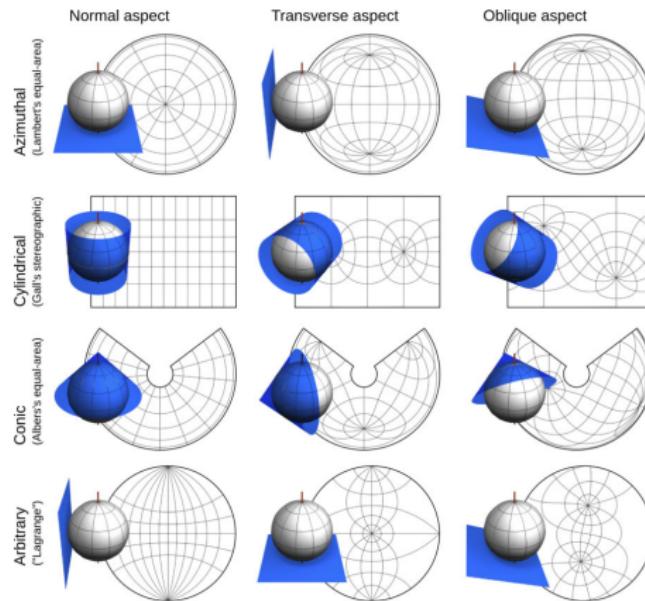


Source : Guide du SIG libre

## 2.2. Systèmes de référence

Projections cartographiques :  $(X, Y, Z) = f(\lambda, \phi, h)$

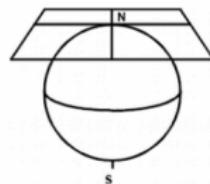
- Les projections sont définies par :
  - ② L'**aspect** : direct (ou équatorial), transverse, oblique



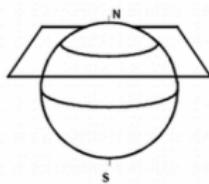
## 2.2. Systèmes de référence

Projections cartographiques :  $(X, Y, Z) = f(\lambda, \phi, h)$

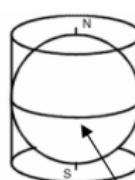
- Les projections sont définies par :
  - ③ Le type de **contact** avec la surface : **tangent** ou **sécant**



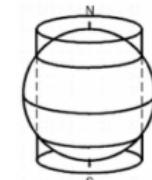
*tangent*



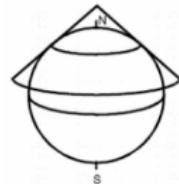
*sécant*



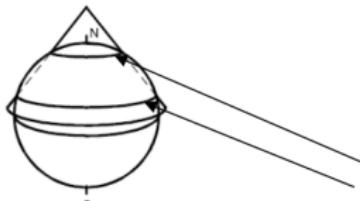
*tangent*



*sécant*



*tangent*



*sécant*

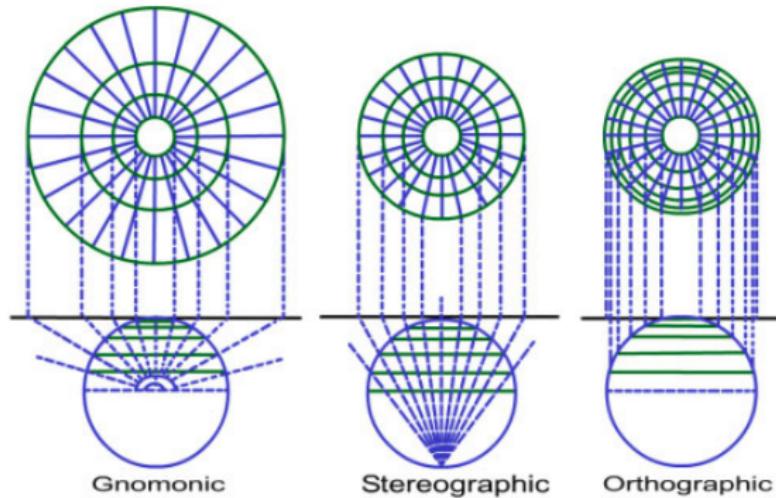
1 ligne d'échelle conservée  
(= parallèle standard - absence d'altérations)

2 lignes d'échelle conservée  
(absence d'altérations)

## 2.2. Systèmes de référence

Projections cartographiques :  $(X, Y, Z) = f(\lambda, \phi, h)$

- Les projections sont définies par :
  - ④ Le **point origine** (perspective) de la projection : **central** (ou opposé au point de tangence) ou **parallèle** (centre de perspective rejeté à l'infini)



## 2.2. Systèmes de référence

Projections cartographiques :  $(X, Y, Z) = f(\lambda, \phi, h)$

- **Projection réglementaire** actuelle en France : **Lambert-93**
- Caractéristiques :
  - ▶ Projection **conique conforme directe sécante** (conserve les angles)
    - ★ Parallèles standards (échelle conservée) à  $44^\circ$  et  $49^\circ$
    - ★ Point origine :  $3^\circ\text{E}$  Greenwich (longitude origine) et  $46^\circ 30'\text{N}$  (latitude origine)
    - ★ Coordonnées de l'origine :  $X_0 = 700\,000\text{ m}$  et  $Y_0 = 6\,600\,000\text{ m}$
  - ▶ Associée au système géodésique **RGF93**
    - ★ Ellipsoïde IAG-GRS80
  - ▶ Code EPSG:2154
- Rappel : les altitudes sont indépendantes, définies par rapport au géoïde

## 2.2. Systèmes de référence

Projections cartographiques :  $(X, Y, Z) = f(\lambda, \phi, h)$

Lambert 93



WGS 84

### **3. Le langage cartographique**

(ou comment représenter les variations de valeur de la variable d'intérêt)

### 3. Le langage cartographique

#### Définition

Le langage cartographique utilise des **signes graphiques** élémentaires (figurés, symboles) pour transmettre un **message**. Ces signes varient de manière *proportionnelle*, *ordonnée* ou *différentielle* grâce à des **variables visuelles** qui sont utilisées en respectant les règles de perception visuelle (sémiologie graphique).

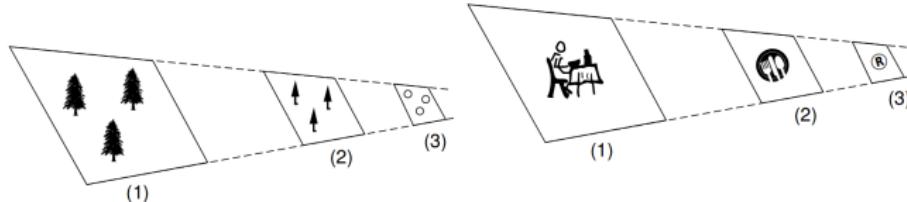
### 3.1. Les signes graphiques

Ils sont représentés par des primitives élémentaires, **point**, **ligne**, **surface**, correspondant au **mode d'implantation** de la variable cartographiée (qui peut être différent de celui du fond cartographique).

### 3.1. Les signes graphiques

#### 1. Mode d'implantation ponctuelle

- Primitive sans dimension (0D)
- Abstraction par généralisation cartographique (symbole)
- Pour être visible, on attribue au point une certaine emprise mais seul le centre a une position significative
- Symbolique : (1) **figurative**, (2) **évocatrice** ou (3) **conventionnelle**

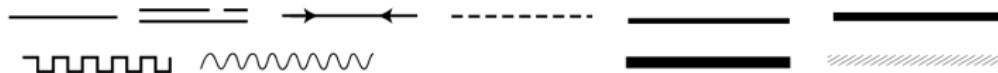


(Source : G. Weger, IGN 1999)

### 3.1. Les signes graphiques

#### 2. Mode d'implantation linéaire

- Primitive à une dimension (1D)
- Abstraction par généralisation cartographique (symbole)
- Pour être visible, on attribue à la ligne une certaine emprise mais seul l'axe a une position significative
- Symbolique : continue / discontinue, rectiligne / sinueuse, épaisse...

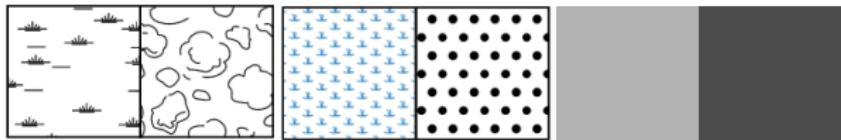


(Source : G. Weger, IGN 1999)

### 3.1. Les signes graphiques

#### 3. Mode d'implantation surfacique

- Primitive à deux dimensions (2D)
- La variable est considérée homogène sur la totalité de l'emprise
- Symbolique : **trame** (remplissage), **texture** (répétition de formes simples ou de poncifs) organisée selon un certaine **structure spatiale** (aléatoire, régulière, homogène/hétérogène)



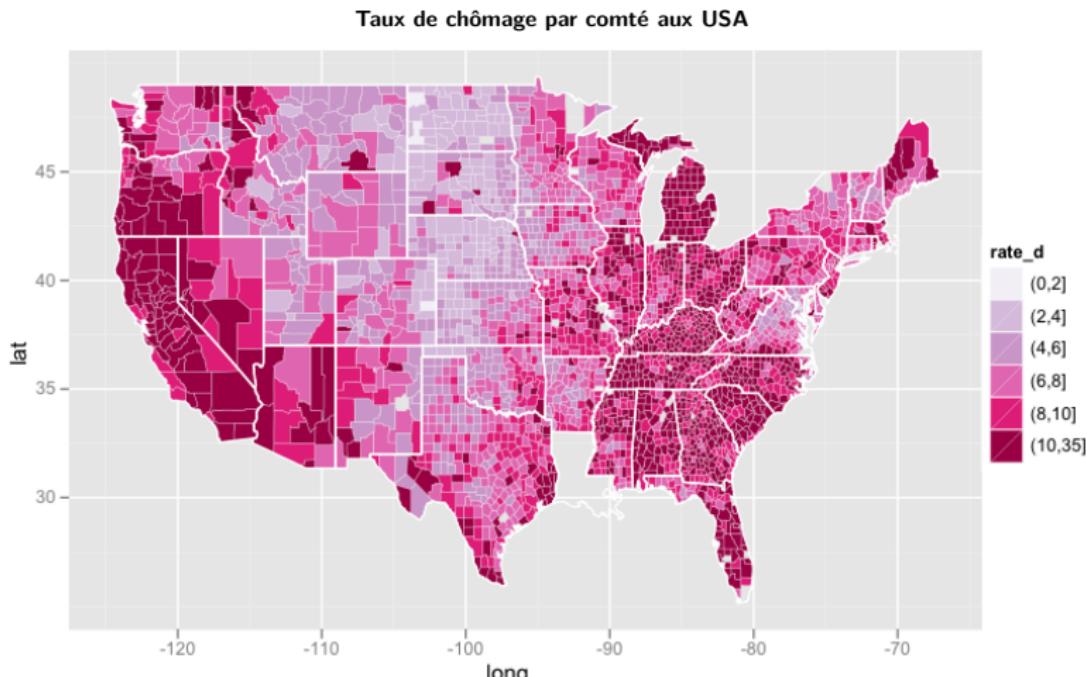
(Source : G. Weger, IGN 1999)

## 3.2. Le message cartographique

- Exprimer une **différence** entre les données localisées
  - ▶ Equivalence ou divergence, sans hiérarchie ni classement
  - ▶ Usage de variables graphiques avec propriété d'*association* et de *sélectivité*
- Exprimer un **ordre** (gradient + ou -) entre les données localisées
  - ▶ Classement de données qualitatives ou quantitatives relatives
  - ▶ Usage de variables graphiques avec propriété d'*ordre*
- Exprimer une **quantité** sur les données localisées
  - ▶ Valeur quantitative brute (non discrétisée mais naturellement ordonnée)
  - ▶ Usage de variables graphiques avec propriété de *proportionnalité*

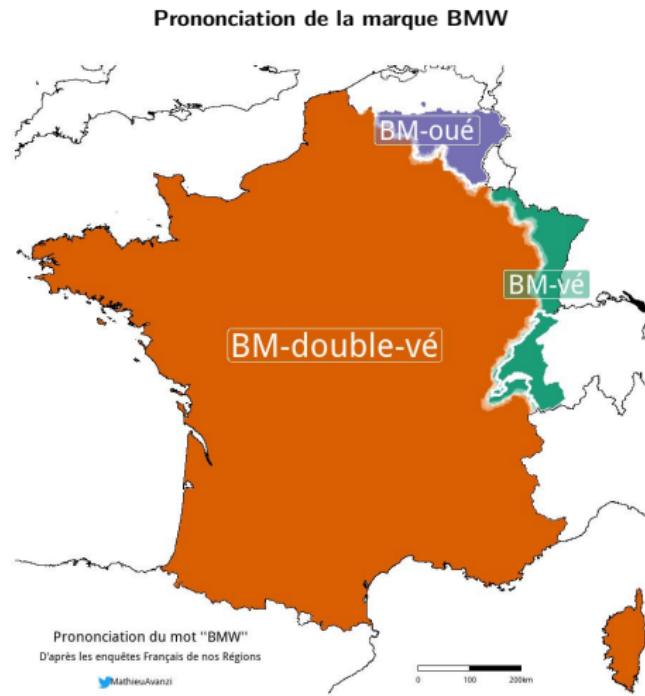
## 3.2. Le message cartographique

Quel message percevez-vous ?



## 3.2. Le message cartographique

Quel message percevez-vous ?

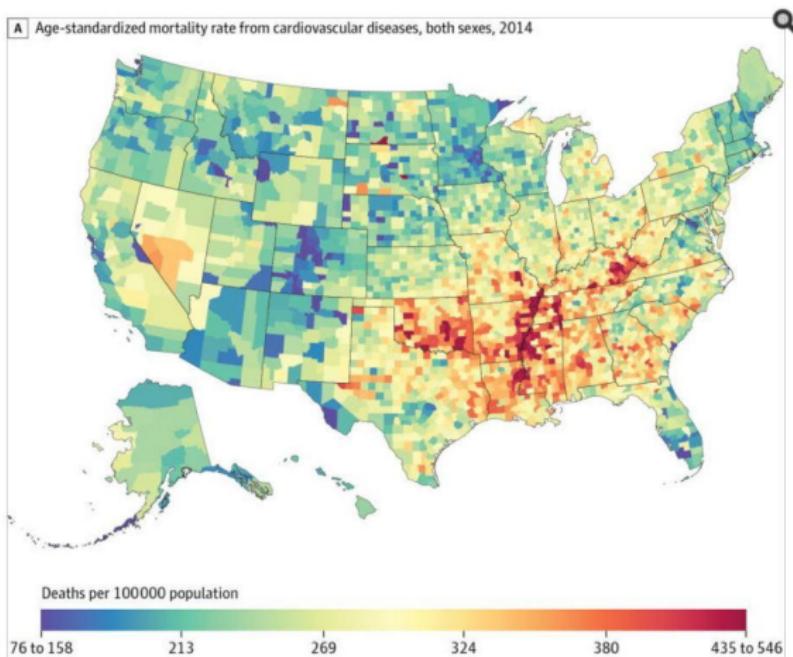


(Source : M. Avanzi)

## 3.2. Le message cartographique

Quel message percevez-vous ?

Taux de mortalité lié à des maladies cardiovasculaires, USA

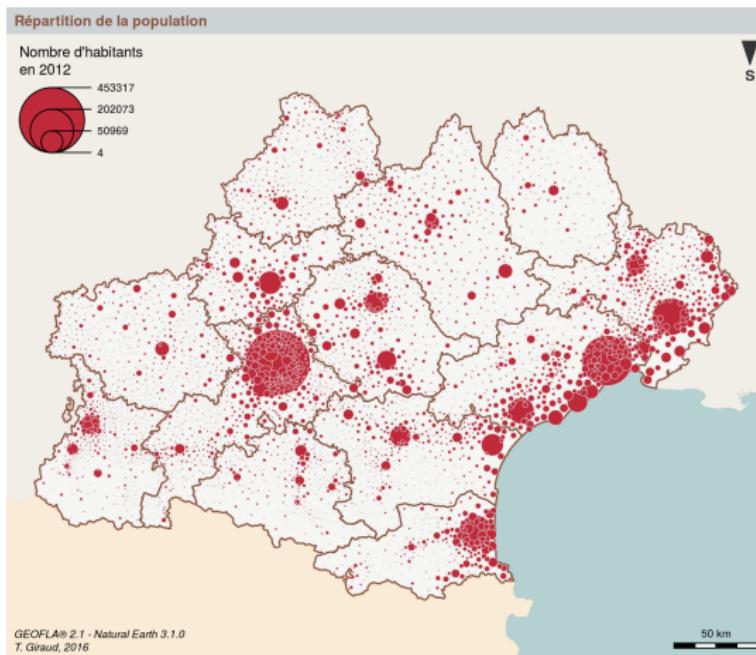


(Source : Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME), University of Washington)

## 3.2. Le message cartographique

Quel message percevez-vous ?

Population de la région Occitanie en 2012



(Source : <http://wukan.ums-riate.fr/ifsttar/>)

### 3.3. Les variables visuelles

#### Définition

Une variable visuelle (ou retinienne) est une **caractéristique graphique** associée à un signe (point, ligne, surface) **que l'on fait varier** pour retranscrire visuellement une fluctuation d'une variable thématique. Elle permet d'exprimer un message.

### 3.3. Les variables visuelles

- Les variables visuelles et les règles d'utilisation associées ont été définies par J. Bertin dans son ouvrage de référence *Sémiologie Graphique* (1968).
- Elles s'utilisent surtout en cartographie mais peuvent l'être *pour toutes formes de visualisation graphique* de données (cf. dataViz)
- On distingue 6 (+1) variables visuelles :
  - ▶ **La forme**
  - ▶ **La taille**
  - ▶ **La valeur**
  - ▶ **Le grain**
  - ▶ **L'orientation**
  - ▶ **La couleur**
  - ▶ **(La texture-structure)**

### 3.3. Les variables visuelles

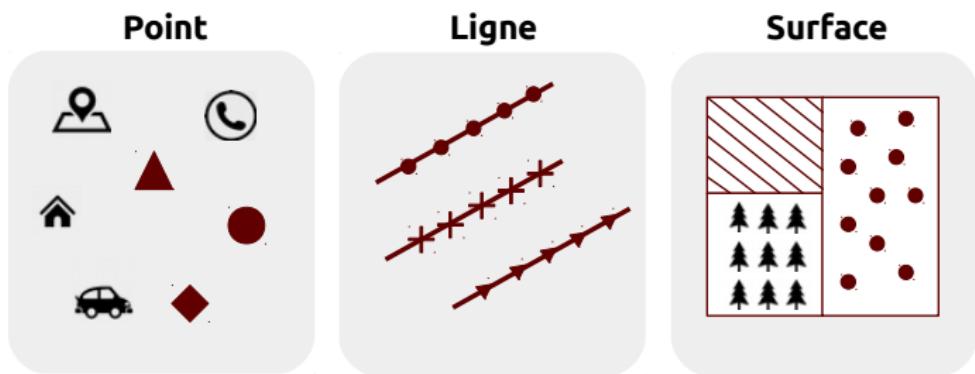
#### 1. La forme

- Propriété de la variable :
  - ▶ Traduit une *différence* (association ou sélectivité)
  - ▶ Distingue des données qualitatives nominales
- Variation géométrique du signe graphique :
  - ▶ Ponctuel : infinité de motifs possibles
  - ▶ Linéaire : variation du symbole (ce qui peut engendrer aussi un changement de taille, grain...)
  - ▶ Surfacique : usage de poncifs (ce qui revient à faire varier la texture-structure)
- Surtout employée en implantation ponctuelle; pour une lecture efficace et immédiate : limiter le nombre de motifs (ex. 3 à 4 en implantation surfacique)

### 3.3. Les variables visuelles

#### 1. La forme

Variable visuelle : FORME



(D'après Lambert et Zanin 2016)

### 3.3. Les variables visuelles

#### 1. La forme

Légende de carte topographique IGN 1/25 000



### 3.3. Les variables visuelles

#### 1. La forme

Légende de carte topographique IGN 1/25 000

	Bois
	Forêt : de feuillus, de conifères, mixte
	Forêt ouverte. Lande ligneuse
	Peupleraie. Verger
	Vigne. Végétation aquatique
	Mangrove. Canne à sucre, bananeraie
	Éboulis et moraine. Coulée d'éboulis
	Graviers ou galets : secs, humides
	Sable : sec, humide
	Fond de cuvette humide
	Rochers : en zone sèche, en zone inondable

### 3.3. Les variables visuelles

#### 2. La taille

- Propriété de la variable :
  - ▶ Traduit une *quantité* (proportionnalité)
    - ★ **la seule variable pour cette propriété !**
  - ▶ Traduit naturellement un *ordre* et une *différence* (propriétés secondaires)
  - ▶ Distingue des données quantitatives absolues
- Variation géométrique du signe graphique :
  - ▶ Ponctuel : variation de la surface du symbole (cercles ou carrés proportionnels)
  - ▶ Linéaire : variation de l'épaisseur (carte de flux)
  - ▶ Surfacique : peu adapté (mais voir *anamorphose* et carte *par points Bertin*)

### 3.3. Les variables visuelles

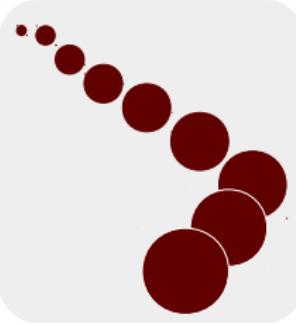
#### 2. La taille

Variable visuelle : TAILLE

Point

Ligne

Surface



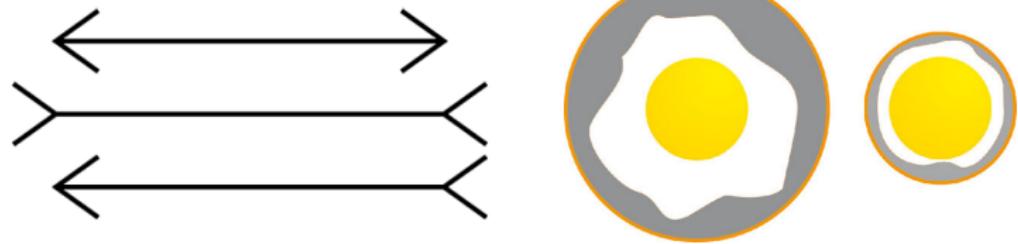
n.a

(D'après Lambert et Zanin 2016)

### 3.3. Les variables visuelles

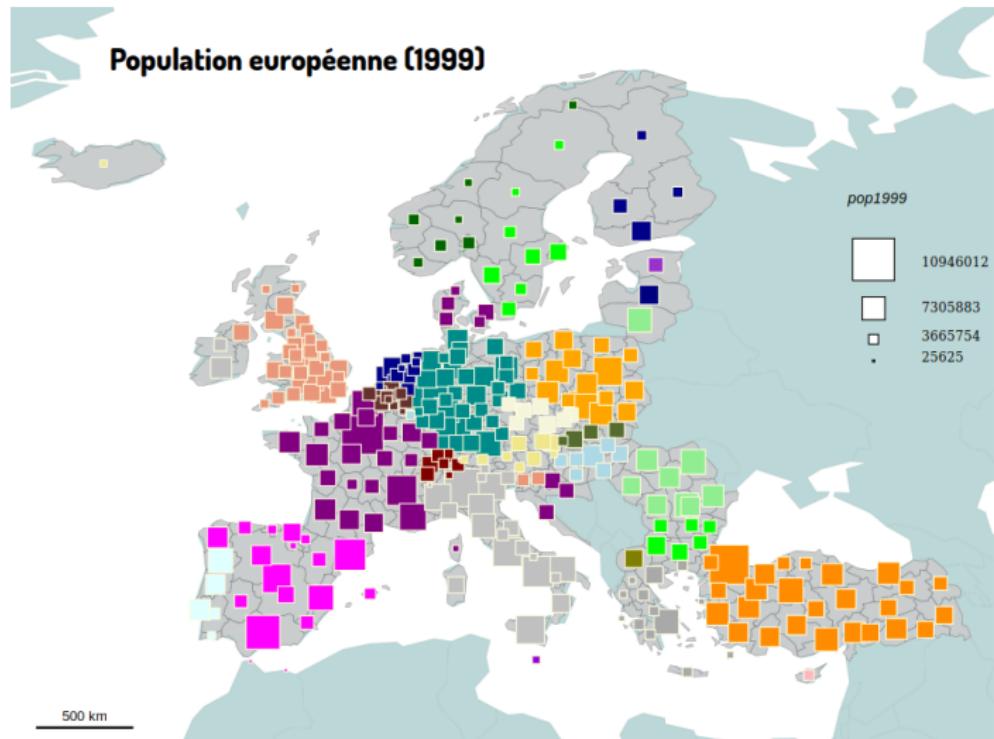
#### 2. La taille

Attention aux effets d'optique !



### 3.3. Les variables visuelles

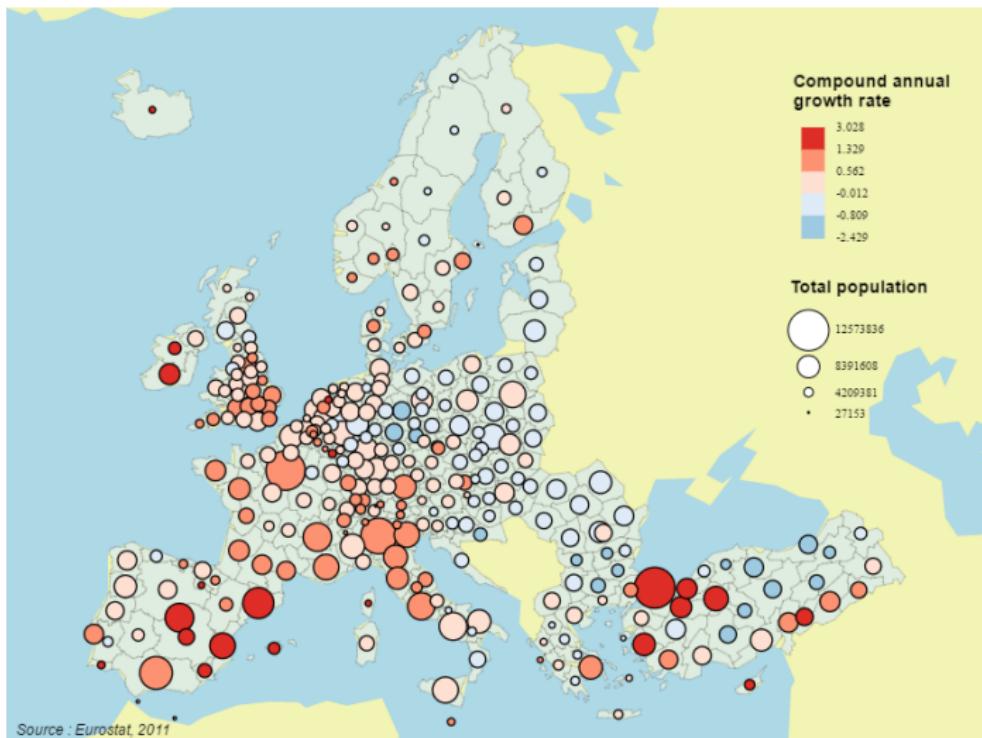
#### 2. La taille



(Source : Les docs de Magrit)

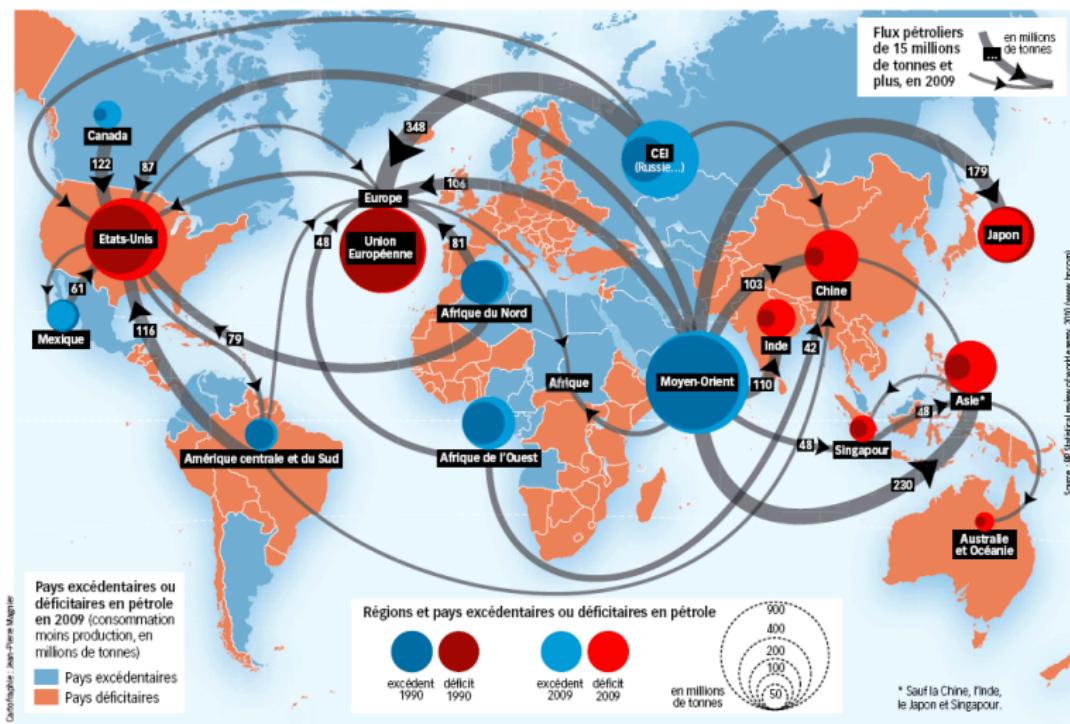
### 3.3. Les variables visuelles

#### 2. La taille



### 3.3. Les variables visuelles

#### 2. La taille

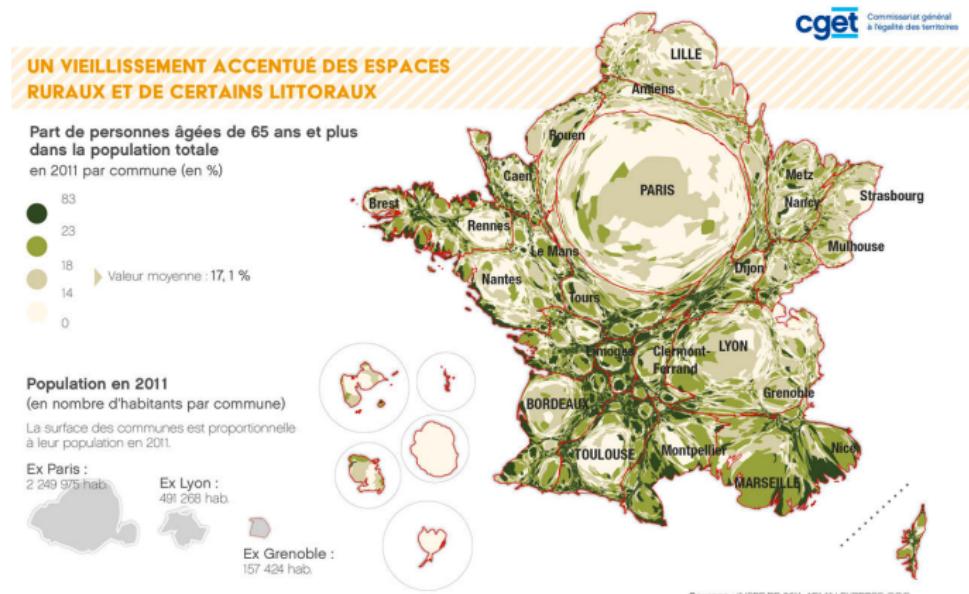


### 3.3. Les variables visuelles

#### 2. La taille

##### Anamorphose

Surfaces déformées en fonction des valeurs d'une variable quantitative (ici : population)

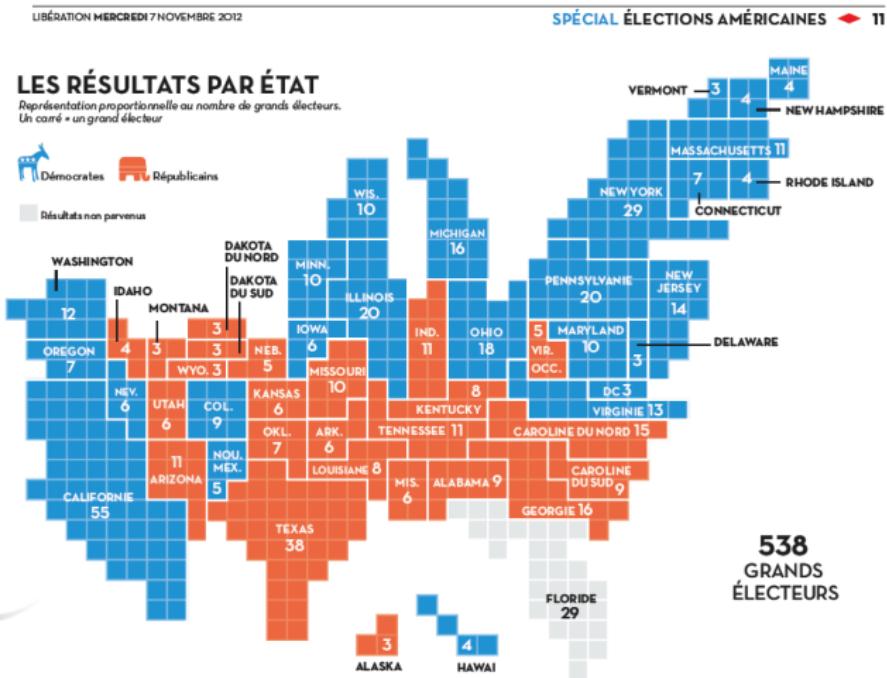


(Source : <https://cartothèque.cget.gouv.fr/cartes>)

### 3.3. Les variables visuelles

#### 2. La taille

Une autre représentation proportionnelle...



### 3.3. Les variables visuelles

#### 3. La valeur

- Propriété de la variable :
  - ▶ Traduit un *ordre* (gradient)
    - ★ quantitatif par construction mais ne traduit pas cette propriété !
  - ▶ Traduit aussi une *différence* (sélectivité, association) de façon secondaire
  - ▶ Distingue des données qualitatives ordinaires ou quantitatives relatives
- Variation du **rappor**t entre la **quantité de noir et blanc** perçu :
  - ▶ Progression continue du plus clair au plus foncé
    - ★ Pour les niveaux de gris : variation de l'*intensité lumineuse*
    - ★ Pour une teinte choisie : variation monochrome de l'*intensité lumineuse* et de la *saturation* (degré de pureté de la couleur) = camaïeu
- Longueur de la variable : de 3 à 7-8 paliers selon la teinte

### 3.3. Les variables visuelles

#### 3. La valeur

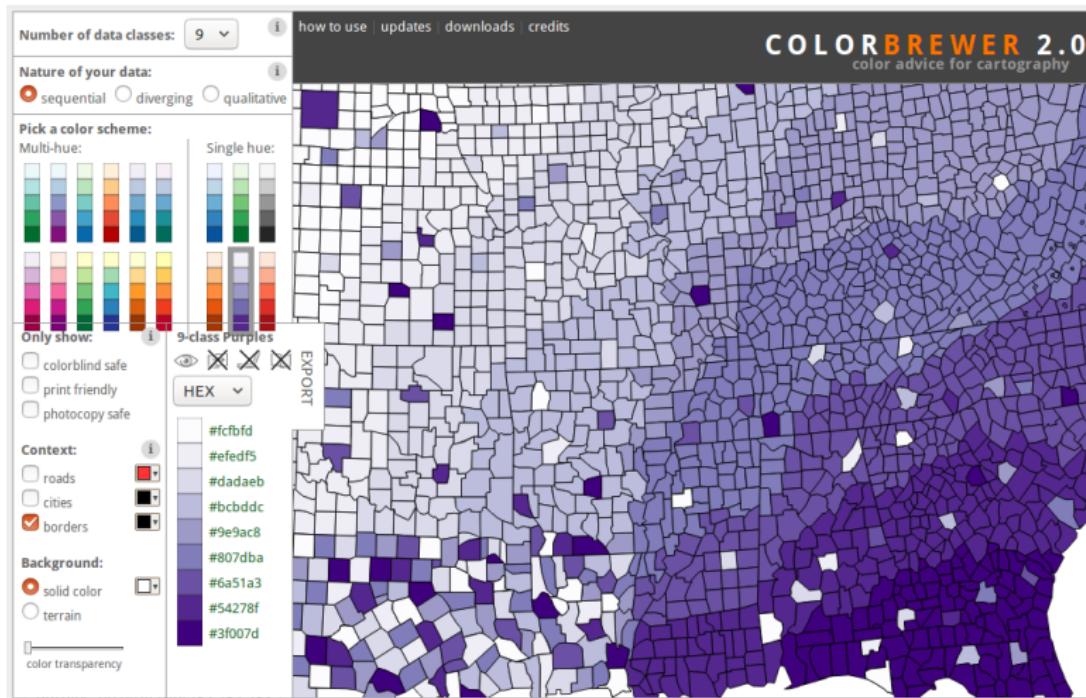
Variable visuelle : VALEUR



(D'après Lambert et Zanin 2016)

## 3.3. Les variables visuelles

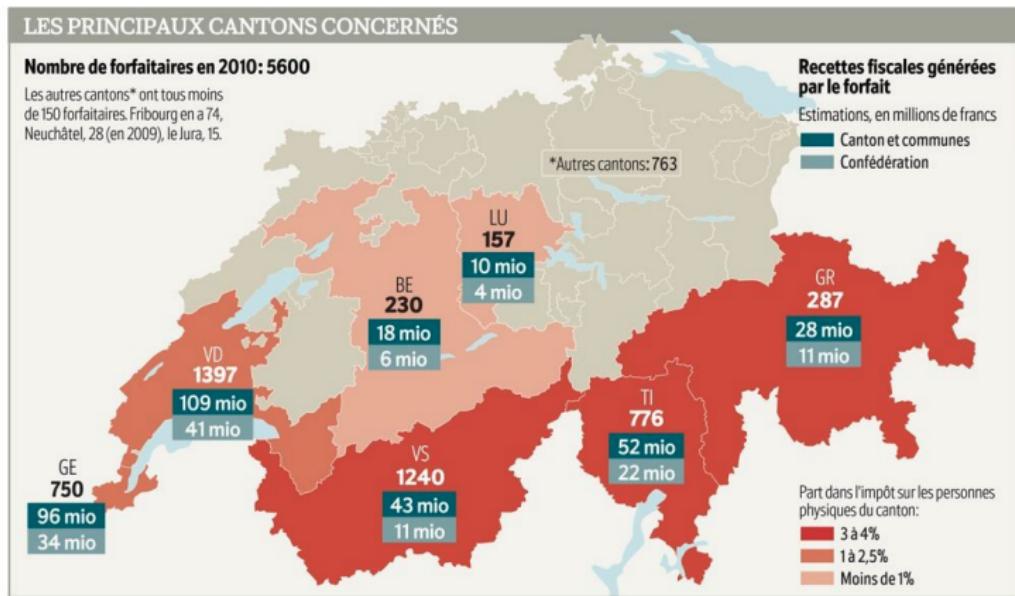
### 3. La valeur



### 3.3. Les variables visuelles

#### 3. La valeur

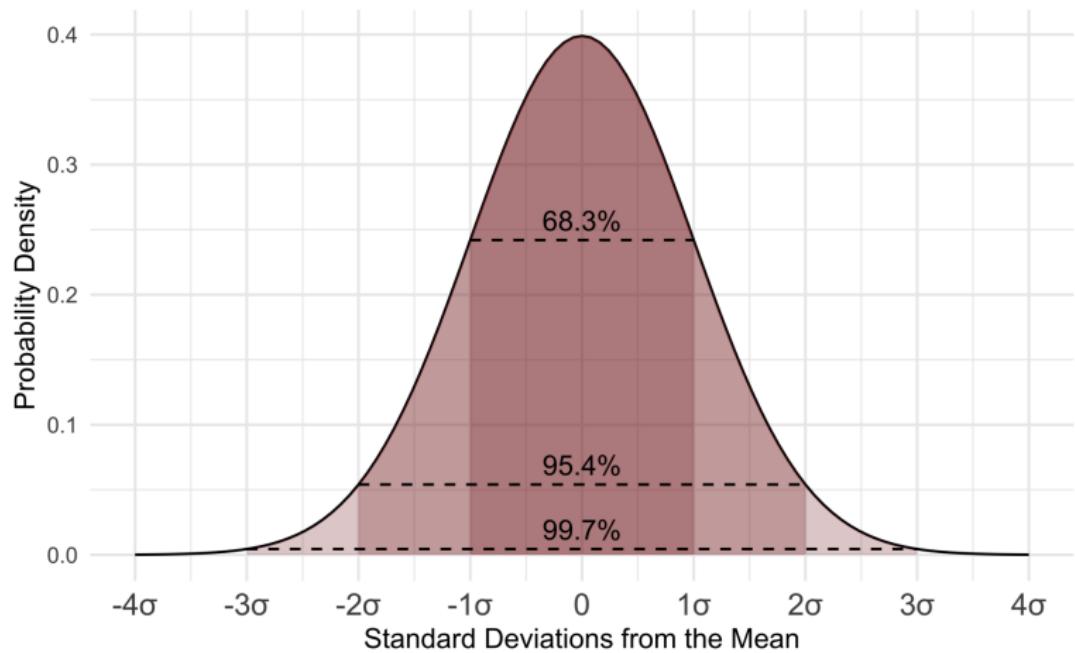
Qu'en pensez-vous ?



### 3.3. Les variables visuelles

#### 3. La valeur

Carte ou graphique : c'est pareil !

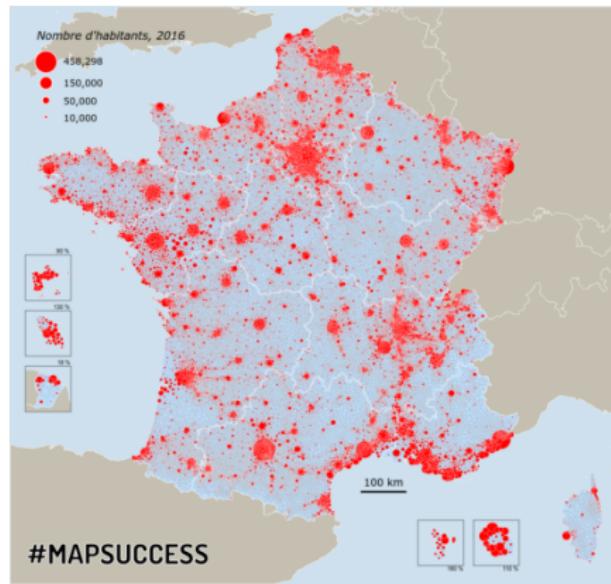
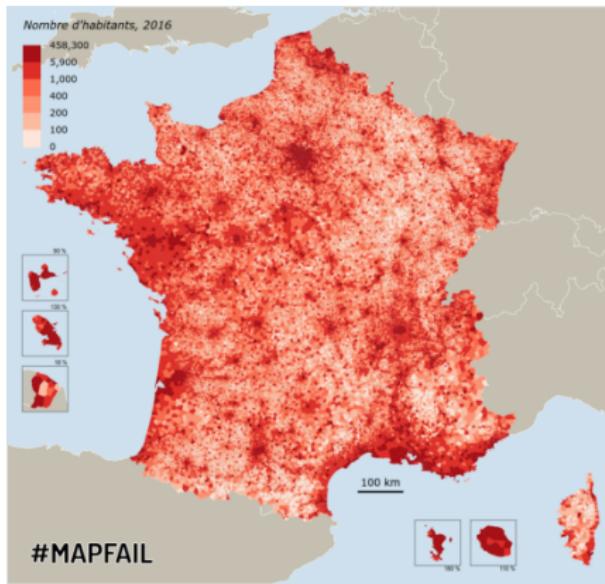


### 3.3. Les variables visuelles

#### 3. La valeur

##### Attention !

En implantation surfacique, ne pas utiliser la valeur pour représenter une quantité absolue. Il faut **rendre la quantité indépendante de la surface**  
→ changer la variable (densité, %... ) ou le mode d'implantation (ponctuel)



### 3.3. Les variables visuelles

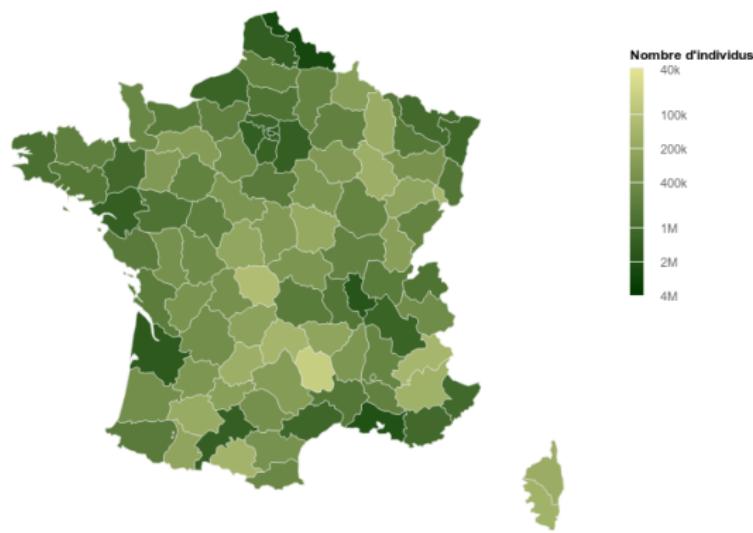
#### 3. La valeur

#MAPFAIL

(Idem : à ne jamais faire pour une quantité absolue)

#### Répartition de la population en France métropolitaine ≡

Données mises à jour en 2018

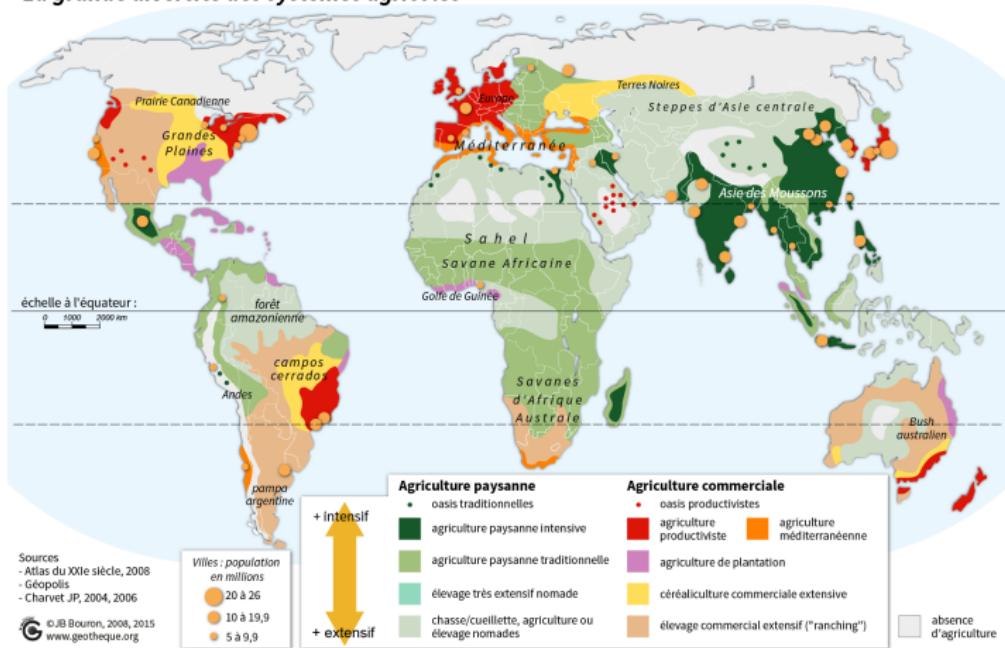


### 3.3. Les variables visuelles

#### 3. La valeur

Qu'en pensez-vous ?

*La grande diversité des systèmes agricoles*

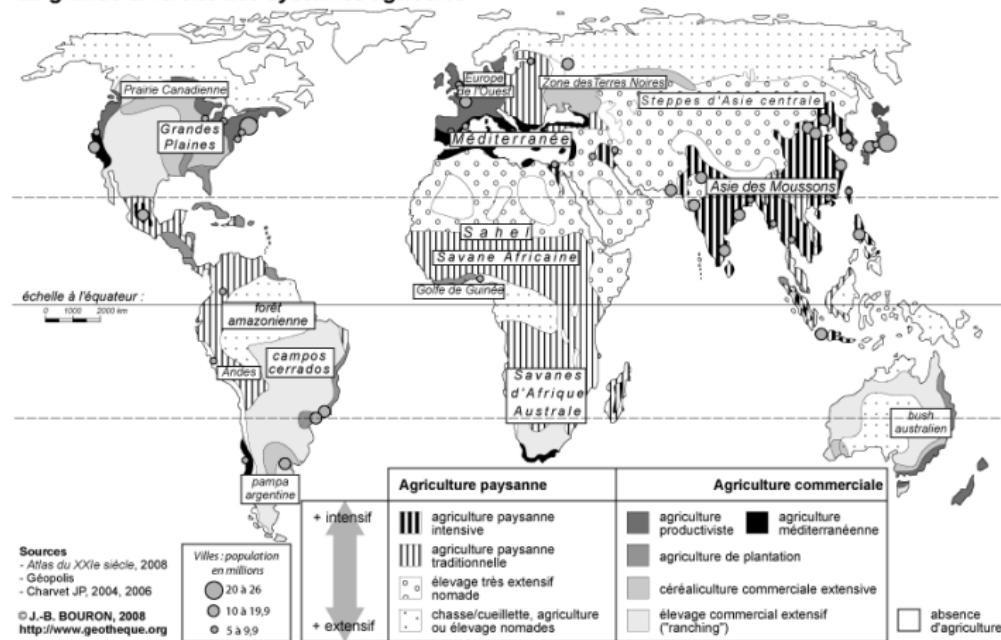


### 3.3. Les variables visuelles

#### 3. La valeur

Qu'en pensez-vous ?

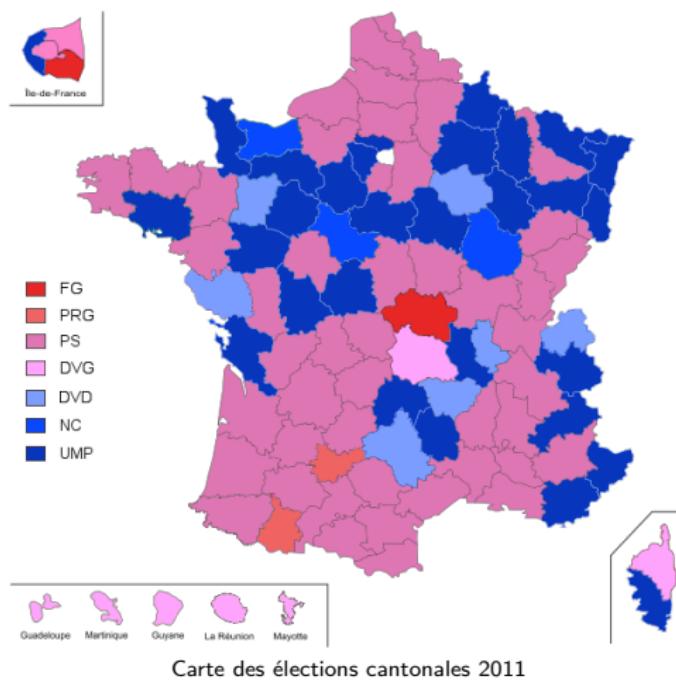
*La grande diversité des systèmes agricoles*



### 3.3. Les variables visuelles

#### 3. La valeur

Qu'en pensez-vous ?

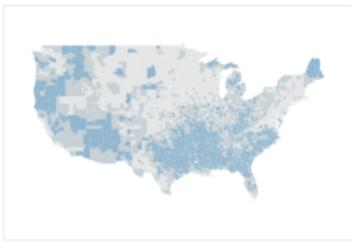


### 3.3. Les variables visuelles

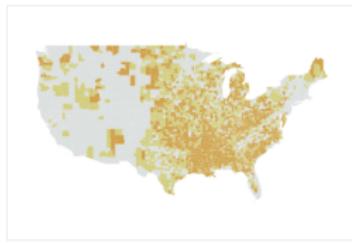
#### 3. La valeur

#### Représentation bivariée

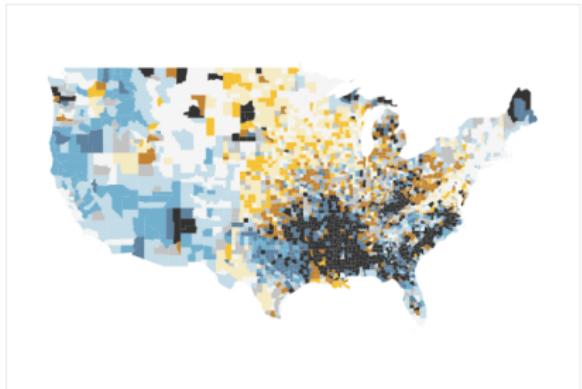
Food Insecurity Rate



Obesity Rate



Food insecurity vs. Obesity



### 3.3. Les variables visuelles

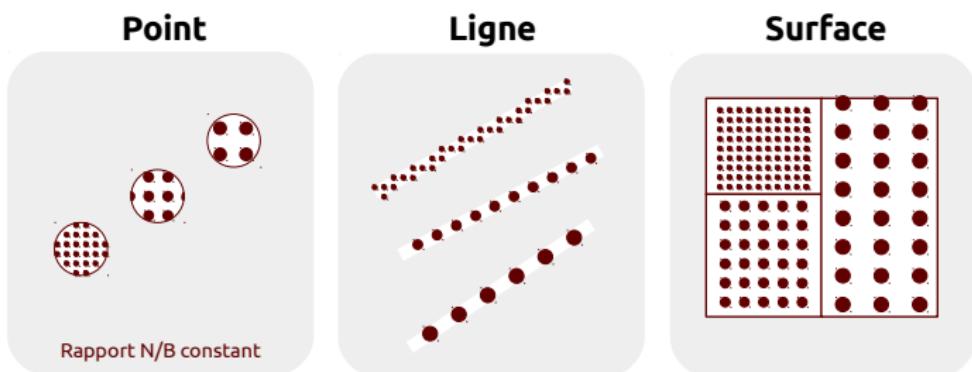
#### 4. Le grain

- Propriété de la variable :
  - ▶ Traduit un *ordre* (gradient)
    - ★ **quantitatif par construction mais ne traduit pas cette propriété !**
  - ▶ Traduit aussi une *différence* (sélectivité, association) de façon secondaire
  - ▶ Distingue des données qualitatives ordinaires ou quantitatives relatives
- Variation de **quantité de signes** (texture) par unité de surface :
  - ▶ Le rapport entre la *quantité de noir et blanc reste le même !*
    - ★ revient à appliquer un zoom photographique (agrandissement ou réduction)
    - ★ taille du signe variable pour conserver le rapport N/B
- Longueur de la variable : de 3 à 7 paliers (selon mode d'implantation)
- Peu utilisée en pratique; obtention d'une variation rigoureuse difficile

### 3.3. Les variables visuelles

#### 4. Le grain

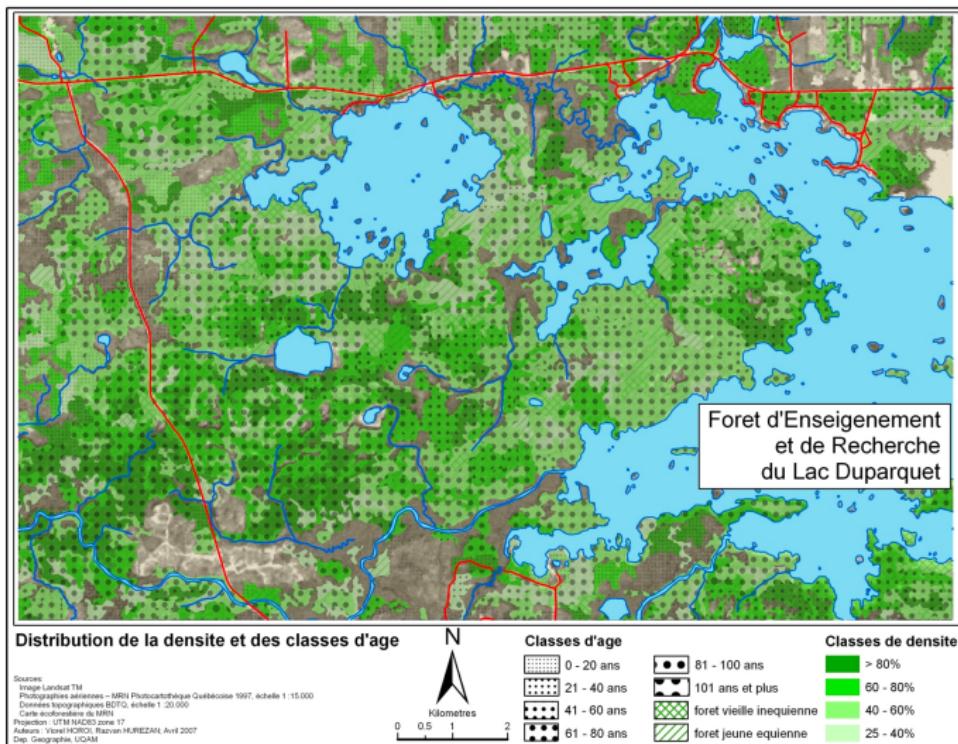
Variable visuelle : GRAIN



(D'après Lambert et Zanin 2016)

### 3.3. Les variables visuelles

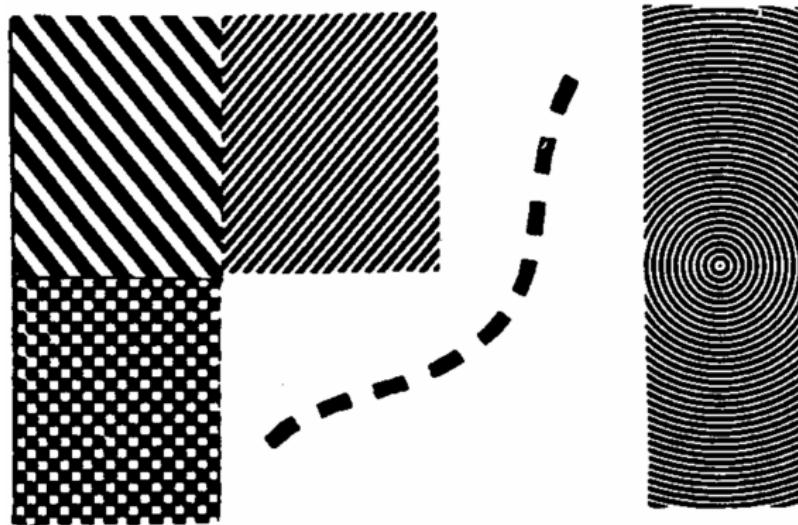
#### 4. Le grain



### 3.3. Les variables visuelles

#### 4. Le grain

Attention à l'effet vibratoire à 50% de valeur !



### 3.3. Les variables visuelles

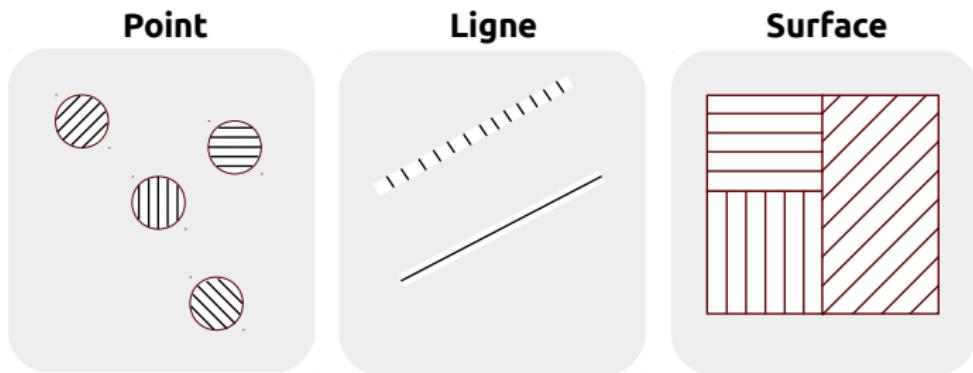
#### 5. L'orientation

- Propriété de la variable :
  - ▶ Traduit une *différence* (association, sélectivité)
    - ★ ne traduit pas un ordre !
  - ▶ Distingue des données qualitatives nominales
- Variation d'angle du signe graphique :
  - ▶ S'applique surtout avec des signes graphiques linéaires
- Longueur de la variable :
  - ▶ Ponctuel ou surfacique : 4 paliers
  - ▶ Linéaire : 2 paliers
- Peu efficace en pratique

### 3.3. Les variables visuelles

#### 5. L'orientation

Variable visuelle : ORIENTATION



(D'après Lambert et Zanin 2016)

### 3.3. Les variables visuelles

#### 6. La couleur

- Propriété de la variable :
  - ▶ Traduit avant tout une *différence* (association, sélectivité)
    - ★ peut exprimer un ordre en utilisant uniquement l'ordre physique des couleurs : du bleu au rouge foncé en passant par le vert, jaune, orange
    - ★ de façon générale : ordre à éviter
  - ▶ Distingue des données qualitatives nominales
- Variation du signe graphique :
  - ▶ Cas usuel : changement de **teinte** en gardant la **même intensité** (pour éviter un ordre)
  - ▶ Cas ordonné : changement de teinte en respectant l'ordre physique (gradation harmonique voire double gradation avec camaïeux)
- Longueur de la variable : jusqu'à 7-8 paliers

### 3.3. Les variables visuelles

#### 6. La couleur

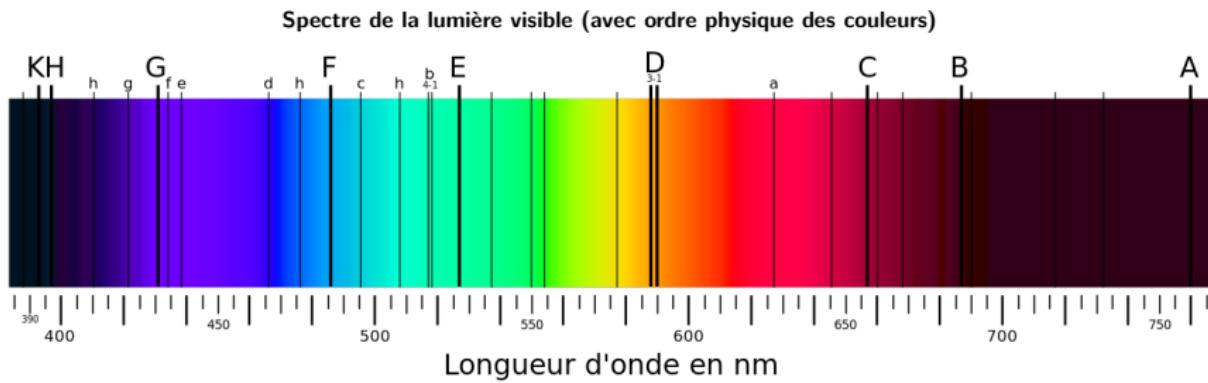
Variable visuelle : COULEUR



(D'après Lambert et Zanin 2016)

### 3.3. Les variables visuelles

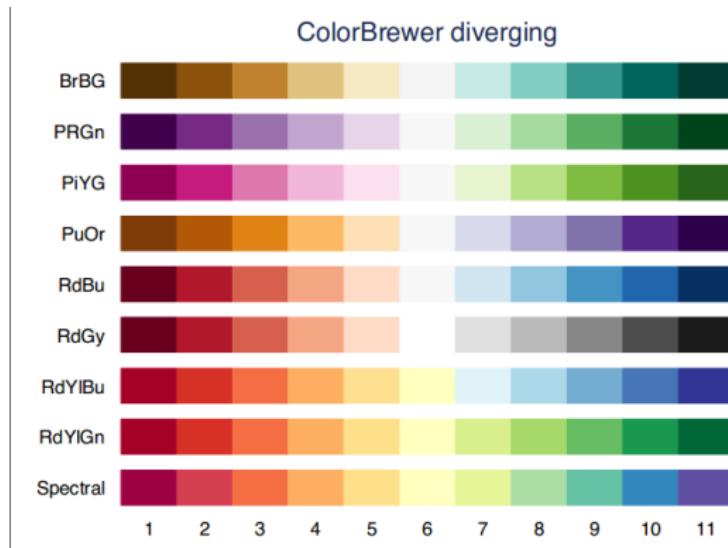
#### 6. La couleur



Opposition possible des couleurs froides (partie à gauche du spectre) et couleurs chaudes (partie à droite)

### 3.3. Les variables visuelles

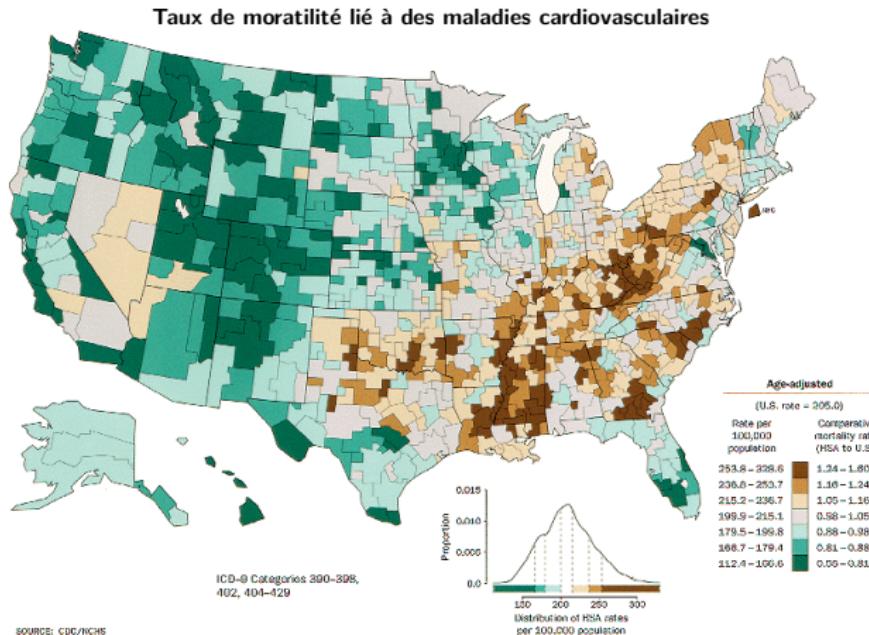
#### 6. La couleur



**Double gradations harmoniques** (symétrique) avec opposition couleurs froides/chaudes ou  
**doubles camaïeux** (2 teintes seulement + variation de valeur)

### 3.3. Les variables visuelles

#### 6. La couleur



**Différence par la couleur (opposition autour de la valeur moyenne)  
et Ordre par la variation de valeur**

### 3.3. Les variables visuelles

#### 6. La couleur : différents codages

- **RVB** (Rouge, Vert, Bleu) :

- ▶ Utilisé pour l'affichage sur écran (pixels noirs au départ)
- ▶ Couleurs dites fondamentales ou *secondaires*
- ▶ Principe de la *synthèse additive* (combinaison de lumières colorées)

- **CMJN** (Cyan, Magenta, Jaune, Noir) :

- ▶ Utilisé pour l'imprimerie en quadrichromie - cartouches d'encre (feuille blanche au départ)
- ▶ Couleurs dites *primaires*
- ▶ Principe de la *synthèse soustractive* (absorption des couleurs secondaires de la lumière incidente → filtre)

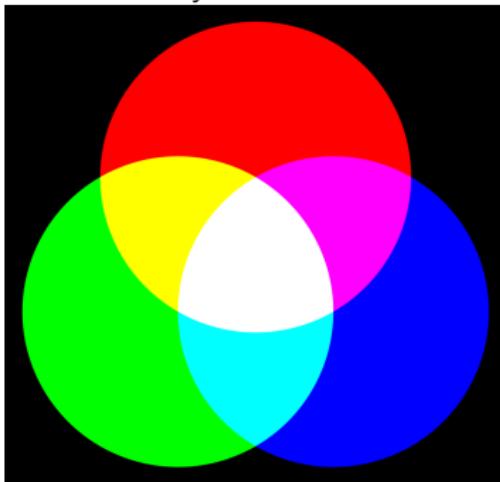
- **ITS** (Intensité, Teinte, Saturation) :

- ▶ Modèle plus proche de la perception humaine des couleurs

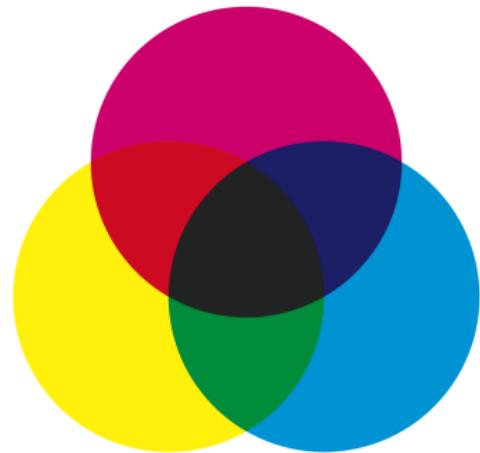
### 3.3. Les variables visuelles

#### 6. La couleur : différents codages

Synthèse additive



Synthèse soustractive



Le *cyan* absorbe au blanc la couleur *rouge*

Le *magenta* absorbe au blanc le *vert*

Le *jaune* absorbe au blanc le *bleu*

Si *cyan* + *magenta* → absorption du *rouge* et *vert* → reste du *bleu*  
Si *cyan* + *jaune* → absorption du *rouge* et *bleu* → reste du *vert*

### 3.3. Les variables visuelles

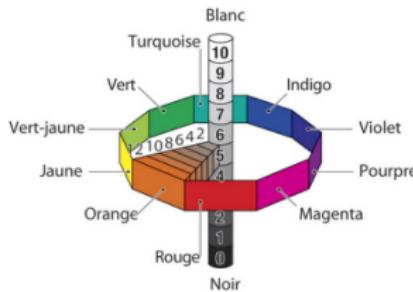
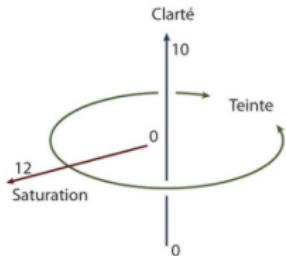
#### 6. La couleur : différents codages

Mode **ITS** : intensité, teinte et saturation (système de Munsell)

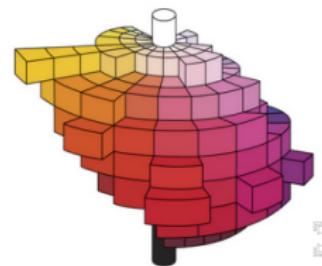
**Teinte** = sensation colorée (vert, jaune, rouge...) réparties autour du cercle selon un angle

**Intensité** = clarté ou luminosité (foncé ou clair) repartie le long de l'axe vertical

**Saturation** = degré de pureté de la couleur qui augmente avec la distance au centre



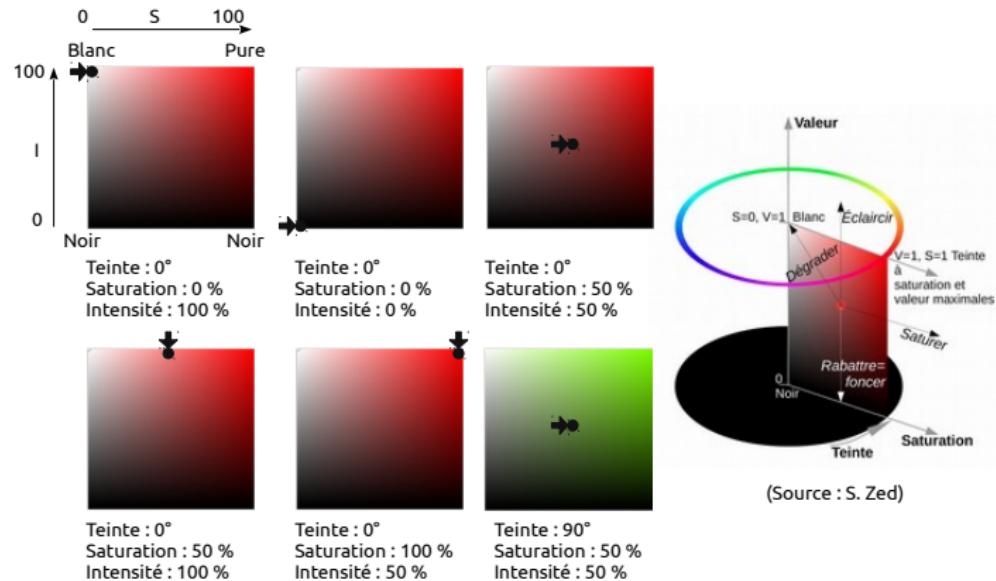
(Source : S. Léger, Interscript Inc.)



### 3.3. Les variables visuelles

#### 6. La couleur : différents codages

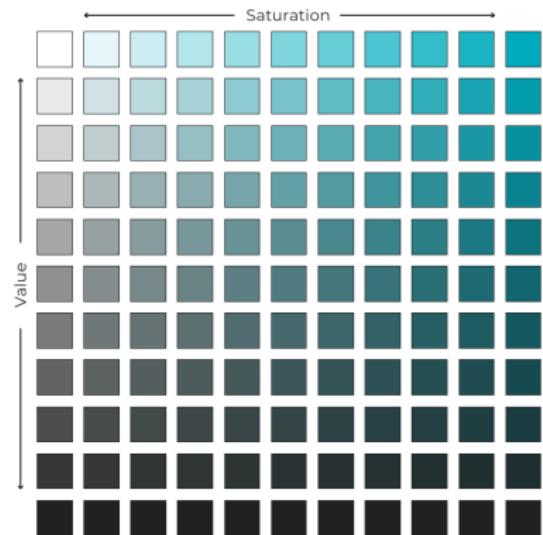
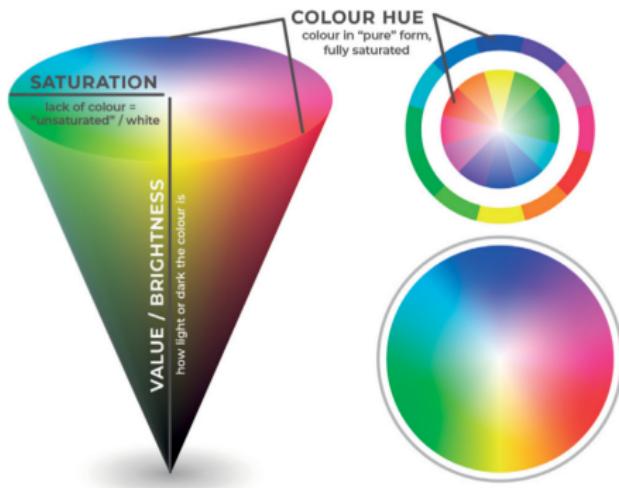
Mode **ITS** : intensité, teinte et saturation (système de Munsell)



### 3.3. Les variables visuelles

#### 6. La couleur : différents codages

Mode **ITS** : intensité, teinte et saturation (système de Munsell)



(Source : J. Kleineberg)

### 3.3. Les variables visuelles

#### 6. La couleur

Qu'en pensez-vous ?



### 3.3. Les variables visuelles

#### 6. La couleur

Qu'en pensez-vous ?



### 3.3. Les variables visuelles

#### 6. La couleur

Qu'en pensez-vous ?



23 955 Retweets 83 286 J'aime



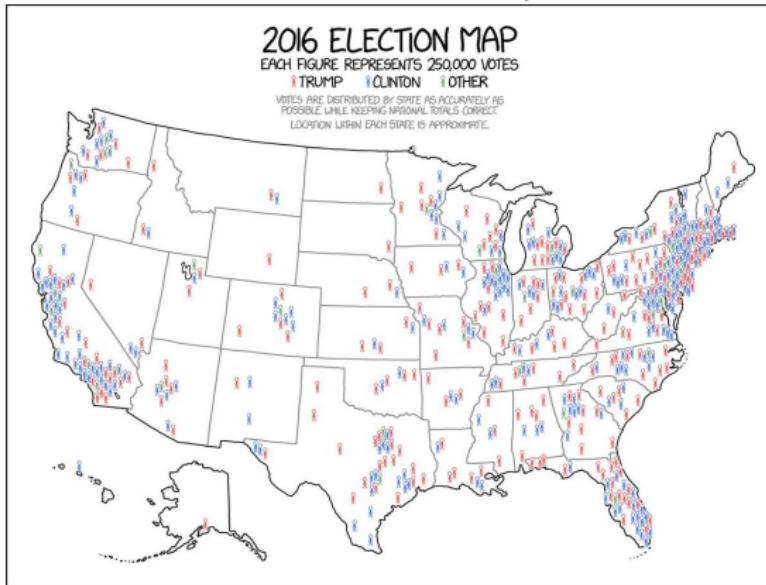
Couleur du vainqueur par comté (rouge = républicain; bleu = démocrate)

### 3.3. Les variables visuelles

#### 6. La couleur

Qu'en pensez-vous ?

“Acres don't vote, People do” (@AlbertoCairo)

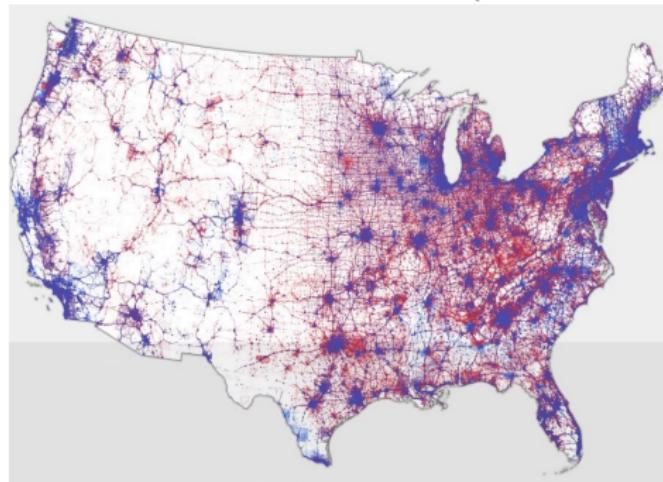


### 3.3. Les variables visuelles

#### 6. La couleur

Qu'en pensez-vous ?

“Acres don't vote, People do” (@AlbertoCairo)



Carte en densité de points : 1 point = 1 vote

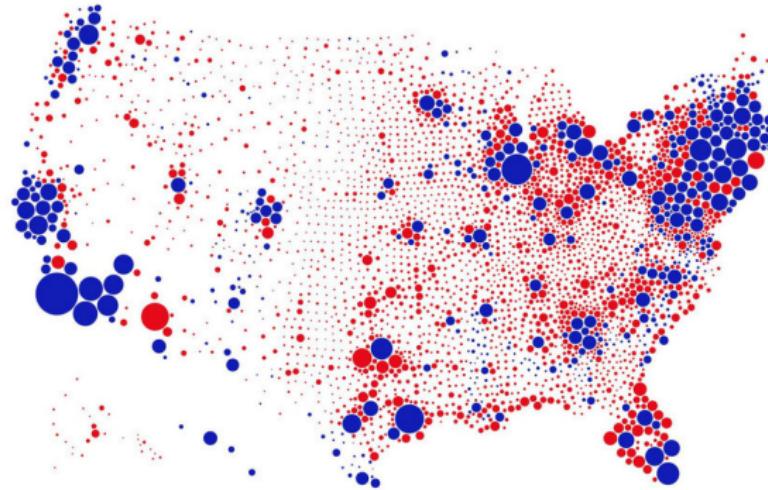
Certains endroits très grands ne représentent que très peu d'électeurs... Pour montrer le soutien populaire, il faut utiliser une représentation qui tient compte du nombre de votants ! (Merci @JulesGrandin pour le fil)

### 3.3. Les variables visuelles

#### 6. La couleur

Qu'en pensez-vous ?

“Acres don't vote, People do” (@AlbertoCairo)



Taille proportionnelle à la population de chaque comté (Source : Karim Douïeb)

### 3.3. Les variables visuelles

#### 7. La texture-structure

- Propriété de la variable :
  - ▶ Traduit un *ordre* (gradient)
    - ★ **par variation de valeur**
  - ▶ Traduit aussi une *différence* (sélectivité, association)
    - ★ **par conservation de valeur** (absence de hiérarchie)
  - ▶ Distingue des données qualitatives nominales, ordinaires ou quantitatives relatives
- Variation de l'espacement ou épaisseur (graisse) des signes
  - ▶ Le rapport entre la **quantité de noir et blanc change** (ordre)
- Variation du signe graphique et de la répartition
  - ▶ Le rapport entre la **quantité de noir et blanc reste le même** (différence)

### 3.3. Les variables visuelles

#### 7. La texture-structure

##### Variable visuelle : TEXTURE-STRUCTURE

###### Point

Différence (rapport N/B =)



Ordre (rapport N/B ≠)



*espacement*

###### Ligne

Différence (rapport N/B =)



Ordre (rapport N/B ≠)



*espacement*

###### Surface

Différence (rapport N/B =)



Ordre (rapport N/B ≠)



*espacement et graisse*

(D'après Lambert et Zanin 2016)

### 3.3. Les variables visuelles

#### Synthèse

Variable visuelle : FORME



(D'après Lambert et Zarin 2016)

Variable visuelle : TAILLE



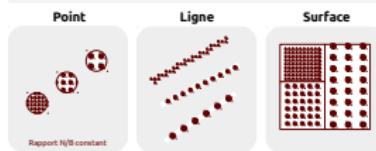
(D'après Lambert et Zarin 2016)

Variable visuelle : VALEUR



(D'après Lambert et Zarin 2016)

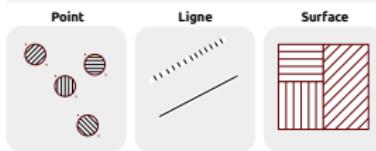
Variable visuelle : GRAIN



Rapport N/B constant

(D'après Lambert et Zarin 2016)

Variable visuelle : ORIENTATION



(D'après Lambert et Zarin 2016)

Variable visuelle : TEXTURE-STRUCTURE



Difference (rapport N/B r)

Ordre (rapport N/B r)

espacement

Difference (rapport N/B r)

Ordre (rapport N/B r)

espacement

Difference (rapport N/B r)

Ordre (rapport N/B r)

espacement et grasseur

(D'après Lambert et Zarin 2016)

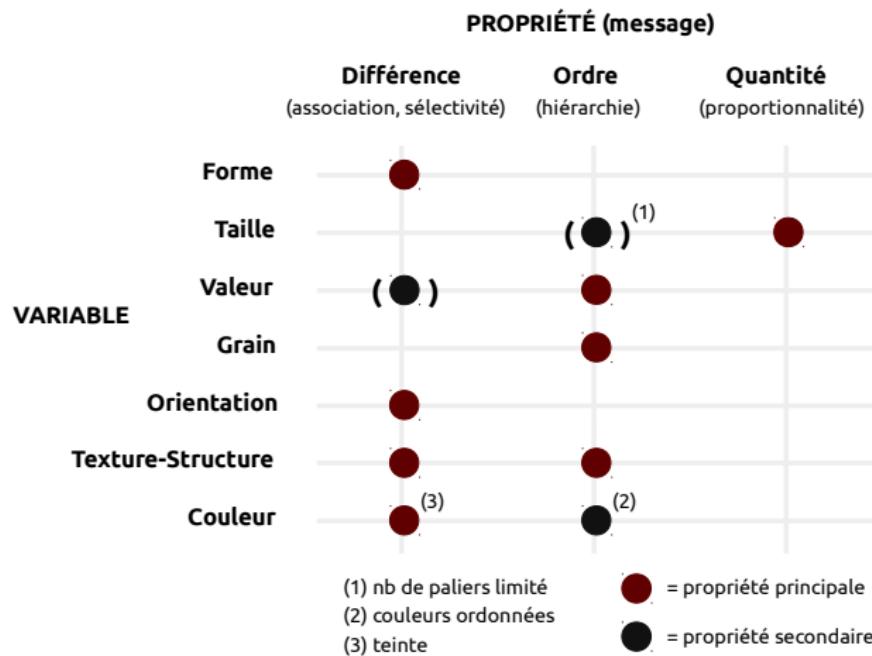
Variable visuelle : COULEUR



(D'après Lambert et Zarin 2016)

### 3.3. Les variables visuelles

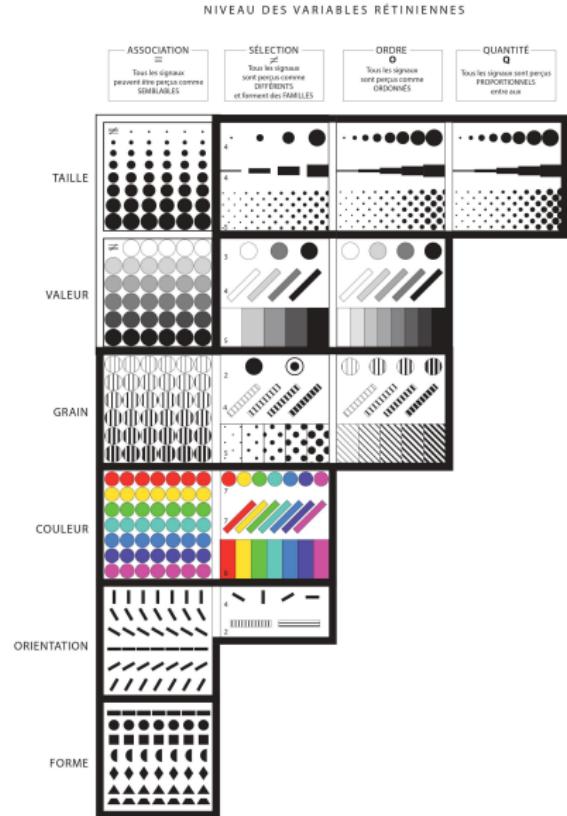
#### Synthèse



(D'après Lambert et Zanin 2016 adapté)

### 3.3. Les variables visuelles

Synthèse (J. Bertin 1973)



## Pour aller plus loin

- Cauvin C., Escobar F. et Serradj A. 2008. Cartographie thématique (5 volumes), Hermes Science Publications, 1360 p.
- Giraud T. et Pécout H. 2019. Cartographie avec R, support en ligne.  
[lien vers le support](#)
- Gonin A. et Le Fur A. Cartographie thématique, cours en ligne (ENS) - 5 vidéos sur les bases de la sémiologie graphique.  
<https://fr.coursera.org/learn/cartographie>
- Lambert N. et Zanin C. 2016. Manuel de cartographie, Armand Colin, 221 p.
- Weger G. 1999. Sémiologie graphique et conception cartographique, Support de cours ENSG, 140 p.  
<http://cours-fad-public.ensg.eu/course/view.php?id=47>

Ce document est mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons "CC-BY-SA"

