



HAL
open science

Géomatique appliquée à l'archéologie

Clément Coutelier, Nelly Martin

► **To cite this version:**

Clément Coutelier, Nelly Martin. Géomatique appliquée à l'archéologie. Master. Géomatique, Université Bordeaux Montaigne - Pessac, France. 2024, pp.88. hal-04935636

HAL Id: hal-04935636

<https://hal.science/hal-04935636v1>

Submitted on 7 Feb 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - ShareAlike 4.0 International License

GÉOMATIQUE

Cours de découverte : de la cartographie à la géomatique



Master 2 « Archéologie » et Master 2 « Ingénierie de l'archéologie préventive » - 2024/2025

Clément COUTELIER - ingénieur d'études en géomatique - UMR Ausonius (CNRS / Université Bordeaux Montaigne)



Données archéologique spatiales

- Une caractéristique des données archéologiques : localisables
 - Rapport spatial des objets les uns par rapport aux autres
 - Pourquoi une occupation ici et pas ailleurs
 - phénomène social ? Ressources naturelles ? Protection naturelle contre des possibles agressions ? Etc.



Image générée à l'aide de l'invite « ville antique vue en perspective », par OpenAI, DALL-E 3, 2024

Origines de la donnée archéologique spatiale

Prospection pédestre



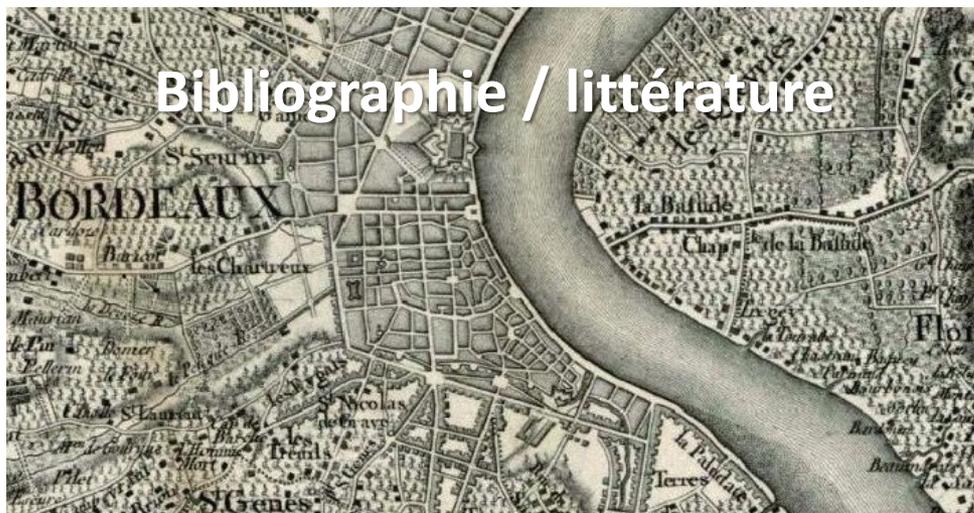
Cliché : C. Coutelier (2019) – Baelo Claudia (Espagne)

Fouille



Cliché : S. Faravel (2014) - Langoiran

Bibliographie / littérature



Extrait de la carte de Guyenne de Pierre de Belleyme

Prospection aérienne

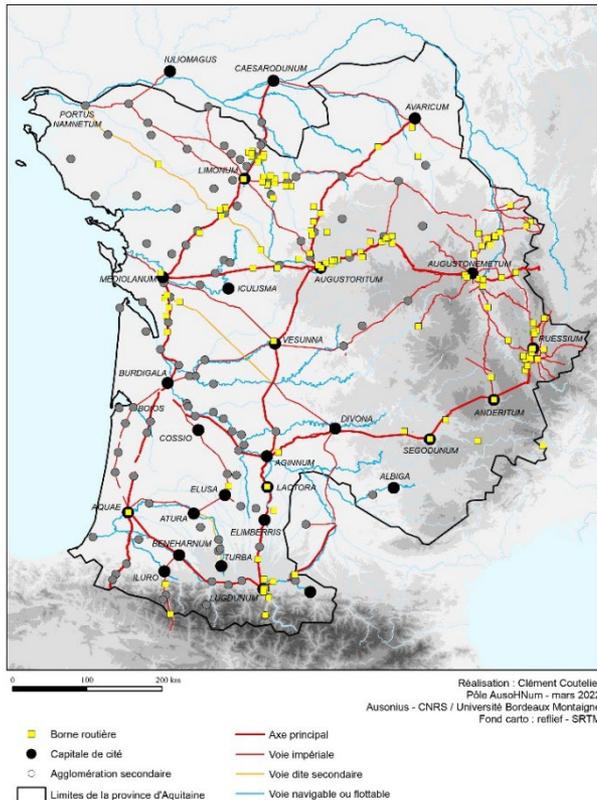


Cliché : F. Didierjean (1985) - Langoiran

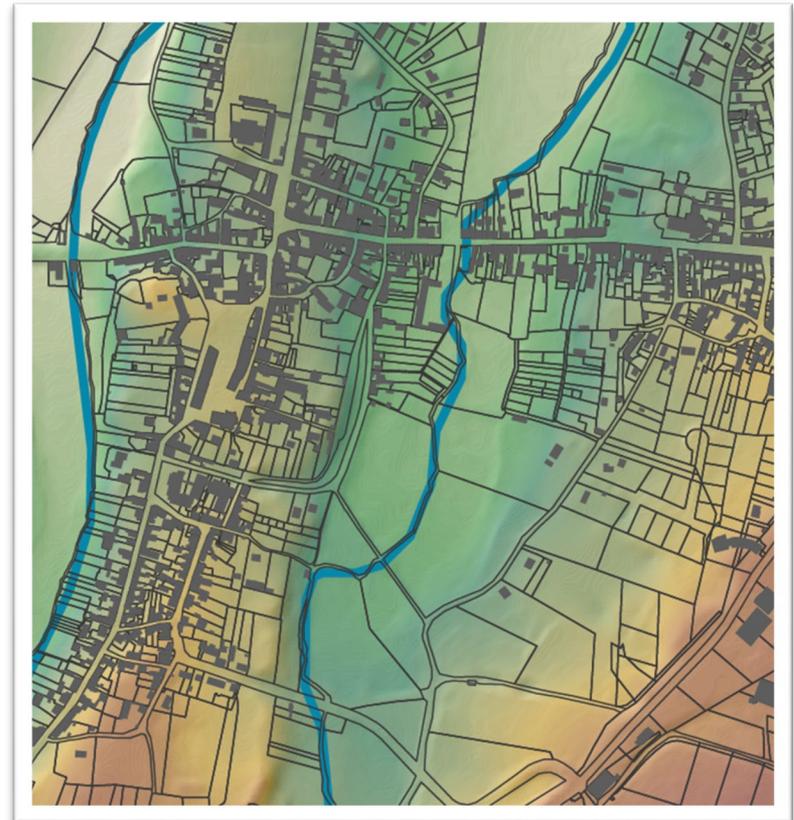
Représentation graphique

- Données provenant des fouilles, prospections, bibliographie → cartes, plans, ...

Les bornes routières en relation avec le réseau routier de l'Aquitaine romaine



Cartographie : C. Coutelier, Workshop Milestones



Cartographie : C. Coutelier

A topographic map showing terrain contours, a river network, and several marked points with 'x' symbols. The map is rendered in grayscale with a light background.

Plan du cours

1. Notions fondamentales
2. Exemples d'applications
3. Sémiologie graphique
4. Discrétisation
5. Éléments indispensables d'une carte
6. Représentations originales



Notions fondamentales

Exemples d'applications

Sémiologie graphique

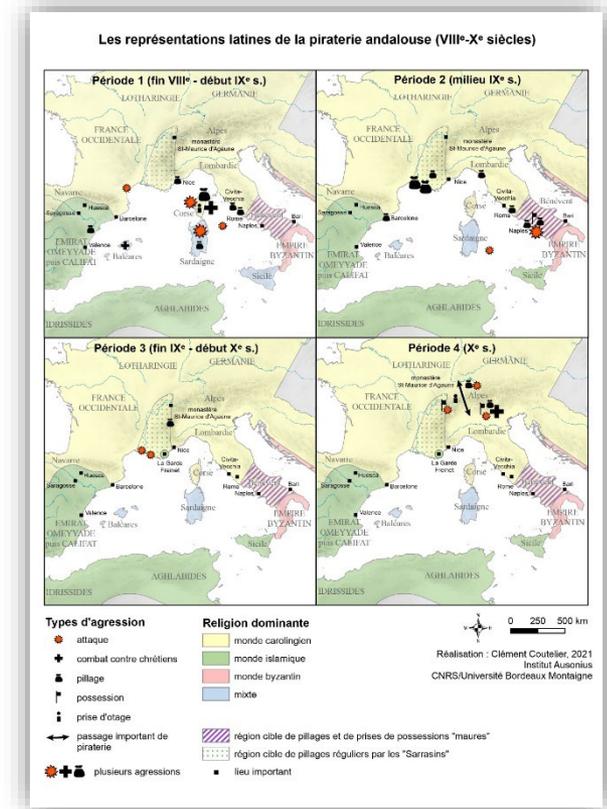
Discrétisation

Éléments indispensables d'une carte

Représentations originales

Cartographie

- Qu'est qu'une carte ?
 - Localiser des lieux en tant que tels
 - Localiser des lieux les uns par rapport aux autres
- Objectif principaux d'une carte
 - Décrire un territoire, ou autre espace
 - Représenter visuellement un phénomène et tenter de l'interpréter
 - Raconter un événement, une histoire



Collection de cartes racontant une « histoire »
Cartes construites à partir de représentations latines

Cartographie : C. Coutelier

Travaux de recherches : M. Zinesi

Historique

- Premières cartes

Carte de Bedolina (2000 ans av. J.-C.)

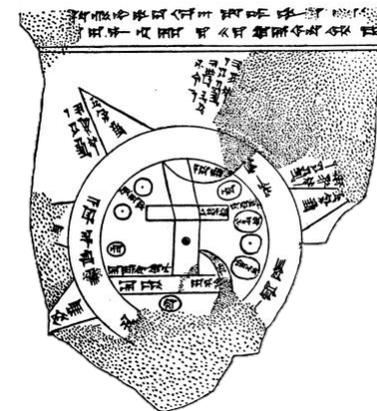


Cliché : L. Giarelli - CC BY-SA 3.0

Carte babylonienne du monde
(VI^e siècle av. J.-C.)



Cliché : British Museum - CC BY-NC-SA 4.0

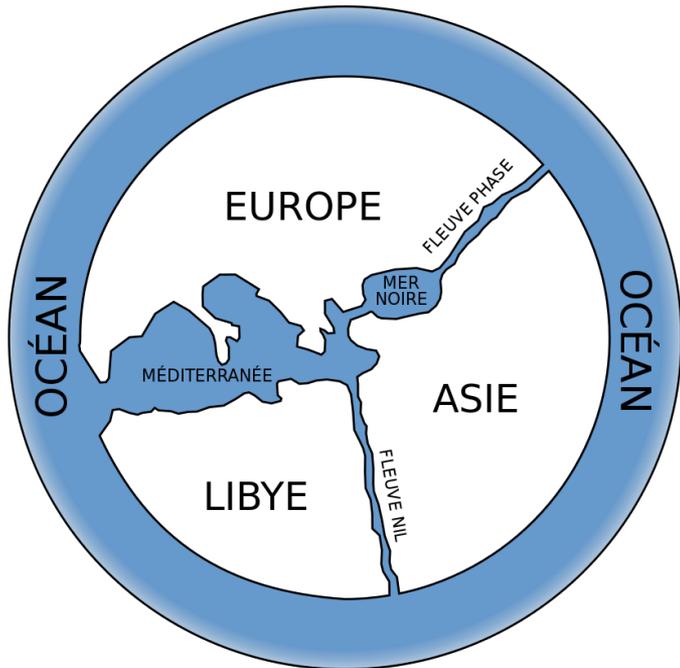


B. Meissner, Babylonien und Assyrien, 1925

Historique

- Evolutions cartographiques

Carte du monde d'Anaximandre
(reconstruction)



Cartographie : B. Saint-Pol – domaine public

Joan Blaeu
(1665)



Etat-Major
(19^e s.)



Scan 25® - IGN
(20-21^e s.)



Historique

- **Années 60-70**

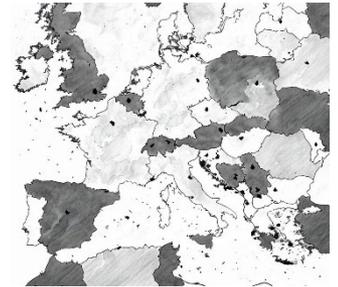
- début de l'informatique
- cartographie automatique

- **Années 80-90**

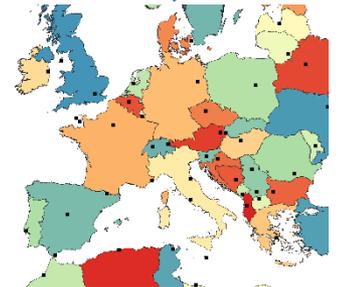
- développement des applications, logiciels
- images satellites SPOT 1 (1986)
- GPS
- Internet

- **Années 2000-aujourd'hui**

- Ouverture vers le grand public
- Nouveaux outils gratuits
 - Cartes numériques web : Google Earth gratuit (2005)
 - logiciels libre (QGIS, StarGIS, etc.)
- Données : big data, open data



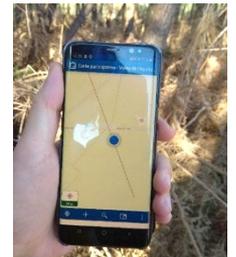
Généré par AI



Cartographie : C. Coutelier



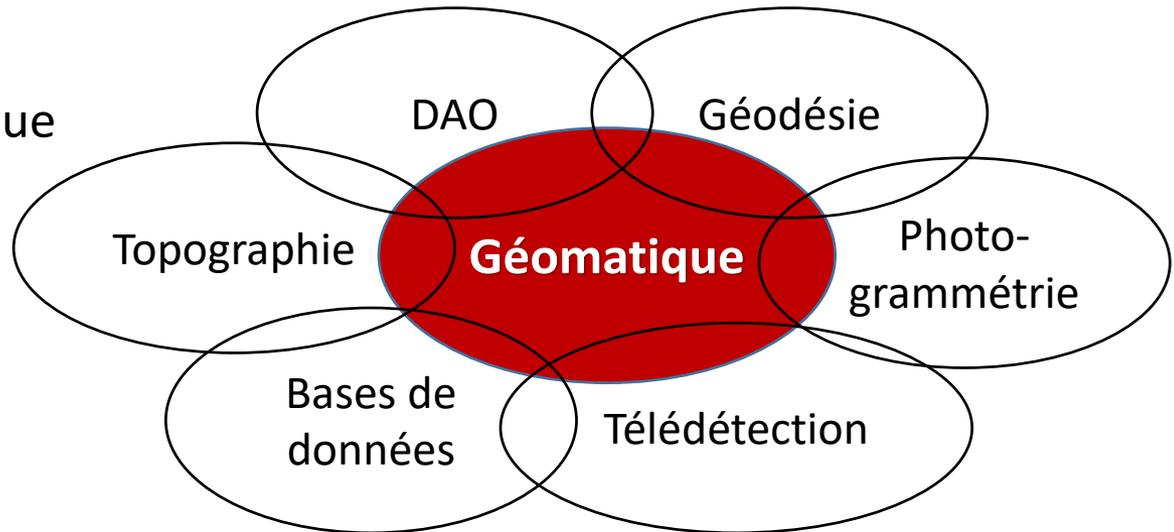
Image libre de droits



Cliché : C. Coutelier

Géomatique

- Cartographie → *innovations technologiques* → géomatique
- **géo(graphie) (infor)matique**
 - Discipline / science
 - Acquisition, analyse, diffusion de l'**information géographique**
- Archéomatique
 - Archéo(logie) (géo)matique

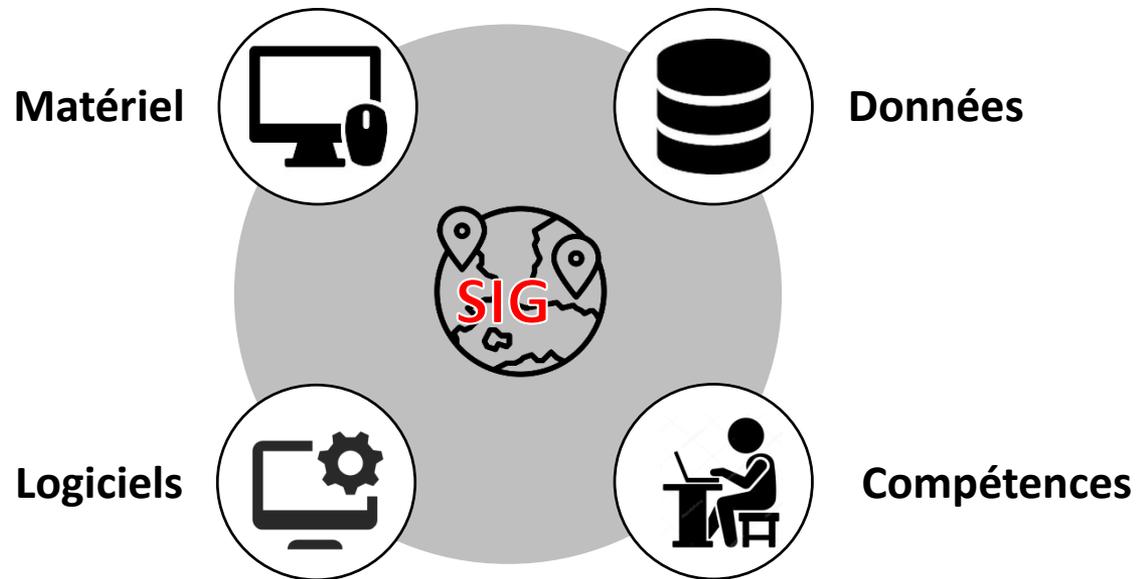




SIG

- **SIG = Systèmes d'Information Géographique**

- Outils informatisés déployés pour analyser, représenter tous les éléments et les événements qui se passent sur Terre.



- Constituer des inventaire, réaliser des cartes, croiser les données, automatiser les analyses liées à l'espace, ...

Exemple de projet informatisé sur un logiciel SIG

The screenshot displays the ArcMap interface for a project named 'LITAQ_travail.mxd'. The top menu bar includes 'Fichier', 'Edition', 'Affichage', 'Géosignets', 'Insérer', 'Sélection', 'Géotraitement', 'Personnaliser', 'Fenêtres', and 'Aide'. Below the menu is a toolbar with various GIS tools, and a status bar at the bottom right shows coordinates: 376929.137 6496538.751 Mètres.

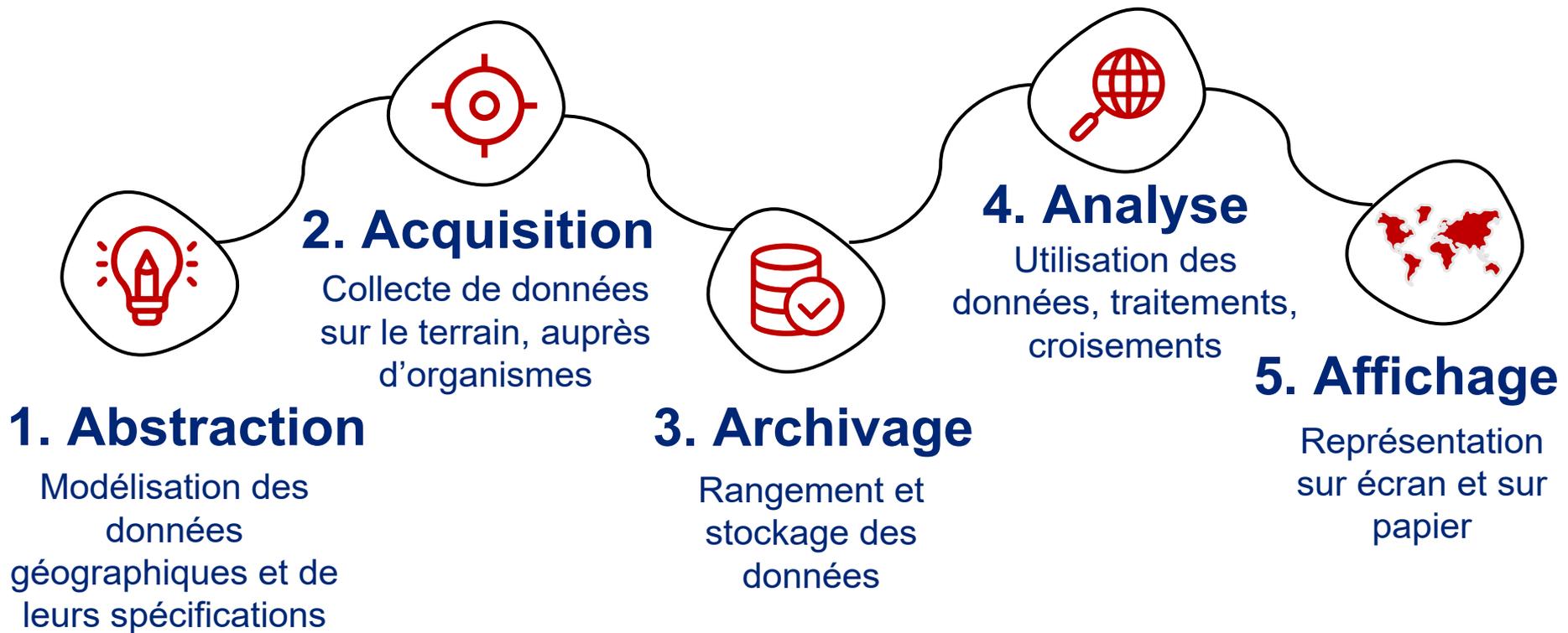
On the left side, the 'Table des matières' (Table of Contents) panel lists various data layers with checkboxes and symbols. The layers include:

- surface
- Traces ponctuelles
 - Age du Bronze
 - Trace agraire (Age du Bronze)
 - Age du Fer
 - Empreintes animales (Age du Fer)
 - Non daté
 - Empreintes animales ou humaines
 - Ornières
 - Traces agraires
- Traces linéaires
 - Trace d'ornières
- Traces surfaciques
 - Période de datation
 - Age du Bronze
 - Indéterminée
- 2017_06_05_Soulac_surf
- Fossé
- Voies antiques médocaines
 - Tracé de la voie
- Mobilier archéologique
- Structures archéologiques
 - Protohistoire
 - Fosse, puits (Protohistoire)
 - Poteau (Protohistoire)
 - Néolithique
 - Structure en creux (Néolithique)
 - Age du Bronze
 - Poteau (Age du Bronze)
 - Age du Fer
 - Construction sur poteaux (Age du Fer) - source : bibli
 - Four (Age du Fer)
 - Structure en creux, Age du Fer
 - Fossé (Age du Fer)
 - Poteau (Age du Fer)
 - Structure en pierre (Age du Fer)
 - Haut-Empire
 - Structure en creux (Haut-Empire)

Red annotations are present on the map: 'Fonctionnalités' is written in red above the map area; 'Liste des données' is written in red next to the Table of Contents; 'Carte' is written in red in the center of the map; and 'Coordonnées géographiques' is written in red at the bottom right of the map, with a red arrow pointing to the coordinate display.

Vue : webSIG du projet Litaq (UMR Ausonius)

Fonctionnalités : les 5 «A»





Les 5 «A» pour l'archéologie

Abstraction	Acquisition	Archivage	Analyse	Affichage
Modélisation du monde réel sous forme de schéma conceptuel → formaliser les objets d'études en fonction des échelles d'analyse et des objectifs fixés	<ul style="list-style-type: none">• Topographie• Photographie• Géolocalisation• Imagerie géophysique• Géoréférencement• DAO• Enregistrement stratigraphique• Numérisation• ...	<ul style="list-style-type: none">• Gestion de la doc• Données et plans de fouille• Images et photos• Intégration des données brutes dans des BDD• Alimentation d'inventaires régionaux ou nationaux	<ul style="list-style-type: none">• Etude exploratoire en post-fouille• Croisement avec d'autres données• Répartition spatiale de mobilier, de sites• Recherche et détection de vestiges• Modélisation prédictive• Dynamiques du peuplement• Réseaux, flux• etc.	<ul style="list-style-type: none">• Cartographie thématique• Plans pour les rapports de fouille• Création d'atlas• Publication des données• Mise en ligne (SIG web, bibliothèque numérique)

Inspiré de l'ouvrage *Information Spatiale et Archéologie*

Sous la direction de Xavier Rodier, Information spatiale et archéologie (2011), p23 - éditions Errance

Les données utilisées en SIG

- Donnée nativement **localisée dans l'espace** (longitude/latitude, X,Y)

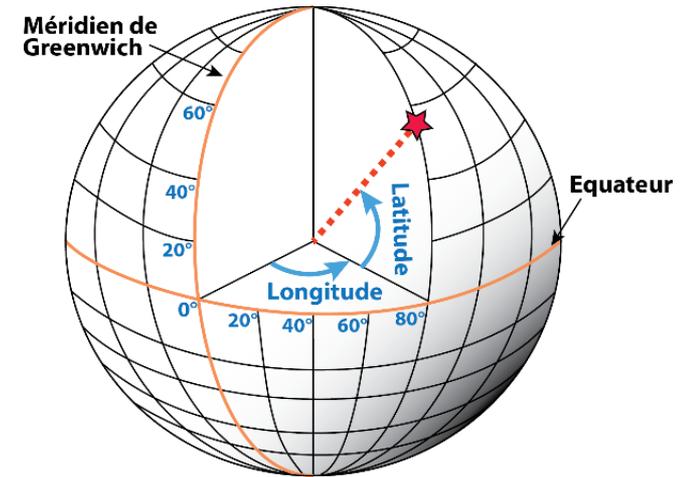


Image : C. Coutelier

- Deux composantes :
 - **Graphique** : forme, localisation de l'objet
 - **Attributaire** : éléments descriptifs de l'objet

Composante graphique

- Raster (image)
 - pixels
 - photos, scans, images satellites



Cliché : C. Coutelier

	C1	C2	C3	C4	C5
L1	150	150	255	255	255
L2	255	255	90	255	255
L3	255	0	90	50	50
L4	0	0	90	50	50
L5	0	0	0	255	255

Image : C. Coutelier

Valeurs de pixel : code couleur, etc.



Données
Logiciels
Matériel
Compétences

Composante graphique

- Raster (image)
 - pixels
 - MNT (Modèle Numérique de Terrain)

	C1	C2	C3	C4	C5
L1	150	150	255	255	255
L2	255	255	90	255	255
L3	255	0	90	50	50
L4	0	0	90	50	50
L5	0	0	0	255	255

Image : C. Coutelier

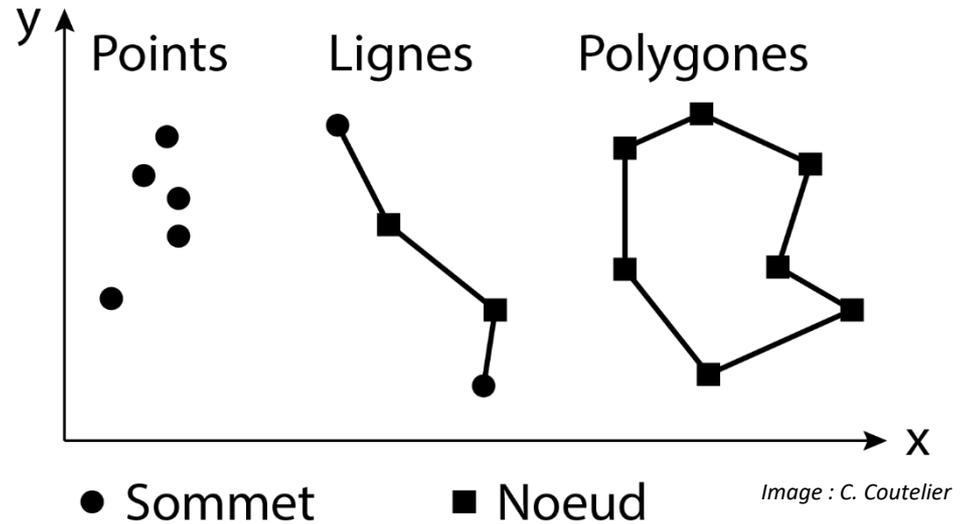
Valeurs de pixel : code
altitude, etc.



Géotraitement sur donnée RGE Alti – IGN (réalisé dans un logiciel SIG)

Composante graphique

- Vecteur
 - points
 - lignes
 - polygones



Extrait de carte comprenant points, lignes et polygones
Vue : extrait du webSIG du projet Litaq (UMR Ausonius)

Composante graphique : formats

- Raster (image)
 - .tiff
 - .ecw, .jpeg, .png, .asc, etc.
- Vecteur
 - .shp
 - .mif/mid, .dxf, .dwg, .kml, .tab, GeoJSON, etc.



Image : BD Topo® - IGN

Vecteur

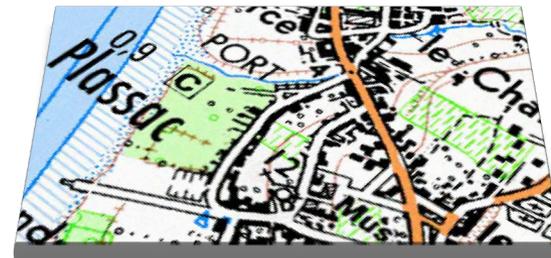


Image : SCAN 25® - IGN

Raster



Image : BD Ortho® 2021 - IGN

Monde réel

Données
Logiciels
Matériel
Compétences

Composante graphique

- Données géographiques sous forme de couches que l'on peut superposer
 - Gestion de l'ordre des couches

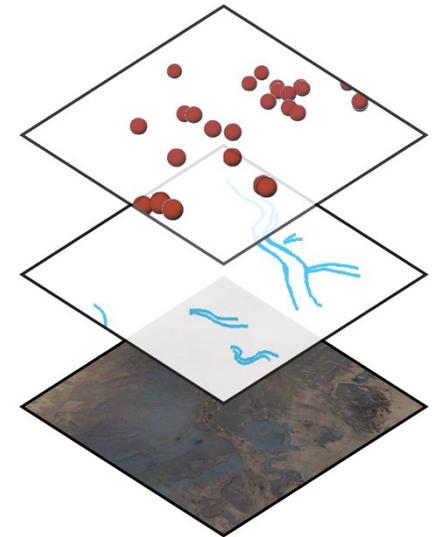
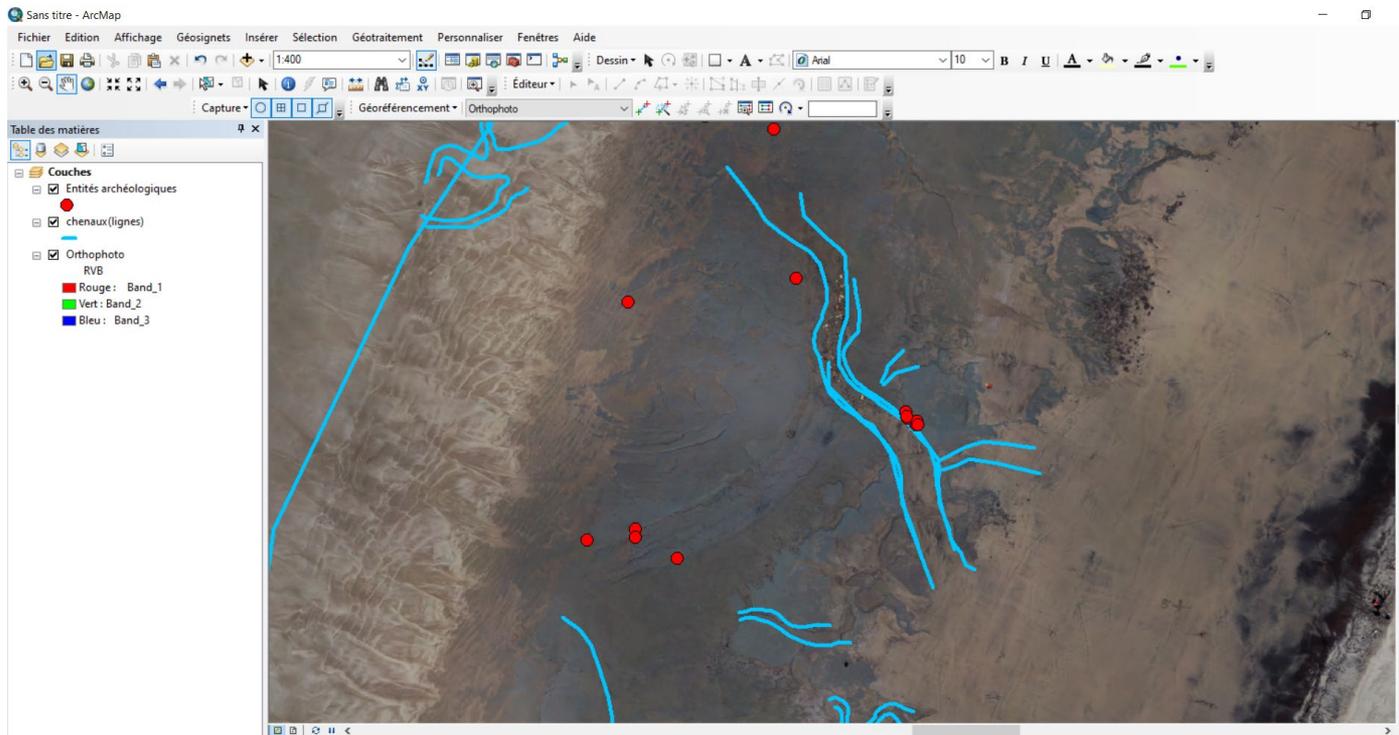
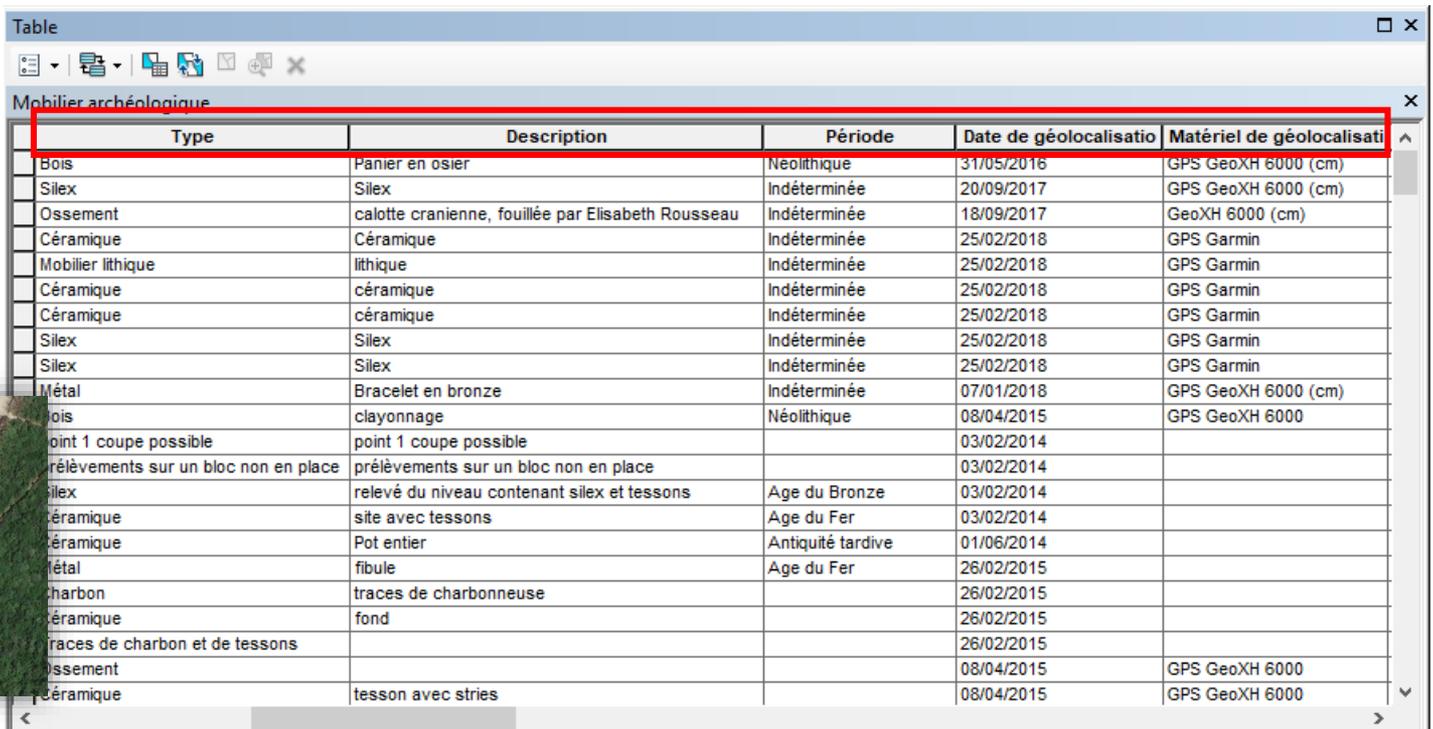


Image : C. Coutelier

Extrait de carte comprenant une superposition de 3 couches
Vue : extrait du webSIG du projet Litaq (UMR Ausonius)

Composante attributaire

- Chaque couche géographique reliée à une table contenant des informations alphanumériques
- Informations décrivant les objets
 - texte
 - nombre
 - date



Type	Description	Période	Date de géolocalisatio	Matériel de géolocalisati
Bois	Panier en osier	Neolithique	31/05/2016	GPS GeoXH 6000 (cm)
Silex	Silex	Indéterminée	20/09/2017	GPS GeoXH 6000 (cm)
Ossement	calotte cranienne, fouillée par Elisabeth Rousseau	Indéterminée	18/09/2017	GeoXH 6000 (cm)
Céramique	Céramique	Indéterminée	25/02/2018	GPS Garmin
Mobilier lithique	lithique	Indéterminée	25/02/2018	GPS Garmin
Céramique	céramique	Indéterminée	25/02/2018	GPS Garmin
Céramique	céramique	Indéterminée	25/02/2018	GPS Garmin
Silex	Silex	Indéterminée	25/02/2018	GPS Garmin
Silex	Silex	Indéterminée	25/02/2018	GPS Garmin
Métal	Bracelet en bronze	Indéterminée	07/01/2018	GPS GeoXH 6000 (cm)
bois	clayonnage	Néolithique	08/04/2015	GPS GeoXH 6000
point 1 coupe possible	point 1 coupe possible		03/02/2014	
prélèvements sur un bloc non en place	prélèvements sur un bloc non en place		03/02/2014	
Silex	relevé du niveau contenant silex et tessons	Age du Bronze	03/02/2014	
Céramique	site avec tessons	Age du Fer	03/02/2014	
Céramique	Pot entier	Antiquité tardive	01/06/2014	
Métal	fibule	Age du Fer	26/02/2015	
Charbon	traces de charbonneuse		26/02/2015	
Céramique	fond		26/02/2015	
traces de charbon et de tessons			26/02/2015	
Ossement			08/04/2015	GPS GeoXH 6000
Céramique	tesson avec stries		08/04/2015	GPS GeoXH 6000

Composante graphique + composante attributaire

- Définitions :
 - **Entité** = objet géographique. Correspond à **un point**, **une ligne** ou **un polygone**
 - **Table attributaire** = tableau stockant les informations alphanumériques
- Chaque entité correspond à une ligne dans la table attributaire

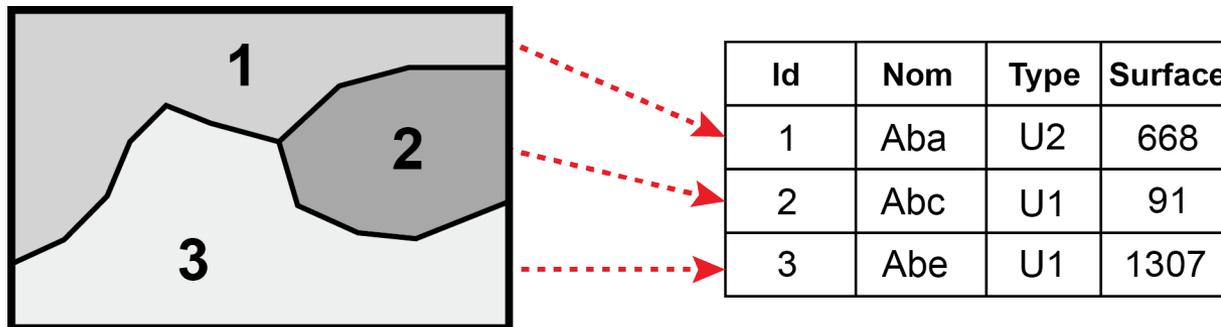


Image : C. Coutelier

Vocabulaire

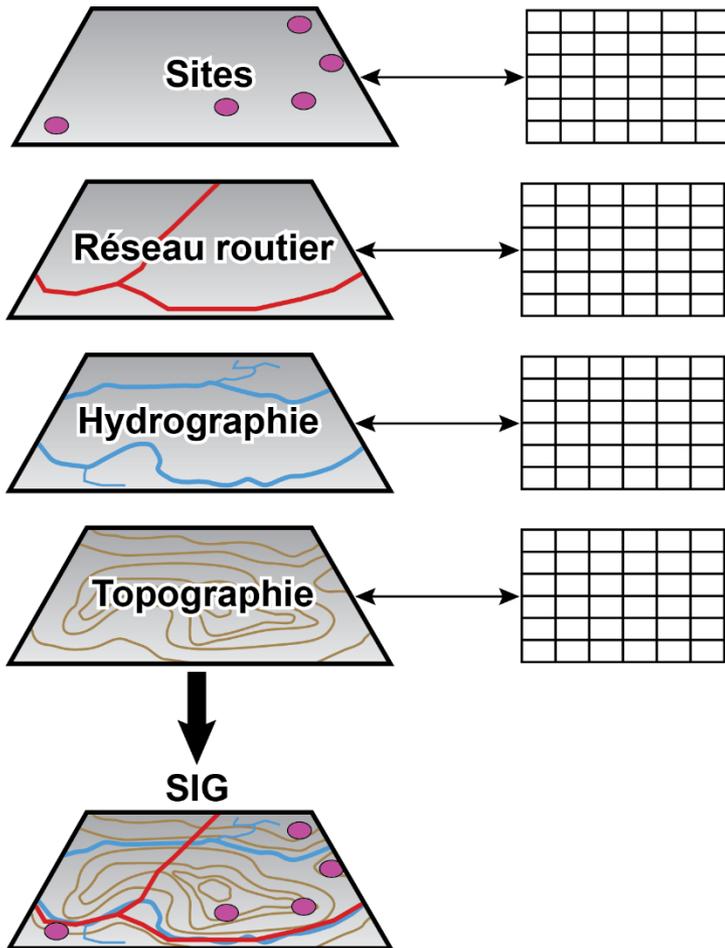


Image : C. Coutelier

- La **donnée SIG** est constituée d'une **couche** et d'une **table**.
- Chaque **couche** est reliée à une **table (attributaire)**.
- Chaque **table** est structurée en colonnes appelées **champs**.
- Chaque ligne d'une **table** correspond à une **entité** sur la carte.
- Ces **champs** contiennent les **attributs** de la **couche**.

Bases de données et SIG

- Bases de données directement dans un SIG
 - Création de la donnée « texte » directement dans le SIG
 - Export des tables SIG vers un tableur type Excel
- Tableur, outils de gestion de bases de données : Excel, Access, Filemaker, PostgreSQL, etc.
 - Formats .xls, .dbf, .csv, .mdb, etc.
- Relation entre bases de données externes et SIG
 - Lien dynamique
 - Importer des données « tableur » dans le logiciel SIG

FID	Shape *	ISO	NAME_0	NAME_2
0	Polygone	ITA	Italy	Bari
1	Polygone	ITA	Italy	Barietta-Andria-Trani
2	Polygone	ITA	Italy	Brindisi
3	Polygone	ITA	Italy	Foggia
4	Polygone	ITA	Italy	Lecce
5	Polygone	ITA	Italy	Taranto
6	Polygone	ITA	Italy	Matera
7	Polygone	ITA	Italy	Potenza
8	Polygone	ITA	Italy	Catanzaro
9	Polygone	ITA	Italy	Cosenza
10	Polygone	ITA	Italy	Crotone
11	Polygone	ITA	Italy	Chieti
12	Polygone	ITA	Italy	L'Aquila
13	Polygone	ITA	Italy	Pescara
14	Polygone	ITA	Italy	Teramo
15	Polygone	ITA	Italy	Reggio Di Calabria
16	Polygone	ITA	Italy	Vibo Valentia
17	Polygone	ITA	Italy	Avellino
18	Polygone	ITA	Italy	Benevento
19	Polygone	ITA	Italy	Caserta
20	Polygone	ITA	Italy	Napoli
21	Polygone	ITA	Italy	Salerno
22	Polygone	ITA	Italy	Bologna
23	Polygone	ITA	Italy	Ferrara
24	Polygone	ITA	Italy	Forlì - Cesena
25	Polygone	ITA	Italy	Modena

Les logiciels SIG

- Logiciels propriétaires
 - Editeur
 - Gratuits ou payants
- Logiciels libres / open source
 - Pas liés à un propriétaire en général
 - Peuvent être utilisés librement
 - Code-source (programme) accessible et modifiable
 - En général gratuits (mais pas toujours : licences possibles pour limiter les usages)

Quelques logiciels SIG

- Propriétaires

- ArcGIS
- MapInfo
- Geoconcept
- AutoCAD
- ...



- Libres

- QGIS
- gvSIG
- SagaGIS
- ...



Exemple de logiciel SIG : ArcGIS

- Le plus utilisé au monde
- Solutions logicielles et technologiques variées et interconnectées

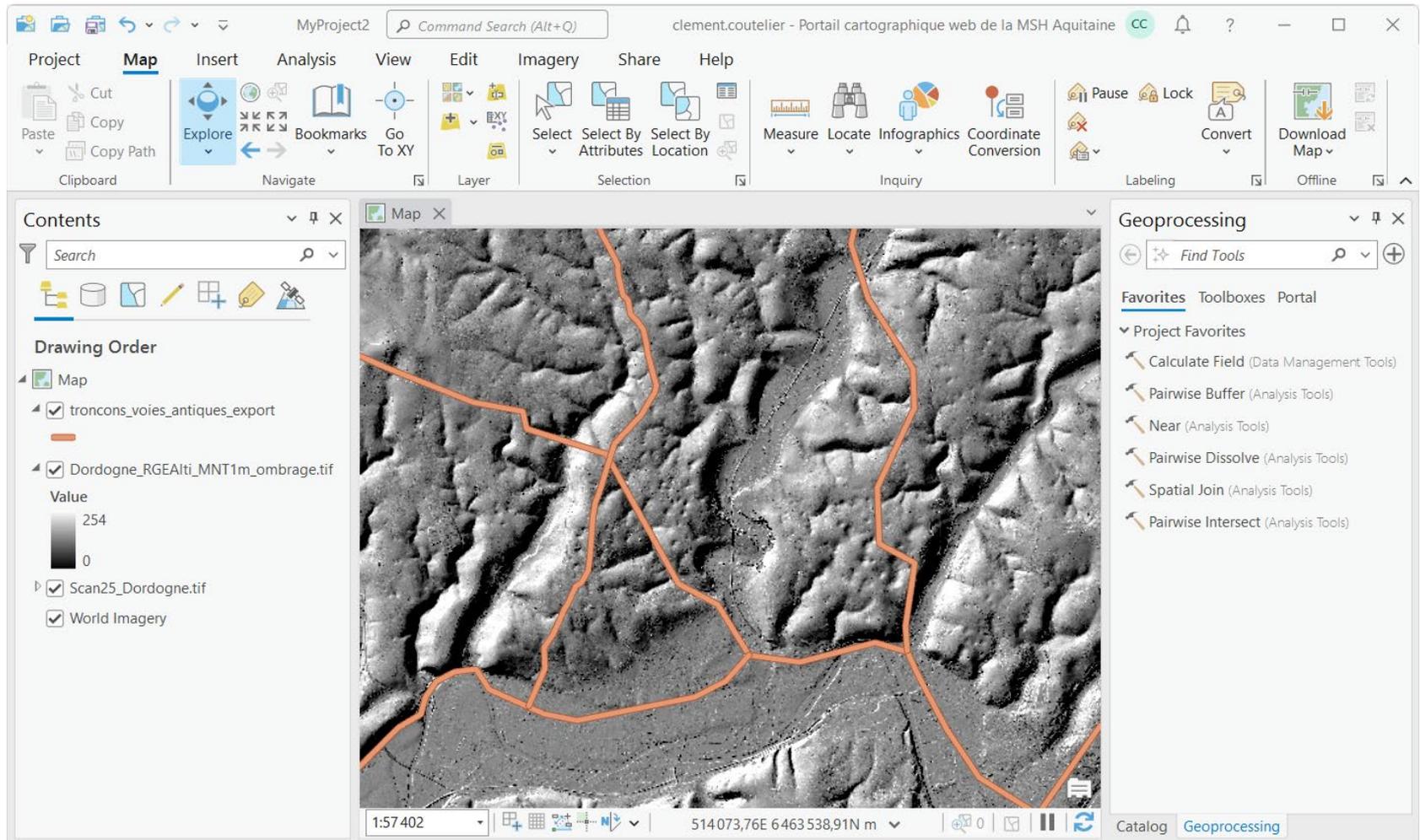


Image : N. Prévot



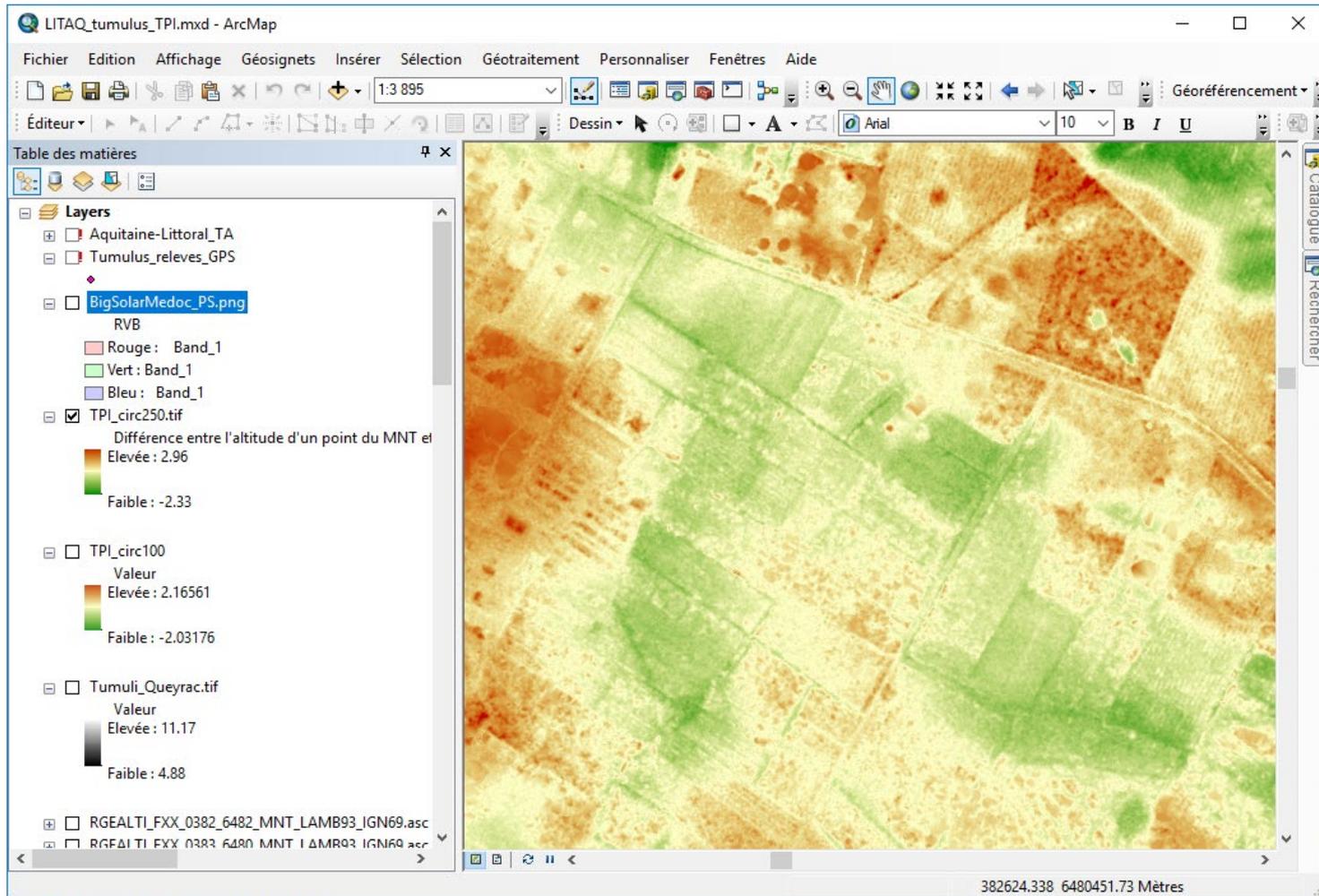
<http://www.esrifrance.fr/>

Exemple de logiciel SIG : ArcGIS Pro



Interface d'ArcGIS Pro 3.3

Exemple de logiciel SIG : ArcMap (ArcGIS)



Interface d'ArcMap 10.5

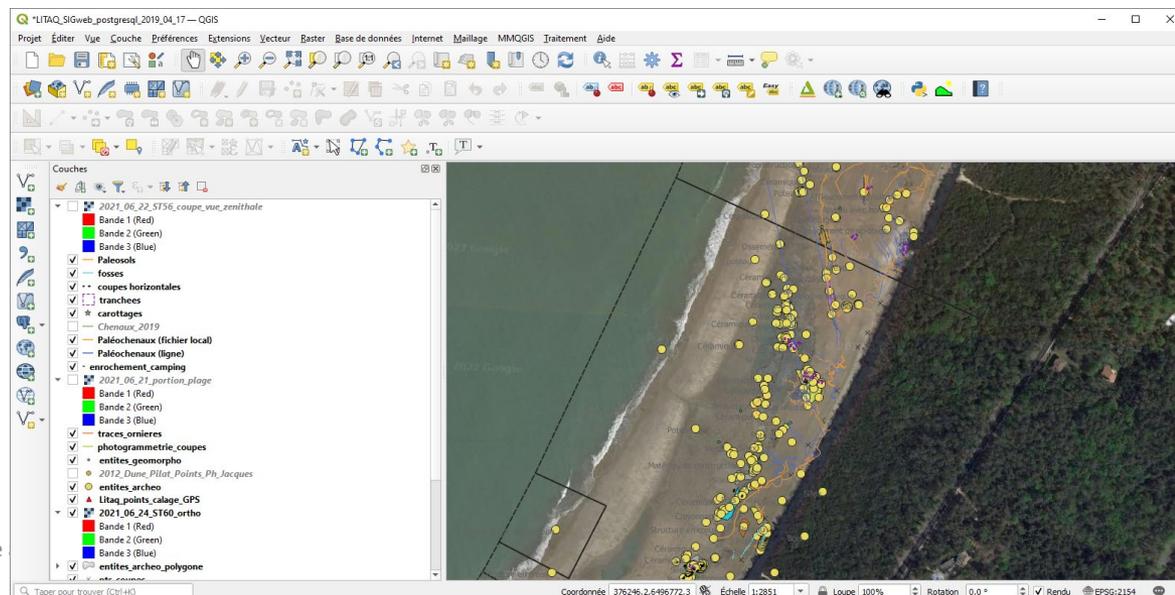
Exemple de logiciel SIG : QGIS

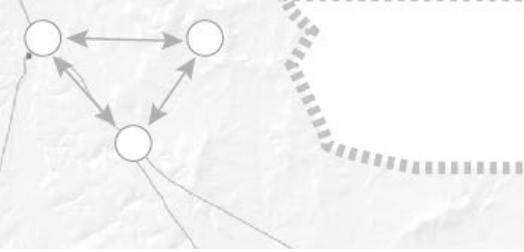


- SIG libre créé en 2002
- Contributions des utilisateurs sous forme de code, rapports de bugs, documentation, publicité ou financement
- Aujourd'hui : version 3.40
- Outil pour équipement mobile : QField
- multiplateforme : Windows / Mac / Linux

- www.qgis.org

Interface de QGIS 3





- Acquisition de données
 - Scanner, GPS, appareil photo, drone
- Exploitation et analyses sur les données
 - Ordinateurs, serveurs, tablettes, etc...
- Diffusion des données
 - Imprimantes, serveurs



Cliché : C. Coutelier



Cliché : C. Stadler/Bwag - CC-BY-SA-4.0



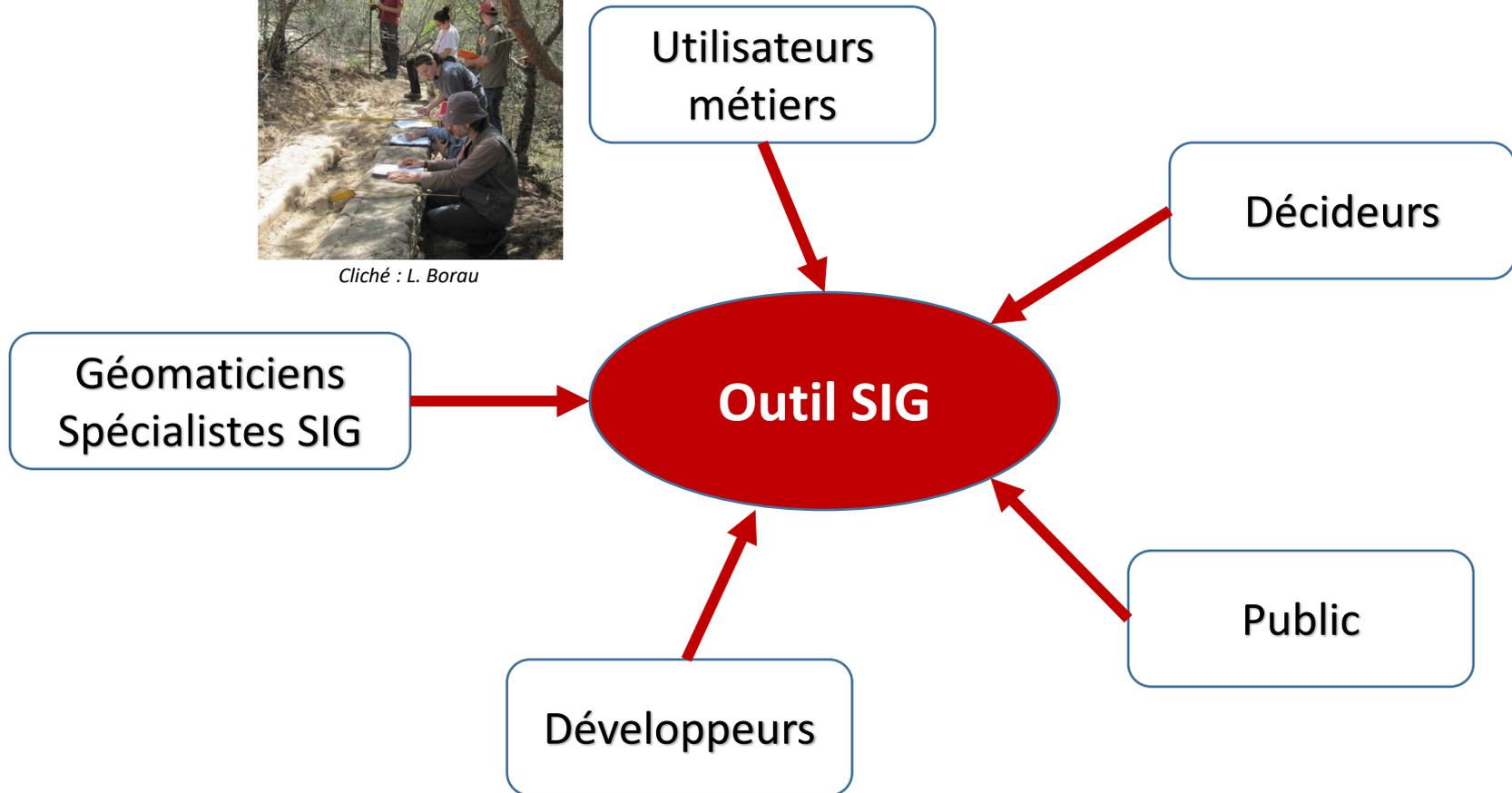
Cliché : S. Faravel

Données
Logiciels
Matériel
Compétences

Personnes : utilisateurs / concepteurs



Cliché : L. Borau



Utilisation des SIG

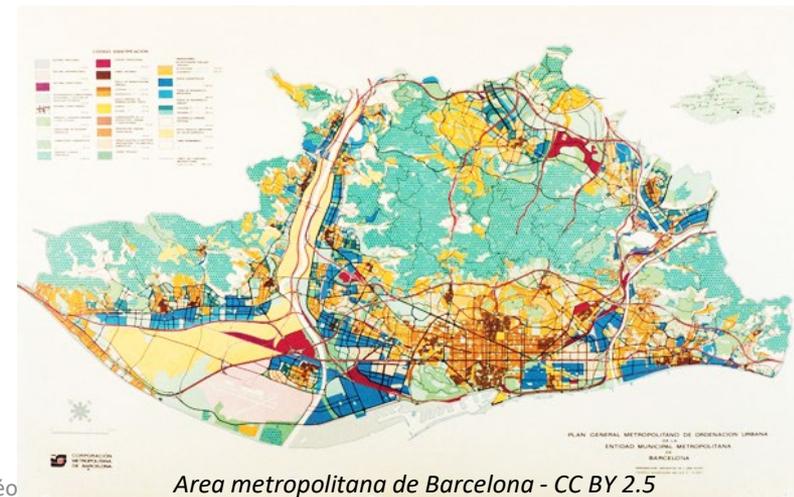
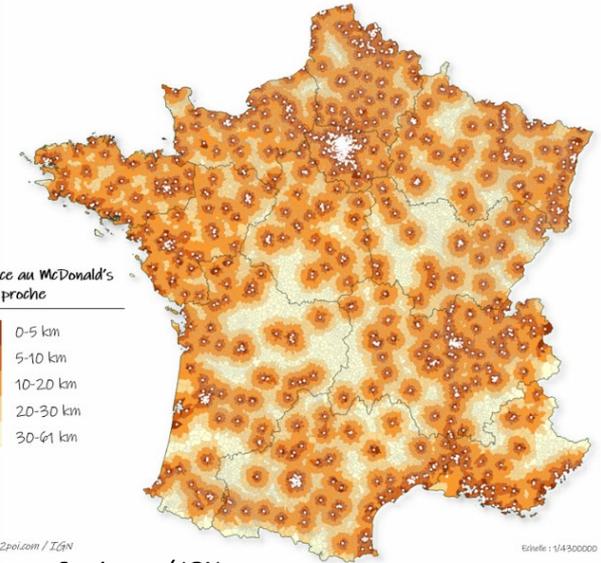


1154 McDonald's dans 856 communes

Distance moyenne d'une commune à un McDonald's : 15,5 km

Distance maximale : 61 km

- aménagement du territoire, infrastructures, urbanisme,
- géographie, écologie,
- patrimoine (monuments historiques, sites naturels),
- domaine forestier (ONF, ...),
- agriculture,
- gestion de l'eau, du littoral,
- géomarketing,
- archéologie
- ...





Notions fondamentales

Exemples d'applications

Sémiologie graphique

Discrétisation

Éléments indispensables d'une carte

Représentations originales

Géoréférencement

- **Géoréférencement** : utilisation de coordonnées cartographiques pour affecter un emplacement spatial à des données cartographiques



Géoréférencement du cadastre napoléonien sur la commune de Saint-Macaire (33) (Projet Lamar – UMR Ausonius)

Plus d'infos sur les principes du géoréférencement : <https://www.pedagogie.ac-nantes.fr/histoire-geographie-citoyennete/approfondir/georeferencer-un-plan-ancien-682174.kjsp?RH=1160510221531>

Croisement de données pour l'étude d'un site

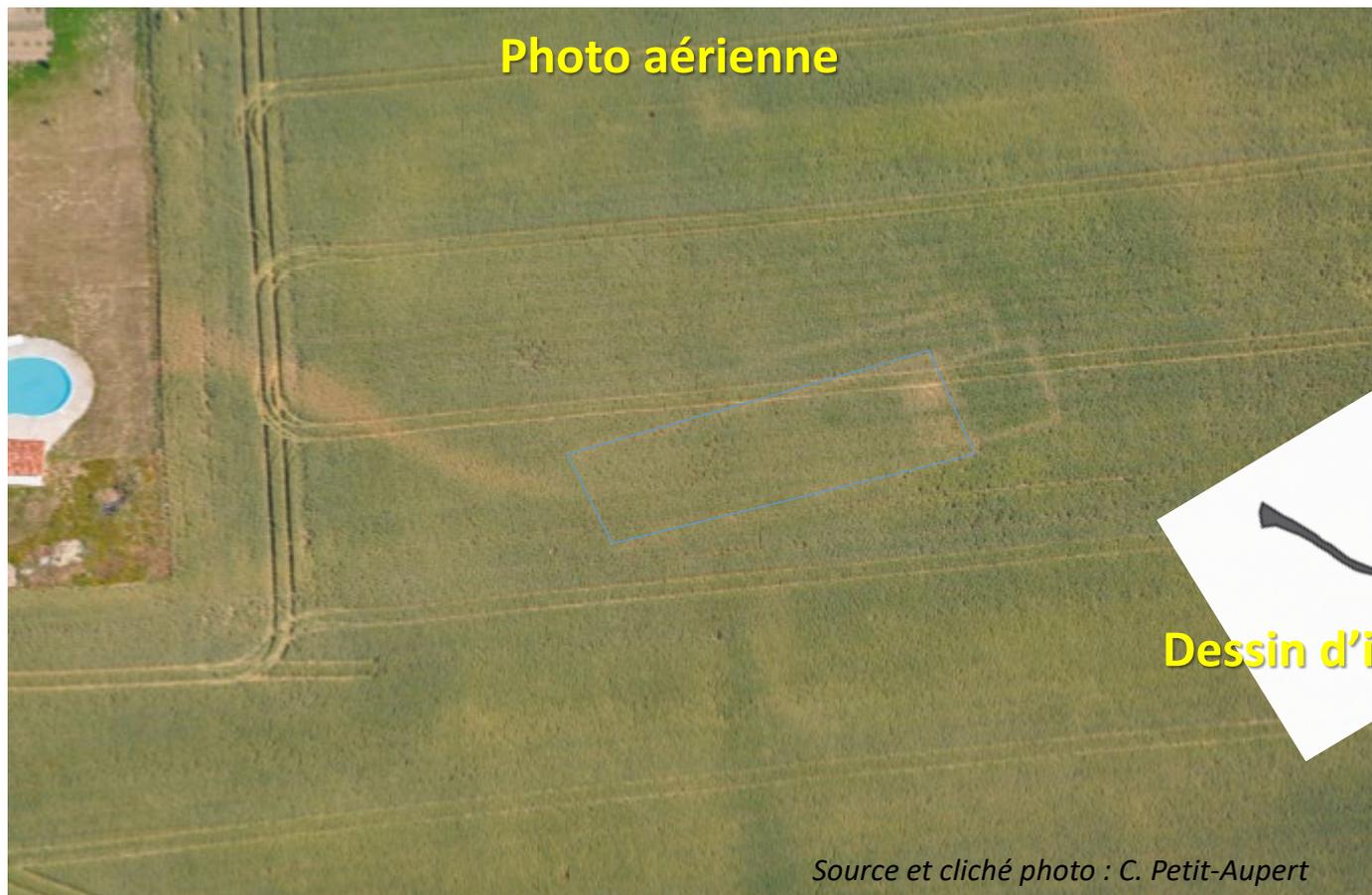
- Géoréférencement de photos aériennes dans un logiciel SIG
- Objectifs multiples (documentation, croisement de données, vectorisation spatialisée, etc.)



Source et cliché photo : C. Petit-Aupert

Croisement de données pour l'étude d'un site

- Détection (prospection aérienne) et vectorisation



Croisement de données pour l'étude d'un site

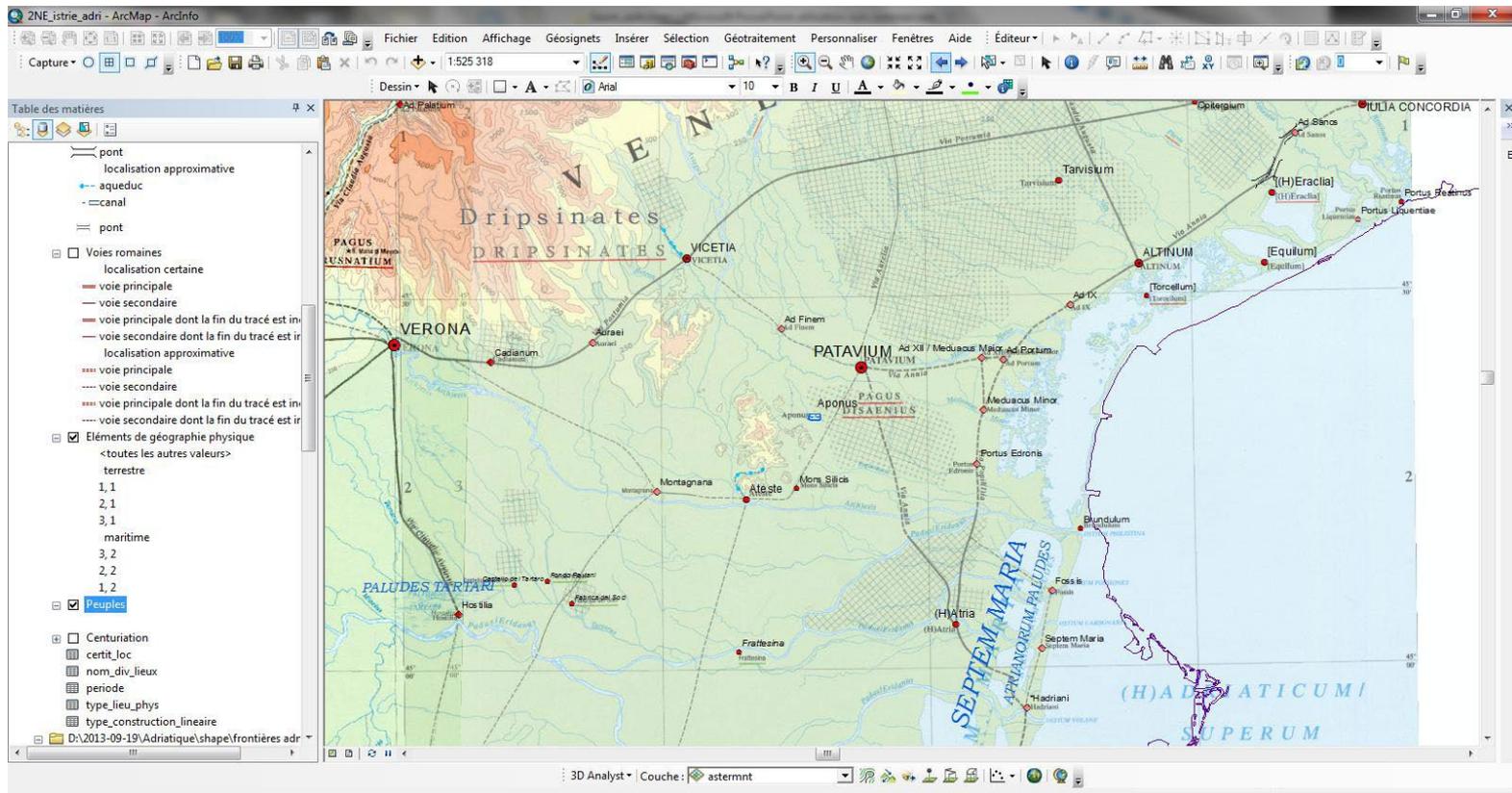
- Etude de terrain (prospection aérienne) et croisement des données



Source et cliché photo : C. Petit-Aupert

Utilisation des rasters pour la cartographie de voies romaines

- Géoréférencement d'une page d'atlas papier
- Vectorisation sur raster (éléments présents sur la carte)

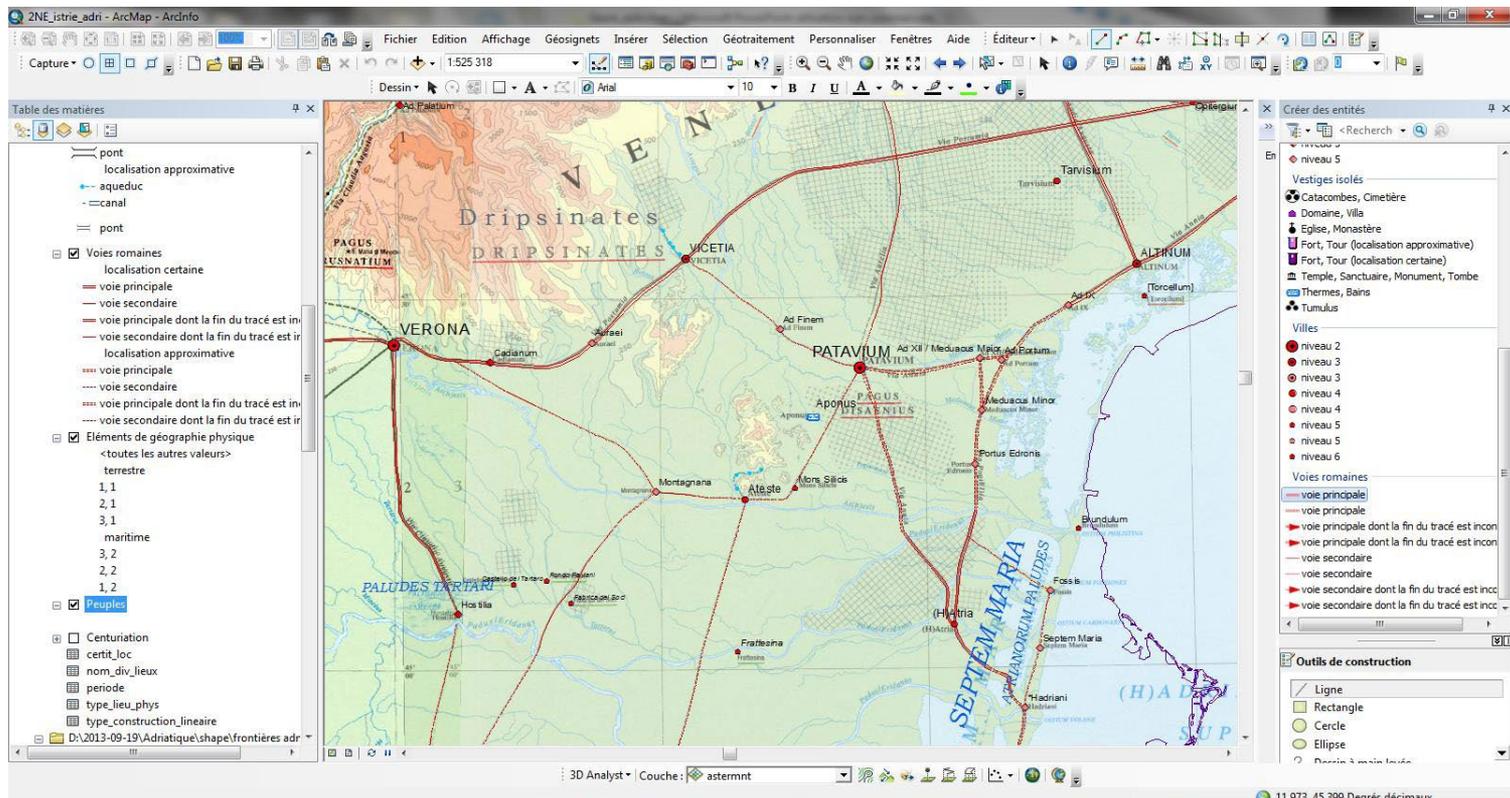


Vue SIG : programme de recherche Adriatlas (UMR Ausonius)

Travail : V. Bon

Utilisation des rasters pour la cartographie de voies romaines

- Vectorisation sur raster (éléments présents sur la carte)
 - Intérêts multiples : descriptions dans table d'attributs, corrections, adaptations du rendu visuel, mesures, calculs



Vue SIG : programme de recherche Adriatlas (UMR Ausonius)

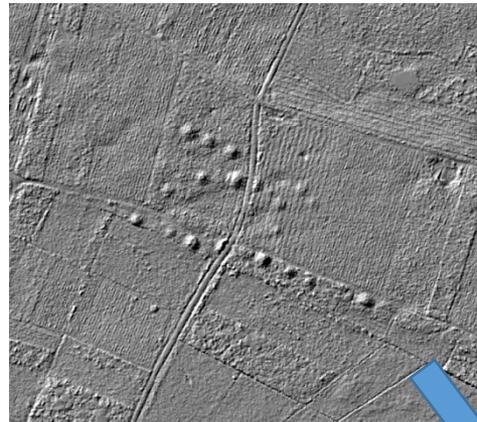
Travail : V. Bon

Manipulation des rasters pour la détection de vestiges

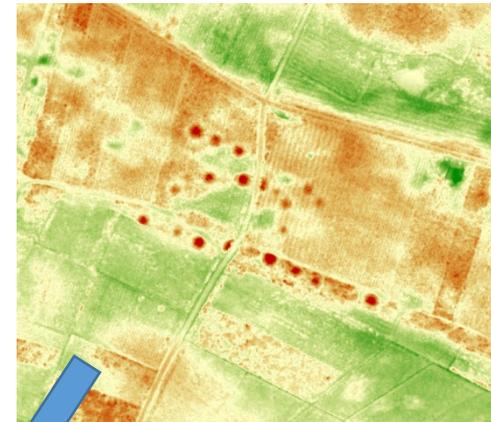
- Croisement de données, création de nouveaux rasters, etc.



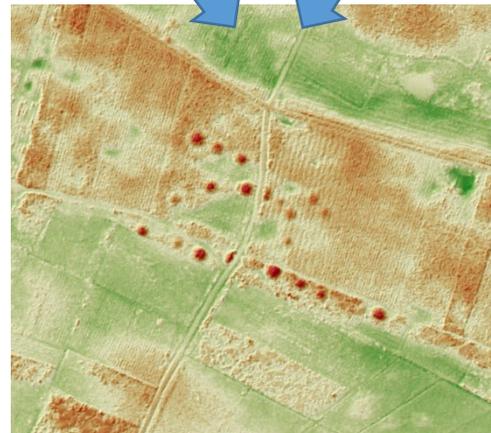
MNT



Ombrage



TPI

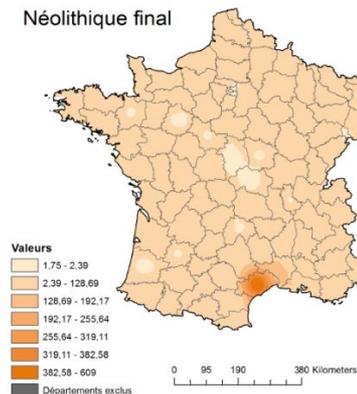
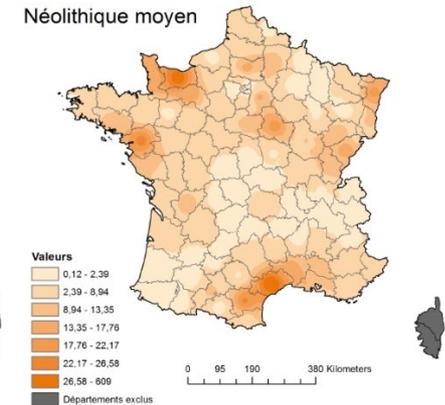
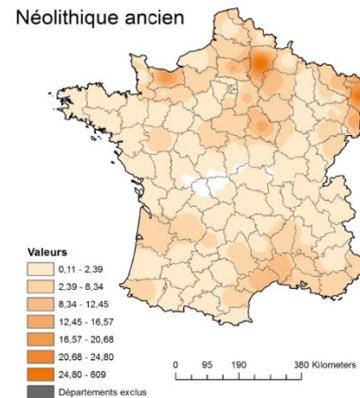
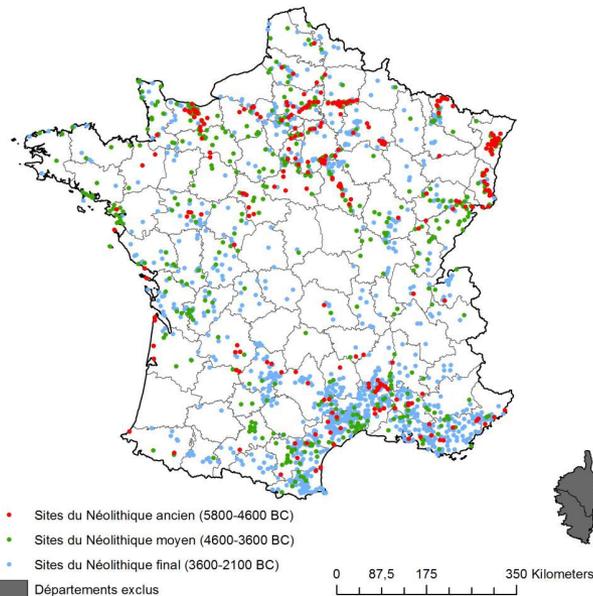


Association MNT + TPI

Travail : B. Daret et C. Coutelier, pour le programme de recherche Litaq

Analyse spatiale

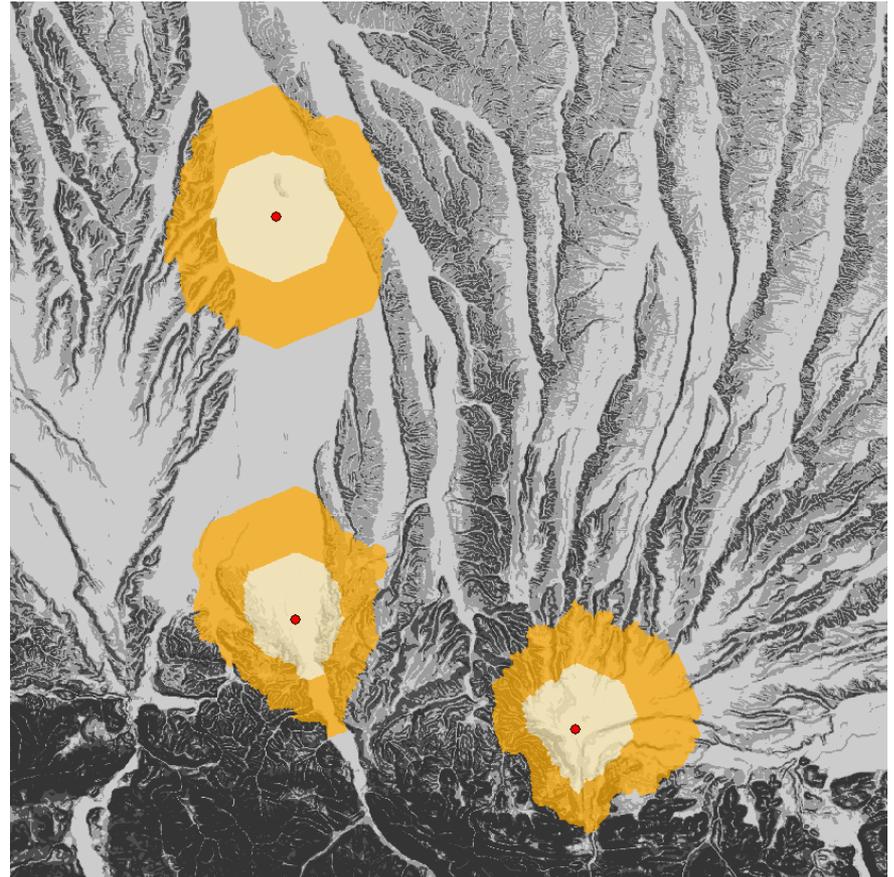
- Etude de répartition de sites archéologiques
 - Catégorisation des sites
 - Interpolation (nb de sites/km²)



M. Le Roy, C. Coutelier
https://theses.hal.science/tel-01229878/file/LE_ROY_MELIE_2015.pdf

Analyse spatiale

- Calcul de distance-temps en fonction de la topographie
 - Accessibilité depuis un site en 1h/2h de marche à pieds
 - Prise en compte de la topographie



Travail : C. Coutelier



Notions fondamentales

Exemples d'applications

Sémiologie graphique

Discrétisation

Éléments indispensables d'une carte

Représentations originales



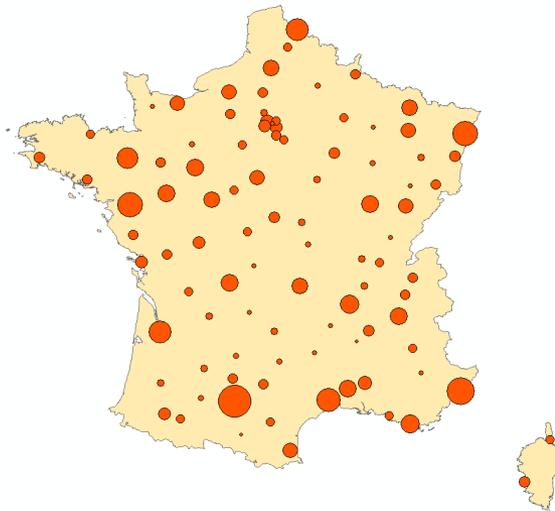
Sémiologie graphique

« Ensemble des règles d'un système graphique pour la transmission d'une information. »

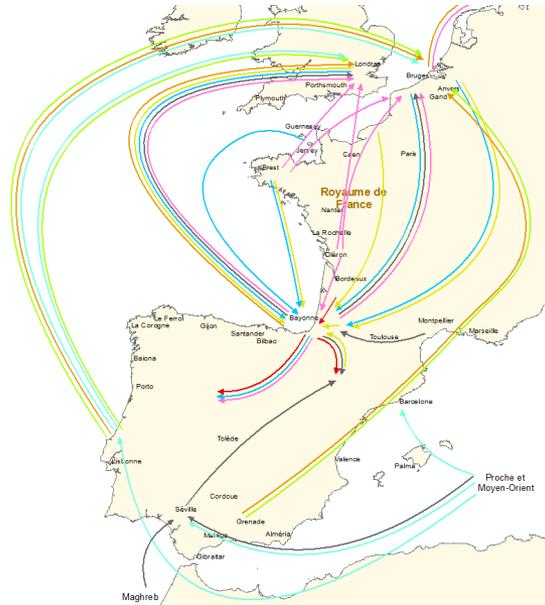
Objectifs pour la construction de cartes : transmettre une information correcte, une carte facilement compréhensible par le lecteur

Représentation visuelle

Implantation
ponctuelle

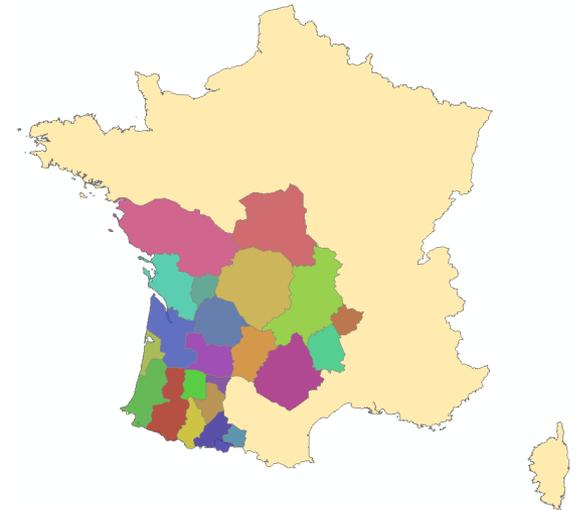


Implantation
linéaire



Cartographies : C. Coutelier

Implantation
surfacique



- SIG : une couche spatiale = un unique type d'implantation

Représentation visuelle

- Variables visuelles définies par Jacques Bertin :

Taille		Ordre Hiérarchie
Valeur		
Forme		Différences Ressemblances
Orientation		
Grain		
Couleur		

Image : C. Coutelier



Vue SIG : programme de recherche AdriAtlas (UMR Ausonius)

Bertin J, *Sémiologie graphique*, La Haye, Mouton, 1970.

Représentation visuelle

- Variable « couleur »
 - Choix de couleurs qui s'imposent
 - Les couleurs ont un sens...



<http://www.carte-du-monde.net/163-france.html>

Représentation visuelle

- Signification des couleurs

- ... les couleurs sont aussi liées à une symbolique

Blanc  ○ Pureté, sobriété, paix, perfection, froideur

Gris  ○ Finesse, subtilité, discrétion, tristesse, saleté

Rouge  ○ Force, passion, danger, affirmation, agression

Noir  ○ Mystère, élégance, autorité, dureté, deuil

Jaune  ○ Gaité, légèreté, chaleureux, trahison

Violet  ○ Rareté, magie, mélancolie, inquiétude

Orange  ○ Dynamique, énergie, stimulant, agressif

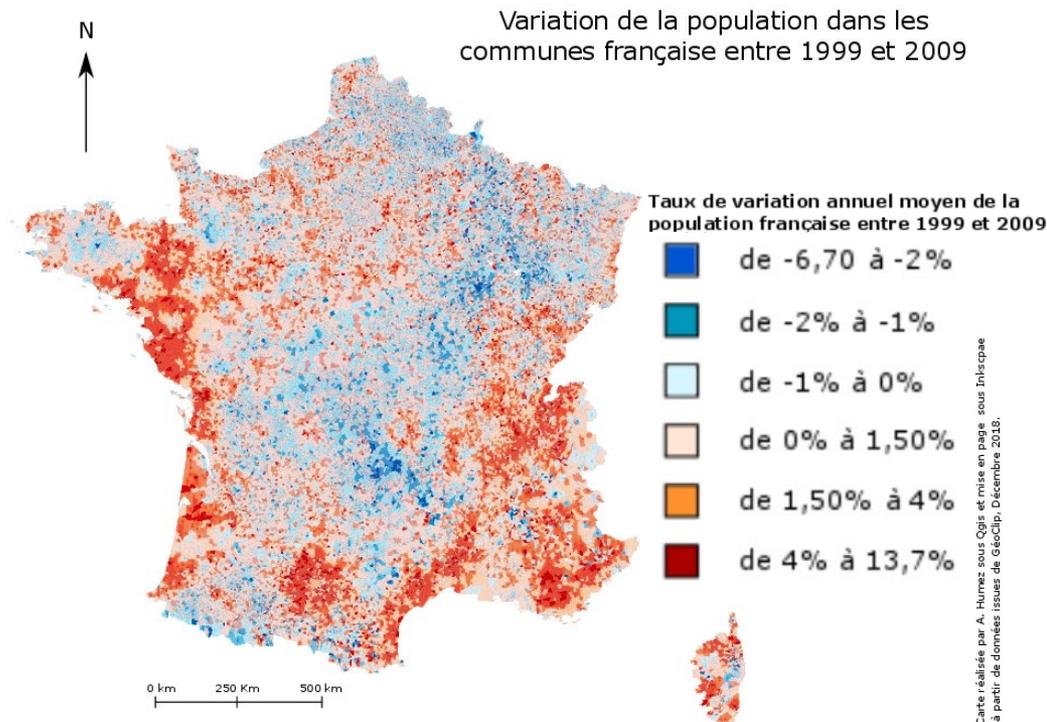
Rose  ○ Affection, douceur, romantisme, mièvrerie

Vert  ○ Fraicheur, nature, repos, jeunesse, poison

Brun  ○ Réalisme, solidité, rustique, conservatisme

Représentation visuelle

- Utilisation des couleurs : intensité d'un phénomène
 - Variation de valeurs de données de même nature



Cartographie : A. Hmz - CC BY-SA 4.0

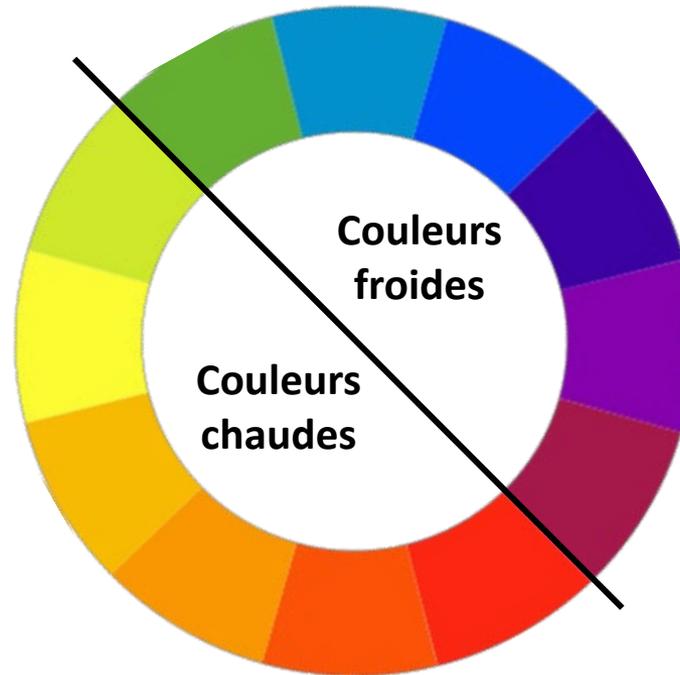
[https://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Carte de la croissance démographique dans les communes françaises entre 1999 et 2009.png](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Carte_de_la_croissance_d%C3%A9mographique_dans_les_communes_fran%C3%A7aises_entre_1999_et_2009.png)

Représentation visuelle

- Choix des couleurs

Couleurs chaudes :

- Valeurs positives
- danger



Couleurs froides :

- Valeurs négatives
- Absence de danger

Sémiologie graphique

- 4 types de valeurs de données constituant l'information de base à représenter sur une carte :

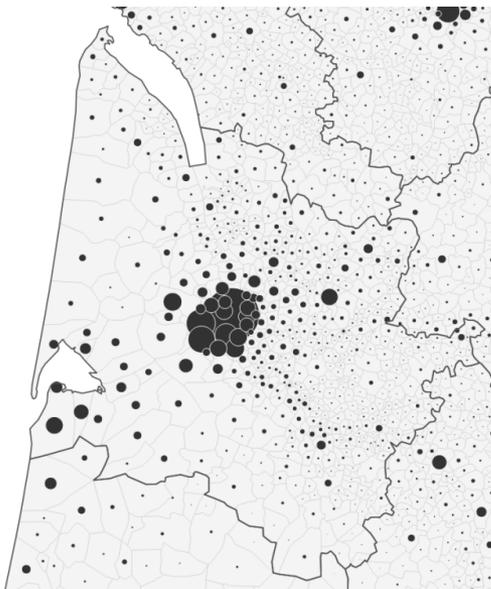
- Données quantitatives absolues
- Données quantitatives relatives
- Données qualitatives ordinales
- Données qualitatives nominales

Taille		Ordre
		Hierarchie
Valeur	 	
Forme		
Orientation		Différences Ressemblances
Grain		
Couleur		

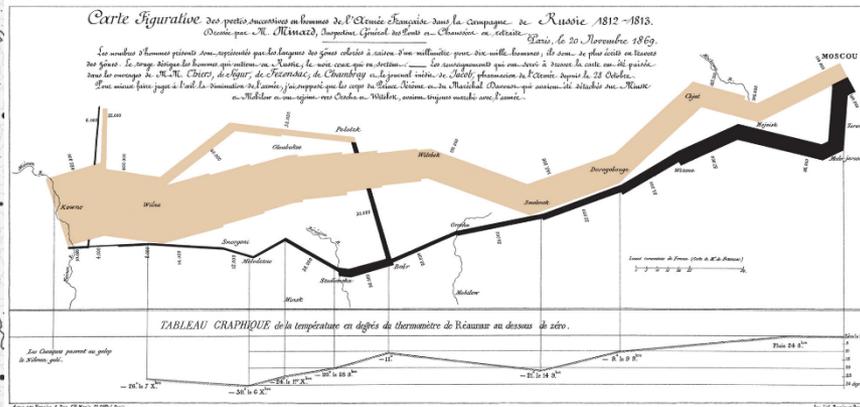
Image : C. Coutelier

Données quantitatives absolues

- Valeurs des données : quantités, nombres
- Il y a relation de proportionnalité et relation d'ordre.



Population, par commune (Gironde)
Cartographie : C. Coutelier

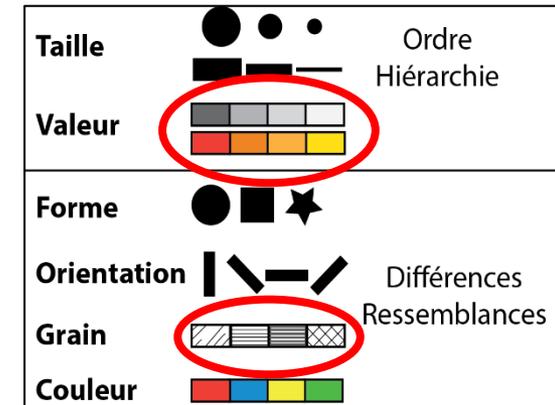
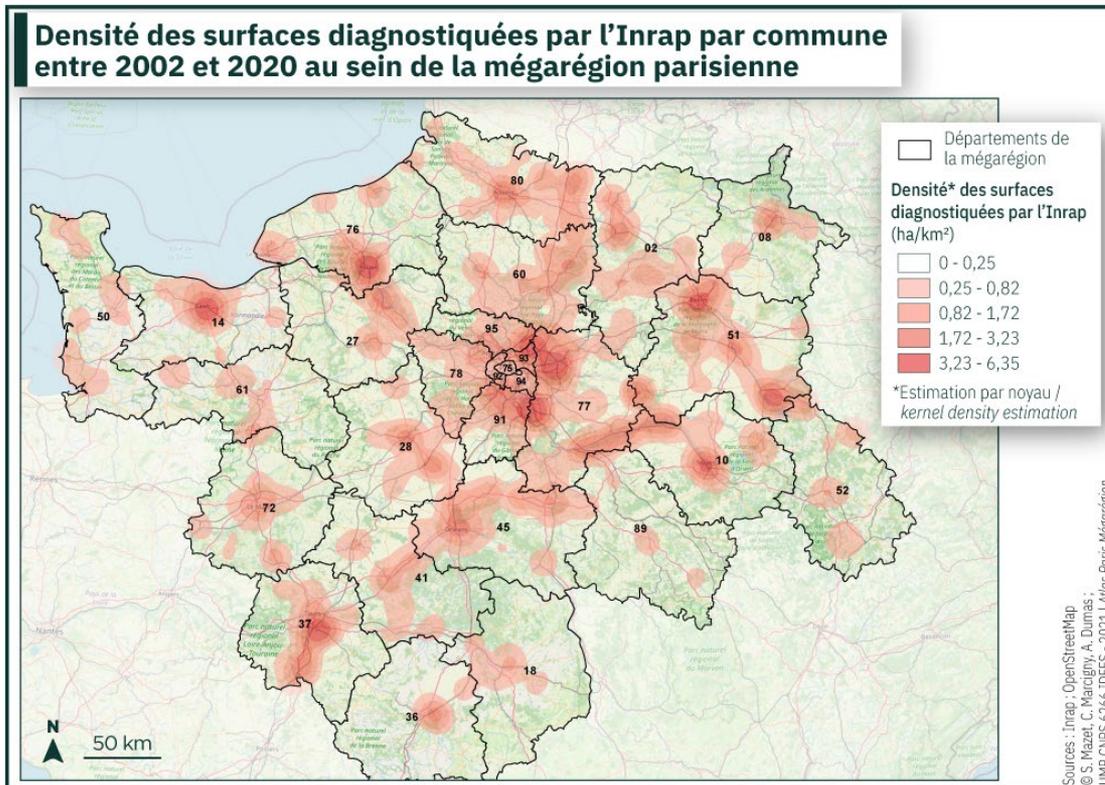


Carte figurative des pertes successives en hommes de l'armée française dans la campagne de Russie 1812-1813, Charles Minard, 1869

Taille		Ordre Hiérarchie
Valeur		
Forme		
Orientation		Différences Ressemblances
Grain		
Couleur		

Données quantitatives relatives

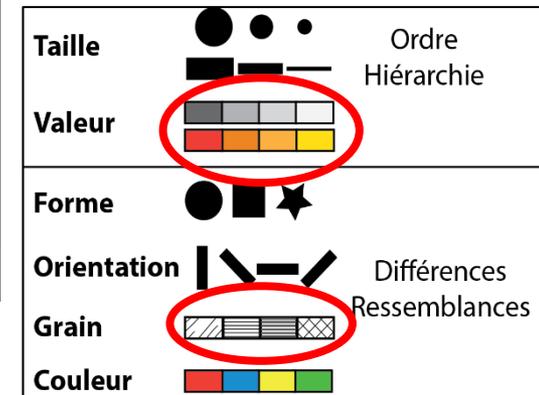
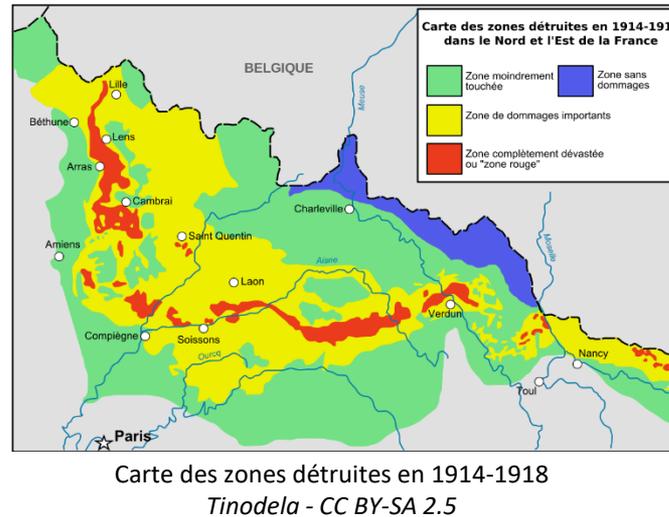
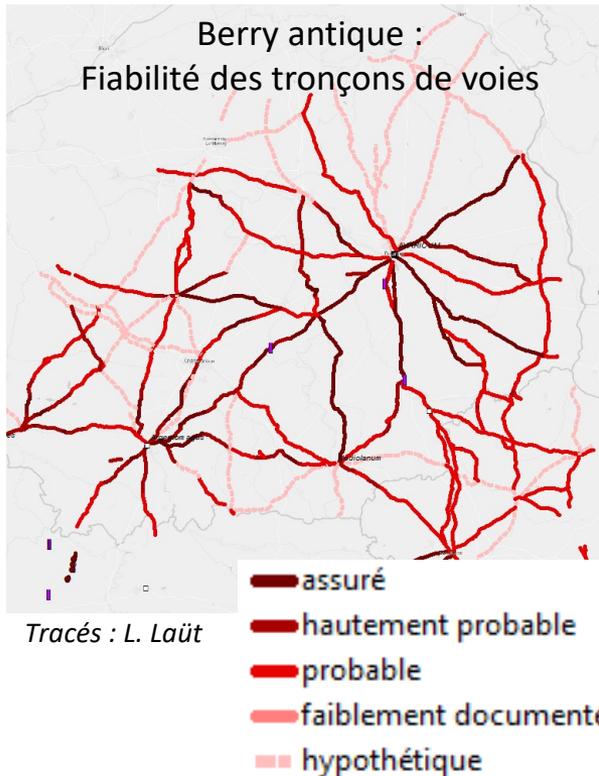
- Valeurs des données : résultat de rapports (taux, %, densité, etc.)
- Relation d'ordre



Cartographie : S. MAZET Sylvain, C. MARCIGNY, A. DUMAS
Sources : INRAP ; OpenStreetMap
<https://atlas-paris-mega-region.univ-rouen.fr/node/235> CC BY 4.0

Données qualitatives ordinales

- Valeurs des données : catégorisées, états distincts
- Relation d'ordre

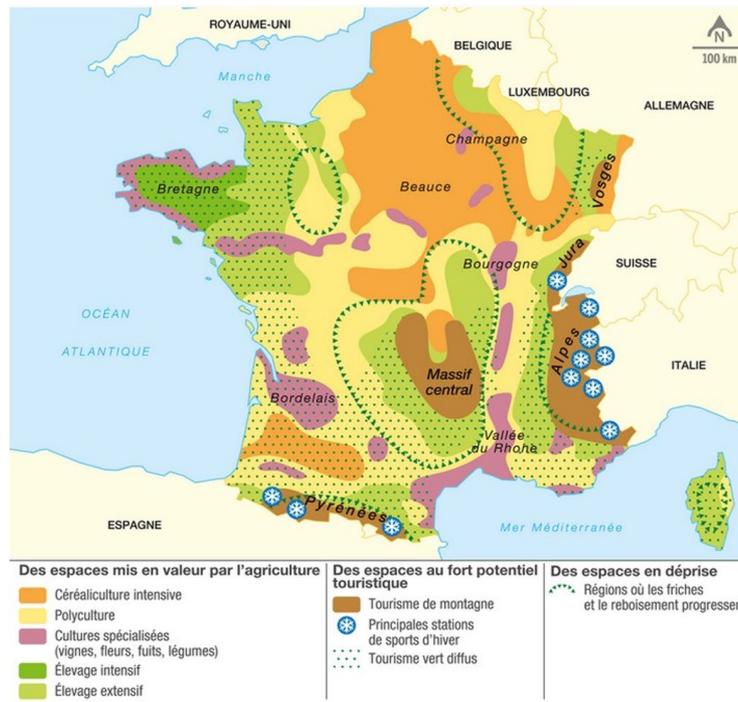


Données qualitatives nominales

- Valeurs des données : catégorisées, états distincts
- Relation de ressemblance ou différence



- ☞ Fossé (Age du Fer)
- ⚡ Ornières
- Poteau
- ⊞ Structure en creux
- Structure de combustion
- △ Structure en pierre (Age du Fer)



http://martial.berthot.free.fr/2017/3e/influenceurbaine/4_la_rpartition_de_la_p opulation_et_ses_dynamiques.htm/

CC BY-SA 4.0

Taille	● ● ●	Ordre
	■ — —	Hiérarchie
Valeur	■ ■ ■ ■	
	■ ■ ■ ■	
Forme	● ■ ★	
Orientation	┆ \ — /	Différences
	┆ \ — /	Ressemblances
Grain	▨ ▩ ▪ ▫	
Couleur	■ ■ ■ ■	

Sémiologie graphique

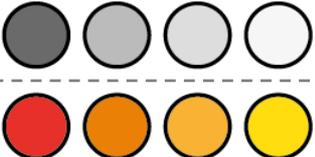
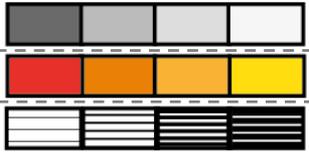
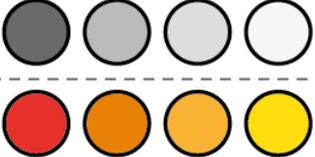
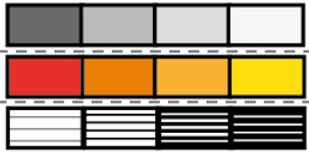
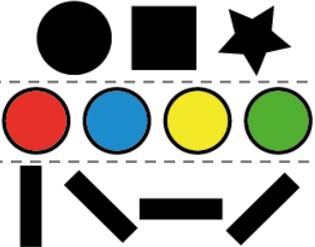
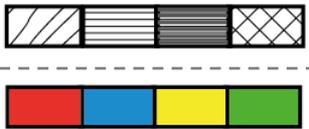
	Point	Ligne	Surface
Quantitatif absolu			
Quantitatif relatif			
Qualitatif ordinal			
Qualitatif nominal			

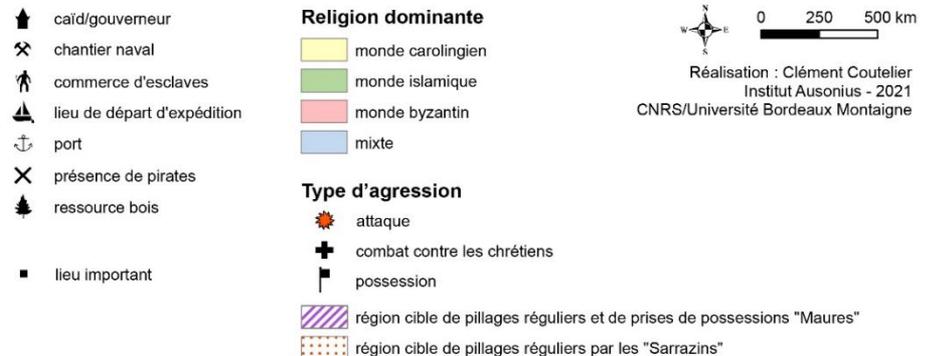
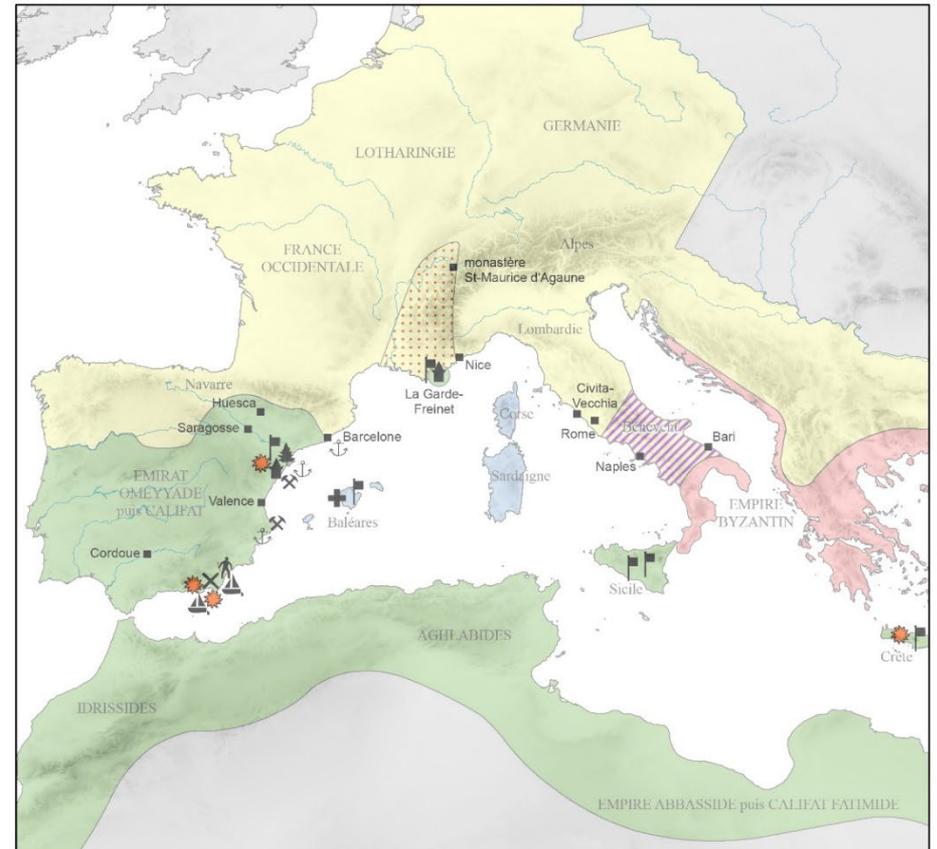
Image : C. Coutelier

Sémiologie graphique

Exemple :

- Quels types de données ?
 - Données quantitatives absolues ?
 - Données quantitatives relatives ?
 - Données qualitatives ordinales ?
 - Données qualitatives nominales ?

Les représentations arabes de la piraterie andalouse (IX^e-XI^e siècles)



Cartographie : C. Coutelier
Travaux de recherches : M. Zinesi



Notions fondamentales
Exemples d'applications
Sémiologie graphique

Discrétisation

Éléments indispensables d'une carte
Représentations originales

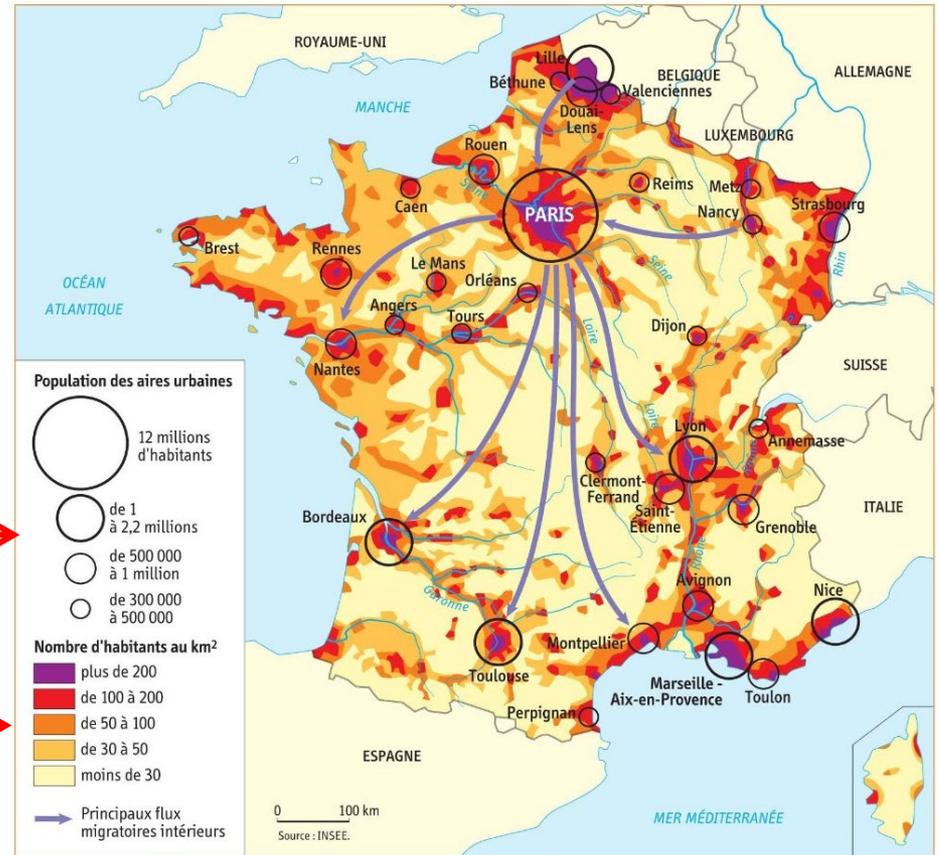
Discrétisation

- Classifier des valeurs

Données de population



Données de densité de population



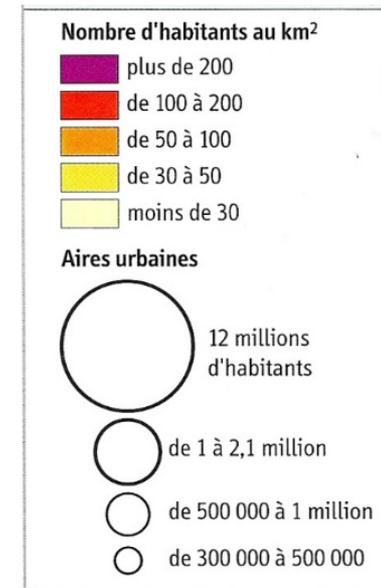
1 Les aires urbaines et les densités de population

http://martial.berthot.free.fr/2017/3e/influenceurbaine/4_la_rpartition_de_la_population_et_ses_dynamiques.html

CC BY-SA 4.0

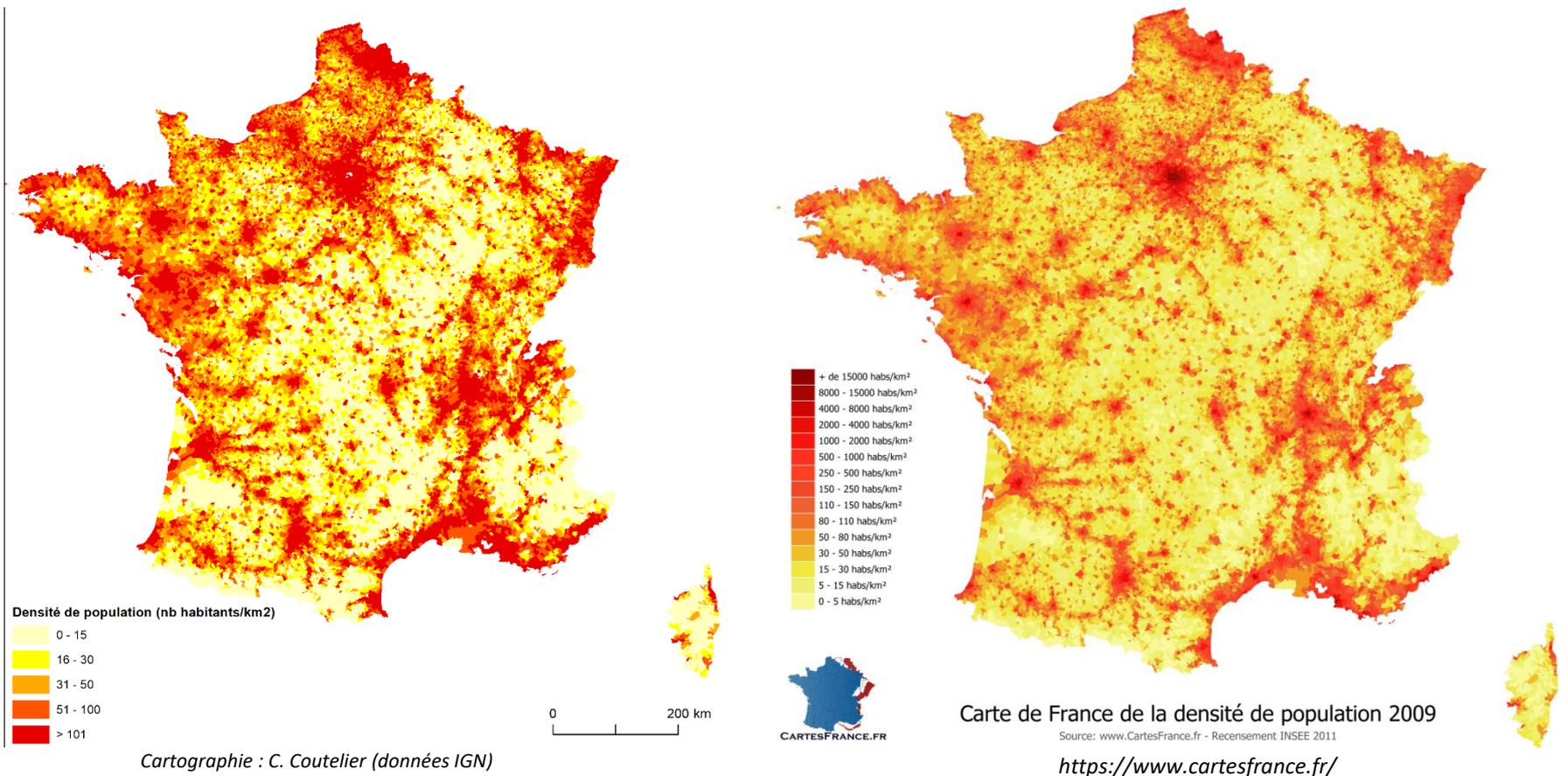
Discrétisation d'une série statistique

- Discrétisation : classification raisonnée de données en vue de leur représentation graphique ou cartographique
 - Partitionner les valeurs en classes
 - Les valeurs appartenant à une même classe sont considérées comme identiques
- Pour les données quantitatives
 - Taille (quantitatif absolu)
 - Valeur de couleurs (quantitatif relatif)
- Choix d'une méthode guidé par différentes contraintes



Contraintes visuelles

- Nombre de classes : se limiter à 7/8 classes



Méthodes de discrétisation dans QGIS

Propriétés de la couche - Communes | Symbologie

Gradué

Colonne: 1.2 Densitekm2

Symbole: [Symbole] Modifier...

Format de légende: %1 - %2 Précision 1 Couper

Méthode: Color

Palette de couleur: [Palette de couleur]

Classes Histogramme

Symbole	Valeurs	Légende
<input checked="" type="checkbox"/>	0.000 - 10.000	0.0 - 10.0
<input checked="" type="checkbox"/>	10.000 - 20.000	10.0 - 20.0
<input checked="" type="checkbox"/>	20.000 - 30.000	20.0 - 30.0
<input checked="" type="checkbox"/>	30.000 - 40.000	30.0 - 40.0
<input checked="" type="checkbox"/>	40.000 - 49.400	40.0 - 49.4

Intervalle égal
Quantile (Nombre Egal)
Ruptures naturelles (Jenks)
Écart-type
Jolies ruptures

Mode: Classification symétrique

Classer [Ajouter] [Retirer] Supprimer Tout Avancé

Lier les limites de classe

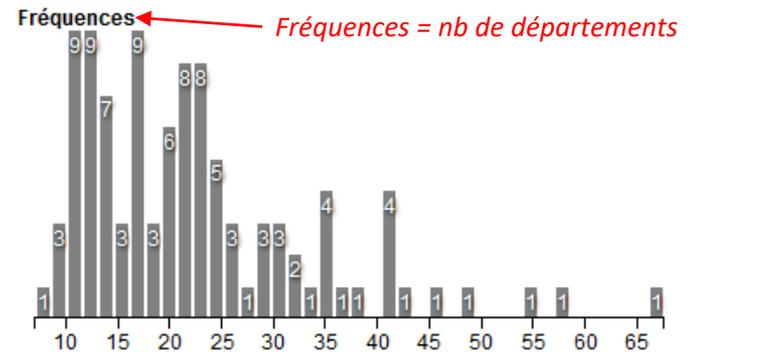
Rendu de couche

Style

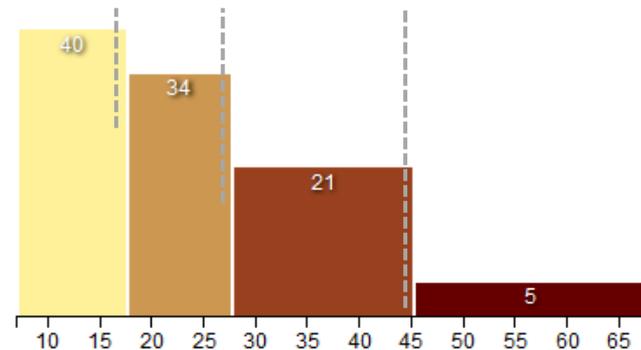
OK Annuler Appliquer Aide

Méthodes de discrétisation

- Méthode des seuils naturels
 - Exemple : part des nuitées réservées par des résidents étrangers (2015)
- Ou méthode des seuils observés ou méthode de Jenks
- Observation de seuils, de ruptures de valeurs dans la série statistique



Discrétisation : Jenks



Quantiles Équivalences Prog. arithmétique Prog. géométrique

Moyennes Standard **Jenks**

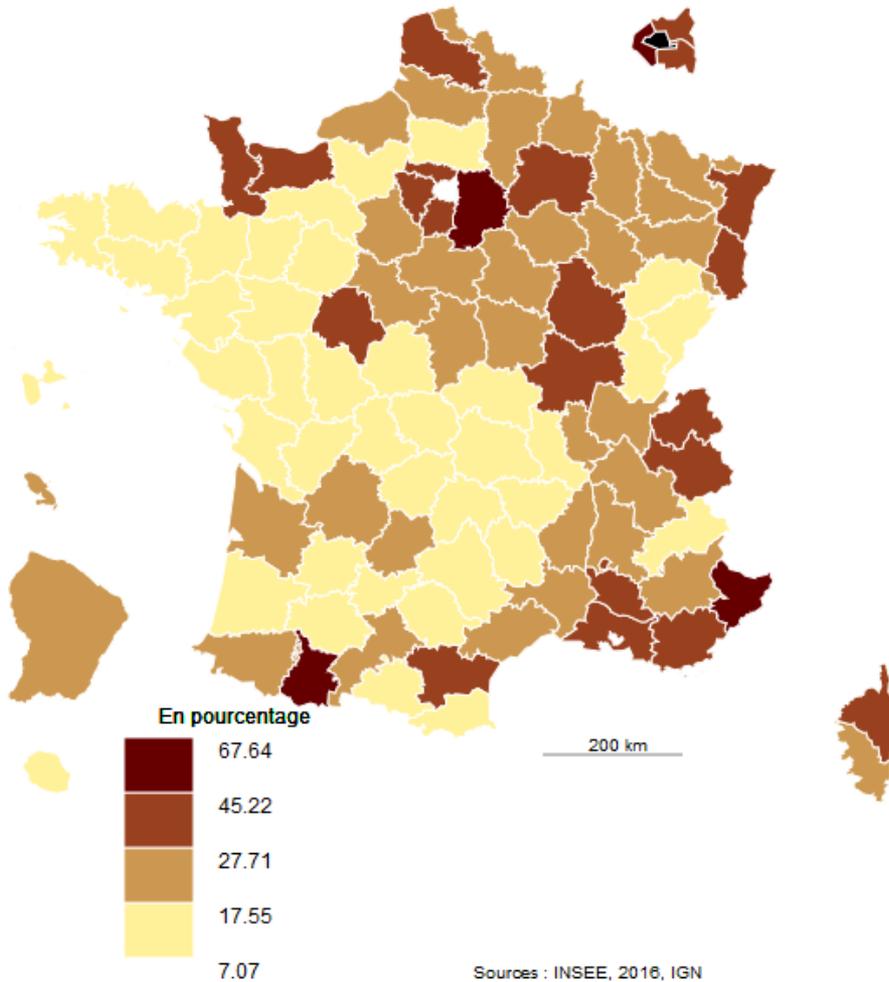
— Nbre. de classes

— Nbre. de barres de fréquences

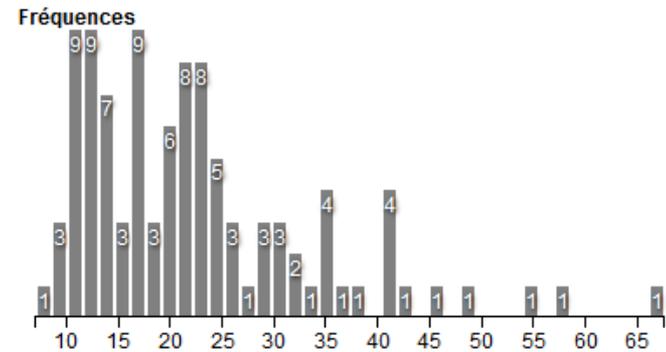
Méthodes de discrétisation

- Méthode des seuils naturels

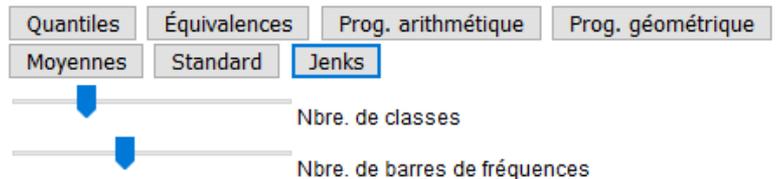
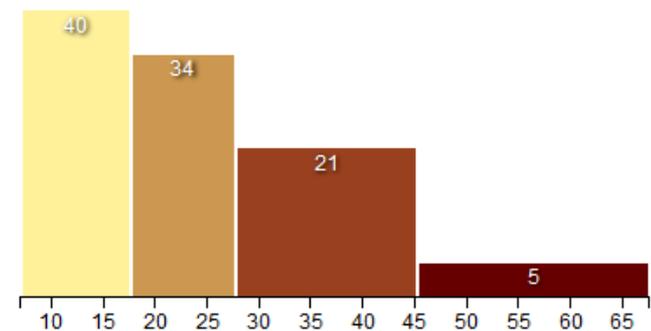
Part des nuitées de résidents étrangers en 2015



<http://mappemonde.mgm.fr/geovisu/119/>



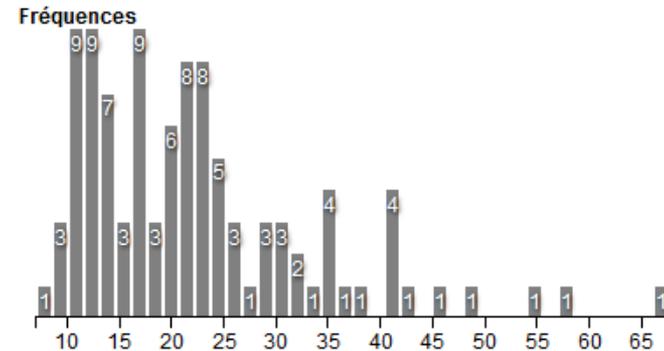
Discrétisation : Jenks



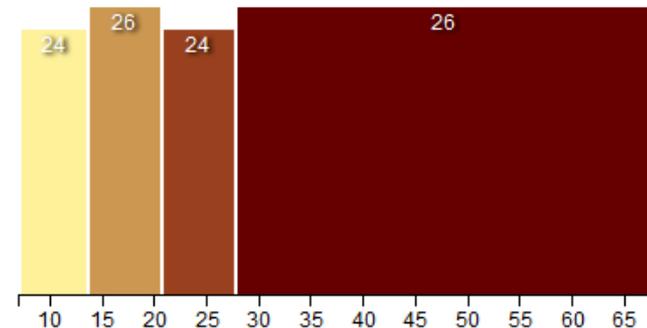
Méthodes de discrétisation

- Méthode des quantiles
 - Exemple : part des nuitées réservées par des résidents étrangers (2015)
 - Même nombre de départements dans chaque classe

<http://mappemonde.mgm.fr/geovisu/119/>



Discrétisation : quantiles



Quantiles Équivalences Prog. arithmétique Prog. géométrique

Moyennes Standard Jenks

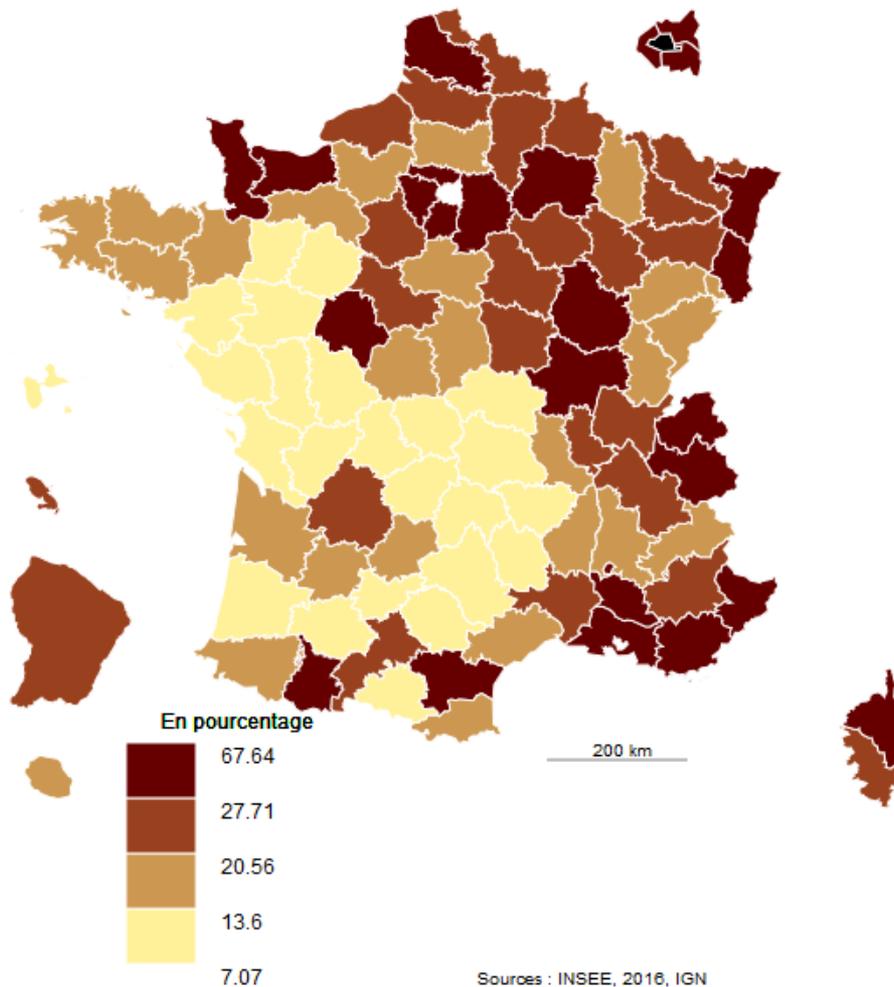
Nbre. de classes

Nbre. de barres de fréquences

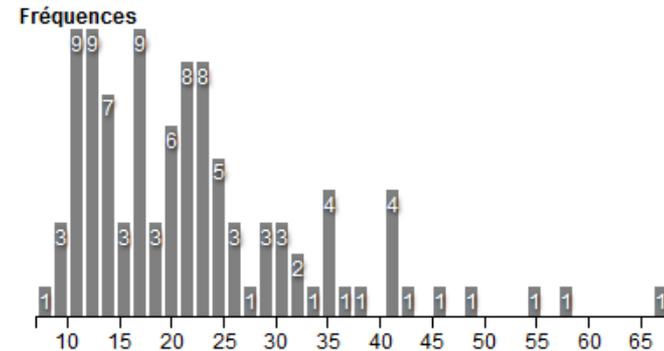
Méthodes de discrétisation

- Méthode des quantiles

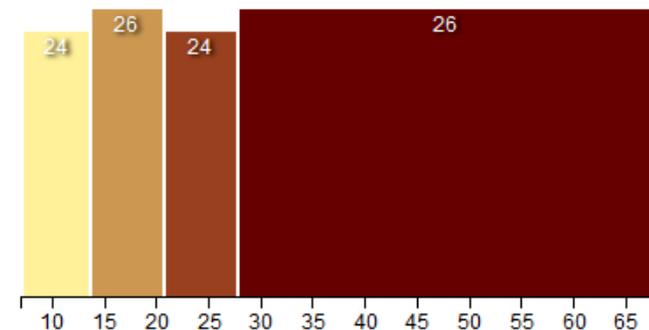
Part des nuitées de résidents étrangers en 2015



<http://mappemonde.mgm.fr/geovisu/119/>



Discretisation : quantiles



Quantiles Équivalences Prog. arithmétique Prog. géométrique

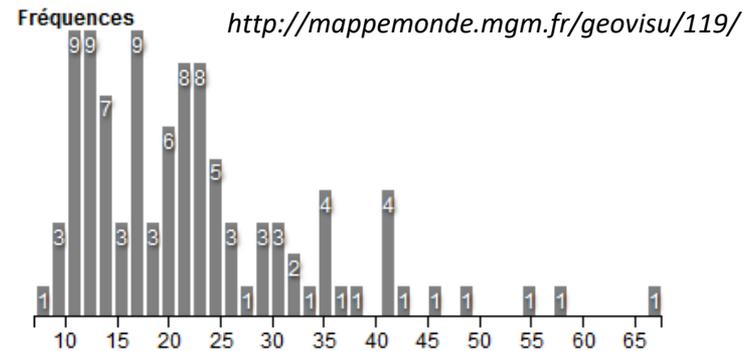
Moyennes Standard Jenks

Nbre. de classes

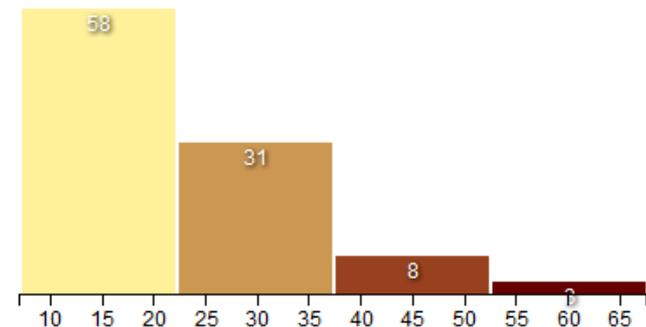
Nbre. de barres de fréquences

Méthodes de discrétisation

- Egales amplitudes (ou intervalles égaux)
 - Exemple : part des nuitées réservées par des résidents étrangers (2015)
 - Classes de même « taille » (amplitude)



Discrétisation : équivalences



Quantiles Équivalences Prog. arithmétique Prog. géométrique

Moyennes Standard Jenks

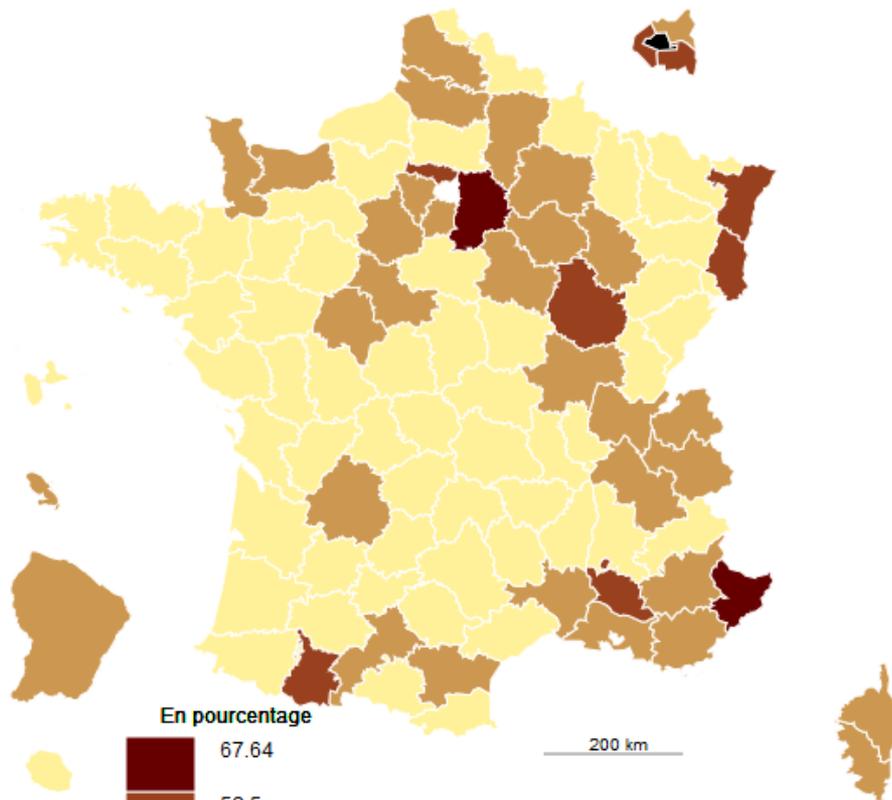
Nbre. de classes

Nbre. de barres de fréquences

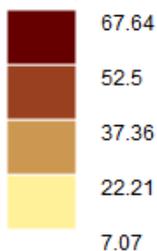
Méthodes de discrétisation

- Egales amplitudes (ou intervalles égaux)

Part des nuitées de résidents étrangers en 2015



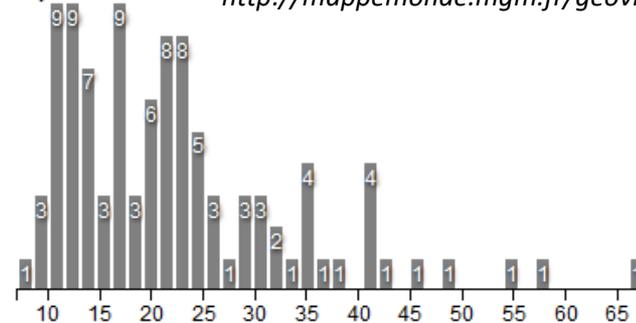
En pourcentage



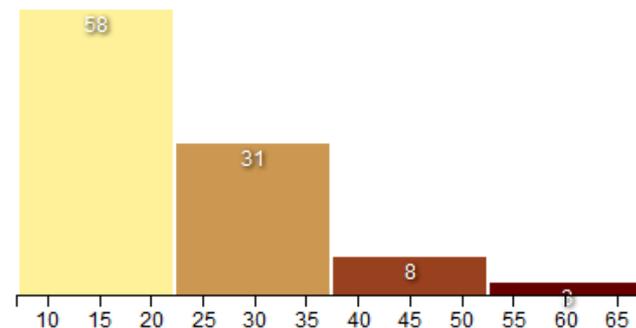
Sources : INSEE, 2016, IGN
Discrétisation : Mappemonde, 12/2016

Fréquences

<http://mappemonde.mgm.fr/geovisu/119/>



Discrétisation : equivalences



Quantiles **Équivalences** Prog. arithmétique Prog. géométrique

Moyennes Standard Jenks

Nbre. de classes

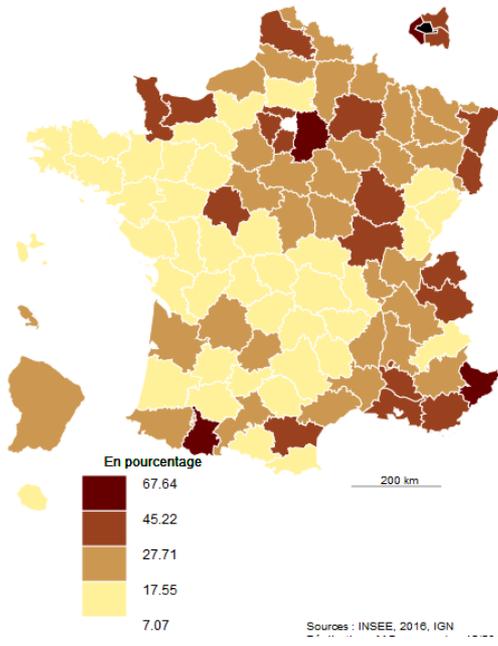
Nbre. de barres de fréquences

Méthodes de discrétisation

- Mêmes données → résultats visuels différents

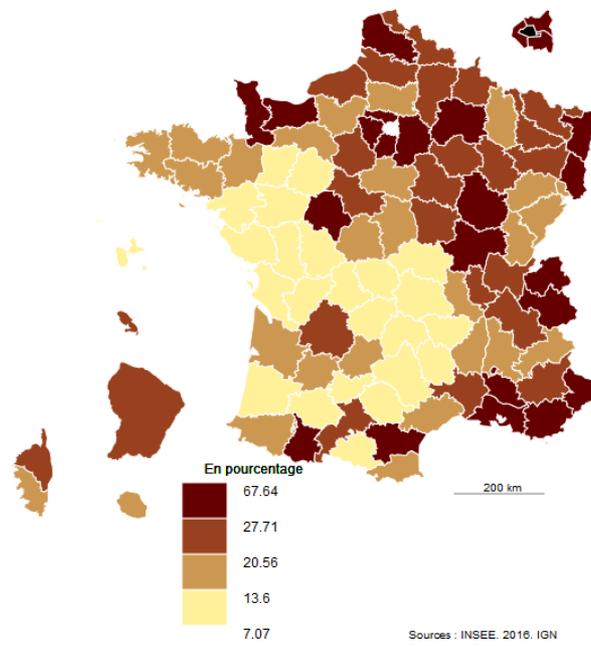
Seuils naturels

Part des nuitées de résidents étrangers en 2015



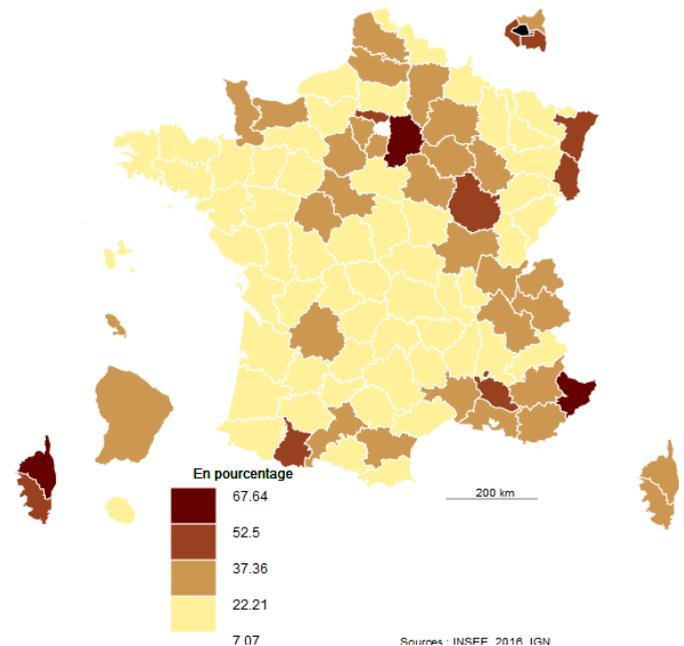
Quantiles

Part des nuitées de résidents étrangers en 2015



Egales amplitudes

Part des nuitées de résidents étrangers en 2015

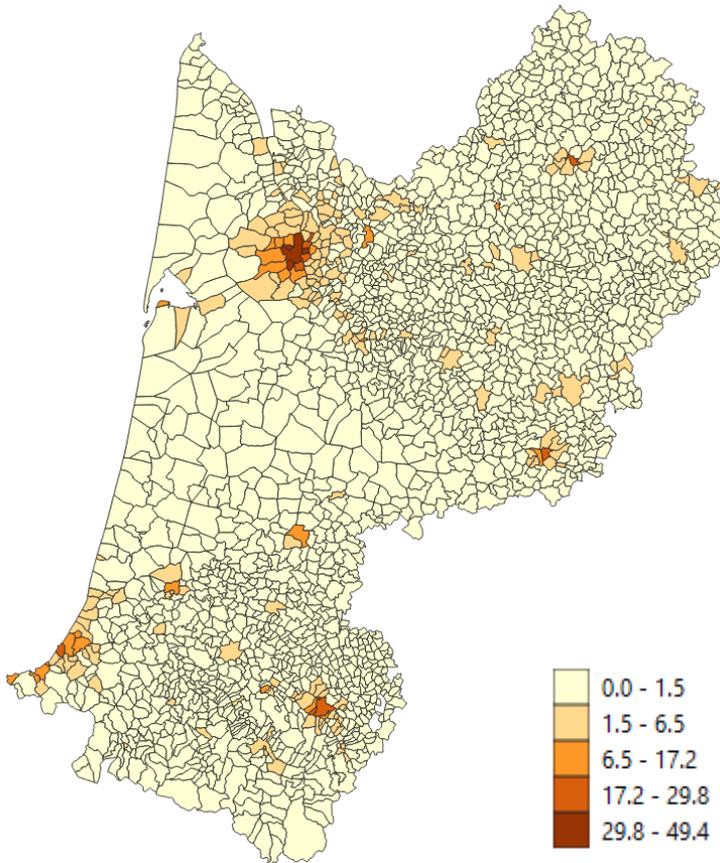


<http://mappemonde.mgm.fr/geovisu/119/>

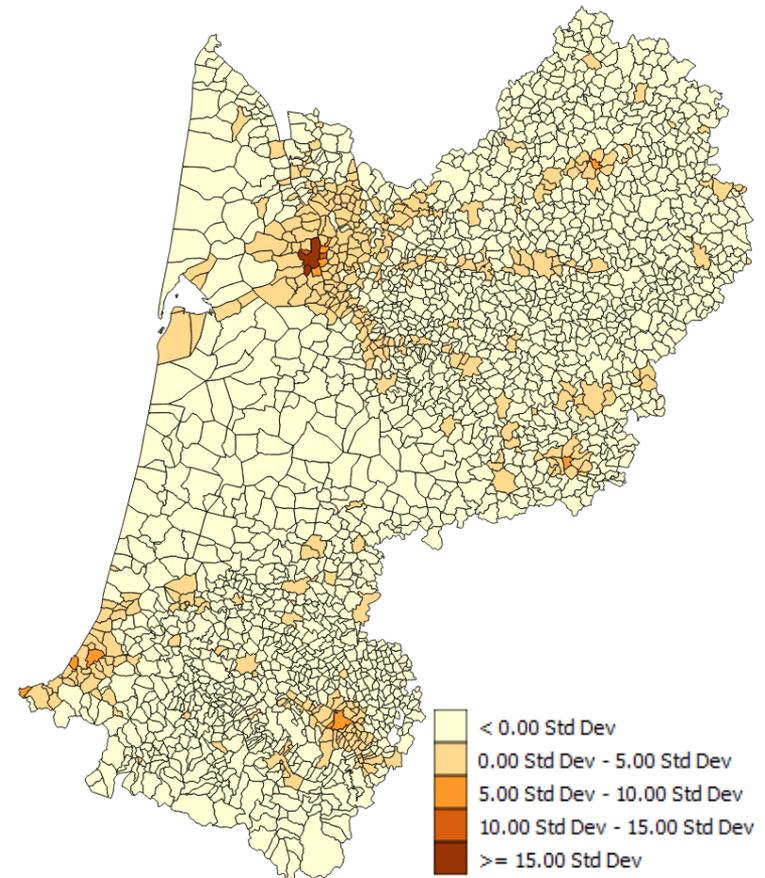
Méthodes de discrétisation dans QGIS

Seuils naturels

Densité de pop. par commune



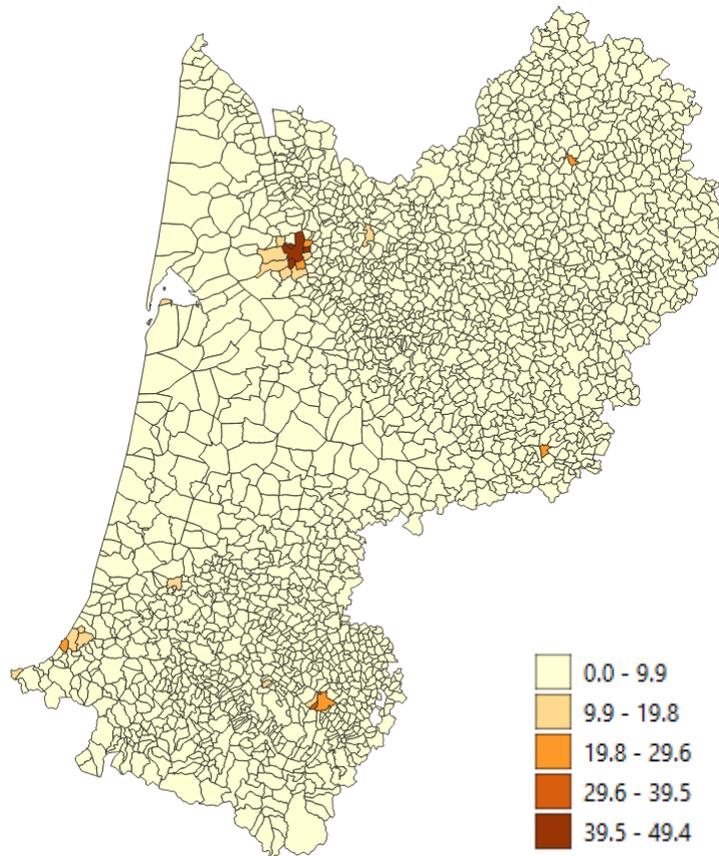
Ecart-type



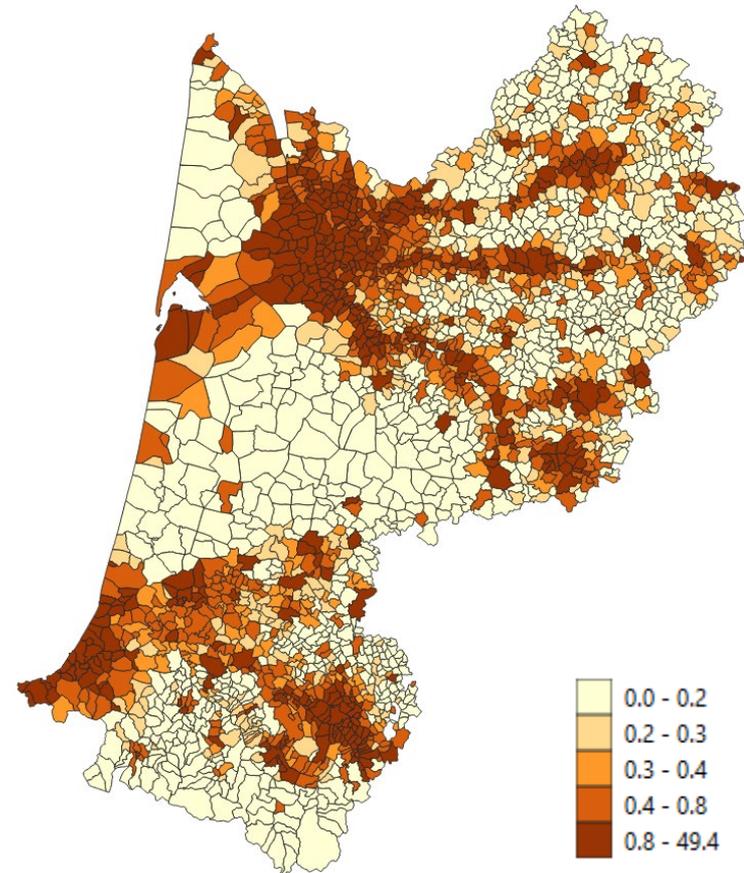
Méthodes de discrétisation dans QGIS

Intervalles égaux

Densité de pop. par commune

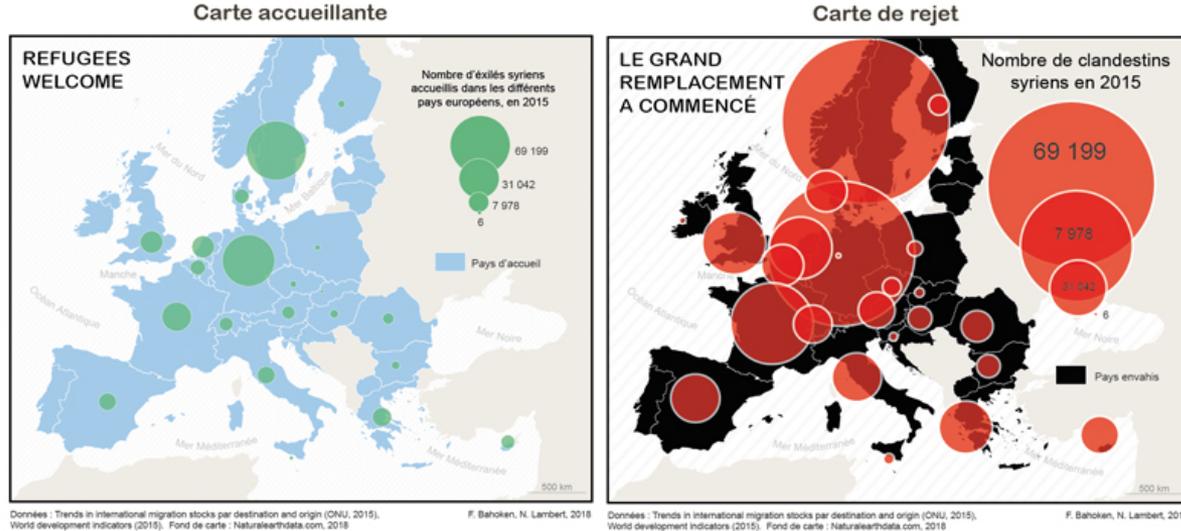


Quantiles

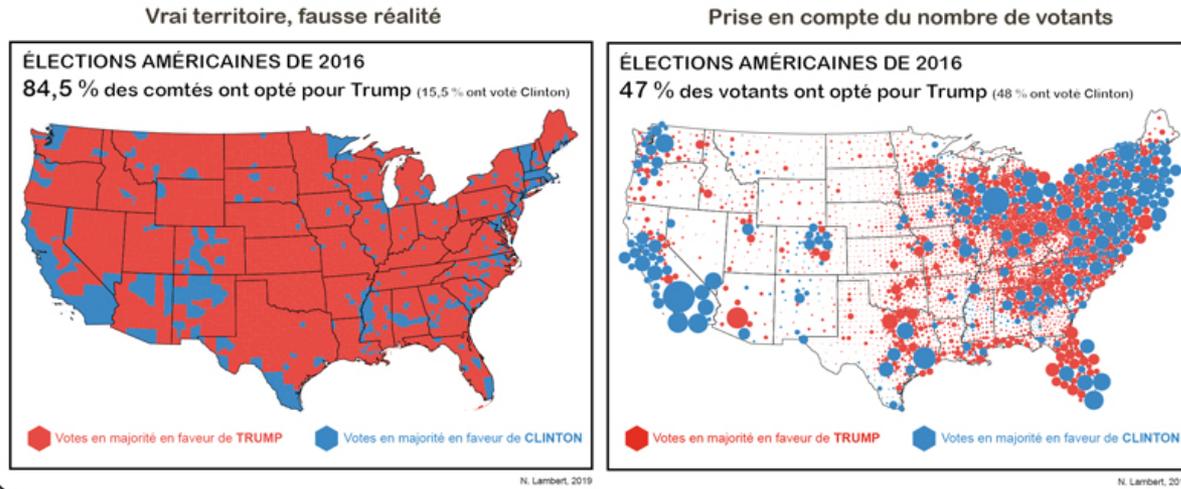


Deux exemples de manipulation cartographique

Exemple 1 : Les migrants syriens en 2015. Deux cartes réalisées à partir des mêmes données



Exemple 2 : Sans prise en compte de la « taille », les cartes mentent

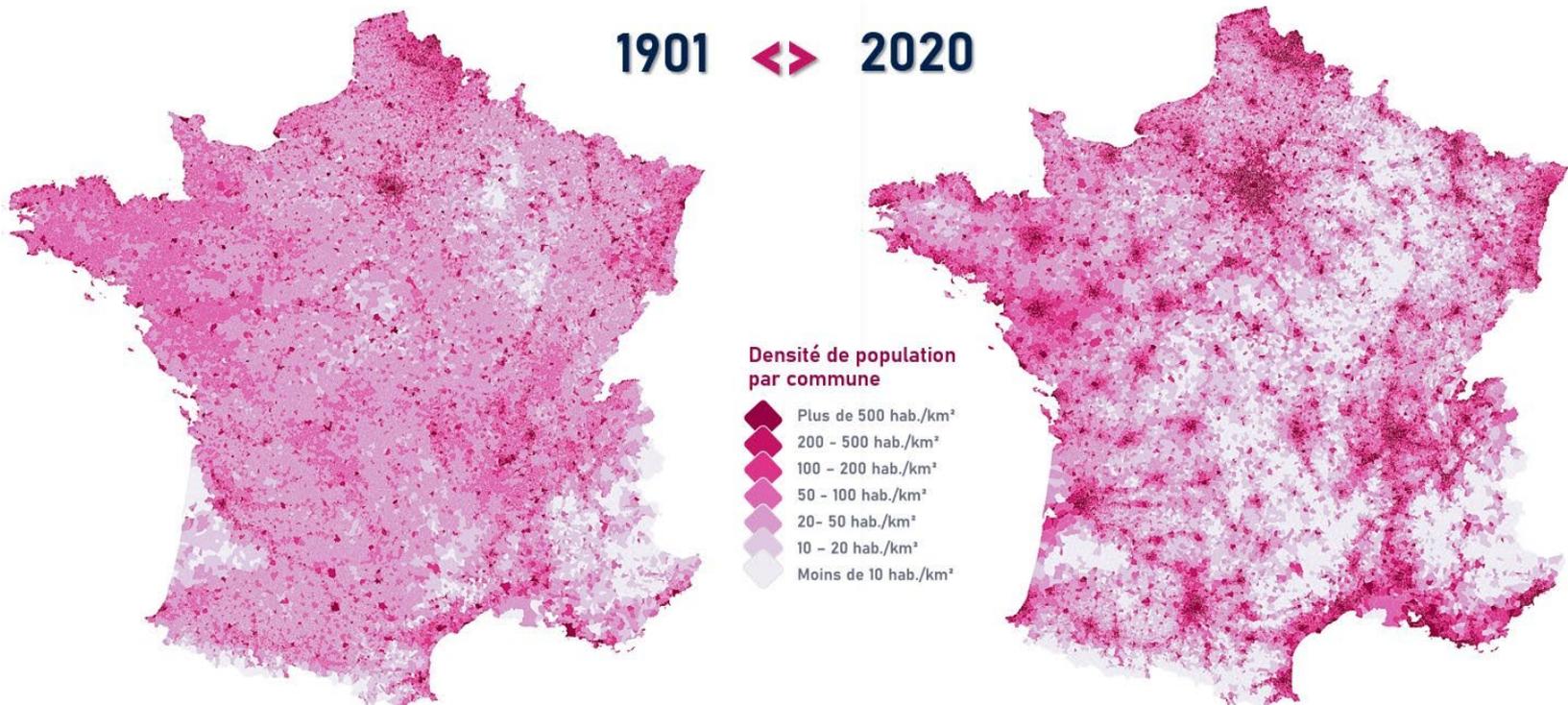


Bahoken F., Lambert N. (2020), [Méfiez-vous des cartes, pas des migrants !](https://www.antiatlas-journal.net/04-mefiez-vous-des-cartes-pas-des-migrants/) in : *antiAtlas Journal*, #4 – licence Creative commons <https://www.antiatlas-journal.net/04-mefiez-vous-des-cartes-pas-des-migrants/>

Comparaison dans le temps

- Représentation d'un même phénomène variant dans le temps : mêmes classes / bornes

#Evolution de la densité de population





Notions fondamentales

Exemples d'applications

Sémiologie graphique

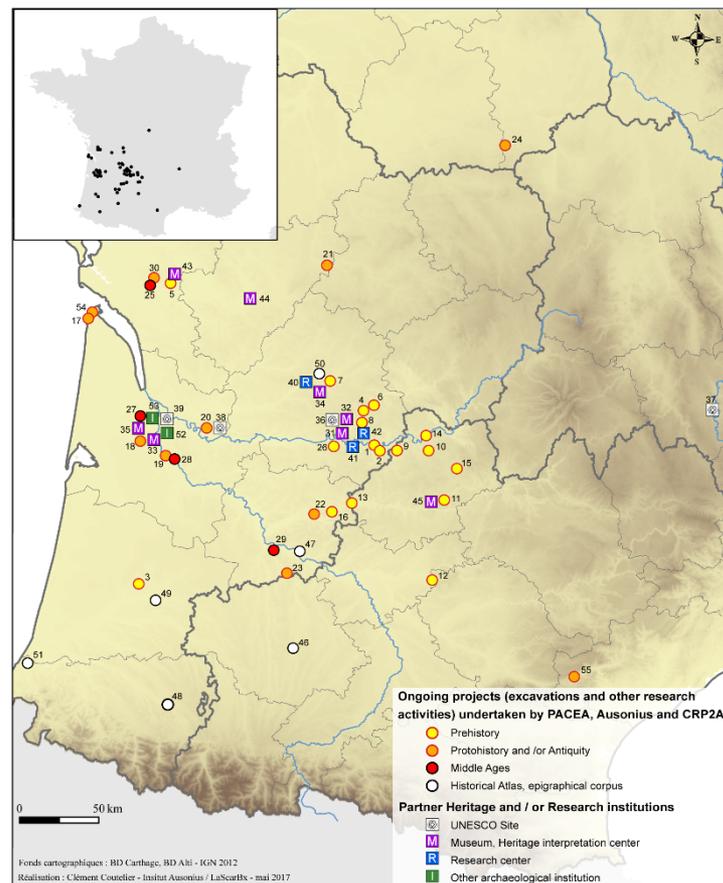
Discrétisation

Éléments indispensables d'une carte

Représentations originales

Mise en page d'une carte (1/3)

- Titre : explicite contenant le lieu
- Légende
- Échelle : privilégier échelle graphique
- Flèche d'orientation
- Sources : provenance des données affichées
- Producteur de la carte + date de sa réalisation

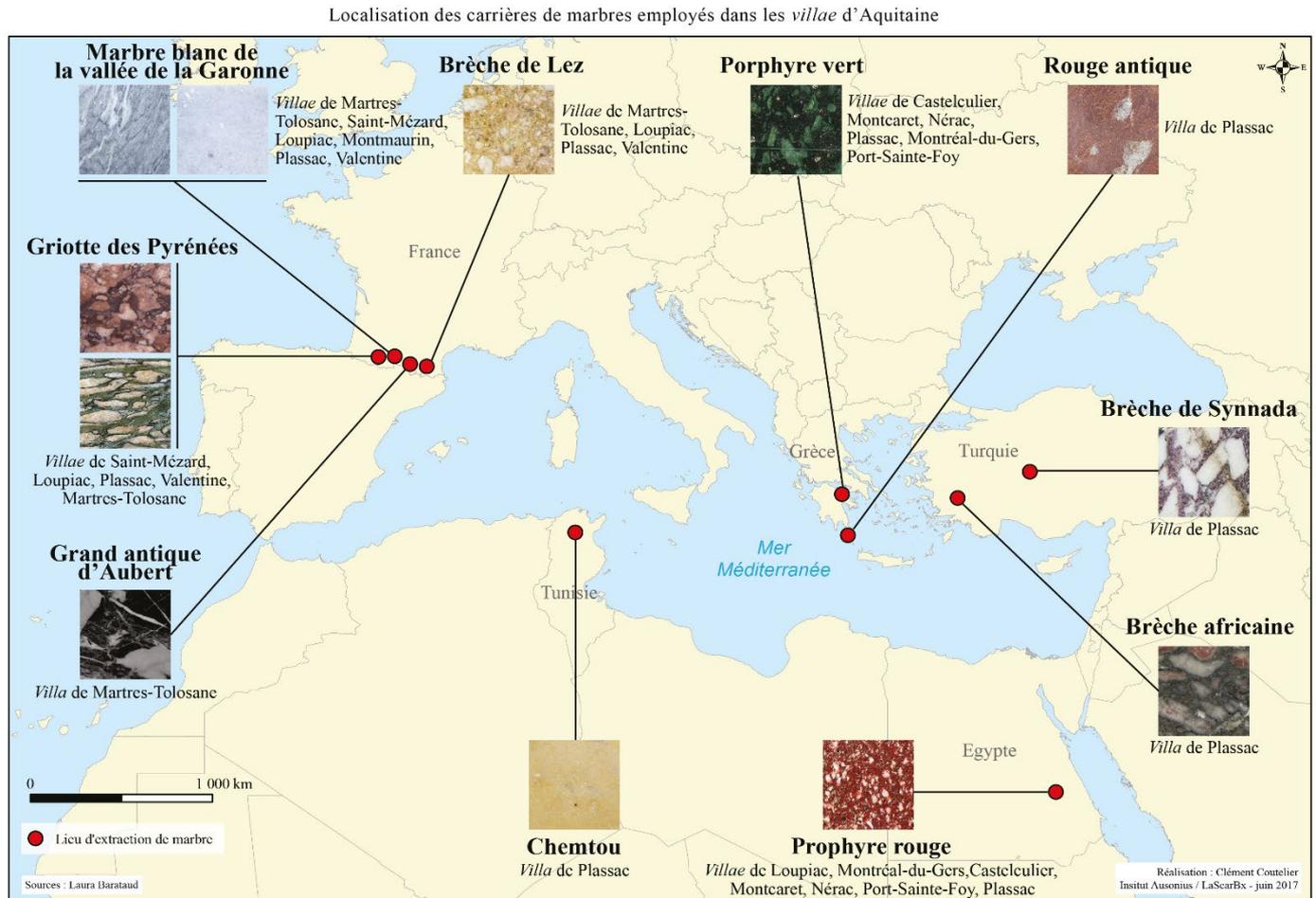


1 : Maldidier, La Roque Gageac ; 2 : Domme, Combe Grenal ; 3 : Pouyet, Geloux ; 4 : Le Moustier, Saint-Léon-sur-Vézère ; 5 : Saint Césaire ; 6 : Le Regourdou, Montignac ; 7 : Le Landry, Boulazac ; 8 : Abri Casserole, Les Eyzies de Tayac ; 9 : Le Plage, Fajoles ; 10 : Sirogne, Rocamadour ; 11 : Igue du Gal, Saillac-sur-Célé ; 12 : Pouxets, Bruniquet ; 13 : Fournol, Soturac ; 14 : Peyrazet, Creyres ; 15 : Le Mas-Viel, Saint-Simon ; 16 : Cassegros, Trentels ; 17 : La Lède-du-Gurp / Soulac-sur-Mer ; 18 : Bordeaux ; 19 : Isle-Saint-Georges ; 20 : Saint-Emilion ; 21 : Chassenon ; 22 : Eysses / Villeneuve-sur-Lot ; 23 : Lamontjoie ; 24 : Châteaumeillant ; 25 : Saintes ; 26 : Cussac, Le Buisson-de-Cadoux ; 27 : Bordeaux ; 28 : Langoiran ; 29 : Saint-Martin, Bruch ; 30 : Saintes ; 31 : Musée National de Préhistoire, Les Eyzies de Tayac ; 32 : Pôle International de Préhistoire, Les Eyzies de Tayac ; 33 : Musée d'Aquitaine, Bordeaux ; 34 : Site - musée gallo-romain de Vesunna, Périgueux ; 35 : Cap Sciences, Bordeaux ; 36 : Vallée de la Vézère ; 37 : Chemins de Saint-Jacques-de-Compostelle ; 38 : Saint-Emilion ; 39 : Bordeaux ; 40 : Centre National de Préhistoire, Périgueux ; 41 : Pôle mixte de recherche, Campagne-du-Bugue ; 42 : Maison François Bordes, Les Eyzies de Tayac ; 43 : Paléosite, Saint-Césaire ; 44 : Musée d'Angoulême ; 45 : Site-musée de Pech Merle, Cabrerets ; 46 : Auch ; 47 : Agen ; 48 : Pau ; 49 : Mont-de-Marsan ; 50 : Périgueux ; 51 : Bayonne ; 52 : Inrap, direction interrégionale Grand Sud-Ouest, Bègles ; 53 : Service Régional de l'Archéologie, Bordeaux ; 54 : L'Amélie, Soulac-sur-Mer ; 55 : Malviu, Saint-Pons-de-Thomières.

Coutelier, C. (2023). *Ongoing projects (excavations and other research activities) undertaken by Pacea, Ausonius and CRRPAA* (Version 1). NAKALA - <https://nakala.fr> (Huma-Num - CNRS). <https://doi.org/10.34847/NKL.67AF9296>

Mise en page d'une carte (2/3)

- Titre
- Légende
- Échelle
- Flèche d'orientation
- Sources
- Producteur de la carte + date de sa réalisation

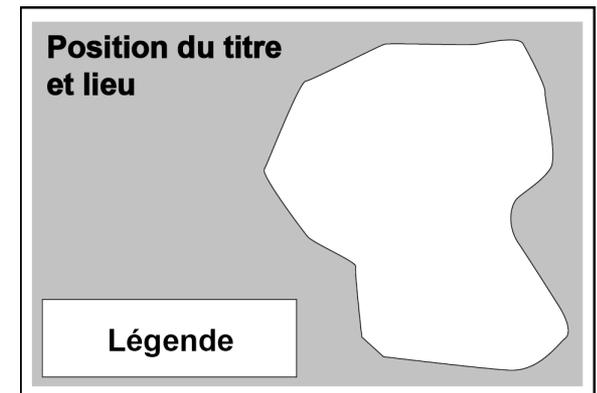
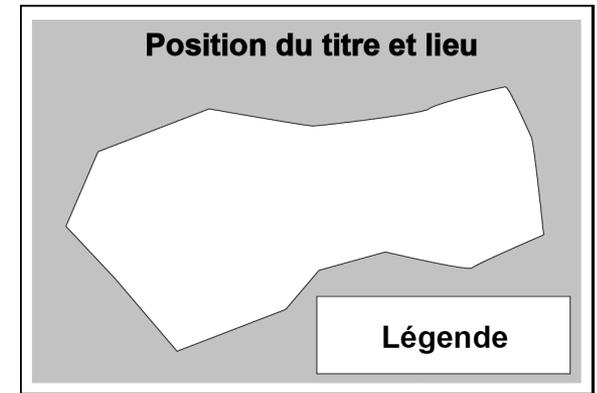
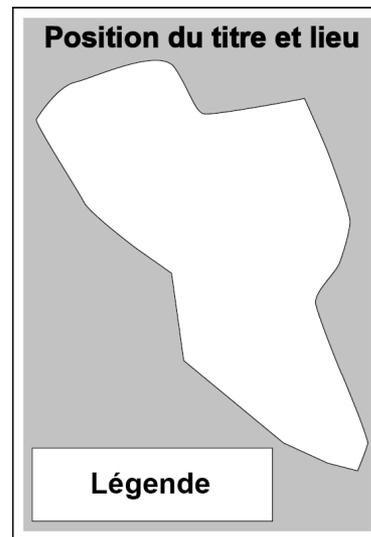
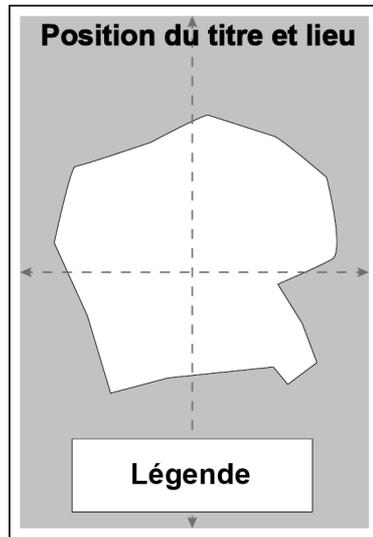


Coutelier, C. (2023). *Localisation des carrières de marbres employés dans les villae d'Aquitaine* (Version 1). NAKALA - <https://nakala.fr> (Huma-Num - CNRS). <https://doi.org/10.34847/NKL.E9BB2FR5>

Mise en page d'une carte (3/3)

Choix de la position de la carte, du titre et du bloc de légende en fonction de la forme

- Titre
- Légende
- Échelle
- Flèche d'orientation
- Sources
- Producteur de la carte + date de sa réalisation



Images : C. Coutelier



Notions fondamentales

Exemples d'applications

Sémiologie graphique

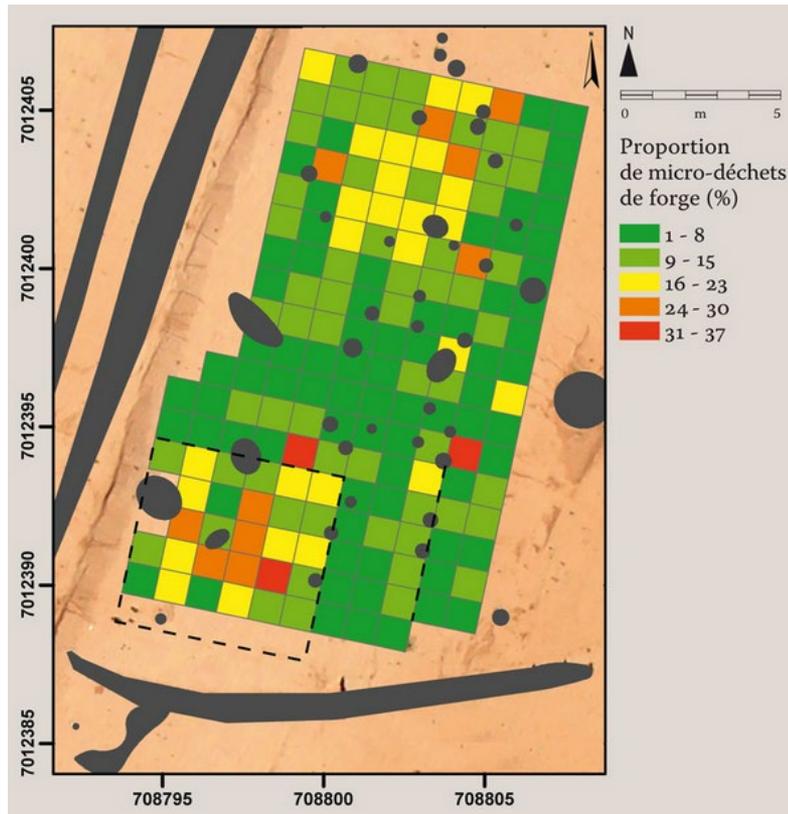
Discrétisation

Éléments indispensables d'une carte

Représentations originales

Carte par maille

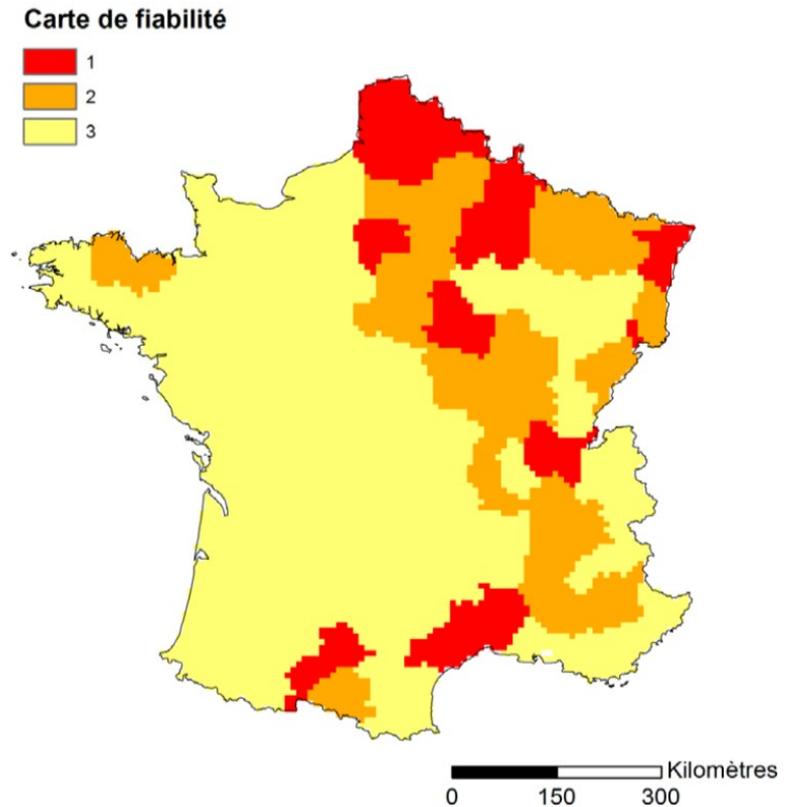
- Application d'une grille sur la zone d'étude



© Guillaume Hulin

<http://archeopages.revues.org/560>

(avec l'aimable autorisation de G. Hulin)



Carte de fiabilité. Plus la couleur est foncée, plus les données sont considérées comme fiables (maille de 8km²).

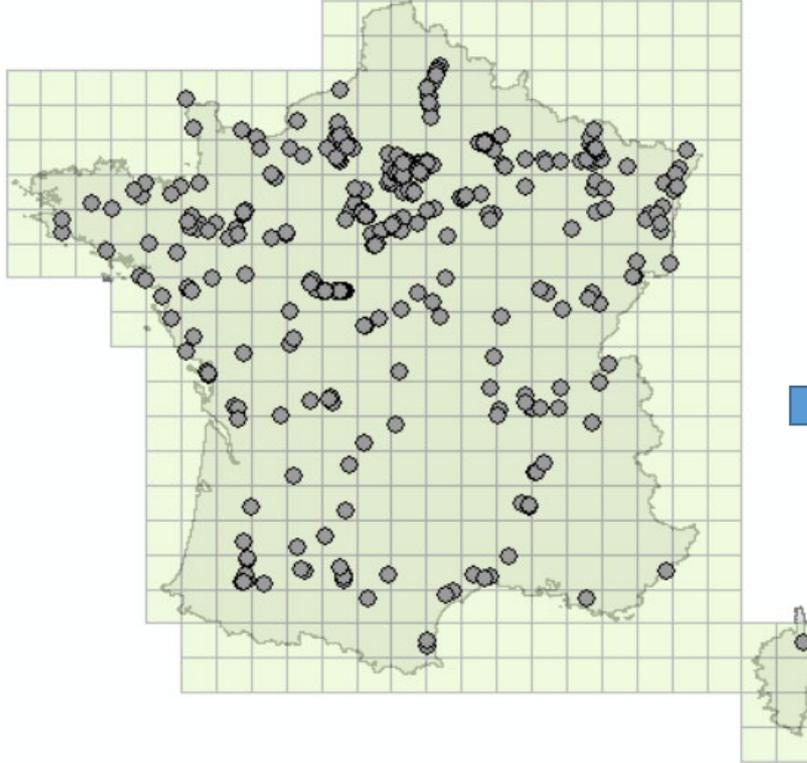
M. Le Roy :

https://theses.hal.science/tel-01229878/file/LE_ROY_MELIE_2015.pdf

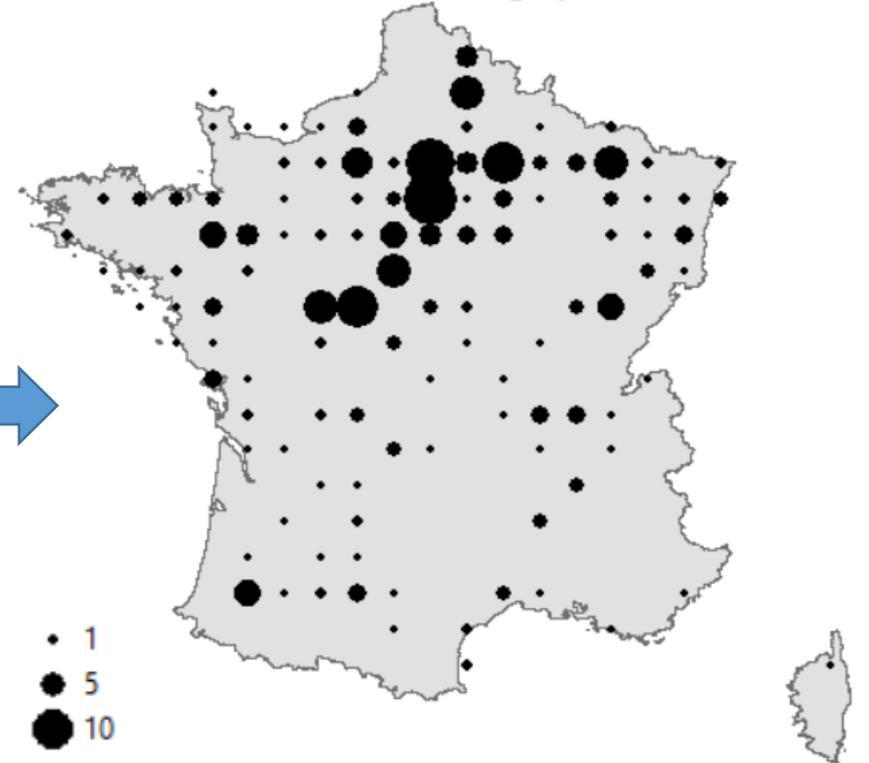
Carte par maille

- Application d'une grille sur la zone d'étude

Sites de fouille archéologique de l'INRAP



Sites de fouille archéologique de l'INRAP



Données : INRAP 2014
Cartographies : C. Coutelier

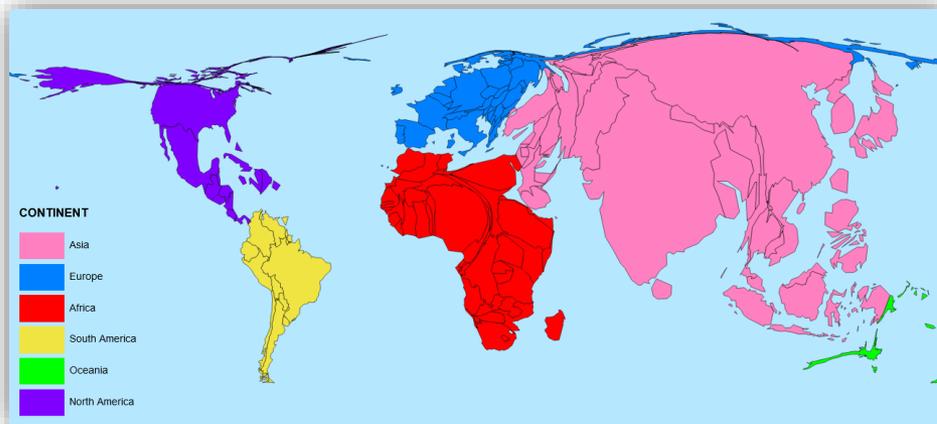
Anamorphose / cartogramme

- Ne montre pas la réalité physique, géographique, mais la réalité d'un phénomène, à l'idée perçue

→ outils gratuits : Magrit, Cartes & Données, ScapeToad

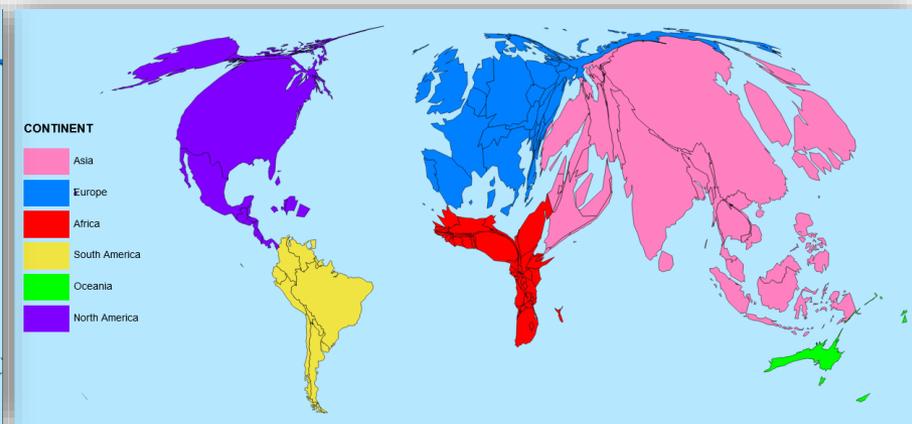
Population mondiale, par pays

(ONU, 2021)



PIB par pays

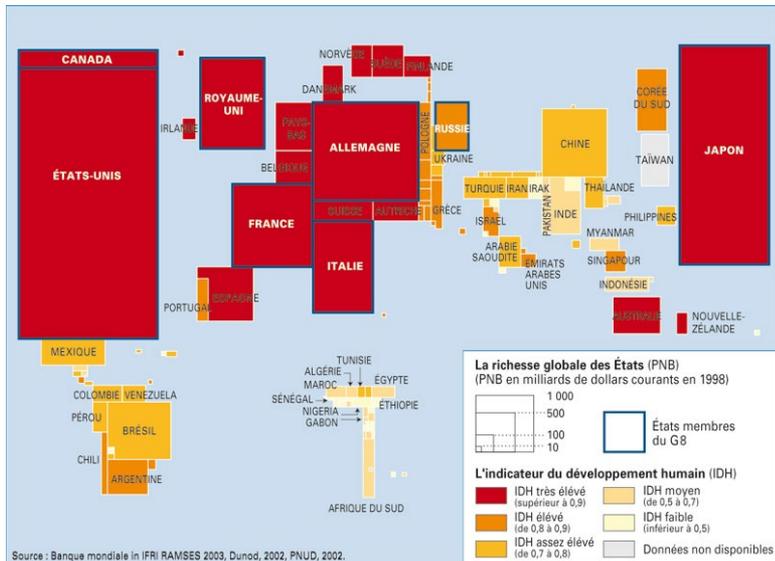
(données : Banque Mondiale, 2017)



Cartographie : C. Coutelier avec le logiciel Magrit

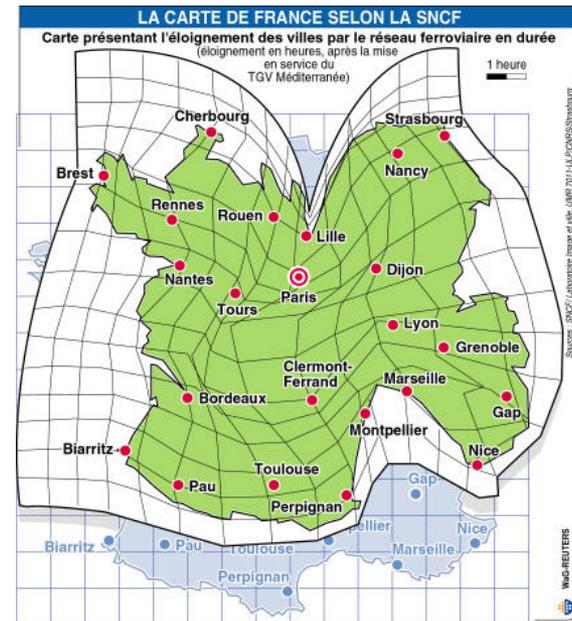
Anamorphose / cartogramme

- Ne montre pas la réalité physique, géographique, mais la réalité d'un phénomène, à l'idée perçue



La richesse des Etats (PNB)

<http://www.afdec-cartographie.fr/>
(avec l'aimable autorisation de l'AFDEC)

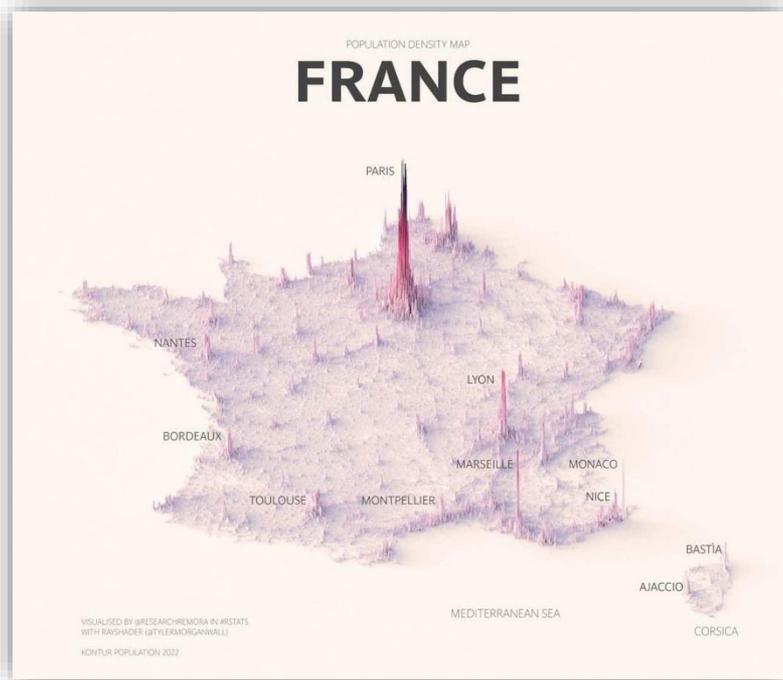


L'éloignement des villes par le réseau ferroviaire (en temps)

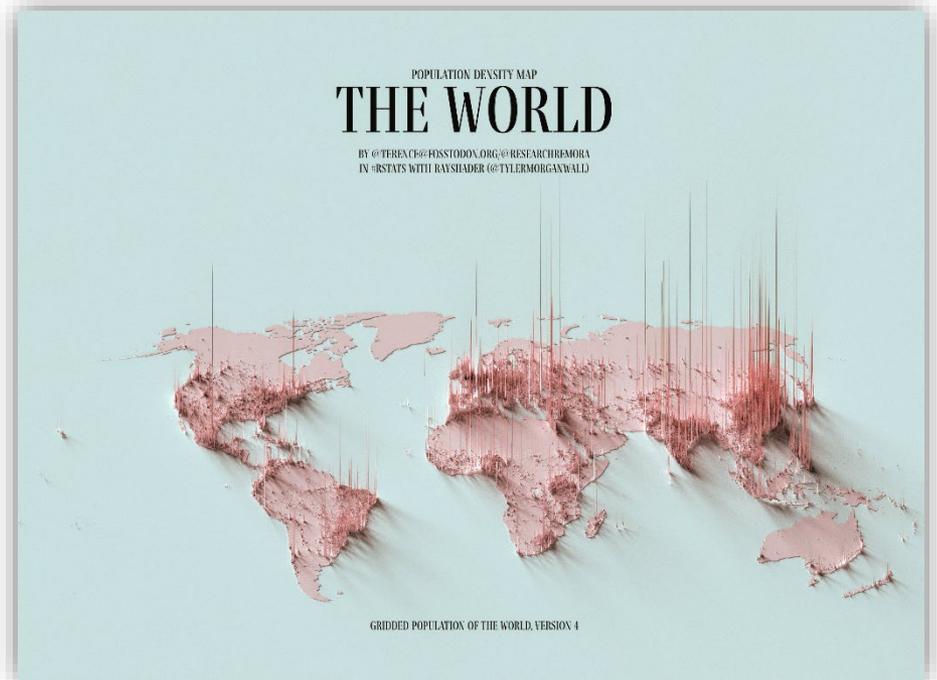
SNCF

Carte 3D

- Offre une autre vision de phénomènes spatiaux
 - logiciel open source Rayshader (<https://www.rayshader.com/>)



Densité de population (France)



Densité de population (monde)

Cartographie : Terence Fosstodon



Suggestions bibliographiques

- Barge O. et al. *L'utilisation des systèmes d'information géographiques appliquée à l'archéologie française* : Revue d'Archéométrie, 2004.
- Bavoux J.-J., Collectif. *Introduction à l'analyse spatiale*. [s.l.] : Armand Colin, 1998. 95 p. (Synthèse).
- Béguin M., Pumain D. *La représentation des données géographiques*. [s.l.] : Armand Colin, 2017. 192 p.
- Lambert M., Zanin C. *Manuel de cartographie* : Armand Colin, 2016. 224 p.
- Le Fur A. *Pratiques de la cartographie*. [s.l.] : Armand Colin, 2004. 96 p. (Synthèse, 97)
- Pumain D., Saint-Julien T. *L'analyse spatiale. Localisations dans l'espace*. Nouvelle. [s.l.] : Armand Colin, 2004. 168 p. (Cursus).
- Rodier X., Barge O., Saligny L., Nuninger L., Bertoncetto F. *Information spatiale et archéologie*. Errance. [s.l.] : [s.n.], 2011. 256 p.
- Zanin C., Trémélo M.-L. *Savoir faire une carte*. [s.l.] : Belin, 2003. 200 p. (Belin Sup Géographie).



Suggestions bibliographiques

- Sémiologie graphique / cartographique : <https://www.insee.fr/fr/statistiques/3640429>
- Principes du géoréférencement : <https://www.pedagogie.ac-nantes.fr/histoire-geographie-citoyennete/approfondir-/georeferencer-un-plan-ancien-682174.kjsp?RH=1160510221531>
- Exemples de cartogrammes : <https://worldmapper.org/> ;
<https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Cartograms?uselang=fr> ;
<http://mappemonde.mgm.fr/num17/articles/art08105.html>
- Exemple d'atlas cartographique : MAZET Sylvain, MARCIGNY Cyril, DUMAS Arnaud, 2021. <https://atlas-paris-mega-region.univ-rouen.fr/node/235> ;
<https://doi.org/10.48390/a939-rq13>.



Information sur ce cours

- Cours de géomatique donné aux étudiants du master 2 « Archéologie » et du master 2 « Ingénierie de l'archéologie préventive » (Université Bordeaux Montaigne) par :
 - De 2011 à 2013 : Nelly MARTIN
Ingénieure d'études en géomatique - UMR Migrinter (CNRS / Université de Poitiers) - nelly.martin@cnr.fr
 - De 2014 à aujourd'hui : Clément COUTELIER
Ingénieur d'études en géomatique - UMR Ausonius (CNRS / Université Bordeaux Montaigne)
- Contact :
 - Clément COUTELIER : clement.coutelier@u-bordeaux-montaigne.fr

