

Les Systèmes d'Information Géographique

Enguerran Grandchamp
Octobre 2022

Objectifs

- ▶ Comprendre ce qu'est un SIG
- ▶ Connaître ses principales fonctionnalités
- ▶ Savoir comment il peut être utilisé

Plan

- ▶ I. Définition et utilisation d'un SIG
- ▶ II. Les données manipulées
 - Données vectorielles
 - Données raster
- ▶ III. Les analyses
 - Analyse sémantique
 - Analyse spatiale
- ▶ IV. Référentiels, coordonnées et projections

Qu'est-ce qu'un SIG

- ▶ **Système d'Information Géographique**
 - GIS (Geographic Information System)
- ▶ **SIG = SI + G**
 - Système d'information (Système de Gestion de Base de données)
 - Appliqué aux données géographiques (spatialisées)
- ▶ **Logiciel permettant**
 - Manipulation des données (filtrer, rechercher, combiner, modifier, etc.)
 - Affichage des données sous forme de cartes

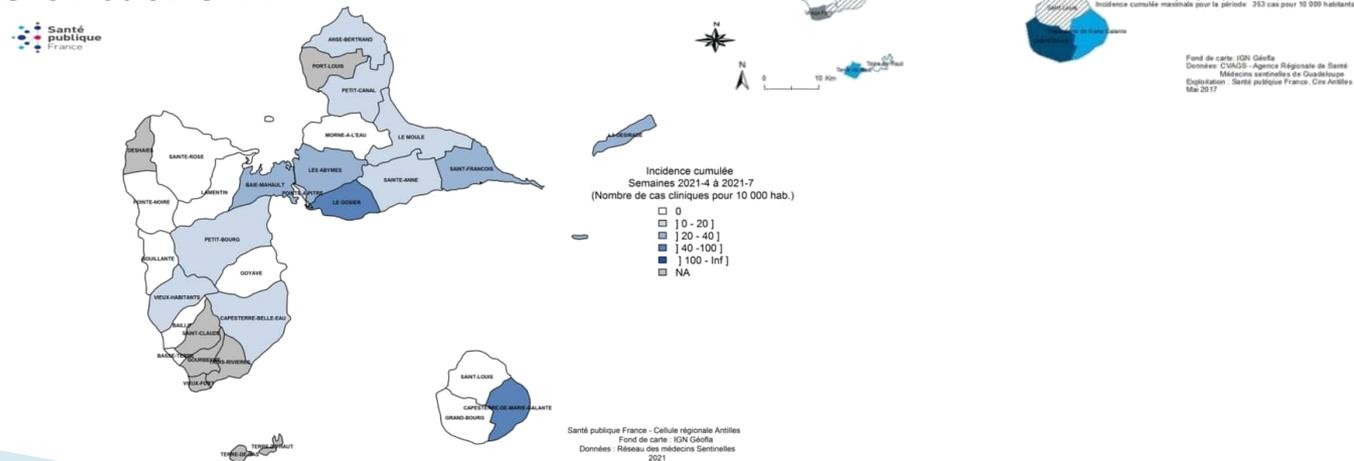


Ce qu'il faut pour qu'un SIG fonctionne

- ▶ Du matériel
 - Calculs
 - Mémoire
 - Affichage
- ▶ Un logiciel
 - Manipulations
- ▶ Des données
 - Format
 - Standard
 - Référentiel et projection

A quoi peut servir un SIG ?

- ▶ Mémoire du territoire
- ▶ Outil de recherche, de traitement et de diffusion de l'information spatialisée
- ▶ Outil de communication
- ▶ Outil d'aide à la décision
- ▶ → Démonstration

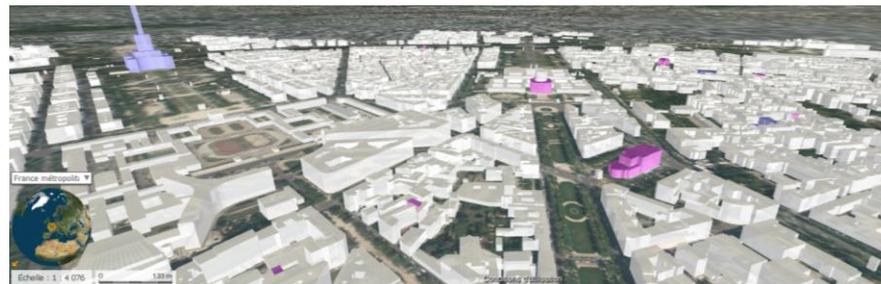
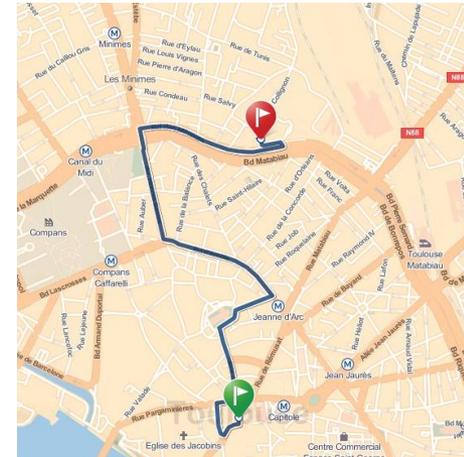
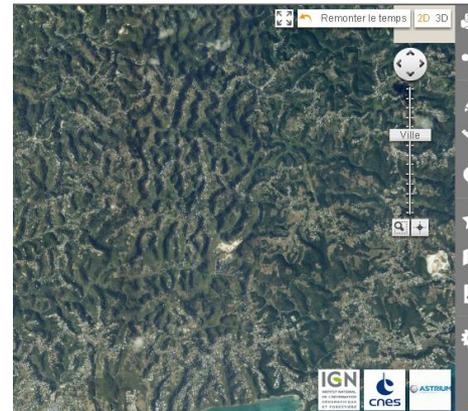


Que peut on faire avec un SIG ?^I

- ▶ Identifier des objets (tables, sémantique)
- ▶ Localiser des objets (système de coordonnées et de projection)
- ▶ Décrire des objets (forme, aire, etc.)
- ▶ Etudier l'évolution des objets dans l'espace et le temps
- ▶ Modéliser des phénomènes
- ▶ Simuler des phénomènes (prédiction, anticipation)

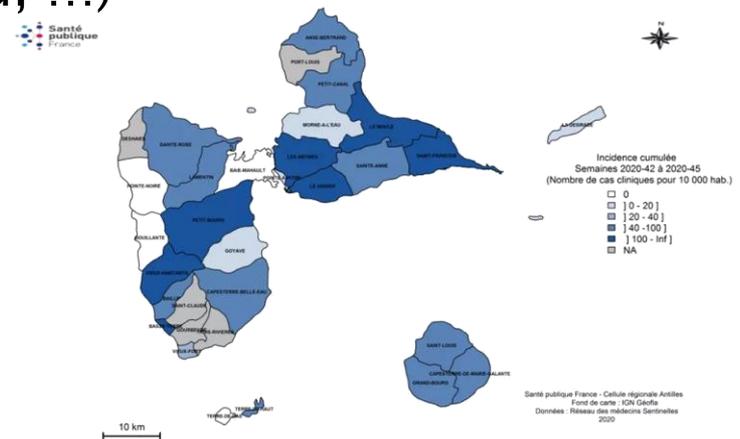
Les SIG au quotidien

- ▶ Google-Earth / googlemap / waze
 - Cartes en ligne, mobiles
- ▶ Geoportail / Mappy
- ▶ Outils de navigation
 - Calcul d'itinéraire



Domaines d'application

- ▶ Environnement
 - Gestion des ressources naturelles (forêts, eaux, ...)
 - Evolution des espèces
- ▶ Aménagement du territoire (POS, PLU, RHI, ...)
- ▶ Agriculture
- ▶ Géopolitique / Sécurité-Défense (civile, militaire)
- ▶ Humanitaire / urgence (SAMU, Pompiers, ...)
- ▶ Santé Publique (ARS, ...)
- ▶ Géostatistique
- ▶ Géomarketing, géostratégie
- ▶ Gestion des risques
- ▶ Gestion des réseaux (électrique, eau, ...)
- ▶ Météorologie
- ▶ Océanographie
- ▶ Transports, télécommunication, ...
- ▶ Médias



Les sciences de l'Information Géographique

- ▶ Informatique
- ▶ Statistique
- ▶ Géostatistiques
- ▶ Géographie
- ▶ Télédétection
- ▶ Modélisation
- ▶ Réseau
- ▶ Web
- ▶ Base de données
- ▶ Etc.
- ▶ Système → Science ?

Logiciels généralistes

▶ ArcGIS d'ESRI

- Très complet
- Payant
- www.esrifrance.fr

▶ QGIS

- Très complet et extensible
- Gratuit
- Multiplateforme (Windows, Mac, Linux)
- www.qgis.org

▶ Version bureau et serveur



ArcGIS



Processus

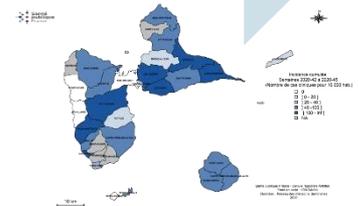
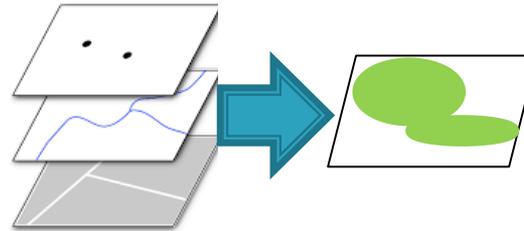
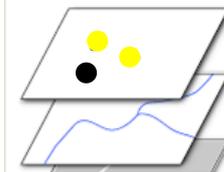
Acquisition

Stockage

Recherche /
Sélection

Combinaison /
Transformation

Visualisation



Etape d'acquisition

- ▶ Numérisation à partir
 - de cartes
 - d'images (satellites, aéroportées)
- ▶ Relevés Terrain
 - GPS
 - Topographie / batimétrie
- ▶ Images satellite
- ▶ Résultat de traitements
- ▶ → Format des données

Etape de stockage

- ▶ Base de données
 - PostGIS, Spatialite
- ▶ Fichiers
 - .shp, .asc, .tiff, .gpkg
- ▶ Local
- ▶ Distant : Web Service
 - WFS : Web Feature Service
 - WMS : Web Map Service
 - (WPS : Web Processing Service)

Etape de recherche / sélection

- ▶ Problématique : parmi l'ensemble des données quelles sont celles qui nous intéresse ?
- ▶ Critère de recherche / sélection
 - Information décrivant les objets
 - Sémantique : nom, type, etc.
 - Géométrique : surface
 - Valeur numérique
 - Information spatiale
 - Position absolue et/ou relative
 - Relation topologique

Etape combinaison / transformation

- ▶ Combinaison de couches
 - Opérations ensemblistes
 - Calculs
- ▶ Application de transformations
 - Des valeurs numériques
 - Des objets

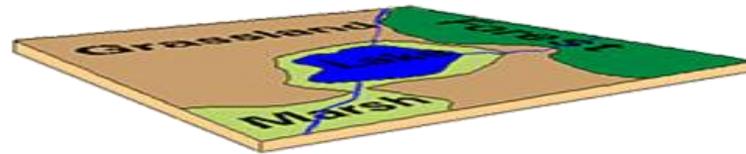
Etape visualisation

- ▶ Production d'une carte standard
 - Légende
 - Echelle
 - Fleche nord
- ▶ Affichage portant de l'information
 - Graduation
 - Catégorisation
 - Symbole de taille variable
 - Classification

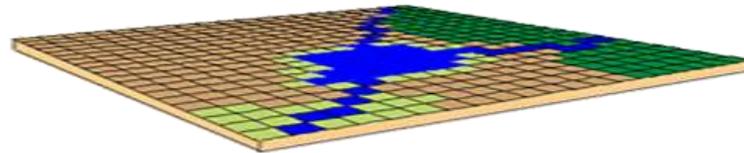
II. Les données manipulées

- ▶ Organisation thématique

- ▶ Données vectorielles

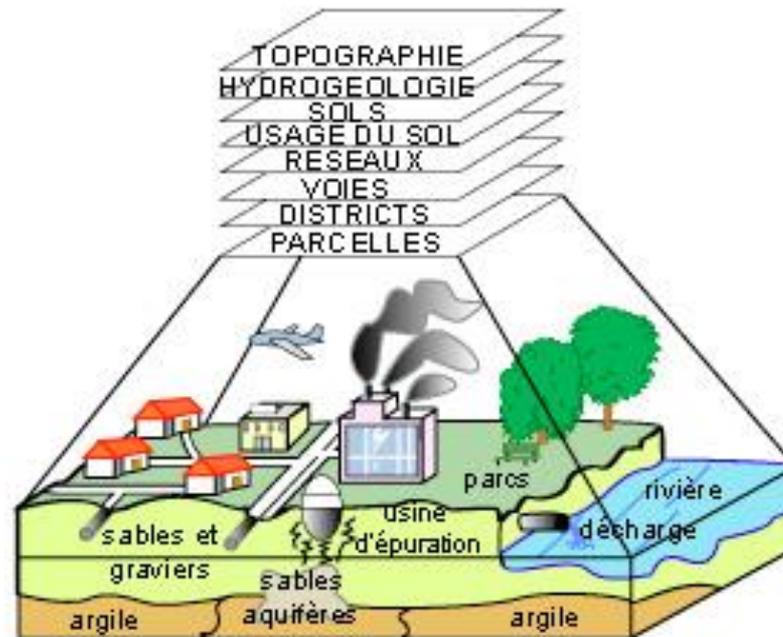


- ▶ Données raster



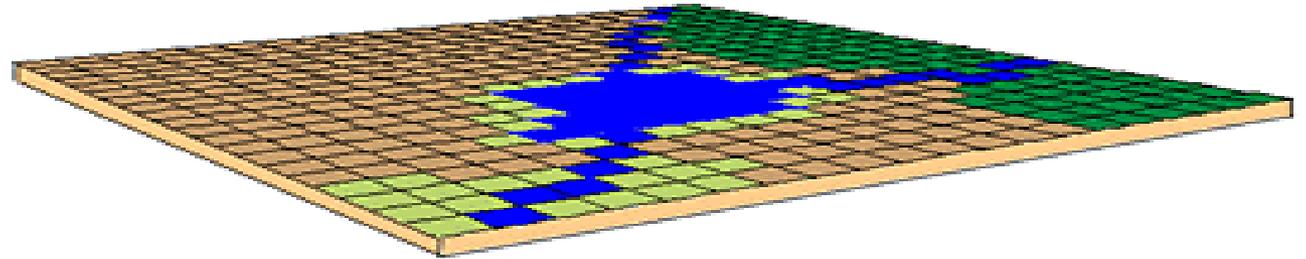
Organisation thématique des tables II

- ▶ Modélisation du monde réel à différentes échelles de temps et d'espace

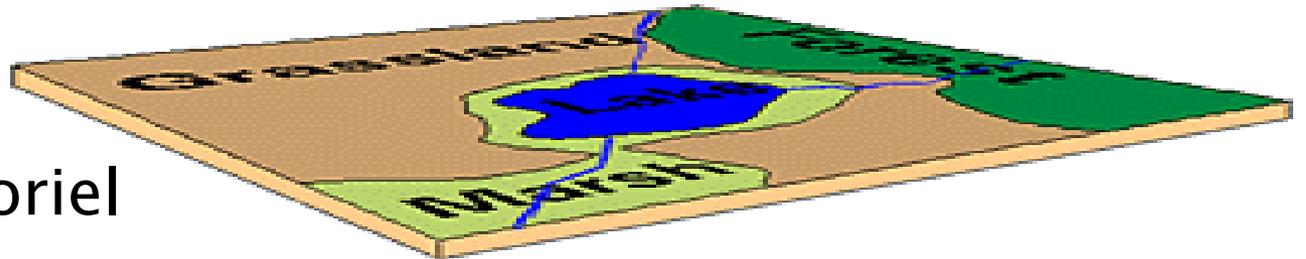


Les données : Raster vs Vecteur^{II}

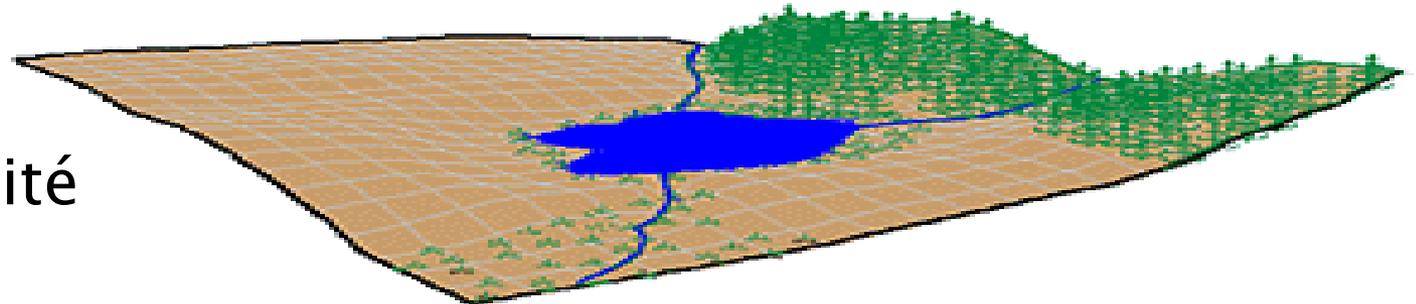
Modèle Raster



Modèle vectoriel

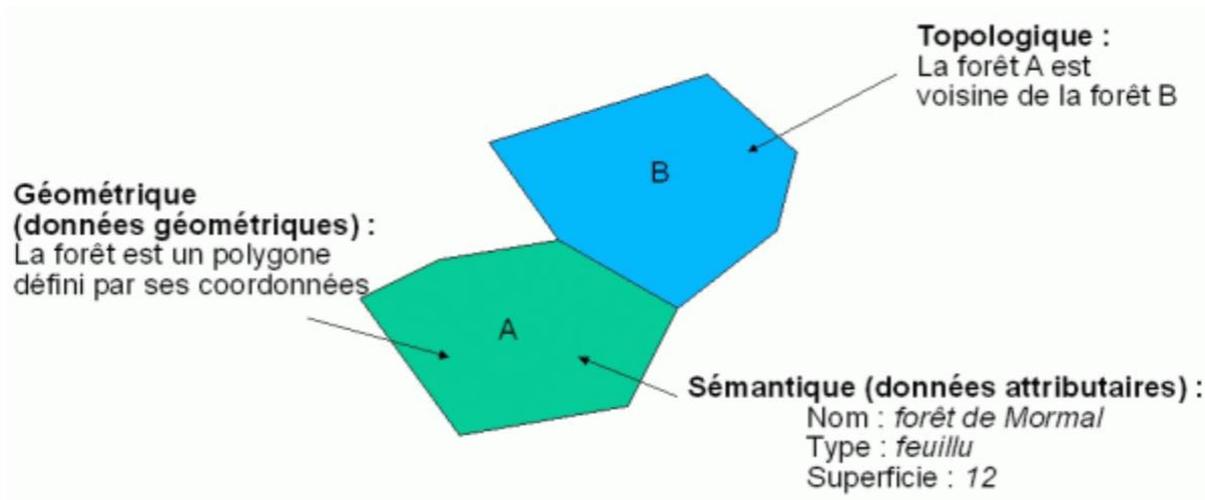


La réalité



Données vectorielles

- ▶ Description de l'information à 3 niveaux
 - niveau **géométrique** : forme et localisation de l'objet (données géométriques, système de projection)
 - niveau **sémantique** : informations permettant de caractériser l'objet géographique (données attributaires : nom, surface, type, nombre d'habitant ...),
 - niveau **topologique** : relations de l'objet avec ses voisins



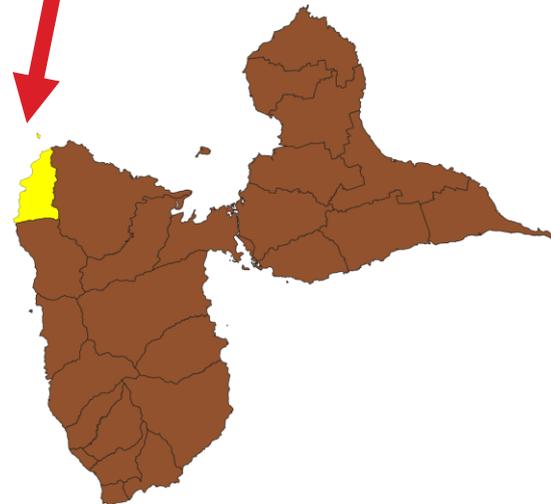
Données vectorielles : structure^{II}

- ▶ Table attributaire
 - sémantique

Commune :: Total des entités: 26, filtrées: 26, sélectionnées: 0

SOURCE	NOM	CODE_INSEE	STATUT	CANTON	ARROND	DEPART
1 BDCarto	Saint-Claude	97124	Chef-lieu de ca...	SAINT-CLAUDE	BASSE-TERRE	GUADELOUPE
2 BDCarto	Morne-à-l'Eau	97116	Chef-lieu de ca...	PSEUDO-CANT...	POINTE-A-PITRE	GUADELOUPE
3 BDCarto	Le Moule	97117	Chef-lieu de ca...	PSEUDO-CANT...	POINTE-A-PITRE	GUADELOUPE
4 BDCarto	Petit-Bourg	97118	Chef-lieu de ca...	PSEUDO-CANT...	BASSE-TERRE	GUADELOUPE
5 BDCarto	Petit-Canal	97119	Chef-lieu de ca...	PETIT-CANAL	POINTE-A-PITRE	GUADELOUPE
6 BDCarto	Deshaies	97111	Commune simple	SAINTE-ROSE	BASSE-TERRE	GUADELOUPE
7 BDCarto	Goyave	97112	Chef-lieu de ca...	GOYAVE	BASSE-TERRE	GUADELOUPE
8 BDCarto	Goyave	97114	Chef-lieu de ca...	GOYAVE	BASSE-TERRE	GUADELOUPE
9 BDCarto	Lamentin	97115	Chef-lieu de ca...	LAMENTIN	BASSE-TERRE	GUADELOUPE
10 BDCarto	Basse-Terre	97105	Préfecture	PSEUDO-CANT...	BASSE-TERRE	GUADELOUPE
11 BDCarto	Bouillante	97106	Chef-lieu de ca...	BOUILLANTE	BASSE-TERRE	GUADELOUPE
12 BDCarto	Capesterre-Bell...	97107	Chef-lieu de ca...	PSEUDO-CANT...	BASSE-TERRE	GUADELOUPE
13 BDCarto	Gourbeyre	97108	Chef-lieu de ca...	GOURBEYRE	BASSE-TERRE	GUADELOUPE
14 BDCarto	LES ABYMES	97109	Commune simple	PSEUDO-CANT...	POINTE-A-PITRE	GUADELOUPE
15 BDCarto	Anse-Bertrand	97110	Chef-lieu de ca...	ANSE-BERTRAND	POINTE-A-PITRE	GUADELOUPE

- ▶ Géométrie
 - information spatiale



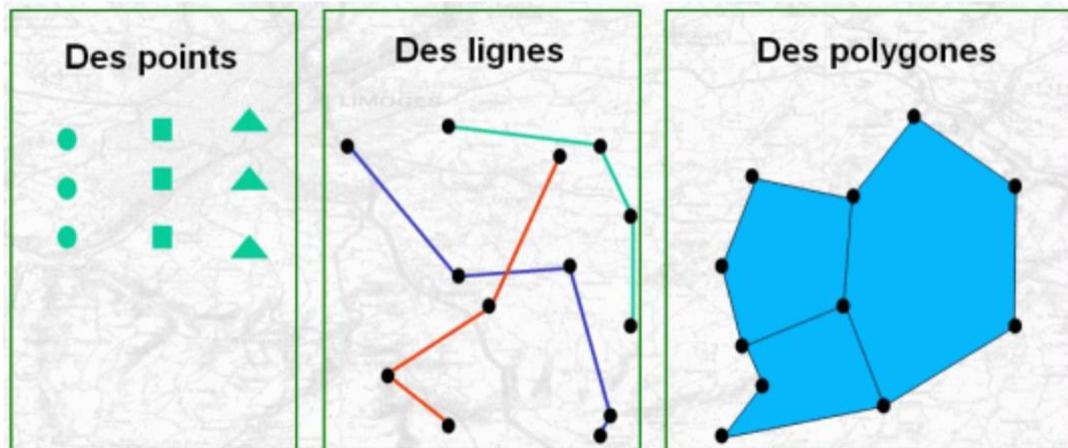
Données vectorielles : attributs II

- ▶ Attribut / champ
- ▶ Propriété d'une entité
- ▶ Entier
- ▶ Réel
- ▶ Chaîne de caractères
- ▶ Date
- ▶ Peut être vide (null)
- ▶ Valeur d'un ou plusieurs attributs
 - ▶ → style (couleur, symbole, taille, étiquette) : symbologie
 - ▶ → critère de recherche/sélection

Commune :: Total des entités: 26, filtrées: 26, sélectionnées: 0

	SOURCE	NOM	CODE_INSEE	STATUT	CANTON	ARROND	DEPART
1	BDCarto	Saint-Claude	97124	Chef-lieu de ca...	SAINT-CLAUDE	BASSE-TERRE	GUADELOUPE
2	BDCarto	Morne-à-l'Eau	97116	Chef-lieu de ca...	PSEUDO-CANT...	POINTE-A-PITRE	GUADELOUPE
3	BDCarto	Le Moule	97117	Chef-lieu de ca...	PSEUDO-CANT...	POINTE-A-PITRE	GUADELOUPE
4	BDCarto	Petit-Bourg	97118	Chef-lieu de ca...	PSEUDO-CANT...	BASSE-TERRE	GUADELOUPE
5	BDCarto	Petit-Canal	97119	Chef-lieu de ca...	PETIT-CANAL	POINTE-A-PITRE	GUADELOUPE
6	BDCarto	Deshaisies	97111	Commune simple	SAINTE-ROSE	BASSE-TERRE	GUADELOUPE
8	BDCarto	Goyave	97114	Chef-lieu de ca...	GOYAVE	BASSE-TERRE	GUADELOUPE
9	BDCarto	Lamentin	97115	Chef-lieu de ca...	LAMENTIN	BASSE-TERRE	GUADELOUPE
10	BDCarto	Basse-Terre	97105	Préfecture	PSEUDO-CANT...	BASSE-TERRE	GUADELOUPE
11	BDCarto	Bouillante	97106	Chef-lieu de ca...	BOUILLANTE	BASSE-TERRE	GUADELOUPE
12	BDCarto	Capesterre-Bell...	97107	Chef-lieu de ca...	PSEUDO-CANT...	BASSE-TERRE	GUADELOUPE
13	BDCarto	Gourbeyre	97109	Chef-lieu de ca...	GOURBEYRE	BASSE-TERRE	GUADELOUPE
14	BDCarto	LES ABYMES	97101	Commune simple	PSEUDO-CANT...	POINTE-A-PITRE	GUADELOUPE
15	BDCarto	Anse-Bertrand	97102	Chef-lieu de ca...	ANSE-BERTRAND	POINTE-A-PITRE	GUADELOUPE

Données vectorielles : géométrie



Géométrie décrivant un objet

Nième attribut

Un ou plusieurs sommets interconnectés



VILLAGE

Nom	Bristol
Nb d'hab.	853
Nb de commerces	3

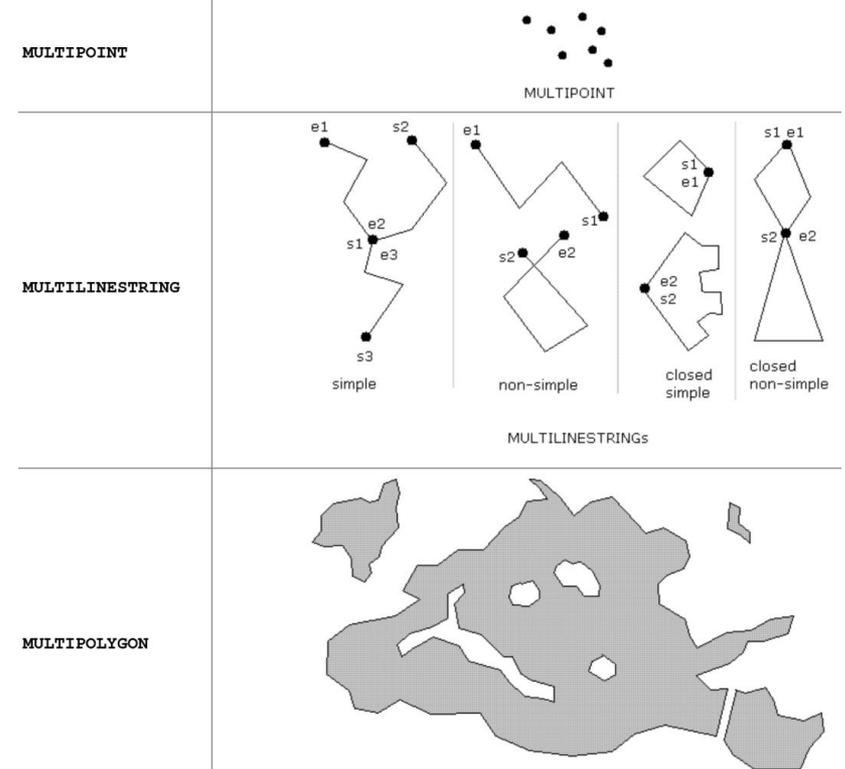
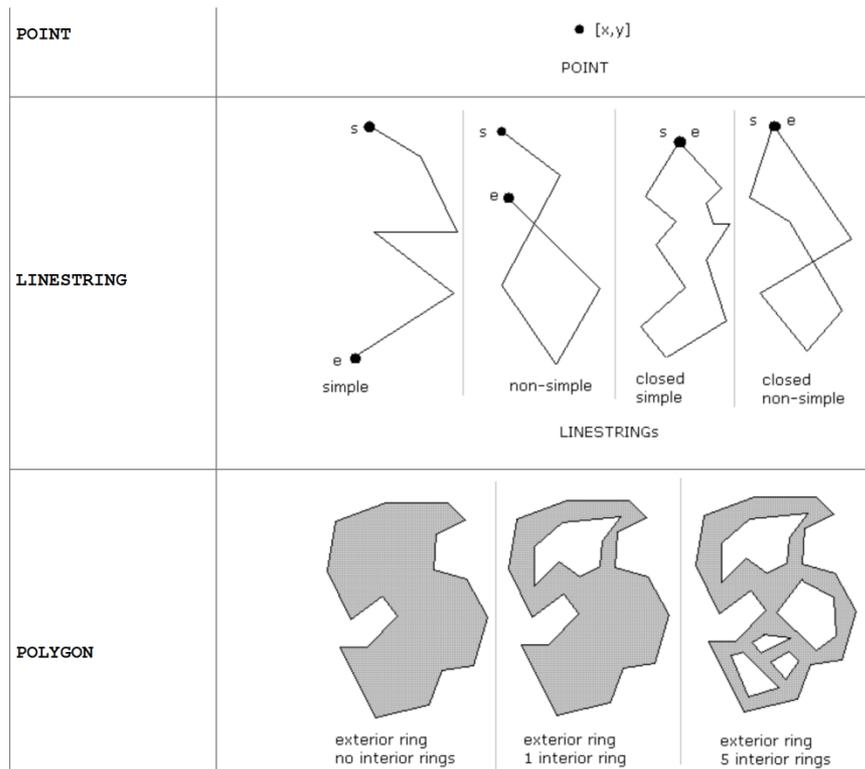
ROUTE

Type	communale
Etat	bon

CULTURE

Espèce	blé
Date de mise en culture	20-nov
Traitements	oui

Données vectorielles : géométrie



Coordonnées (X, Y [,Z]) [+M]

→ Dans quelle unité, dans quel repère ?

Associé à un enregistrement

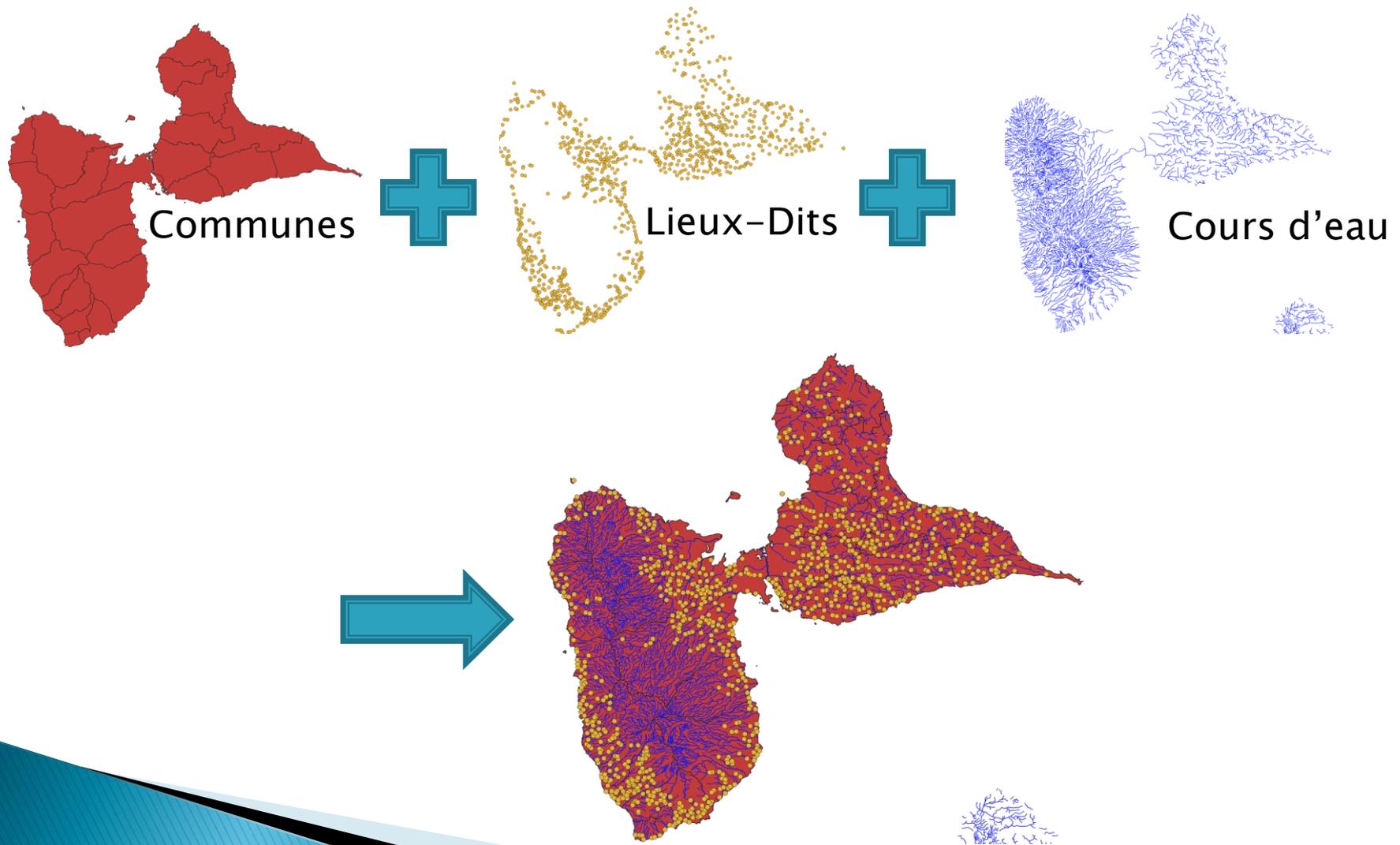
→ Attention aux calculs (surface, longueur, périmètre, etc)

Données vectorielles : formats

- ▶ Shapefile :
 - .shp : la géométrie
 - .dbf : la table d'attribut (lisible sous excel)
 - .shx : l'index spatial
- ▶ Geography Markup Language (.gml)
 - Google earth
- ▶ Geopackage : .gpkg
 - Stockage de plusieurs couches

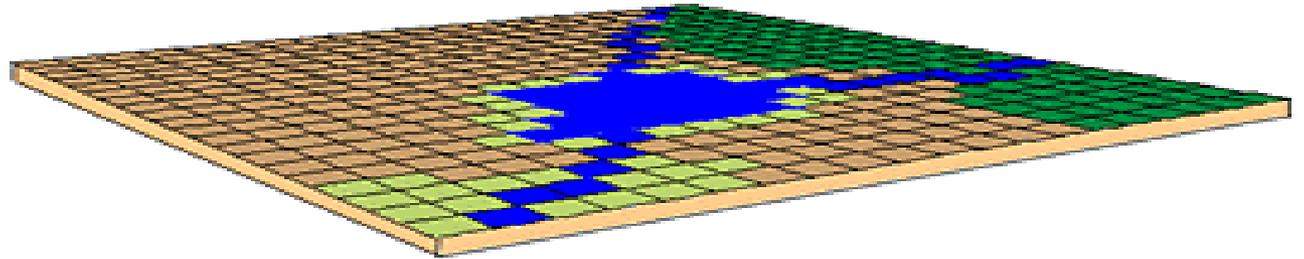


Données vectorielles : exemples

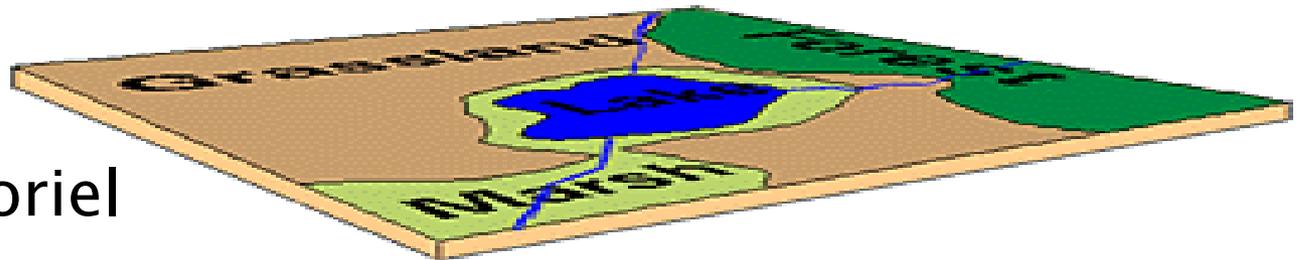


Les données : Raster vs Vecteur^{II}

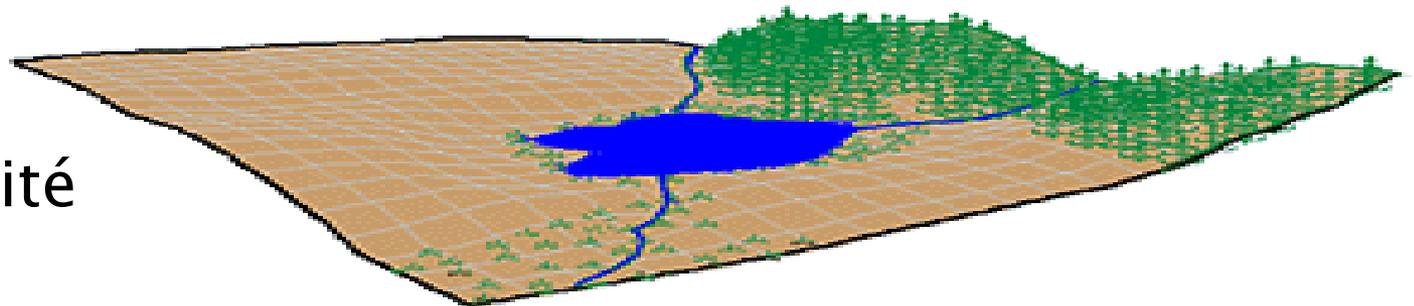
Modèle Raster



Modèle vectoriel

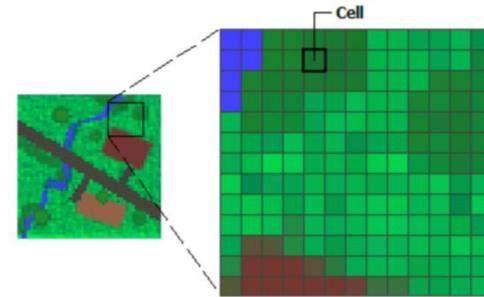


La réalité

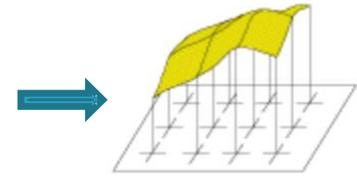


Données Raster

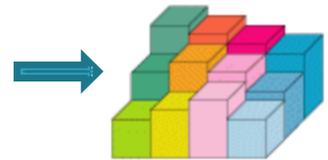
10	12	15	1	9	255	12	ND	ND	ND
58	69	32	0	0	0	1	5	ND	ND
163	125	158	169	36	1	8	98	ND	ND
54	67	26	50	62	56	95	91	ND	ND
125	145	189	165	135	65	98	57	24	12
ND	ND	ND	ND	02	15	48	98	65	35
ND	ND	ND	ND	135	154	132	120	125	195
ND	ND	ND	ND	165	198	135	159	145	178



+	+	+	+
315	319	321	323
+	+	+	+
317	323	328	326
+	+	+	+
313	318	325	323

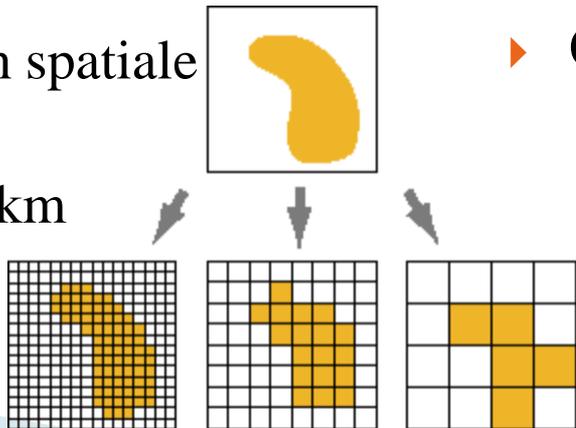


50	45	40	35
35	40	35	25
20	25	30	20



Grille

- ▶ résolution spatiale
- ▶ 1m x 1m
- ▶ 1 km x 1 km



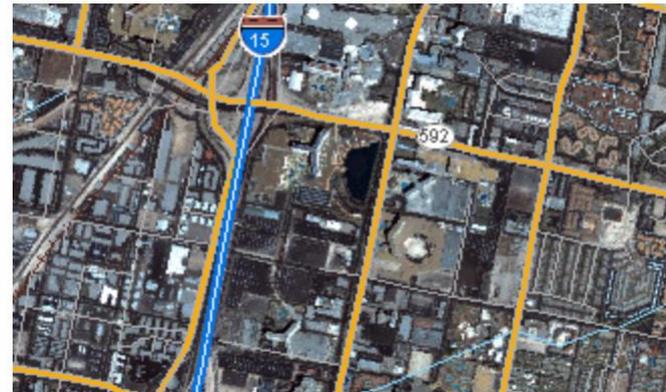
Cellule

- ▶ valeur numérique, NoData (ND)
- ▶ Couleur, altitude, température, densité population, pollution, nombre d'individus, nombre de cas d'infection (Dengue, Zika, ...)
- ▶ ...

Raster : exemples

► Fond de carte

- Arrière plan sur lequel on projette d'autres données
- Sources
 - images aéroportées (IGN),
 - images satellites (Spot, Pléiades, Landsat, NOAA, Quickbird, IKONOS, ...),
 - cartes numérisées



Raster : résolution spatiale

- ▶ Météo
 - Résolution de l'ordre de 1 à 5 km
- ▶ Observation
 - Résolution inférieure à 1 m (1M, 50cm, 10cm)

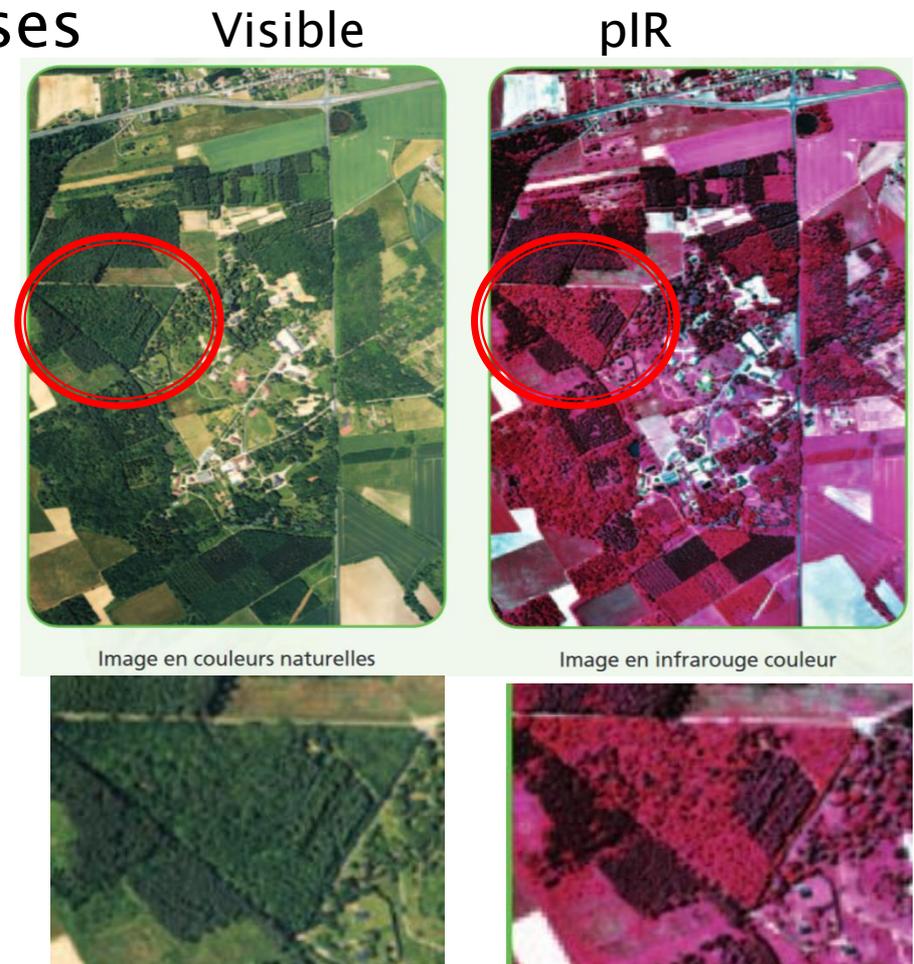
Raster : résolution spectrale

- ▶ Images (satellites, aéroportées)
- ▶ Nombre de (bandes) acquises
 - Mono-spectral : 1
 - Multi-spectral : 3 à 10
 - Hyper-spectral: > 100
- ▶ Visible (R, V, B)
- ▶ Infra-Rouge (IR)
 - Proche, moyen, éloigné



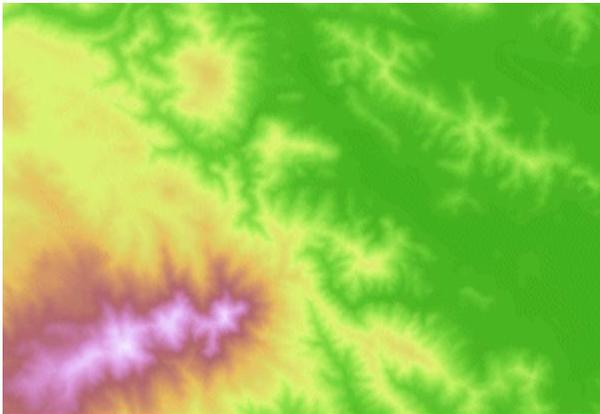
IR-Th

Visible



Raster : exemples

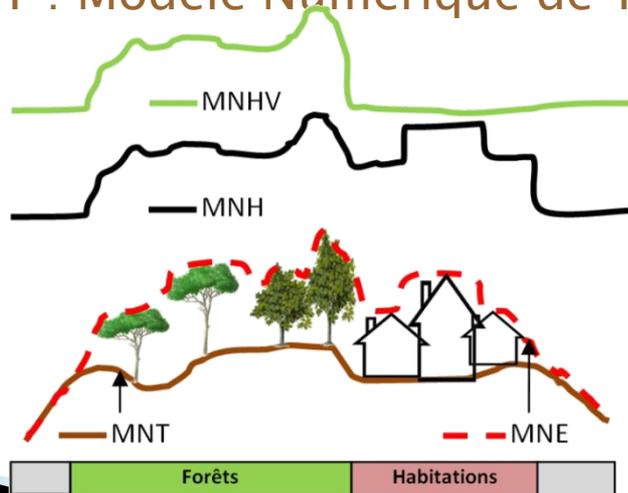
- ▶ Carte de surface
 - Altitude, précipitations, température, concentration, densité de population
 - Dégradé ou palette de couleur pour représenter le gradient de valeur



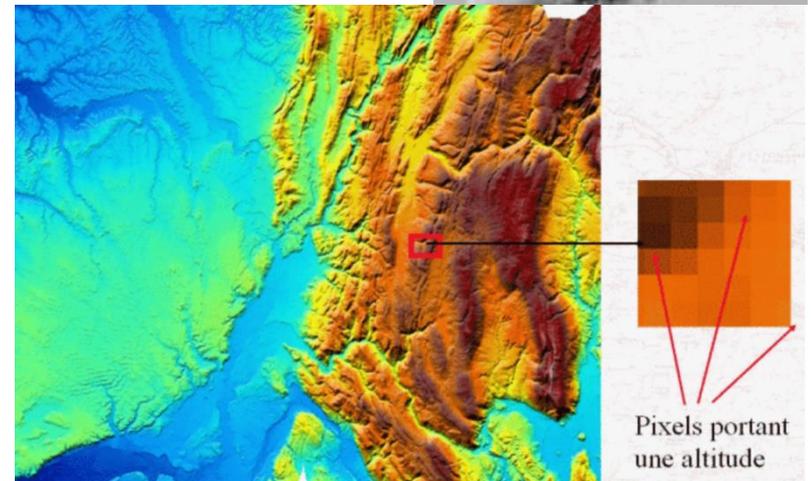
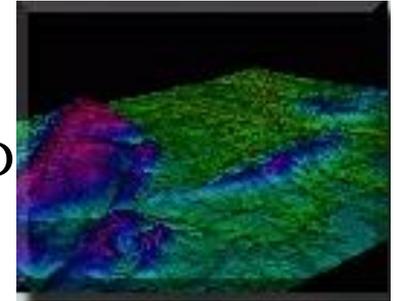
Raster : exemples

► Carte de surface : altitude

- MNHV : Modèle Numérique de Hauteur de la Végétation
- MNH : Modèle Numérique de Hauteur
- MNE : Modèle Numérique d'Élévation
- MNT : Modèle Numérique de Terrain



vue 3D

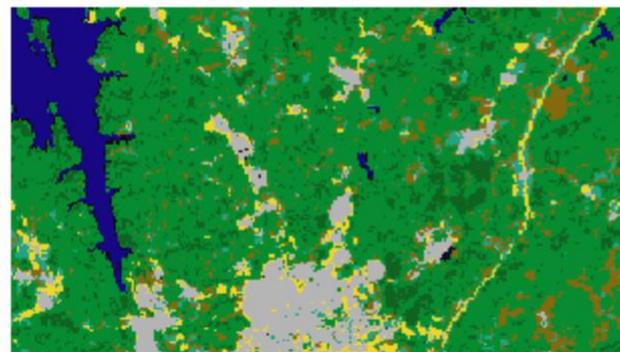
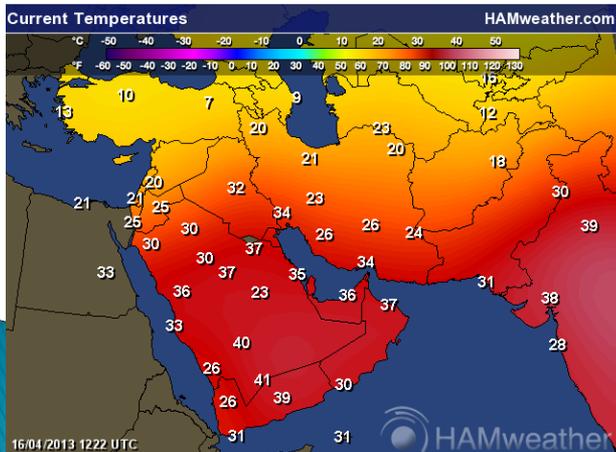


Raster : exemples

► Cartes thématiques

◦ Dérivées d'autres analyses

- télédétection, classification : analyse multi-spectrale
- Calcul d'indices : NDVI
- Géotraitements : carte de distance
- Géostatistiques



- Agriculture
- Bare ground
- Water
- Deciduous
- Deciduous/Pine mixed
- Grass
- Pine
- Shadow
- Urban/Developed

Raster : étude spatio-temporelle

- ▶ Comparaison de séries temporelles d'images
- ▶ Etude de l'évolution spatiale et temporelle d'un phénomène

Formats raster

▶ Grille ASCII

- .ASC
- Altitude (MNT, ...)

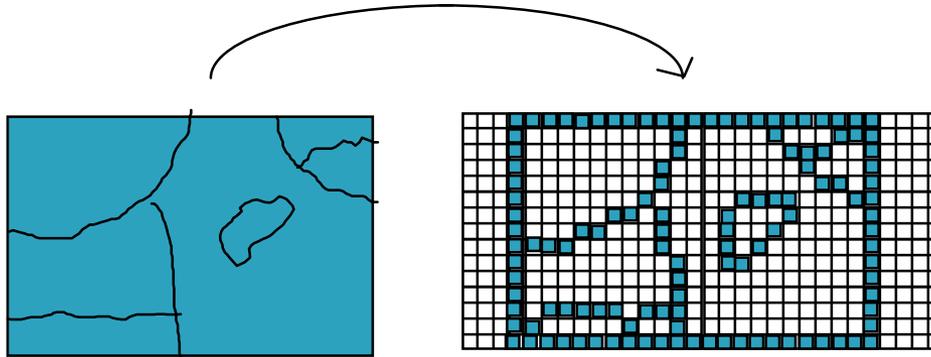
```
ncols          102
nrows          87
xllcorner      141995.000
yllcorner      576643.411
cellsize       10
nodata_value   -9999.0
-9999.0 -9999.0 -9999.0 -99
9999.0 -9999.0 -9999.0 -999
23.676 23.469 16.492 46.931
74.338 28.397 15.135 40.685
19.649 20.937 22.632 8.691
47.487 43.16 69.686 75.524
3 -9999.0 -9999.0 -9999.0 2
35.224 59.453 23.025 8.192
```

▶ Image

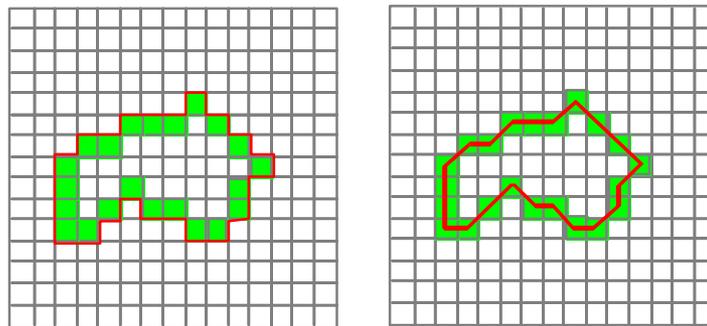
- .tiff : images satellites (GeoTIFF avec balises spatiales)
- .ecw
 - Compression par ondelettes sans perte
 - Orthophotos IGN

Conversion Raster / Vecteur

rasterisation ou vecteur-à-raster



vectorisation ou raster-à-vecteur



Raster vs Vecteur

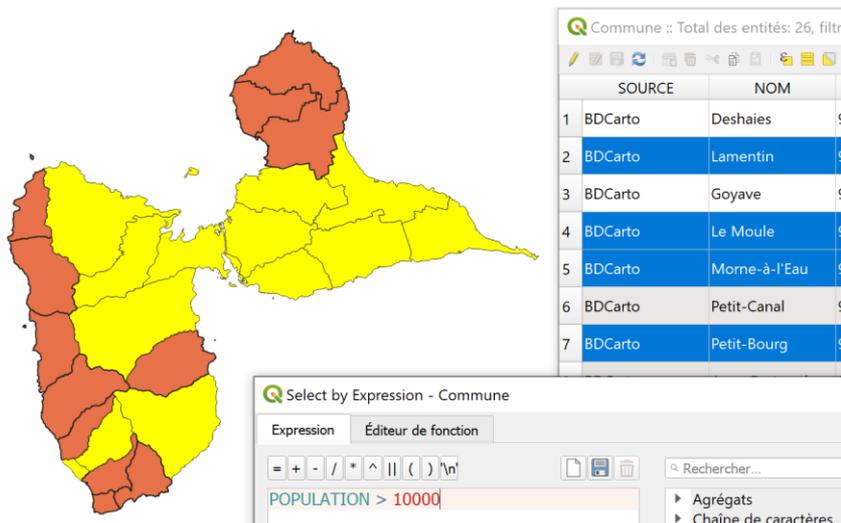
	Avantage	Inconvénient
Vecteur	<p>Haute résolution (Précision spatiale)</p> <p>Stockage compact</p> <p>Adapté aux données discrètes</p>	<p>Coûteux en calcul</p> <p>Structure complexe</p>
Raster	<p>Structure et modèle simple (grille)</p> <p>Analyse simple et rapide</p> <p>Compatible avec l'imagerie</p> <p>Adapté aux données continues</p>	<p>Faible résolution spatiale (peu précis)</p> <p>Gros volume de données</p>

Analyse des données

- ▶ Recherche/sélection de données
- ▶ Transformation de données
- ▶ Analyse sémantique
- ▶ Analyse spatiale

Analyse sémantique

- ▶ Sur des couches vectorielles
- ▶ Sur la table d'attributs
- ▶ Opérations logiques
 - Opérateurs de comparaison : $<$, $>$, $<=$, $>=$, $=$, $<>$
 - Opérateurs logiques : et, ou, non, ou exclusif
 - → Sélection de certaines entités (objets)
 - Exemples : Population $>=$ 10000, Type = « restaurant », etc



Analyse sémantique

- ▶ **Operations sur les attributs non spatiaux des objets**
 - Opérateurs arithmétiques : +, -, *, /, puissance, modulo, etc
 - Exemples : $\text{surface_total} = \text{surface_agricole} + \text{surface_urbaine}$, $\text{population} = \text{population} * 1.1$
 - → **Application sur chaque entité (objet)**

- ▶ **Opérateurs statistiques sur une table :**
 - maximum, minimum, nombre d'entité, moyenne, somme, etc
 - Exemple : $\text{max}(\text{surface})$, $\text{somme}(\text{population})$
 - → **Agrégation**

Analyse sémantique sélection d'entités



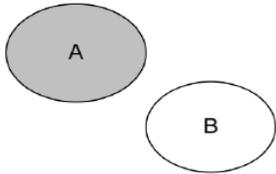
<ul style="list-style-type: none">Chaine de caractères<ul style="list-style-type: none">concatformatformat_dateformat_numberleftlengthlowerlpadregexp_replaceregexp_substrreplacerightrpaddstrpossubstrtitletrimupperwordwrapChamps et Valeurs<ul style="list-style-type: none">ST_FIPSNULLSFIPSCOUNTY_FIPCFIPSPL_FIPSIDNAMEELEVATIONSTSTATEWAPNGENLEV	<ul style="list-style-type: none">Conditions<ul style="list-style-type: none">CASEcoalesceifregexp_matchConversions<ul style="list-style-type: none">to_dateto_datetimeto_intto_intervalto_realto_stringto_timeCorrespondance floue<ul style="list-style-type: none">hamming_distancelevenshteinlongest_common_substringsoundexCouleur<ul style="list-style-type: none">color_cmykcolor_cmykacolor_hslcolor_hslacolor_hsvcolor_hsvacolor_partcolor_rgbcolor_rgbadarkerlighterproject_colorramp_colorset_color_partCustom<ul style="list-style-type: none">func	<ul style="list-style-type: none">Date et Heure<ul style="list-style-type: none">agedayday_of_weekhourminutemonthnowsecondweekyearEnregistrement<ul style="list-style-type: none">attribute\$currentfeatureget_feature\$id\$scaleuuidGénéral<ul style="list-style-type: none">evallayer_propertyvar	<ul style="list-style-type: none">Math<ul style="list-style-type: none">absacosasinatanatan2azimuthceilclampcosdegreesexpfloorlnloglog10maxminpiradiansrandrandfroundscale_expscale_linearsinsqrttan	<ul style="list-style-type: none">Opérateurs<ul style="list-style-type: none">-%*/^ +<<=<>=>>=ANDILIKEINISLIKENOTOR	<ul style="list-style-type: none">Variables<ul style="list-style-type: none">layer_idlayer_nameproject_filenameproject_folderproject_pathproject_titleqgis_os_nameqgis_platformqgis_release_nameqgis_versionqgis_version_nouser_account_nameuser_full_name
--	---	---	--	---	--

Analyse spatiale

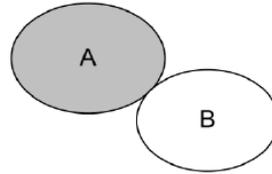
- ▶ 3 types d'opérations
 - Opérations sur la composante spatiale des objets
 - Transformations : calcul de buffer
 - Opérations métriques
 - Position, longueur, forme, surface, distance, périmètre.
 - Opérations topologiques
 - relation spatiale entre les objets géographiques

Analyse spatiale

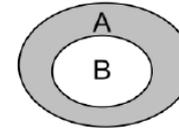
8 relations topologiques/spatiales



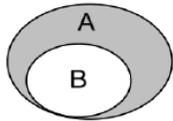
A **est disjoint** de B
 \Leftrightarrow
B est disjoint de A



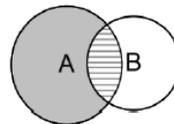
A **touche** B
(A est voisin de B)
 \Leftrightarrow
B touche A
(B est voisin de A)



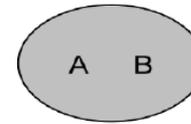
A **contient** B
B **est à l'intérieur de** A



A **couvre** B
B **est couvert par** A



A **intersecte** B
 \Leftrightarrow
B intersecte A



A **égal** B
 \Leftrightarrow
B égal A

Analyse spatiale



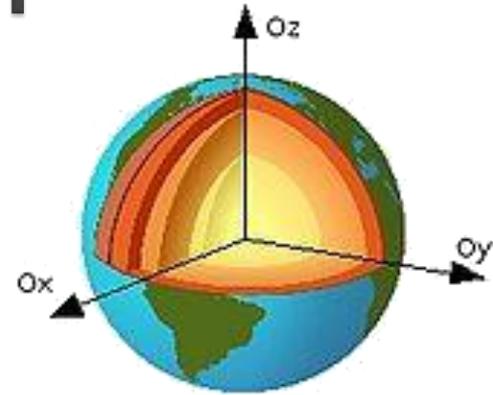
▼ Géométrie	nodes_to_points
\$area	num_geometries
area	num_interior_rings
bounds	num_points
bounds_height	num_rings
bounds_width	order_parts
buffer	overlaps
centroid	\$perimeter
closest_point	perimeter
combine	point_n
contains	point_on_surface
convex_hull	relate
crosses	reverse
difference	segments_to_lines
disjoint	shortest_line
distance	start_point
end_point	sym_difference
exterior_ring	touches
extrude	transform
geom_from_gml	translate
geom_from_wkt	union
geom_to_wkt	within
\$geometry	\$x
geometry	x
geometry_n	\$x_at
interior_ring_n	x_max
intersection	x_min
intersects	\$y
intersects_bbox	y
is_closed	\$y_at
\$length	y_max
m	y_min
make_line	z
make_point	
make_point_m	
make_polygon	
nodes_to_points	

Référentiel et systèmes de projection

- ▶ **Coordonnées géocentriques**
 - basées sur un système géodésique
 - Géoïde, ITRS, ITRF, RG
- ▶ **Coordonnées géographiques**
 - basées sur un système géodésique associé à un ellipsoïde
- ▶ **Coordonnées planes**
 - Système de projection
 - Projection de l'ellipsoïde vers un plan

Coordonnées géocentriques

- ▶ Coordonnées cartésiennes (X, Y, Z)
- ▶ Centre : proche du centre de masse de la terre
- ▶ 2 axes orthogonaux dans le plan de l'équateur
- ▶ 2 axes dans le plan du méridien de Greenwich.
- ▶ Axe Oz : proche de l'axe de rotation de la Terre
- ▶ → Système de référence terrestre international (ITRS)
- ▶ Problème
 - L'axe de rotation de la terre n'est pas fixe
 - Le centre de masse se déplace
 - La croute terrestre bouge
- ▶ → International Terrestrial Reference Frame (ITRF)
 - Une réalisation du repère, avec localisation de certains points à une certaine époque
 - Actuellement ITRF2020
- ▶ Repère local :
 - Coïncide avec le repère global à un instant t
 - Puis le repère suit la plaque tectonique
 - → Les coordonnées ne varient plus localement
 - Métropole : RGF93
 - Guadeloupe, Martinique : RGAF09 (EPSG:5490)



Coordonnées géocentriques

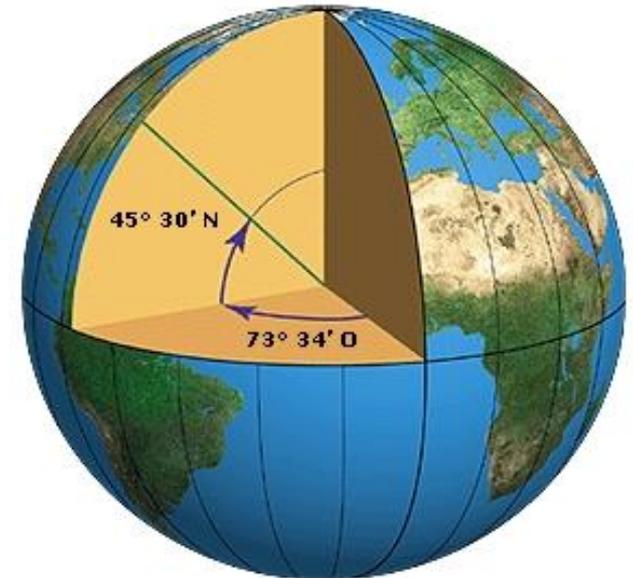
► Détails du RGAF09

<i>Zone</i>	Antilles
<i>Système</i>	RGAF09
<i>Description</i>	Système réalisé lors de la campagne GPS et nivellement de 2008 Il coïncide avec l'ITRS via IGS05 époque 2009
<i>Point fondamental</i>	Phare de la Caravelle (également point DOPPLER RANSIT et point fixe GPS)
<i>Ellipsoïde</i>	IAG GRS80
<i>Méridien origine</i>	Greenwich
<i>Unités d'angles</i>	DMS
<i>Projection associée</i>	UTM fuseau 20 Nord

- RGAF09 : amélioration significative (précision millimétrique) par rapport au système précédent (WGS84) (décalage d'environ 70 cm avec l'ITRS)
- Attention : une coordonnée acquise dans le système WGS84 et convertie dans le système RGAF09 conserve son erreur de géométrie

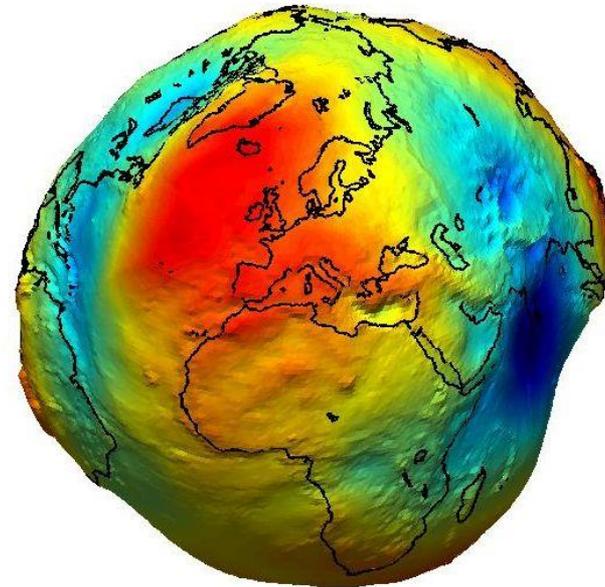
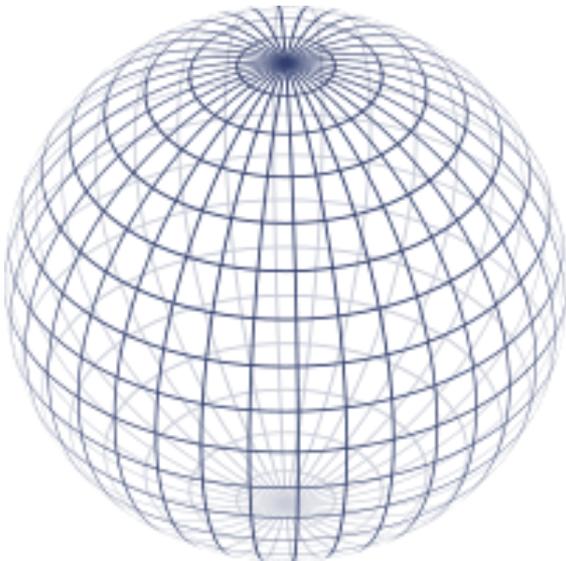
Coordonnées géographiques

- ▶ Latitude (parallèle)
 - φ : $90^{\circ}\text{S} - 0^{\circ} - 90^{\circ}\text{N}$
- ▶ Longitude (méridiens)
 - λ : $180^{\circ}\text{O} - 0^{\circ} - 180^{\circ}\text{E}$
- ▶ Altitude (h en m)
 - \rightarrow par rapport à quoi ?



Coordonnées géographiques

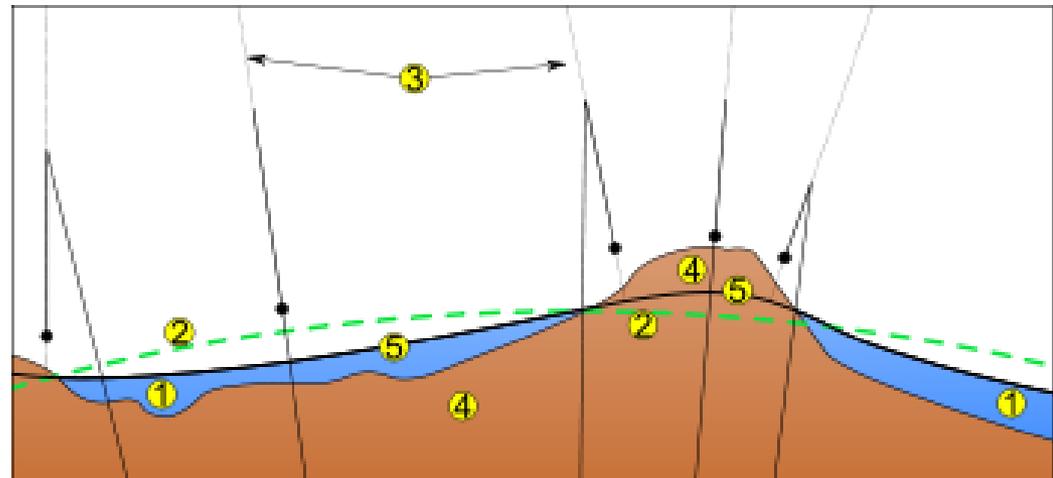
- ▶ Modélisation de la terre
 - La terre n'est pas une sphère parfaite (patatoïde)
 - Surface mobile



Coordonnées géographiques

- ▶ Le Géoïde
 - Représentation de la surface terrestre
 - Surface équipotentielle du champ de gravité terrestre
 - Coïncide avec le NMM (Niveau Moyen de la Mer)

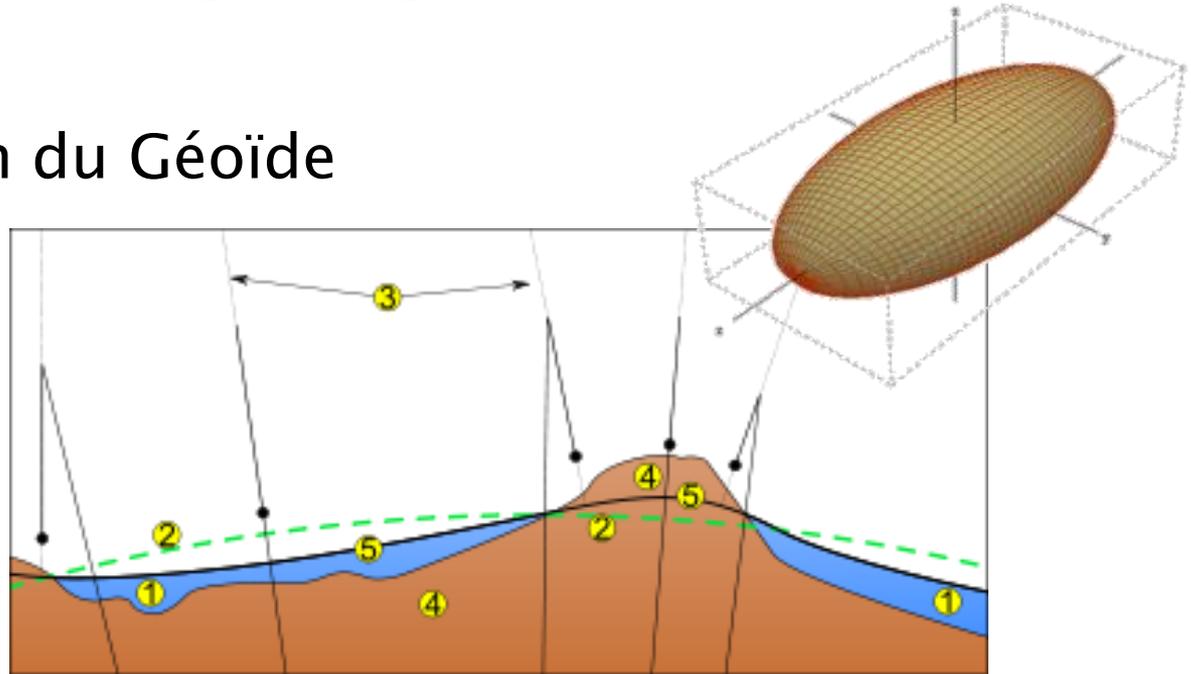
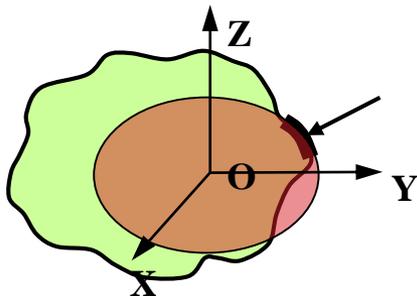
- ▶ 5 : géoïde



Coordonnées géographiques

▶ Ellipsoïde

- Approximation du Géoïde
 - 5 : géoïde
 - 2 : ellipsoïde

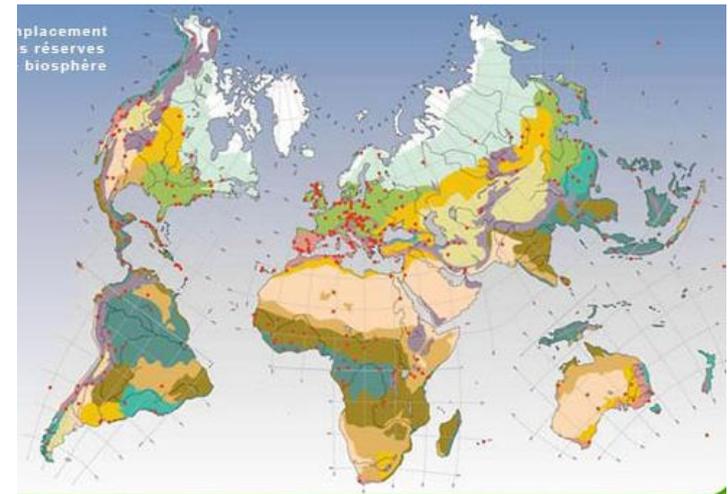
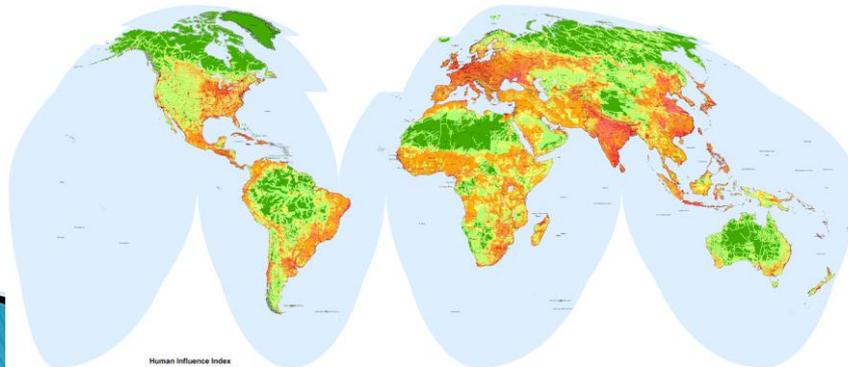


▶ GRS80 et WGS84

- Quasi identiques
- Jusqu'à 100 m de différence avec le Géoïde

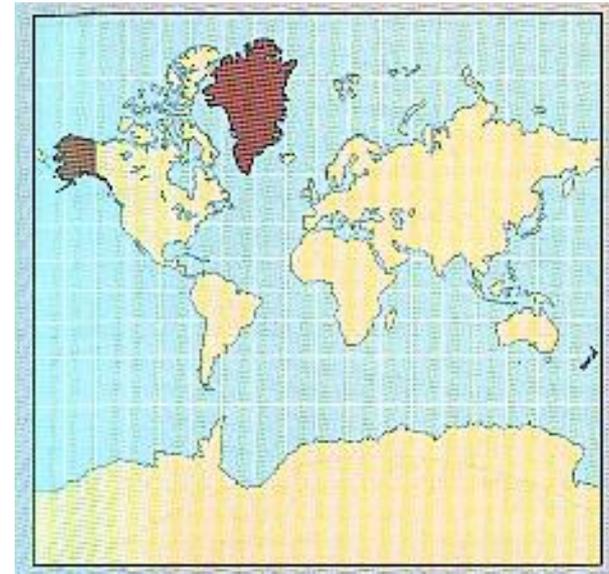
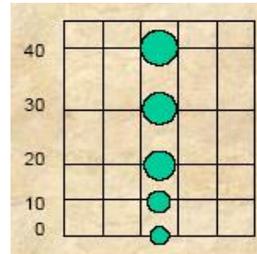
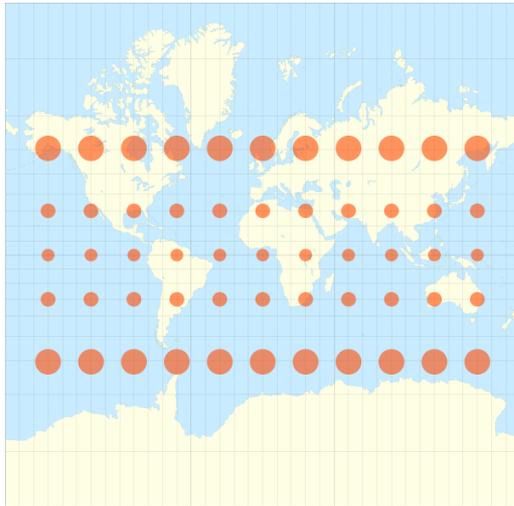
Coordonnées planes

- ▶ Projection cartographique de l'ellipsoïde
 - ▶ $x=f_1(\varphi,\lambda)$, $y=f_2(\varphi,\lambda)$
 - ▶ f_1 et f_2 : fonctions continues sauf en certains points (pôles par exemple)
 - ▶ Il existe plus de 200 systèmes de projection
- ▶ **Toutes les projections vont modifier la forme des continents et îles et/ou vont modifier la taille / superficie**



Coordonnées planes

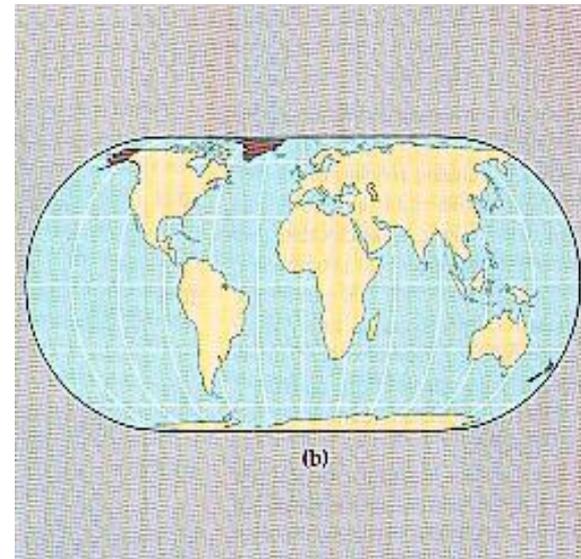
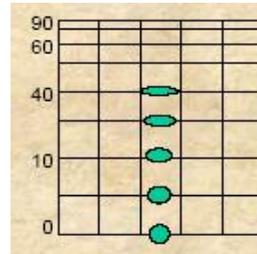
- ▶ Projection conforme
 - ▶ Conserve les angles
 - ▶ Préserve la véritable forme mais exagère les superficies



Ellipses indicatrices de Tissot

Coordonnées planes

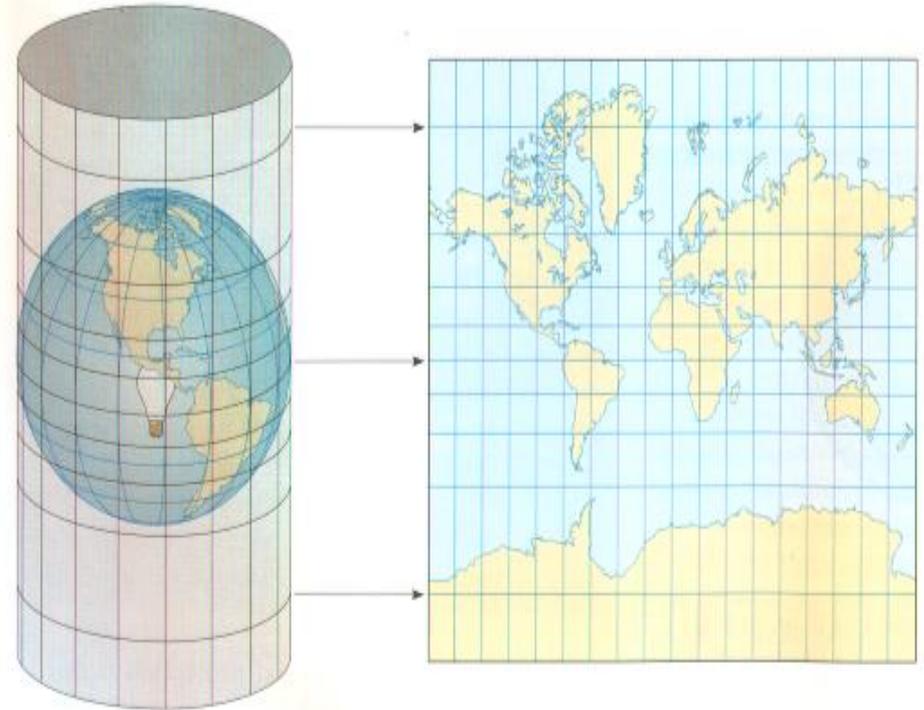
- ▶ Projection équivalente
 - Conserve les surfaces
 - Ecrase les formes



Ellipses indicatrices de Tissot

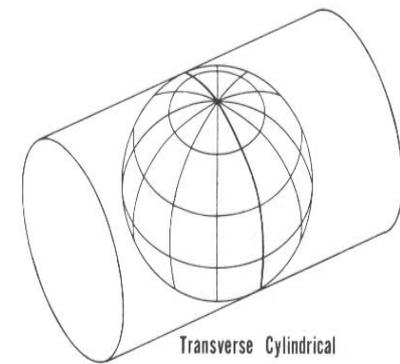
La projection cylindrique

- ▶ Cylindre tangent au grand cercle, ou sécant en deux cercles.
- ▶ Directe, transverse ou oblique
- ▶ Directe
 - Faible distorsion à l'équateur
 - Distorsion plus importante au pôle
 - Idéal pour les zones équatoriales et tropicales
- ▶ Exemples
 - Projection de Mercator (conforme)
 - Projection de Peters (équivalente)
 - Projection de Robinson (pseudo-cylindrique, aphyllactique)
 - **Projection UTM** aussi appelée Gauss-Kruger (conforme)
 - Projection cylindrique équidistante
 - Projection de Mercator oblique (utilisée en Suisse par exemple)



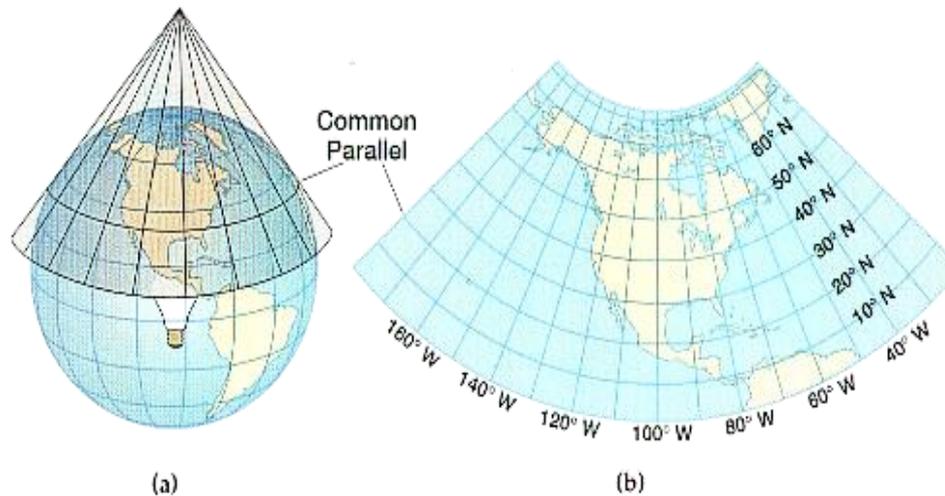
Projection UTM

- ▶ Universal Transverse Mercator
- ▶ Conforme
- ▶ Système de référence géospatiale (GPS par exemple)
- ▶ Pour couvrir la surface de la Terre
 - 60 fuseaux de 6 degrés
 - Hémisphère Nord et hémisphère Sud séparés
 - Cylindre tangent à l'ellipsoïde le long d'un méridien pour obtenir une représentation plane
- ▶ France
 - UTM Nord, fuseau 30, 31 et 32
- ▶ Guadeloupe et Martinique
 - UTM Nord, fuseau 20
- ▶ Guyane
 - UTM Nord, fuseaux 21 et 22



La projection de Lambert

- ▶ Projection sur un cône tangent à un parallèle
- ▶ Compatible WGS84 (GPS)
- ▶ Conforme
- ▶ France Lambert93



La projection azimutale

- ▶ Plan tangent en un point ou sécant en un cercle
- ▶ Surtout utilisé pour focaliser sur une région

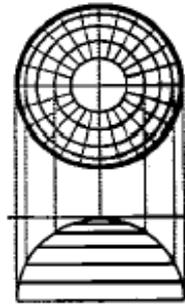
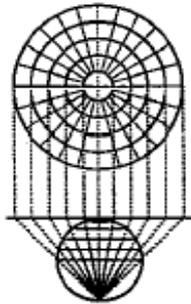
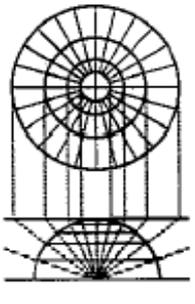
Polaire



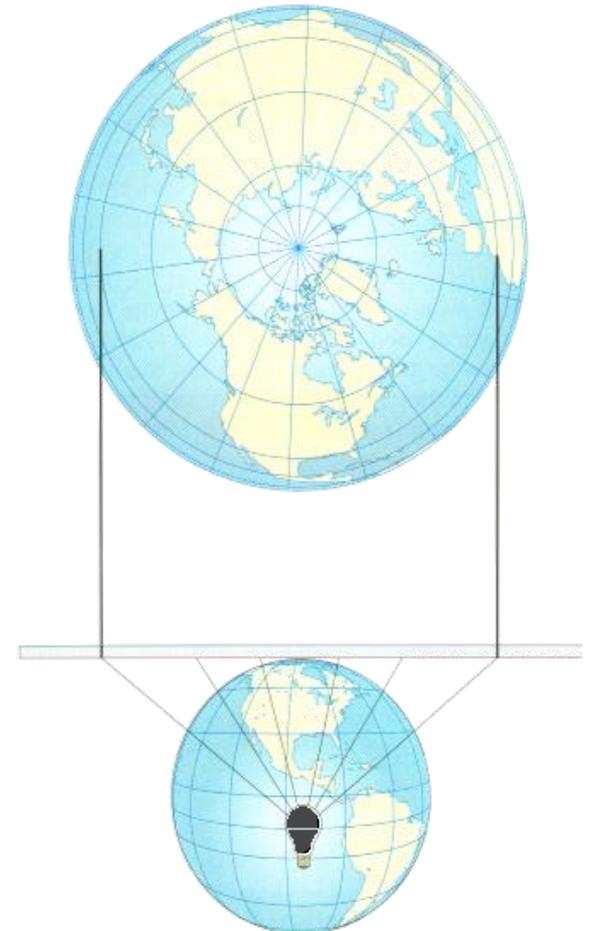
Equatoriale



Oblique



Gnomonique Stéréographique Orthogonale



Quelques liens utiles

- ▶ OGC

- <https://www.ogc.org/>

- ▶ Qgis

- <http://www.qgis.org>

- <https://docs.qgis.org/3.22/en/docs/>



Quelques liens utiles

- ▶ Fournisseurs de données
- ▶ IGN : www.ign.fr
 - Données à l'échelle nationale
 - BD Ortho : images aériennes à 50cm de résolution
 - BD Topo : modélisation 3D du territoire
 - BD Parcellaire : cadastre
 - BD Adresse : adresses postales
 - BD Alti, Carto, etc.

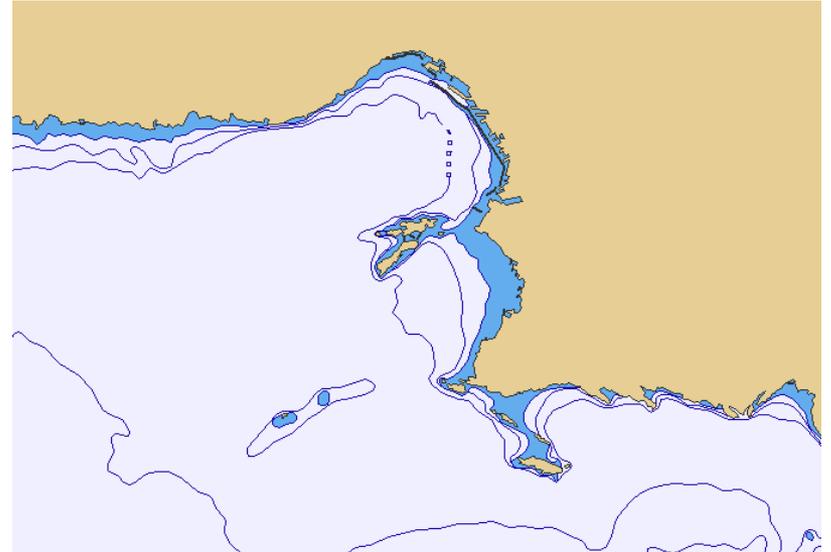
Quelques liens utiles

▶ IFREMER

- <https://wwz.ifremer.fr/>
- Trait de côte
- Température de l'eau
- Epaves
- Etc...

▶ INSEE

- Economie : finances publiques, commerce, etc.
- Entreprise : secteurs d'activités, développement, etc.
- Emploi
- Population : recensement, etc.
- Infrastructures : transports, etc.



Quelques liens utiles

▶ INSPIRES

- Directive européenne
- Mise en ligne de catalogues de données géographiques publiques
- Catalogue Européen
 - <http://inspire-geoportal.ec.europa.eu/discovery/>
- Catalogue national
 - <http://www.geocatalogue.fr>
- Catalogue régional
 - Guadeloupe : <http://www.karugeo.fr/>
 - Martinique : <https://www.geomartinique.fr>

Quelques liens utiles

- ▶ Des sites gouvernementaux
 - Portail des données publiques
 - <http://data.gouv.fr>
 - Conseil national de l'information géographique
 - <http://cnig.gouv.fr/>
 - Risques naturels
 - <http://www.georisques.gouv.fr/>
 - Développement durable
 - <http://www.geoinformations.developpement-durable.gouv.fr>

Quelques liens utiles

▶ Des sites nationaux

◦ Météo France

- <https://donneespubliques.meteofrance.fr/>

◦ Portail d'accès pour l'eau

- <http://www.eaufrance.fr/>

◦ Portail d'accès pour la nature, aux paysages et à la biodiversité

- <http://www.naturefrance.fr/>

◦ Santé publique

- <http://www.atlasante.fr/>

Quelques liens utiles

- ▶ Cartes administratives des différents pays du monde
 - <http://www.gadm.org>
- ▶ Données openStreetMap
 - <http://openstreetmapdata.com>
 - <http://download.geofabrik.de/>
- ▶ Tremblements de terre
 - <http://earthquake.usgs.gov/>
 - <http://www.mapcruzin.com/natural-disaster-shapefiles/>
 - <http://data.geocomm.com/>
- ▶ Partage de données humanitaires
 - The Humanitarian Data Exchange
 - <https://data.humdata.org>