Cours:

Système d'information géographique & télédétection spatiale.

Organisation:
- 4 cours généraux et commun 413, 414
- 4 cours avec un focus sur votre specialité

- des TP avec le logiciel QGIS en lien fort avec le cours
- 4 groupes de TP, échange possible, mais prévenir

CC:

Publication disponible >15j avant
1h de contrôle, environ 10 questions sur la publication

Responsable STE414: G. Picard
ghislain.picard@ujf-grenoble.fr, http://lgge.osug.fr/~picard/

Responsable STE413: E. Pathier
erwan.pathier@ujf-grenoble.fr

Introduction aux Systèmes d'Information Géographiques (SIG)

Plan du cours d'aujourd'hui:

I. Systèmes de référence et projections cartographiques.

II. Les types de données géospatiales dans SIG et leur traitement

Systèmes de référence géographique

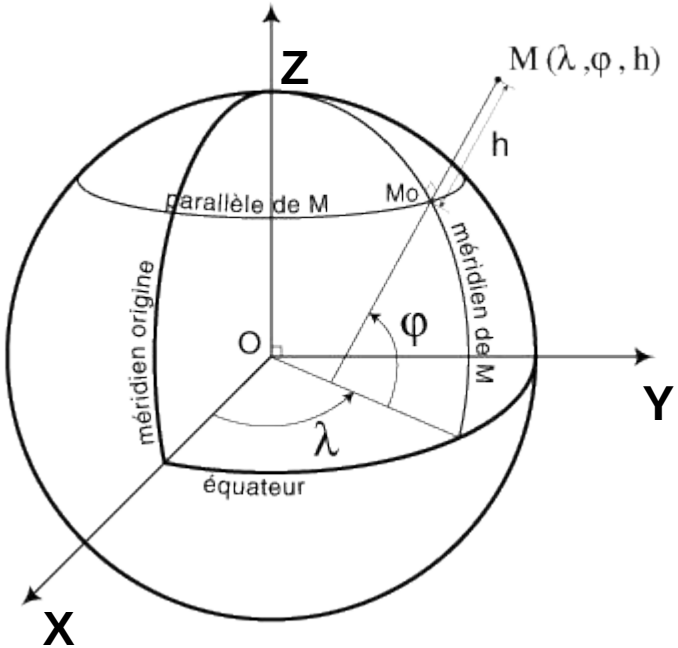
Comment repérer une position à la surface de la Terre ou de ses environs ?

Question: Où est-on ?

Systèmes de référence géographique

Comment repérer une position à la surface de la Terre ou de ses environs ?

- utiliser un système cartésien XYZ → peu pratique sauf dans des cas précis.
- utiliser un système de référence géographique → longitude, latitude.



- XYZ dépend de l'origine.
- Lon,Lat dépend de l'origine et de la forme de la sphère ou de l'ellispoïde.

→ besoin d'une définition ferme.

Pour un **système de référence géographique (datum)**, il faut:

- Origine (position par rapport au centre de la Terre) et orientation des axes (axes des poles et méridien d'origine).

Ou

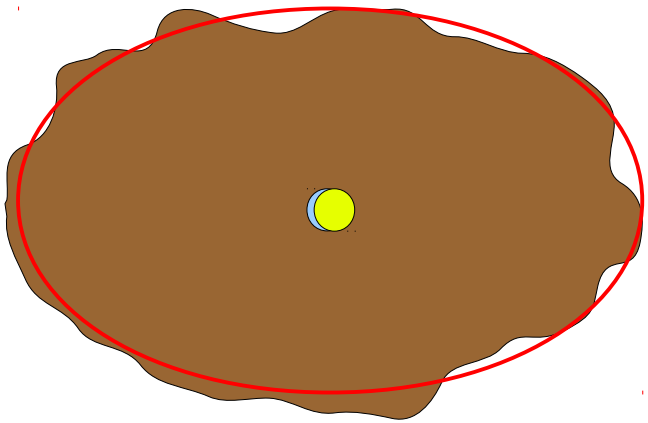
- Un point fondamental à la surface de la terre et l'azimuth du nord et le méridien d'origine.

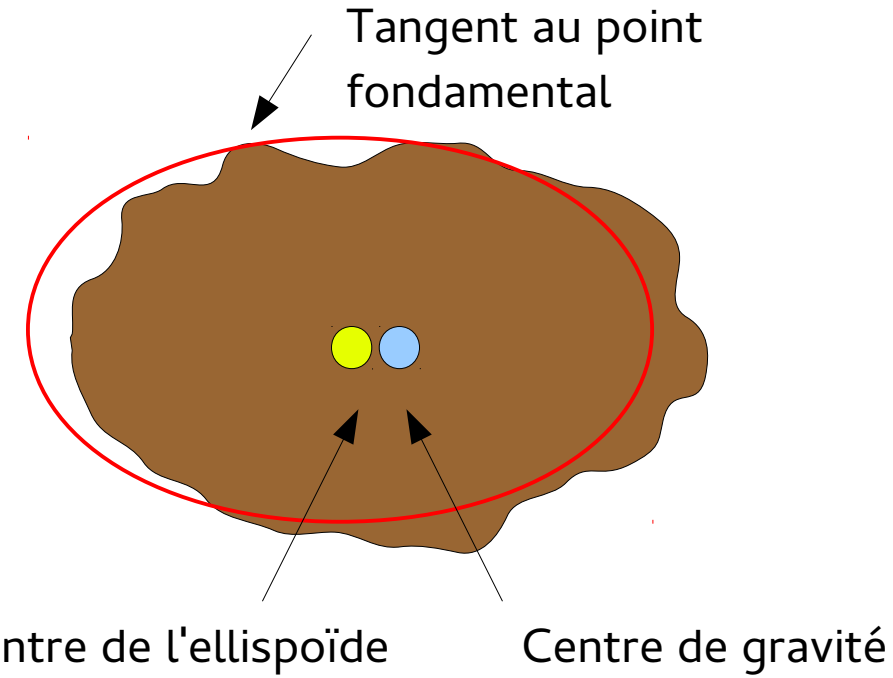
+ Ellispoïde décrit par son demi-grand axe et aplatissement.

Systèmes de référence géographique

Pour un système de référence global, on précise l'origine du centre et l'ellispoïde qui approxime au mieux le géoïde à l'échelle globale.

Pour un système de référence local, on précise le point fondamental et l'ellipsoïde est proche du géoïde en ce point.





Exemples de systèmes de référence géographique

Exemple d'ellipsoïde:

- WGS84: utilisé par le système GPS
- IAG-GRS80: utilisé en France
- NAD83: utilisé en Amerique du Nord.

Les deux premiers ellipsoïdes sont quasi-identiques (même demi-axe et même aplatissement).

Exemple de système de référence (datum):

- **Nouvelle triangulation de la France (NTF)** : officiel jusqu'en décembre 2000 ; la plupart des cartes de l'IGN sont toujours dans ce système, basé sur l'ellipsoïde Clarke 1880 IGN. Le point fondamental est au Panthéon à Paris.
- **Réseau géodésique français (RGF) 1993** : France, basé sur l'ellipsoïde IAG-GRS80. Officiel depuis 2000.
- **European Datum (ED) 50** : système européen, basé sur l'ellipsoïde Hayford 1909. Anciennement utilisé en Europe.
- **ETRS89**: basé sur IAG-GRS80. Officiel en Europe.
- **World Geodetic System (WGS84)** : système mondial (pas de point fondamental), mis au point par le Département de la Défense des États-Unis et utilisé par le GPS, basé sur l'ellipsoïde WGS84. Peu Précis. Une version précise existe: ITRS

<u>RGF 1993, ETRS89 et WGS84 sont compatibles pour l'essentiel des applications.</u>

Exemples de système de référence géographique

Les latitudes et longitudes sont donc differentes dans tous ces systèmes, plusieurs centaines de mètres quand on a parle des anciens systèmes (comme NTF).

Attention donc si vous avez de veilles données !
Pour convertir différents data: http://www.crs-geo.eu/

De plus ces systèmes bougent les uns par rapport aux autres à cause de la dérive des continents et le fait que certains ont un point local. Ainsi ETRS89 est fixé en Europe, et est recommandé pour les applications de précision métrique en Europe. ETRS89 dérive par rapport à WGS84.

Remarque: Ce cours est une introduction et de nombreux détails sont esquivés : la **géodésie** est une science en soi !

Conclusion:
Quand on donne ou reçoit des latitudes, longitudes, il faut toujours préciser ou connaître le système de référence.

Altitudes

L'altitude, un sujet vaste qui mérite un cours entier par (et pour) des spécialistes.

L'altitude peut être définie:
- par rapport au géoïde (équipotentielle proche du niveau moyen des mers): **Altitude orthométrique.**
- par rapport à l'ellispoïde de référence (altitude GPS par exemple): **Altitude ellipsoïdale.**

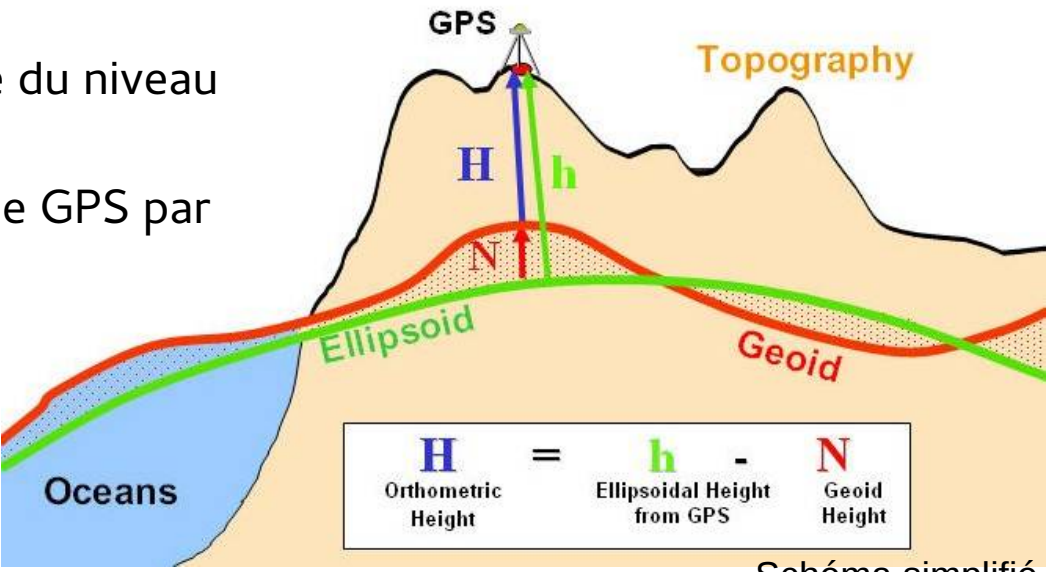


Schéma simplifié

L'altitude du géoïde par rapport à l'ellispoïde peut varier de plus de 100m environ à l'échelle du globe.

Pour une altitude précise:
- il faut savoir de laquelle on parle.
- il faut connaitre le géoïde ou l'ellispoïde.

On parle de datum vertical ou de référentiel altimétrique.

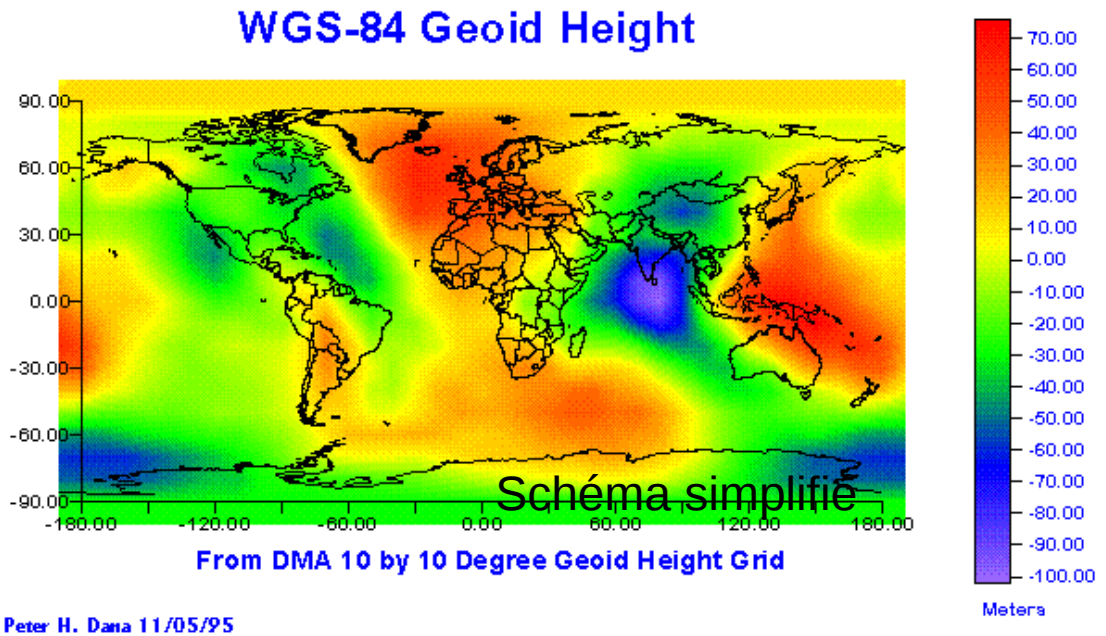
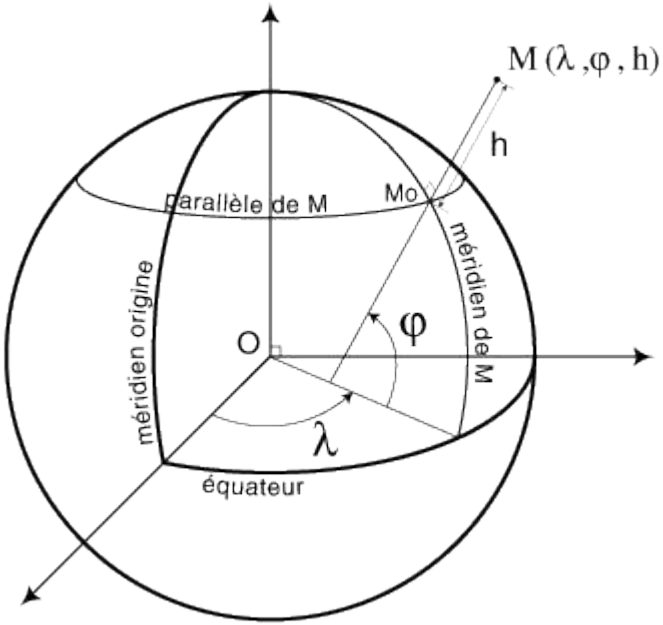


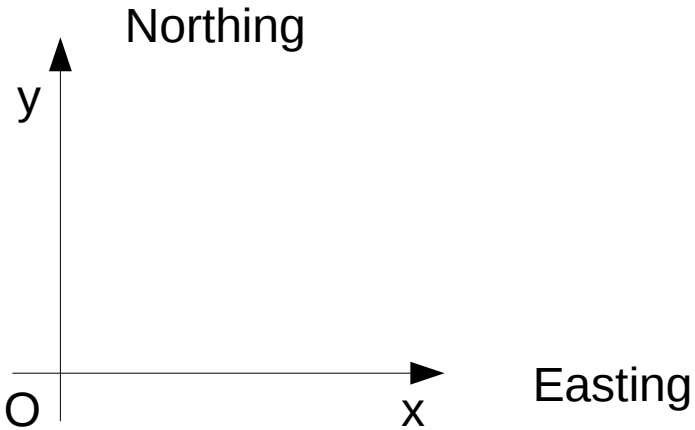
Schéma simplifié

Projections cartographiques

Projections géographiques: Permet de représenter la sphere ou l'ellispoïde sur une surface qui peut être un plan ou déroulable en un plan (cad cylindre, cône, ...).

Mathématiquement: transformation (lon,lat) → (x,y)





x et y sont exprimés en <u>mètre</u> par rapport à l'origine.

Toutes les projections entrainent des déformations visuelles

Projections cartographiques

Il existe un grand nombre de **types de projection**.
Elles présentent toutes des défauts et des avantages. Il faut donc choisir la meilleure en fonction de l'application:

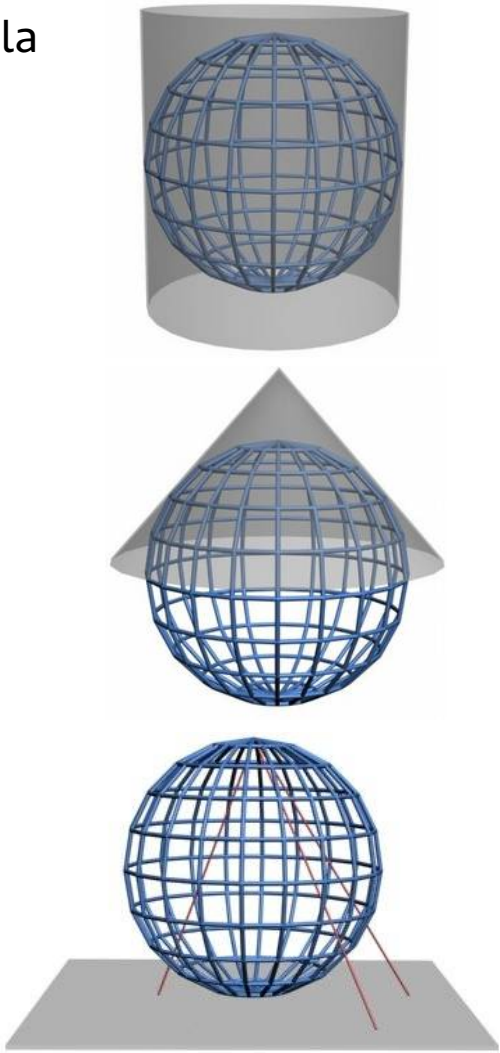
- en fonction de **l'étendue de la carte** (monde, continent, pays, régions, ...). Plus l'étendue est grande, plus les déformations sont importantes. Mais souvent, on attend des cartes de faible étendue d'être très précises (ex: cadastre).
- en fonction **du type de traitement / d'affichage**: en statistique: conservation des aires, en navigation: conservation des angles, ...
- en fonction **de la région** (ex: polaire ou non)
- pour des raisons légales, historiques, et/ou de disponibilité des informations (ex: cadre européen)

Projections cartographiques

Les projections peuvent etre classées selon la surface sur laquelle on fait la projection:
- les projections cylindriques.
- les projections coniques.
- les projections azimutales (sur un plan).
- les projections uniques (toutes les autres), il n'y a pas nécessaire de “surface” d'ailleurs.

Chacune peut être en plus: normal, transverse, oblique.

Remarque: Cette classification ne donne pas suffisamment d'information p caractériser complètement un type de projection.



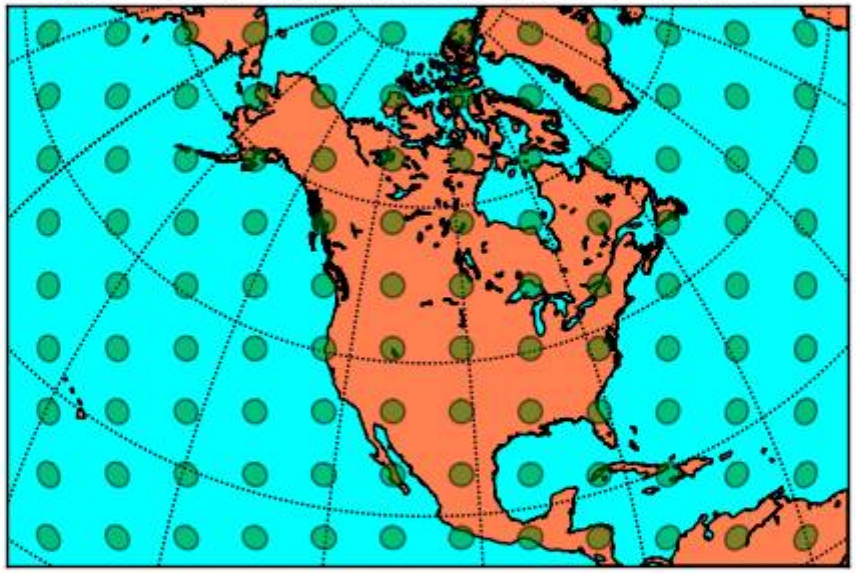
Projections cartographiques

Propriétés importantes des projections:
- projection **équivalente** (equal-area en anglais): conserve localement les aires.
- projection **conforme** : conserve localement les angles, donc les formes.
- les autres: projection **aphylactique.**

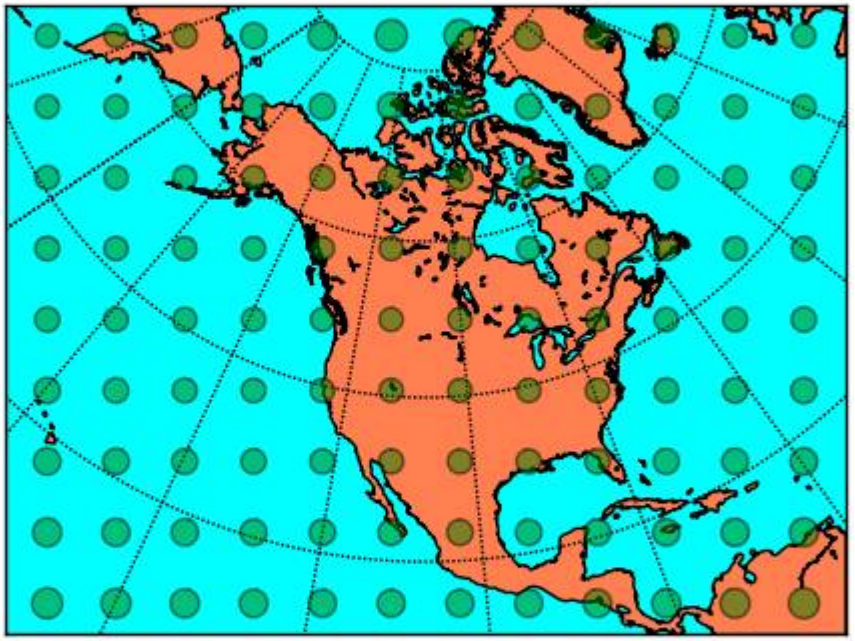
une **aphylactique** peut être **équidistante**, c'est-à-dire conserver les distances sur certaines lignes que l'on appelle lignes standarts.

Parfaitement conforme et equivalent est impossible. Les projections ont diverses degrés de conformité ou d'équivalence, et ceci dépend du lieu.

Lambert Azimuthal Equal Area Projection

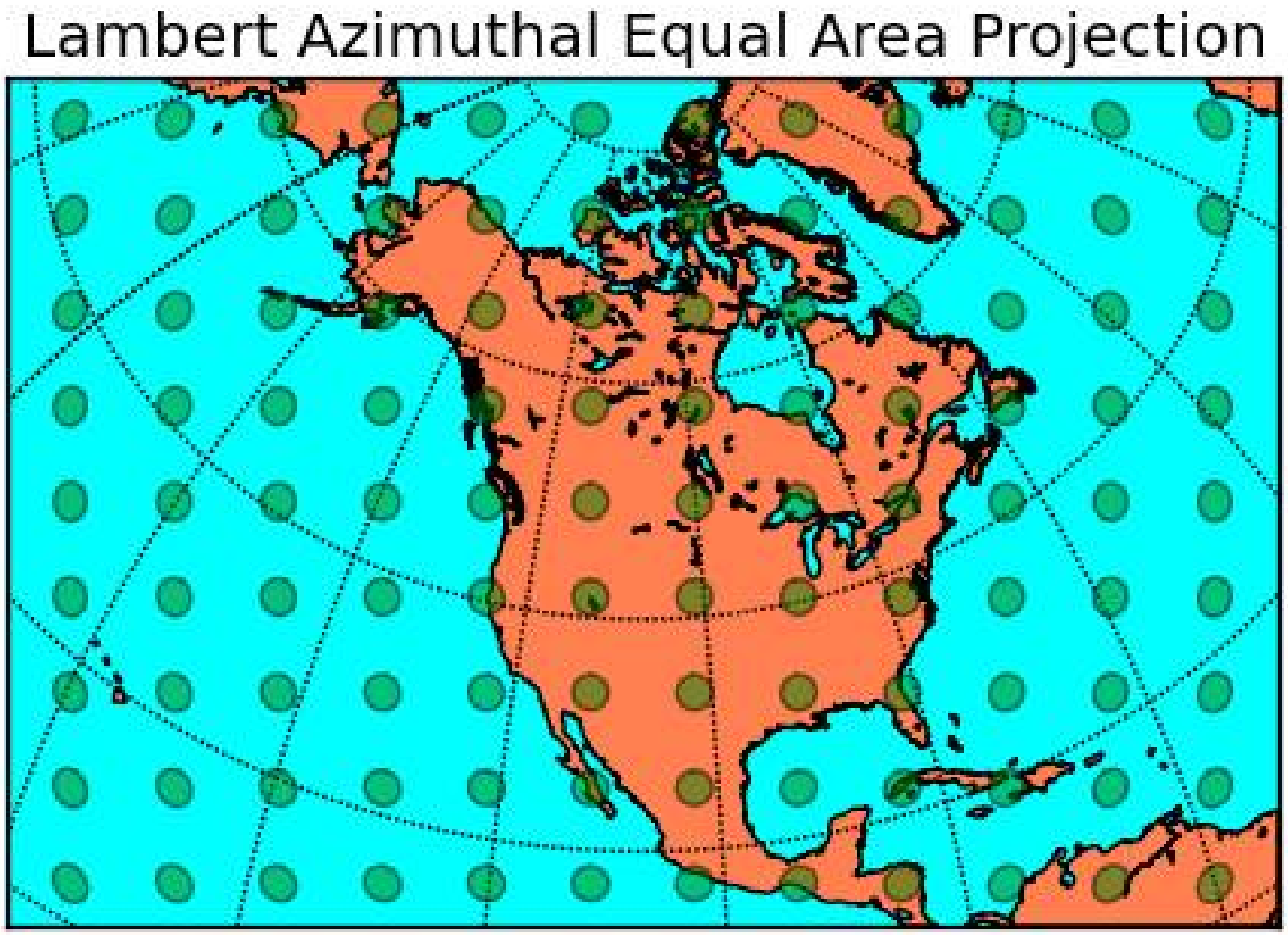


Lambert Conformal Projection

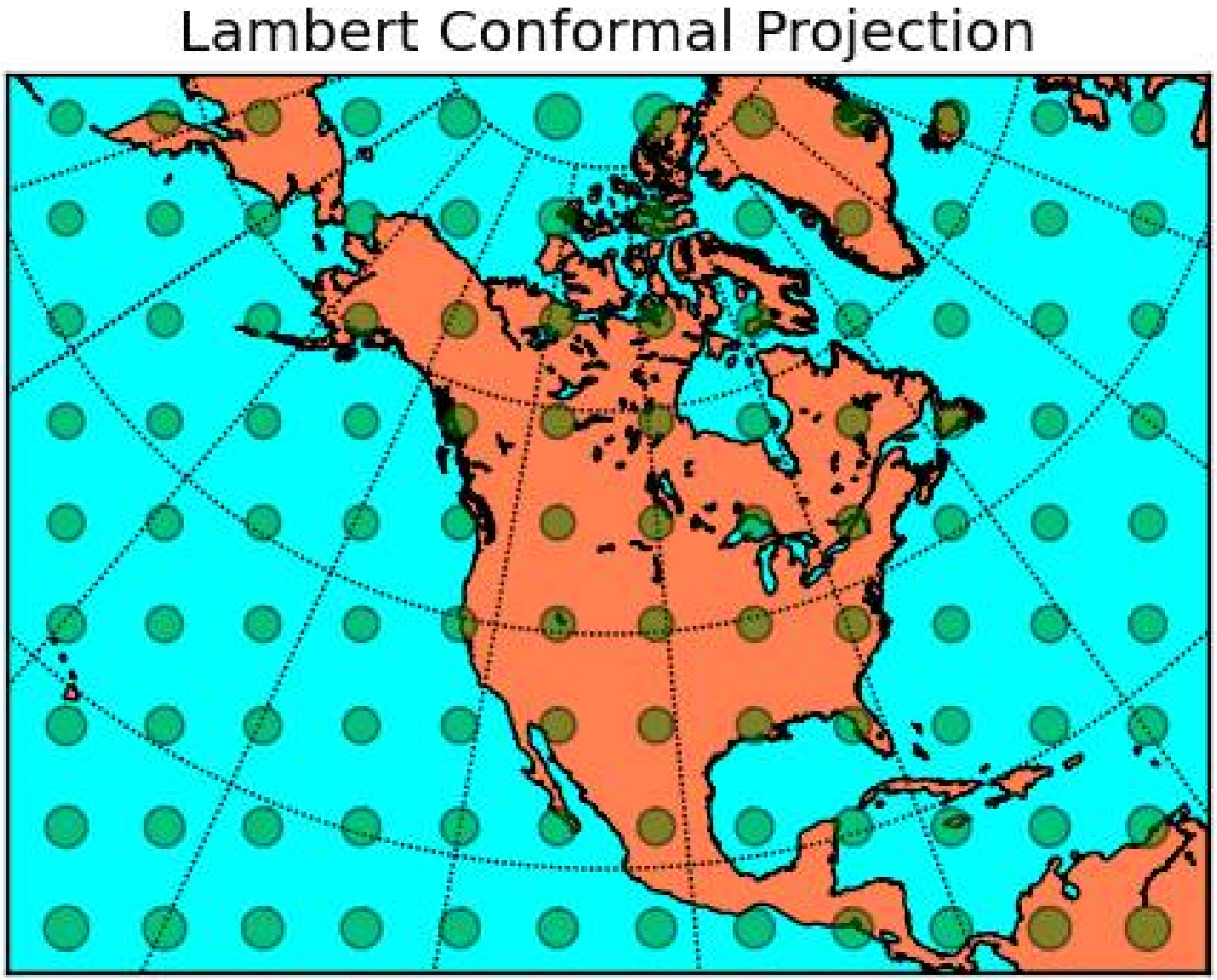


Indicatrice de Tissot

Projections cartographiques



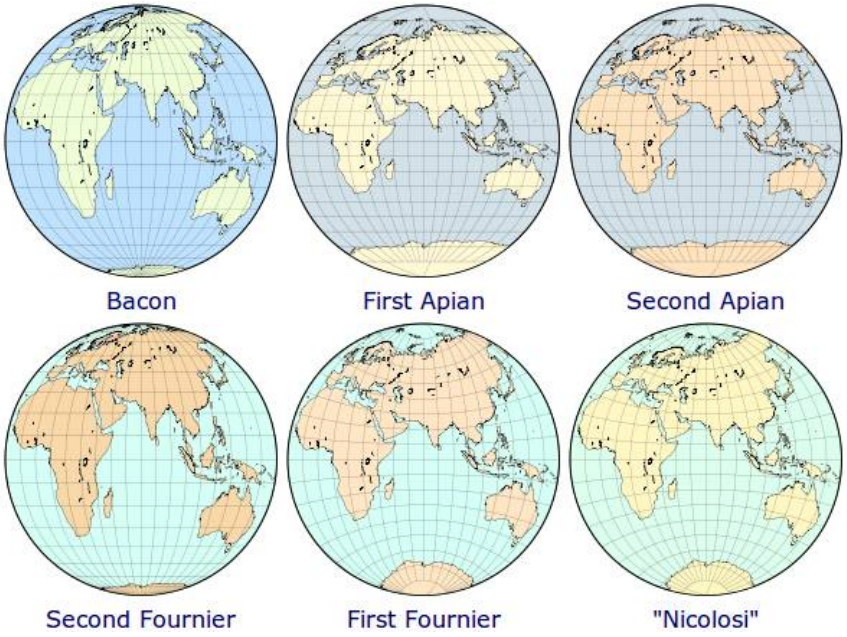
Projections cartographiques



Projections cartographiques

Exemples de type de projection:

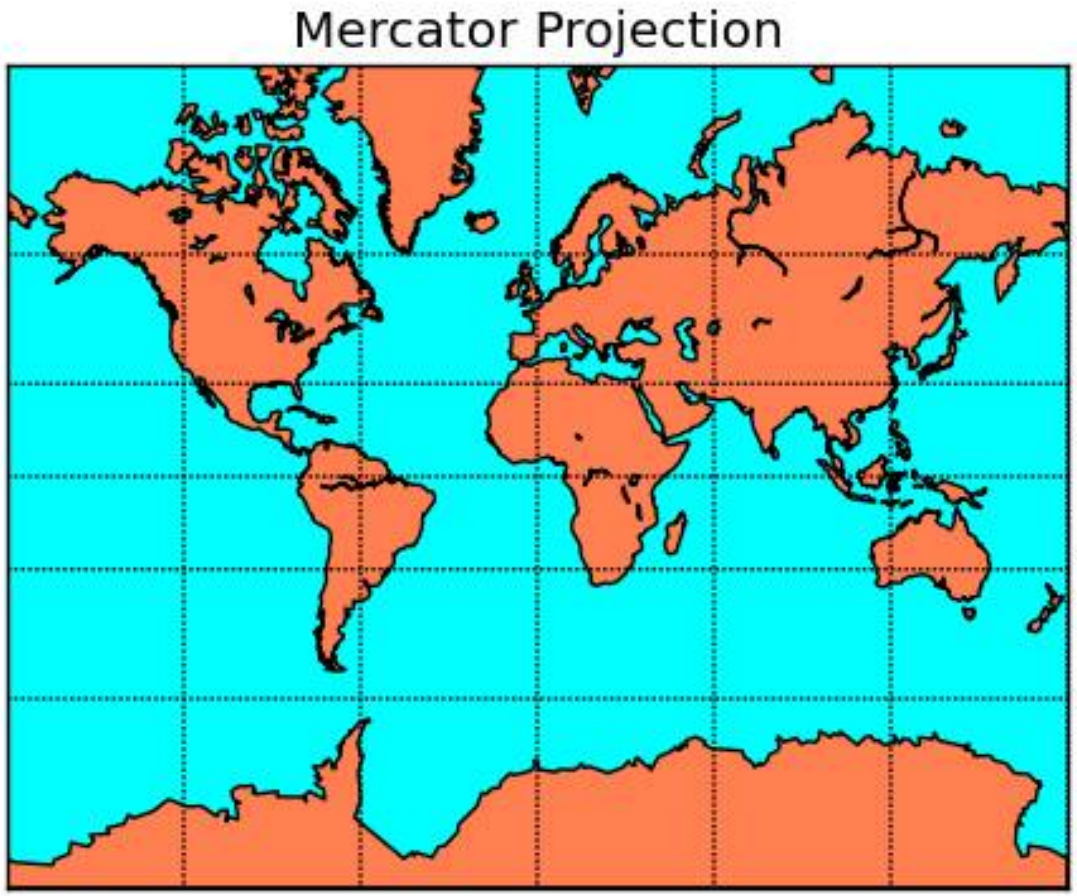
Azimuthal Equidistant Projection
Gnomonic Projection
Orthographic Projection
Geostationary Projection
Near-Sided Perspective Projection
Mollweide Projection
Robinson Projection
Sinusoidal Projection
Equidistant Cylindrical Projection
Cassini Projection
Mercator Projection
Transverse Mercator Projection
Oblique Mercator Projection
Polyconic Projection
Miller Cylindrical Projection
Gall Stereographic Projection
Lambert Conformal Projection
Lambert Azimuthal Equal Area Projection
Stereographic Projection
Equidistant Conic Projection
Albers Equal Area Projection
Polar Stereographic Projection
Polar Lambert Azimuthal Projection
Polar Azimuthal Equidistant Projection
McBryde-Thomas Flat Polar Quartic
van der Grinten Projection



http://www.progonos.com/furuti/MapProj/CartIndex/cartIndex.html

http://matplotlib.sourceforge.net/basemap/doc/html/

Exemples de projection

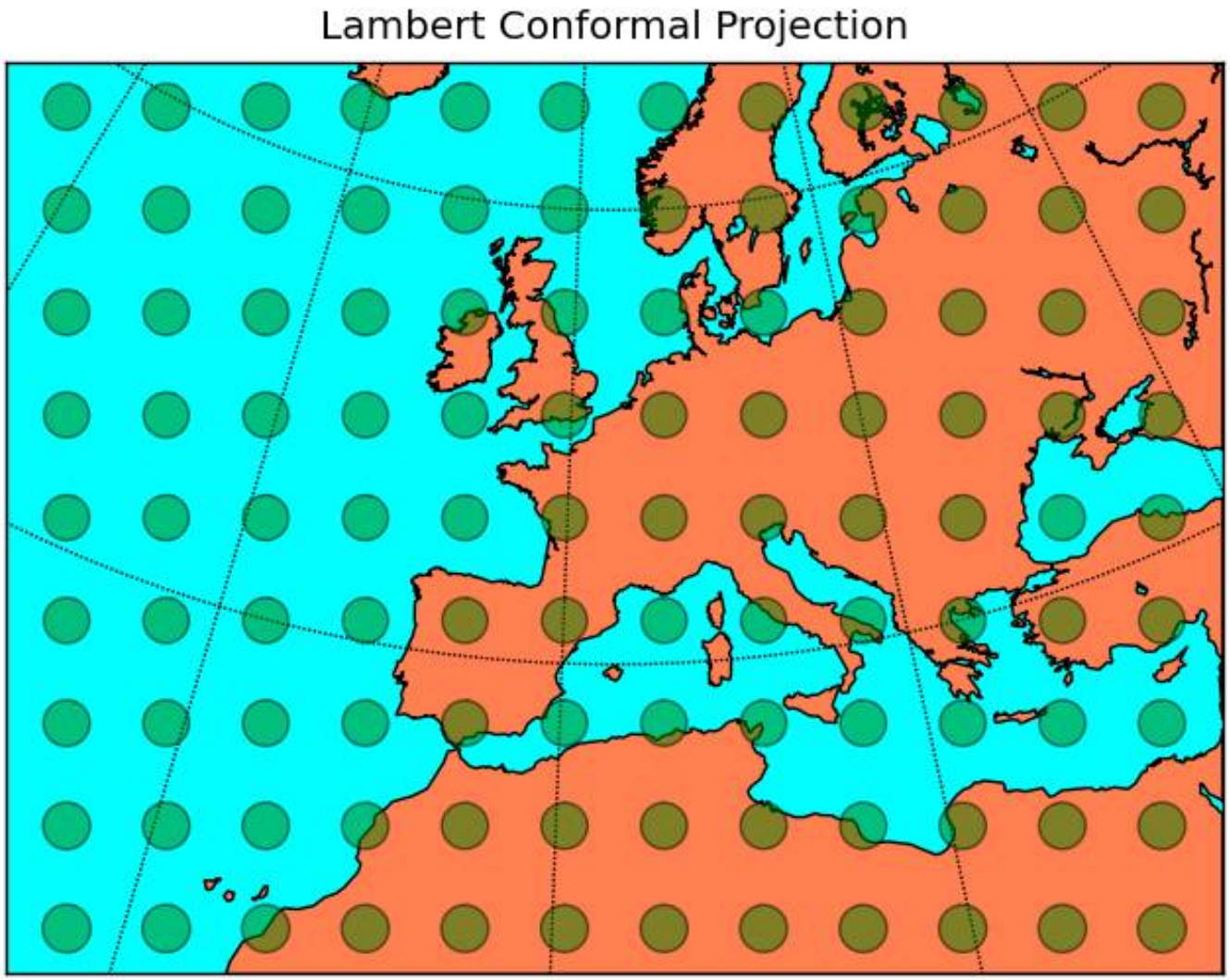


Crédits: Basemap site

Conforme: utile en navigation.

Mais utilisée couramment pour représenter le monde aujourd'hui alors que / car il donne une vision favorable aux pays des hautes latitudes nord.

Exemples de projection

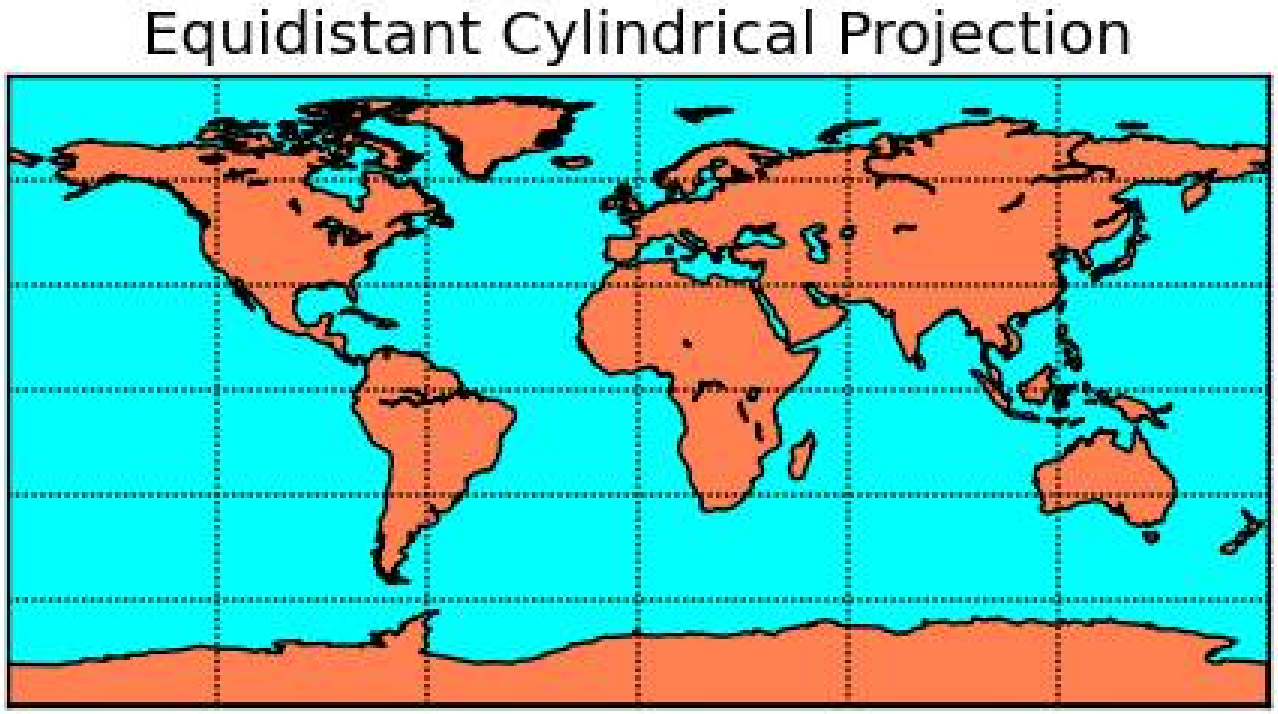


Lambert conformal conic: **lcc**

Conforme.

La projection officielle en France (voir plus loin)

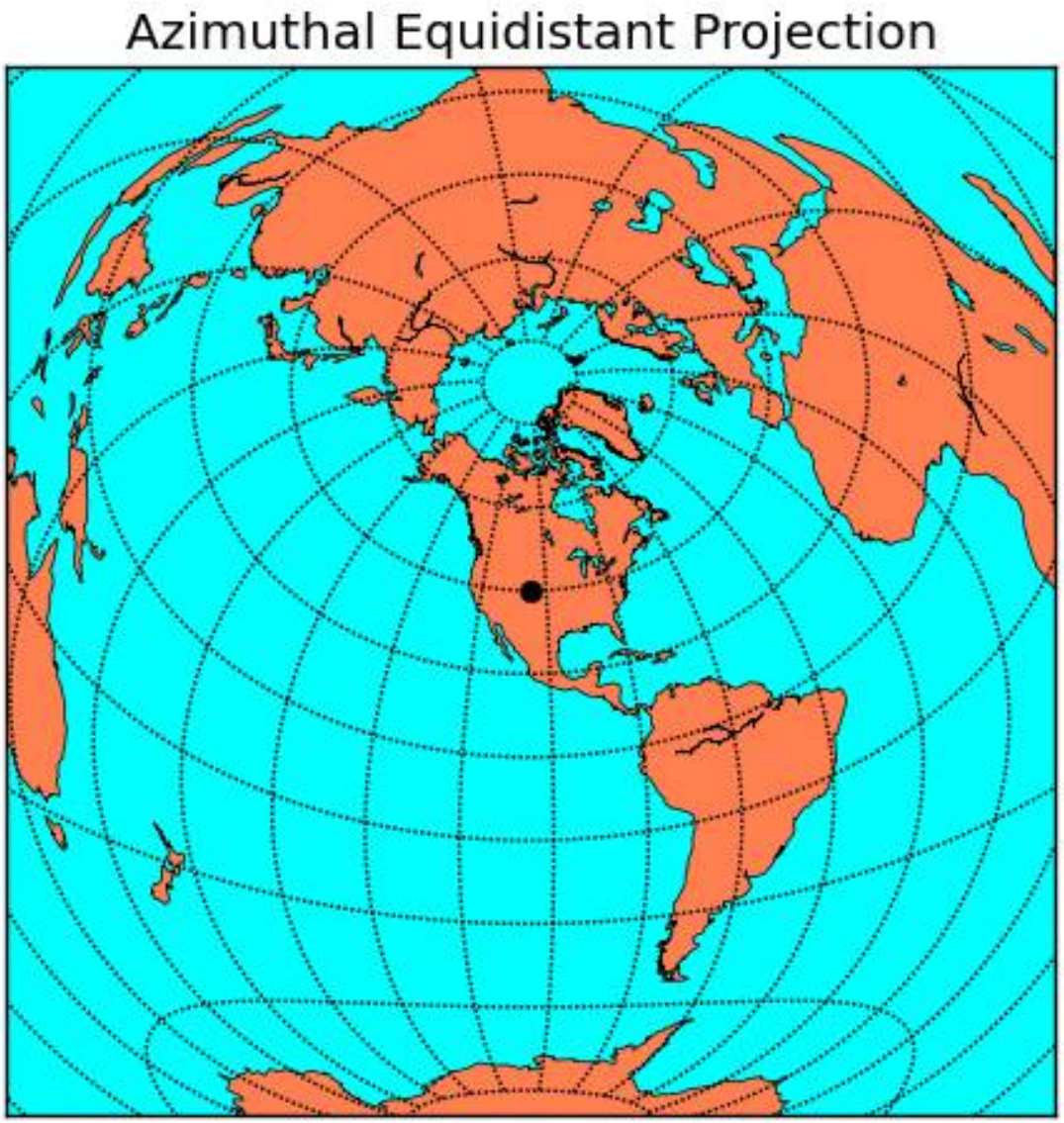
Exemples de projection



Projection la plus simple: x=longitude, y=latitude

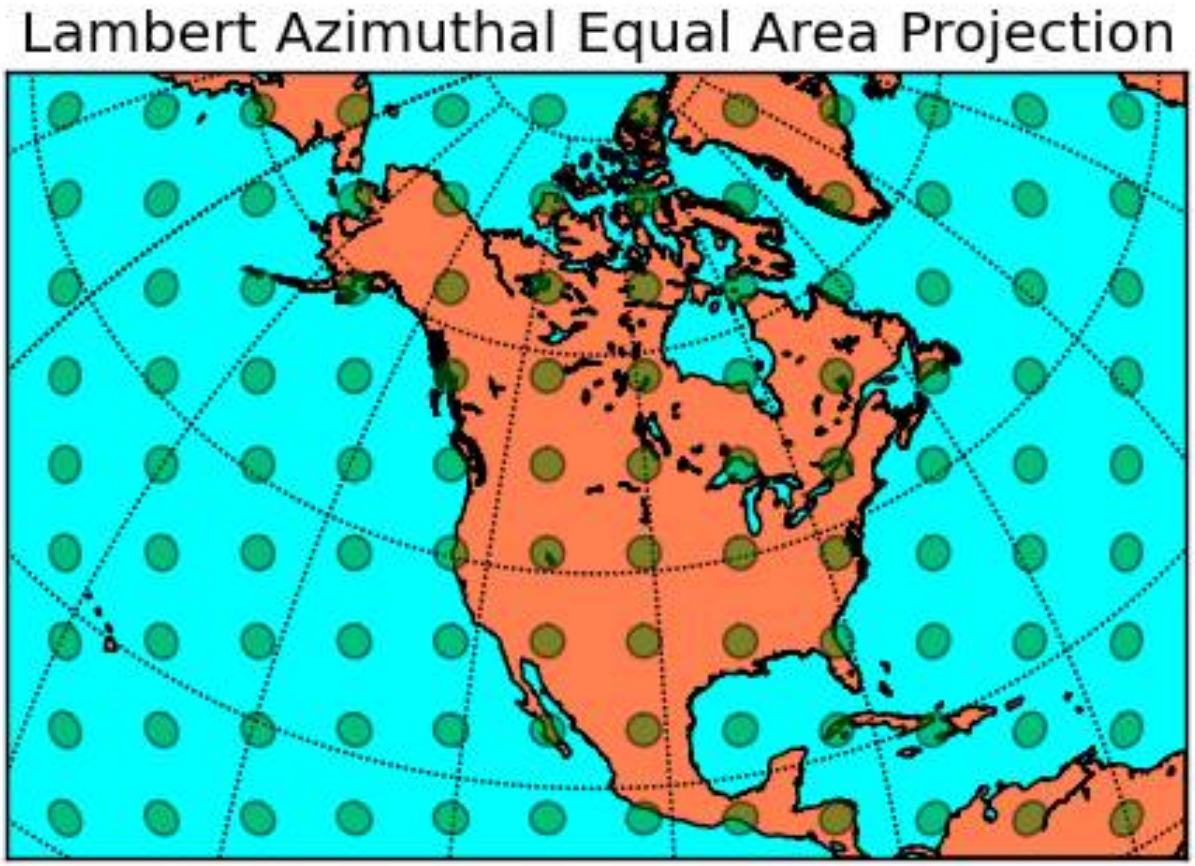
C'est la projection par défaut dans QGIS quand on importe des données non-géocodée.

Exemples de projection



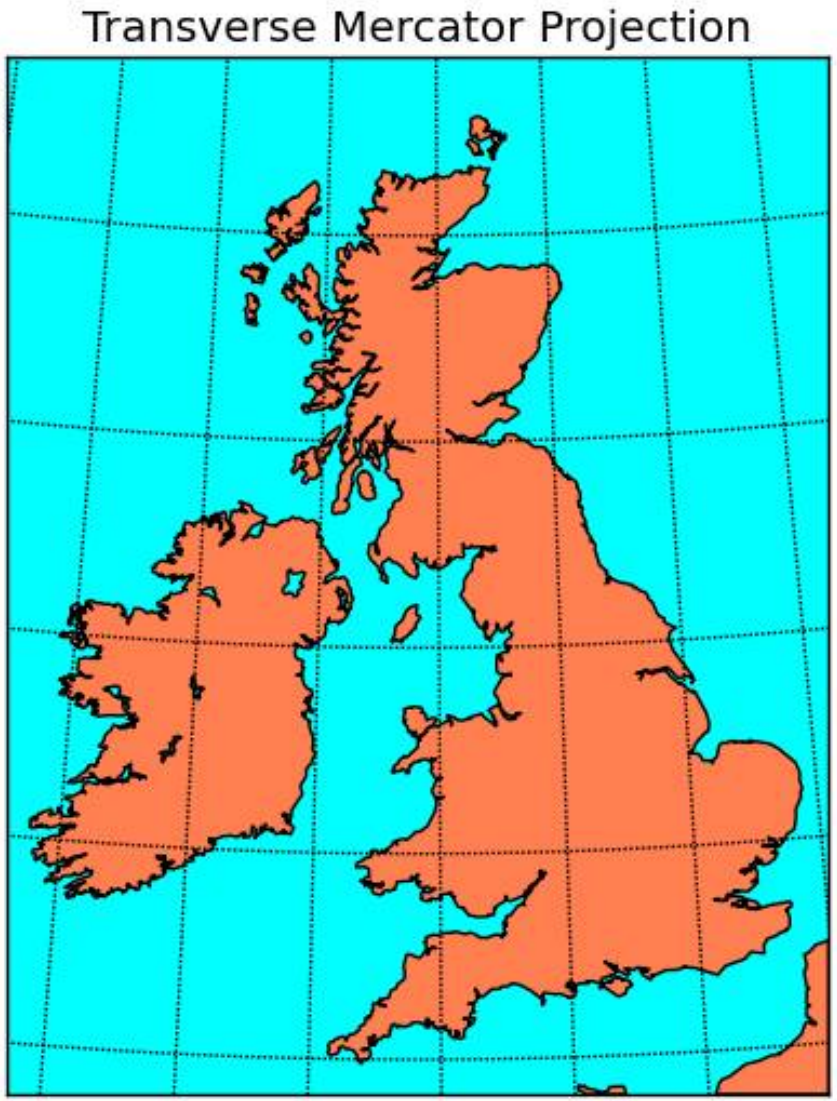
Equidistante: le chemin le plus court au départ du point central est toujours une ligne droite.

Exemples de projection



Equivalente: très utile pour faire des statistiques. Cette projection devrait être utilisée pour la plupart des représentations “équitables” du monde.

Exemples de projection



Conforme: projection à la base du système UTM (voir plus loin)

Exemples de projection

Une projection est donc définie par:

- un type de transformation géométrique
- des paramètres concernant la projection. Les paramètres à fournir dépendent du type de projection.

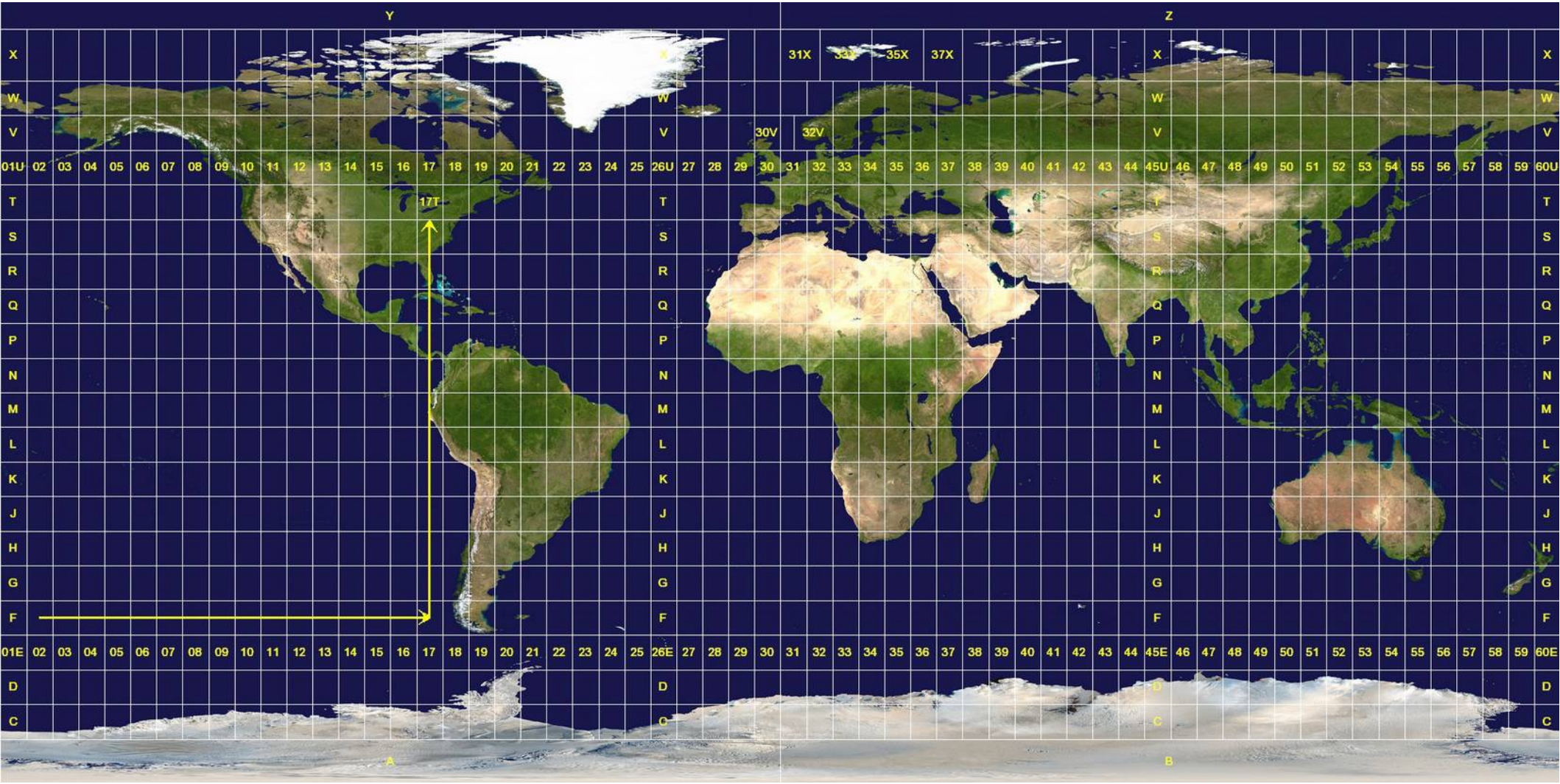
Un système de coordonnées de référence (acronyme anglais CRS):
- une projection et ses paramètres.
- un système de référence géographique (datum).

Le CRS regroupe toutes les informations nécessaires pour projeter des points ou faire une carte.

Cas particuliers et importants de projection: UTM

Le système **Universal Transverse Mercator**:

- un type de projection adaptée aux cartes à haute échelle (fine résolution): Transverse Mercator
- les paramètres de la projection (centre) est variable sur le globe pour chaque zones “prédéfinies”.



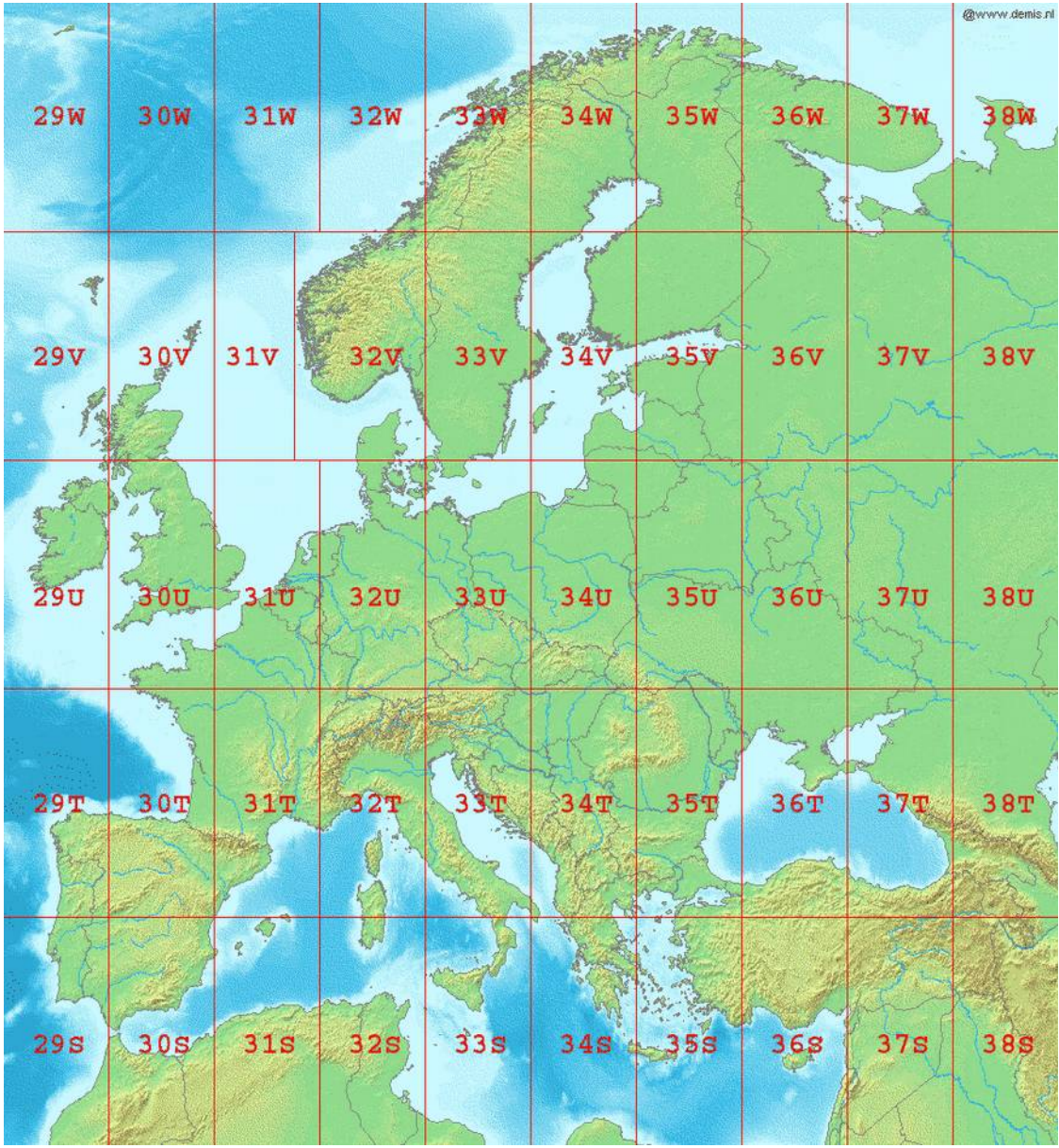
Cas particuliers et importants de projections

- Il y a 20 bandes de latitude (entre 84°N – 80°S) et 60 bandes en longitude (→ 1200 zones).
- la plupart des zones sont régulières. Quelques exceptions.

Les coordonnées (x,y) donne la position dans une zone. “y” est en mètre par rapport à l'équateur. “x” par rapport au méridien central de la zone.

Mais, pour éviter les nombres négatifs, on ajoute un “false easting” de 500000m à x, et si le point est dans l'hémisphère sud un false northing de 10000000 m (10000km).

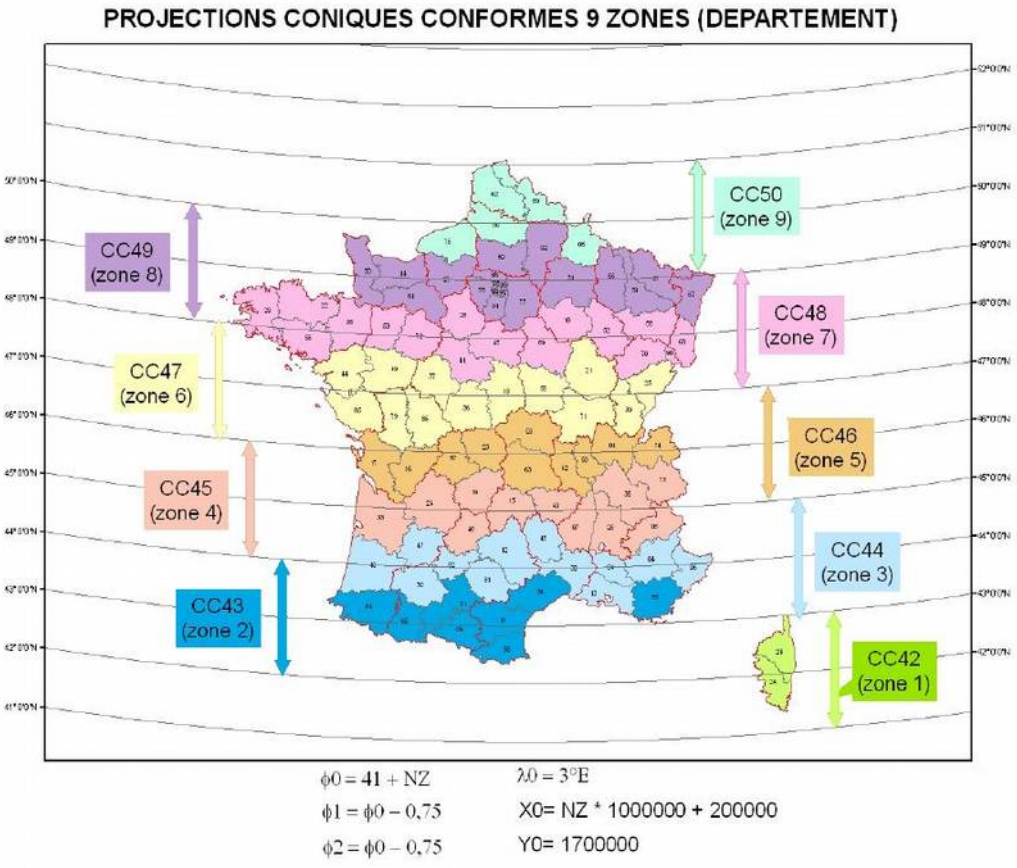
Une coordonnée UTM s'exprime par: Numéro de la zone – North ou South ou la lettre de la zone et les coordonnées x et y.



Cas particulier et important de projection: les Lambert en France

Depuis 2000:
En France métropolitaine, officiellement, on doit utiliser Lambert 93 (Lambert Conforme Conique) avec le système de référence RTF93 (très proche de WGS84 et donc du GPS).
http://lambert93.ign.fr/

Depuis 2006:
Pour améliorer la précision, 9 zones ont été définies: CC42 à CC50.



En pratique les “anciennes” Lambert I, II, III, IV et étendue sont encore utilisées.
Attention, <u>elles utilisent un ellipsoïde différent</u> (donc des longitudes/latitudes différentes et incompatibles avec le système GPS).

Les projections en pratique

Comment fonctionne les CRS en pratique avec un SIG ?

Il existe différents formats pour spécifier une projection.

Par exemple, voici toutes les informations nécessaires pour caractériser parfaitement la projection Lambert 93.

Système de référence: RGF-93
Projection: Lambert conique conforme
Unité: Mètres
Premier parallèle standart: 49°N
Deuxième parallèle standart: 44°N
Latitude d'origine: 46.5°N
Méridien central: 3°E
False Easting: 700000m
False Northing: 6600000m

Remarque: False Easting et False Northing sont des décalages artificiels et conventionnels qui permettent d'éviter les nombres négatifs dans les coordonnées.

Les projections en pratique

WKT / Well Known Text (Open Geospatial Consortium).

Format ouvert, facile à lire pour un ordinateur et complet, difficile pour un humain

```
PROJCS["RGF93 / Lambert-93",
    GEOGCS["RGF93",
        DATUM["Reseau_Geodesique_Francais_1993",
            SPHEROID["GRS 1980",6378137,298.257222101,
                AUTHORITY["EPSG","7019"]],
            TOWGS84[0,0,0,0,0,0,0],
            AUTHORITY["EPSG","6171"]],
        PRIMEM["Greenwich",0,
            AUTHORITY["EPSG","8901"]],
        UNIT["degree",0.01745329251994328,
            AUTHORITY["EPSG","9122"]],
        AUTHORITY["EPSG","4171"]],
    UNIT["metre",1,
        AUTHORITY["EPSG","9001"]],
    PROJECTION["Lambert_Conformal_Conic_2SP"],
    PARAMETER["standard_parallel_1",49],
    PARAMETER["standard_parallel_2",44],
    PARAMETER["latitude_of_origin",46.5],
    PARAMETER["central_meridian",3],
    PARAMETER["false_easting",700000],
    PARAMETER["false_northing",6600000],
    AUTHORITY["EPSG","2154"],
    AXIS["X",EAST],
    AXIS["Y",NORTH]]
```

Les projections en pratique

Proj.4

+proj=lcc +lat_1=49 +lat_2=44 +lat_0=46.5 +lon_0=3 +x_0=700000 +y_0=6600000 +ellps=GRS80 +towgs84=0,0,0,0,0,0,0 +units=m +no_defs

GML basé sur XML
... encore plus verbeux que WKT

EPSG

Comme tout ça est plutôt compliqué et pas très pratique toutes les projections courantes sont répertoriées dans une base de données gérée par l'European Petroleum Survey Group. Chacune est identifiée par un code numérique unique.

Par exemple, le code EPSG de la Lambert 93 est: 2154
En pratique, il suffit de retenir les 2 ou 3 codes dont on se sert couramment.

http://spatialreference.org/ permet de chercher une projection et d'obtenir sa spécification dans différents formats.

Spatial Reference epsg projection 2154 - rgf93 / lambert-93

Home | Upload Your Own | List user-contributed references | List all references Search

Previous: EPSG:2153: NAD83(CSRS98) / UTM zone 11N | Next: EPSG:2155: American Samoa 1962 / American Samoa Lambert

Link to this Page

Input Coordinates: 0.34, 46.36 Output Coordinates: 495520.187986, 6587896.855407

EPSG:2154

RGF93 / Lambert-93 (Google it)

- **WGS84 Bounds**: -9.6200, 41.1800, 10.3000, 51.5400
- **Projected Bounds**: -357823.2365, 6037008.6939, 1313632.3628, 7230727.3772
- **Scope**: Large and medium scale topographic mapping and engineering survey.
- **Last Revised**: 2008-04-22
- **Area**: France

- Well Known Text as HTML
- Human-Readable OGC WKT
- Proj4
- OGC WKT
- JSON
- GML
- ESRI WKT
- .PRJ File
- USGS
- MapServer Mapfile | Python
- Mapnik XML | Python
- GeoServer
- PostGIS spatial_ref_sys INSERT statement
- Proj4js format

Introduction aux Systèmes d'Information Géographiques (SIG)

Plan du cours d'aujourd'hui:

I. Systèmes de référence et projections cartographiques.

II. Les types de données géospatiales dans SIG et leur traitement

Système d'information géographique

Définition: logiciel ou système informatique qui permet de stoquer, représenter, manipuler ou analyser des informations géographiques référencées (ou données géospatiales).

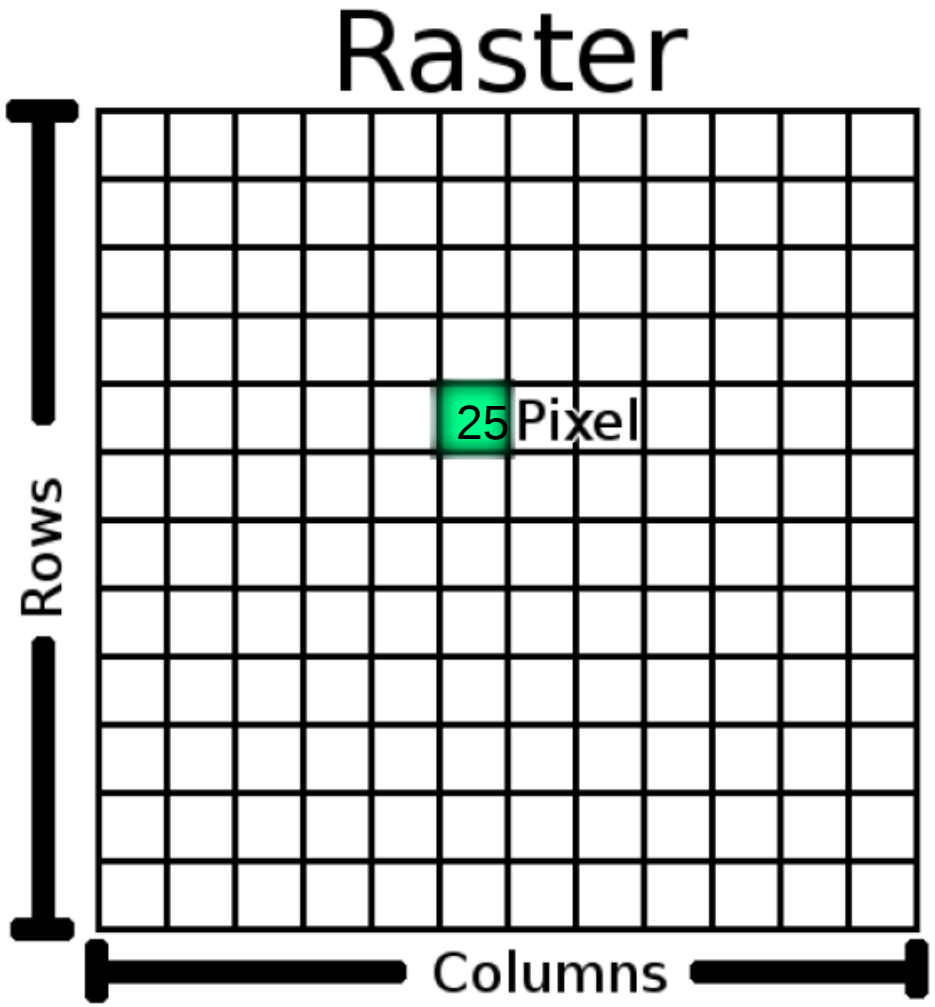
Ce cours concerne essentiellement les logiciels SIG de “bureau” qui permettent de superposer des “couches” d'information géographique et de manipuler ou analyser ces données.
Exemples: ArcGis, MapInfo, QGis, ...

Concept de base essentiel:
Ces couches peuvent être de différents types:
- Raster
- Vecteur
- Triangulated Irregular Network

Le choix du type de couche est important pour tous les aspects des SIG (représentaion, stockage, analyse, ...)

Raster

Données raster: données numériques fournies sur une grille régulière, composée de cellules élémentaires (carrée) nommées pixel.
Données raster ~ une photo ou une image.



Crédits: http://linfiniti.com

Le type de données numériques (data type).

Entier sur 1 octets / byte: (0 – 255)
Entier sur 2 octets / short: (0 – 65536)
Entier sur 4 octets / int : 0 – 4 milliards

Nombre flottant sur 4 octets / float32:
7/8 chiffre significatif
Nombre flottant sur 8 octets / float64:
16 chiffre significatif (rare)

Taille d'un fichier raster en octet = nb lignes x nb colonnes x taille du type de données.

Raster

Remarque 1:

Certains fichiers raster sont composés de plusieurs bandes (ex photos = 3 bandes (Rouge Vert Bleue, image satellite multi-spectrale, ou des “images” multi-temporelles).

Taille d'un fichier raster en octet =
nb lignes x nb colonnes x taille du type de données x nb de bandes

((En général ces informations de tailles sont présentes dans le fichier, et il n'y a pas de soucis à se faire. Parfois, il faut savoir choisir le bon type de données pour ne pas perdre en précision))

Remarque 2:

((Le stockage par octet peut se faire soit “little endian” soit “big endian”, c'est une information qu'il faut connaitre parfois))

Raster

Remarque 3:

Exemple fichier "header" ENVI (un SIG utilisée en télédétection hyperspectrale) qui permet de décrire le format d'une image.

```
ENVI
description = {
  File Imported into ENVI.}
samples = 231
lines   = 201
bands   = 1
header offset = 0
file type = ENVI Standard
data type = 4
interleave = bsq
sensor type = Unknown
byte order = 0
wavelength units = Unknown
}
```

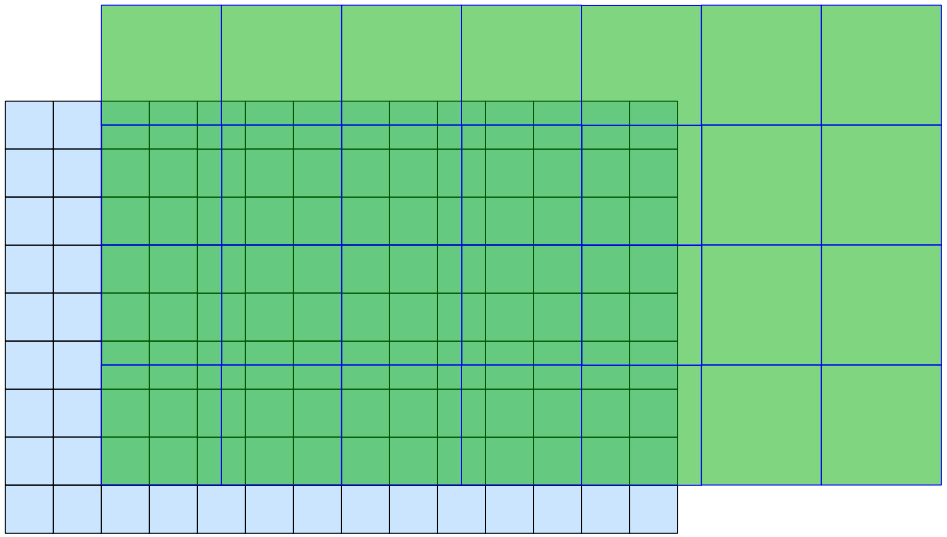
Raster

Les informations de taille, type de données, permettent d'afficher correctement l'image sur un écran. Mais elles sont insuffisantes pour un SIG car cette information ne permettent pas de savoir où se situe l'image sur la Terre ni la taille des pixels (résolution).

Il faut en plus les informations de **géoréférencement** (on parle aussi de géocodage):

- le système de coordonnées de référence (CRS).
- la résolution ou taille réelle des pixels.
- position en coordonnées géographiques ou cartésiennes d'un pixel donné de l'image (souvent le coin haut gauche, parfois le centre).

Le SIG peut ainsi positionner deux images avec des empreintes différentes et des résolutions différentes. Il est même possible de re-projeter automatiquement des images qui ont des projections différentes.



Raster

Exemple de formats de fichier d'image raster:
GeoTIFF, Erdas Imagine, SDTS, ECW, MrSID, JPEG2000, DTED, NITF, ...

Il est conseiller d'utiliser de préférence le format ouvert GeoTIFF.

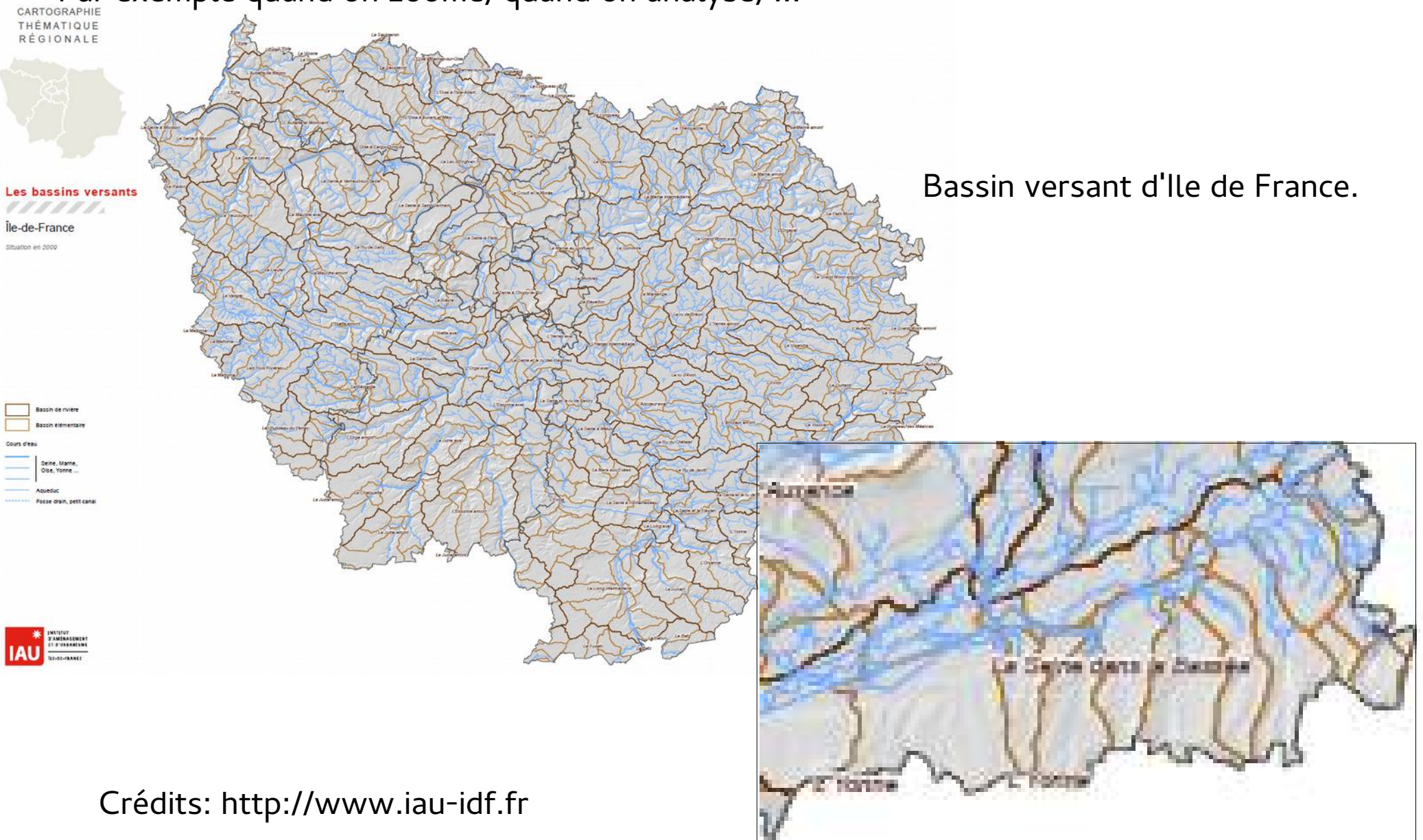
http://www.gdal.org/formats_list.html

Vecteur

Pourquoi les rasters ne suffisent-ils pas ?

Le modèle Raster n'est pas adapté pour stoquer des formes géométriques.

Par exemple quand on zoome, quand on analyse, ...

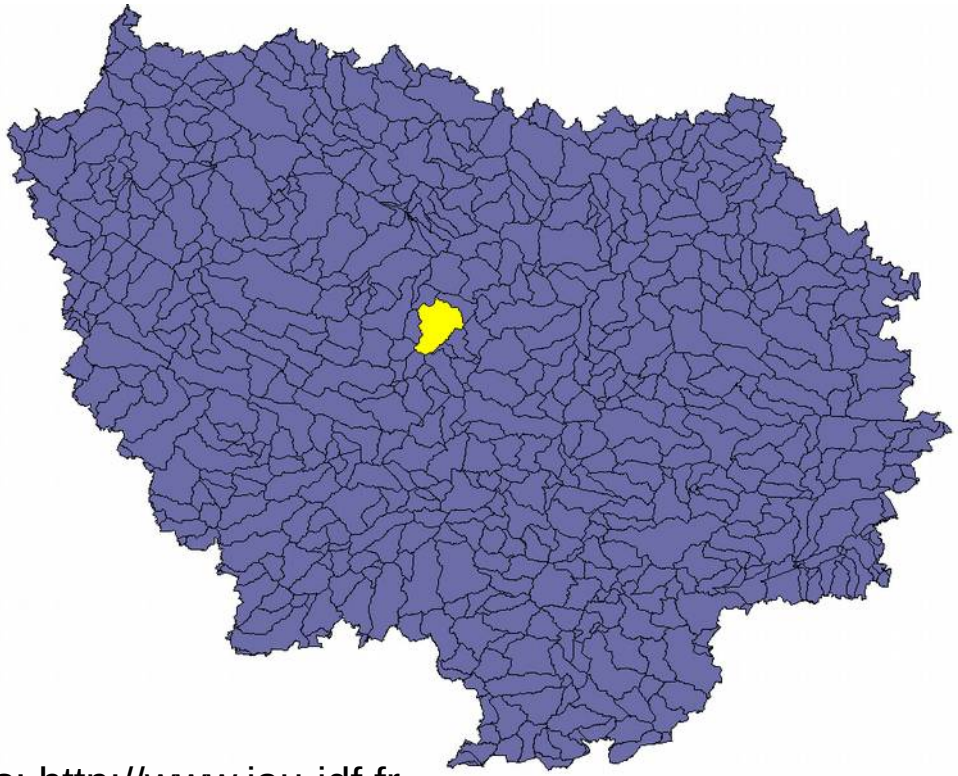


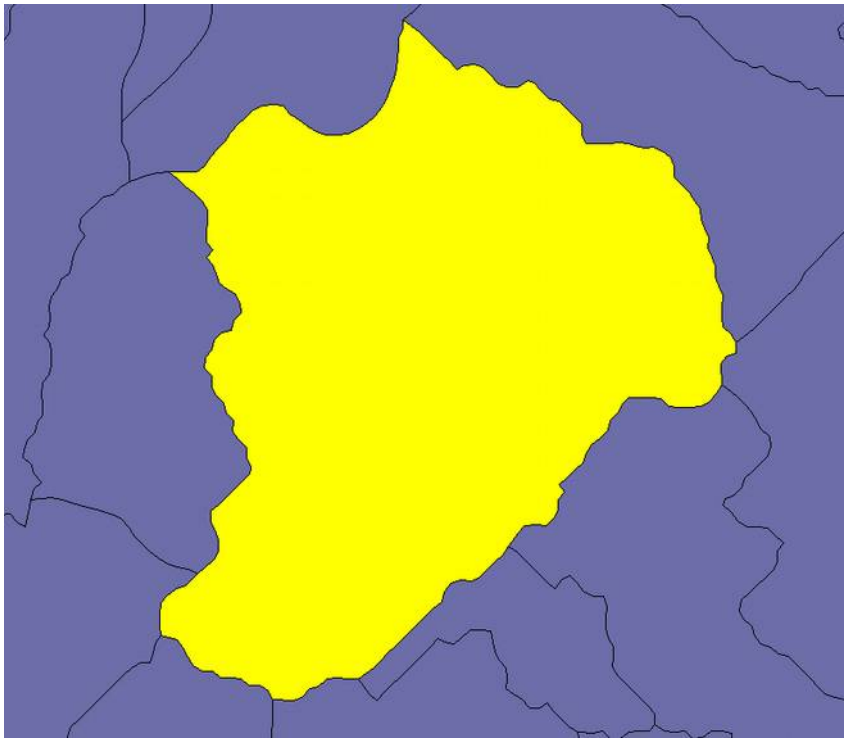
Bassin versant d'Ile de France.

Crédits: http://www.iau-idf.fr

Vecteur

Il faut un “modèle de données” qui permet de stoquer et traiter des formes géométriques simples.
Chaque forme géométrique est une **entité** (Anglais: feature):
<u>Exemple:</u>
Un bassin versant peut être représenté par une zone clairement délimitée (polygone).
Un fleuve peut être représenté par une ligne (plusieurs segments).
On aimerait associer à chaque entité, des informations (le nom de chaque fleuve, son débit moyen, sa navigabilité, ...)



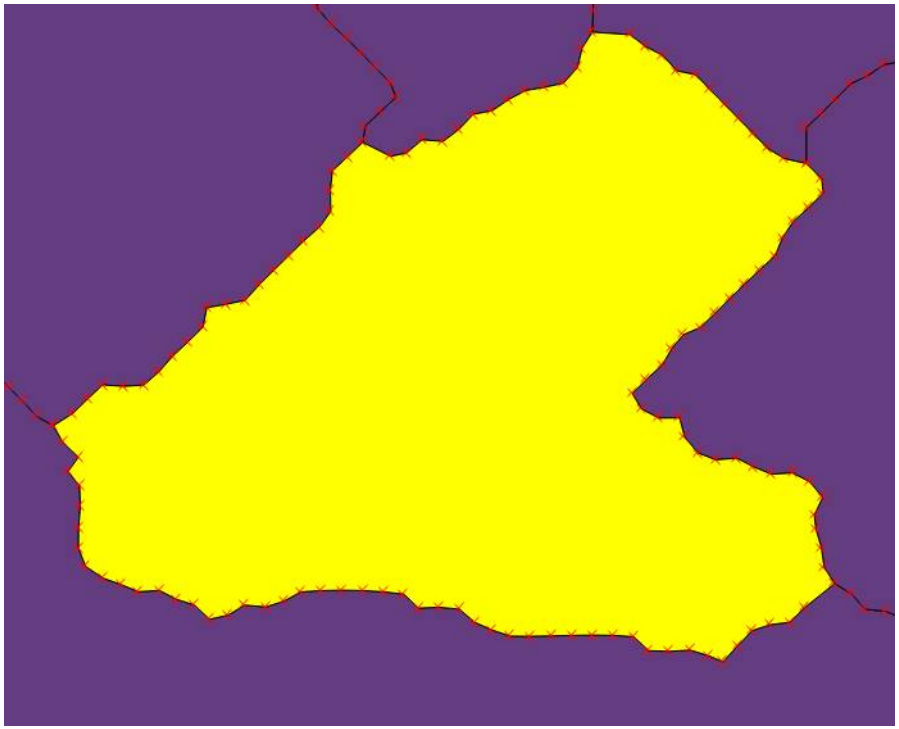


Crédits: http://www.iau-idf.fr

Vecteur

Définitions:
Une **entité** est consituée d'une forme géométrique + d'attributs.

Une **forme géométrique** est un ensemble de **vertex** connectés ou non. Chaque vertex est défini par ses coordonnées x,y dans un plan cartésien et eventuellement z.



Les différents types de forme géométrique utilisée dans le SIG:
- **Point**: un seul vertex
- **Polyligne** ou ligne: une série de vertex inter-connectés
- **Polygone**: une série de vertex inter-connectés qui constituent une forme fermée (= polyligne dont le premier et le dernier vertex sont à la même position).

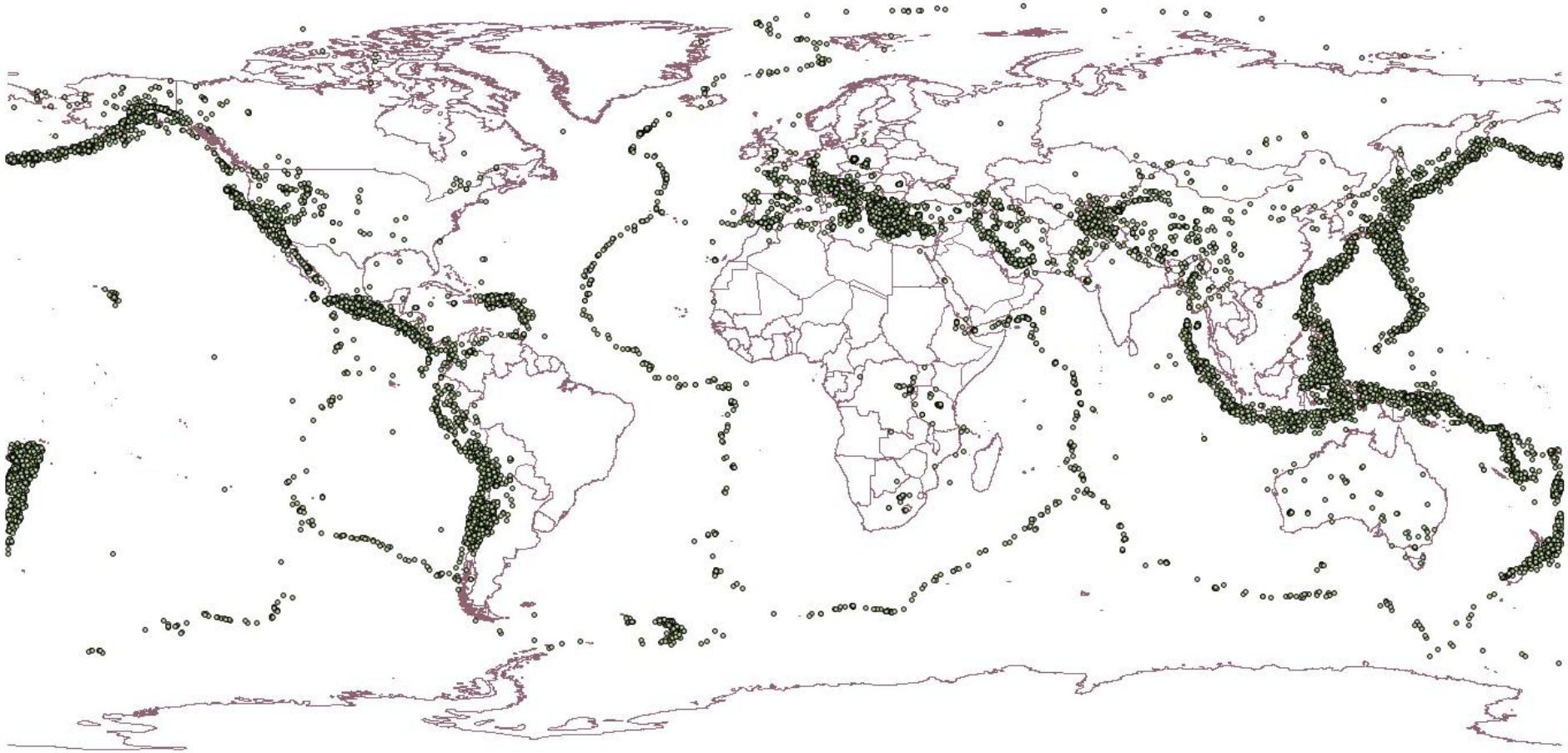
Ces trois types couvrent l'essentiel des besoins. A chaque application et échelle de travail (résolution) convient une représentation.

<u>Remarque</u>: une même couche vecteur ne peut contenir qu'un seul type d'entité.

Exemple de couches vecteur

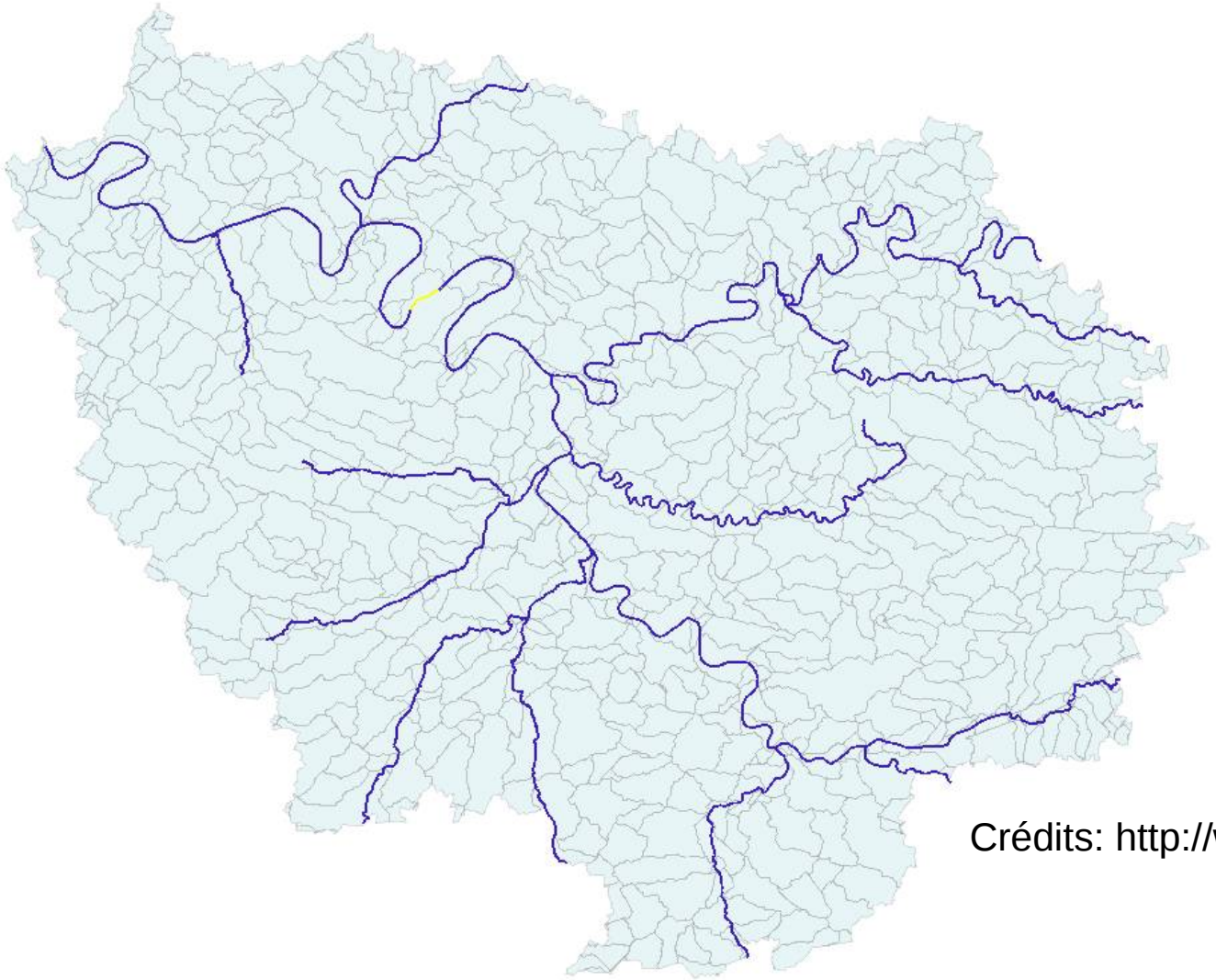
Exemples:

Les épicentres de séisme en 2002 et 2003: **POINTS**



Exemple de couches vecteur

Réseau hydrographique: **POLYLIGNE**



Crédits: http://www.iau-idf.fr

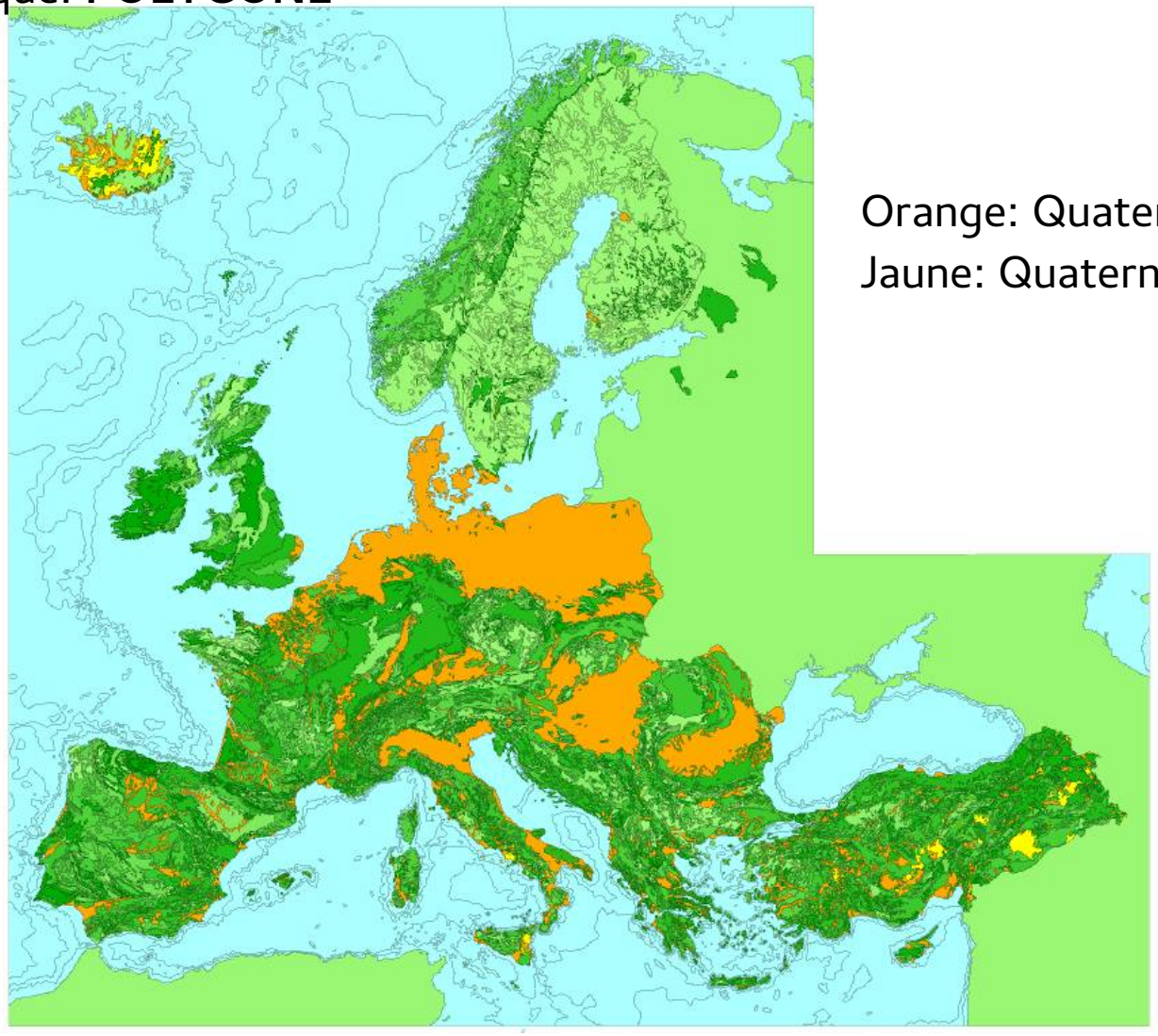
A noter ici qu'**1 entité** est une petite portion de la ligne: c'est un choix important au moment de la digitalisation. On aurait pu avoir **1 entité** pour un fleuve entier. Le passage d'une approche à l'autre n'est pas évidente (voir ci-dessous table des attributs).

Exemple de couches vecteur

Failles: **POLYLIGNE**

Exemple de couches vecteur

Zone géologique: **POLYGONE**



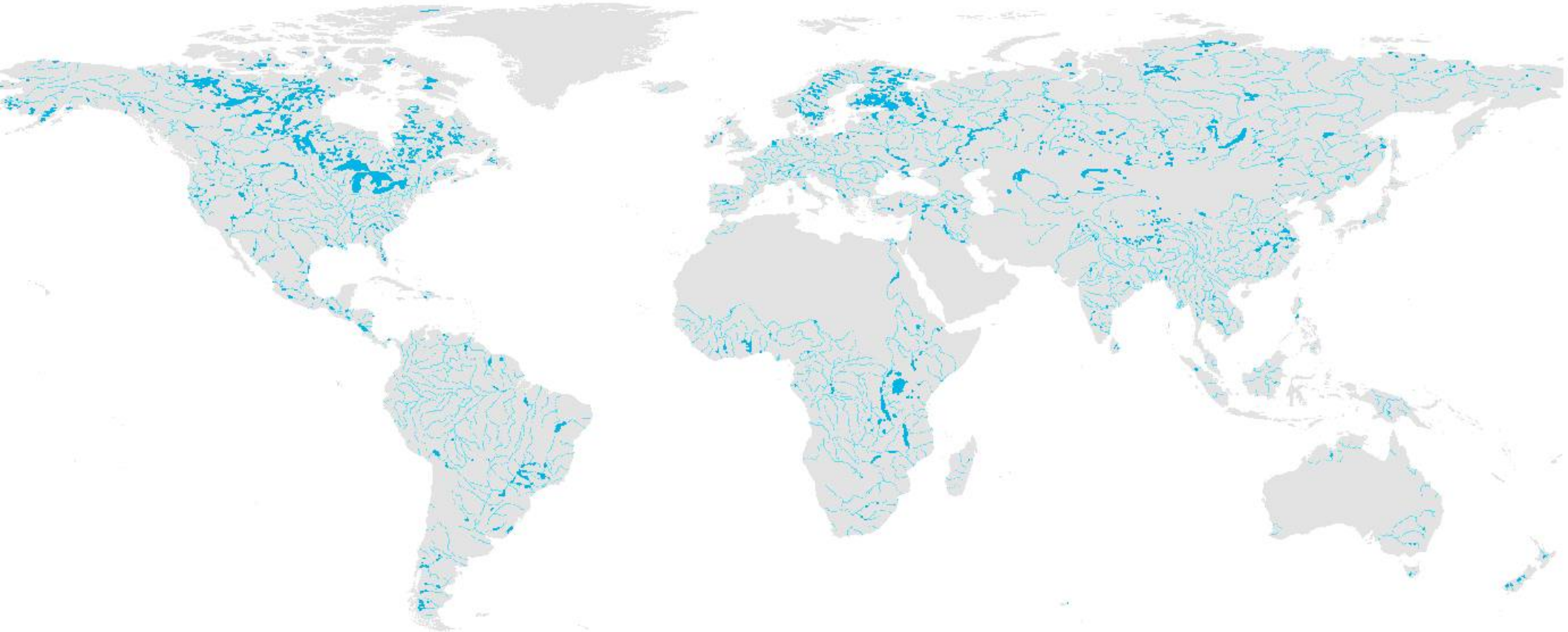
Orange: Quaternaire

Jaune: Quaternaire volcanique

Remarque: certains formats vecteur contient non seulement les entités, mais aussi les relations spatiales qui les lient éventuellement: exemple, 2 polygones peuvent être contigüs, ou deux polylignes peuvent être orientées et avoir une connection explicite. Ces possibilités sont très utiles pour des utilisations avancées (réseau hydro, route, ...) des SIG.

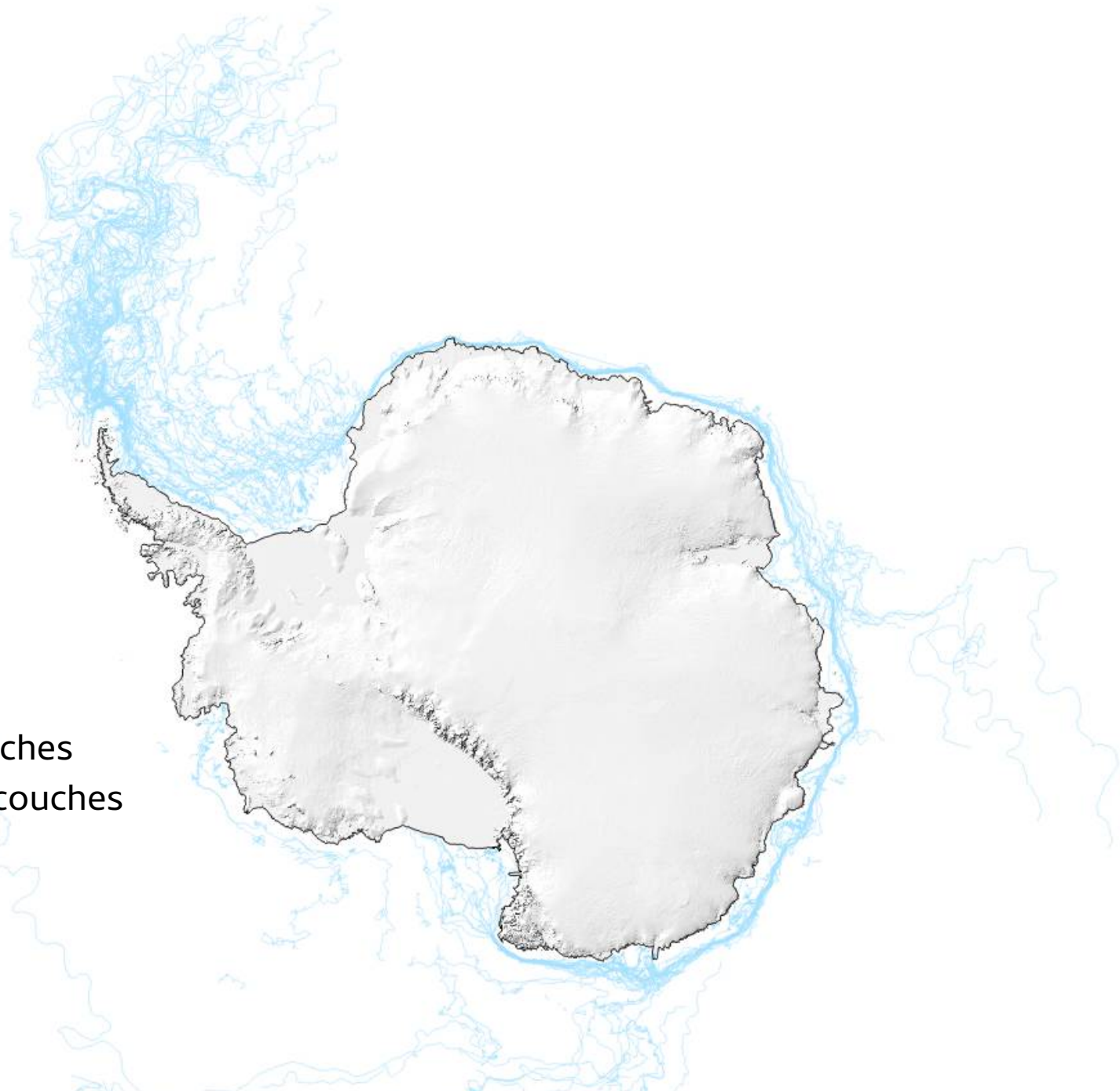
Exemple de couches vecteur

Continent: **POLYGONE**
Lakes: **POLYGONE**
Fleuves: **POLYLIGNE**



Représenter des fleuves par des lignes est suffisant pour nombreuses applications, mais parfois les fleuves peuvent être représentés par des polygones (embouchure, delta, carte haute résolution, ...)

Exemple de couches vecteur

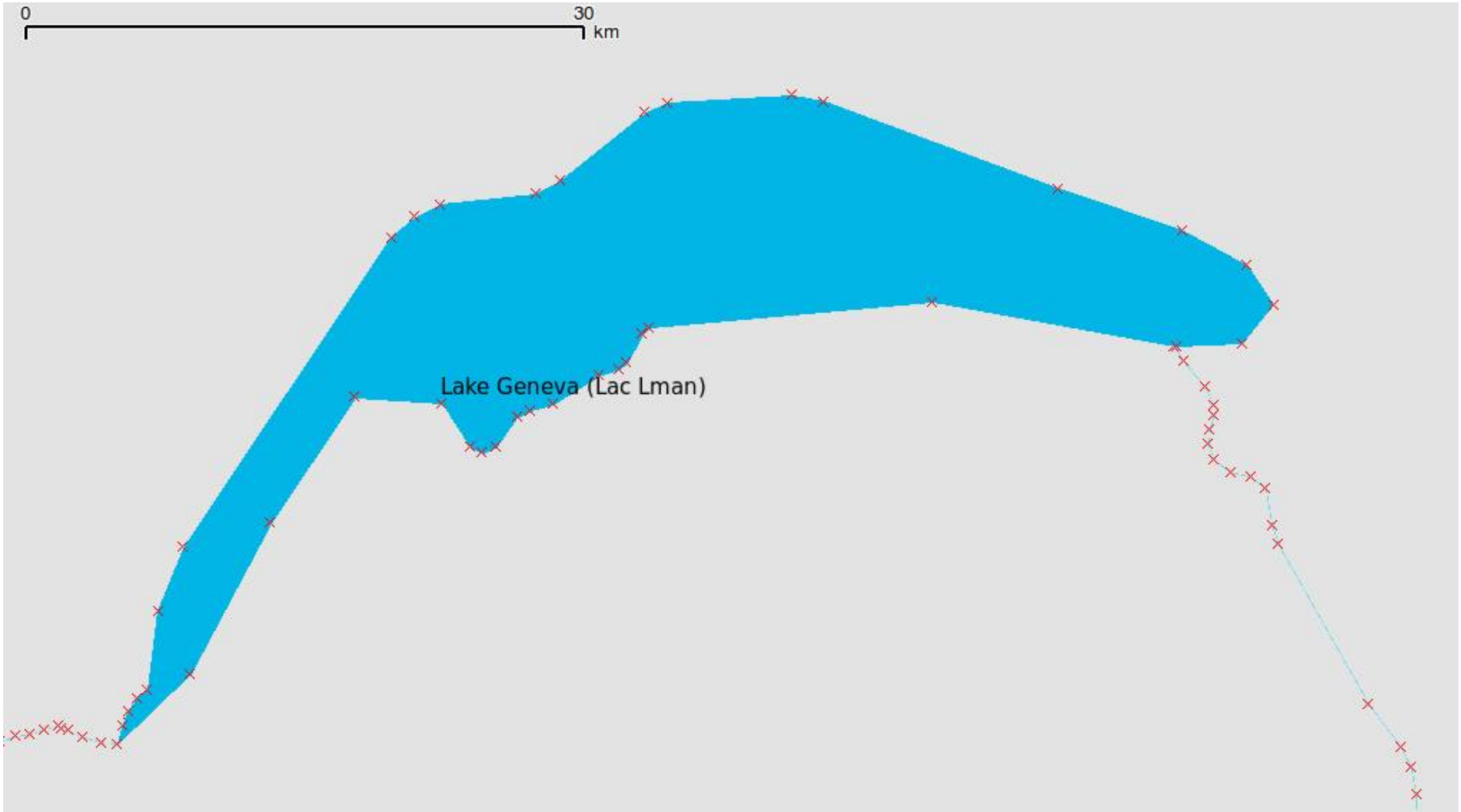


On peut bien sûr mélanger couches vecteur de différents types et couches raster sur une même carte.

Conbien de couche ici ?

Exemple de couches vecteur

Même si on peut zoomer les données vecteurs sans provoquer de flou comme c'est le cas avec les rasters, les couches vecteur ont une <u>échelle intrinsèque</u> qui résulte de l'espacement entre les vertex (peut être variable au sein du même jeu de données).



Est-ce que cette couche vecteur a une résolution suffisante pour établir les zones habitables en bordure de lac ?

Couche vecteur et base de données

Les couches vecteurs contiennent aussi une table d'**attributs.**

Cette table comprend:
- en “colonne”: une liste d'attributs définis par l'utilisateur lors de la création de la couche. Exemple: nom, longueur, aire, ...
- en “ligne”: les entités de la couche.

Comme dans un tableur (ex: Excel), chaque “case” de la table contient une valeur.

Le type des valeurs pour chaque colonne peut être: nombre entier, nombre flottant, date, chaine de caractères, ...

Les tables sont importables dans les tableurs (OpenOffice, Excel) mais dans ce cas, on perd le lien avec les entités.

Couche vecteur et base de données

Extrait de la table de la couche **séisme**.

Chaque ligne est associée à un point.

	DATE ▲	PROFONDEUR	MAGNITUDE
0	2002/01/01	25	3.7
1	2002/01/01	23.1	3.5
2	2002/01/01	113.9	3.1
3	2002/01/01	33	4.8
4	2002/01/01	161	3.2
5	2002/01/01	10	3.3
6	2002/01/01	10	3.3
7	2002/01/01	33	3.7
8	2002/01/01	150	3.8
9	2002/01/01	10	4
10	2002/01/01	10	4
11	2002/01/01	33	4.6
12	2002/01/01	162.9	3.9
13	2002/01/01	10	6
14	2002/01/01	138.1	6.3
15	2002/01/01	35.1	4
16	2002/01/01	15	3.4
17	2002/01/01	5	3.3
18	2002/01/01	39	4.2
19	2002/01/01	10.7	3.7
20	2002/01/01	69.3	3.4
21	2002/01/01	100	4.5
22	2002/01/01	8.5	3.8

Couche vecteur et base de données

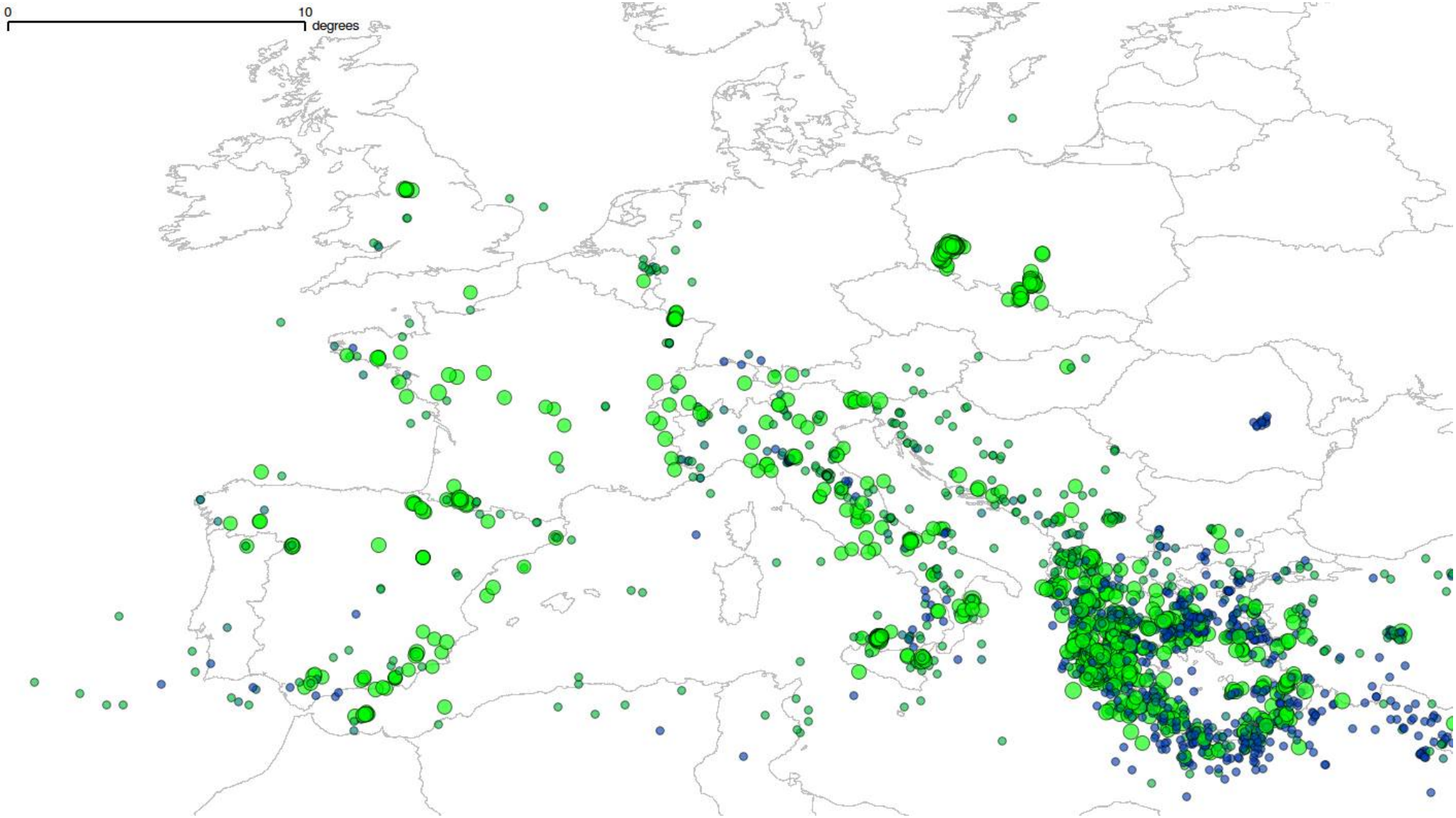
Extrait de la table de la couche **lac**.

Chaque ligne est associée à un polygone.

	FeatureCla	Name1	Name2	Note	ScaleRank	Delta
667	Lake	Aberdeen L.	NULL	NULL	7	NULL
668	Lake	Achit Nuur	NULL	NULL	9	NULL
669	Lake	Aishik Lake	NULL	NULL	6	NULL
670	Lake	Akkajaure	NULL	NULL	5	NULL
671	Alkaline...	Alakl	NULL	NULL	4	NULL
672	Lake	Alesaygin Ha	NULL	NULL	9	NULL
673	Lake	Amadjuak Lake	NULL	NULL	5	NULL
674	Reservoir	American Falls Res.	NULL	NULL	7	NULL
675	Reservoir	Amistad Res.	NULL	NULL	5	NULL
676	Lake	Aggikkol Hu	NULL	NULL	9	NULL
677	Alkaline...	Aral Sea	NULL	NULL	0	NULL
678	Lake	Asnen	NULL	NULL	8	NULL
679	Reservoir	Ataturk Barajt	NULL	NULL	7	New or modified in version 1.2
680	Lake	Aursund	NULL	NULL	7	NULL
681	Lake	Ayakkum Hu	NULL	NULL	5	NULL
682	Alkaline...	Aydar Kuli	NULL	NULL	7	NULL
683	Lake	Aylmer L.	NULL	NULL	6	NULL
684	Reservoir	Baidagang Shuiku	NULL	NULL	9	NULL
685	Lake	Baker Lake	NULL	NULL	3	NULL
686	Lake	Banggong Co	NULL	NULL	6	NULL
687	Lake	Bear Lake	NULL	NULL	5	NULL
688	Lake	Beysehir	NULL	NULL	7	New or modified in version 1.2
689	Reservoir	Bhakra Dam	NULL	NULL	7	NULL
690	Reservoir	Bhumibol Dam	NULL	NULL	8	NULL
691	Lake	Big Rideau L.	NULL	NULL	9	NULL
692	Lake	Big Trout L.	NULL	NULL	5	NULL
693	Lake	Biwa Ko	NULL	NULL	6	NULL
694	Lake	Black Lake	NULL	NULL	5	NULL
695	Reservoir	Bloemhof Dam	NULL	NULL	7	NULL
696	Lake	Bluenose L.	NULL	NULL	5	NULL

Couche vecteur et base de données

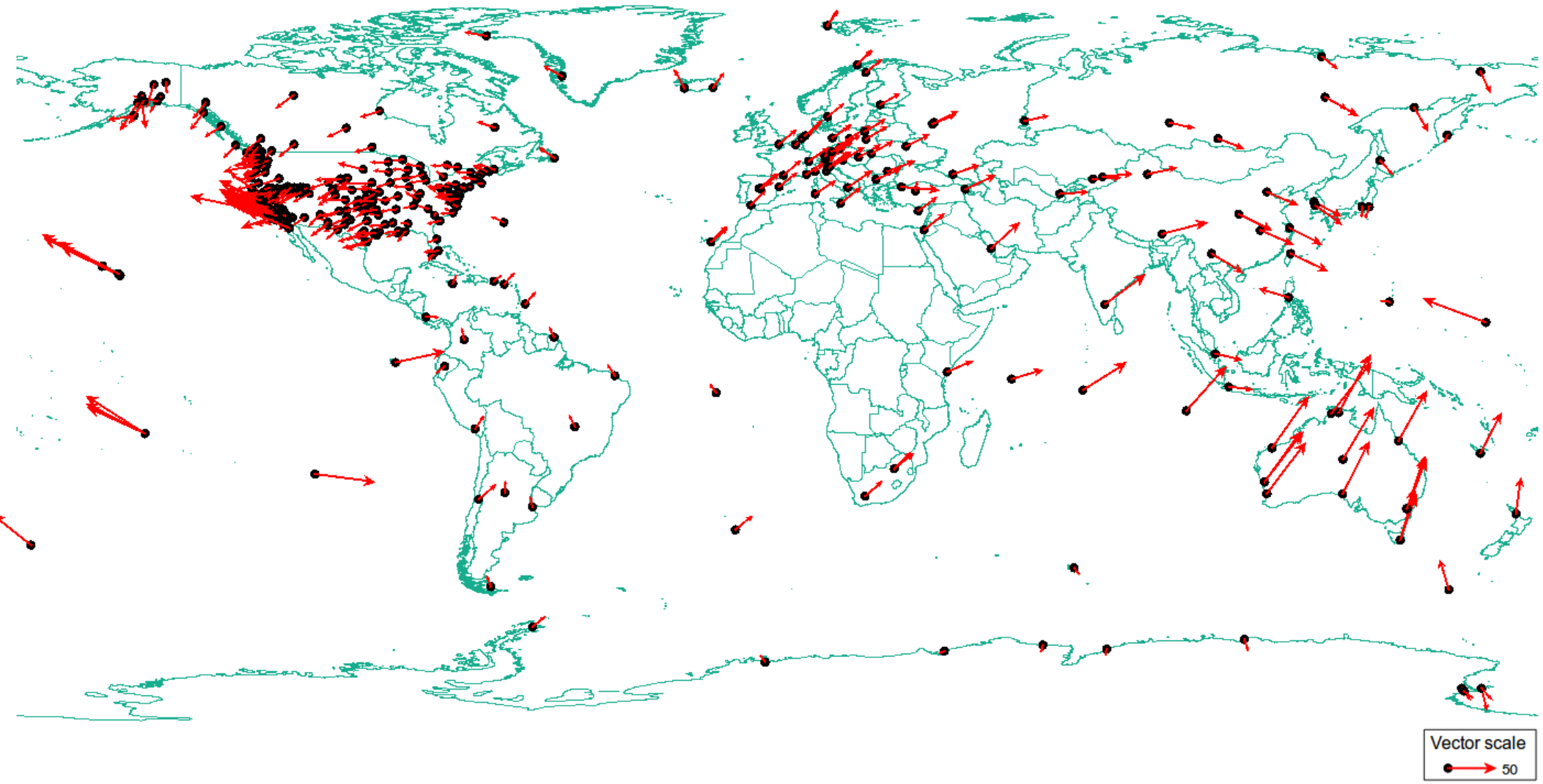
Ces attributs permettrent en particulier le <u>stylage</u> de la couche.



La taille du symbol représente la magnitude du séisme.
La couleur représente la profondeur (bleu profond, vert en surface).

Couche vecteur et base de données

Utilisation de deux colonnes (déplacements latitudinal et longitudinal) pour tracer une flèche



Couche vecteur et base de données

Remarque: plus rigoureusement...

- Les données associées aux entités sont stoquées dans une base de données relationnelles.
- Une table s'appelle une relation.
- Le système (logiciel) qui gère ces bases de données s'appelle un Système de Gestion de Base de Données Relationnelles (RDBMS en Anglais).

Exemples: MySQL, Postgresql, sqlite, Oracle.

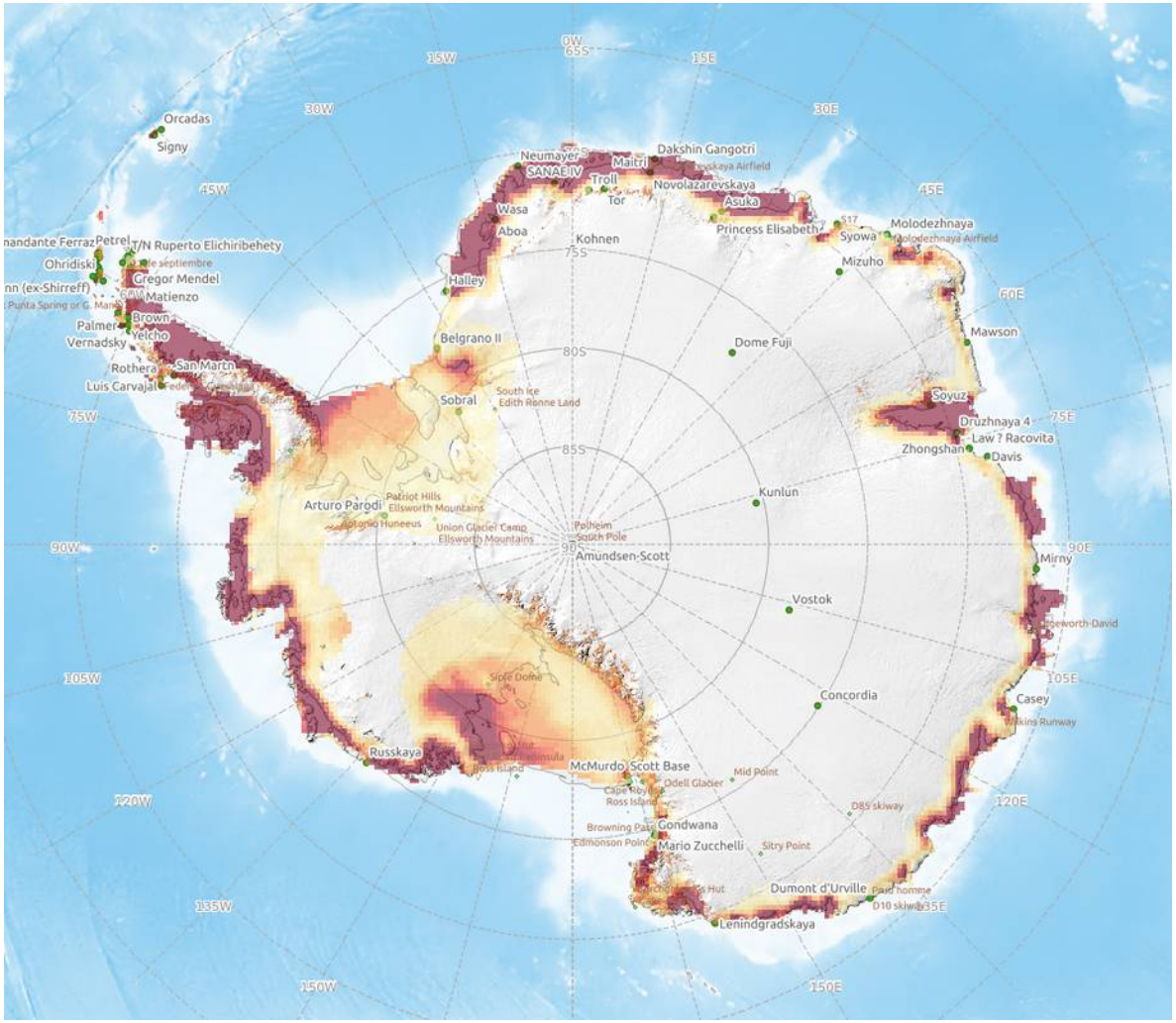
Les bases de données dépassent largement le cadre des SIG et sont utilisées pour de très nombreuses applications (économie/gestion, site web, science, ...). La plupart des RDBMS ont des extensions spatiales qui leur permettrent ainsi de stoquer des informations géospatiales. Exemples: PostGIS, spatialites, Oracle.

Pour extraire des informations d'une table et faire bien d'autres operations avec les tables, on peut utiliser le langage: Structured Query Language (SQL).

Opérations sur les couches vecteur, raster et entre couches.

Les SIG permettent non seulement de produire des cartes esthétiques, mais sont aussi de vrais outils d'analyse des données géospatiales.

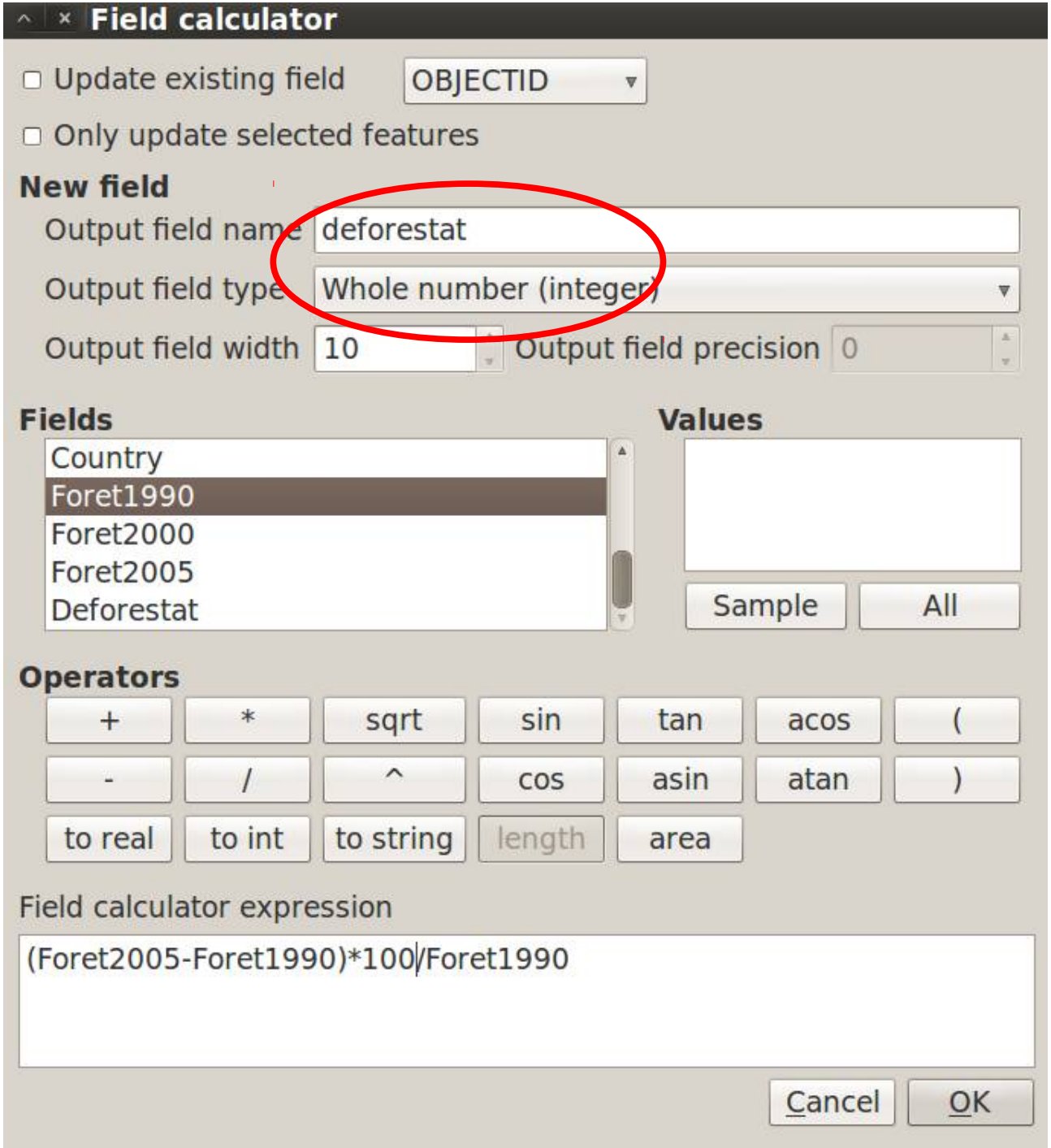
- Opération sur les attributs d'une couche vecteur.
- Opération géométrique sur une couche vecteur ou entre couches vecteurs.
- Opération sur couche raster et entre couches rasters.
- Opération vecteur / raster.



Opérations sur les couches vecteur, raster et entre couches.

Les calculs sur les attributs se déroulent presque comme sous Excel.

Exemple:



Opérations sur les couches vecteur, raster et entre couches.

Jointure entre attributs:

Quand on a deux tables (soit 1 couche vecteur et une table excell), on peut rassembler les colonnes en fonction de la valeur d'un attribut.

Exemple: couche vecteur des pays et données de la FAO sur la déforestation.

http://gadm.org/world et http://www.fao.org/forestry/fra/fra2005/en/

	OBJECTID	GADMID	ISO	AME_ENG	NAME_ISO	NAME_FAO
0	230	248	ZWE	Zimbab...	ZIMBAB...	Zimbabwe
1	229	247	ZMB	Zambia	ZAMBIA	Zambia
2	227	69	ESH	Wester...	WESTE...	Western Sa...
3	213	230	UGA	Uganda	UGANDA	Uganda
4	208	225	TUN	Tunisia	TUNISIA	Tunisia
5	204	217	TGO	Togo	TOGO	Togo
6	200	229	TZA	Tanzania	TANZA...	Tanzania, U...
7	196	212	SWZ	Swaziland	SWAZIL...	Swaziland
8	190	193	SDN	Sudan	SUDAN	Sudan
9	185	246	ZAF	South A...	SOUTH ...	South Africa
10	246	203	SOM	Somalia	SOMALIA	Somalia
11	241	200	SLE	Sierra L...	SIERRA...	Sierra Leone
12	240	213	SYC	Seychel...	SEYCHE...	Seychelles
13	238	194	SEN	Senegal	SENEGAL	Senegal
14	236	207	STP	Sao To...	SAO TO...	Sao Tome a...
15	182	197	SHN	Saint H...	SAINT ...	Saint Helena
16	181	191	RWA	Rwanda	RWANDA	Rwanda
17	149	164	NGA	Nigeria	NIGERIA	Nigeria
18	148	162	NER	Niger	NIGER	Niger
19	173	160	NAM	Namibia	NAMIBIA	Namibia
20	171	152	MOZ	Mozam...	MOZAM...	Mozambique
21	143	138	MAR	Morocco	MOROC...	Morocco
22	135	159	MYT	Mayotte	MAYOTTE	Mayotte
23	134	156	MUS	Mauritius	MAURIT...	Mauritius
24	133	153	MRT	Maurita...	MAURIT...	Mauritania
25	129	146	MLI	Mali	MALI	Mali
26	126	157	MWI	Malawi	MALAWI	Malawi
27	125	141	MDG	Madaga...	MADAG...	Madagascar
28	119	129	LBY	Libya	LIBYAN ...	Libyan Arab...

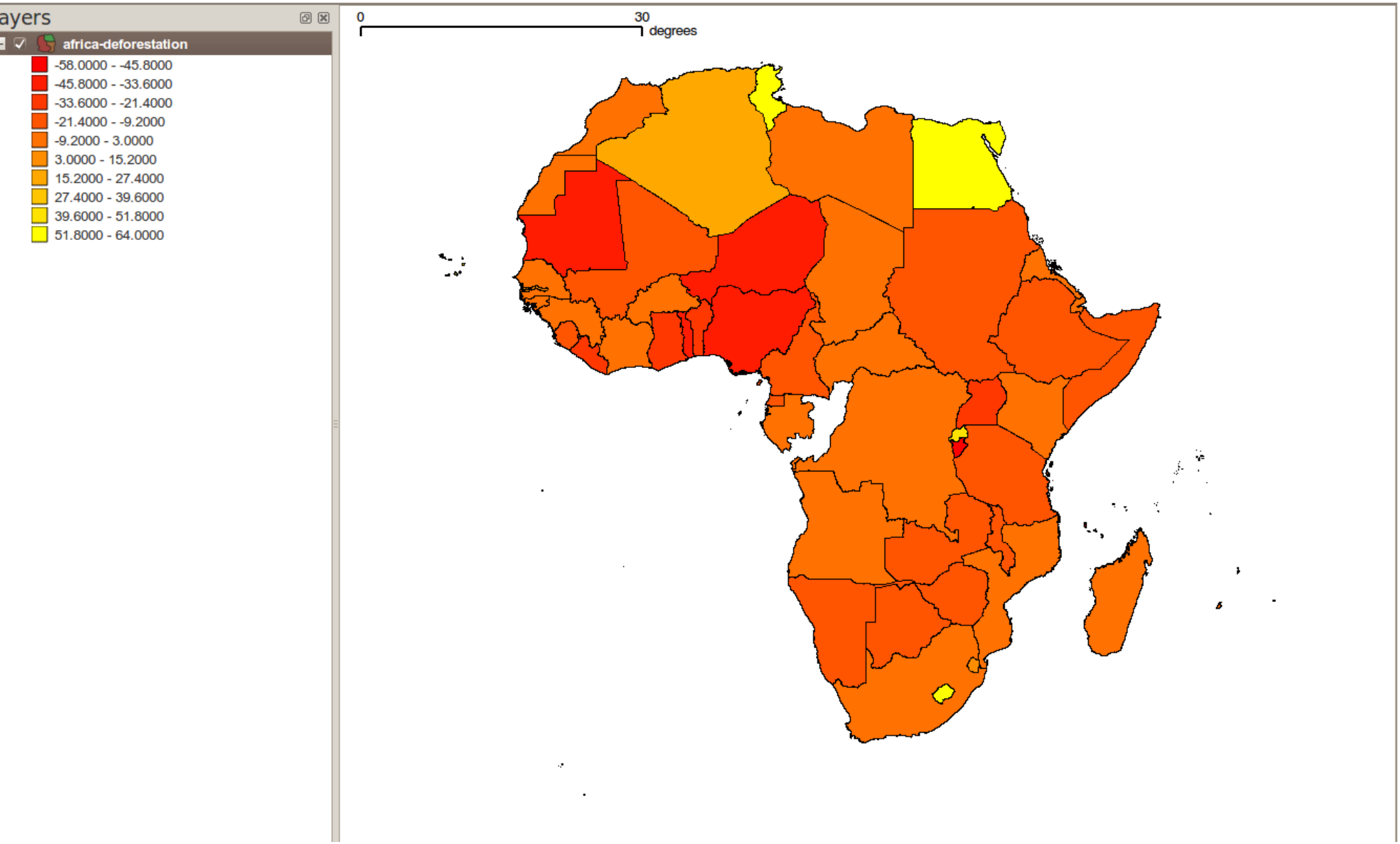
Clé pour la jointure

	A	B	C	D
1	Country	Foret19	Foret20	Foret2005
2	Angola	60976	59728	59104
3	Botswana	13718	12535	11943
4	British Indian Ocean Te	3	3	3
5	Comoros	12	8	5
6	Kenya	3708	3582	3522
7	Lesotho	5	7	8
8	Madagascar	13692	13023	12838
9	Malawi	3896	3567	3402
10	Mauritius	39	38	37
11	Mayotte	6	6	5
12	Mozambique	20012	19512	19262
13	Namibia	8762	8033	7661
14	R□□union	87	87	84
15	Seychelles	40	40	40
16	South Africa	9203	9203	9203
17	Swaziland	472	518	541
18	Uganda	4924	4059	3627
19	Tanzania, United Rep o	41441	37318	35257
20	Zambia	49124	44676	42452
21	Zimbabwe	22234	19105	17540
22	Total Eastern and Sout	252354	235047	226534
23	Algeria	1790	2144	2277
24	Burkina Faso	7154	6914	6794
25	Chad	13110	12317	11921
26	Djibouti	6	6	6
27	Egypt	44	59	67
28	Eritrea	1621	1576	1554

Attributs d'une couche vecteur avec les pays d'Afrique + Table “Excel” classique

→ couche vecteur avec les pays d'Afrique contenant les données de déforestation

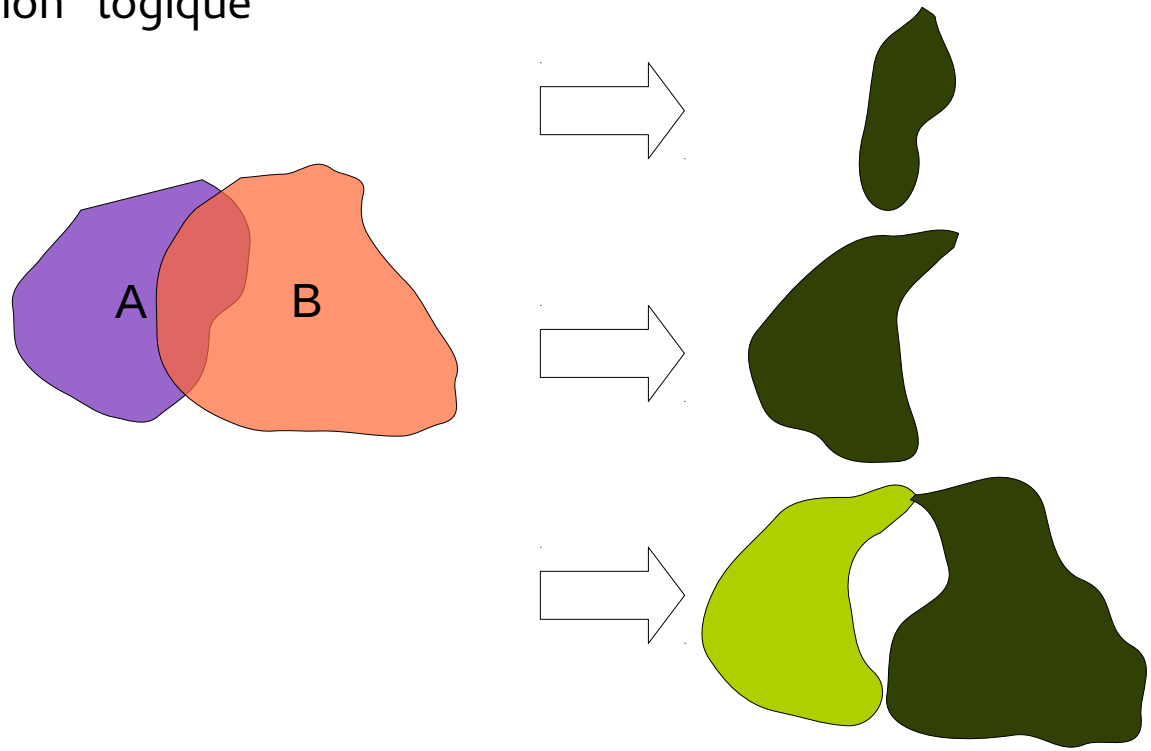
Opérations sur les couches vecteur, raster et entre couches.



Opérations sur les couches vecteur, raster et entre couches.

Opération géométrique entre couches vecteur (exemple avec 1 polygone par couche):

Opération “logique”



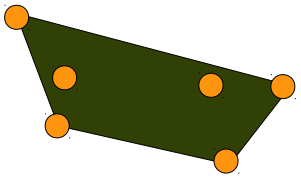
Intersection
(Union existe aussi)

Différence (A-B)

Différence symmétrique

Tampon (buffer): construit le polygone rassemblant tous les points à une distance inférieure à une valeur donnée d'une couche vecteur donnée.

Enveloppe convexe (Convex hull): Polygone convexe qui entoure au plus serré les points d'une couche vecteur donnée.



Opérations sur les couches vecteur, raster et entre couches.

Exemple: où en Europe puis-je habité si je veux être à plus de 100km des tous séismes de magnitude > 4

	DATE	LATITUDE	ONGITUDI	OFONDEU	AGNITUD
0	2002/0...	37.94	21.9	5	3.3
1	2002/0...	37.338	21.764	5	4.4
2	2002/0...	38.022	-4.097	6.6	3.2
3	2002/0...	37.3	22.08	3	3.2
4	2002/0...	38.41	25.85	39	3.4
5	2002/0...	39.68	23.03	3	3.5
6	2002/0...	43.896	12.111	10	4.2
7	2002/0...	49.351	6.913	1	3
8	2002/0...	35.02	26.25	4	3.9
9	2002/0...	38.38	21.76	5	3.3
10	2002/0...	50.397	5.801	4	3
11	2002/0...	37.28	21.92	5	3.3
12	2002/0...	51.647	16.107	5	3
13	2002/0...	51.637	16.075	5	3.4
14	2002/0...	36.487	-5.217	21.2	3.2
15	2002/0...	38.86	21.99	5	3.3
16	2002/0...	51.552	16.167	5	3.5
17	2002/0...	37.73	22.269	33	4.1
18	2002/0...	39.38	23.74	5	4.1
19	2002/0...	34.87	24.172	48.3	4
20	2002/0...	51.587	16.277	5	3.4
21	2002/0...	38.59	23.62	5	3.1
22	2002/0...	50.805	6.094	10	3.2
23	2002/0...	50.787	6.11	10	3.3
24	2002/0...	38.95	24.45	33	3.1
25	2002/0...	49.353	6.899	1	3
26	2002/0...	36.247	30.026	33	3.7
27	2002/0...	39.2	23.49	19	3.3
28	2002/0...	37.827	21.247	33	4.4
29	2002/0...	36.095	22.83	33	4.4

Look for

Search query builder

2002_2003_europe

Fields

DATE
LATITUDE
LONGITUDE
PROFONDEUR
MAGNITUDE

Values

Sample All

Operators

= < > LIKE
<= >= != ~ AND OR NOT

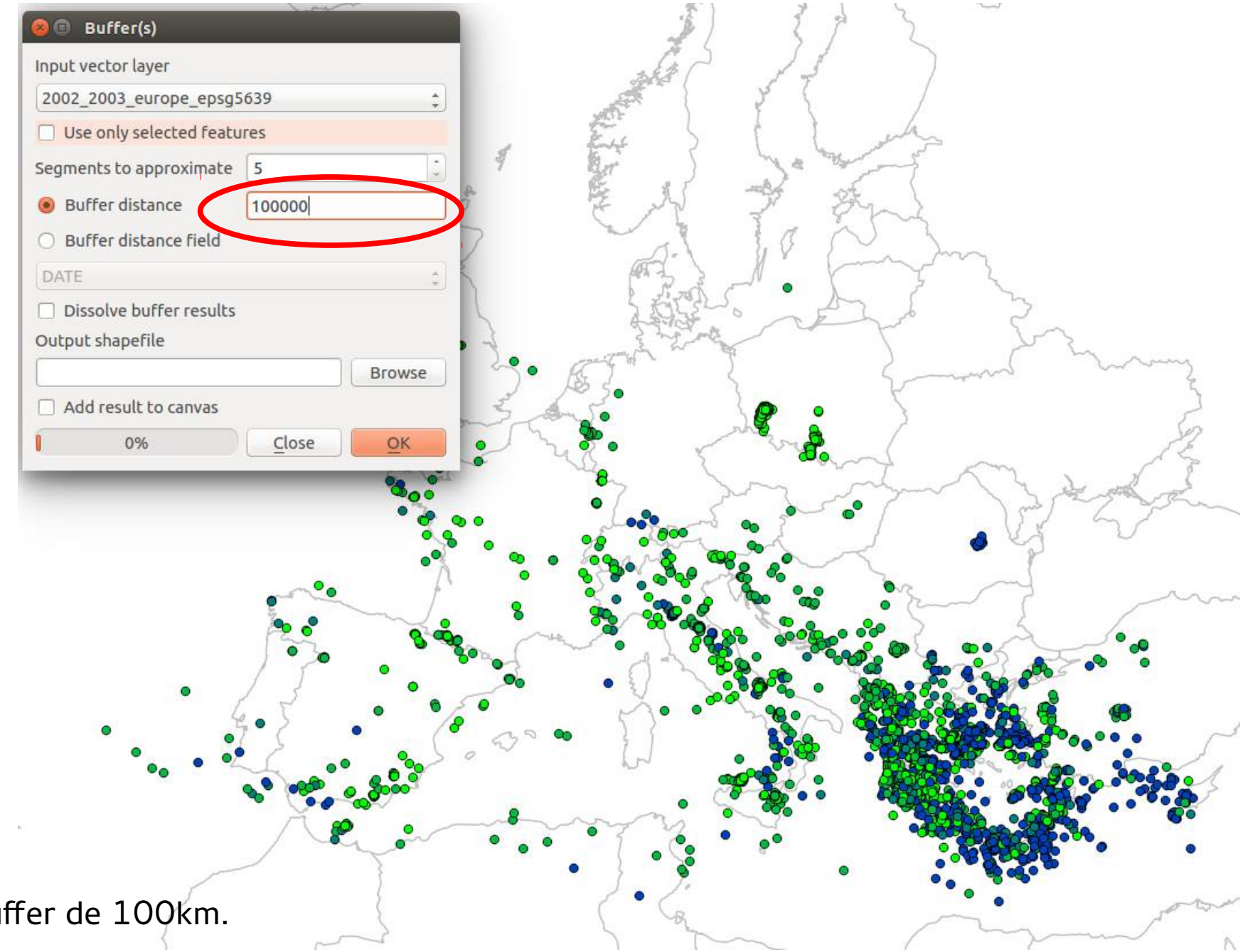
SQL where clause

MAGNITUDE > 4

Help Test Clear Save... Load... Cancel OK

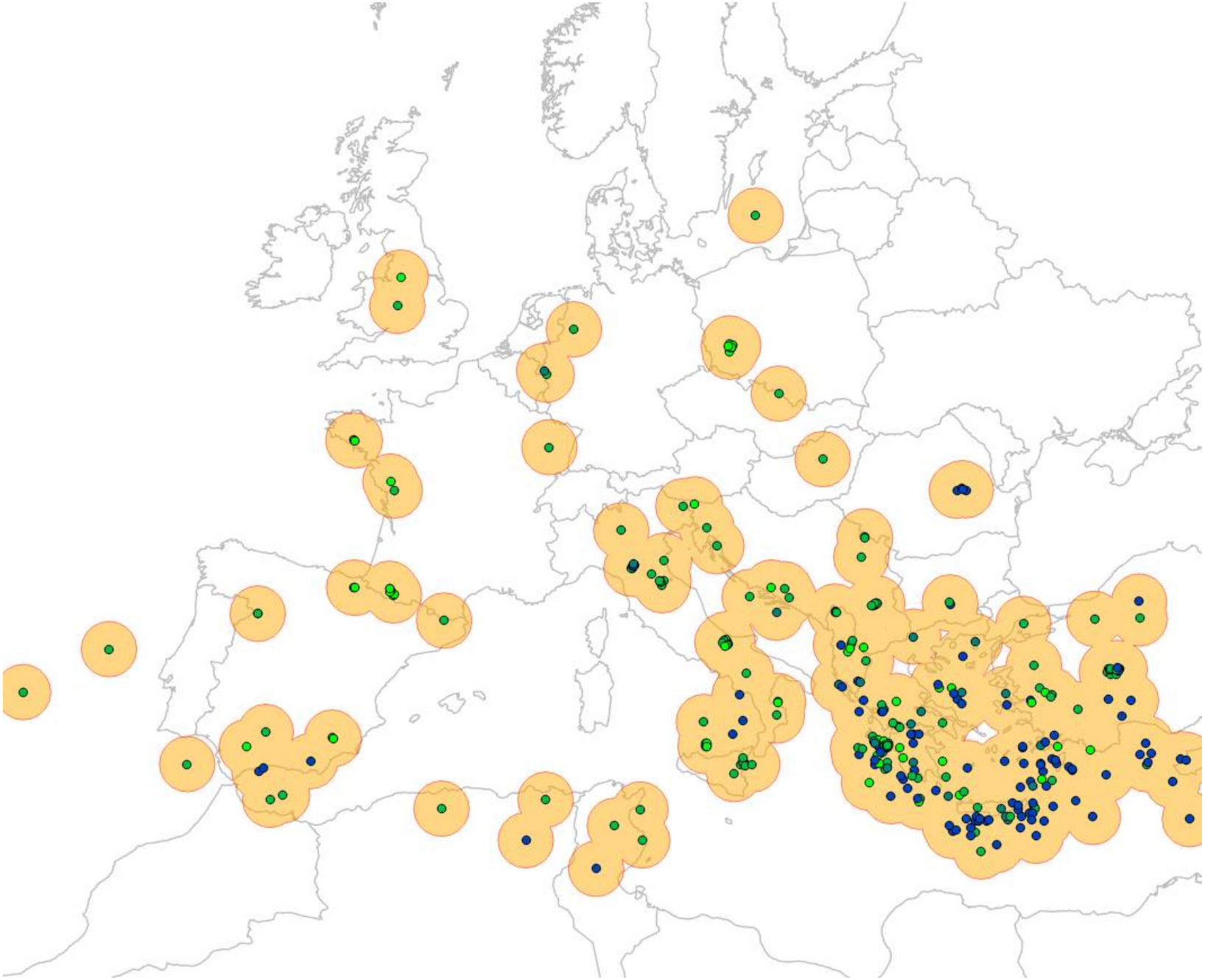
On selectionne les entités selon un critère et on enregistre comme une nouvelle couche vecteur

Opérations sur les couches vecteur, raster et entre couches.



Buffer de 100km.

Opérations sur les couches vecteur, raster et entre couches.



Attention, ce sont les séismes de 2002-2003 uniquement. C'est juste un exemple...

Opérations sur les couches vecteur, raster et entre couches.

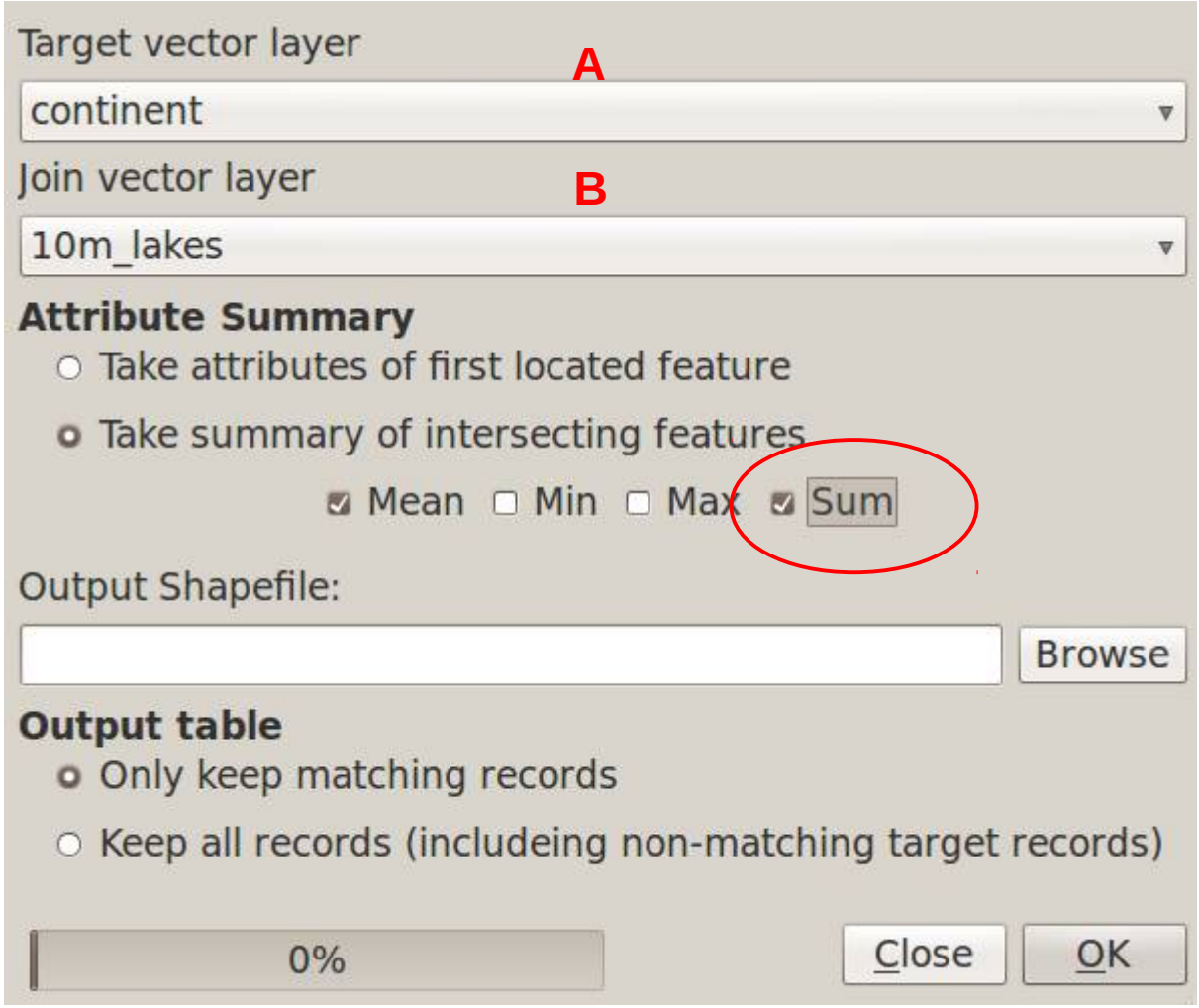
Jointure spatiale.

Les attributs d'une entités d'une couche vecteur B qui sont incluses dans les entités d'une couche vecteur A, sont ajoutés dans la table des attributs de A. Comme il peut y avoir plusieurs entités de B incluses dans une entité de A, les attributs de B sont sommés, moyennés, ou on ne garde que ceux de la première entité.

Exemple: A est une couche contenant les continents. B est la couche de lac.

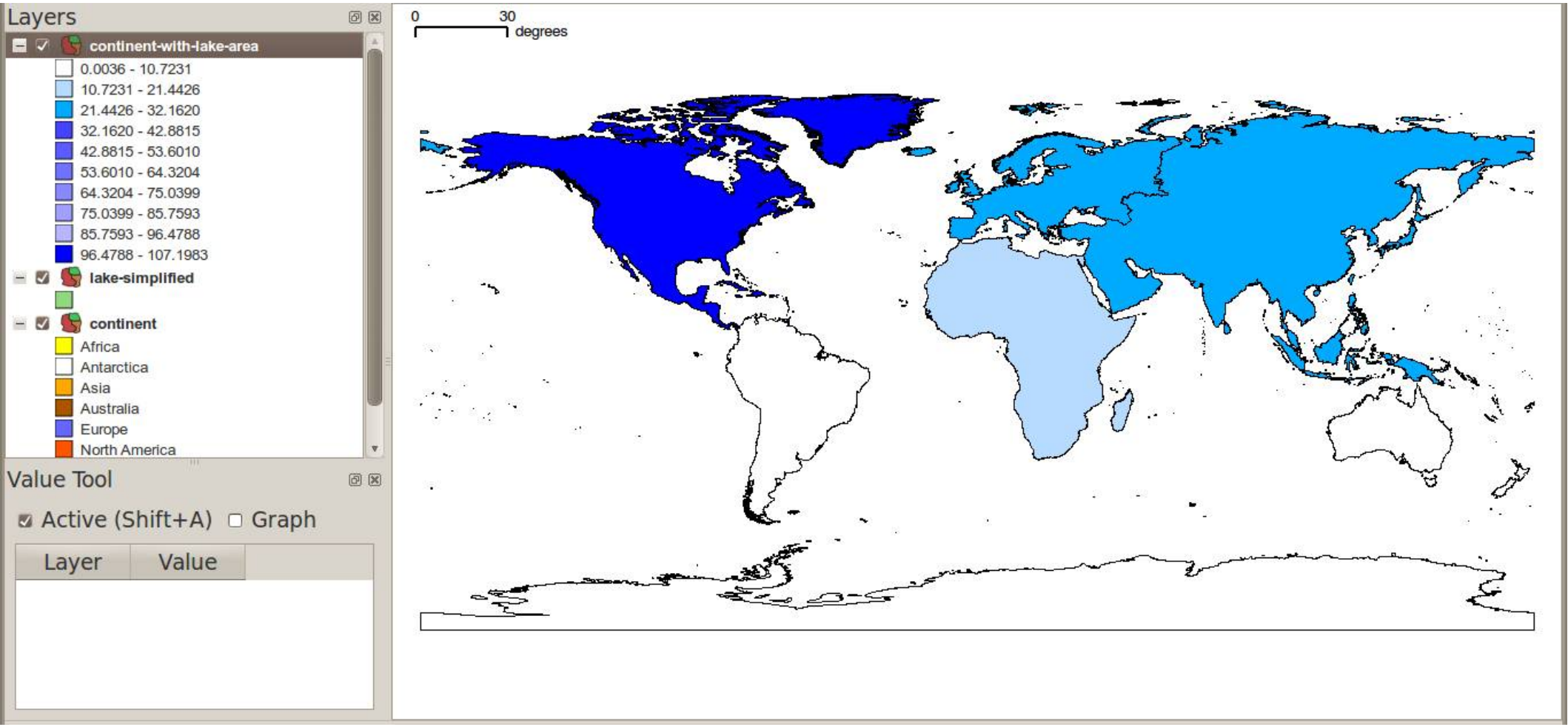
Pour chaque lac, on a sa superficie, mais on n'a pas d'attribut pour indiquer sur quel continent il est situé.

On veut savoir la superficie total de lac pour chaque continent.



Opérations sur les couches vecteur, raster et entre couches.

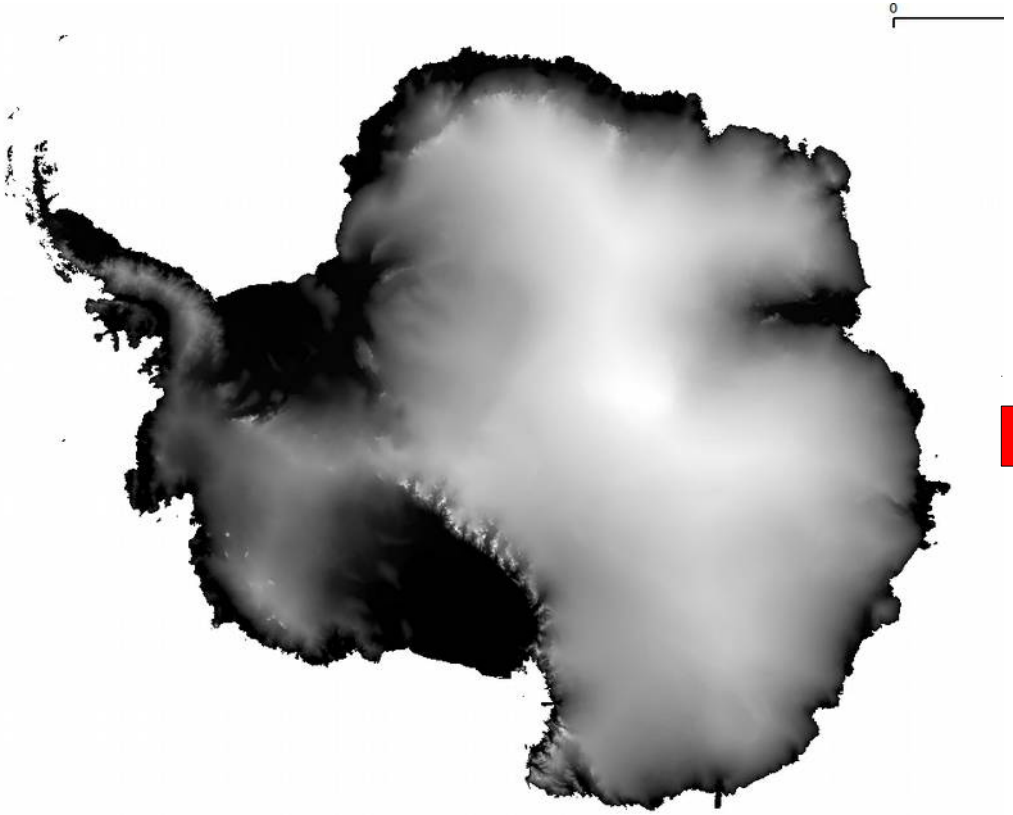
On obtient une couche continent avec comme un nouvel attribut “SumArea“.
Il faut travailler avec une projection équivalente pour calculer l'aire.



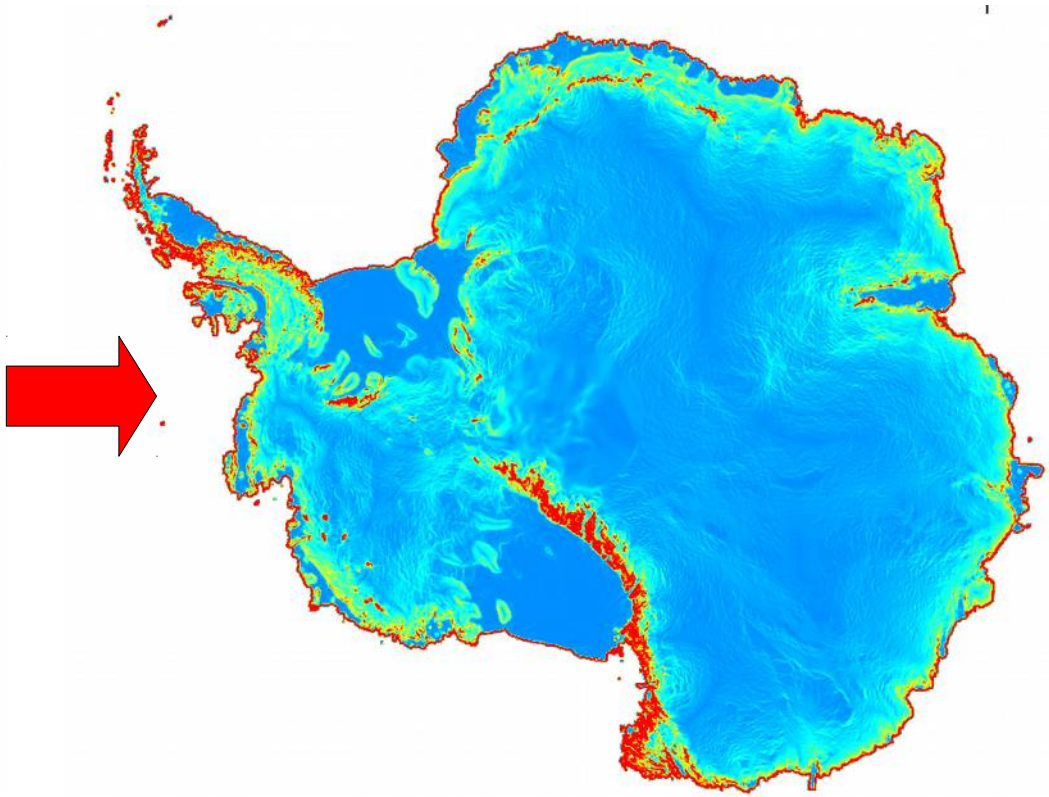
Opérations sur les couches vecteur, raster et entre couches.

- Opérations arithmétiques entre couches rasters:
On peut faire des calculs classiquea pixel à pixel, mais il est nécessaire que les couches raster se superpose parfaitement.

- Il existent des opérations plus complexes:
Exemple: Calculer la pente d'un raster contenant un Modèle Numérique de Terrain (DEM en Anglais).



Altitude

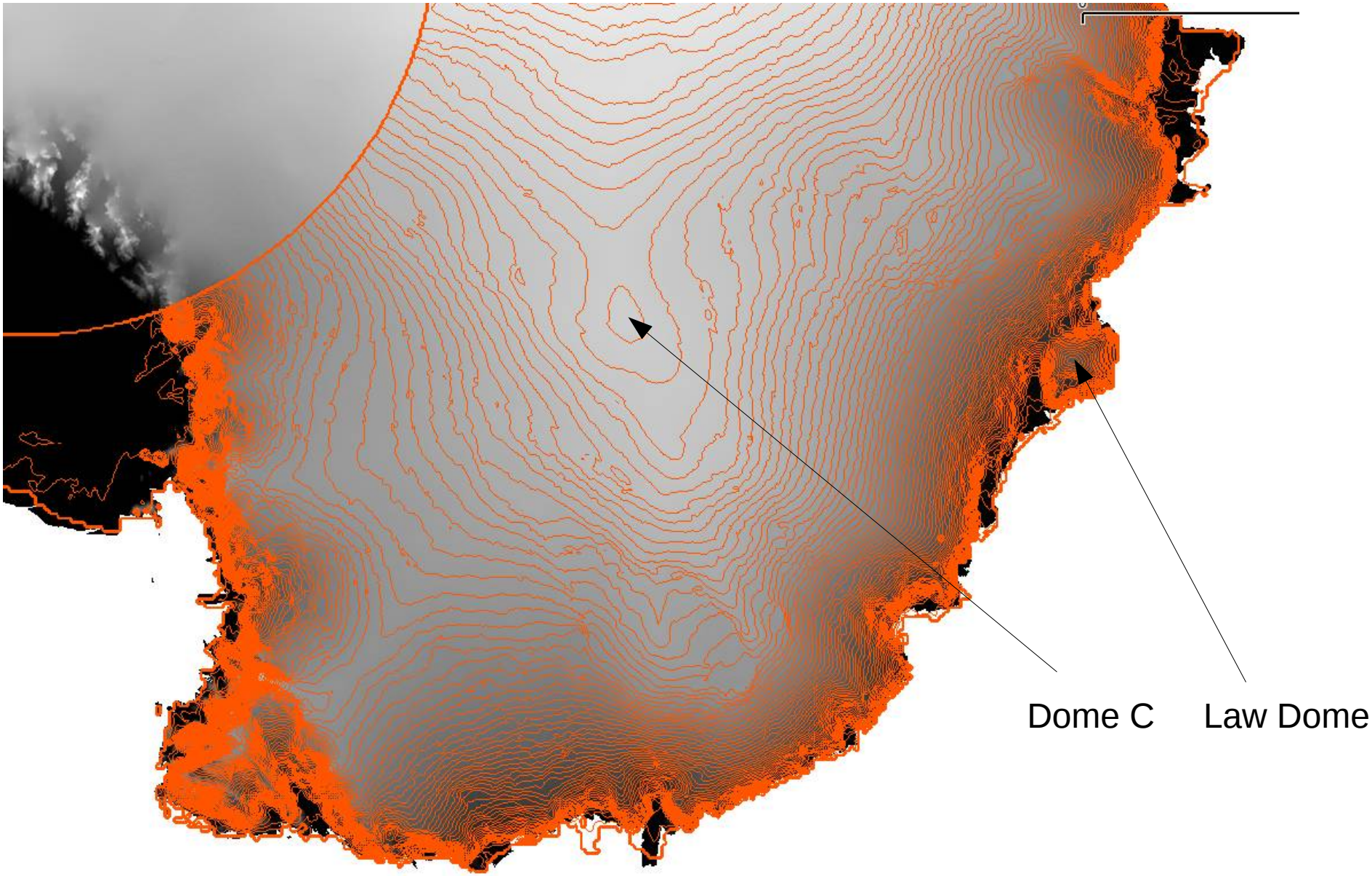


Pente

Opérations sur les couches vecteur, raster et entre couches.

Opérations raster → vecteur:

Exemple: ligne de contour d'un Modèle Numérique de Terrain.



Opérations sur les couches vecteur, raster et entre couches.

Opération vecteur → raster:

Exemple: carte de proximité. Avec QGis, cette opération se fait en deux temps: rasterize + proximity

Opérations sur les couches vecteur, raster et entre couches.

Opération combinant vecteur et raster.

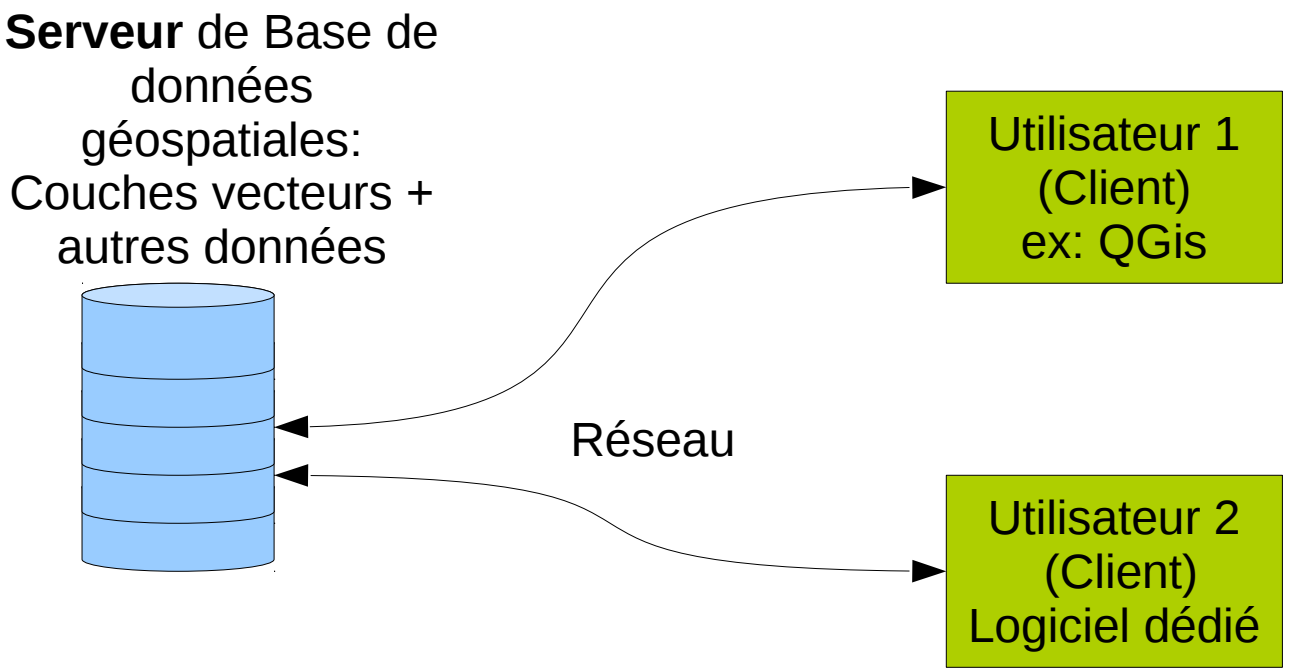
Exemple: Recupérer la valeur d'un raster aux points présents dans la couche vecteur.
Point sampling tool → voir TP

Les systèmes d'information géographique

Les SIG de bureau ne représentent qu'une partie des SIG. De nombreux systèmes informatiques traitent de l'information géographique, la plupart du temps en relation avec internet.

- Les bases de données géospatiales: PostGIS, Oracle.

Permettent de stocker des informations vecteurs + attributs, mais de façon beaucoup plus complexe que les formats shapefile ou équivalent. Elles permettent aussi des accès très efficaces et des accès par de multiple utilisateur (fonctionne en mode serveur).
On y accède nécessairement avec un logiciel spécialisé (ex: QGis).



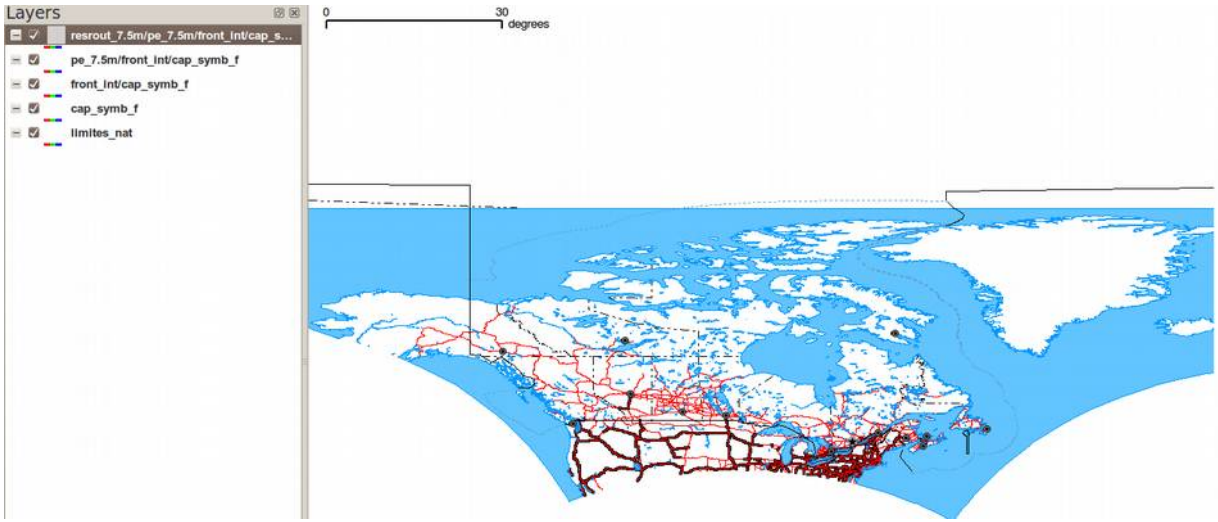
Les systèmes d'information géographique

- Les catalogues de données géospatiales: permettent de faire des recherches dédiées sur des jeux de données.
http://geodata.grid.unep.ch/ http://www.eea.europa.eu/data-and-maps

- Les services web spécialisés: Google Map, OpenStreetMap, …

- Les données géospatiales interactive en ligne. Service WMS, WFS, …

Les **serveurs WMS** produisent des <u>images</u> “immédiatement visualisable”. On ne peut pas modifier les couleurs, … Ces images sont construites par le serveur à partir de couche raster ou vecteur. En général, on peut y accéder avec un navigateur internet ou avec un logiciel spécialisé.



Exemple:
http://atlas.nrcan.gc.ca/site/english/dataservices
http://www.geolittoral.equipement.gouv.fr/

Les **serveurs WFS** produisent des données vecteurs. On les utilise comme des couches vecteurs locales, on peut modifier la symbologie. Avantage, elles sont mises à jour en directe.

[En fort développement]

Les systèmes d'information géographique

Autres aspects liés aux SIG:

- Géolocalisation: gps embarqué dans les appareils photos ou dans les mobiles.

Permet de localiser les photos ou la présence de personne en direct. En général, données publiées sur service web... que ce soit pour la sécurité ou pour le loisir...

→ exploitation en géoscience ?

- Interopérabilité:
The Open Geospatial Consortium, Inc.® (OGC) is a non-profit, international, **voluntary consensus standards organization** that is leading the development of standards for geospatial and location based services

Pour faire simple, l'OGC écrits des standarts informatiques liées aux données géospatiales: format de données, protocole d'échange sur le réseau, et algorithme de traitement de base.

On notera en particulier le standart “Sensor” qui vise à formaliser l'échange de données issues de capteur fixes ou mobiles.

L'activité de l'OGC est actuellement peu connu dans le monde scientifique, mais les standarts produit aujourd'hui permettront demain de manipuler les données géospatiales avec une grande facilité. Pensez-y!

Etude de cas:

Prévoir un site de forage en Antarctique.
Utilisation d'un SIG pour répondre à des contraintes logistiques et scientifiques.

Contrainte:
On cherche un site qui remplit les conditions suivantes:
1 – rayon d'action de 100km max de la station Concordia ou la station Vostok.
2 - la pente du site est comprise entre 1.5 et 2m/km.
3 - l'accumulation annuelle de neige est la plus faible possible.

On dispose de:
- MNT (=DEM). Couche raster.
- Carte d'accumulation produite par un modèle de climat. Couche raster.
- Positions des bases scientifiques en Antarctique. Couche vecteur (point).

Objectif:
Produire une couche raster qui représente l'accumulation (contrainte faible) seulement aux endroits où les critères 1 et 2 sont respectés. Chercher le minimum.

Décrire les opérations à effectuer sous forme d'un diagramme de flot.

Cours:

Système d'information géographique & télédétection spatiale.

Organisation:
- 4 cours généraux et commun 413, 414
- 4 cours avec un focus sur votre specialité

- des TP avec le logiciel QGIS en lien fort avec le cours
- 4 groupes de TP, échange possible, mais prévenir

CC:

Publication disponible >15j avant
1h de contrôle, environ 10 questions sur la publication

Responsable STE414: G. Picard
ghislain.picard@ujf-grenoble.fr, http://lgge.osug.fr/~picard/

Responsable STE413: E. Pathier
erwan.pathier@ujf-grenoble.fr

Introduction aux Systèmes d'Information Géographiques (SIG)

Plan du cours d'aujourd'hui:

I. Systèmes de référence et projections cartographiques.

II. Les types de données géospatiales dans SIG et leur traitement

Systèmes de référence géographique

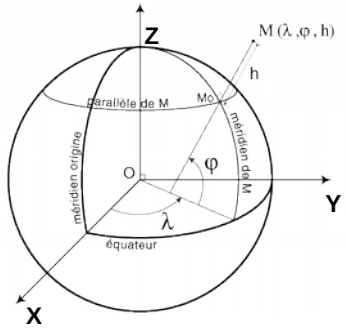
Comment repérer une position à la surface de la Terre ou de ses environs ?

Question: Où est-on ?

Systèmes de référence géographique

Comment repérer une position à la surface de la Terre ou de ses environs ?

- utiliser un système cartésien XYZ → peu pratique sauf dans des cas précis.
- utiliser un système de référence géographique → longitude, latitude.



- XYZ dépend de l'origine.
- Lon,Lat dépend de l'origine et de la forme de la sphère ou de l'ellispoïde.
→ besoin d'une définition ferme.

Pour un **système de référence géographique (datum)**, il faut:

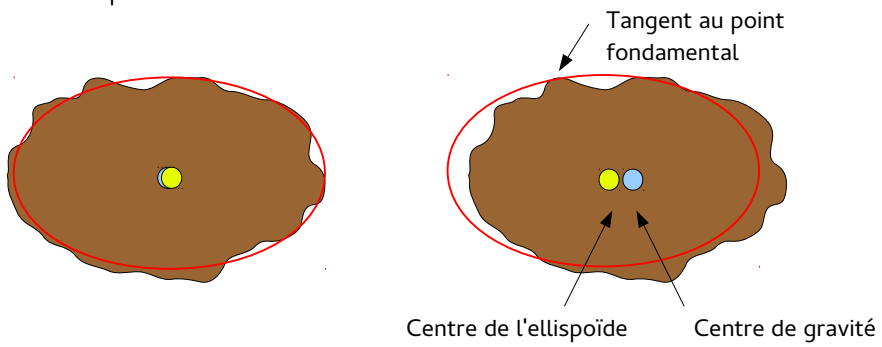
Ou
- Origine (position par rapport au centre de la Terre) et orientation des axes (axes des poles et méridien d'origine).
- Un point fondamental à la surface de la terre et l'azimuth du nord et le méridien d'origine.

+ Ellispoïde décrit par son demi-grand axe et aplatissement.

Systèmes de référence géographique

Pour un système de référence global, on précise l'origine du centre et l'ellispoïde qui approxime au mieux le géoïde à l'échelle globale.

Pour un système de référence local, on précise le point fondamental et l'ellipsoïde est proche du géoïde en ce point.



Exemples de systèmes de référence géographique

Exemple d'ellipsoïde:
- WGS84: utilisé par le système GPS
- IAG-GRS80: utilisé en France
- NAD83: utilisé en Amerique du Nord.

Les deux premiers ellipsoïdes sont quasi-identiques (même demi-axe et même aplatissement).

Exemple de système de référence (datum):
- **Nouvelle triangulation de la France (NTF)** : officiel jusqu'en décembre 2000 ; la plupart des cartes de l'IGN sont toujours dans ce système, basé sur l'ellipsoïde Clarke 1880 IGN. Le point fondamental est au Panthéon à Paris.
- **Réseau géodésique français (RGF) 1993** : France, basé sur l'ellipsoïde IAG-GRS80. Officiel depuis 2000.
- **European Datum (ED) 50** : système européen, basé sur l'ellipsoïde Hayford 1909. Anciennement utilisé en Europe.
- **ETRS89**: basé sur IAG-GRS80. Officiel en Europe.
- **World Geodetic System (WGS84)** : système mondial (pas de point fondamental), mis au point par le Département de la Défense des États-Unis et utilisé par le GPS, basé sur l'ellipsoïde WGS84. Peu Précis. Une version précise existe: ITRS

RGF 1993, ETRS89 et WGS84 sont compatibles pour l'essentiel des applications.

Exemples de système de référence géographique

Les latitudes et longitudes sont donc differentes dans tous ces systèmes, plusieurs centaines de mètres quand on a parle des anciens systèmes (comme NTF).

Attention donc si vous avez de veilles données !
Pour convertir différents data: http://www.crs-geo.eu/

De plus ces systèmes bougent les uns par rapport aux autres à cause de la dérive des continents et le fait que certains ont un point local. Ainsi ETRS89 est fixé en Europe, et est recommandé pour les applications de précision métrique en Europe. ETRS89 dérive par rapport à WGS84.

Remarque: Ce cours est une introduction et de nombreux détails sont esquivés : la **géodésie** est une science en soi !

Conclusion:
Quand on donne ou reçoit des latitudes, longitudes, il faut toujours préciser ou connaître le système de référence.

Altitudes

L'altitude, un sujet vaste qui mérite un cours entier par (et pour) des spécialistes.

L'altitude peut être définie:
- par rapport au géoïde (équipotentielle proche du niveau moyen des mers): **Altitude orthométrique.**
- par rapport à l'ellispoïde de référence (altitude GPS par exemple): **Altitude ellipsoïdale.**

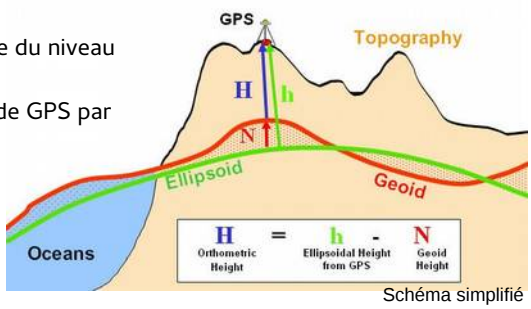


Schéma simplifié

L'altitude du géoïde par rapport à l'ellispoïde peut varier de plus de 100m environ à l'échelle du globe.

Pour une altitude précise:
- il faut savoir de laquelle on parle.
- il faut connaitre le géoïde ou l'ellispoïde.

On parle de datum vertical ou de référentiel altimétrique.

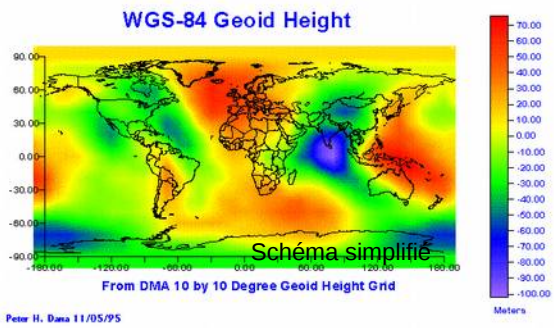
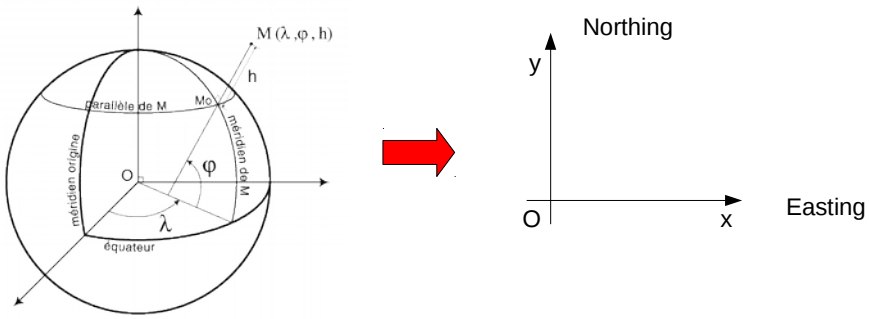


Schéma simplifié

Projections cartographiques

Projections géographiques: Permet de représenter la sphere ou l'ellispoïde sur une surface qui peut être un plan ou déroulable en un plan (cad cylindre, cône, ...).

Mathématiquement: transformation (lon,lat) → (x,y)



x et y sont exprimés en <u>mètre</u> par rapport à l'origine.

Toutes les projections entrainent des déformations visuelles

Projections cartographiques

Il existe un grand nombre de **types de projection**.
Elles présentent toutes des défauts et des avantages. Il faut donc choisir la meilleure en fonction de l'application:

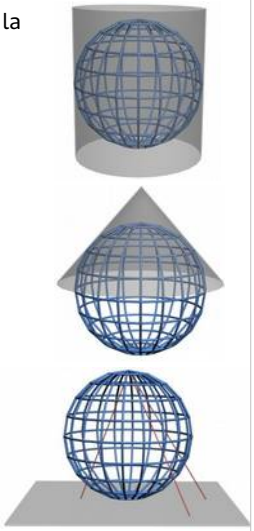
- en fonction de **l'étendue de la carte** (monde, continent, pays, régions, ...). Plus l'étendue est grande, plus les déformations sont importantes. Mais souvent, on attend des cartes de faible étendue d'être très précises (ex: cadastre).
- en fonction **du type de traitement / d'affichage**: en statistique: conservation des aires, en navigation: conservation des angles, ...
- en fonction **de la région** (ex: polaire ou non)
- pour des raisons légales, historiques, et/ou de disponibilité des informations (ex: cadre européen)

Projections cartographiques

Les projections peuvent etre classées selon la surface sur laquelle on fait la projection:
- les projections cylindriques.
- les projections coniques.
- les projections azimutales (sur un plan).
- les projections uniques (toutes les autres), il n'y a pas nécessaire de "surface" d'ailleurs.

Chacune peut être en plus: normal, transverse, oblique.

Remarque: Cette classification ne donne pas suffisamment d'information p caractériser complètement un type de projection.



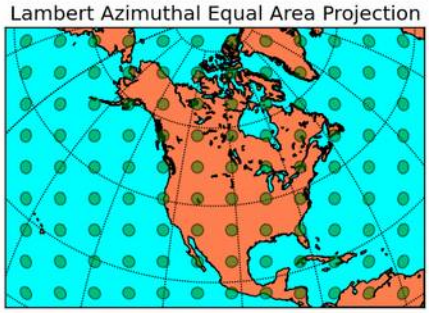
Projections cartographiques

Propriétés importantes des projections:
- projection **équivalente** (equal-area en anglais): conserve localement les aires.
- projection **conforme** : conserve localement les angles, donc les formes.
- les autres: projection **aphylactique.**

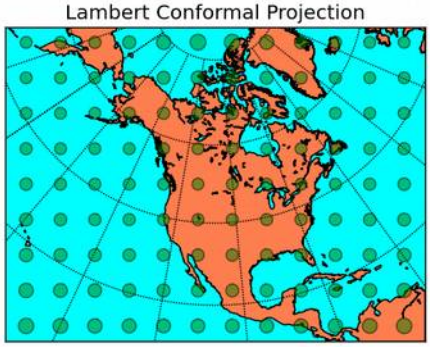
une **aphylactique** peut être **équidistante**, c'est-à-dire conserver les distances sur certaines lignes que l'on appelle lignes standarts.

Parfaitement conforme et equivalent est impossible. Les projections ont diverses degrés de conformité ou d'équivalence, et ceci dépend du lieu.

Lambert Azimuthal Equal Area Projection

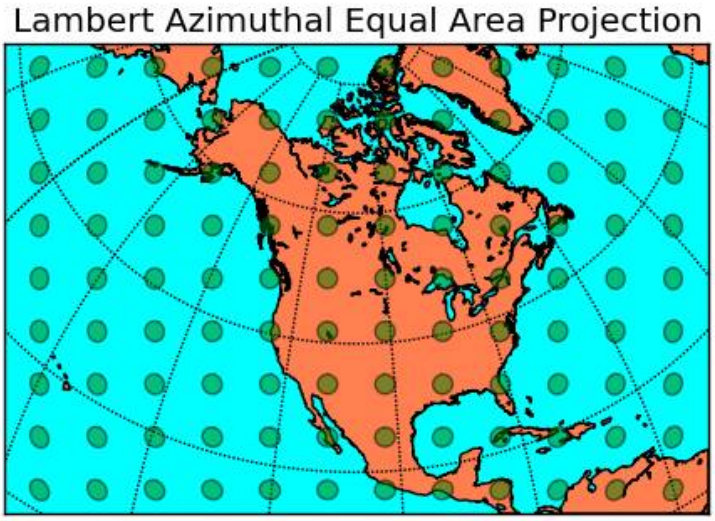


Lambert Conformal Projection

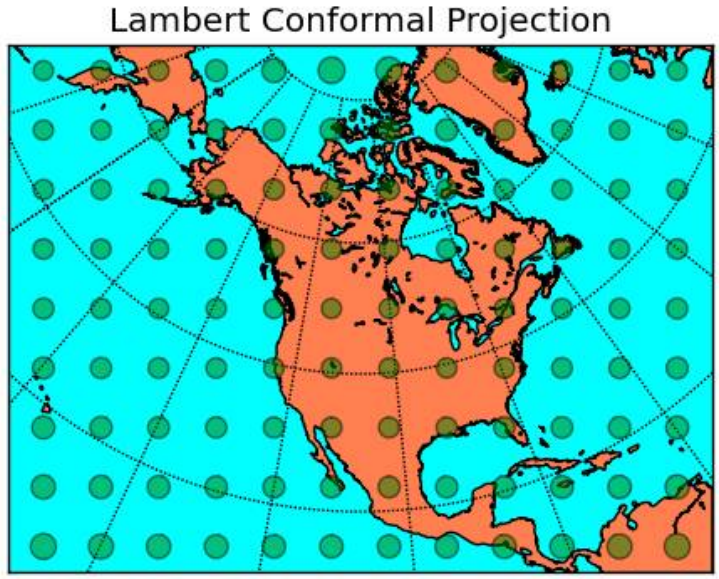


Indicatrice de Tissot

Projections cartographiques



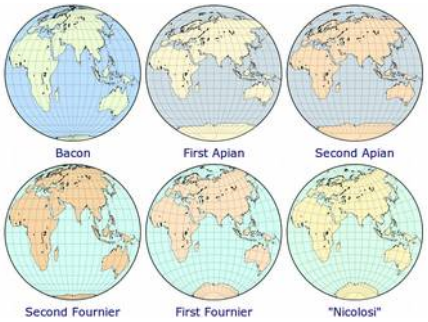
Projections cartographiques



Projections cartographiques

Exemples de type de projection:

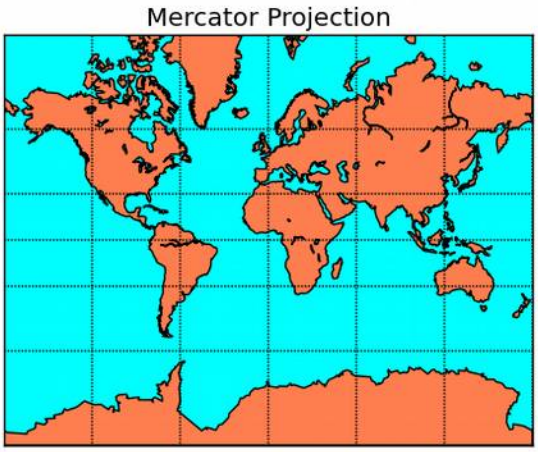
Azimuthal Equidistant Projection
Gnomonic Projection
Orthographic Projection
Geostationary Projection
Near-Sided Perspective Projection
Mollweide Projection
Robinson Projection
Sinusoidal Projection
Equidistant Cylindrical Projection
Cassini Projection
Mercator Projection
Transverse Mercator Projection
Oblique Mercator Projection
Polyconic Projection
Miller Cylindrical Projection
Gall Stereographic Projection
Lambert Conformal Projection
Lambert Azimuthal Equal Area Projection
Stereographic Projection
Equidistant Conic Projection
Albers Equal Area Projection
Polar Stereographic Projection
Polar Lambert Azimuthal Projection
Polar Azimuthal Equidistant Projection
McBryde-Thomas Flat Polar Quartic
van der Grinten Projection



http://www.progonos.com/furuti/MapProj/CartIndex/cartIndex.html

http://matplotlib.sourceforge.net/basemap/doc/html/

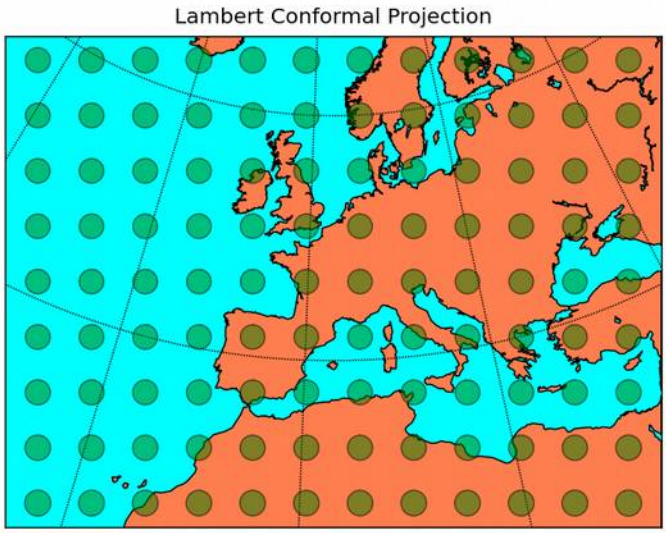
Exemples de projection



Crédits: Basemap site

Conforme: utile en navigation.
Mais utilisée couramment pour représenter le monde aujourd'hui alors que / car il donne une vision favorable aux pays des hautes latitudes nord.

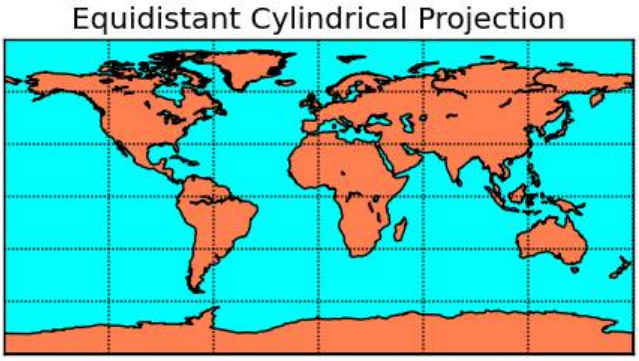
Exemples de projection



Lambert conformal conic: **lcc**

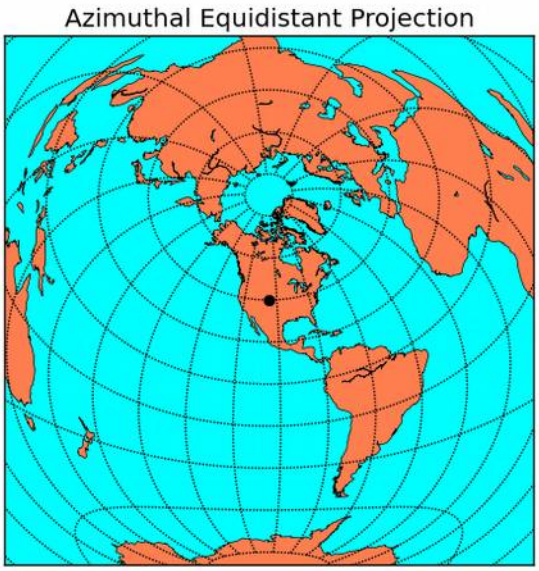
Conforme.
La projection officielle en France (voir plus loin)

Exemples de projection



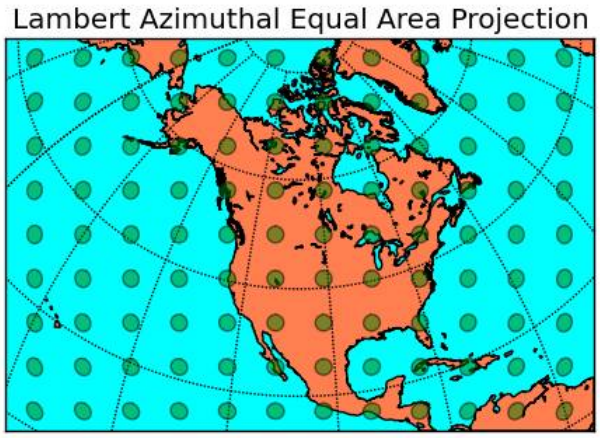
Projection la plus simple: x=longitude, y=latitude
C'est la projection par défaut dans QGIS quand on importe des données non-géocodée.

Exemples de projection



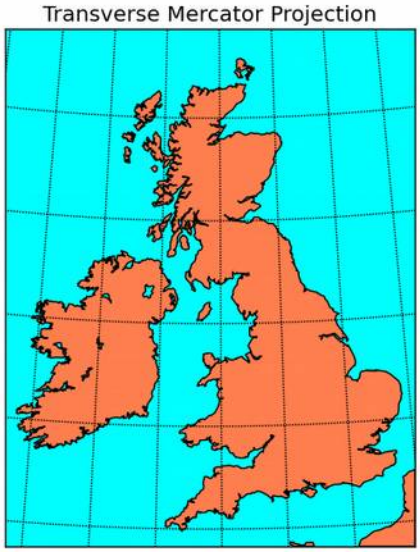
Equidistante: le chemin le plus court au départ du point central est toujours une ligne droite.

Exemples de projection



Equivalente: très utile pour faire des statistiques. Cette projection devrait être utilisée pour la plupart des représentations “équitables” du monde.

Exemples de projection



Conforme: projection à la base du système UTM (voir plus loin)

Exemples de projection

Une projection est donc définie par:

- un type de transformation géométrique
- des paramètres concernant la projection. Les paramètres à fournir dépendent du type de projection.

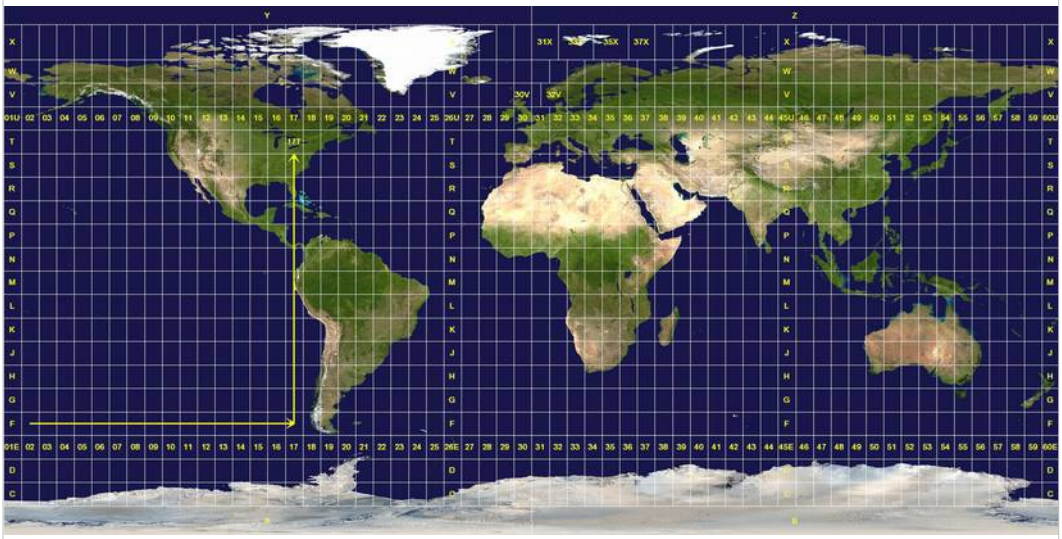
Un système de coordonnées de référence (acronyme anglais CRS):
- une projection et ses paramètres.
- un système de référence géographique (datum).

Le CRS regroupe toutes les informations nécessaires pour projeter des points ou faire une carte.

Cas particuliers et importants de projection: UTM

Le système **Universal Transverse Mercator**:

- un type de projection adaptée aux cartes à haute échelle (fine résolution): Transverse Mercator
- les paramètres de la projection (centre) est variable sur le globe pour chaque zones “prédéfinies”.



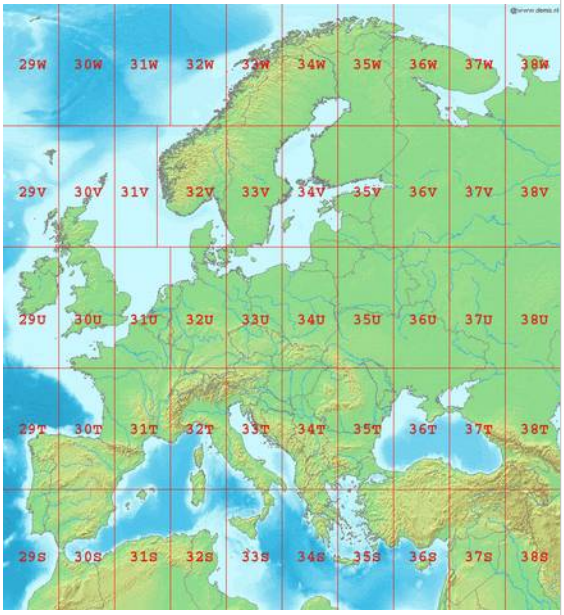
Cas particuliers et importants de projections

- Il y a 20 bandes de latitude (entre 84°N – 80°S) et 60 bandes en longitude (→ 1200 zones).
- la plupart des zones sont régulières. Quelques exceptions.

Les coordonnées (x,y) donne la position dans une zone. "y" est en mètre par rapport à l'équateur. "x" par rapport au méridien central de la zone.

Mais, pour éviter les nombres négatifs, on ajoute un "false easting" de 500000m à x, et si le point est dans l'hémisphère sud un false northing de 10000000 m (10000km).

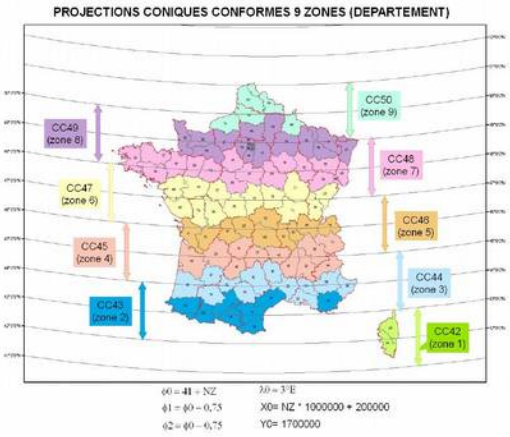
Une coordonnée UTM s'exprime par: Numéro de la zone – North ou South ou la lettre de la zone et les coordonnées x et y.



Cas particulier et important de projection: les Lambert en France

Depuis 2000:
En France métropolitaine, officiellement, on doit utiliser Lambert 93 (Lambert Conforme Conique) avec le système de référence RTF93 (très proche de WGS84 et donc du GPS).
http://lambert93.ign.fr/

Depuis 2006:
Pour améliorer la précision, 9 zones ont été définies: CC42 à CC50.



En pratique les "anciennes" Lambert I, II, III, IV et étendue sont encore utilisées.
Attention, <u>elles utilisent un ellipsoïde différent</u> (donc des longitudes/latitudes différentes et incompatibles avec le système GPS).

Les projections en pratique

Comment fonctionne les CRS en pratique avec un SIG ?

Il existe différents formats pour spécifier une projection.

Par exemple, voici toutes les informations nécessaires pour caractériser parfaitement la projection Lambert 93.

Système de référence: RGF-93
Projection: Lambert conique conforme
Unité: Mètres
Premier parallèle standart: 49°N
Deuxième parallèle standart: 44°N
Latitude d'origine: 46.5°N
Méridien central: 3°E
False Easting: 700000m
False Northing: 6600000m

Remarque: False Easting et False Northing sont des décalages artificiels et conventionnels qui permettent d'éviter les nombres négatifs dans les coordonnées.

Les projections en pratique

WKT / Well Known Text (Open Geospatial Consortium).
Format ouvert, facile à lire pour un ordinateur et complet, difficile pour un humain

```
PROJCS["RGF93 / Lambert-93",
    GEOGCS["RGF93",
        DATUM["Reseau_Geodesique_Francais_1993",
            SPHEROID["GRS 1980",6378137,298.257222101,
                AUTHORITY["EPSG","7019"]],
            TOWGS84[0,0,0,0,0,0,0],
            AUTHORITY["EPSG","6171"]],
        PRIMEM["Greenwich",0,
            AUTHORITY["EPSG","8901"]],
        UNIT["degree",0.01745329251994328,
            AUTHORITY["EPSG","9122"]],
        AUTHORITY["EPSG","4171"]],
    UNIT["metre",1,
        AUTHORITY["EPSG","9001"]],
    PROJECTION["Lambert_Conformal_Conic_2SP"],
    PARAMETER["standard_parallel_1",49],
    PARAMETER["standard_parallel_2",44],
    PARAMETER["latitude_of_origin",46.5],
    PARAMETER["central_meridian",3],
    PARAMETER["false_easting",700000],
    PARAMETER["false_northing",6600000],
    AUTHORITY["EPSG","2154"],
    AXIS["X",EAST],
    AXIS["Y",NORTH]]
```

Les projections en pratique

Proj.4

+proj=lcc +lat_1=49 +lat_2=44 +lat_0=46.5 +lon_0=3 +x_0=700000 +y_0=6600000 +ellps=GRS80 +towgs84=0,0,0,0,0,0,0 +units=m +no_defs

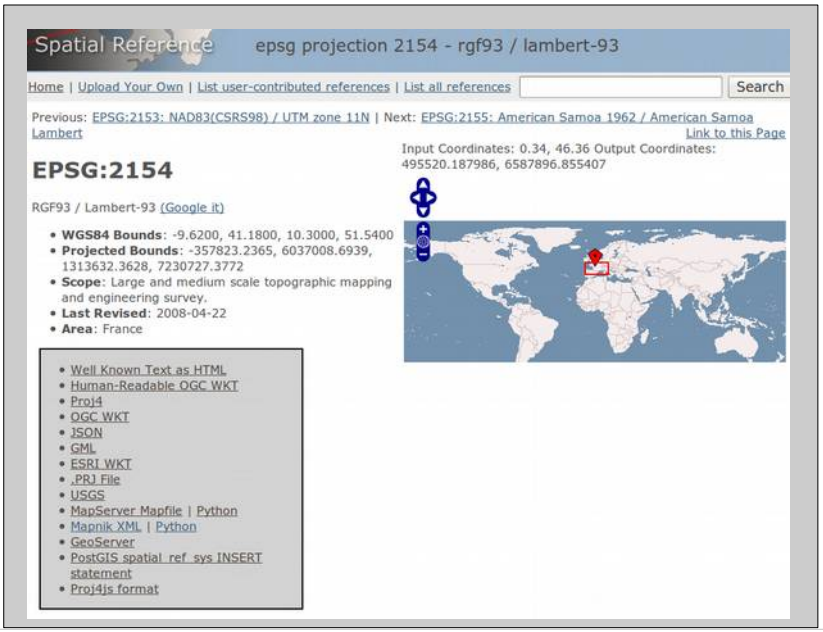
GML basé sur XML
... encore plus verbeux que WKT

EPSG

Comme tout ça est plutôt compliqué et pas très pratique toutes les projections courantes sont répertoriées dans une base de données gérée par l'European Petroleum Survey Group. Chacune est identifiée par un code numérique unique.

Par exemple, le code EPSG de la Lambert 93 est: 2154
En pratique, il suffit de retenir les 2 ou 3 codes dont on se sert couramment.

http://spatialreference.org/ permet de chercher une projection et d'obtenir sa spécification dans différents formats.



Introduction aux Systèmes d'Information Géographiques (SIG)

Plan du cours d'aujourd'hui:

I. Systèmes de référence et projections cartographiques.

II. Les types de données géospatiales dans SIG et leur traitement

Système d'information géographique

Définition: logiciel ou système informatique qui permet de stoquer, représenter, manipuler ou analyser des informations géographiques référencées (ou données géospatiales).

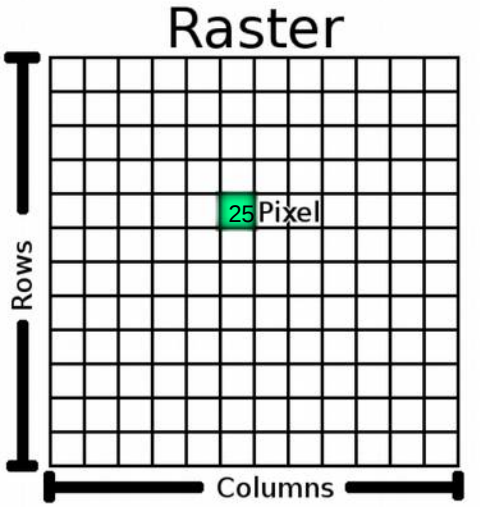
Ce cours concerne essentiellement les logiciels SIG de "bureau" qui permettent de superposer des "couches" d'information géographique et de manipuler ou analyser ces données.
Exemples: ArcGis, MapInfo, QGis, ...

Concept de base essentiel:
Ces couches peuvent être de différents types:
- Raster
- Vecteur
- Triangulated Irregular Network

Le choix du type de couche est important pour tous les aspects des SIG (représentaion, stockage, analyse, ...)

Raster

Données raster: données numériques fournies sur une grille régulière, composée de cellules élémentaires (carrée) nommées pixel.
Données raster ~ une photo ou une image.



Crédits: http://linfiniti.com

Le type de données numériques (data type).

Entier sur 1 octets / byte: (0 – 255)
Entier sur 2 octets / short: (0 – 65536)
Entier sur 4 octets / int : 0 – 4 milliards

Nombre flottant sur 4 octets / float32:
7/8 chiffre significatif
Nombre flottant sur 8 octets / float64:
16 chiffre significatif (rare)

Taille d'un fichier raster en octet = nb lignes x nb colonnes x taille du type de données.

Raster

Remarque 1:
Certains fichiers raster sont composés de plusieurs bandes (ex photos = 3 bandes (Rouge Vert Bleue, image satellite multi-spectrale, ou des “images” multi-temporelles).

Taille d'un fichier raster en octet =
nb lignes x nb colonnes x taille du type de données x nb de bandes

((En général ces informations de tailles sont présentes dans le fichier, et il n'y a pas de soucis à se faire. Parfois, il faut savoir choisir le bon type de données pour ne pas perdre en précision))

Remarque 2:
((Le stockage par octet peut se faire soit “little endian” soit “big endian”, c'est une information qu'il faut connaitre parfois))

Raster

Remarque 3:
Exemple fichier "header" ENVI (un SIG utilisée en télédétection hyperspectrale) qui permet de décrire le format d'une image.

```
ENVI
description = {
  File Imported into ENVI.}
samples = 231
lines   = 201
bands   = 1
header offset = 0
file type = ENVI Standard
data type = 4
interleave = bsq
sensor type = Unknown
byte order = 0
wavelength units = Unknown
}
```

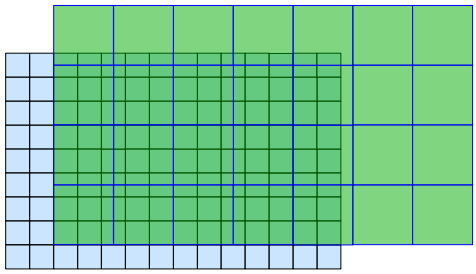
Raster

Les informations de taille, type de données, permettent d'afficher correctement l'image sur un écran. Mais elles sont insuffisantes pour un SIG car cette information ne permettent pas de savoir où se situe l'image sur la Terre ni la taille des pixels (résolution).

Il faut en plus les informations de **géoréférencement** (on parle aussi de géocodage):

- le système de coordonnées de référence (CRS).
- la résolution ou taille réelle des pixels.
- position en coordonnées géographiques ou cartésiennes d'un pixel donné de l'image (souvent le coin haut gauche, parfois le centre).

Le SIG peut ainsi positionner deux images avec des empreintes différentes et des résolutions différentes. Il est même possible de re-projeter automatiquement des images qui ont des projections différentes.



Raster

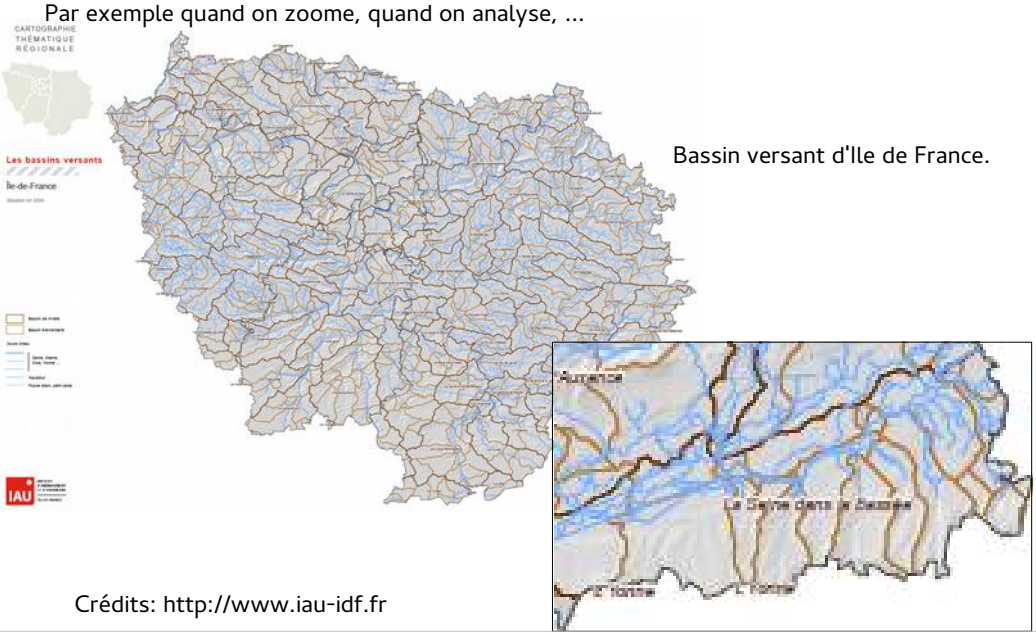
Exemple de formats de fichier d'image raster:
GeoTIFF, Erdas Imagine, SDTS, ECW, MrSID, JPEG2000, DTED, NITF, ...

Il est conseiller d'utiliser de préférence le format ouvert GeoTIFF.

http://www.gdal.org/formats_list.html

Vecteur

Pourquoi les rasters ne suffisent-ils pas ?
Le modèle Raster n'est pas adapté pour stoquer des formes géométriques.
Par exemple quand on zoome, quand on analyse, ...

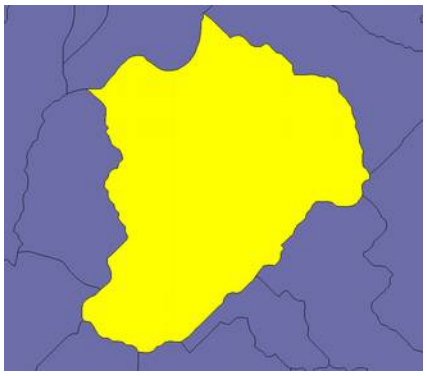


Bassin versant d'Ile de France.

Crédits: http://www.iau-idf.fr

Vecteur

Il faut un "modèle de données" qui permet de stoquer et traiter des formes géométriques simples.
Chaque forme géométrique est une **entité** (Anglais: feature):
Exemple:
Un bassin versant peut être représenté par une zone clairement délimitée (polygone).
Un fleuve peut être représenté par une ligne (plusieurs segments).
On aimerait associer à chaque entité, des informations (le nom de chaque fleuve, son débit moyen, sa navigabilité, ...)

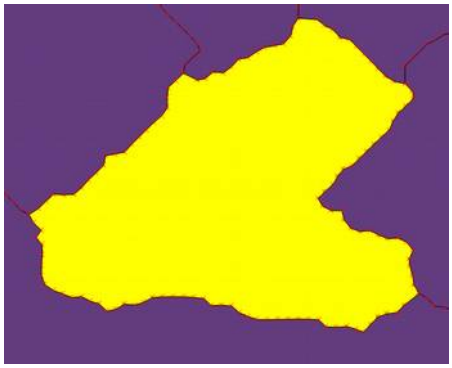


Crédits: http://www.iau-idf.fr

Vecteur

Définitions:
Une **entité** est consituée d'une forme géométrique + d'attributs.

Une **forme géométrique** est un ensemble de **vertex** connectés ou non. Chaque vertex est défini par ses coordonnées x,y dans un plan cartésien et eventuellement z.



Les différents types de forme géométrique utilisée dans le SIG:
- **Point**: un seul vertex
- **Polyligne** ou ligne: une série de vertex inter-connectés
- **Polygone**: une série de vertex inter-connectés qui constituent une forme fermée (= polyligne dont le premier et le dernier vertex sont à la même position).

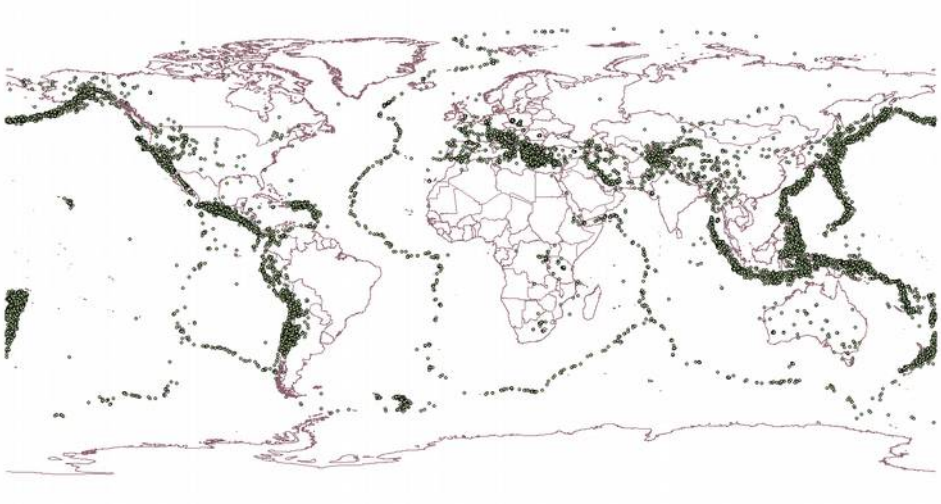
Ces trois types couvrent l'essentiel des besoins. A chaque application et échelle de travail (résolution) convient une représentation.

Remarque: une même couche vecteur ne peut contenir qu'un seul type d'entité.

Exemple de couches vecteur

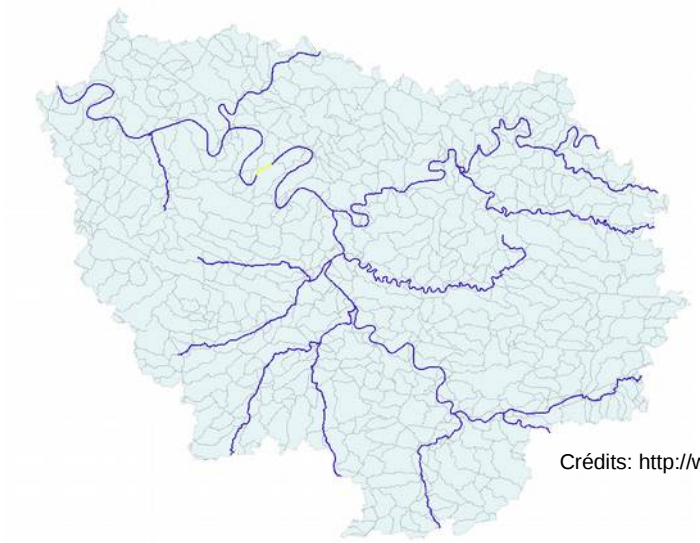
Exemples:

Les épicentres de séisme en 2002 et 2003: **POINTS**



Exemple de couches vecteur

Réseau hydrographique: **POLYLIGNE**

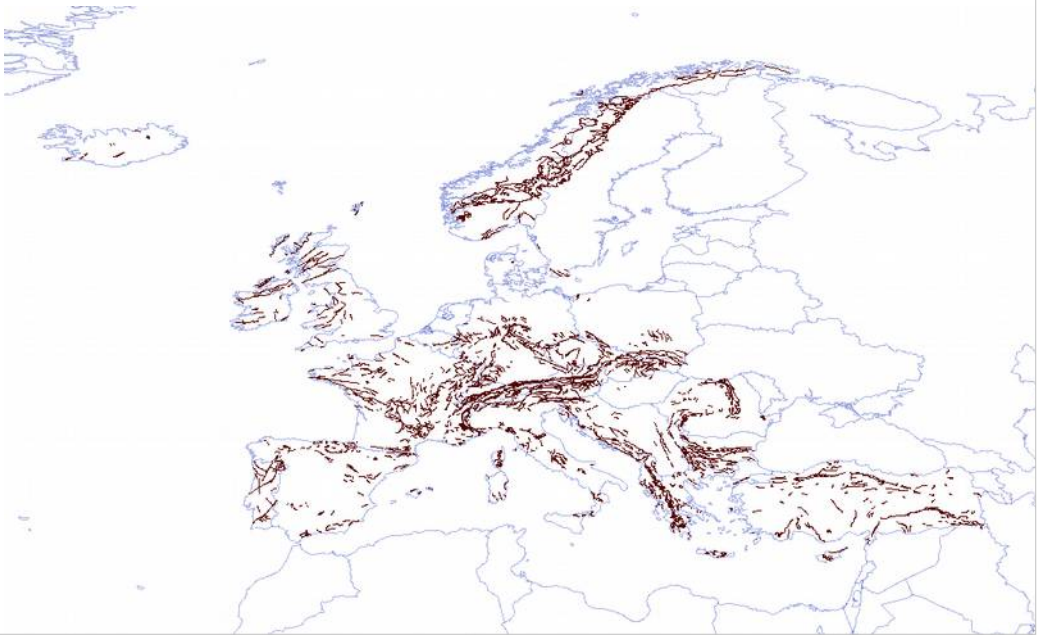


Crédits: http://www.iau-idf.fr

A noter ici qu'**1 entité** est une petite portion de la ligne: c'est un choix important au moment de la digitalisation. On aurait pu avoir **1 entité** pour un fleuve entier. Le passage d'une approche à l'autre n'est pas évidente (voir ci-dessous table des attributs).

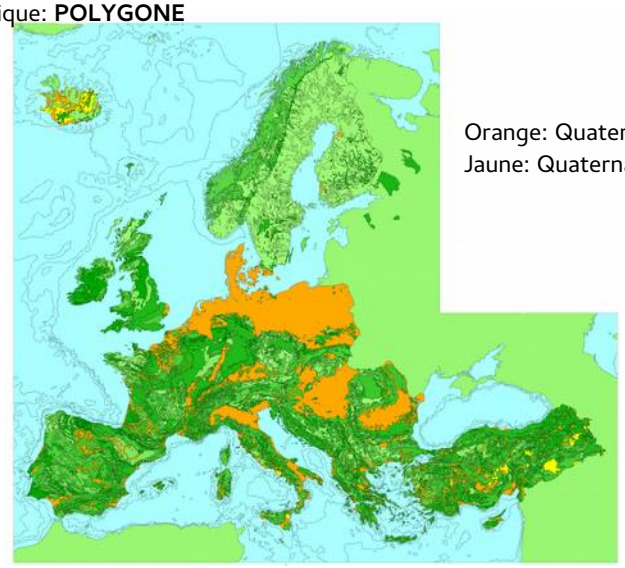
Exemple de couches vecteur

Failles: **POLYLIGNE**



Exemple de couches vecteur

Zone géologique: **POLYGONE**

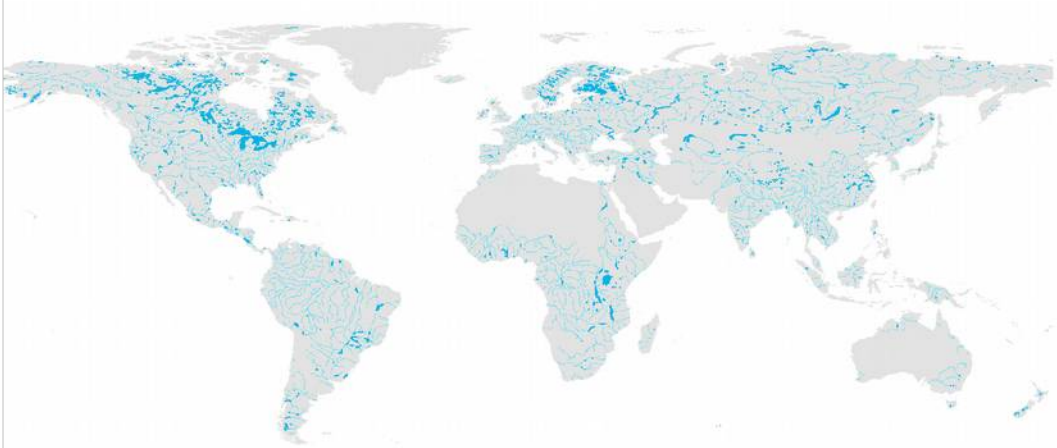


Orange: Quaternaire
Jaune: Quaternaire volcanique

Remarque: certains formats vecteur contient non seulement les entités, mais aussi les relations spatiales qui les lient éventuellement: exemple, 2 polygones peuvent être contigüs, ou deux polylignes peuvent être orientées et avoir une connection explicite. Ces possibilités sont très utiles pour des utilisations avancées (réseau hydro, route, ...) des SIG.

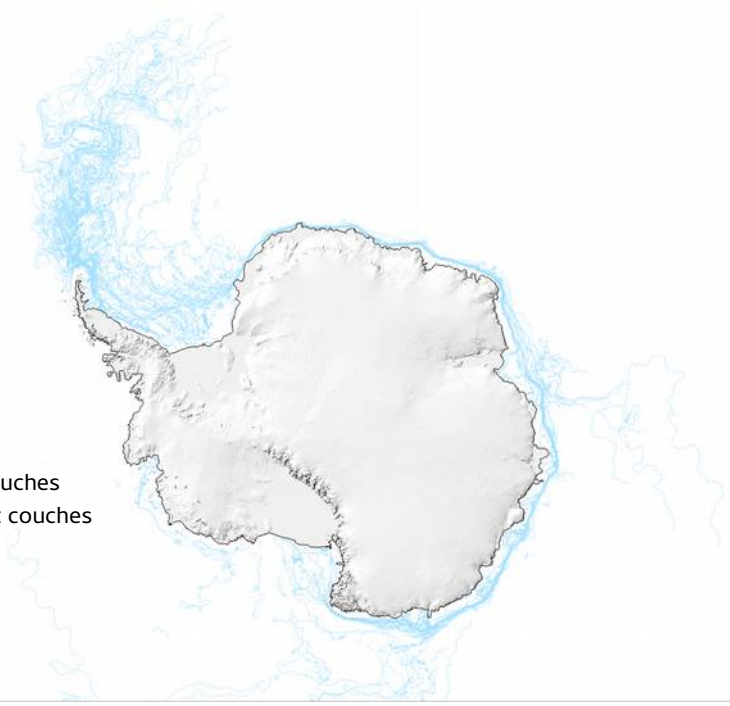
Exemple de couches vecteur

Continent: **POLYGONE**
Lakes: **POLYGONE**
Fleuves: **POLYLIGNE**



Représenter des fleuves par des lignes est suffisant pour nombreuses applications, mais parfois les fleuves peuvent être représentés par des polygones (embouchure, delta, carte haute résolution, ...)

Exemple de couches vecteur

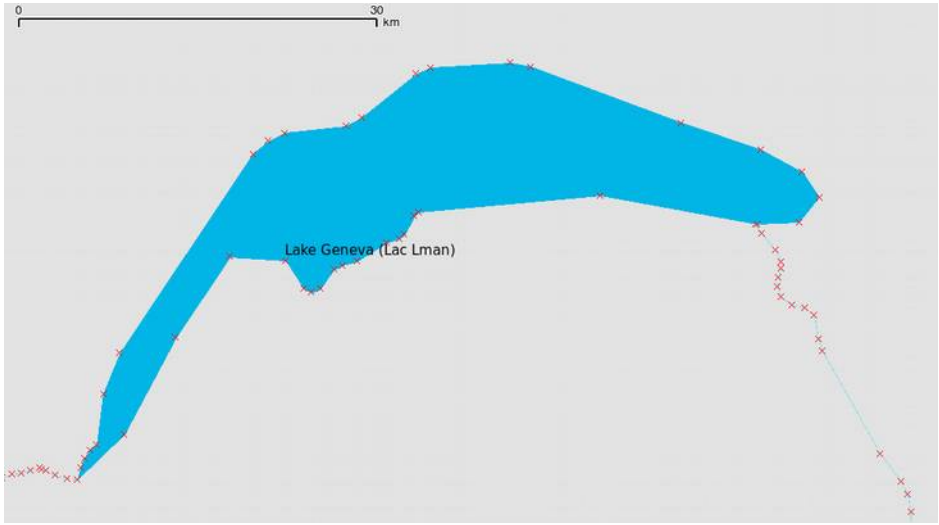


On peut bien sûr mélanger couches vecteur de différents types et couches raster sur une même carte.

Conbien de couche ici ?

Exemple de couches vecteur

Même si on peut zoomer les données vecteurs sans provoquer de flou comme c'est le cas avec les rasters, les couches vecteur ont une échelle intrinsèque qui résulte de l'espacement entre les vertex (peut être variable au sein du même jeu de données).



Est-ce que cette couche vecteur a une résolution suffisante pour établir les zones habitables en bordure de lac ?

Couche vecteur et base de données

Les couches vecteurs contiennent aussi une table d'**attributs.**

Cette table comprend:
- en “colonne”: une liste d'attributs définis par l'utilisateur lors de la création de la couche. Exemple: nom, longueur, aire, ...
- en “ligne”: les entités de la couche.

Comme dans un tableur (ex: Excel), chaque “case” de la table contient une valeur.

Le type des valeurs pour chaque colonne peut être: nombre entier, nombre flottant, date, chaine de caractères, ...

Les tables sont importables dans les tableurs (OpenOffice, Excel) mais dans ce cas, on perd le lien avec les entités.

Couche vecteur et base de données

Extrait de la table de la couche **séisme**.
Chaque ligne est associée à un point.

	DATE ▲	PROFONDEUR	MAGNITUDE
0	2002/01/01	25	3.7
1	2002/01/01	23.1	3.5
2	2002/01/01	113.9	3.1
3	2002/01/01	33	4.8
4	2002/01/01	161	3.2
5	2002/01/01	10	3.3
6	2002/01/01	10	3.3
7	2002/01/01	33	3.7
8	2002/01/01	150	3.8
9	2002/01/01	10	4
10	2002/01/01	10	4
11	2002/01/01	33	4.6
12	2002/01/01	162.9	3.9
13	2002/01/01	10	6
14	2002/01/01	138.1	6.3
15	2002/01/01	35.1	4
16	2002/01/01	15	3.4
17	2002/01/01	5	3.3
18	2002/01/01	39	4.2
19	2002/01/01	10.7	3.7
20	2002/01/01	69.3	3.4
21	2002/01/01	100	4.5
22	2002/01/01	8.5	3.8

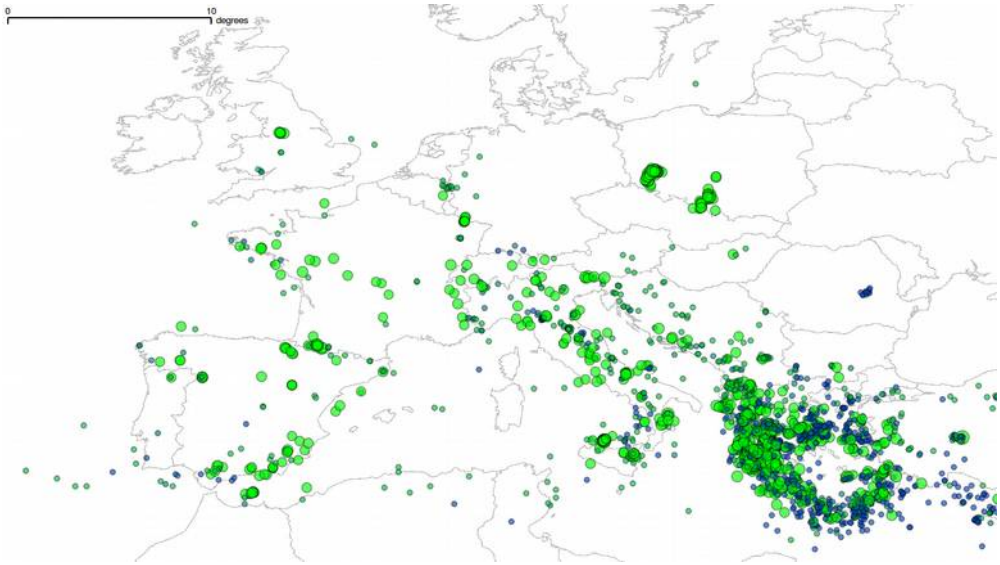
Couche vecteur et base de données

Extrait de la table de la couche **lac**.
Chaque ligne est associée à un polygone.

	FeatureCla	Name1	Name2	Note	ScaleRank	Delta
667	Lake	Aberdeen L.	NULL	NULL	7	NULL
668	Lake	Achit Nuur	NULL	NULL	9	NULL
669	Lake	Aishik Lake	NULL	NULL	6	NULL
670	Lake	Akkajaure	NULL	NULL	5	NULL
671	Alkaline...	Alakl	NULL	NULL	4	NULL
672	Lake	Alesaygin Ha	NULL	NULL	9	NULL
673	Lake	Amadjuak Lake	NULL	NULL	5	NULL
674	Reservoir	American Falls Res.	NULL	NULL	7	NULL
675	Reservoir	Amistad Res.	NULL	NULL	5	NULL
676	Lake	Aggikkol Hu	NULL	NULL	9	NULL
677	Alkaline...	Aral Sea	NULL	NULL	0	NULL
678	Lake	Asnen	NULL	NULL	8	NULL
679	Reservoir	Ataturk Barait	NULL	NULL	7	New or modified in version 1.2
680	Lake	Aursund	NULL	NULL	7	NULL
681	Lake	Avakkum Hu	NULL	NULL	5	NULL
682	Alkaline...	Aydar Kuli	NULL	NULL	7	NULL
683	Lake	Aylmer L.	NULL	NULL	6	NULL
684	Reservoir	Baidaqang Shuiku	NULL	NULL	9	NULL
685	Lake	Baker Lake	NULL	NULL	3	NULL
686	Lake	Bangqong Co	NULL	NULL	6	NULL
687	Lake	Bear Lake	NULL	NULL	5	NULL
688	Lake	Beysehir	NULL	NULL	7	New or modified in version 1.2
689	Reservoir	Bhakra Dam	NULL	NULL	7	NULL
690	Reservoir	Bhumibol Dam	NULL	NULL	8	NULL
691	Lake	Big Rideau L.	NULL	NULL	9	NULL
692	Lake	Big Trout L.	NULL	NULL	5	NULL
693	Lake	Biwa Ko	NULL	NULL	6	NULL
694	Lake	Black Lake	NULL	NULL	5	NULL
695	Reservoir	Bloemhof Dam	NULL	NULL	7	NULL
696	Lake	Bluenose L.	NULL	NULL	5	NULL

Couche vecteur et base de données

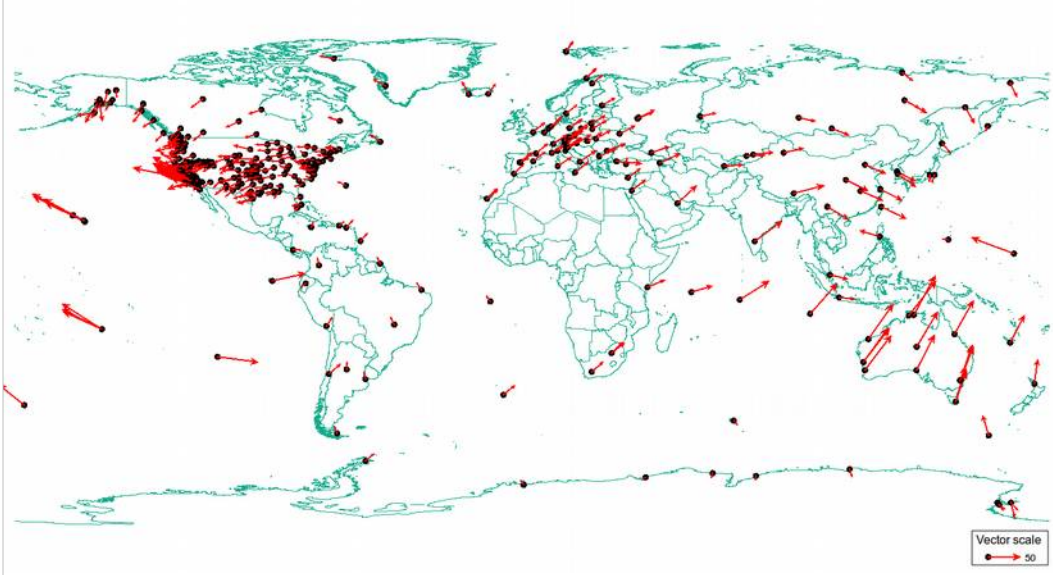
Ces attributs permettrent en particulier le stylage de la couche.



La taille du symbol représente la magnitude du séisme.
La couleur représente la profondeur (bleu profond, vert en surface).

Couche vecteur et base de données

Utilisation de deux colonnes (déplacements latitudinal et longitudinal) pour tracer une flèche



Couche vecteur et base de données

Remarque: plus rigoureusement...

- Les données associées aux entités sont stoquées dans une base de données relationnelles.
- Une table s'appelle une relation.
- Le système (logiciel) qui gère ces bases de données s'appelle un Système de Gestion de Base de Données Relationnelles (RDBMS en Anglais).
Exemples: MySQL, Postgresql, sqlite, Oracle.

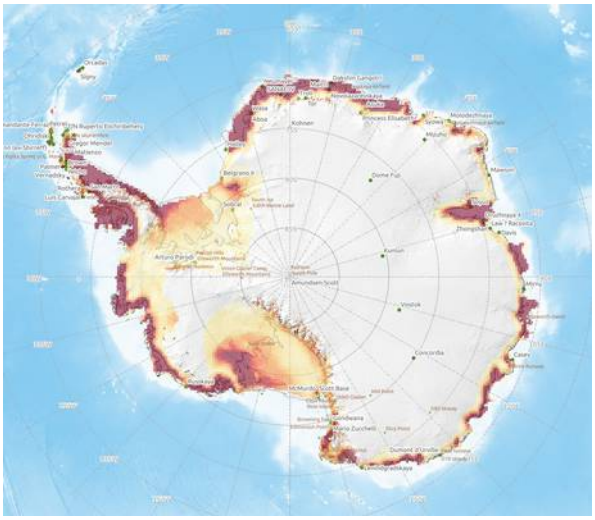
Les bases de données dépassent largement le cadre des SIG et sont utilisées pour de très nombreuses applications (économie/gestion, site web, science, ...). La plupart des RDBMS ont des extensions spatiales qui leur permettrent ainsi de stoquer des informations géospatiales. Exemples: PostGIS, spatialites, Oracle.

Pour extraire des informations d'une table et faire bien d'autres operations avec les tables, on peut utiliser le langage: Structured Query Language (SQL).

Opérations sur les couches vecteur, raster et entre couches.

Les SIG permettent non seulement de produire des cartes esthétiques, mais sont aussi de vrais outils d'analyse des données géospatiales.

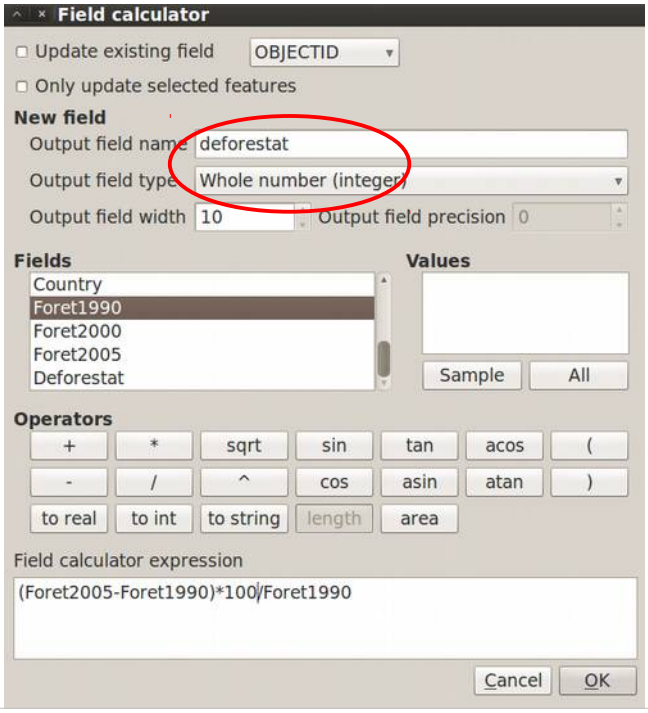
- Opération sur les attributs d'une couche vecteur.
- Opération géométrique sur une couche vecteur ou entre couches vecteurs.
- Opération sur couche raster et entre couches rasters.
- Opération vecteur / raster.



Opérations sur les couches vecteur, raster et entre couches.

Les calculs sur les attributs se déroulent presque comme sous Excel.

Exemple:



Opérations sur les couches vecteur, raster et entre couches.

Jointure entre attributs:

Quand on a deux tables (soit 1 couche vecteur et une table excell), on peut rassembler les colonnes en fonction de la valeur d'un attribut.

Exemple: couche vecteur des pays et données de la FAO sur la déforestation.
http://gadm.org/world et http://www.fao.org/forestry/fra/fra2005/en/

	OBJECTID	GADMID	ISO	AME_ENG	NAME_ISO	NAME_FAO
0	230	248	ZWE	Zimbab...	ZIMBAB...	Zimbabwe
1	229	247	ZMB	Zambia	ZAMBIA	Zambia
2	227	69	ESH	Wester...	WESTE...	Western Sa...
3	213	230	UGA	Uganda	UGANDA	Uganda
4	208	225	TUN	Tunisia	TUNISIA	Tunisia
5	204	217	TGO	Togo	TOGO	Togo
6	200	229	TZA	Tanzania	TANZA...	Tanzania, U...
7	196	212	SWZ	Swaziland	SWAZIL...	Swaziland
8	190	193	SDN	Sudan	SUDAN	Sudan
9	185	246	ZAF	South A...	SOUTH ...	South Africa
10	246	203	SOM	Somalia	SOMALIA	Somalia
11	241	200	SLE	Sierra L...	SIERRA...	Sierra Leone
12	240	213	SYC	Seychel...	SEYCHE...	Seychelles
13	238	194	SEN	Senegal	SENEGAL	Senegal
14	236	207	STP	Sao To...	SAO TO...	Sao Tome a...
15	182	197	SHN	Saint H...	SAINT ...	Saint Helena
16	181	191	RWA	Rwanda	RWANDA	Rwanda
17	149	164	NGA	Nigeria	NIGERIA	Nigeria
18	148	162	NER	Niger	NIGER	Niger
19	173	160	NAM	Namibia	NAMIBIA	Namibia
20	171	152	MOZ	Mozam...	MOZAM...	Mozambique
21	143	138	MAR	Morocco	MOROC...	Morocco
22	135	159	MYT	Mayotte	MAYOTTE	Mayotte
23	134	156	MUS	Mauritius	MAURIT...	Mauritius
24	133	153	MRT	Maurita...	MAURIT...	Mauritania
25	129	146	MLI	Mali	MALI	Mali
26	126	157	MWI	Malawi	MALAWI	Malawi
27	125	141	MDG	Madaga...	MADAG...	Madagascar
28	119	129	LBY	Libya	LIBYAN ...	Libyan Arab...

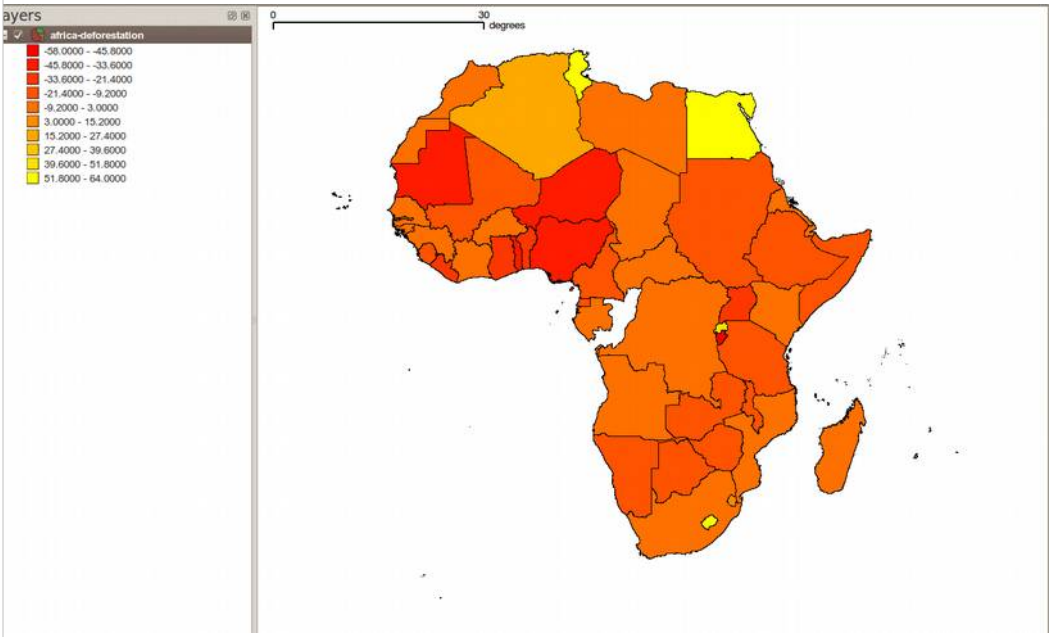
Clé pour la jointure

	A	B	C	D
1	Country	Foret19	Foret20	Foret2005
2	Angola	60976	59728	59104
3	Botswana	13718	12535	11943
4	British Indian Ocean Te	3	3	3
5	Comoros	12	8	5
6	Kenya	3708	3582	3522
7	Lesotho	5	7	8
8	Madagascar	13692	13023	12838
9	Malawi	3896	3567	3402
10	Mauritius	39	38	37
11	Mayotte	6	6	5
12	Mozambique	20012	19512	19262
13	Namibia	8762	8033	7661
14	R□□union	87	87	84
15	Seychelles	40	40	40
16	South Africa	9203	9203	9203
17	Swaziland	472	518	541
18	Uganda	4924	4059	3627
19	Tanzania, United Rep	41441	37318	35257
20	Zambia	49124	44676	42452
21	Zimbabwe	22234	19105	17540
22	Total Eastern and Sout	252354	235047	226534
23	Algeria	1790	2144	2277
24	Burkina Faso	7154	6914	6794
25	Chad	13110	12317	11921
26	Djibouti	6	6	6
27	Egypt	44	59	67
28	Eritrea	1621	1576	1554

Attributs d'une couche vecteur avec les pays d'Afrique + Table "Excel" classique

→ couche vecteur avec les pays d'Afrique contenant les données de déforestation

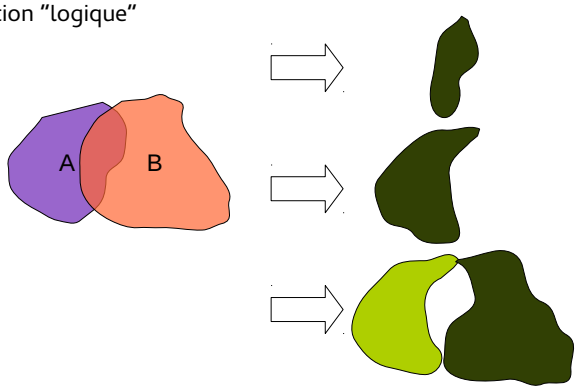
Opérations sur les couches vecteur, raster et entre couches.



Opérations sur les couches vecteur, raster et entre couches.

Opération géométrique entre couches vecteur (exemple avec 1 polygone par couche):

Opération "logique"



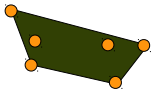
Intersection
(Union existe aussi)

Différence (A-B)

Différence symmétrique

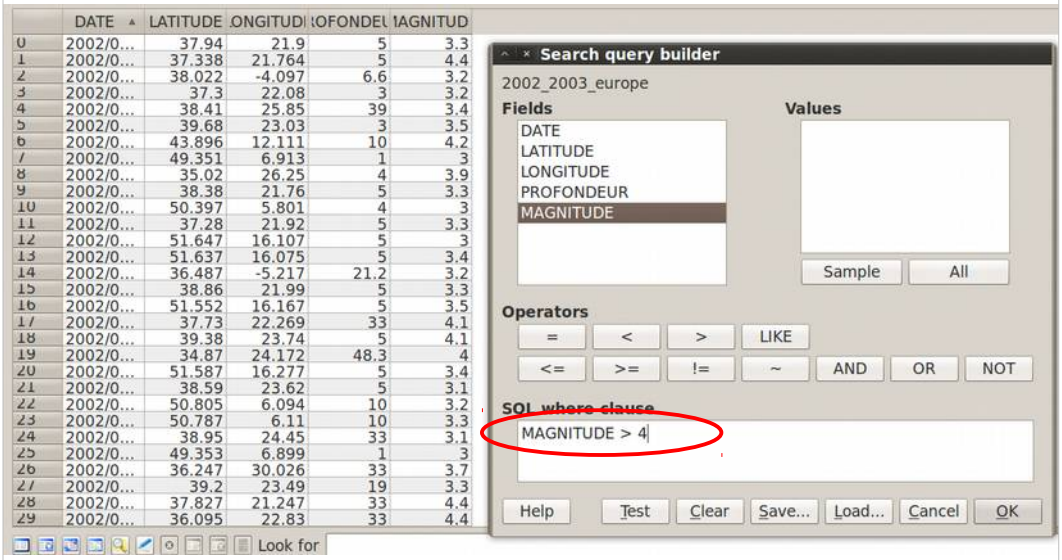
Tampon (buffer): construit le polygone rassemblant tous les points à une distance inférieure à une valeur donnée d'une couche vecteur donnée.

Enveloppe convexe (Convex hull): Polygone convexe qui entoure au plus serré les points d'une couche vecteur donnée.



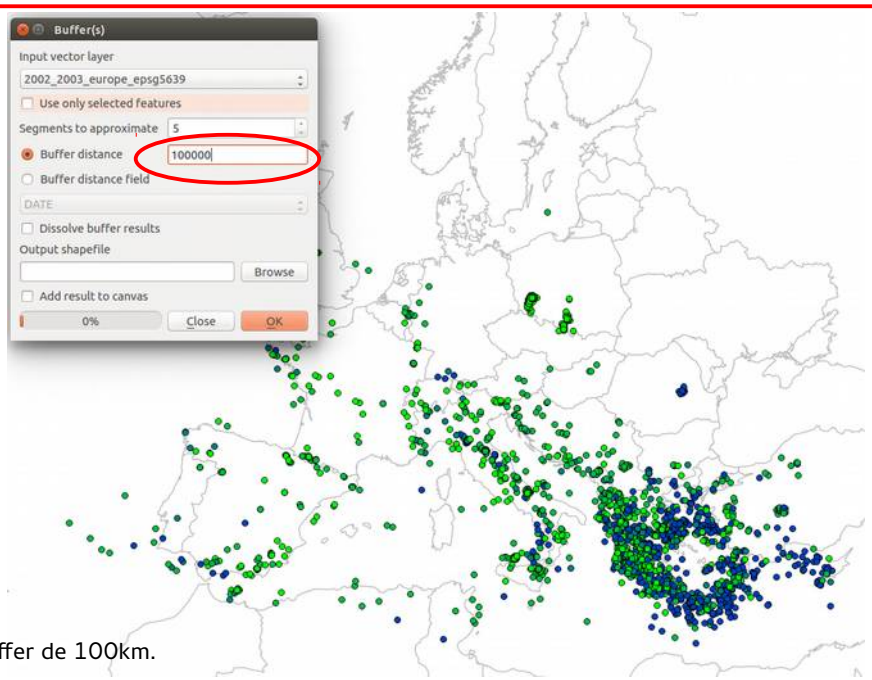
Opérations sur les couches vecteur, raster et entre couches.

Exemple: où en Europe puis-je habité si je veux être à plus de 100km des tous séismes de magnitude > 4



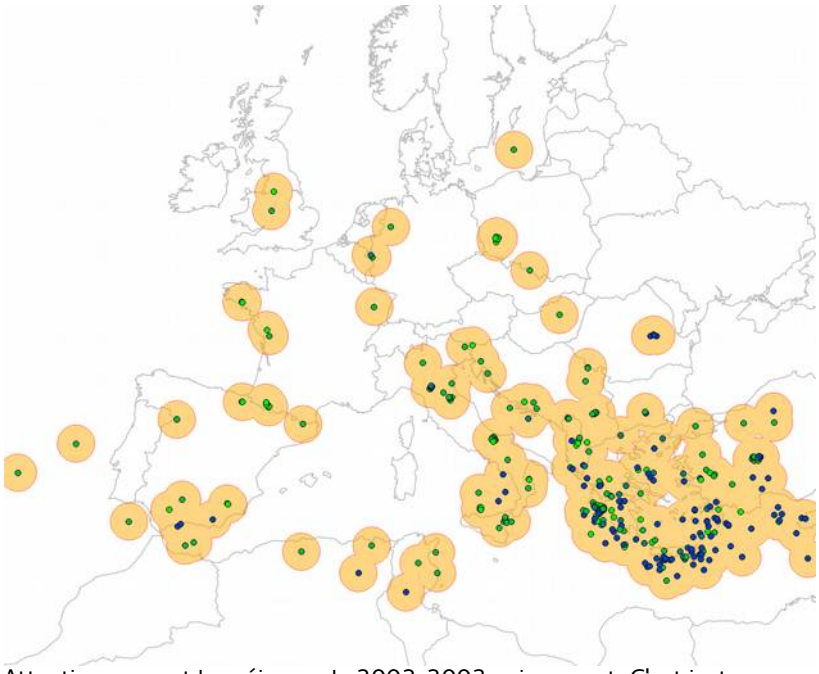
On selectionne les entités selon un critère et on enregistre comme une nouvelle couche vecteur

Opérations sur les couches vecteur, raster et entre couches.



Buffer de 100km.

Opérations sur les couches vecteur, raster et entre couches.



Attention, ce sont les séismes de 2002-2003 uniquement. C'est juste un exemple...

Opérations sur les couches vecteur, raster et entre couches.

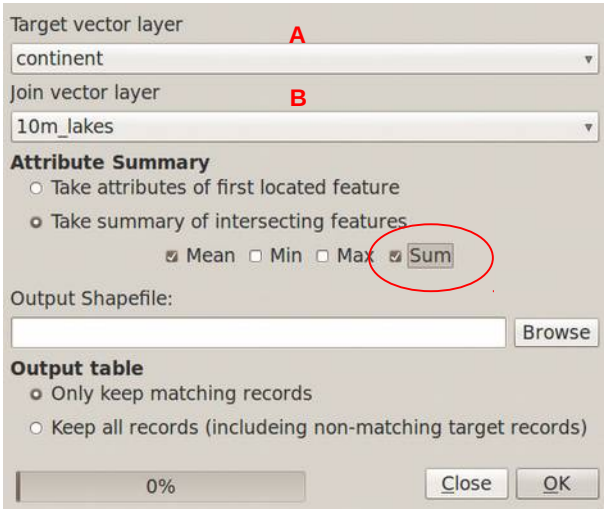
Jointure spatiale.

Les attributs d'une entités d'une couche vecteur B qui sont incluses dans les entités d'une couche vecteur A, sont ajoutés dans la table des attributs de A. Comme il peut y avoir plusieurs entités de B incluses dans une entité de A, les attributs de B sont sommés, moyennés, ou on ne garde que ceux de la première entité.

Exemple: A est une couche contenant les continents. B est la couche de lac.

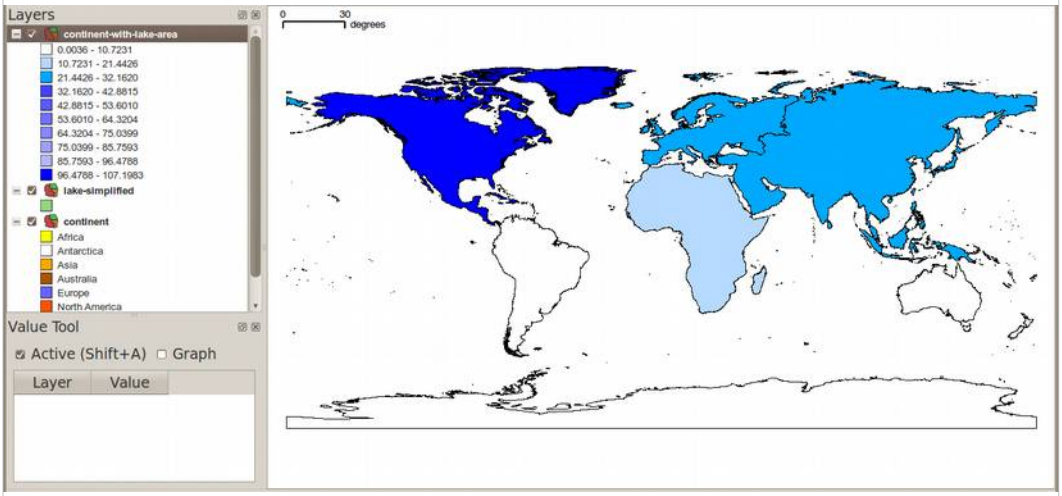
Pour chaque lac, on a sa superficie, mais on n'a pas d'attribut pour indiquer sur quel continent il est situé.

On veut savoir la superficie total de lac pour chaque continent.



Opérations sur les couches vecteur, raster et entre couches.

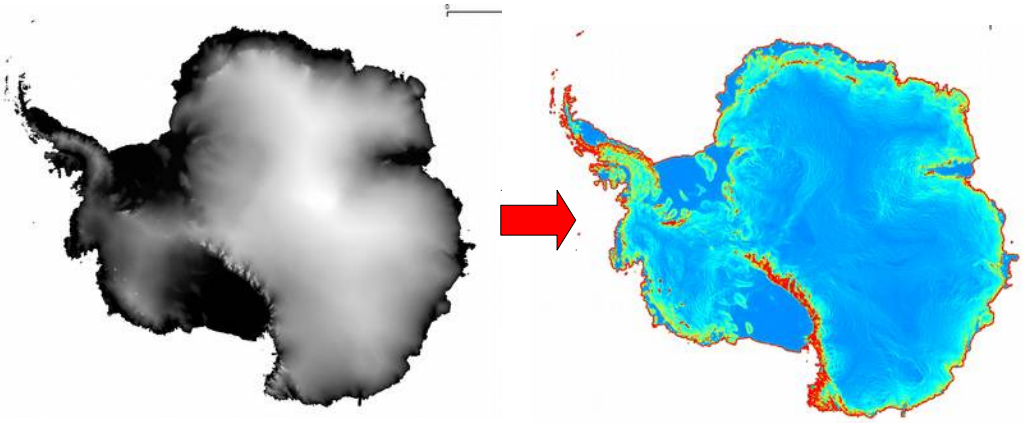
On obtient une couche continent avec comme un nouvel attribut “SumArea”.
Il faut travailler avec une projection équivalente pour calculer l’aire.



Opérations sur les couches vecteur, raster et entre couches.

- Opérations arithmétiques entre couches rasters:
On peut faire des calculs classiquea pixel à pixel, mais il est nécessaire que les couches raster se superpose parfaitement.

- Il existent des opérations plus complexes:
Exemple: Calculer la pente d'un raster contenant un Modèle Numérique de Terrain (DEM en Anglais).

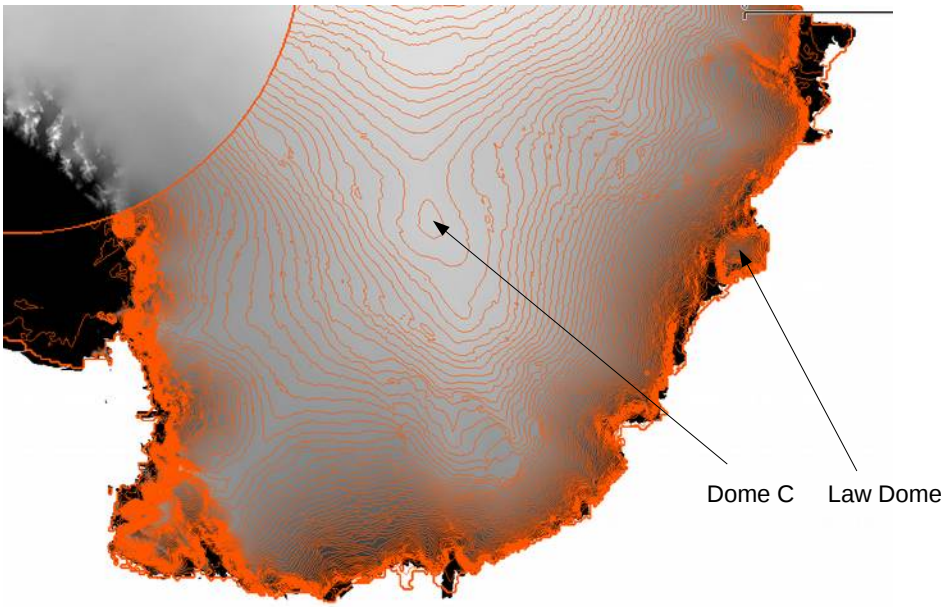


Altitude

Pente

Opérations sur les couches vecteur, raster et entre couches.

Opérations raster → vecteur:
Exemple: ligne de contour d'un Modèle Numérique de Terrain.



Opérations sur les couches vecteur, raster et entre couches.

Opération vecteur → raster:

Exemple: carte de proximité. Avec QGis, cette opération se fait en deux temps: rasterize + proximity

Opérations sur les couches vecteur, raster et entre couches.

Opération combinant vecteur et raster.

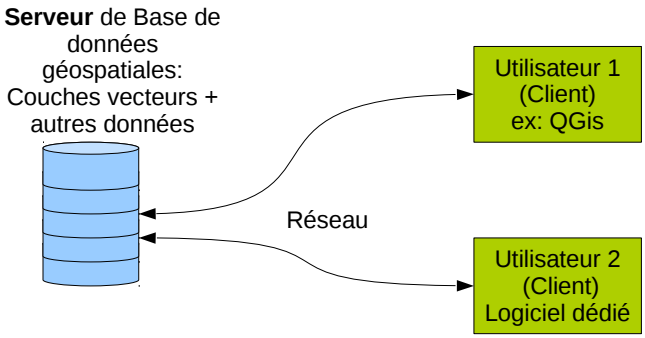
Exemple: Recupérer la valeur d'un raster aux points présents dans la couche vecteur.
Point sampling tool → voir TP

Les systèmes d'information géographique

Les SIG de bureau ne représentent qu'une partie des SIG. De nombreux systèmes informatiques traitent de l'information géographique, la plupart du temps en relation avec internet.

- Les bases de données géospatiales: PostGIS, Oracle.

Permettent de stocker des informations vecteurs + attributs, mais de façon beaucoup plus complexe que les formats shapefile ou équivalent. Elles permettent aussi des accès très efficaces et des accès par de multiple utilisateur (fonctionne en mode serveur).
On y accède nécessairement avec un logiciel spécialisé (ex: QGis).



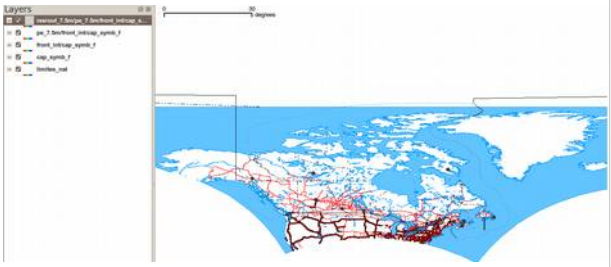
Les systèmes d'information géographique

- Les catalogues de données géospatiales: permettent de faire des recherches dédiées sur des jeux de données.
http://geodata.grid.unep.ch/ http://www.eea.europa.eu/data-and-maps

- Les services web spécialisés: Google Map, OpenStreetMap, …

- Les données géospatiales interactive en ligne. Service WMS, WFS, …

Les **serveurs WMS** produisent des images "immédiatement visualisable". On ne peut pas modifier les couleurs, … Ces images sont construites par le serveur à partir de couche raster ou vecteur. En général, on peut y accéder avec un navigateur internet ou avec un logiciel spécialisé.



Exemple:
http://atlas.nrcan.gc.ca/site/english/dataservices
http://www.geolittoral.equipement.gouv.fr/

Les **serveurs WFS** produisent des données vecteurs. On les utilise comme des couches vecteurs locales, on peut modifier la symbologie. Avantage, elles sont mises à jour en directe.

[En fort développement]

Les systèmes d'information géographique

Autres aspects liés aux SIG:

- Géolocalisation: gps embarqué dans les appareils photos ou dans les mobiles.

Permet de localiser les photos ou la présence de personne en direct. En général, données publiées sur service web... que ce soit pour la sécurité ou pour le loisir...

→ exploitation en géoscience ?

- Interopérabilité:
The Open Geospatial Consortium, Inc.® (OGC) is a non-profit, international, **voluntary consensus standards organization** that is leading the development of standards for geospatial and location based services

Pour faire simple, l'OGC écrits des standarts informatiques liées aux données géospatiales: format de données, protocole d'échange sur le réseau, et algorithme de traitement de base.

On notera en particulier le standart “Sensor” qui vise à formaliser l'échange de données issues de capteur fixes ou mobiles.

L'activité de l'OGC est actuellement peu connu dans le monde scientifique, mais les standarts produit aujourd'hui permettront demain de manipuler les données géospatiales avec une grande facilité. Pensez-y!

Etude de cas:

Prévoir un site de forage en Antarctique.
Utilisation d'un SIG pour répondre à des contraintes logistiques et scientifiques.

Contrainte:
On cherche un site qui remplit les conditions suivantes:
1 – rayon d'action de 100km max de la station Concordia ou la station Vostok.
2 - la pente du site est comprise entre 1.5 et 2m/km.
3 - l'accumulation annuelle de neige est la plus faible possible.

On dispose de:
- MNT (=DEM). Couche raster.
- Carte d'accumulation produite par un modèle de climat. Couche raster.
- Positions des bases scientifiques en Antarctique. Couche vecteur (point).

Objectif:
Produire une couche raster qui représente l'accumulation (contrainte faible) seulement aux endroits où les critères 1 et 2 sont respectés. Chercher le minimum.

Décrire les opérations à effectuer sous forme d'un diagramme de flot.