

# INFORMATION GÉOGRAPHIQUE - GÉOMATIQUE –

QU'EST-CE-QU'UN SIG ?

- Introduction
- Qu'est-ce-qu'un SIG ?
- L'information géographique et ses propriétés
- Zoom sur les fonctionnalités clés des SIG
- Quelques exemples de traitements

# Introduction

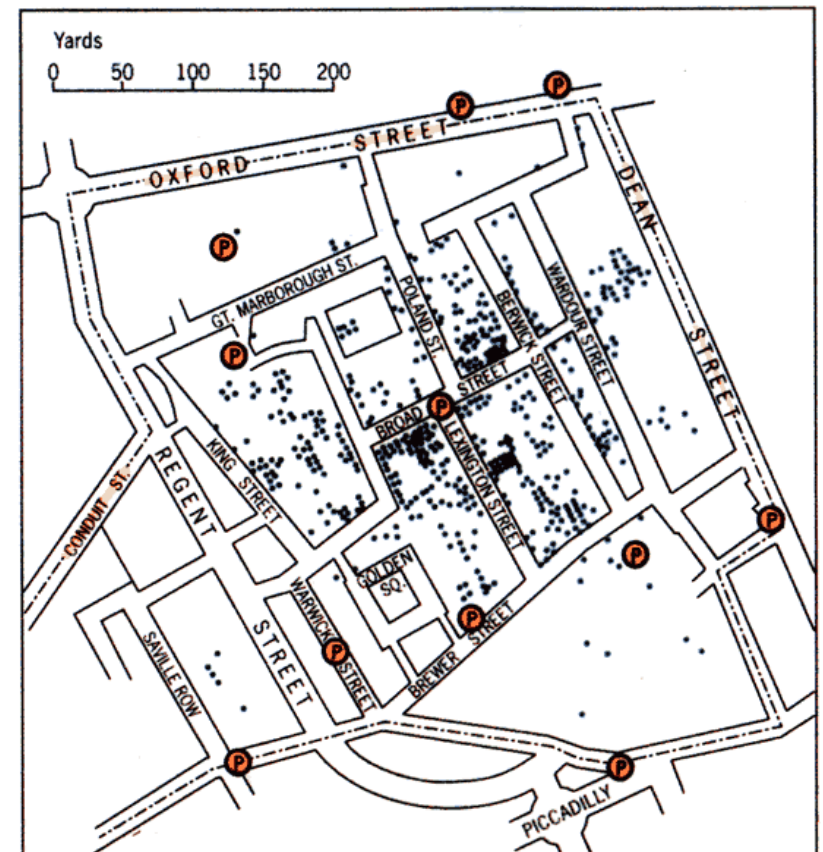
3

Cartographier les données pour observer et interroger des phénomènes géographiques :

- (1) Spatialiser des données
- (2) Visualiser la distribution des données
- (3) Emettre des hypothèses
- (4) Comprendre les phénomènes spatiaux et AGIR

**Exemple 1** : Carte des cas de choléra et des pompes à eau, Londres quartier de Soho, John Snow, 1855

## Cholera and the Map

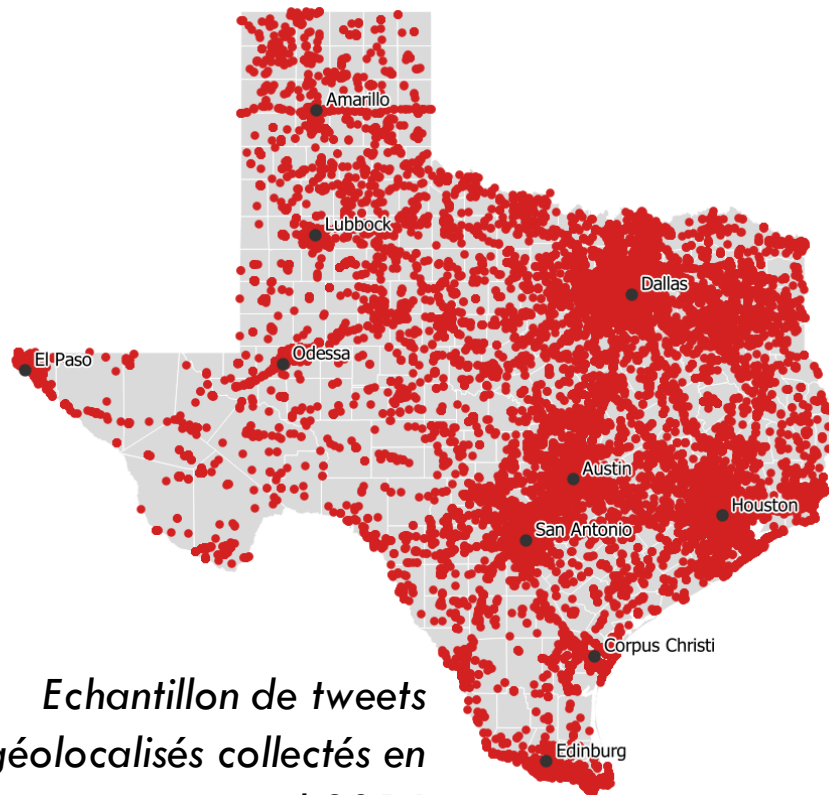


# Introduction

4

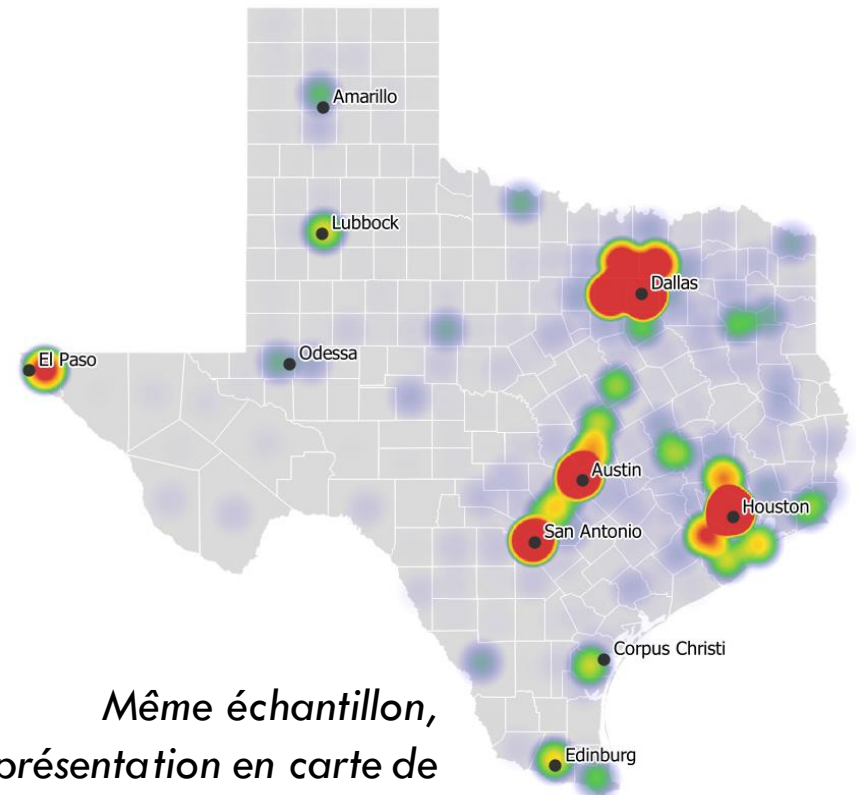
**Exemple 2** : Une carte de densités de tweets géolocalisés au Texas

(1) Spatialiser des données



*Echantillon de tweets  
géolocalisés collectés en  
avril 2016*

(2) Analyser pour améliorer la visualisation



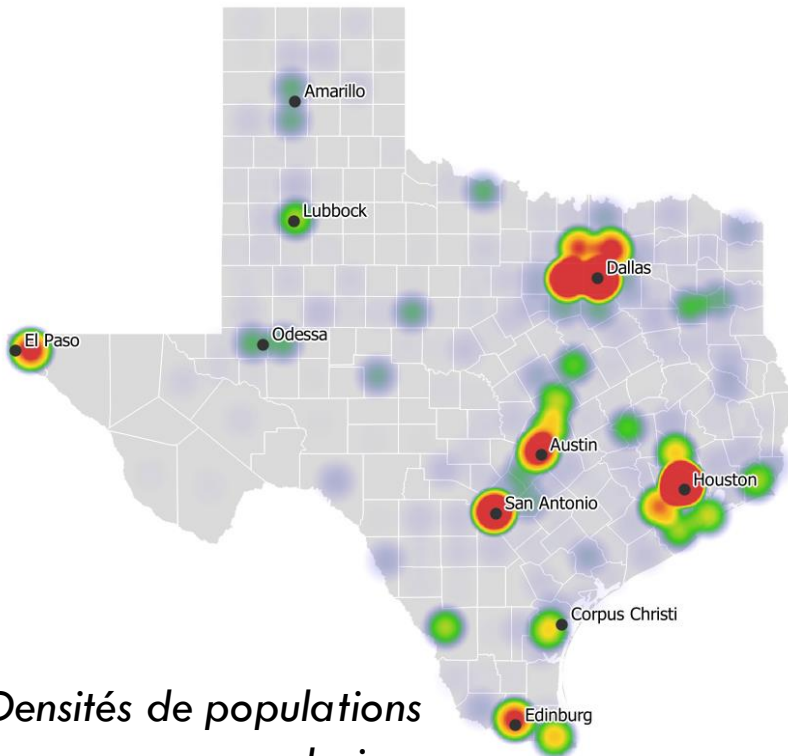
*Même échantillon,  
représentation en carte de  
chaleur*

# Introduction

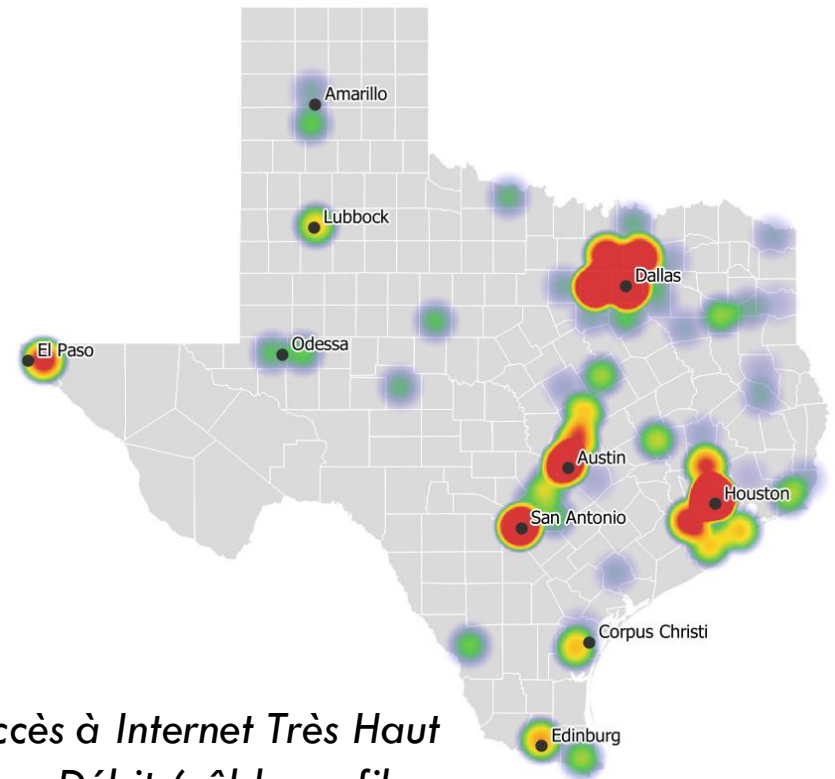
5

**Exemple 2 :** Une carte de densités de tweets géolocalisés au Texas

(3) Emettre et tester des hypothèses pour la compréhension de phénomènes socio-spatiaux



*Densités de populations  
urbaines*



*Accès à Internet Très Haut  
Débit (câble ou fibre  
optique)*

# Introduction

6

Répondre à des questions/problèmes d'aménagement de l'espace qui nécessitent l'étude d'objets/de phénomènes spatiaux

*Où se trouvent les écoles de plus de 500 élèves ?*

*Quelle est la longueur du réseau de pistes cyclables de la Métro?*

*Quels sont les changements d'occupation du sol entre 1980 et 2000 en Isère ?*

*Quelle est la station de tram la plus proche de l'IUG ?*

*Où implanter l'usine de traitement des déchets ?*

# Qu'est-ce-qu'un SIG ?

7

## Un système d'information dédié à l'information géographique

### ❑ Système d'information :

*ensemble organisé de ressources (matériels, logiciels, personnel, données et procédures) qui permet de regrouper, de classier, de traiter et de diffuser de l'information sur un phénomène donné*

### ❑ L'information géographique :

*« l'ensemble de la description d'un objet et de sa position géographique à la surface de la Terre » (AFIGEO)*

### ❑ Le Système d'Information Géographique :

*« Un SIG est un ensemble organisé de matériel informatique, de logiciels, de données géographiques et de personnel, conçu pour saisir, stocker, extraire, mettre à jour, interroger, analyser et afficher toute forme d'information géographiquement référencée » (ESRI).*

# Qu'est-ce-qu'un SIG ?

8

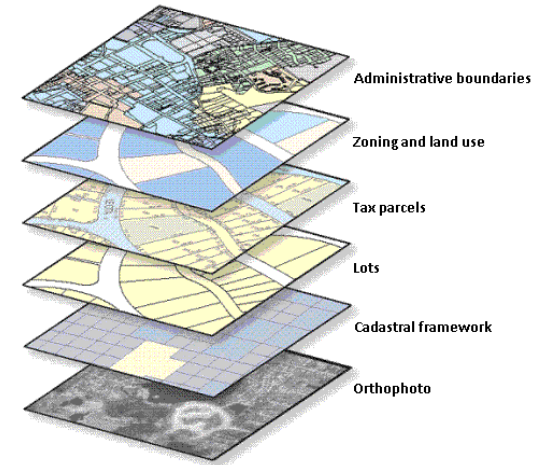
Un **système d'information** dédié à l'**information géographique** ...



*Moyens humains et informatiques*



*Logiciels spécialisés pour le stockage et le traitement de l'information géographique*



*Ensemble de données disponibles pour résoudre un problème à dimension spatiale*

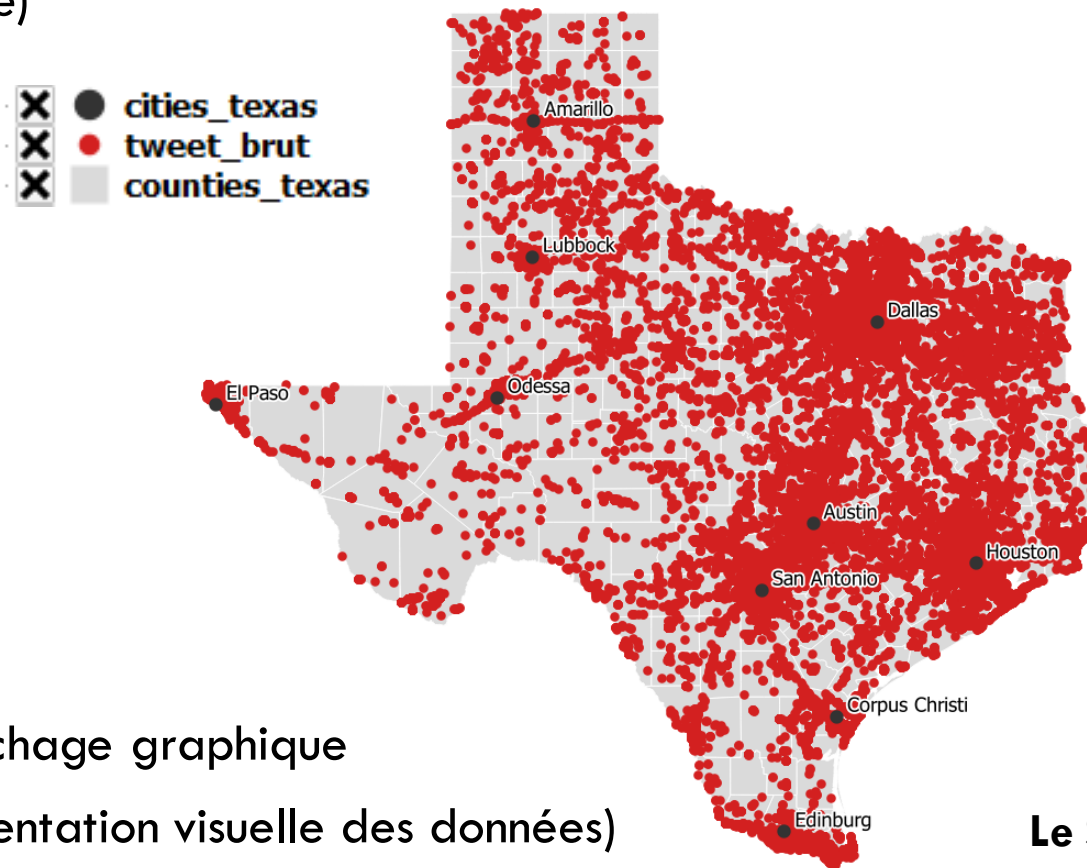
... pour créer, stocker, structurer, mettre à jour, interroger, analyser et valoriser des données de sources et de formes variées.



# Qu'est-ce-qu'un SIG ?

9

A quoi ressemble une donnée d'un SIG ? - Le SIG hérite de la **DAO** (*Illustrator, Inkscape*)



Un affichage graphique  
(représentation visuelle des données)

**Le SIG hérite de la DAO mais ne doit pas y être réduit !**


# Qu'est-ce-qu'un SIG ?

10

A quoi ressemble une donnée d'un SIG ? – Il offre en plus une table attributaire : des propriétés partagées par les objets géographiques

 **tweet\_brut**

| tweet_id           | user_id    | text  | emitted_at          |
|--------------------|------------|---|---------------------|
| 718988531666817024 | 91011936   | strong thunderstorm over pyramid lake... at 633 pm pdt...national weather service meteor...                                       | 2016-04-10 04:26:38 |
| 719004007910346753 | 58101529   | from met mike hernandez,here's a look at tomorrow late as showers and a few storms rol...   | 2016-04-10 05:28:08 |
| 719111711639252992 | 55823412   | 100-year flood? shoot, houston is in trouble during a 10-year storm <a href="https://t.co/vq2oq7xpvp">https://t.co/vq2oq7xpvp</a> | 2016-04-10 12:36:07 |
| 719125899610705920 | 2227560134 | "leave the stormy world of the senses behind you, raise your consciousness to the central ...                                     | 2016-04-10 13:32:29 |
| 719158040474193923 | 64217534   | sunday=sunshine, thunderstorms overnight.star-telegram <a href="https://t.co/cxyubyo3tw">https://t.co/cxyubyo3tw</a>              | 2016-04-10 15:40:12 |
| 719162661867429892 | 59371912   | #repost lala_thebeautifulstorm_ with repostapp.   | 2016-04-10 15:58:34 |
| 719174052456361984 | 474621582  | we are in lesson four of pastor @pastormcgill 's series, "what was, what is, what is to... ht...                                  | 2016-04-10 16:43:50 |
| 719183107568439296 | 55823412   | we'll need to monitor the radar closely this evening for a potentially strong storm complex ...                                   | 2016-04-10 17:19:49 |
| 719219936426496000 | 64217534   | new: multimedia briefing on the threat for severe storms tonight & monday bwx dfw...  | 2016-04-10 19:46:09 |
| 719241074892353536 | 58101529   | weather now: thunderstorm with rain, 72°F, 9 mph south-southeast wind. <a href="https://t.co/dujd...">https://t.co/dujd...</a>    | 2016-04-10 21:10:09 |
| 719255527411200000 | 135160948  | #windblown #stormsabrewin #windmill #windmills #texas #puppytrip2016 #roadtrip @ i4...  | 2016-04-10 22:07:35 |
| 719257699402141697 | 62413708   | severe thunderstorms could hit austin after 8 p.m. abxweather <a href="https://t.co/tjyolvy9ax">https://t.co/tjyolvy9ax</a>       | 2016-04-10 22:16:13 |

 **counties\_texas**

| affgeoid       | name    |
|----------------|---------|
| 0500000US48007 | Aransas |
| 0500000US48025 | Bee     |
| 0500000US48035 | Bosque  |
| 0500000US48067 | Cass    |

**Les attributs sont associés à un certain nombre de tâches (abordées au cours des séances de TD)**

# Qu'est-ce-qu'un SIG ?

11

Le SIG hérite des **Systèmes de Gestion de Bases de Données**

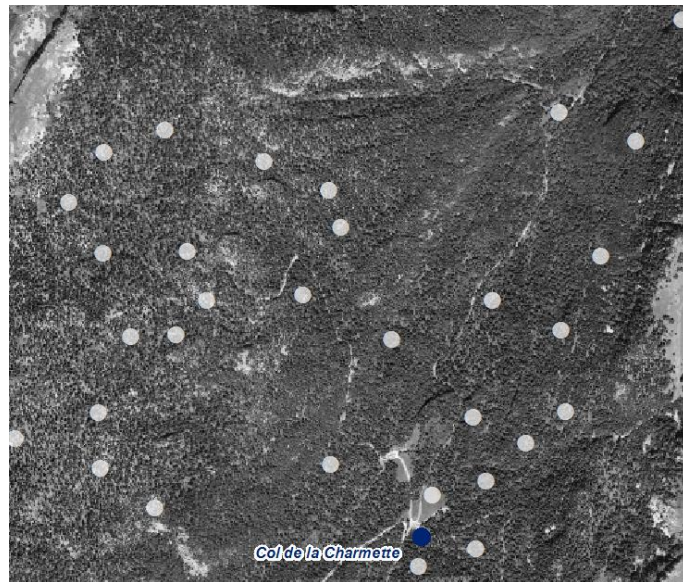
- ❑ Les SIG intègrent le langage SQL, c'est-à-dire le langage de gestion des bases de données
- ❑ Dans les SIG, on l'utilise notamment au moyen de **requêtes attributaires**, pour sélectionner des données qui correspondent à certains critères choisis
- ❑ Exemples :
  - Afficher les tweets émis entre le 9 et le 15 avril 2016*
  - Afficher les villes de plus de 100 000 habitants*
  - Afficher les espaces de forêts de conifères*
- ❑ **Les requêtes attributaires sont effectuées à partir de la table attributaire, d'où l'intérêt d'avoir des données complètes !**

# Qu'est-ce-qu'un SIG ?

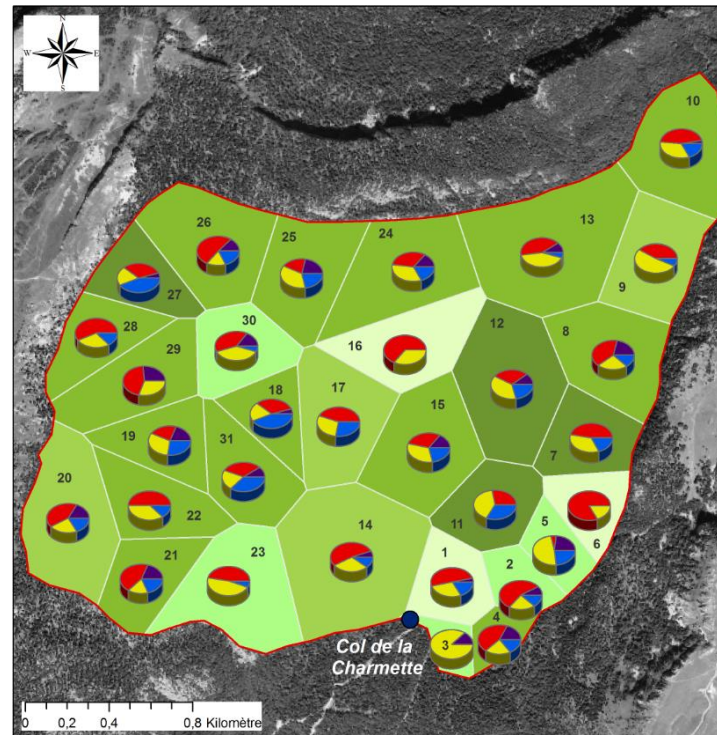
12

Le SIG intègre des **outils d'analyse spatiale et statistique** pour le traitement et la représentation des données

*Exemple : Inventaire de la biodiversité en forêt de Chartreuse*



Données brutes issues des relevés de terrain



Après traitement statistique

Spatialisation de la biodiversité et influence de divers facteurs sur l'IBP

Légende :

Limites du périmètre

Caractéristiques de la biodiversité

- IBP faible (<20)
- IBP moyen (entre 20 et 26)
- IBP intermédiaire (entre 26 et 30)
- IBP fort (entre 30 et 39)
- IBP exceptionnel (>39)

Principaux facteurs liés à la gestion



- Très gros bois vivant (TGB)
- Bois morts sur pied (BMP)
- Microhabitats
- Bois morts au sol (BMS)



# Qu'est-ce-qu'un SIG ?

13

Pour conclure :

- ❑ Les SIG permettent de : dessiner, structurer, mettre à jour ; interroger, sélectionner ; analyser des données géographiques issues de sources variées

- ❑ Pour :

Organiser des connaissances et les exploiter

Analyser les éléments du territoire

Communiquer (partenaires, grand public..)

Décider

Prévoir, simuler, modéliser



# Qu'est-ce-qu'un SIG ?

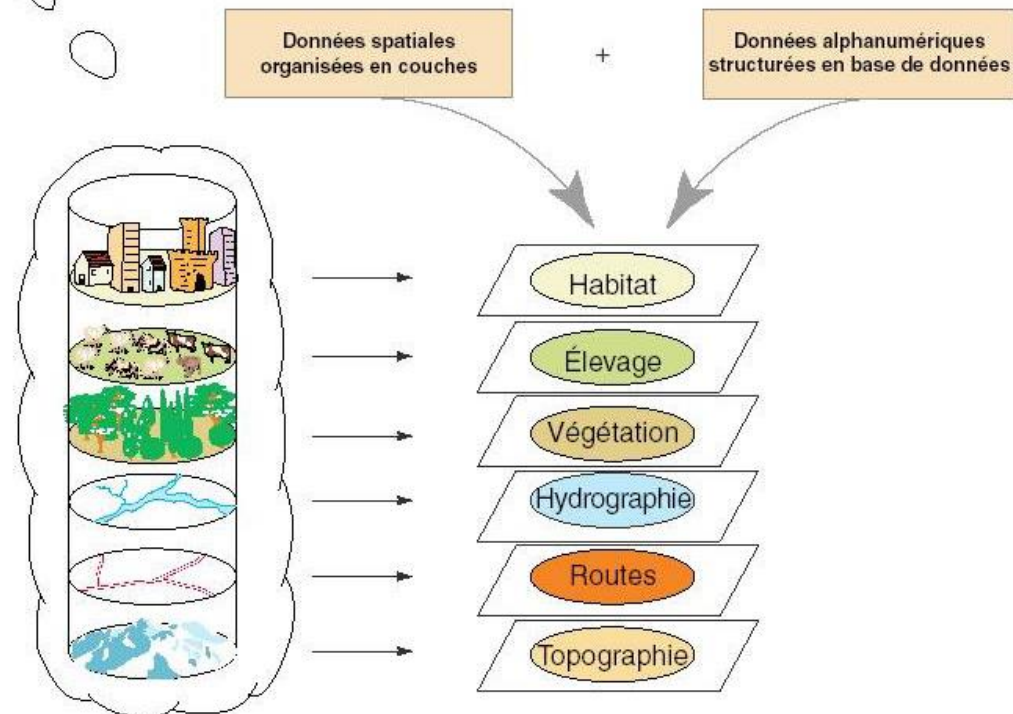
14

Un SIG mobilise donc :

- Des **couches de données** : ensemble d'entités spatiales avec leur localisation et leurs attributs.
- Chaque couche de données correspond à un seul et unique thème.** L'ensemble des couches forme la base de données géographiques.



## Structurer l'information géographique

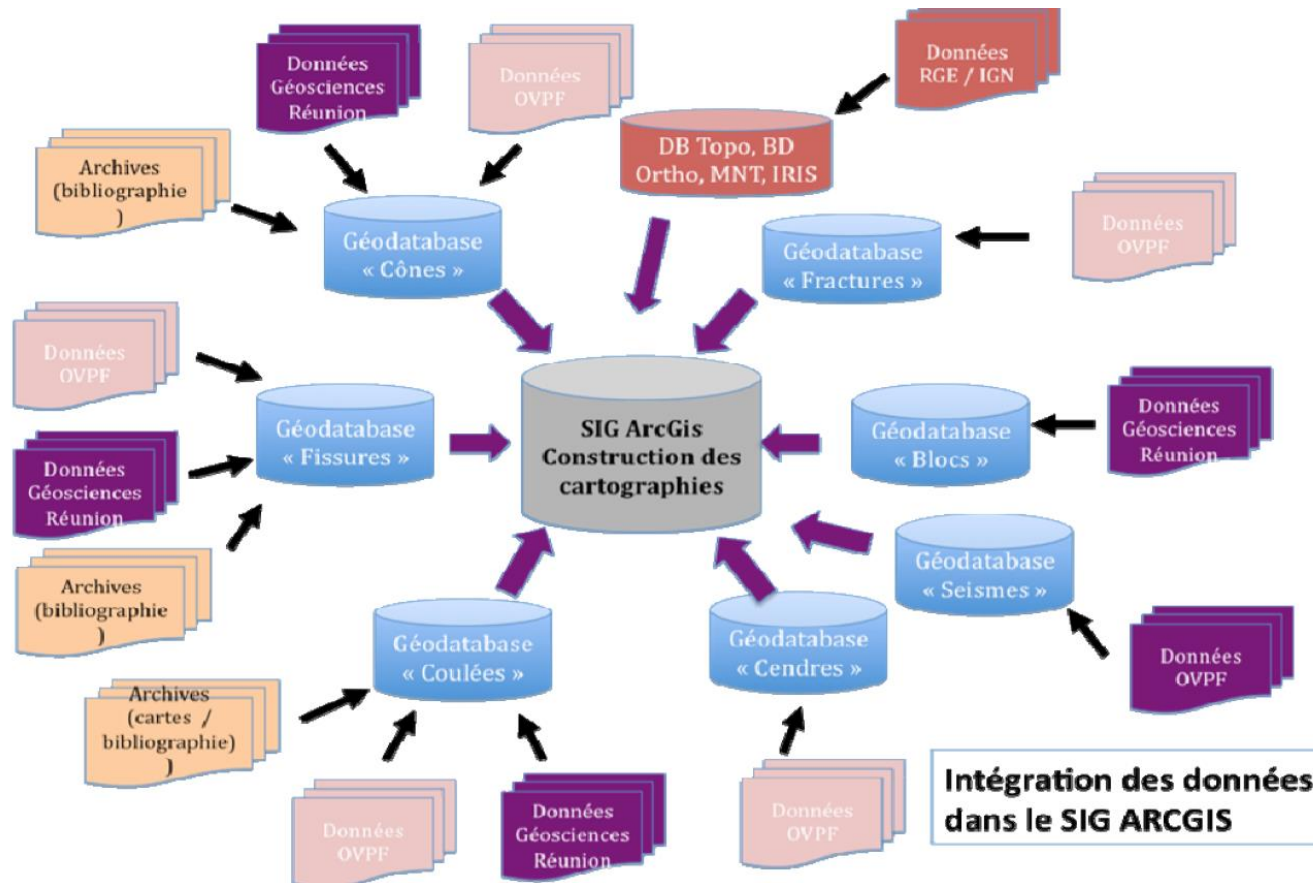


Base de données géographique = ensemble de couches superposables

# Qu'est-ce-qu'un SIG ?

15

*Exemple : Le SIG volcanologique du Piton de la Fournaise*



# L'information géographique

16

Une information à trois composantes (AFIGEO) :

- ❑ une **composante géométrique** : forme et localisation de l'objet
- ❑ une **composante topologique** : indique les relations éventuelles entre un objet et d'autres objets : la contiguïté, inclusion ou autre
- ❑ une **composante attributaire** : l'information relative à un objet décrivant sa nature, soit l'ensemble des attributs (variables ou champs) qui le décrivent.

*géométrie*



*attributs*

Fonction : bâtiment industriel  
Hauteur : 26 m  
Date de construction : 1980

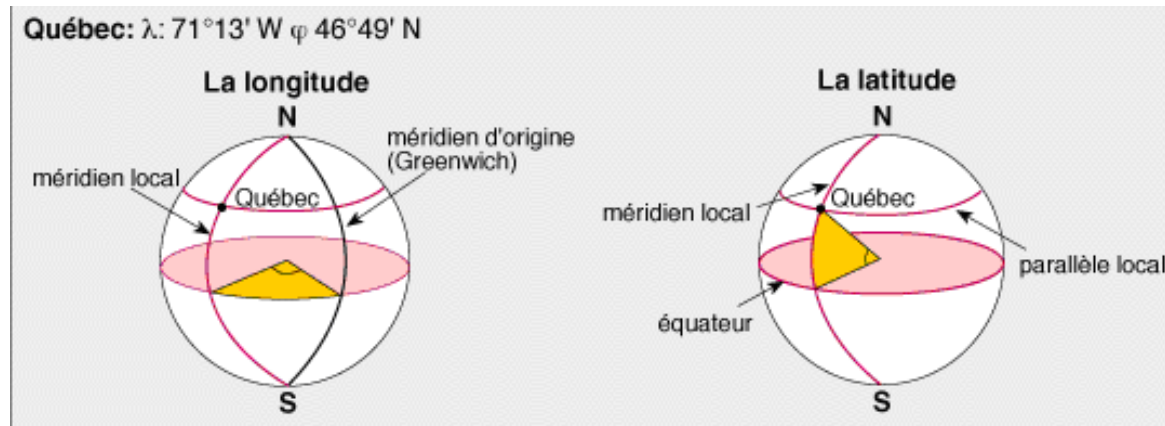


# L'information géographique

17

La composante géométrique : information de localisation dans l'espace

- système de **coordonnées géographiques** (sphère) : coordonnées Longitude/Latitude universelles (GPS, Google Earth) : le WGS84 est le plus fréquent, *la mesure traduit des angles*

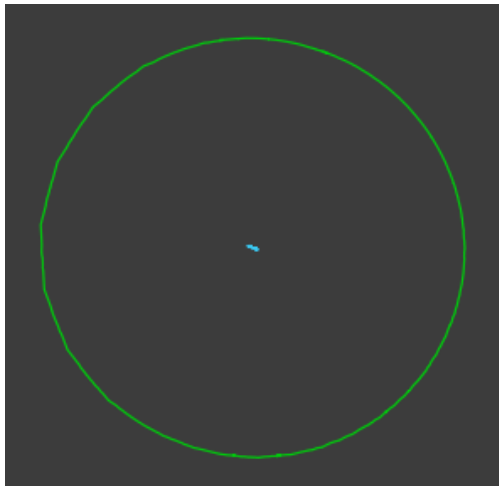


- système de **coordonnées projetées** (plan en 2D, X;Y) : les coordonnées d'un point sont exprimées en mètre et traduisent sa distance au méridien de Greenwich et à l'Equateur

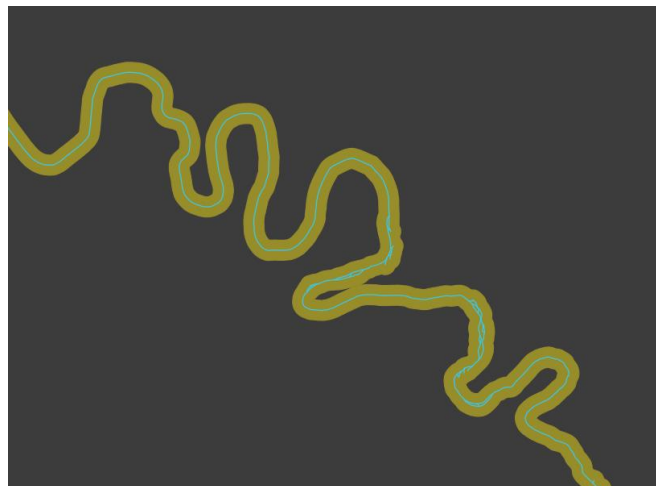
! : On télécharge souvent des données collectées dans un système de coordonnées géographiques (WGS84), notamment via les GPS

Lorsqu'on doit travailler sur des mesures de distance, il est INDISPENSABLE de **convertir** ces **données dans un système de projection**, c'est-à-dire avec des coordonnées métriques :

*Exemple : Création d'une zone tampon de 1000 mètres autour de la Seine*

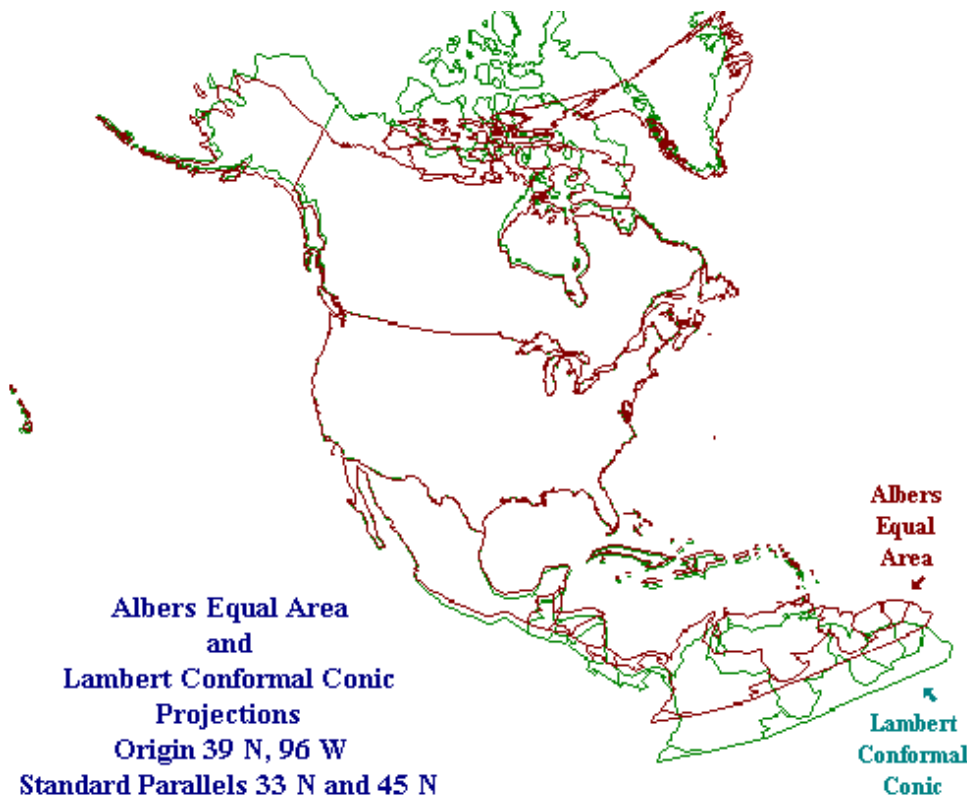


WGS 84 : résultat aberrant



Projection plane en Lambert 93 : résultat attendu

Aucune représentation cartographique en plan (2 dimensions) obtenue à la suite d'une projection ne peut illustrer fidèlement la surface terrestre sans altérer ces éléments : les **directions**, les **distances**, les **surfaces** ou les **formes** des éléments géographiques.



La nature des déformations :

- ❑ Conforme : conserve les angles (formes)
- ❑ Équivalente : conserve les distances (surfaces)
- ❑ Aphylactique : ne conserve ni l'un, ni l'autre

[http://www.lemonde.fr/les-decodeurs/article/2015/10/20/pourquoi-les-cartes-geographiques-sont-mensongeres\\_4793301\\_4355770.html](http://www.lemonde.fr/les-decodeurs/article/2015/10/20/pourquoi-les-cartes-geographiques-sont-mensongeres_4793301_4355770.html)

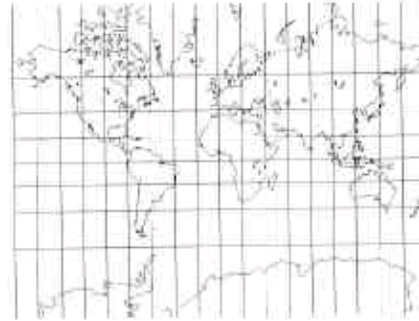
# L'information géographique

20

Conique conforme de Lambert

Cylindrique équatoriale de Mercator

Conforme

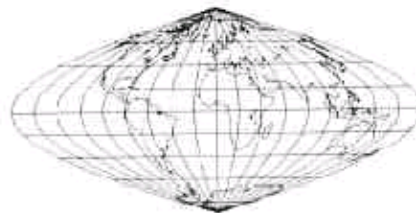
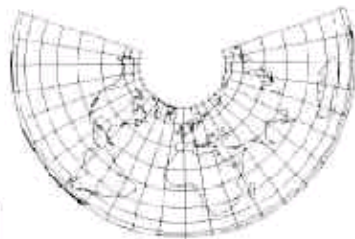


Préserve les angles

Conique équivalente d'Albers

Sinusoidale équivalente

Équivalente

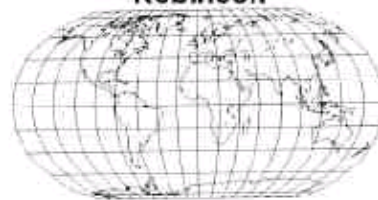
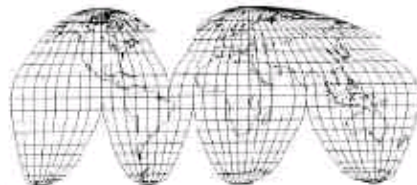


Préserve les superficies

Homolosine de Goode

Robinson

Compromis



Ne préserve rien

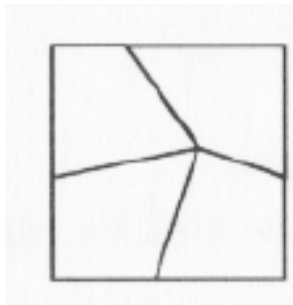
Quelques systèmes de projection fréquemment utilisés :

- ❑ Lambert 93 (France)
- ❑ Albers (Amérique du Nord)
- ❑ UTM (projection de Mercator, délimitée par zones, universelle)

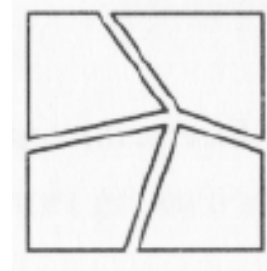
La composante topologique : les relations entre les objets

Lorsqu'on saisit numériquement des données, on l'utilise souvent sous forme de règles pour éviter les erreurs de formes :

- ❑ Règle (couche de polygones) : il ne doit pas y avoir d'espace vide entre les objets

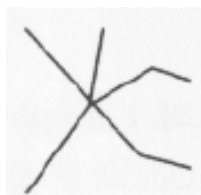


*Bon*

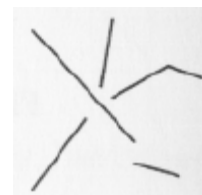


*Erreur*

- ❑ Règle (couche de lignes) : toutes les lignes doivent se rejoindre



*Bon*



*Erreur*

# L'information géographique

22

La composante attributaire : les variables (ou champs) qui décrivent les propriétés des objets géographiques

- « Un **attribut** est une caractéristique d'une entité géographique (objet). Les attributs d'une région de recensement peuvent comprendre, par exemple, son étendue, sa population et le revenu moyen par habitant. Un attribut correspond également à une colonne d'une table » (ESRI)
- Tout objet géographique a au moins un attribut (numéro ID)
- Tout attribut est caractérisé par un **nom**, un **type** (entier, texte...) et une **longueur**

*Attribut, champ ou variable*

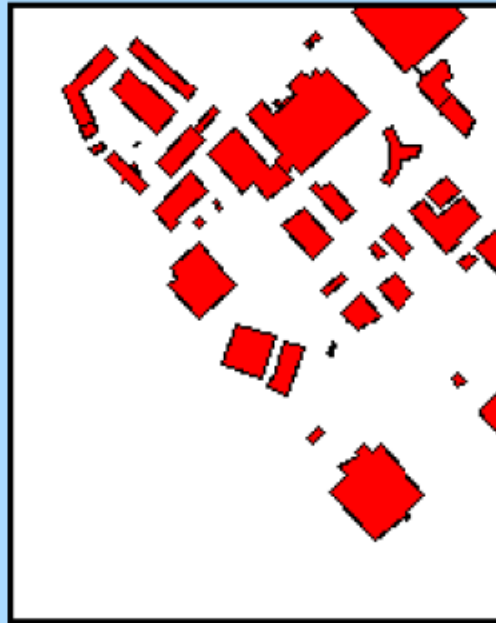
| tweet_id           | user_id    | text   | emitted_at          |
|--------------------|------------|--|---------------------|
| 718597885672054784 | 175283867  | on fridays we have tornado burger ☐☐ @ tornado burger <a href="https://t.co/hl1zsmirg">https://t.co/hl1zsmirg</a>                          | 2016-04-09 02:34:21 |
| 718669562380689408 | 2544250500 | ☐ severe thunderstorm warning including pecos tx, mentone tx, barstow tx until 1:15 am cdt <a href="https://t.co/...">https://t.co/...</a> | 2016-04-09 07:19:10 |
| 718861393714409472 | 90780828   | say what!!!! the texas tornado...colin edwards... @ circuit of the... <a href="https://t.co/vpuaytyh4k">https://t.co/vpuaytyh4k</a>        | 2016-04-09 20:01:26 |
| 718266955493470208 | 2864061615 | disaster unemployment aid storms is available in 13 texas counties <a href="https://t.co/7znao1t48o">https://t.co/7znao1t48o</a>           | 2016-04-08 04:39:21 |
| 718268227130933248 | 1301993648 | "@nytimes: how a flood of cheap heroin led to a gang war in a once-iconic colorado town <a href="https://t.co/...">https://t.co/...</a>    | 2016-04-08 04:44:24 |
| 718307691010134016 | 73663373   | scattered rain & a few storms friday. clearing & 82° saturday. gusty/dusty sunday. near nor...   | 2016-04-08 04:44:24 |
| 718311029986476033 | 25079247   | good, dust stormy times. @ austin, texas <a href="https://t.co/h16pxyax1z">https://t.co/h16pxyax1z</a>                                     | 2016-04-08 04:44:24 |

*Objet ou entité*

# L'information géographique

23

L'information géographique de type vecteur (dessin, cf. *Illustrator*, *Inkscape*)



**Modèle vecteur** : chaque objet représenté sur la carte est décrit par des **points successifs** composant son pourtour. Chaque point est localisé par ses coordonnées et est joint au point suivant par un segment de droite (d'où le terme de vecteur).

Réalité

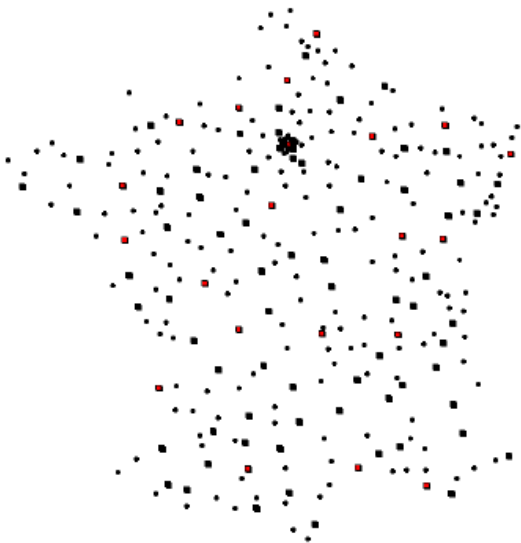
Vecteur



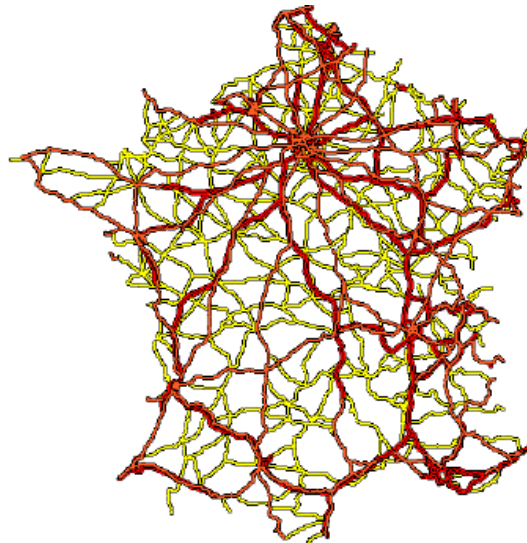
# L'information géographique

24

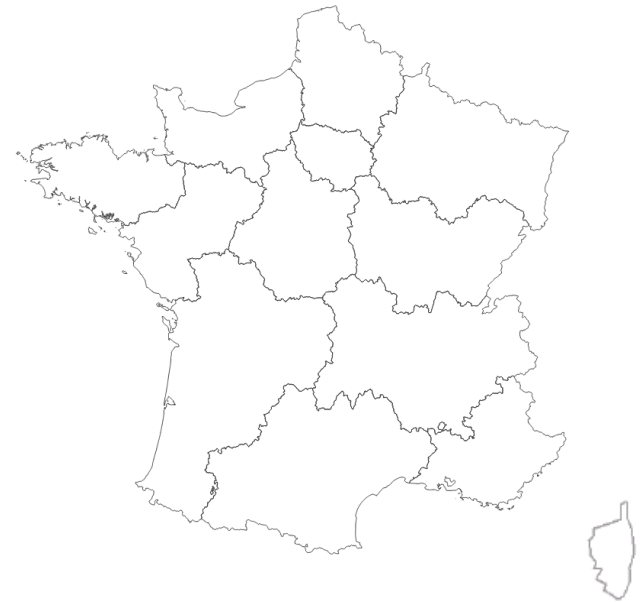
- ❑ Une couche vecteur est composée d'une **représentation géométrique** des objets et d'une **table attributaire**
- ❑ Attributs et entités sont reliés par un numéro d'identification
- ❑ En fonction de leur nature, les objets géographiques peuvent être représentés selon trois formes : **points, lignes et polygones**



Villes → Points



Routes → Lignes






Régions → Polygones

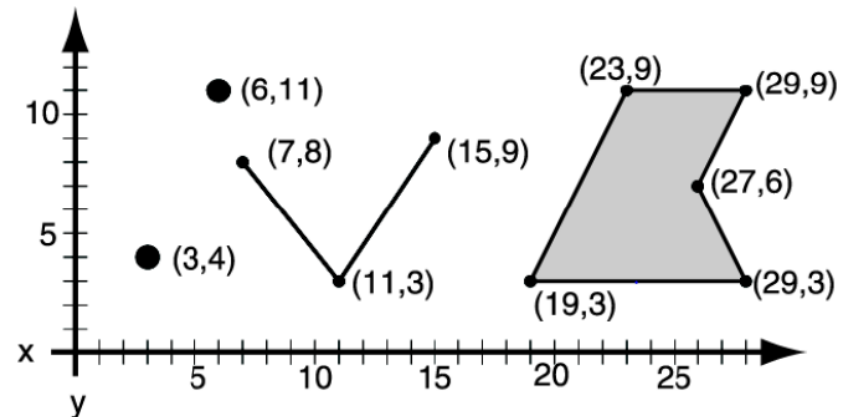


# L'information géographique

25

Représentation de l'information vectorielle dans un plan x, y (système de coordonnées projetées) :

| Composante        | Représentation graphique  | Représentation dans un fichier  |
|-------------------|---|---|
| point             |    | id,x,y  |
| Ligne / polyligne |    | id, N<br>$x_1, y_1$<br>$x_2, y_2$<br>...<br>$x_N, y_N$<br>est de<br>$x_1, y_1$<br>différent<br>$x_N, y_N$ |
| polygone          |  | id, N<br>$x_1, y_1$<br>$x_2, y_2$<br>...<br>$x_N, y_N$<br>$x_1, y_1$<br>$x_1, y_1 = x_N, y_N$             |



| Identificateur (id) | Attribut #1 (Ex. Nom) | Attribut #2 (Ex. Population) |
|---------------------|-----------------------|------------------------------|
| 1                   | Commune 1             | 17 521                       |
| 2                   | Commune 2             | 3 526                        |
| ...                 | ...                   | ...                          |

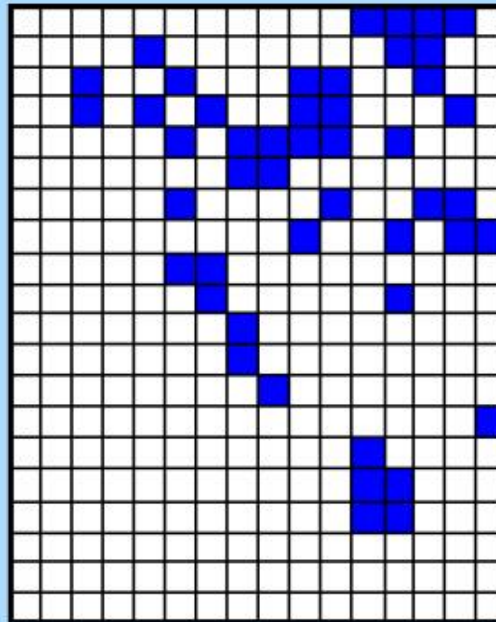
# L'information géographique

26

L'information géographique de type raster (imagerie aérienne, satellite, modèle numérique de terrain)



Réalité



Raster 25m

**Modèle raster** : représentation de l'information géographique sous la forme d'une **matrice de cellules** (pixels), caractérisées par une couleur (ou teinte). L'espace géographique est subdivisé de **façon régulière** en cellules de **même forme** et de **même dimension** (résolution spatiale).

## Vecteur ou Raster ?

### ❑ Avantages du mode vecteur

Représentation des objets conforme à la réalité

Possibilités de décrire les objets via de nombreux attributs

Calculs de distances, périmètres, aires plus précis

Bonne qualité des sorties graphiques

### ❑ Quel choix ?

Deux modes complémentaires

Choix dépend : thématique, type d'analyse à effectuer, échelle de l'étude

Quelques remarques sur l'information géographique :

- **Précision** et **qualité** des données : précision de la localisation (incertitude spatiale), de la description des objets (valeurs manquantes)
- **Date de création/de mise à jour** : importante, notamment pour les données à caractère social
- **Système de projection** : bien veiller à ce que les couches aient la même projection quand elles sont superposées
- **Propriété des données** : ne jamais oublier de mentionner les sources des données ! (même si elles sont libres)

*Avant toute utilisation d'un jeu de données, examiner les métadonnées*

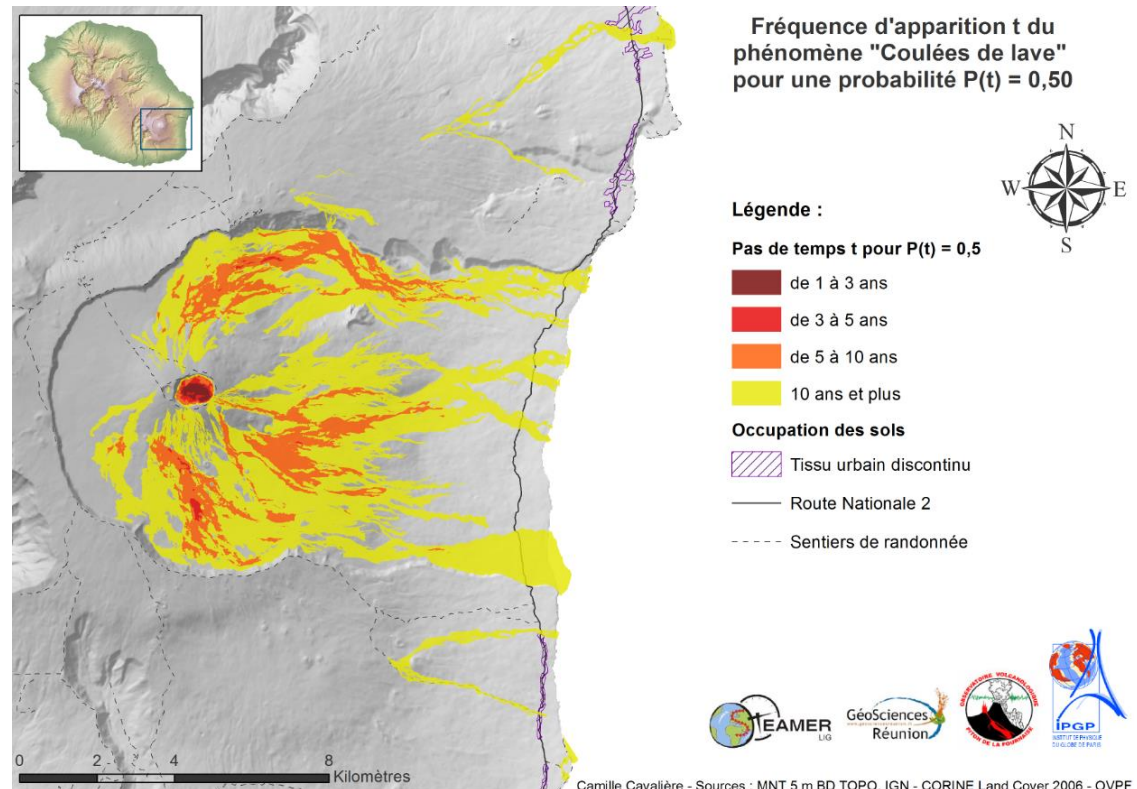
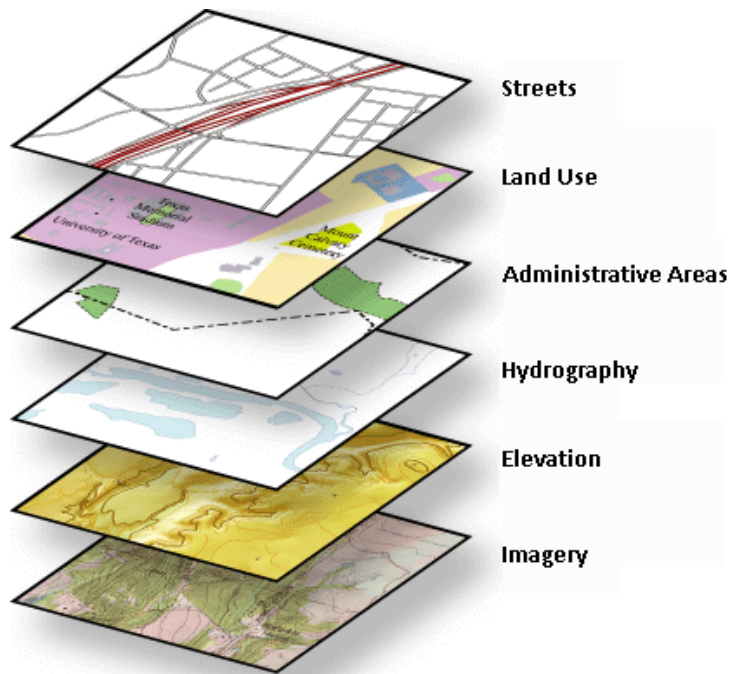
Le SIG va, à partir de ses fonctionnalités, permettre de répondre à ces questions :

- **Où ?** recherche spatiale d'objets par rapport à leurs caractéristiques  
*Où sont les musées d'Etat de Grenoble ?*
- **Quoi ?** recherche de caractéristiques d'objets par rapport à leur positionnement  
*A quelle distance d'une station de tram se trouve mon immeuble ?*
- **Comment ?** recherche de relations qui existent entre différents objets, création d'une nouvelle information par croisement d'informations  
*Quels cours d'eau traversent l'ensemble des communes de la Métro ?*
- **Quand ?** recherche de changements intervenus sur les données  
*Comment a évolué la surface agricole en Isère entre 2006 et 2011 ?*
- **Et si ?** définir des hypothèses en fonction de la distribution des données

# Fonctionnalités clés

30

## La visualisation des données



## La création/mise à jour des données

- ❑ par **digitalisation ou numérisation** : revient à dessiner par-dessus un fond de carte (image ou carte en général) des lignes, points ou polygones pour pouvoir les intégrer dans le SIG : **on numérise quand les données sont inexistantes ou quand elles sont sur un format papier (cartes anciennes, etc.)**
- ❑ par **ajout/suppression** de données géométriques ou attributaires dans une couche existante
- ❑ par **modification** des données géométriques ou attributaires existantes
- ❑ par **jointure** : enrichissement d'une table attributaire par l'ajout de données externes, stockées dans une table (csv), la correspondance s'effectuant objet par objet grâce à un **champ commun** aux deux tables
- ❑ par **calcul automatique de champ** : calcul de paramètres géométriques, création d'un nouvel attribut à partir d'attributs existants

## L'interrogation des données

- ❑ par **requête attributaire** : sélectionne des objets en fonction des modalités attributaires recherchées par l'utilisateur

*Où sont situés les espaces de loisirs ?*

- ❑ par **requête spatiale** : sélectionne des objets en fonction de leur localisation par rapport à d'autres objets

*Quels cours d'eau traversent l'ensemble des communes de la Métro ?*

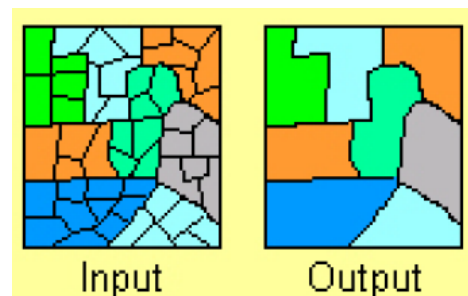


## L'analyse spatiale

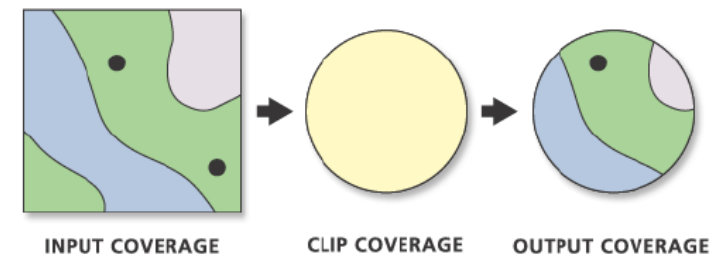
- ❑ Ensemble de concepts, méthodes et outils qui permettent d'explorer les propriétés des objets et phénomènes géographiques (physiques ou sociaux) et d'en élaborer des représentations
- ❑ Vise généralement à mieux comprendre les logiques spatiales à l'oeuvre et/ou à fournir des solutions optimales à des problèmes concrets

## Exemples :

- ❑ Mesures spatiales
- ❑ Indicateurs statistiques
- ❑ Agrégation de données
- ❑ Analyse de voisinage
- ❑ Analyse de contenu



*Agrégation des données*



*Analyse de contenu*

# Quelques exemples

34

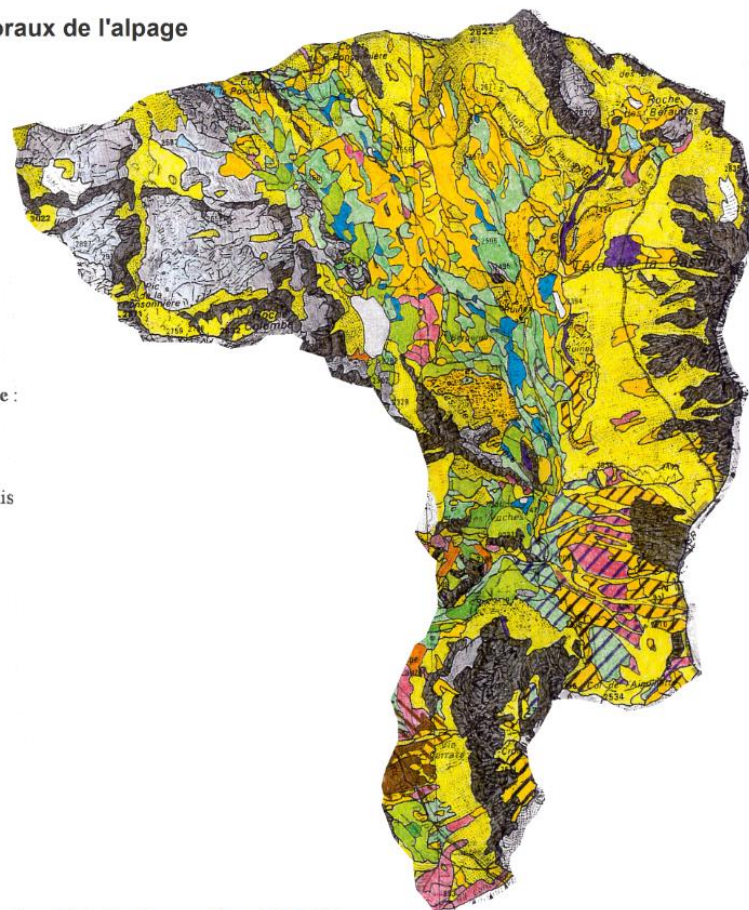
## Numérisation de données saisies sur carte papier

Carte des grands types de faciès pastoraux de l'alpage de la Ponsonnière

Légende :

-  Pelouses denses sur pente faible à moyenne :
  - pelouses à ressource moyenne à assez forte
  - pelouses à ressource médiocre
-  Pelouses nivales à recouvrement fort :
  - pelouses à ressource faible
-  Pelouses denses sur pente moyenne à forte :
  - pelouses à ressource moyenne
-  Pelouses à recouvrement moyen et ressource faible :
  - pelouses sur pente faible
  - pelouses sur pente forte
-  Pelouses très ouvertes ; mosaïque pelouses – éboulis
-  Éboulis peu ou non végétalisés
-  Zones humides
-  Formations arbustives basses ; colonisation
-  Bois résineux ; colonisation
-  Mosaïque rochers – pelouses
-  Rochers ; zones à forte pente
-  Névés ; glaciers

0 0,5 1 2  
Kilomètres



# Quelques exemples

35

## Numérisation de données saisies sur carte papier

### Carte des faciès pastoraux - Alpage de la Ponsonnière -

#### Légende

##### Types de formations végétales

##### Pelouses denses sur pente faible à moyenne

Pelouses à ressource moyenne à assez forte

Pelouses à ressource médiocre

##### Pelouses nivales à recouvrement fort

Pelouses à ressource faible

##### Pelouses denses sur pente moyenne à forte

Pelouses à ressource moyenne

##### Pelouses à recouvrement moyen et ressource faible

Pelouses sur pente faible

Pelouses sur pente forte

##### Autres faciès

Eboulis peu ou non végétalisés

Pelouses très ouvertes ; mosaïque pelouses-éboulis

Zones humides

Formations arbustives basses

Bois résineux

Mosaïques pelouses-rochers

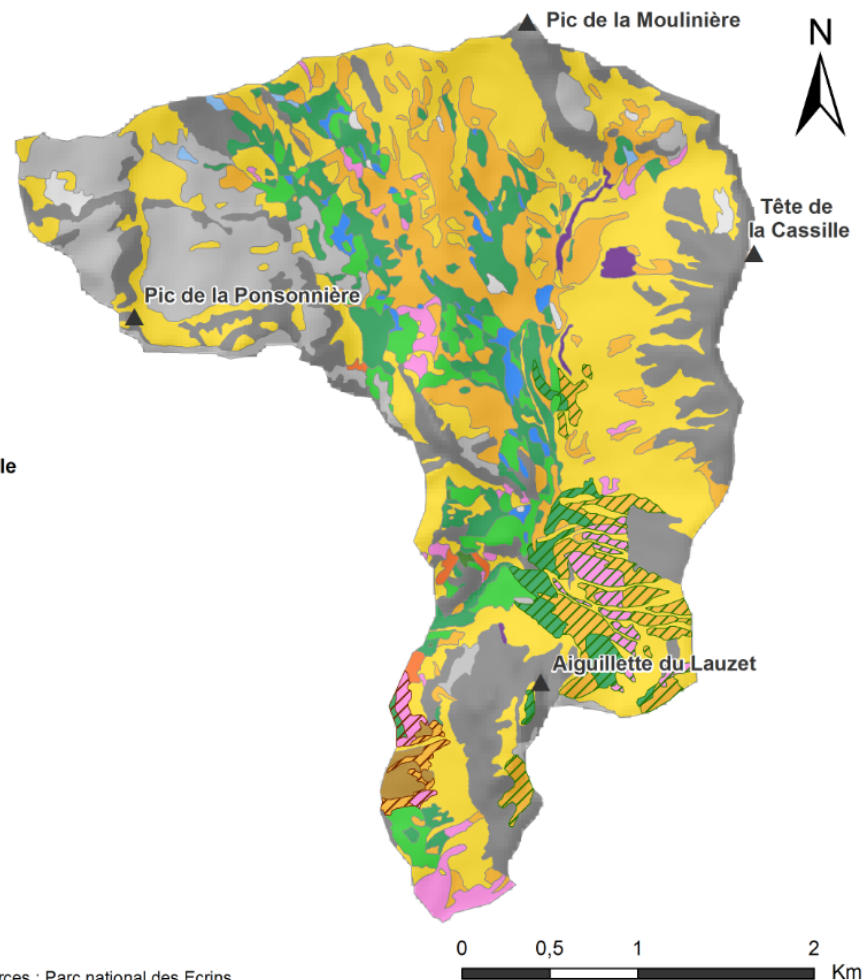
Rochers des zones à forte pente

Névés & Glaciers

##### Espaces de colonisation végétale

Colonisation de formations arbustives basses

Colonisation de résineux



# Quelques exemples

36

## Analyse spatiale – Détermination d'un site en fonction de contraintes

Recherche de la localisation optimale  
d'un site pour l'implantation d'une  
usine chimique dans le Var

### Légende :

#### 1. Eléments d'occupation du sol

Limites des communes concernées

Surfaces bâties

Centres de secours

#### Réseau routier

Autoroute

Route nationale

Route départementale

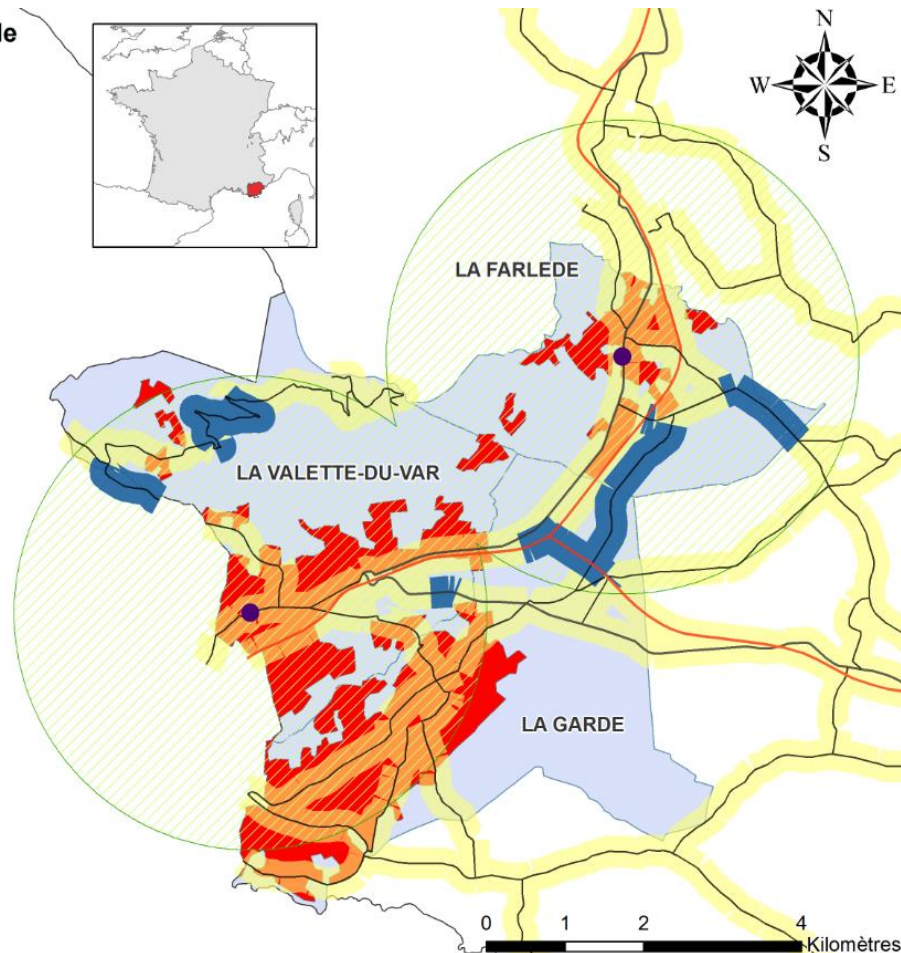
#### 2. Eléments d'analyse spatiale

Rayon d'intervention des secours (3 km)

Distance de 200 m aux routes

#### 3. Résultats

Sites d'implantation envisageables



Un système d'information géographique...

...est plus qu'un outil de DAO ou de CAO

...peut mobiliser des données variées

...constitue un outil d'aide à la décision

...nécessite avant tout de la réflexion

Les principaux logiciels :

- ❑ propriétaires : MapInfo, suite ArcGIS (ArcMap, ArcScene, ArcCatalog, etc)
- ❑ libres : QGIS, SAGA, OpenJump
- ❑ autres (logiciels libres qui intègrent des modules propres aux SIG) :
  - ❑ R : langage de programmation qui dispose de librairies (bibliothèques de fonctions) destinées à l'analyse de données : statistiques, statistiques spatiales, analyse de données environnementales et cartographie.
  - ❑ PostgreSQL et son extension spatiale PostGIS : SGBD sur lequel il est possible d'exécuter des requêtes spatiales

Si vous ne deviez vous souvenir que de trois choses essentielles :

- ❑ Un Système d'Information Géographique est bien plus qu'un logiciel de dessin : il sert à collecter, archiver, organiser et traiter des données issues de sources variées
- ❑ Un Système d'Information Géographique n'est pas réduit au logiciel que vous utilisez: un SIG inclut des moyens humains (personnes mobilisées pour la recherche, la collecte de données et le traitement), des moyens informatiques (logiciel(s) de traitement et système de stockage des données) ET les données classées en bases de données géographiques.
- ❑ L'objectif d'un SIG n'est pas forcément de produire des cartes : il consiste d'abord à regrouper et analyser les données en les visualisant. D'ailleurs, la plupart des logiciels ont un rendu cartographique final peu satisfaisant...