



**UNIVERSITE DE LISALA**

**CENTRE INTERUNIVERSITAIRE DE RECHERCHE  
PLURIDISCIPLINAIRE (CIREP)**

**STATUT : UNIVERSITE PUBLIQUE**

**Web : [www.cirep.ac.cd](http://www.cirep.ac.cd)**

**Email : [info@cirep.ac.cd](mailto:info@cirep.ac.cd)**

# **NOTES DE COURS DE SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE**

## **Objectif du cours**

Ce cours a comme objectif de familiariser l'étudiant à l'utilisation des données géographiques pour améliorer la compréhension, la planification et la prise de décision dans divers domaines, en exploitant la puissance de la dimension spatiale des informations.

## Cadre historique

Le concept SIG est né en 1963, propose par le topographe canadien R.F.Tomlinson, le SIG a commencé à pénétrer et appliquer dans les différents de l'informatique, traiter et manipuler les données géospatiales, utiliser le modèle géographique à analyser les données, cette technologie permet le SIG s'est rapidement implique dans la science informatique, la science de l'information, la télédétection, la géographie, la cartographie, les études environnementales, les études de ressources, devient une nouvelle interdisciplinaire. Le SIG couvre une grande variété.

La première utilisation du terme « Système d'Information Géographique » a émergé grâce à Roger Tomlinson en 1968 dans son essai : « Un système d'information géographique pour l'aménagement du territoire » Roger Tomlinson est connu comme le père du système d'information Géographique.

### a. Définition

#### - L'information géographique

C'est une représentation d'un objet ou phénomène réel, localisé dans l'espace et dans un moment donné, Soit sous forme de coordonnées, nom de lieu, ou adresse ou autre

#### - Définition de système d'information géographique « SIG » :

1<sup>ère</sup> Définition : C'est un système informatique de matériel, de processus, conçus pour permettre :

· La collecte · La gestion · La manipulation · L'analyse · La modélisation · L'affichage de donnée à référence spatiale Afin de résoudre des problèmes complexes d'aménagements et de gestion.

« La commuté fédérale de coordination inter agence pour la cartographie numérique 1988 USA »

2<sup>ème</sup> Définition de système d'information géographique « SIG » :

Le système d'information géographique, est l'ensemble de données répéter dans l'espace, structurer de façon de pouvoir on extraire des synthèses utiles à la décision.



## I. Type de SIG

Il existe trois types des SIG, définis en fonction du besoin et de l'utilité recherchée

- ❖ Le type Gestion : pour faciliter la gestion d'une base de données,
- ❖ Le type Etude : pour répondre à une étude particulière,
- ❖ Le type Observatoire : pour maintenir à jour l'information sur un site donné.

### Les composants majeurs d'un SIG :

Les SIG fonctionnent sur une très large gamme d'ordinateur connectés en réseau ou d'une façon autonome.

- Principaux composants logiciels d'un SIG (outils pour) :
- Saisir et manipuler les informations géographiques.
  - SGBD
  - Outils de requête, analyse et visualisation
  - Interface graphique utilisateur.

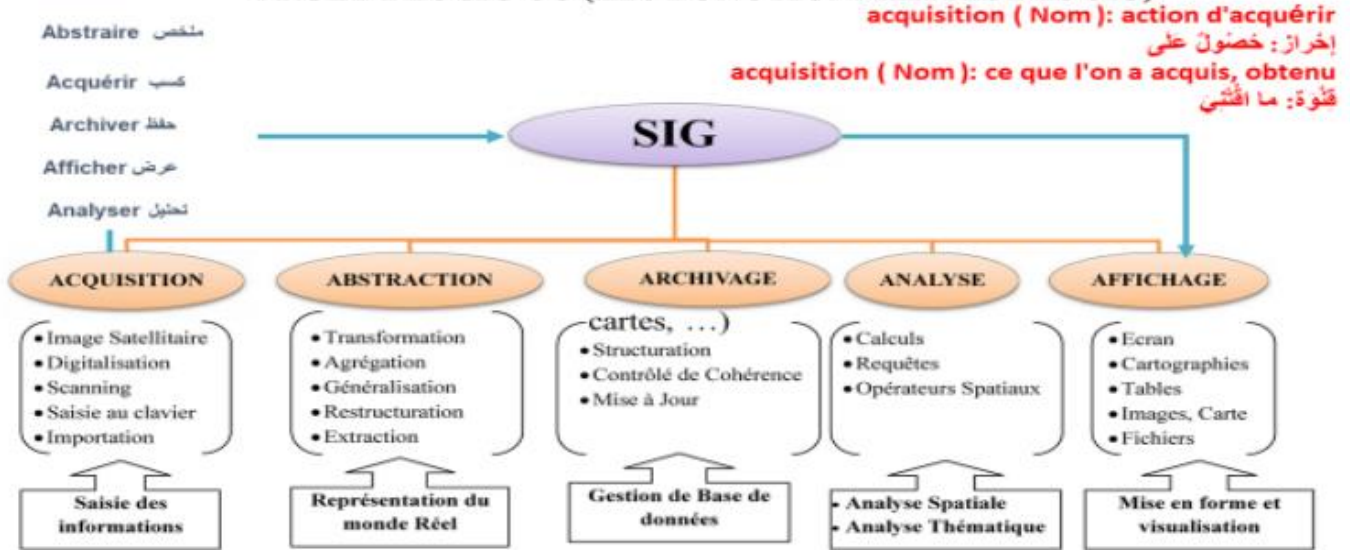


Les données sont les composantes les plus importantes.

La mise en oeuvre d'un SIG ne peut s'envisager sans le respect de certaines règles et procédures propres à chaque organisation

Un SIG étant un outil, c'est ses utilisateurs qui permettent de l'exploiter

### LE RÔLE DES SIG OU (LES FONCTIONNALITES DES SIG)



**Remarque :**

Les anglo-saxons considèrent que 4 fonctionnalités (1-la saisie des données, 2- le stockage, 3-l'analyse, 4- la sortie (production de cartes,...))

### Les principales sources de données

Acquisition de l'information par création de données

Acquisition de l'information par importation de données

- Relevés de terrain ou levés topographiques, GPS

- Enquêtes et recensements, registres administratifs, état civil
- Photographies aériennes et photogrammétrie
- Télédétection spatiale
- Cartes scannées et/ou vectorisées
- Modèles numériques de terrain

L'acquisition de données peut représenter plus de 80% du coût d'un projet SIG



### Les Concepts Théoriques de base

Il est important de noter que :

- a. Faire un SIG ne consiste pas à manipuler un ordinateur.
- b. Faire du SIG ne consiste pas à produire des cartes : les cartes ne sont pas une fin, mais un moyen d'aide pour proposer des solutions à un problème posé,
- c. Faire du SIG consiste avant tout : à poser correctement un problème, concevoir les solutions pour le résoudre, résoudre, réunir l'information nécessaire, traiter les données inhérentes au problème donné, interpréter les résultats et communiquer la (ou les) solution spécifique préconisée.

### Quelques exemples de questions auxquelles un SIG peut répondre :

Les SIG permet de répondre à un grand nombre de question sur le territoire :

**Où ?** : recherche spatiale d'objets par rapport à leurs caractéristiques,

**Quoi ?** : recherche de caractéristiques d'objets par rapport à leur positionnement,

**Comment ?** : rechercher de relation qui existent entre différents objets, création d'une nouvelle information par croisement d'informations,

**Quand ?** : recherche de changements d'informations,

**Et si ?** : définir en fonction de certaines hypothèses l'évolution du terrain, étude d'impact

- Quel est l'état des routes sur une commune ?
- Qu'est-ce qui a changé depuis 1952 ?
- Quelles sont les parcelles concernées par une inondation éventuelle ?
- Quelles sont les zones sensibles en cas de glissement de terrain ?
- Quel est le chemin le plus rapide pour aller de la caserne des pompiers à l'incendie ?
- Que se passe-t-il si une substance toxique se déverse à tel endroit ?
- Où implanter des postes de surveillance d'incendie de forêt ?
- Trouver les zones favorables à la culture du riz ?
- Comment évolue la déforestation en Amazonie ?

### **Les domaines d'application des SIG**

Les domaines d'application des SIG sont aussi nombreux que variés.

Citons cependant :

- Tourisme : gestion des infrastructures, itinéraires touristiques ;
- Marketing : localisation des clients, analyse du site ;
- **Planification urbaine** : cadastre POS, voirie, réseaux assainissement ;
- **Protection civile** : gestion et prévention des catastrophes ;
- Transport : planification des transports urbains, optimisation d'itinéraire ;
- **Hydrologique**
- **Forêt** : cartographie pour aménagement, gestion des coupes et sylviculture ;
- **Géologie** : prospection minière ;
- **Télécom** : implantation d'antennes pour les téléphones mobiles

## **II. Les avantages d'un SIG**

1. Un SIG permet d'établir plus rapidement et à moindre prix ;
2. Un SIG permet aussi d'établir des cartes et des plans que l'on ne pouvait pas réaliser à la main. Grâce à l'informatique.

3. Un SIG évite d'avoir à refaire plusieurs fois les mêmes levés sur le terrain ;
4. Un SIG facilite la réalisation d'étude pour tous les projets ayant une composante
5. Le SIG permet des calculs utiles à la prise de décision.

## **IV.1. Les avantages d'un SIG par rapport à la Cartographie traditionnelle**

1. Capacité de stockage accrue
2. Requête spatiale
3. Facilite de mise à jour et répétitions à moindre coût ;
4. Production de cartes : bon rapport qualité / prix.

### **Les aspects à examens avant de retenir l'outil**

#### **Quels sont les aspects qu'il faut examiner avant de retenir l'outil ?**

- Saisie de données et importation (divers formats d'importation sont requis).
- Comment se fait la gestion de grands volumes de données ? (Examen les temps de réponse du système) ;
- Possibilité d'intégration des données selon une modification ;
- Visualisation des données (cartes et données). Les mises en page possibles. Le passage à des logiciels de dessin pour terminer l'habillage d'une carte ;
- La facilité des requêtes sur les données (langage SQL assisté)
- Les analyses disponibles disponible (spatiale et thématique)
- La prise en charge des modifications. La mise à jour des données et gestion de l'historique (métadonnées)
- L'extraction et le changement de format SIG ouvert au niveau des formats d'entrée et pouvant exporter les données dans de nombreux formats)

Ainsi, un SIG possède de nombreuses fonctionnalités : saisie, représentation, visualisation, gestion, requêtes, modification, analyse et extraction.

Les bons SIG possèdent des langages de programmations pour automatiser certaines tâches (langage MapBasic sous MapInfo).

#### *a La saisie de l'information graphique*

Des outils et périphériques sont mis à la disposition des utilisateurs pour digitaliser les objets graphiques :

- À partir d'un fond scanné (image raster<sup>1</sup>) préalablement géoréférencé<sup>2</sup>, il est possible, à l'aide des outils de dessin et de la souris, de saisir sur une couche dessin à sauvegarder les contours ou détails repérables par transparence.
- On peut aussi saisir l'information graphique à partir d'une table à digitaliser en prenant

### *b La gestion des données*

Un SIG facilite la gestion des bases de données ; pour cela il doit permettre :

- La gestion et modification la structure des bases (ajout et suppression de champs, fixer la nature du champ – de type caractère, flottant, virgule fixe, entier court ou long)
- Manipuler de nombreuses couches d'information (on peut empiler les tables et faire des jointures pour lancer des requêtes complexes, associant plusieurs tables)
- Modifier les systèmes de référence cartographique (Le SIG doit offrir plusieurs systèmes de projection cartographique)
- Permettre l'accès à des bases de données externes ou distantes structurées dans des environnements variés (Access, Oracle, etc.).

### **c. Les traitements**

- Un SIG permet de faire des requêtes sur la base de données (sélectionner une ou plusieurs tables, définir un critère, choisir un opérateur, arithmétique, spatial ou sur des chaînes de caractère, agréger des données dans un niveau géographique supérieur de l'ilot à la commune ou de la commune au canton...).
- Il doit faciliter les traitements (numérique, analyse spatiale), mise à jour de champ par du calcul à partir d'une ou plusieurs tables :
  - Evaluation des surfaces par des fonctions sur les objets de type polygone ;
  - Calculer des distances entre objets.
  - Calculer des densités en divisant les champs population et surface présents dans la base.
  - Estimer une population présente dans un cercle de 20 km autour d'une ville ou à 500 m autour d'un arrêt de bus projeté, etc.



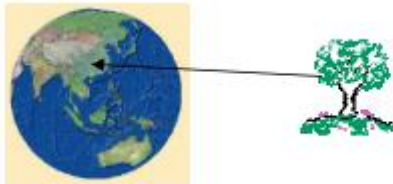
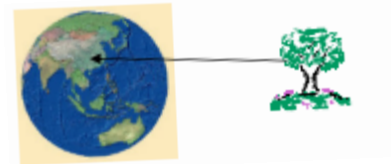
#### *d Analyse thématique ou cartographie dynamique*

Il se trouve que de nombreux utilisateurs de SIG se cantonnent uniquement dans l'analyse thématique et laissent inexplorées les autres ressources qui font la puissance de l'outil. C'est là une dérive qu'il faut absolument éviter. Néanmoins il faut préciser que les principales fonctionnalités d'un logiciel de cartographie y sont présentes : méthode de discrétisation, cartes en plages de couleurs ou de niveaux de gris, cartes en symboles proportionnels, cartographie de variables qualitatives. Il est possible de concevoir ses propres palettes de couleurs ou de niveaux de gris et de les sauvegarder. Mais l'aspect le plus novateur reste la sélection des unités spatiales (selon un critère à définir) et de lancer l'analyse thématique uniquement sur les objets qui répondent au critère. L'utilisateur récupère une nouvelle information qu'il peut sauvegarder et insérer parmi les couches d'information qu'il manipule.

Les différents traitements que nous signalons sont dépendants de la modélisation des données et de la façon dont elles sont implémentées dans le système. Examinons dans un premier temps la nature des données que l'on intègre dans les SIG.

## L'information géographique

- Désigne toute information sur des objets localisés à la surface de la Terre.

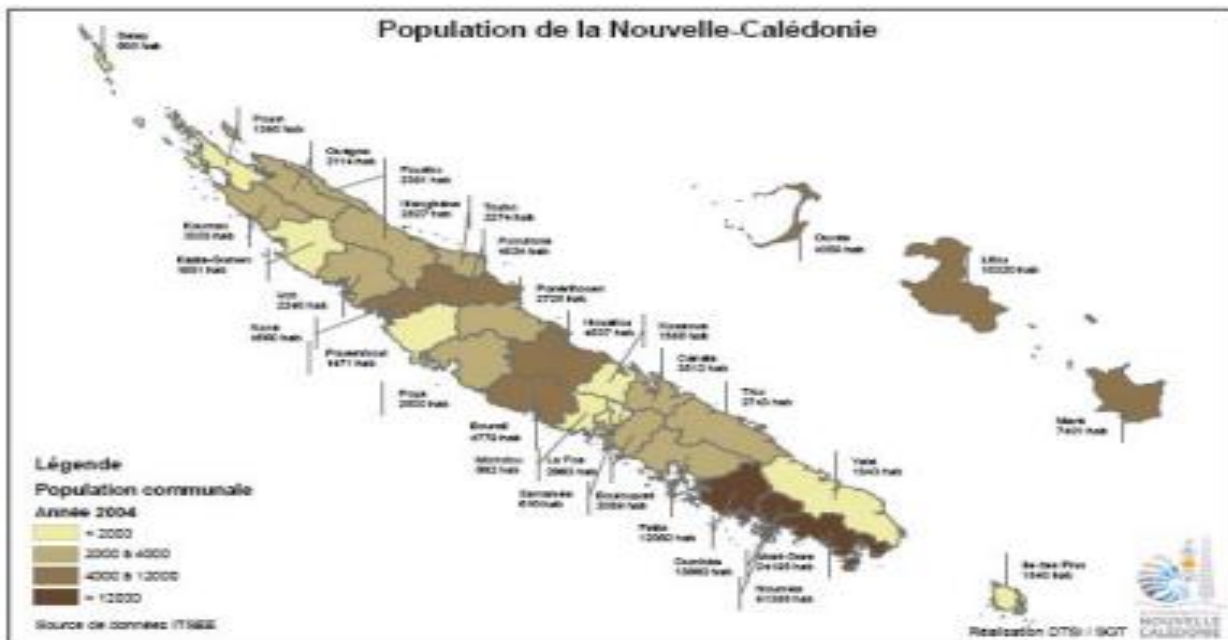


### - L'information géographique a une double composante :

- Une composante graphique :
  - Description de la forme de l'objet géographique
  - Et sa localisation dans un référentiel cartographique
- Une composante attributaire :
  - Caractéristiques décrivant l'objet (description géométriques, caractéristiques thématiques).

L'information géographique est difficile à représenter on Utilise des Carte :

- On retrouve les deux composantes (graphique et attributive). Pour la composante graphique, cela fonctionne bien mais on est vite limité pour les informations.
- Elles utilisent beaucoup de papier
- On trouve des échelles différentes



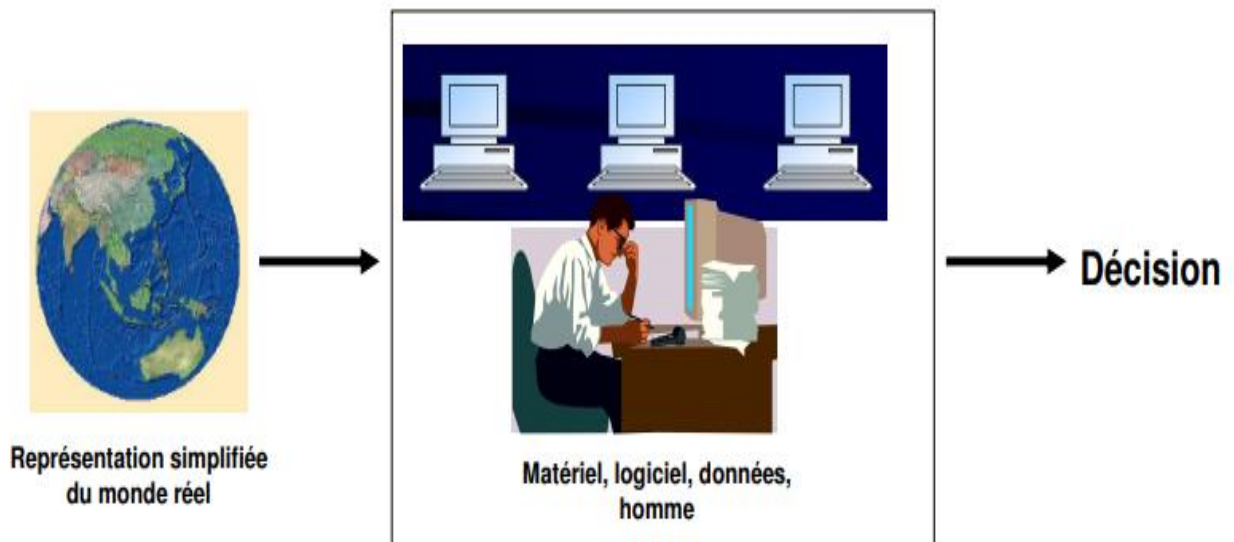
- On rencontre des difficultés à les mettre à jour
- Elles sont parfois difficiles à lire et à écrire
- Elles sont une représentation à un instant « t » ; elles sont donc parfois obsolètes et périmées

## Le concept de SIG c'est donc...

Un système regroupant :

- ❖ Une problématique (décrire, stocker, comparer, comprendre, communiquer, simuler.)
- ❖ Du matériel (ordinateurs, périphériques, réseaux...)
- ❖ Des logiciels (logiciels SIG du marché, développements professionnels spécialisés)
- ❖ Des données (génériques, spécifiques)

- ❖ Du savoir-faire et des hommes

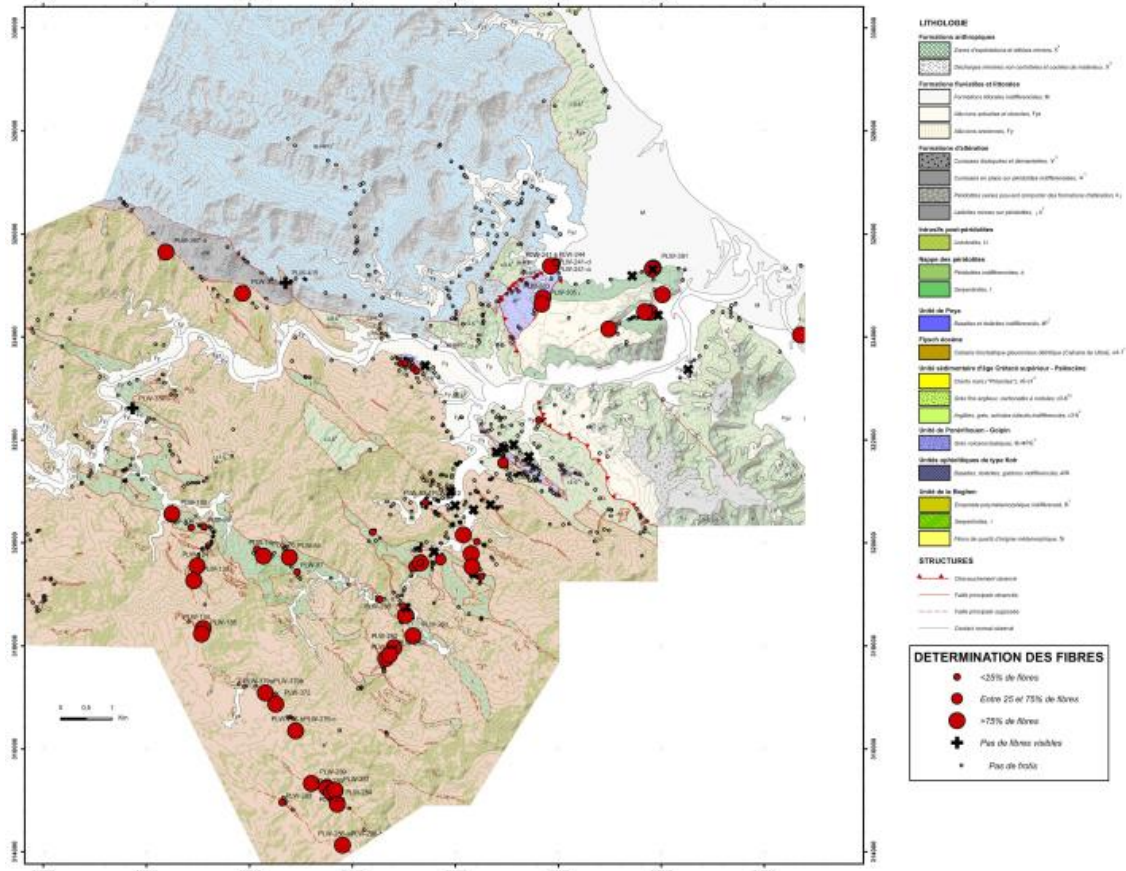


### Les utilisateurs des SIG font plutôt :

- ❖ De la gestion
- ❖ De l'aménagement
- ❖ De la recherche

# Aide à la décision dans le domaine de la santé publique :

## Localisation de zones à risque liées à l'amiante environnemental en NC





**Aide à la décision dans le domaine de l'aménagement :**  
**Cartographie des aléas mouvement de terrain au Mont Dore**

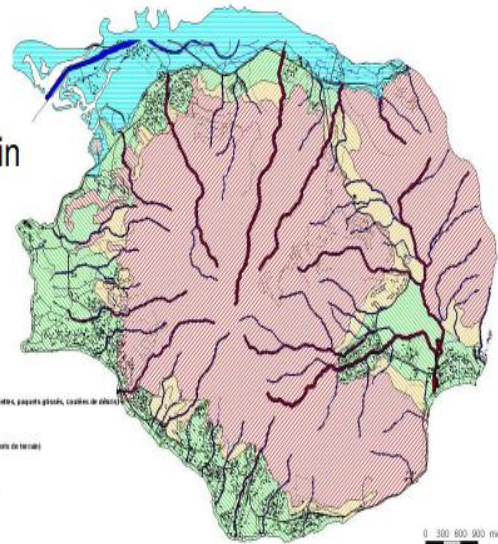
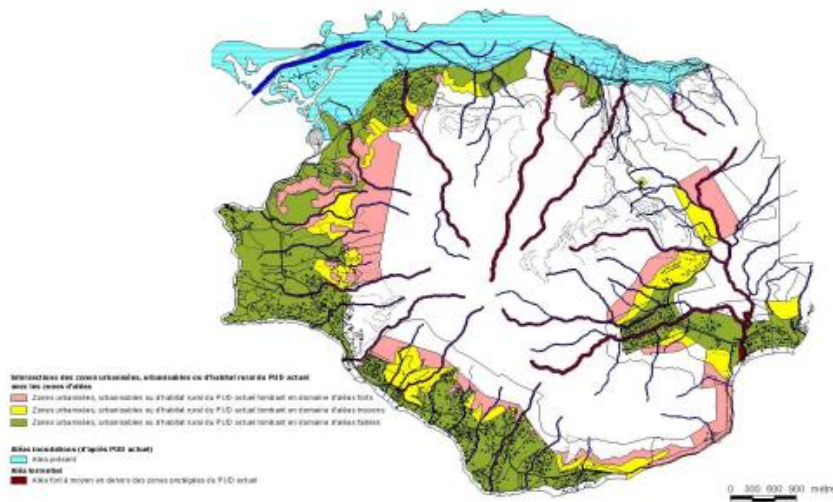
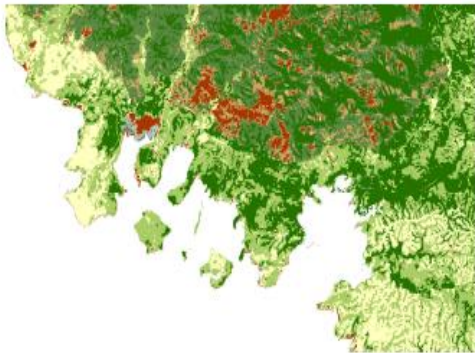
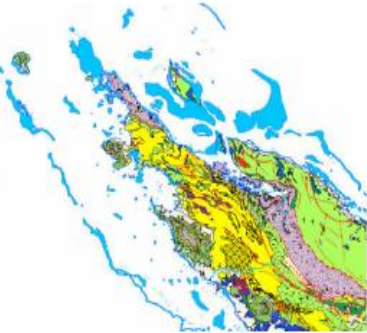
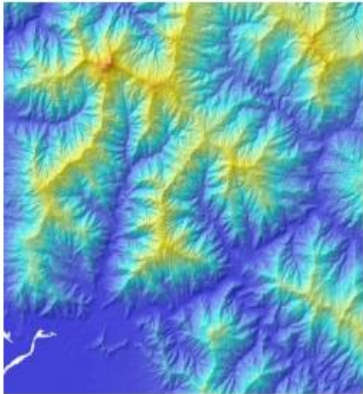


Fig. 31 - Impact de la carte des aléas sur le Plan d'Urbanisme et de Développement de la zone du Mont-Dore

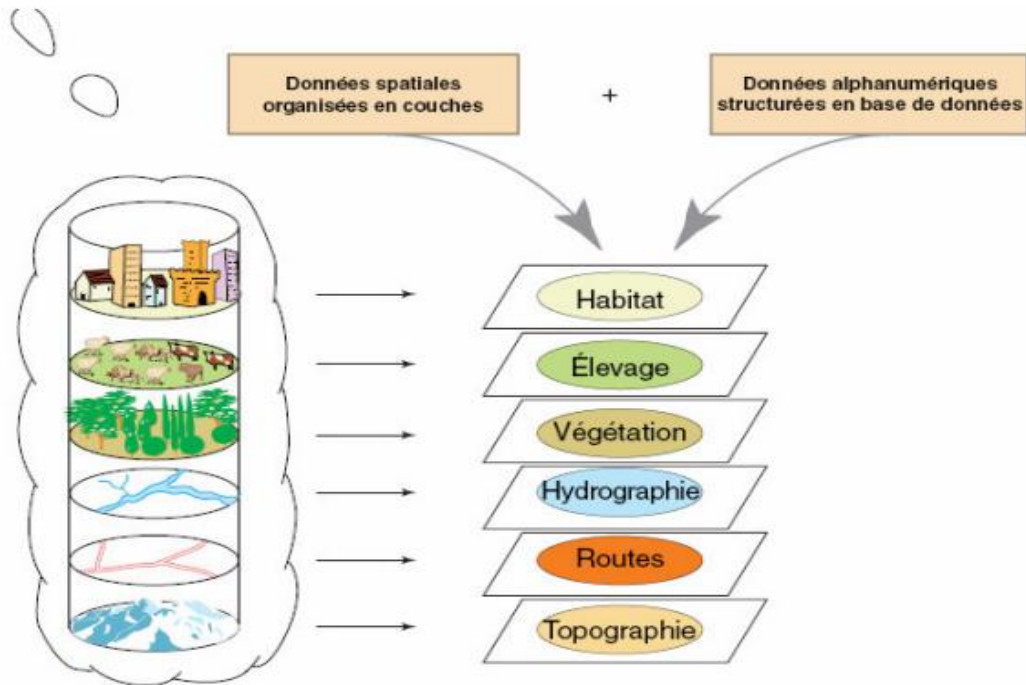


**Les types de données :**

- les données de références = données de références pour positionner des informations spécifiques (ex : topographie générale, MNT, cadastre,...)
- les données métiers dites thématiques : géologie, écologie, végétation....



## Structuration de l'information géographique en couches :

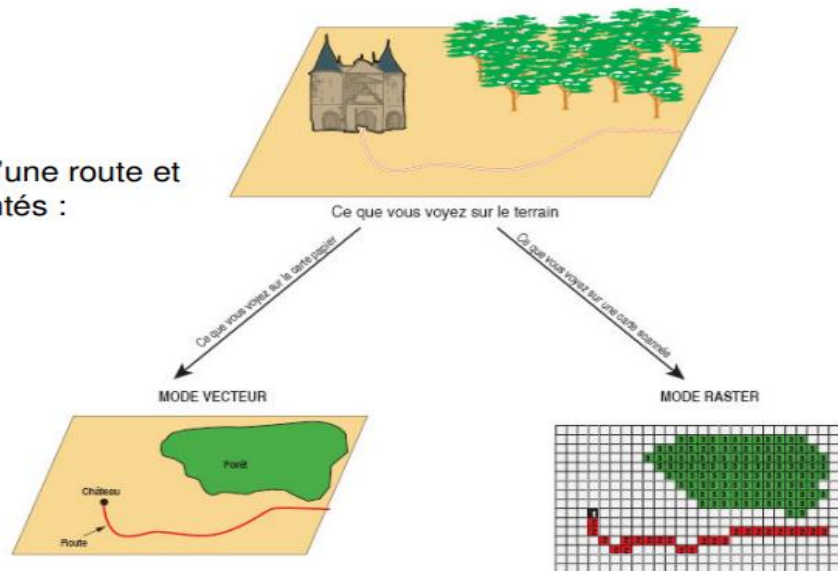


## Les modes de représentation de l'information géographique dans un SIG :

- le mode raster
- le mode vecteur

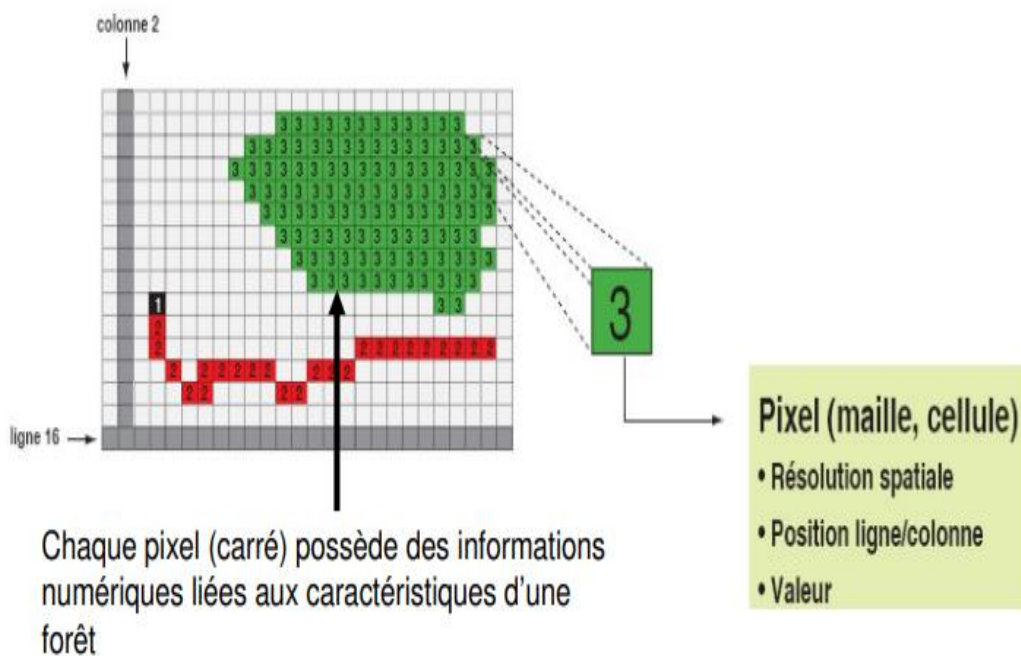
Exemple d'une forêt, d'une route et d'un bâtiment représentés :

- en mode raster
- en mode vecteur



## Le mode raster :

La réalité est décomposée en une grille régulière et rectangulaire, organisée en lignes et en colonnes, chaque maille (= pixel) de cette grille ayant une intensité de gris ou une couleur. La juxtaposition des points recrée l'apparence visuelle du plan et de chaque information. Une forêt sera "représentée" par un ensemble de points d'intensité identique.





### Exemple de données raster :



MNT (Modèle numérique de terrain : représente, sous forme numérique, le relief d'une portion de territoire)



Image scannée



Orthophotos aériennes (photo aérienne qui corrige les déformations liées à la rotondité de la Terre, à l'inclinaison des prises de vues et au relief du terrain)



Photo aérienne

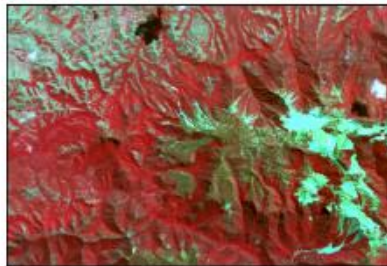
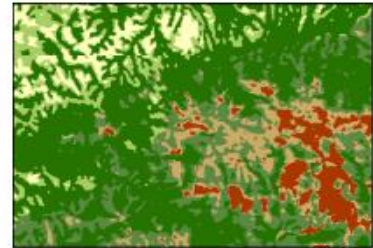


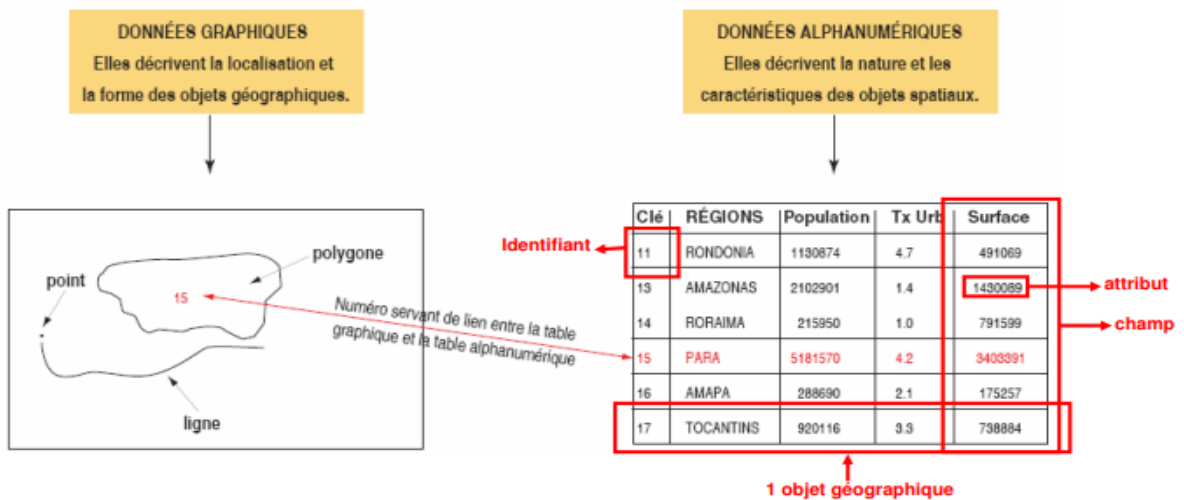
Image satellite



Classification à partir d'image satellite

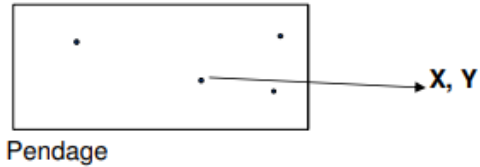
### Le mode vecteur :

Les limites des objets spatiaux sont décrites à travers leurs constituants élémentaires, à savoir les points, les arcs et les arcs des polygones. Chaque objet spatial est doté d'un identifiant qui permet de le relier à une table attributaire.



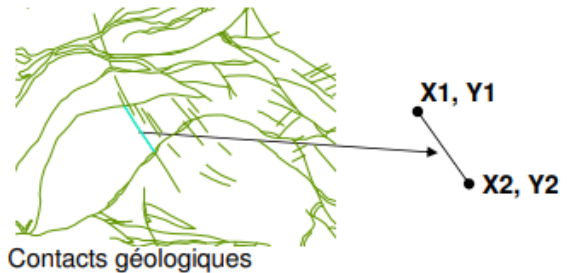
**Les points :**

Ils définissent des localisations d'éléments séparés pour des phénomènes géographiques trop petits pour être représentés par des lignes ou des surfaces qui n'ont pas de surface réelle comme les points cotés.



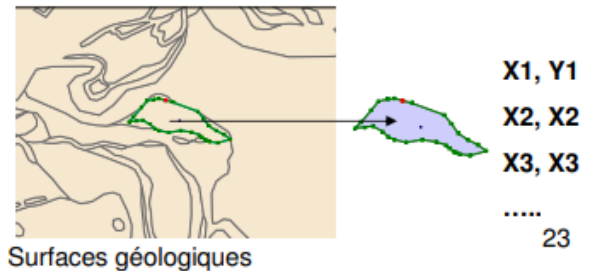
**Les lignes :**

Les lignes représentent les formes des objets géographiques trop étroits pour être décrits par des surfaces (ex : rue ou rivières) ou des objets linéaires qui ont une longueur mais pas de surface comme les courbes de niveau.



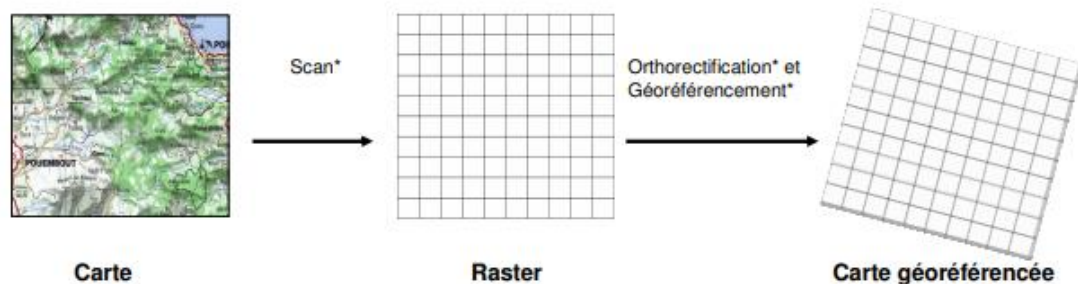
**Les polygones :**

Ils représentent la forme et la localisation d'objets homogènes comme des pays, des parcelles, des types de sols.....



## Acquisition des données :

- ✓ Levers terrain, topographiques ou GPS
- ✓ Scanérisation : de plans, de cartes, de photos aériennes...



\* Scanérisation : Conversion des informations analogiques (image) en valeurs numériques (0 et 1) correspondantes, manipulables par ordinateur.

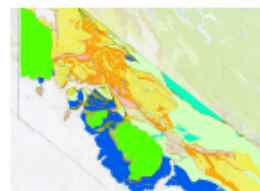
\* Géoréférencement : Opération qui consiste à attribuer à une image des coordonnées géographiques (connues ou selon des repères géographiques) permettant de la positionner dans un système de référence.

\* Orthorectification : Ensemble de procédés et de traitements mis en oeuvre pour corriger les déformations géométriques liées aux conditions de prises de vue, à la rotondité de la Terre et au relief du terrain.

## Acquisition des données (suite) :

- ✓ Digitalisation (vectorisation) :

- sur une table à numériser
- sur l'écran (après un scan préalable)
- vectorisation automatique



- ✓ Import de données :

- données graphiques raster ou vecteur et fichiers attributaire
- données endogènes ou exogènes (interne au service ou provenant d'autres organismes, administrations, sociétés...)

### Acquisition des données (suite2) :

✓ Une fois les données acquises et avant de les **intégrer** dans le système d'information géographique, il faut vérifier leur intégrité :

- pour la composante attributaire :
  - analyser la structure de la table et vérifier sa cohérence,
  - supprimer les doublons,
  - vérifier qu'il ne manque pas d'attribut,
  - vérifier l'orthographe,
  - ....
  
- pour la composante spatiale :
  - vérifier que le système de coordonnées utilisé soit compatible avec le système source,
  - vérifier la géométrie des objets,
  - vérifier la topologie (relation entre les objets),
  - vérifier par comparaison avec des données de référence,
  - ....

### Structuration et modélisation des données :

- ✓ Décrire le produit attendu :
  - en faisant un état des lieux
  - en recensant les éléments à modéliser au regard du résultat attendu (informations, type d'objet...) sans préjuger de la façon de modéliser
  - en choisissant la méthode de modélisation appropriée (UML, Merise...)
  
- ✓ Réaliser les modèles conceptuels, logiques et physiques de données :
  - en s'appuyant sur la méthode choisie
  - en définissant les relations, les clés, les types de champs, d'objets...
  
- ✓ Structurer les données
  - en implémentant le modèle

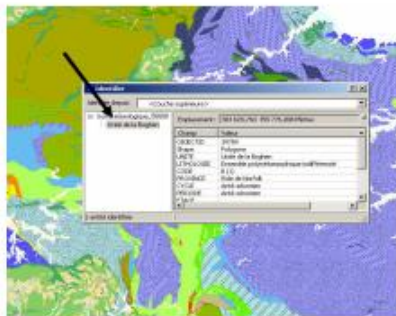


## Traitement des données :

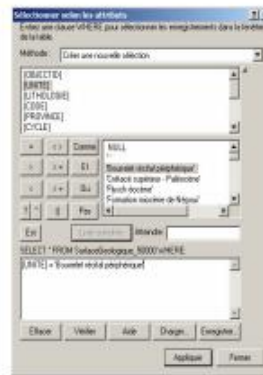
✓ Visualisation des données : visualisation graphique en fonction des attributs, visualisation sur une zone donnée (opération de zoom) et à une échelle\* donnée

\* rapport entre la mesure d'une longueur effectuée sur la carte et la mesure de la longueur correspondante sur le terrain (pour une échelle au 1/25 000 : 1 cm sur la carte = 250 m sur le terrain)

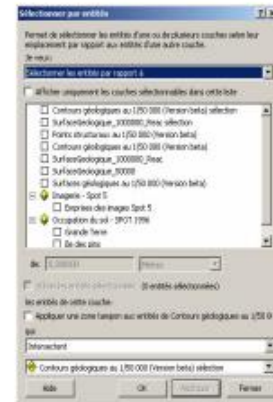
✓ Accès à l'information : par interrogation



Consultation d'un objet



requête attributaire



requête spatiale

### Accès à l'info par la base attributaire

## Traitement des données (suite) :

✓ Manipulation des données attributaires : fonctions de tri, stat, requêtes SQL, liens vers SGBD (Système de Gestion de Base de Données)\*, jointures entre tables ...

Ex : la jointure

Champ commun = de jointure

ID	Shaps*	NOM	CODE_COM
1	Polygone	MONI D'ORC	9881
2	Polygone	NOVA SUD	9882
3	Polygone	LE DES PAS	9883
4	Polygone	POULAU	9884
5	Polygone	NOUMEA	9885
6	Polygone	CAROLA	9886
7	Polygone	SOUMDOU	9887
8	Polygone	MAIE	9888
9	Polygone	COUVA	9889
10	Polygone	POHENSOUEN	9890
11	Polygone	VOIE	9891
12	Polygone	LA FOU	9892
13	Polygone	LEPO	9893
14	Polygone	SOULEBO	9894
15	Polygone	SELEP	9895
16	Polygone	NOUE	9896
17	Polygone	SOUM	9897
18	Polygone	HEHOUENE	9898
19	Polygone	NOUMALOU	9899
20	Polygone	SOUMBA	9900
21	Polygone	TRD	9901
22	Polygone	PAVE	9902
23	Polygone	LAITE	9903
24	Polygone	NOUMOUANS	9904
25	Polygone	TIGANS	9905
26	Polygone	HEUREOU	9906
27	Polygone	POTIA NEUR	9907

+

POP	POP_2004	CODE_COMMUNE
1	1	9881
2	2	9882
3	3	9883
4	4	9884
5	5	9885
6	6	9886
7	7	9887
8	8	9888
9	9	9889
10	10	9890
11	11	9891
12	12	9892
13	13	9893
14	14	9894
15	15	9895
16	16	9896
17	17	9897
18	18	9898
19	19	9899
20	20	9900
21	21	9901
22	22	9902
23	23	9903
24	24	9904
25	25	9905
26	26	9906
27	27	9907

=

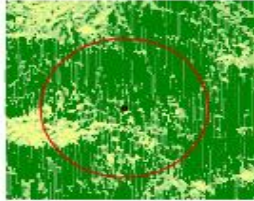
ID	Shaps*	NOM	CODE_COM	POP	POP_2004	CODE_COMMUNE
1	Polygone	MONI D'ORC	9881	1	1	9881
2	Polygone	NOVA SUD	9882	2	2	9882
3	Polygone	LE DES PAS	9883	3	3	9883
4	Polygone	POULAU	9884	4	4	9884
5	Polygone	NOUMEA	9885	5	5	9885
6	Polygone	CAROLA	9886	6	6	9886
7	Polygone	SOUMDOU	9887	7	7	9887
8	Polygone	MAIE	9888	8	8	9888
9	Polygone	COUVA	9889	9	9	9889
10	Polygone	POHENSOUEN	9890	10	10	9890
11	Polygone	VOIE	9891	11	11	9891
12	Polygone	LA FOU	9892	12	12	9892
13	Polygone	LEPO	9893	13	13	9893
14	Polygone	SOULEBO	9894	14	14	9894
15	Polygone	SELEP	9895	15	15	9895
16	Polygone	NOUE	9896	16	16	9896
17	Polygone	SOUM	9897	17	17	9897
18	Polygone	HEHOUENE	9898	18	18	9898
19	Polygone	NOUMALOU	9899	19	19	9899
20	Polygone	SOUMBA	9900	20	20	9900
21	Polygone	TRD	9901	21	21	9901
22	Polygone	PAVE	9902	22	22	9902
23	Polygone	LAITE	9903	23	23	9903
24	Polygone	NOUMOUANS	9904	24	24	9904
25	Polygone	TIGANS	9905	25	25	9905
26	Polygone	HEUREOU	9906	26	26	9906
27	Polygone	POTIA NEUR	9907	27	27	9907

\* logiciel permettant d'organiser les données par thème, de les trier et d'effectuer des requêtes (exemples : Access, Oracle, DBase...)

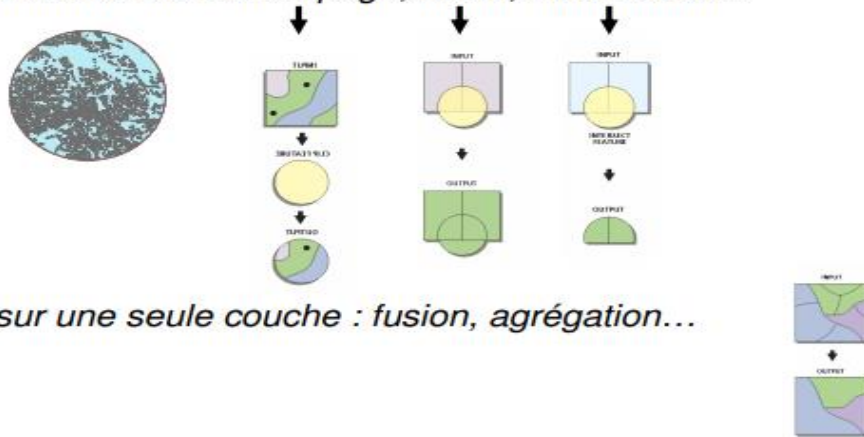
## Traitement des données (suite) :

✓ Utilisation des outils d'analyse spatiale : quelques exemples :

- zones tampons



- Croisement de couche : découpage, union, intersection...



- Opération sur une seule couche : fusion, agrégation...

## Exemple de combinaison de traitements :

Carte d'exploitabilité forestière		
Le SIG permet de déterminer les zones exploitables à partir de critères préétablis. Attention tout résultat doit être vérifié sur le terrain.		
Utilisation des analyses spatiales, des zones tampons et des requêtes.		
<p><u>Manipulations :</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Calcul des pentes théoriques</li> <li>2. Requête sélectionnant les pentes inférieures à 30 %</li> <li>3. Requêtes sélectionnant les dessertes accessibles aux grumier (camions)</li> <li>4. Création d'une zone tampon de 150 mètres autour des dessertes accessibles</li> <li>5. Croisement des couches (pentes &lt; à 30 % et zones tampons)</li> <li>6. Ajustement à la réalité terrain par l'aménagiste</li> </ol>		
<p><u>Exemple :</u></p> <p>Pentes &lt; à 30 % :</p>	<p>Zone de 150 m autour des dessertes accessibles :</p>	<p>Zones exploitables :</p>