

# Cours 1. Géomatique

## Introduction

Le mot « géomatique » est un néologisme qui a été proposé, dans les années 1960 par le géomètre et photogrammètre français Bernard Dubuisson. Géomatique issu de la contraction de deux termes « géographie » et « informatique ». Donc c'est la Combinaison syntaxique de ses deux mots : Géo veut dire terre /Matique veut dire informatique.

Une des premières définitions explicites de la géomatique, toujours la plus couramment citée aujourd'hui, est celle proposée en 1992 par Bergeron dans son Vocabulaire de la géomatique : «Une discipline ayant pour objet la gestion des données à référence spatiale par l'intégration des sciences et des technologies reliées à leur acquisition, leur stockage, leur traitement et leur diffusion », dont Bergeron donne une liste «les mathématiques, la physique, l'informatique, la topométrie, la cartographie, la géodésie, la photogrammétrie et la télédétection».

Donc, le terme géomatique est relativement nouveau qui dérive de Géo, c'est la terre et Matique qui veut dire informatique. Ce sont finalement des technologies de l'information du service de la géographie et toutes les données qui touchent le domaine spatiale.

## 2. Définitions

**2.1. Topométrie :** (l'ensemble des méthodes qui vont permettre de faire l'acquisition des données géographiques sur terrain ainsi pour procéder aux relevés métriques nécessaires à l'établissement d'une carte).

**2.2. Topographie :** la topographie (du grec *topos* = lieu et *graphein* = dessiner) est la science qui permet la mesure puis la représentation sur un plan ou une carte des formes et détails visibles sur le terrain, qu'ils soient naturels (notamment le relief et l'hydrographie) ou artificiels (comme les bâtiments, les routes, etc.)

**2.3. La géodésie :** est la science de la détermination mathématique et de l'étude de la forme et de la géométrie de la terre.

**2.4. Cartographie :** est la science de l'élaboration et l'étude des cartes qui est toujours présentée à une échelle précise, (varie selon le détail ou la portion de territoire à

représenter) et qui permettent la représentation géographique des éléments naturels et artificiels d'un territoire.

La cartographie est un ensemble d'études et opérations scientifiques, artistiques et techniques, intervenant dans l'élaboration d'une carte, d'un plan ou autre mode d'expression, à partir des résultats d'observations directes ou de l'exploitation d'une documentation, ainsi que dans leur utilisation.

**2.5. Photogrammétrie et Télédétection :** ses techniques sont basées sur l'image et permettent une observation et des mesures aussi des objets sur le territoire.

**2.5.1. La photogrammétrie :** est née dans les années 30, elle constitue l'ensemble des matériels et techniques utilisés pour la représentation d'un territoire à partir des clichés de la prise de vues aériennes dont la précision des photos (l'échelle) dépendra de la hauteur du vol. Elle constitue ainsi l'art d'obtenir des dimensions fiables des objets au moyen de photographie.

**2.5.2. Télédétection :** C'est l'ensemble des techniques qui permettent par l'acquisition d'images d'obtenir de l'information sur le système: (terre / océan / atmosphère) sans contact direct avec celui-ci. Ceci se fait à l'aide d'un satellite de télédétection.

La télédétection vise à caractériser la nature des phénomènes terrestres que montrent les images, tandis que la photogrammétrie en mesure la forme et la position.

**2.6. L'informatique :** L'utilisation d'outils informatiques que l'on nomme les SIG. Les Systèmes d'Information Géographique qu'on abrège généralement (SIG) tiennent une place centrale dans la géomatique puisqu'ils sont les outils informatiques permettant la représentation et l'analyse des données. L'informatique ne peut donc pas être pour la géomatique une science comme une autre. Elle se trouve dans son cœur car elle conceptualise et instrumentalise la nature numérique des données à traiter.

La géomatique permet de:

- L'acquisition de données géo-localisées (technologies GPS, Photos aériennes, imagerie satellitaire,...)
- La transformation des données en information significative et structurée, et intégration dans des systèmes d'information via diverses technologies informatiques tels que SIG

- La simulation et analyse spatiale de phénomènes se déroulant sur le territoire (étude de l'évolution urbaine, des espaces naturels ou agricoles, analyse du trafic routier et de la mobilité, implantation d'infrastructures, prévention et gestion des risques, sécurité civile, défense...).

## Cours 2. Les coordonnées géographiques

### Introduction

Pour situer un site de façon précise les géographes ont créés un système de coordonnées géographiques qui sert à déterminer la localisation d'un lieu sur la terre. Ils ont créés des lignes imaginaires pour découper la terre.

La première ligne imaginaire est l'équateur qui divise la terre en deux hémisphères.

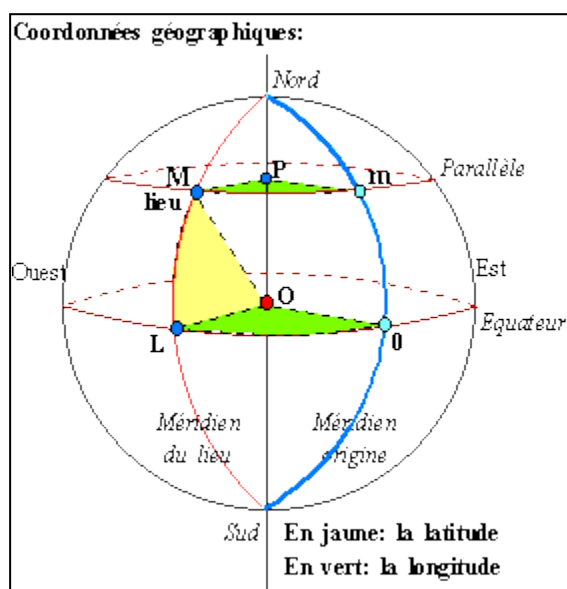
### 1. Latitude et Longitude

#### 1.1. Latitude

A partir de l'équateur d'autres lignes ont été tracées. Ce découpage permet d'indiquer la latitude, c'est-à-dire l'angle formé entre ce parallèle et le plan de l'équateur, (l'angle au centre de la terre qui sépare l'équateur et le parallèle d'un lieu).

Ça signifie que l'équateur a une latitude de  $0^\circ$ . Comme l'angle entre le plan de l'équateur et le pôle nord est un angle de  $90^\circ$  donc il est de latitude de  $90^\circ$ , et la même chose pour le pôle sud.

Pour résumer, l'ensemble de points sur un même parallèle ont une même latitude. Donc il ya des milliers de points à la surface de la terre avec une même latitude, c'est la raison pour la quelle d'autres lignes imaginaires ont été créées, qui sont les méridiens. C'est-à-dire la ligne qui rejoint les pôles et qui coupe l'équateur à angle droit.

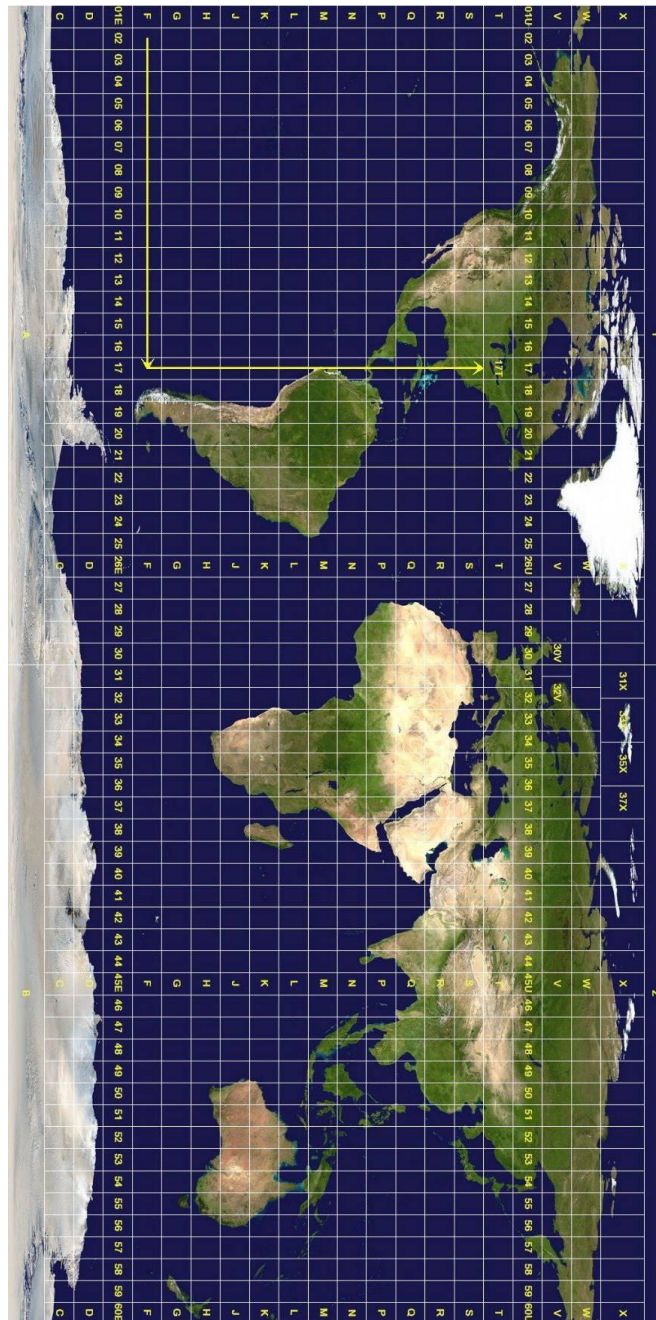


## 1.2. Longitude

Le méridien-origine qui passe par Greenwich en Angleterre est le méridien à partir le quel est calculé la longitude c'est-à-dire l'angle formé entre le méridien-origine et le point où on en situe (l'angle au centre de la terre qui sépare le méridien Greenwich et le méridien d'un lieu dont on cherche à définir la position).

Les parallèles comptent de 0 à 90° (0 à 100 G) au sud et au nord

Les méridiens comptent de 0 à 180° (0 à 200 G) à l'Est et à l'Ouest



## 2. Le système de coordonnées

Le système de coordonnées constitue un système de trois coordonnées qui sont:

**la latitude, la longitude et l'altitude** (ou l'élévation par rapport au niveau moyen de la mer ou **géoïde** ) qui détermine l'emplacement d'un lieu sur la terre.

## 3. Le Géoréférencement

On peut se demander premièrement c'est quoi et il va servir à quoi ?

S'applique à des images raster dont le but est d'effectuer une référence spatiale dans une projection géographique donnée à une image qui n'en a pas.

Il consiste à utiliser des coordonnées cartographiques pour affecter un emplacement spatial à des entités cartographiques. Tous les éléments d'une couche de carte ont une position et une étendue géographiques spécifiques qui leur permettent d'être repérés sur la surface de la terre, ou près de celle-ci. La capacité de localiser avec précision des entités géographiques est essentielle pour la cartographie et le SIG.

Tous les éléments d'une couche de carte ont une localisation et une étendue géographiques spécifiques qui leur permettent d'être repérés sur la surface de la terre, ou près de celle-ci. La capacité de décrire avec précision des localisations géographiques est essentielle pour la cartographie et le SIG. Ce processus s'appelle le géoréférencement.

Pour être adéquate, la description de l'emplacement et de la forme des entités nécessite une structure de coordonnées permettant de définir les emplacements réels.

Un système de coordonnées géographiques permet d'associer des emplacements géographiques à des objets. Un système de coordonnées longitude/latitude global est un exemple de ce type de procédure.

## Cour 3. L'information géographique

### Introduction

C'est une information relative à un objet (une forêt, un tronçon de route, un cours d'eau, une parcelle, un bâtiment,..), ou à un phénomène (inondation, incendie de forêt, mouvement de terrain,..), présents, passés ou potentiels 'prévisions') du monde terrestre, décrit par sa **nature**, son **aspect**, ses **caractéristiques diverses** et par son **positionnement** sur la surface terrestre. Cette information dispose de la propriété d'être **localisable**, de manière absolue ou relative. L'information géographique est très utile pour **décrire**, **visualiser** et **analyser** efficacement les phénomènes réels localisés.

**Exemple 1 :** Un bâtiment, décrit par son nombre d'étages, sa fonction, sa surface et sa hauteur... etc.

**Exemple 2 :** Une route se caractérise par son nombre de voies, son nom (ex. N5), sa catégorie, sa longueur et sa localisation.... etc.

Le premier groupe de données est appelé **données sémantiques** (relatif à la description des objets, indépendamment de leur localisation), tandis que le second groupe est appelé **données géométriques** (relatif à la mesure de **la position** des objets sur la surface de la Terre, ainsi qu'à leurs **formes** et **dimensions**).

## 2. La description des objets

### 2.1. La description sémantique des objets

Les données qui se caractérisent par une dimension géométrique possèdent ainsi une fiche contenant des informations, ce qui permet de prendre en compte à la fois des propriétés physiques ou descriptives d'éléments du territoire,

Ces fiches permettent de stocker des informations qui décrivent plus en mois les objets (nom de la commune, nom de la ville, type de l'occupation du sol,...) dont le contenu est dépend des besoins d'utilisateurs.

### 2.2. La description géométrique des objets

Le niveau géométrique est la description de la position, de la forme et des dimensions des objets. La position peut s'exprimer par la latitude et la longitude des objets.

Les objets peuvent être identifiés sous forme de points (villes, entreprises, exploitations agricoles,..), d'arcs ou de lignes (routes, chemins de fer,...) et de polygones ou de surfaces (communes, occupation du sol,...).

La localisation d'un objet géographique peut-être décrite de manière **absolue, relative ou indirecte**. La manière absolue définit l'objet géographique par ses coordonnées dans l'espace. La manière relative définit la localisation de l'objet en exprimant ses relations spatiales (adjacence, intersection, etc.) avec d'autres objets. Indirectement, l'objet peut-être localisé par des propriétés descriptives comme l'adresse.

Il est possible d'associer à ces deux composantes une troisième composante qui décrit les relations de l'objet avec ses voisins. C'est le niveau topologique (comme par exemple : la contiguïté entre deux communes, l'inclusion d'une parcelle dans une commune, l'adjacence entre les différents nœuds des tronçons constituant des parcelles cadastrales...).

### **3. La représentation de l'information géographique**

Il existe trois formes de représentation.

Premièrement, l'information géographique peut être représentée sur **une image**, où l'on peut voir une multitude d'objets (comme par exemple une photo aérienne ou une image satellite) sans connaître directement leurs attributs (on ne voit pas le nom de la route, ni le nombre d'habitants des communes).

Deuxièmement, l'information géographique se prête particulièrement bien à la représentation sur **une carte**, où l'on situe les objets et les phénomènes dans un repère général et homogène.

Enfin, l'information géographique peut être représentée par **un texte** ou un fichier de données littérales, où elle est représentée par des données numériques.

Ces trois formes de représentation sont distinctes mais complémentaires.

- L'image comporte des données géométriques (forme, dimensions, localisation).
- La carte comporte des données à la fois sémantiques et géométriques.
- Le texte ou le fichier littéral comporte uniquement des données sémantiques.





## **Cour 4. Système d'information géographique (SIG)**

Un système d'information géographique (SIG) est un système informatique permettant à partir de diverses sources, de rassembler et organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement contribuant notamment à la gestion de l'espace. Un système d'information géographique est aussi un système de gestion de base de données pour la saisie, le stockage, l'extraction, l'interrogation, l'analyse et l'affichage de données localisées. C'est un ensemble de données repérées dans l'espace, structuré de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision. Un système d'information géographique est un ensemble d'équipements informatiques, de logiciels et de méthodologies pour la saisie, la validation, le stockage et l'exploitation de données, dont la majorité est spatialement référencée, destinée à la simulation de comportement d'un phénomène naturel, à la gestion et l'aide à la décision.

### **1. Les composants d'un SIG**

#### **2.1. Matériel**

Les SIG fonctionnent aujourd'hui sur une très large gamme d'ordinateurs et leurs périphériques. Par ailleurs des serveurs de données puissants sont utilisés largement afin de gérer les Big data.

#### **1.2. Les logiciels**

Les logiciels de SIG offrent les outils et les fonctions pour stocker, analyser et afficher toutes les informations. Sur le marché il y a une panoplie de logiciels SIG (ArcGis, Map info, QGis, etc.).

Les Principaux composants d'un SIG :

- Outils pour saisir et manipuler les informations géographiques.
- Système de gestion de base de données.
- Outils géographiques de requête, analyse et visualisation.
- Interface graphique utilisateur pour une utilisation facile.

### **1.3. Les données**

Les données sont certainement les composantes les plus importantes des SIG. Les données géographiques et les données tabulaires associées peuvent, soit être constituées en interne, soit acquises auprès de producteurs de données.

### **1.4. Les utilisateurs**

Un SIG étant avant tout un outil, c'est bien ses utilisateurs qui gèrent le système et lui donnent la forme du travail à travers laquelle il sera exploité.

Les SIG s'adressent à une très grande communauté d'utilisateurs depuis ceux qui créent et maintiennent les systèmes, jusqu'aux personnes qui l'utilisent dans leur travail quotidien. Avec l'avènement des SIG sur Internet, la communauté des utilisateurs de SIG s'agrandit de façon importante chaque jour.

### **1.5. Méthode**

La méthode présente l'intelligence de l'utilisateur et sa capacité de structurer le travail par un schéma logique afin d'étudier une thématique donnée. La mise en œuvre et l'exploitation d'un SIG ne peut s'envisager sans le respect de certaines règles et procédures propres à chaque organisation.

## **2. Les modes de représentation de l'information géographique sous un SIG**

D'un point de vue numérique, il existe deux modes de représentation de l'information géographique :

### **2.1. Données raster :**

Où la surface de la carte ou de l'image est décrite selon un balayage ligne par ligne. Chaque ligne est composée de pixels.

C'est une matrice qui divise le territoire en grille régulière de cellules, (Pixel) organisées en ligne et en colonnes. A chaque cellule on peut associer une ou plusieurs valeurs qui représentent des informations décrivant les caractéristiques du territoire.

Avec le format raster, la seule information accessible sans traitement est la visualisation.

Les données stockées sous un format Raster représentent des phénomènes réels :

- Les données thématiques (désignées également sous le nom de données discrètes) représentent des entités telles que des données de sol ou d'occupation du sol.
- Les données continues représentent des phénomènes tels que la température ou l'altitude, ou encore des données spectrales telles que des images satellite et des photographies aériennes.
- Les images incluent des cartes ou dessins numérisés et des photographies de constructions.
- Les données raster sont utilisées le plus souvent, comme données source à des fins d'analyse.

### **2.1.1. Avantages du format Raster**

- La facilité d'utilisation, le croisement des données est facile à réaliser.
- Il se prête bien à certains types de traitement tel que la classification...etc.
- La taille en unités de distance du pixel définit la résolution spatiale de l'image.

### **2.1.2. Le Pixel et la résolution**

Chaque image numérique est composée en pixel (contraction de deux mots en anglais, Picture element). C'est le plus petit élément constitutif de l'image, Ses pixels sont de taille variable en fonction de la résolution. Ce qui fait la qualité d'une image est le nombre de pixels, plus le nombre de pixels est élevé plus la qualité de l'image est bonne.

La résolution est la mesure du nombre des pixels que l'on va pouvoir placer sur une distance donnée, et cette dernière est souvent donnée en pouce.

## **2.2. Données vecteur**

C'est le mode où chaque objet représenté sur la carte est décrit par des points successifs composant sa forme. La relation entre ses objets est assurée par des règles topologiques. Dans ce mode, la forme des objets spatiaux est exprimée par le biais de trois « primitives » géométriques principales: objets ponctuels, linéaires et surfaciques car elle est décrite à travers leurs constituants élémentaires à savoir le point, polygone et le polygone. Chaque objet spatial est doté d'un identifiant qui permet de le relier à une table attributaire.

### **2.2.1. Avantages du format vecteur**

- Donne une représentation très conforme à la réalité.
- La localisation et les dimensions des objets sont calculées avec précision.
- On peut individualiser les objets.
- La taille du fichier est réduite.

## Cour 4. Système d'information géographique (SIG)

### 3. Les principales fonctions d'un SIG (5 A).

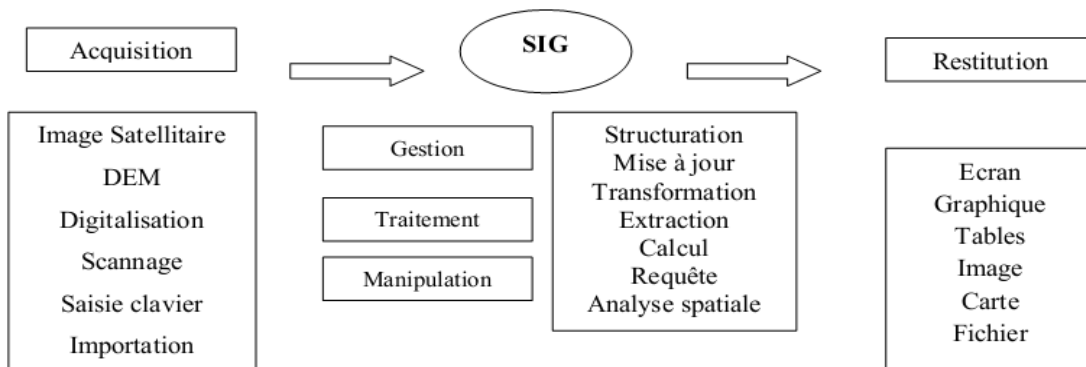
**Abstraction** : revient à concevoir un modèle qui organise les données par composants géométriques et par attributs descriptifs ainsi qu'à établir des relations entre les objets.

**3.1. Acquisition** : saisie des informations géographiques sous forme numérique. Revient à alimenter la base de données. Les fonctions d'acquisition consistent à entrer d'une part la forme des objets géographiques et d'autre part leurs attributs et relations. Les principales sources d'information sont : les images satellitaires, DEM, scannage, digitalisation, saisie au clavier et importation... etc.

**3.2. Archivage** : gestion de base de données. Consiste à transférer les données de l'espace de travail vers l'espace d'archivage (disque dur).

**3.3. Analyse** : manipulation et interrogation des données géographiques. Permet de répondre aux questions que l'on se pose

**3.4. Affichage** : mise en forme et visualisation. Pour produire des cartes de façon automatique, pour percevoir les relations spatiales entre les objets, pour visualiser les données sur les écrans des ordinateurs.



Les principales fonctions d'un SIG.

### 4. Base de données géographiques

C'est un ensemble des données spatiales et non spatiales structurées et organisées de manière à être interrogeables et analysables de façon interactive ou automatique.

Une base de données géographique concerne habituellement une zone définie. Elle est gérée par un logiciel SIG.

## **5. Les volets d'un SIG (ESRI, 2016)**

### **5.1. Le volet géo-données :**

un SIG correspond à une base de données spatiales contenant des jeux de données qui représentent des informations géographiques selon un modèle de données SIG générique (entités, rasters, attributs, etc.).

### **5.2. Le volet géo-visualisation :**

un SIG est un ensemble de cartes intelligentes et de vues qui montrent des entités et leurs relations à la surface de la terre. Il est possible d'élaborer différentes vues cartographiques des informations géographiques sous-jacentes, qui s'utilisent comme des « fenêtres ouvertes sur la base de données géographique » afin d'effectuer des requêtes, des analyses et de modifier les informations géographiques. Chaque SIG intègre plusieurs applications cartographiques bidimensionnelles (2D) et tridimensionnelles (3D) offrant une gamme complète d'outils permettant de traiter les informations géographiques à l'aide de ces volets.

### **5.3. Le volet géo-traitement :**

un SIG comprend des outils de transformation des informations qui produisent des informations à partir des jeux de données existants en appliquant des fonctions analytiques (panoplie d'outils de traitement) et écrivent les résultats dans de nouveaux jeux de données.

Ces trois éléments constituent le noyau d'un système d'information géographique complet et sont utilisés à différents niveaux de toute application et logiciel SIG.

## **6. Domaines d'application et avantages de l'utilisation des SIG**

Les SIG sont utilisés pour gérer et étudier une gamme diversifiée de phénomènes, les domaines d'application des SIG sont nombreux et variés:

**6.1. Ressources naturelles:** tels que les études d'impact environnemental, la gestion des produits dangereux, la modélisation des eaux souterraines, la recherche du potentiel minier, etc.

**6.2. Études urbaines et Gestion des installations et des réseaux:** tels que la planification des transports urbains et optimisation d'itinéraires, le développement de plan d'évacuation, la sélection de sites, la localisation des accidents, le Marketing (localisation des clients, analyse du site), la planification urbaine (cadastre, voirie, réseaux assainissement), la localisation des câbles et tuyaux souterrains, le rééquilibrage des réseaux électriques, la planification et entretien des installations, Télécoms (implantation d'antennes pour les téléphones mobiles) etc.

**6.3. Santé:** épidémiologie, répartition et évolution des maladies et des décès, distribution des services sociaux-sanitaires, plans d'urgence, etc.

**6.4. Protection de l'environnement:** étude des changements globaux, suivi des changements climatiques, biologiques, morphologiques, océaniques, la cartographie pour les aménagements forestiers, la gestion et prévention des catastrophes, Hydrologie etc.

**6.5. Tourisme :** (gestion des infrastructures, itinéraires touristiques) etc.