

## Généralités sur les outils nécessaires

### I. 1 Le système d'information géographique (SIG)

#### I.1.1. Définition

Il existe nombreuses définitions d'un système d'information géographique. Très simplement, un SIG est un outil informatique qui permet d'intégrer, de localiser, d'analyser et de représenter les données qui ont ou non une dimension géographique. [1]

L'association des éléments suivants sont nécessaires pour bien le fonctionner :

- **Les personnes** : c'est l'élément le plus important dans un SIG. Elles doivent définir les traitements et développer les procédures d'exploitation.
- **Les logiciels** : ils offrent les outils et les fonctions pour stocker, analyser et afficher toutes les informations.
- **Les données** : c'est certainement les composantes les plus importantes des SIG. Les données géographiques et les données tabulaires associées peuvent être soit constituées en interne, soit acquises auprès de producteurs de données.
- **Les matériels** : les capacités du matériel conditionnent la rapidité de l'exploitation, la facilité d'utilisation et le type de sortie possible.
- **La Méthode** : la mise en œuvre et l'utilisation d'un SIG ne peuvent s'effectuer sans l'application de méthodes, de règles et de procédures.

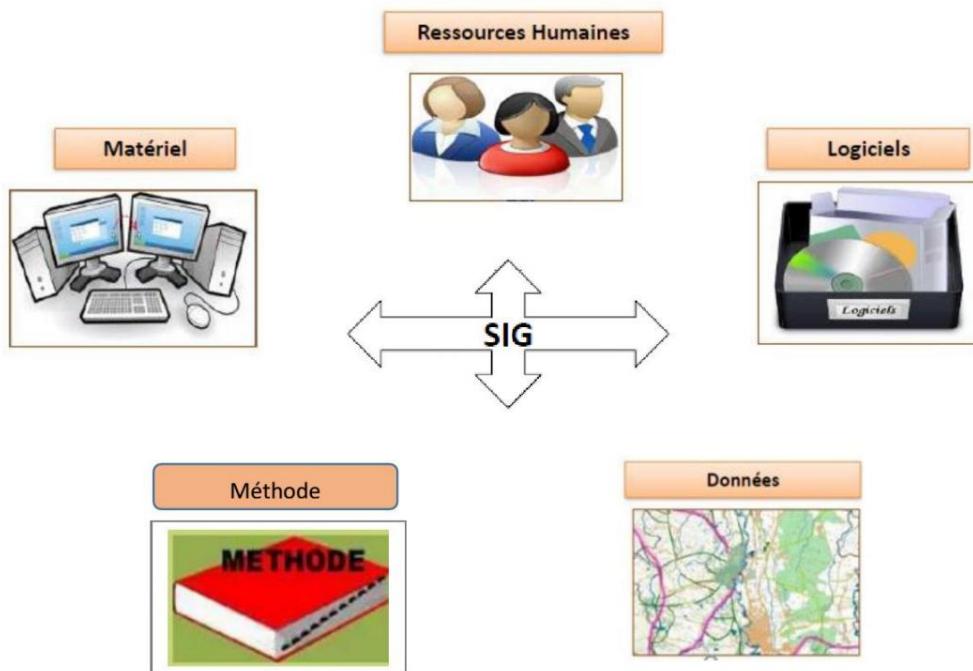


Figure 1 : Les éléments constitutifs d'un SIG

### I.1.2. L'information géographique

L'information géographique peut être définie comme étant une représentation de la réalité, localisée dans le temps et dans l'espace. Elle est classiquement représentée sous forme cartographique et avec deux composantes : les données spatiales (liées entre elles par des règles de comportement) et les données attributaires.[1], [2]

#### a- Les données spatiales

Elles décrivent la forme et les caractéristiques de l'entité, elles peuvent être localisées par des coordonnées géographiques ou cartographiques. Les objets géographiques sont représentés sur les cartes par des points, des lignes et des polygones.

#### Les données attributaires

Les données attributaires fournissent les informations caractérisant la donnée géographique. Ces attributs peuvent être de type numérique, date, texte pour ne citer que les principaux, ou un mélange de plusieurs types. On les désigne globalement par le terme de données alphanumériques.

Une capacité puissante de SIG réside dans le lien établi entre les données spatiales et attributaires.

#### Association de 2 types de données

Un SIG relie les données spatiales et attributaires pour effectuer diverses opérations telles que :

- L'affichage cartographique d'objet géographique et de leurs descriptions ;
- L'interrogation de bases de données géographiques ;
- L'analyse géographique

### I.1.3. Les formats de données

Dans le système d'information géographique, il existe deux modes fondamentaux de représentation numérique des données géographiques :

- ✚ Le mode matriciel : RASTER
- ✚ Le mode vectoriel : VECTEUR [2], [3]

#### a- Formats rasters

Le format raster des données représente la réalité par des cellules (pixels) de grille uniformes d'une résolution spécifique. A chaque valeur de pixel sont associées, une ou plusieurs valeurs décrivant les caractéristiques de l'espace. La résolution dépend de la taille de

la cellule de la grille, plus la cellule est grande, moins l'information est précise; plus la grille est petite, plus la résolution est grande et plus la base de données est grande parce qu'il y a plus de détails.

### b- Formats vecteurs

Un système basé sur le mode vectoriel affiche les données graphiques comme étant des points, des lignes, des courbes, ou des surfaces (aires) avec des attributs. La plupart des cartes produites à partir des SIG sont dans le format vectoriel. Les données de télédétection doivent être converties avant de les utiliser dans un SIG en format vectoriel.

#### ❖ Points

Les points définissent de localisations discrètes, trop petites pour être représentées par des lignes ou des surfaces, telles que les localisations de cabine téléphonique ou des immeubles.

#### ❖ 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.

#### ❖ Polygones

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

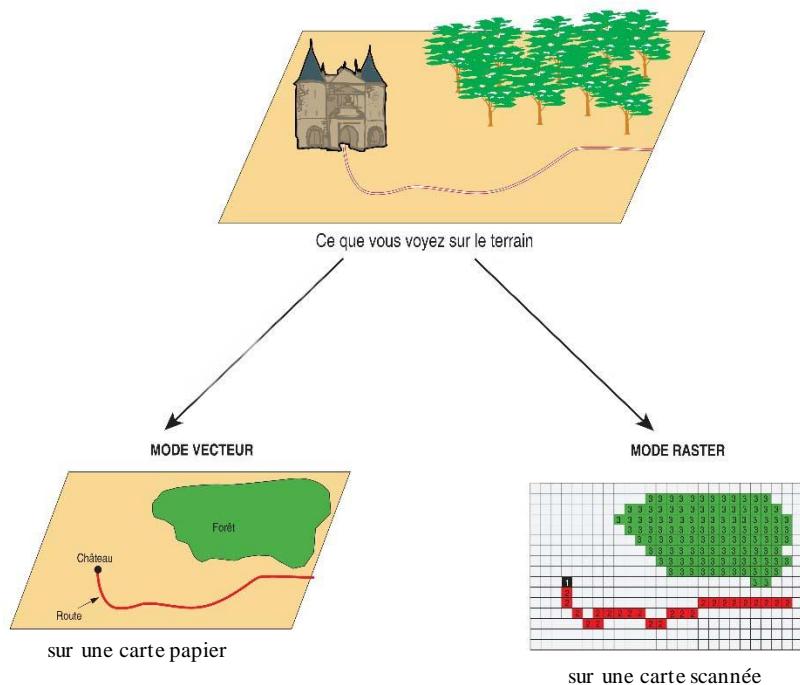


Figure 2 : Mode de représentation de l'information géographique dans un SIG

#### I.1.4. Les fonctionnalités des SIG

##### a- Acquisition des données [1], [4]

Un SIG est capable d'intégrer ou de convertir des données provenant de sources différentes et sous différentes formes (bases de données, cartes, images...). Ainsi, plusieurs manières peuvent acquérir des données :

###### - Acquisition à partir du levé topographique

Les données nécessaires sont obtenues à partir du levé topographique sur terrain et plusieurs appareils sont disponibles tels que le GPS, les théodolites, etc... Cette méthode est souvent utilisée pour compléter des données manquantes.

###### -Acquisition à partir d'image satellite

L'image satellite est la principale source d'information de l'occupation du sol et c'est grâce à la télédétection qu'on peut l'exploiter.

###### -Acquisition à partir de donnée alphanumérique

A partir des données littéraires, on peut créer ou enrichir des données géocodées.

###### -Acquisition à partir de photos

De la photo (scannée) ortho-rectifiée à la donnée vectorielle, c'est une des principales sources pour une numérisation précise sur de grands territoires. Ce type d'acquisition nécessite soit des enquêtes sur terrain soit des croisements avec d'autres données pour qualifier des données ; la photo est une simple collection de pixels.

###### -Acquisition à partir de documents existants

Il s'agit de la numérisation des objets dessinés sur le plan en données vecteurs à partir d'une planche à numériser ou du scan des données sur l'écran de l'ordinateur. L'inconvénient de cette méthode est la retranscription des erreurs dues au support d'origine (déformation du papier, épaisseur du trait, ...).

##### b- Archivage

C'est la structuration et le stockage de l'information géographique sous forme numérique dans un logiciel. Les données acquises doivent être bien stockées et faciles à trouver. Ainsi, l'archivage permet de rassembler et d'ordonner les informations par thème sur des couches pour qu'on puisse faciliter la recherche. Différents systèmes de gestion de base de données peuvent stocker les données alphanumériques. Et pour les données sémantiques des images, il y a des formats de stockage qu'on peut (ou non) les connaître.

### c- Abstraction

L'abstraction consiste à modéliser le problème afin de le rendre compréhensible par le plus grand nombre possible, de faciliter et d'assurer le respect de certaines normes de conception. Cette partie concerne plus particulièrement le système de gestion des bases de données (SGBD). Ainsi, différents modèles peuvent être adoptés comme les diagrammes Entités-Associations ou les diagrammes physiques de base de données.

### d- Analyse spatiale et Thématique

On distingue deux types d'analyses spatiales selon les données (sémantiques ou géométriques) : l'analyse spatiale sémantique et géométrique.

- **Analyse sémantique** : elle est basée sur l'étude par des requêtes ou des calculs de données alphanumériques pour qu'on puisse faire la description qualitative ou quantitative de certaines caractéristiques d'une région.
- **Analyse géométrique** : elle est basée sur l'étude des formes des positions et des relations entre les objets comme le calcul de distances, l'intersection par exemple. Il est alors possible de travailler sur la topologie.

### e- Affichage

L'affichage des informations peut s'effectuer soit à partir des logiciels installés dans un ordinateur capables de manipuler de base de données et de connaître un ou plusieurs formats d'image, soit à partir des résultats directement par Internet. En n'oubliant pas qu'on peut aussi imprimer sur papier ou en PDF l'affichage cartographique. Ce qui montre l'évolution du système d'information géographique.

## I. 2 Fonds des cartes

Avant de commencer la conception des cartes, il faut tout d'abord préparer les éléments nécessaires pour la réalisation, comme les fonds des cartes.

Dans notre étude, nous avons choisi comme fonds des cartes l'orthophoto Tana 25 et l'orthophoto 2016 ainsi que les BD10 et BD100 du FTM. Ces derniers couvrent ainsi toute la partie de notre zone d'étude.

### I.2.1 Quelques notions sur l'orthophoto

#### a- Définition [5]

L'orthophoto est une image aérienne sur laquelle les déformations dues au relief du terrain et à la géométrie de la prise de vue ont été corrigées. Ce traitement permet de calculer

les coordonnées de chaque objet vu sur la photo. En d'autre terme, l'orthophoto est une image aérienne de la surface terrestre, rectifiée géométriquement et égalisée radiométriquement. Les photos aériennes sont prises à partir d'une caméra montée sur un avion spécialement équipé.

### b- Système de coordonnées de l'orthophoto Tana 25 et l'orthophoto 2016 du FTM

Le système de projection de nos orthophotos est le Laborde Madagascar. Cette projection est une représentation conforme de l'ellipsoïde Hayford international 1924 et elle est très proche de la projection Mercator oblique ( $R=21\text{gon}$ ). La projection Laborde a été alors adoptée à Madagascar. Toutes les cartes produites par l'Institut Géographique et Hydrographique de Madagascar (FTM), l'équivalent de l'IGN en France, sont présentées selon cette projection.

### c- Processus de production de l'orthophoto [5]

La première étape de fabrication d'une orthophoto consiste à collecter un ensemble de photos couvrant la zone en question. La figure suivante permet d'expliquer le processus de production :

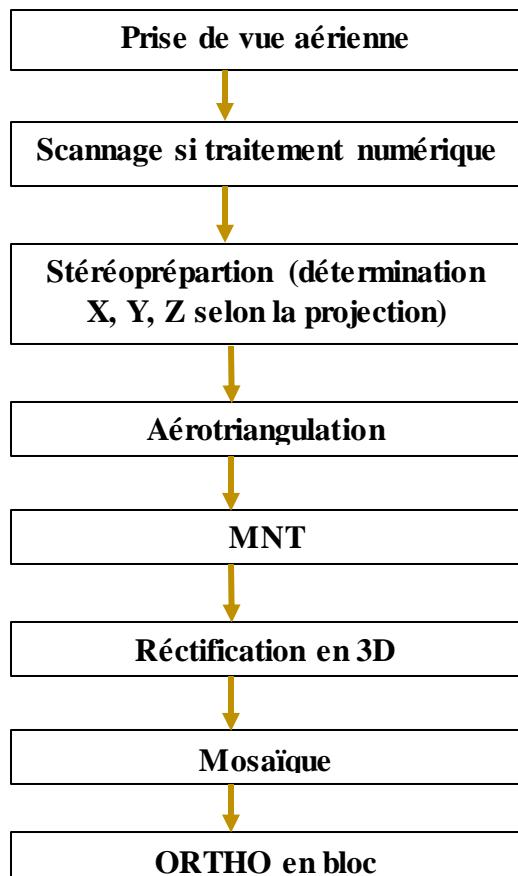


Figure 3: Etape de fabrication d'une orthophoto

## d- Echelle

L'échelle de l'orthophoto dépend de l'échelle de la photographie aérienne qui est celle du cliché initial. L'échelle d'usage et l'échelle choisie devront être proportionnelles.

Comme nos orthophotos demandaient une échelle 1 : 2 500 et l'échelle du cliché initial sur terrain était de 1 : 10 000 donc nous avons à créer l'orthophotoplan au 1 : 2 500 en utilisant un coefficient d'agrandissement de valeur quatre.

### I.2.2 Précision de l'orthophoto

#### a- Précision planimétrique et altimétrique [5]

La précision de l'orthophotographie dépend des paramètres de la prise de vue aérienne tels que l'échelle d'un cliché **Ec**, la base **b** de la caméra et les hauteurs **h** de la prise de vue.

On peut déterminer les précisions planimétriques et altimétriques de l'orthophotographie par les formules suivantes :

- **Précision planimétrique :**

$$E_p = \frac{\pm 0.015}{E_c}$$

**Ec** : inverse de l'échelle du cliché

- **Précision altimétrique :**

$$E_a = \frac{0.015 \times b}{E_c \times h}$$

**b** : base du camera

**h** : hauteur de prise de vue

#### b- Précision géométrique [5]

Le redressement qui s'est appuyé sur le modèle numérique du terrain et la qualité des traitements informatiques effectués définissent la précision géométrique. Cette dernière indique si les pixels de l'image sont à leur bonne place. Elle peut être alors mesurée en deux façons :

- Soit par le calcul d'une « tolérance », qui est la distance maximale relevée entre un point et sa position théorique.
- Soit par le calcul qui tient compte des distances réalisées entre points sur l'orthophoto et leurs homologues sur terrain, c'est-à-dire le calcul de l'erreur moyenne quadratique.

## I. 3 Présentation des logiciels

### I.3.1. Logiciel ArcGIS

L'ArcGIS est l'un des logiciels le plus utilisé pour les systèmes d'informations géographiques. Il nous permet de faire la manipulation, la gestion, l'analyse et l'édition des données spatiales grâce à ses nombreuses potentialités. Il comprend une suite d'applications intégrées : ArcCatalog, ArcMap, ArcToolbox. Ainsi, il peut répondre aux différents besoins des utilisateurs. [6], [A]

L'ArcGIS est créé par ESRI et regroupant des logiciels :

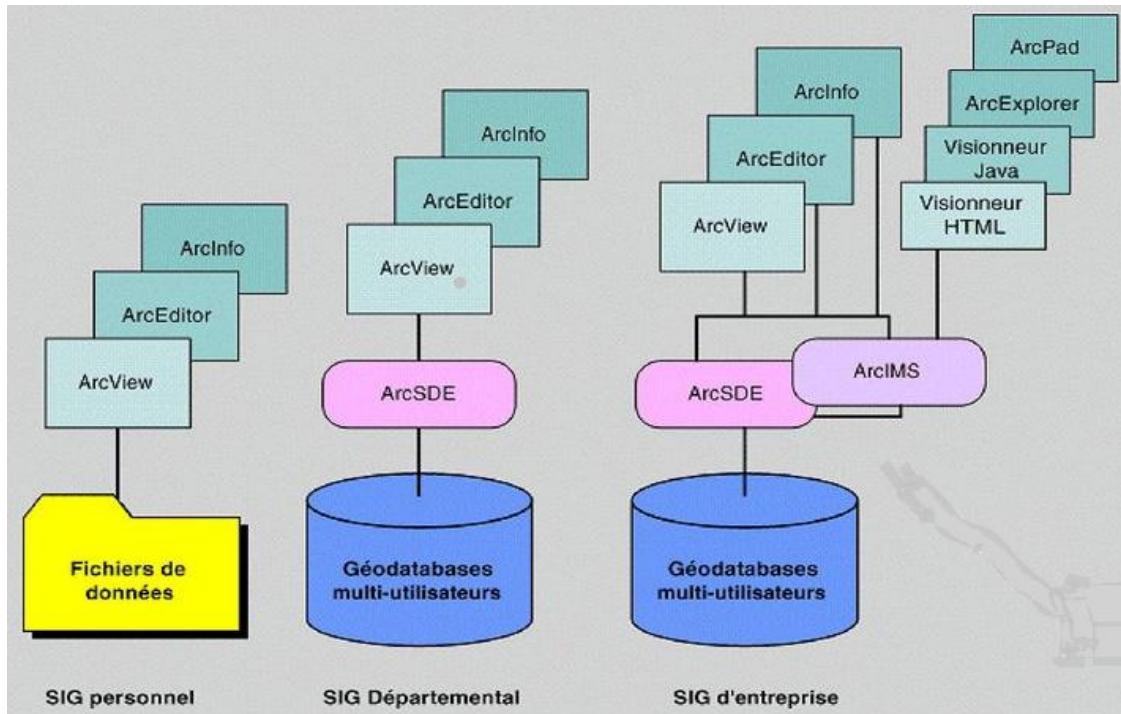
**a- clients** (ArcView, arcEditor, ArcInfo et ArcExplorer)

Les utilisateurs peuvent choisir un ou plusieurs composants d'ArcGIS correspondant à leurs besoins. Il est disponible à des niveaux fonctionnels suivants :

- **ArcView** : c'est un outil SIG complet destiné à l'usage des données, la cartographie et l'analyse.
- **ArcEditor** : il permet la création et la mise à jour avancées de données géographiques.
- **ArcInfo** : c'est un outil SIG bureautique professionnel et complet, qui propose des fonctions SIG complètes et de nombreux outils de géotraitements.
- **ArcExplorer** : il permet d'explorer, de visualiser et de partager facilement l'information géographique.

**b- serveurs** (ArcSDE et ArcIMS).

ArcSDE et ArcIMS nous permettent de partager des données avec d'autres utilisateurs. L'arcEditor et l'ArcInfo offrent des outils de modification des données arcSDE. L'interface SDE gère les géodatabases dans un Système de Gestion de Bases de Données (SGBD) tandis que le SIG sur Internet ArcIMS assure la circulation des données et des services.



### Formats des données sur

#### ArcGIS

Des éditeurs pour chaque logiciel SIG ont développé leur propre format de données. Ainsi, tous les formats de données développés par ESRI sont supportés par le logiciel ArcGIS. Il prend en charge les modèles fichiers tels que les fichiers de forme, les couvertures, les grilles et les géodatabases. Les grands formats des données CAO/DAO (DXF, DGN, DWG) ainsi qu'un grand nombre de format de données IMAGE sont également supportés. ArcGIS nous permet ainsi de travailler avec plusieurs formats de données sans avoir besoin de les convertir en un ou unique format. [A], [B]

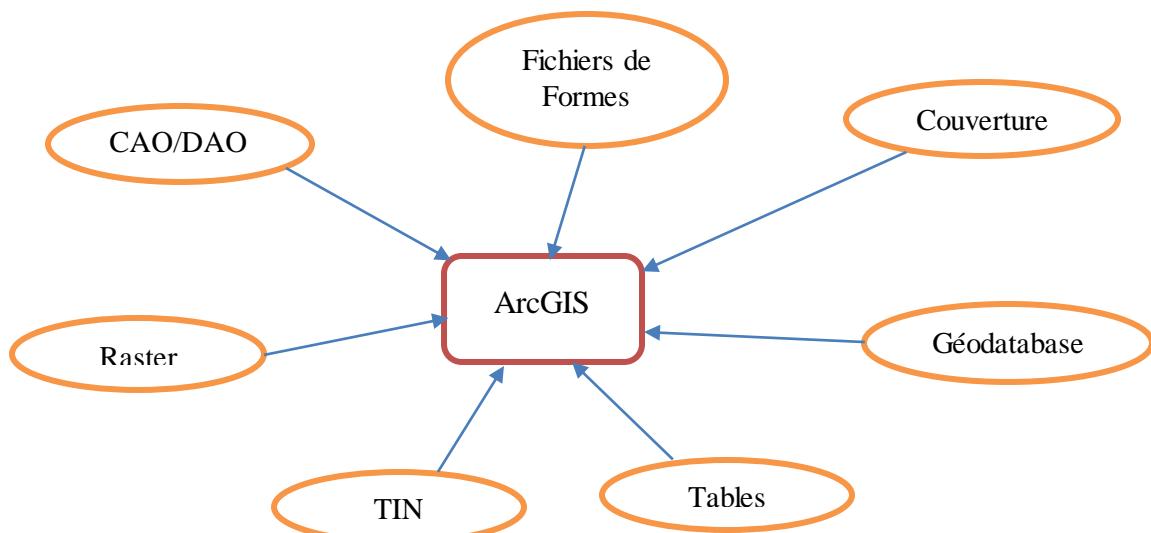


Figure 5 : Formats des données supportés par arcGIS

Le modèle de géodatabase prend en charge le même type d'informations géographiques mais il y a des avantages de gestion des données proposées par un SGBD. Un modèle commun pour les informations géographiques est défini par les modèles fichiers et les modèles de géodatabase (SGBD). On peut dire qu'ArcGIS s'adapte à tous les logiciels de système d'information géographique grâce à sa plateforme solide. [A], [B]

### I.3.3. Géodatabase

On peut planter une géodatabase à l'aide des deux systèmes physiques tels que les géodatabases personnels et les géodatabases ArcSDE. Les projets à petite échelle sont gérés par les géodatabases personnels et sont stockés dans des fichiers .mdb. On n'a pas besoin d'autre logiciel pour créer ou gérer ce type de géodatabase. Pour les grandes bases de données, on peut les gérer et stocker à l'aide des géodatabases arcSDE sans stocker dans un des formats de SDBR. Pour cela, une interface est nécessaire entre le logiciel bureautique et le SGBDR qu'on va choisir. Les opérations d'affichages, d'interrogations et d'analyses sont les mêmes pour les deux types des géodatabases. La gestion et le stockage dans des tables du système de gestion de bases de données relationnelles standard sont ainsi engagés par le géodatabase. [B]

## I. 4 Les bases de données nécessaires à l'élaboration

### I.4.1. Définition

Une base de données est un ensemble de données bien structurées et bien organisées qui représente un système d'informations sélectionné de telle sorte qu'elle puisse être consultée par des utilisateurs ou par des programmes.

### I.4.2. Données nécessaires

La conception des cartes exige plusieurs données venant de différentes sources afin d'obtenir les informations nécessaires et suffisantes concernant le projet. Nous avons ainsi utilisé les bases de données du FTM en combinant avec celles de la Monographie de la commune et les données collectées au sein des différents sévices.

Le complément des données se fait d'une part par la superposition de l'orthophoto et les bases des données du FTM et les acquisitions des données sur terrain d'autre part.

### I.4.3. Organisation des données

D'après la définition d'une base de données, l'organisation des données est nécessaire surtout pour éviter les problèmes qui peuvent se produire pendant la conception.

Ainsi, on crée un nouveau répertoire pour stocker tous les résultats pendant le traitement. En remarquant que l'organisation de toutes les données se fait dans l'ARCatalog, il faut que toutes les données nécessaires pendant le traitement soient enregistrées dans une nouvelle base de données d'une manière que les autres utilisateurs puissent les consulter.

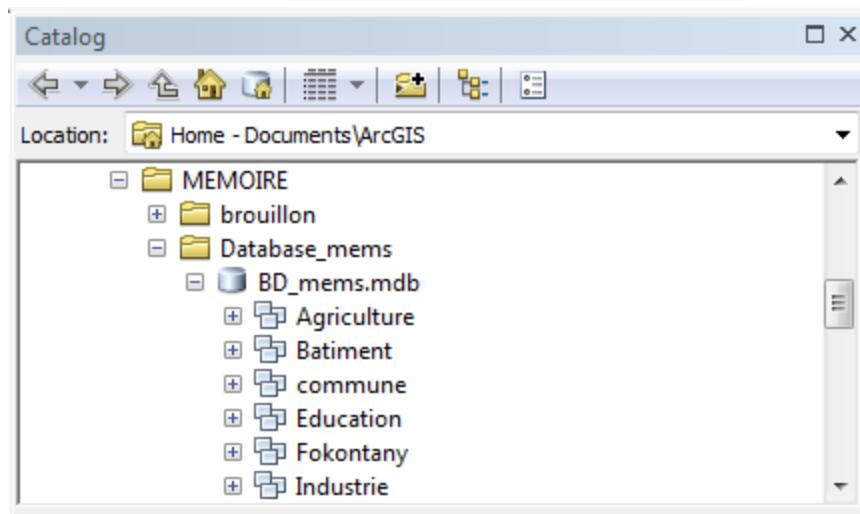


Figure 6 : Organisation de données dans l'ArCatalog

Les données collectées sont stockées dans la table attributaire de l'arcGIS.

OBJECTID	Shape *	FOKONTANY	0 5	6 10	11 18	19 25	26 59	60 et
1	Point	Behitsy	74	222	499	185	707	92
2	Point	Soamanandrariny	1727	1527	2832	1279	6124	2193
3	Point	Betsizaraaina	324	572	885	1013	1219	174
4	Point	Ambohipiaainana	62	95	120	87	326	22
5	Point	Antanetibe_Ikianja	187	250	350	250	971	104
6	Point	Manantenasoa	2037	1309	2766	1163	2474	1309
7	Point	Ikianja	1313	1113	2208	2705	3853	910
8	Point	Amoronakona	216	275	275	374	551	157
9	Point	Tsarahasina	97	600	930	759	1524	206
10	Point	Sوانierana	52	42	89	113	132	42
11	Point	Ambohidihilahy	120	126	204	292	136	68
12	Point	Ambohitrombihavana	202	203	343	383	404	100
13	Point	Ambohimangakely	1028	965	970	857	3246	340
14	Point	Antanambao	625	672	1733	381	3048	621
15	Point	Andranovao	414	768	1018	908	1783	165
16	Point	Betafo	185	591	961	850	924	185
17	Point	Ankadindambo	750	514	1085	438	2001	265
18	Point	Ambohimahitsy	2324	1218	3431	996	2988	1218

Figure 7 : Table attributaire