

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF-M'SILA

Faculté : Sciences
Département : Sciences de la
Nature et de la Vie
N° :



Domaine : Sciences de la Nature et de
la Vie
Filière : Ecologie et Environnement
Option : Ecologie des zones Arides et
Arides et Semi Arides

Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master Académique

Par : Mlle. OUADAH Hakima

Mlle. SAID Amira

Intitulé

**Gestion et mise en œuvre d'un Système d'Information
Géographique (SIG)**

Soutenu publiquement 19/06/2023 devant le Jury composé de :

BOUNAR Rabah	Pr	Université de M'sila	Président
KHOUDOUR Djamel	MCA	Université de M'sila	Rapporteur
SARRI Djamel	MCA	Université de M'sila	Examineur

Année universitaire : 2022 / 2023

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, tout louange à dieu qui nous a fourni le courage, la capacité et la patience pour réaliser ce modeste travail avec toutes ses difficultés et ses obstacles.

*On remercie spécialement notre promoteur, Monsieur **KHOUDOUR Djamel**, Maître de conférences classe « B » à l'université de Msila, pour nous avoir accordé sa confiance pour mener à bien ce projet et pour l'encadrement de ce travail et sa disponibilité ainsi que ses conseils ont largement contribué à l'aboutissement de ce travail.*

*Un merci particulier à Messieurs, **BESKR Djamel** et Les hauts commissariats au développement de la steppe (**HCDS**) dans son ensemble, pour leurs qualités de collaboration.*

*Aussi nous remercie Monsieur **BOUNAR Rebeh** et **SARRI Djamel** et membres du jury pour accepter évaluée ce modeste travail.*

Nos remerciements vont également au l'ensemble de ces proches qui ont supporté (et auront encore certainement à supporter).

Finalement, un grand merci à tous ceux et toutes celles qui d'une manière ou d'une autre nous ont aidés et soutenus de près ou de loin. Nos pensées vont à tous les enseignants qui ont participé à notre formation

Merci



Dédicace

Les voix de la joie se sont élevées et ce qui était hier un rêve s'est approché. Mon rêve tant attendu s'est approché. En ce moment, je ne peux pas exprimer mes sentiments. Les sentiments sont mitigés et je trouve ma plume incapable de s'exprimer. Victoire pour moi dans le l'arène de la science pour se lancer vers les cours de l'espace, réalisant selon la volonté de Allah.

Aujourd'hui, je dédie ma remise de diplôme à cette personne qui a éclairé mon chemin et m'a été d'un grand secours, à mon espoir dans la vie, la prunelle de mes yeux et le secret de mon succès, et à celui qui m'a appris que le succès ne vient avec patience et persévérance, même si son mot de remerciement ne suffit pas pour ma mère, merci pour tes sacrifices, merci pour ton amour, merci pour ta tendresse, merci pour ton cœur Le bien, chéri, que Dieu prolonge sa vie et faire d'elle une tente au-dessus de nos têtes. Et puis à ceux qui ont partagé mes joies et mes peines, la prunelle de mes yeux, ma sœur Zeyneb et mon frère Houssam.

Ensuite, à mon cher professeur, qui a inculqué l'excellence dans mon cœur pour que je m'envole dans le ciel du succès, de la connaissance et de la connaissance. Mon professeur, vous êtes une couronne sur la tête. J'ai travaillé dur et fatigué jusqu'à ce que vous m'ameniez à ce beau moment dans lequel je me tiens en tant que diplômé. Merci pour votre sincérité et votre travail acharné avec moi toujours. Je vous adresse, mon honorable professeur, les plus hautes expressions de remerciements, et le parfum du parfum, pour toujours, pour être une source de connaissances et de connaissances, que vous nous avez présentées avec un cadeau sans précédent, jusqu'à aujourd'hui, nous étions diplômés, louanges à Allah.

Enfin, à toute ma famille et à mes proches, jeunes et vieux, vivants et décédés, et à ceux avec qui j'ai été réuni sur la plateforme de la connaissance et de l'amitié, mes collègues, pour qui j'ai les plus hautes expressions d'amour, à tous mes professeurs qui m'ont accompagné tout au long de mon parcours universitaire et à ma chatte Suzie en particulier ☺

Amira Said

Dédicace

La joie d'être diplômée est le rêve qui me fatiguait, et j'ai gâché ma vie pour y parvenir. Le voici devenu réalité, et les larmes se sont mêlées à la joie que j'avais attendue toute ma vie. Aujourd'hui, le voyage que nous avons enduré des fins. Au bout d'un moment, nous dirons quels souvenirs nous ont rapprochés de personnes que nous n'aurions pas connues sans notre carrière scientifique, grâce à Allah d'abord.

Aujourd'hui je dédie ma graduation à celui qui a bu la coupe vide pour me donner une goutte d'amour, à celui qui a récolté les épines sur mon chemin pour ouvrir la voie à la connaissance, à celui qui m'a soutenu tout au long de ma vie et n'a jamais refusé une demande pour moi un jour, et qui dit toujours : « Je suis satisfait de toi dans ce monde et dans l'au-delà », et qui m'attend ces instants pour partager mes joies. Il est mon père, qu'Allah ait pitié de lui.

Et puis à ma mère, à qui Dieu a fait le Paradis sous ses pieds, à celle qui m'a couvert d'un trop-plein de sa tendresse, à celle qui m'a brûlé pour éclairer mon chemin, à celle qui avait faim, rassasié, dormi éveillé, fatigué, reposé, pleuré et ri, et m'a donné de l'eau de la source de sa tendresse et de sa sincérité, à celle qui m'a élevé enfant et conseillé adulte, le réconfort de mes yeux et de mon cœur, ma chère mère, que Dieu prolonge mon âge de vie et en fasse une tente sur nos têtes.

Alors, à ceux qui ont partagé mes joies et mes peines, un des plus beaux destins est que vous êtes mes frères Moussa Younes, Yousra et Meryem. Que Dieu prolonge votre vie et vous fasse me soutenir dans ma vie. Alors à mon professeur aujourd'hui, les mots se dispersent et les lettres se dissolvent impuissantes devant vos remerciements, car vous avez toujours été un exemple de professeur engagé et généreux, alors un merci spécial parfumé d'amour et du parfum de jasmin pour vous.

Enfin, à toute ma famille et à mes proches, jeunes et vieux, vivants et décédés, et à ceux avec qui j'ai été réuni sur la plate-forme de la connaissance et de l'amitié, mes collègues et collègues, pour qui j'ai les plus hautes expressions d'amour, à tous mes professeurs qui m'ont accompagné tout au long de mon parcours universitaire.

Ouadah Hakima

Liste des abréviations

SIG : Système d'Information Géographique

SI : Systèmes d'Information

IG : Information Géographique

PC: Personal Computer

ESRI: Environmental System Research Institute

GPS : Global Positioning System

DTGC : Travaux Géographiques et Cartographiques de Dakar

SCD : Schéma Conceptuel de Données

MCD : Modèle Conceptuel de Données

SGBD : System de Gestion de Base de Données

CAO : Conception Assistée par Ordinateur

IGN : Institut Géographique National

INSEE : Institut National de la Statistique et des Études Économiques

DGI : Direction Générale des Impôts

MEGRIN : Multipurpose European Ground Related Information Network

SHOM : Service Hydrographique et Océanographique de la Marine

IFEN : Institut Français de l'Environnement

BD : Base de Données

AC39: Advisory Circular

UTM: Universal Transverse Mercator

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
---------------------------	---

Chapitre I : Généralités - Définitions et Fonctionnalités d'un SIG

I.1. Définitions.....	4
1.2. La géomatique.....	4
I.3. Historique.....	5
I.4. Sciences liées aux SIG.....	6
I.5. Les composants des SIG	7
I.6. Questions auxquelles un SIG peut répondre.....	8
I.7. Type de SIG.....	9
I.7.1. SIG bureau	9
I.7.2. SIG mobile.....	10
I.8. Les fonctionnalités principales des SIG.....	11
I.9. Les technologies liées aux SIG.....	12
I.9.1. CAO (Conception Assistée par Ordinateur)	12
I.9.2. SGBD (Systèmes de Gestion de Bases de Données)	13
I. 10. Mise en place d'un SIG.....	15
I.10.1. De quelles données ai-je besoin ?.....	15
I.10.2. Les données cartographiques de base.....	17
I.10.3. Intégrer des données dans un SIG (acquisition et saisie).	17
I.10.4. Les données existent : il faut les importer dans le système	21
I.10. 5. Les données n'existent pas : il faut créer une base de données.....	22
I.10.6. Gestion et organisation des données	23
I.10.7. Interrogation et analyses	23
I.11. Les domaines d'applications d'un SIG.....	23
I.12. Les Avantages et Les inconvénients du SIG.....	24

Chapitre II : Représentation de l'information géographique dans les SIG

II.1. Définitions.....	27
II.2. Représentation de l'information géographique dans les SIG.....	28
II.2.1. Localisation de l'Information Géographique	28
II.2.2. Sources d'IG.....	32
II.2.3. Acquisition d'IG.....	33
II.2.4. Présentation des données dans les SIG.....	34
II.2.5. Structuration d'IG.....	37

II.2.6. Visualisation d'IG	39
II.3. Représentation des données descriptives dans les SIG.....	40
II.4. Fonctionnement des SIG.....	40

Chapitre III : Logiciels dans les SIG

III.1 Les logiciels SIG.....	43
III.2. Evolution des logiciels SIG.....	43
III.3. Présentation des principaux logiciels de SIG.....	43
III.3.1. Logiciels en mode vectoriel	43
III.4. Les topologies des logiciels SIG.....	46
III.4.1. SIG généralistes bureautiques.....	46
III.4.2. SIG généralistes de gestion.....	47
III.4.3 SIG métiers.....	47
III.5. Logiciels SIG disponibles sur le marché	47

Chapitre IV : Mise en œuvre d'un SIG / Exemples d'exploitation de SIG

IV.1. Utilité d'un SIG dans tous les domaines.....	50
IV.2. Les grandes étapes de création d'une base de données à référence spatiale.....	50
IV.2 .1. Structuration des données	50
IV.2 .1.1. Modèle d'une Base de Données Géographiques.....	51
IV.2.1.2. L'implantation des données structurées dans un système informatique.....	52
IV.2.2. Exemples d'exploitation de SIG.....	52
IV.2.2.1. Étude cartographique par le Système d'Information Géographique 'SIG' des bassins versants de la Wilaya de M'sila, Algérie.....	52
IV.2.2.2. Contribution du SIG d'étude des propriétés physico-chimiques des eaux surfaces (cas de barrage K'sob)	53
IV.2.2.3. Apport de SIG pour la réalisation de la carte de dégradation des parcours steppiques (Cas de la wilaya de M'sila)	54
CONCLUSION	57

Bibliographie

Annexe

Résumé

Liste des figures

Figure 01 : La géomatique	4
Figure02 : Disciplines de la géomatique	5
Figure 03 : Les composants des SIG.....	8
Figure 04 : Mécanisme de réponse aux questions.....	9
Figure 05 : Concepts clés des SIG mobiles	10
Figure 06 : Fonctionnement de base d'un SIG	10
Figure 07 : Architecture et interaction entre un SIG de bureau et un SIG mobile	11
Figure 08 : Analyse spatiale alphanumérique et géométrique	12
Figure 09 : Donnée alphanumérique.....	13
Figure 10 : Les fonctionnalités du SIG.....	14
Figure 11 : Les données dans un SIG.....	17
Figure 12 : Un théodolite	18
Figure 13 : Photos aériennes	19
Figure14 : image satellite	19
Figure 15 : Principe de la télédétection	21
Figure16 : Représentation schématique d'une base de données géographique : ensemble de couches superposables	23
Figure17 : Information Géographique	27
Figure18 : Représentation de l'information géographique dans les SIG.....	28
Figure19 : Système de coordonnées	29
Figure20 : Une projection sur un plan de la terre	29
Figure21 : Différentes altérations selon les systèmes	30
Figure22 : Schéma explicatif la projection UTM	31
Figure23 : Schéma explicatif la projection de Lambert.....	32
Figure24 : Les coordonnées tridimensionnelles	32
Figure 25 : Source de l'information géographique	33

Figure26 : Les fonctions d'un SIG	34
Figure27 : Exemple L'Information Graphique	35
Figure28 : les deux principaux types (graphique et attributaire) de l'information géographique au format vecteur	36
Figure29 : Les deux types d'IG.....	36
Figure30 : Représentation de l'espace en mode Raster	37
Figure 31 : les objets géométriques	38
Figure32 : La différence entre les deux modèles dans la représentation des objets géométriques	39
Figure33 : Visualisation d'IG.....	40
Figure34 : Représentation du monde réel sous la forme de couches thématiques.....	41
Figure35 : Logiciel Arc GIS	44
Figure36 : Base de données géographiques BDG	51
Figure37 : MBDG- Réseaux hydrographiques de wilaya de M'sila.....	51
Figure38 : MBDG- Sous bassins principales de bassin versant Honda	53
Figure39 : MBDG- Barrage K'sob.....	54
Figure40 : MBDG – dégradation des parcours steppiques.....	55

Liste des tableaux

Tableau 01 : Les périodes principales dans l'évolution des SIG	6
Tableau 02 : Exemple L'Information Attributaire	35
Tableau 03 : Comparaison entre les deux modèles	38
Tableau 04 : Listes des logiciels SIG	48

INTRODUCTION

Mettre en œuvre un système d'information géographique est une action coûteuse en moyens matériels et logiciels, en données et en personnels. Les besoins en information géographique numérisée se font de plus en plus nombreux aussi bien dans les pays industrialisés que dans les pays en voie de développement. Néanmoins, vu leur volume important, leur grande diversité et les exigences croissantes des utilisateurs, leurs présentations et leurs manipulations des tâches délicates. D'où le besoin accru de disposer d'outils capables de traiter ces informations ne se limitant pas à des représentations cartographiques et des données localisées uniquement, mais offrant des fonctions performantes d'analyse. L'avènement des Systèmes d'Information Géographique SIG a été d'un grand secours pour les utilisateurs de données à référence spatiale. Une étude importante doit être menée pour évaluer les besoins d'utilisateur. Pour ce faire, une planification doit être mise en place de manière à définir un modèle d'une Base de Données Géographiques (MBDG) qui constitue la base du Système d'Information Géographique (SIG).

La masse d'information acquise quotidiennement nécessite un volume de stockage très important. Ce stockage met en œuvre plusieurs types de supports, dont les plus connus sont les supports papier avec codage graphique (donc encombrant), et les supports magnétiques ou optiques avec codage analogique ou numérique (mémoires de masse des ordinateurs actuels).

Le problème de l'accumulation des informations au cours du temps est partiellement résolu grâce aux performances sans cesse croissantes des supports. Mais il apparaît alors un problème de gestion optimale de ces informations (rapidité de recherche, manipulations et analyses, mise à jour, création de nouvelles informations, restitution sous différentes formes - graphique, numérique, alphanumérique et/ou sur différents périphériques moniteur couleur et/ou monochrome, imprimante couleur et/ou monochrome-, etc ...). C'est pour cette raison que l'homme a créé différentes architectures de stockage de l'information sur ordinateur, ainsi que des outils de gestion de plus en plus élaborés. Les techniques les plus récentes de gestion des informations mettent en œuvre des systèmes-experts grâce à l'utilisation des outils proposés par l'Intelligence Artificielle. Ces structures appliquées au milieu environnant sont appelées Systèmes d'Information Géographique.

Le SIG s'avère un outil puissant au travers de sa capacité à représenter la réalité sous la forme de cartes thématiques par couches d'informations (distribution spatiale d'une catégorie d'entité paramétrable). Il permet de croiser les données de sources différentes ainsi que de gérer de larges bases de données (SGBD). Les mesures et les échantillons de la base de données doivent représenter le monde réel de manière aussi exhaustive et consistante que possible. Néanmoins, la complexité du monde réel est si grande que l'on crée des modèles de la réalité qui ne sont que des représentations simplifiées. Le contenu d'une base de données (BD), à référence spatiale, présente donc une vue partielle du monde réel

(représentation aussi particulière). On assiste actuellement à une véritable révolution au niveau de la production des données avec l'apparition de nombreuses applications. Cette révolution est directement liée aux évolutions matérielles et technologiques qui permettent d'embarquer un logiciel SIG (système d'information géographique) sur un smartphone ou une tablette, de saisir une multitude d'informations géolocalisées qui seront directement stockées dans des serveurs via une connexion Internet.

A cet effet, notre mémoire est scindé en quatre chapitres distincts. Au premier chapitre, nous présentons des généralités sur les SIG, leurs définitions, architecture et techniques liées aux SIG, et leurs domaines d'application. Au deuxième chapitre nous traitons la représentation de données de l'information géographique utilisées par les SIG, leur structure, puis le fonctionnement des SIG. Au troisième chapitre nous évoquons les logiciels SIG. Enfin au quatrième chapitre nous mettons la mise en œuvre d'un SIG

**Chapitre I : Généralités - Définitions et
Fonctionnalités d'un SIG**

I.1. Définitions



- **Système** : Un système relie un ensemble d'objets et d'activités pour qu'ils interagissent dans un but unique. [25]
- **Information géographique** : L'information est dite géographique lorsqu'elle se rapporte à un ou plusieurs lieux de la surface du globe terrestre. Cette information possède la caractéristique d'être localisée, repérée ou géocodée. [7]
- **Un système d'information géographique** :
 - Un SIG ou Système d'Information Géographique est un système d'information capable d'organiser, saisir, stocker, mettre à jour, manipuler, analyser et de présenter des données alphanumériques spatialement référencées, ainsi que de produire des plans et des cartes. Ses usages couvrent les activités géomatiques de traitement et diffusion de l'information géographique. On peut enfin définir un SIG comme étant un système informatisé capable de représenter sous forme numérique un territoire ou une partie d'un territoire. [33]
 - SIG est un système qui crée, gère, analyse et cartographie tous les types de données. Le SIG relie les données à une carte, intégrant les données de localisation (où se trouvent les choses) avec tous les types d'informations descriptives (à quoi ressemblent les choses là-bas). Cela fournit une base pour la cartographie et l'analyse qui est utilisée en science et dans presque toutes les industries. Le SIG aide les utilisateurs à comprendre les modèles, les relations et le contexte géographique.

www.esrifrance.fr/application.aspx

I.2. SIG et géomatique

Géomatique, c'est le portrait de la réalité de haute précision à partir de ce plan de base on peut travailler sur les projets, et essayer de corriger les erreurs du passé, c'est le portrait exact du territoire avec toutes les informations nécessaires. L'utilisation généralisée des ordinateurs personnels, conviviaux, est à l'origine du foisonnement de logiciels de traitement des données à référence spatiale.

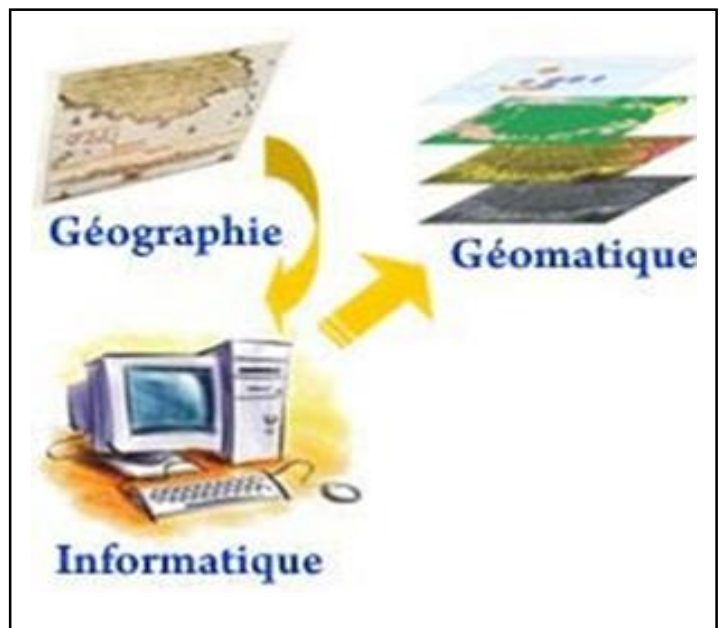


Figure 01 : La géomatique [20]

Entre autres, on en arrive à pouvoir traiter simultanément et de façon automatisée l'ensemble des données à référence spatiale d'un territoire, dont celles provenant de la télédétection. Cette approche est maintenant désignée sous terme de géomatique. [1]

La géomatique (géographie et informatique), Discipline ayant pour objet la gestion des données à référence spatiale et qui fait appel aux sciences et aux technologies reliées à leur acquisition, leur stockage, leur traitement et leur diffusion. [22]

Disciplines de la géomatique :

- La géographie ;
- La cartographie ;
- La télédétection ;
- La photogrammétrie ;
- La géodésie ;
- La statistique ;
- L'informatique ;
- Les mathématiques ; [24]

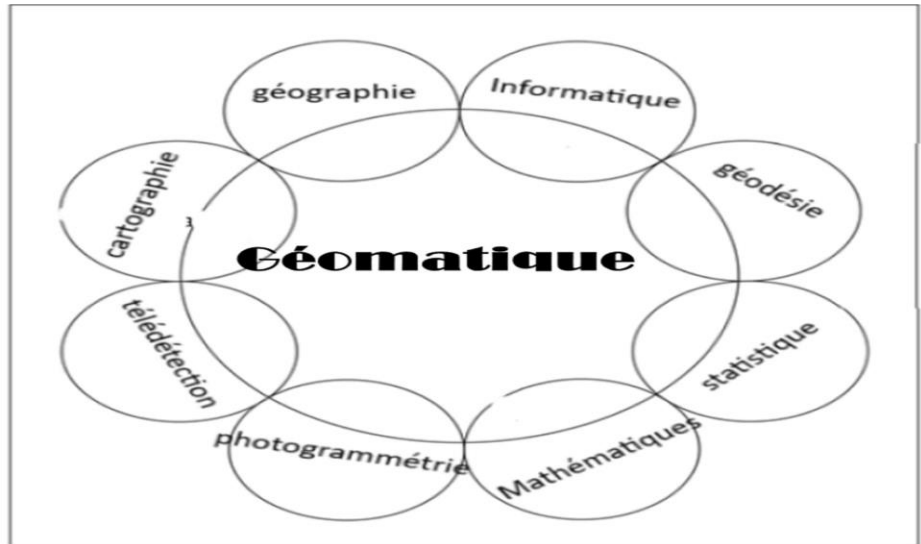


Figure 02 : Disciplines de la géomatique [19]

I.3. Historique

Pendant les années 50 et les années 70, de nouvelles pratiques accordèrent une place croissante à l'utilisation des cartes pour la gestion des ressources naturelles. Suite à la prise de conscience de l'interrelation entre les différents phénomènes qui se déroulent à la surface de la terre, la nécessité de développer des outils de gestion global et pluridisciplinaire, s'est rapidement imposée. A la fin des années 70, la technologie de cartographie assistée par ordinateur avait fait néanmoins de grands progrès, avec la disponibilité de plus d'une centaine de systèmes sur le marché. En parallèle, de nouvelles techniques se développaient dans des domaines proches : pédologie, hydrographie, topographie, photogrammétrie et télédétection. Le rythme soutenu du développement de ces nouvelles techniques, ainsi que l'absence de maturité de ce secteur s'est traduit dans un premier temps par la duplication d'efforts, dans les disciplines proches sans une réelle concertation. Mais au fur et à mesure que les systèmes se multipliaient et que l'expérience se gagnait, le potentiel de lien entre les processus différents de traitement des données spatiales émergeait. C'est ainsi que naissait un nouveau domaine : celui des systèmes d'information géographique, universelle utilisée de nos jours. Au début des années 80, alors que l'information devenait à la fois sophistiquée (par la miniaturisation et l'augmentation des capacités de calcul), et plus populaire (par l'apparition des ordinateurs à des prix abordables), les SIG profitaient de

cette généralisation des plateformes informatiques. Aujourd'hui, les SIG sont utilisés par tous les acteurs de l'aménagement du territoire. [7]

Tableau 01 : Les périodes principales dans l'évolution des SIG [19]

Période	Evolution de SIG
Fin des années 1950 milieu des années 1970	début de l'informatique, premières cartographies automatiques.
Milieu des années 1970 début des années 1980	Diffusion des outils de cartographie automatique / SIG dans les organismes d'État (armée, cadastre, services topographiques, ...).
Depuis les années 1980	Croissance du marché des logiciels, développements des applications sur PC, mise en réseau (bases de données).
Depuis les années 1990	Des applications sur Internet et une banalisation de l'usage de l'information géographique (cartographie sur Internet, calcul d'itinéraires routiers, utilisation d'outils embarqués liés au GPS...).

I.4. Sciences liées aux SIG

Les Systèmes d'Informations Géographiques sont le résultat de la combinaison et de la fusion de disciplines multiples :

- *La géographie* : organisation et analyse spatiale (population, ressources ...) ;
- *La cartographie* : qui donne les méthodes de représentation de l'espace géographique ;
- *La télédétection* : technique d'acquisition et de traitement de données obtenues avec des capteurs satellitaires et aéroportés (images ou photos) ;
- *La photogrammétrie* : qui explique des photographies aériennes ;
- *La géodésie* : qui fait des localisations très précises ;
- *La mathématique* : qui met à la disposition des spécialistes en Systèmes d'Informations Géographiques les différentes méthodes de calcul matriciel, de calcul différentiel et intégral, de trigonométrie, de géométrie, d'interpolation et d'extrapolation des courbes ;
- *La statistique* : qui offre la possibilité d'analyse et d'interprétation des mesures ;
- *L'informatique* : qui permet de réaliser des bases de données et conception assisté par ordinateur (CAO), infographie, SGBD. Algorithmique. Intelligence artificielle ;
- *La topographie* : (du grec topo = lieu et graphe = dessin). C'est la science qui permet la mesure puis la représentation sur une carte des formes et détails visibles sur le terrain, (relief, hydrographie, etc.)

avec comme objectif de déterminer la position et l'altitude de n'importe quel point ; [3]

I.5. Les composants des SIG

Selon ESRI France, un système d'information géographique est constitué de 5 composants majeurs :

I.5.1. Logiciels (ArcGis) :



Qui assurent les 6 fonctions suivantes parfois regroupées sous le terme des 'SA' :

- Acquisition : saisie des informations géographiques sous forme numérique ;
- Archivage : gestion de base de données ;
- Analyse : manipulation et interrogation des données géographiques ;
- Affichage : mise en forme et visualisation ;
- Abstraction : représentation du monde réel ;
- Anticipation : Prospective ; [28]

I.5.2. Données spatiales (DATA= Information Géographique) :



On entend par données spatiales les données contenant la position géographique d'entités particulières à la surface de la terre, ainsi que les informations d'attributs décrivant ce que ces entités représentent. Ces données sont les composantes les plus importantes des SIG. Elles sont soit importées à partir de fichier, soit saisies directement par un opérateur. De plus, l'utilité et la fiabilité du SIG sont déterminées par une bonne qualité des données. [28]

I.5.3. Les matériels informatiques (hardware) :



Actuellement, le traitement des données à l'aide des logiciels ne peut se faire sans un ordinateur. En outre, pour faciliter la diffusion des résultats produits par un SIG, on utilise de plus en plus des systèmes client-serveur en intranet, extranet voire Internet. [28]

I.5.4. Savoir-faire (méthodes) :



La conception correcte d'un SIG, nécessite l'intervention d'une équipe interdisciplinaire, où les savoir-faire vont être unis :

- Techniques : maîtrise des langages de développement et modélisation informatique, traitements graphiques, traduction informatique des requêtes ;
- Théorique : géodésie, sémiologie graphique et cartographique, et selon les domaines d'autres connaissances fondamentales sont à maîtriser ; [22]

I.5.5. Les utilisateurs / Personnel formé (People) :



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

de façon importante et il est raisonnable de penser qu'à brève échéance, nous serons tous à des niveaux différents des utilisateurs des SIG. [12]



Figure 03 : Les composants des SIG [19]

I.6. Questions auxquelles peuvent répondre les SIG

Selon ESRI (2004), un SIG doit répondre à cinq questions, quel que soit le domaine d'application :

- **Où** : où se situe le domaine d'étude et quelle est son étendue géographique ? Ce phénomène se trouve-t-il ? Cette question permet de mettre en évidence la répartition spatiale d'un objet géographique.
- **Quoi** : quels objets peut-on trouver sur l'espace étudié ? Cette question renseigne sur les objets géographiques présents dans une zone donnée.
- **Comment** : comment les objets sont-ils répartis dans l'espace étudié, et quelles sont leurs relations ? C'est l'analyse spatiale.
- **Quand** : quel est l'âge d'un objet ou d'un phénomène ? C'est l'analyse temporelle.
- **Et si** : que se passerait-il s'il se produisait tel événement ? Cette dernière question permet de faire des prévisions ou des simulations sur l'avenir. [26]

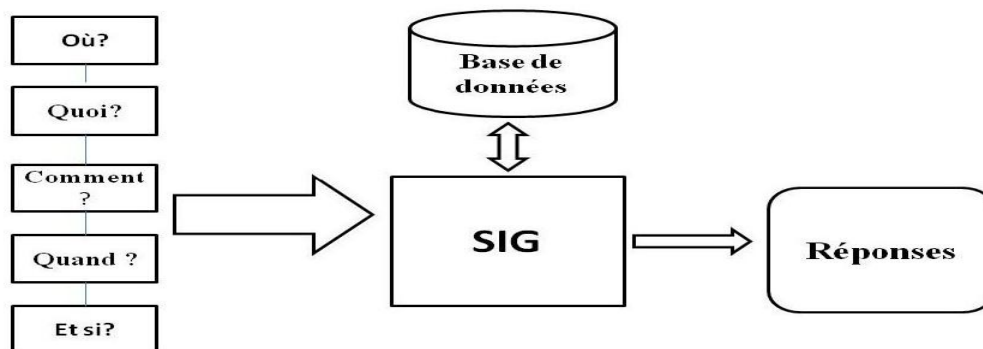


Figure 04 : Mécanisme de réponse aux questions [25]

I.7.Type de SIG

I.7.1. SIG mobile (nomade)

Les Systèmes d'information Géographique sur téléphones portables connues sous l'appellation de SIG mobiles sont des outils destinés à un usage décentralisé de la base de données géographiques, ce qui est particulièrement utile pour effectuer des opérations sur le terrain. Ils offrent plusieurs fonctions dont les principales sont :

- La consultation de données (cartes, couches de données, attributs...);
- L'acquisition et la modification de données ;
- La localisation de l'outil par l'intermédiaire d'un récepteur GPS (intégrer ou non) ;
- Le relevé par capteurs (GPS, thermomètre, théodolite, etc.) ;
- Des fonctions d'analyse spatiale ; [8]

- La Le SIG mobile est composé principalement d'un terminal mobile qui selon les types de supports peut être soit un ordinateur de terrain, soit différentes versions de téléphones portables. La composante localisation est fondamentale pour assurer le géo référencement de toutes informations collectées et mise à jour ; certains supports mobiles disposent de la fonctionnalité GPS. [8]

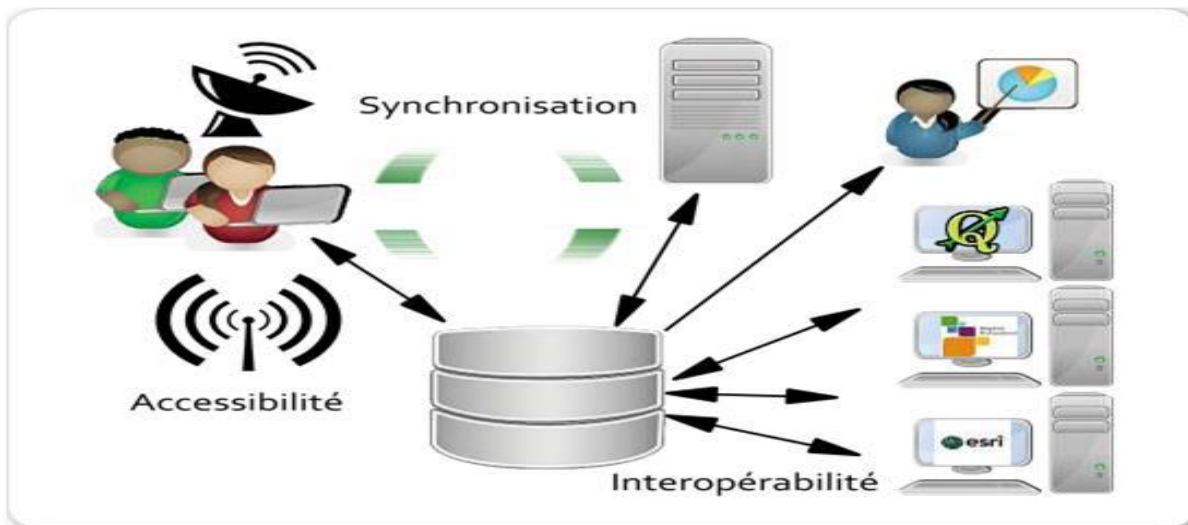


Figure 05 : Concepts clés des SIG mobiles [33]

I.7.2. SIG bureau

Le SIG est un ensemble organisé globalement comprenant des éléments (données équipements, procédures, ressources humaines) qui se coordonnent, à partir d'une référence spatiale commune, pour concourir à un résultat. C'est donc un système de gestion et d'aide à la décision. Ce Système d'Information Géographique traite d'informations localisées et ainsi apporte une dimension géométrique aux SI classiques (figure06). L'accès à ces informations se fait à travers des fonctions d'identification et

de requête ; cet accès procède par l'interrogation d'une base de données géographique située sur le serveur d'un ordinateur de bureau. [25]

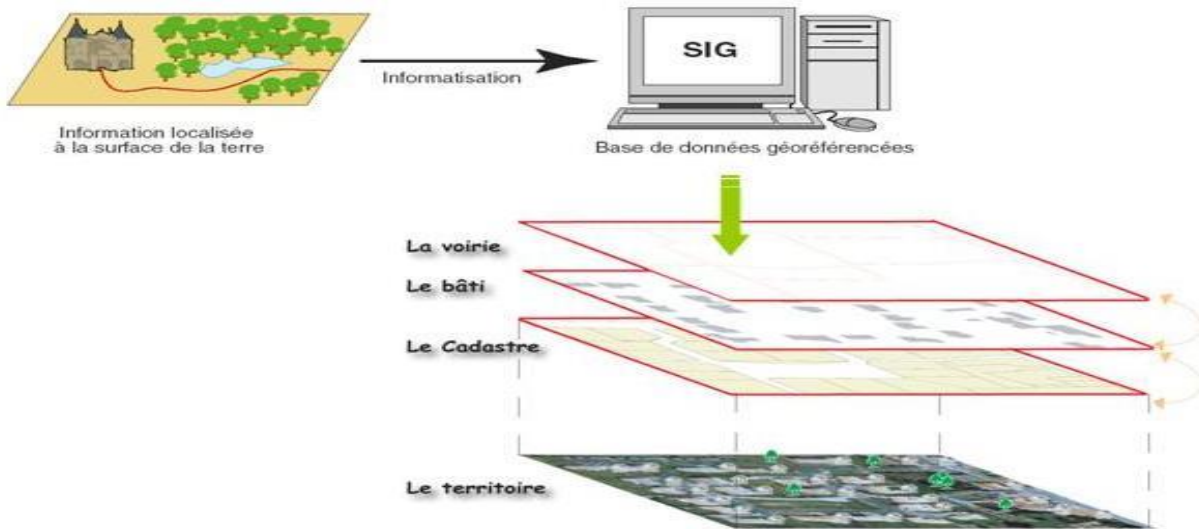


Figure 06 : Fonctionnement de base d'un SIG [11]

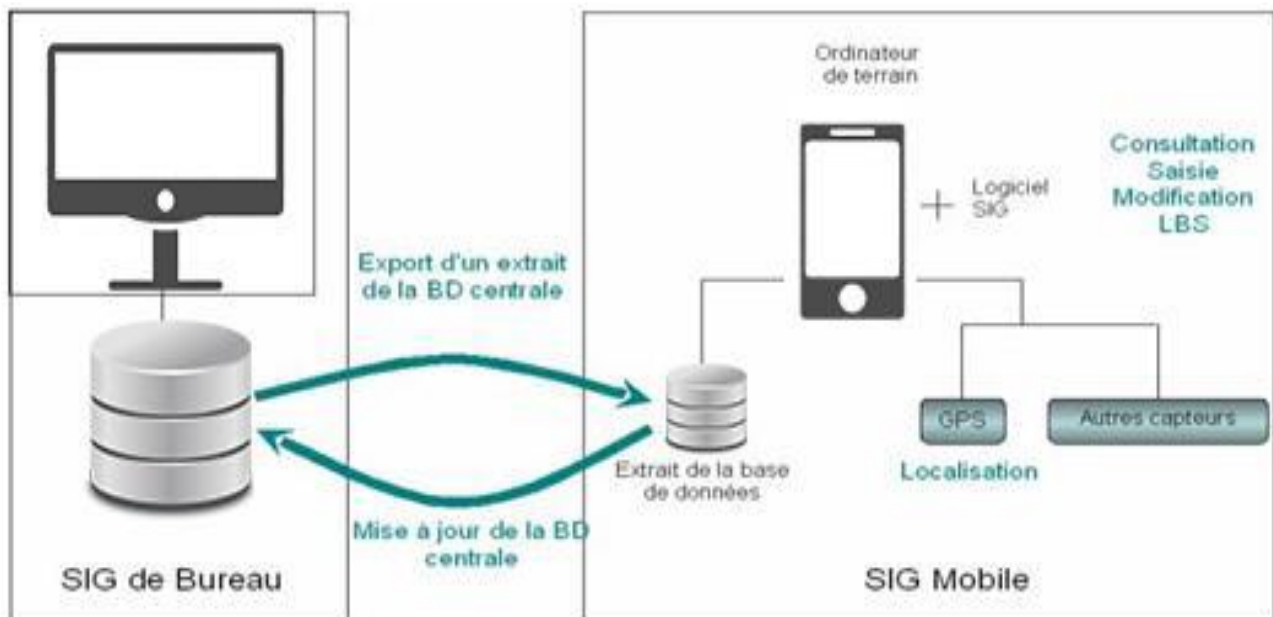


Figure 07 : Architecture et interaction entre un SIG de bureau et un SIG mobile [33]

I.8. Fonctionnalités d'un SIG

On peut décrire les fonctions attendues d'un SIG, la littérature dans le domaine évoque « les 5A d'un SIG ».

I.8.1. Acquisition

C'est la phase la plus importante pour la réalisation d'un SIG. Les données sont souvent très difficiles à acquérir car elles ont été inexistantes ou dispersées. Et si elles existent, elles sont quelque fois erronées. Or pour une bonne fiabilité des SIG, il faut des données de qualité. Les données sont acquises sous forme de photographies aériennes, d'images satellite, de cartes sur papiers, ou de tableau de coordonnées. Une fois obtenues, les données sont transformées en format numérique par la méthode :

- De la digitalisation à l'aide d'une table à digitaliser ;
- Du scannage ;
- De la saisie au clavier ; [28]

Dans le cadre de notre étude, nous disposons de deux (2) cartes sur papiers que nous avons scannées. Notons que cette phase du travail a été effectuée au niveau de la Direction des Travaux Géographiques et Cartographiques de Dakar (DTGC).

- Acquisition de la donnée non numérique : scan des cartes, géo référencement, digitalisation et la création des tables attributaires.
- Acquisition de la donnée numérique : importation de fichiers, Coordonnée GPS, [22]

I.8.2. Archivage

I.8.2.1 La gestion

Les données acquises, il faut être capable dès les stocker et de les retrouver facilement. C'est une des fonctions les moins visibles pour l'utilisateur. Elle dépend de l'architecture du logiciel avec la présence intégrée ou non d'un Système de Gestion de Base de Données (SGBD) relationnel ou orienté objet. [6]

I.8.2.2 L'environnement de travail

Nous ne sommes plus dans « l'espace stockage » mais dans « l'espace travail ». Cela concerne l'espace pour la gestion du projet (l'organisation), mais aussi l'ergonomie du logiciel (interface). [7]

I.8.3. Analyse

La raison d'être des systèmes d'information géographique n'est pas la constitution de plan ou de carte ni la seule gestion de données mais d'être un outil au service de l'information géographique. [29]

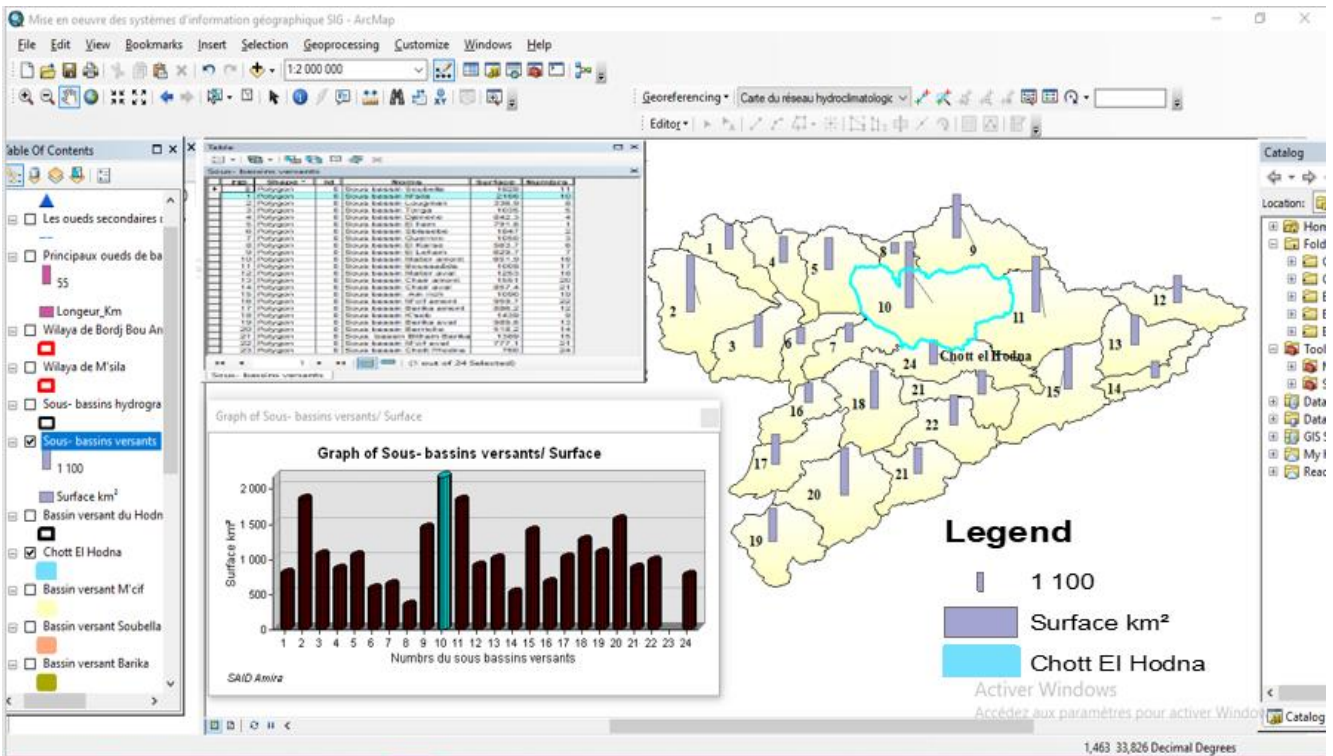


Figure 08 : Analyse spatiale alphanumérique et géométrique

1.8.3.1. Analyse spatiale à partir de la sémantique (Alphanumériques)

Description qualitative et/ou quantitative d'un espace à partir de données alphanumériques stockées « dans » l'objet géométrique ou dans une base de données externe via un lien. Cette analyse peut se faire par requête, par calcul. La cartographie en est souvent le support. [7]

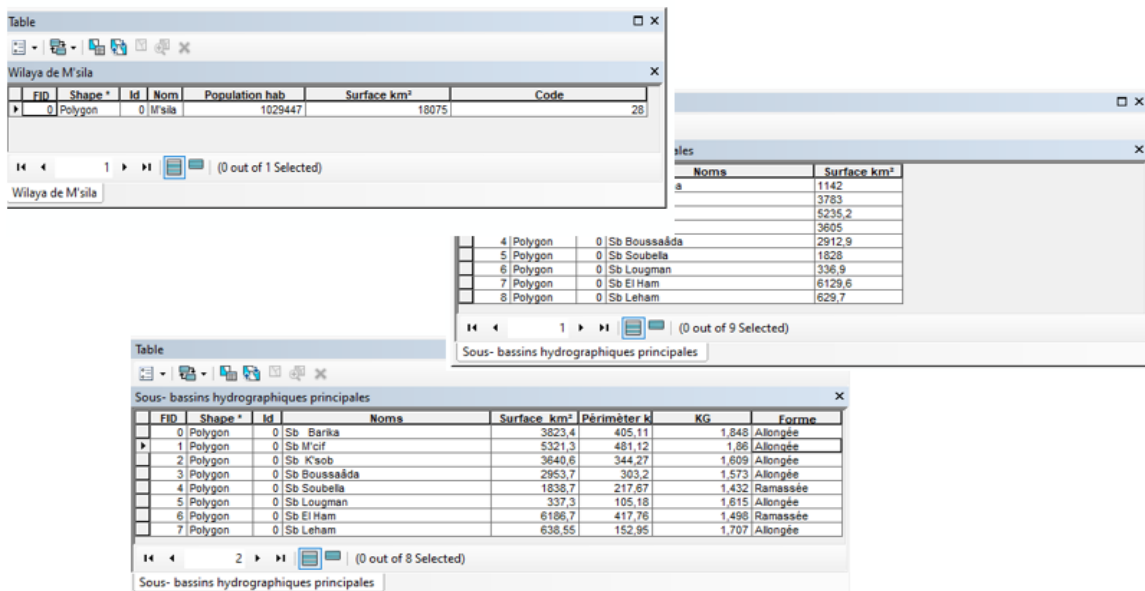


Figure 09 : Donnée alphanumérique

1.8.3.2. Analyse spatiale géométrique

Cette analyse se base sur la position de l'objet, sa forme, et les relations qui existent éventuellement. La distance entre objets est une des fonctionnalités simples de l'analyse spatiale. On peut travailler sur les

relations entre les objets, par exemple en sélectionnant suivant une distance, une intersection, un positionnement, sans modifier les objets. On peut travailler sur la topologie quand elle existe. On peut manipuler de la donnée en la découpant, la joignant, l'excluant. [7]

I.8.4. Affichage

Son but est de permettre à l'utilisateur d'appréhender des phénomènes spatiaux dans la mesure où la représentation graphique respecte les règles de la cartographie. L'affichage sert à communiquer :

- Sur un ordinateur lors de l'élaboration d'une étude ;
- Sur internet en respectant des contraintes de poids, de couleur, de format ;
- Sur papier pour des documents de travail, des rapports, des documents de promotion ;

Si l'affichage n'est pas le cœur du système, il reste un élément très important grâce au pouvoir de communication de la carte. [7]

I.8.5. Abstraction

C'est la modélisation, l'intellectualisation du monde réel suivant différents prismes.

A quoi va servir la base de données ?

La construction du Schéma Conceptuel de Données (SCD ou MCD) permet de modéliser la base de données en définissant les objets (classes d'objets), leurs attributs ainsi que leurs relations. Prenons l'exemple de la mise en place d'un circuit touristique lié au patrimoine historique d'un pays :

Des bornes interactives situées dans les gares et syndicats d'initiatives permettent de se constituer un circuit selon un thème et son moyen de locomotion. On représente tous les lieux pouvant accueillir des touristes, reliés par des axes de communication afin que le voyageur puisse choisir son mode de transport en fonction du temps dont il dispose. Cette étape est nécessaire avant toute numérisation, elle sert de point de départ de la constitution des bases de données géographiques, et de support de dialogue entre les différents intervenants (décideurs, utilisateurs, prestataires, ...etc.). Le but de modéliser est de se faire comprendre par le plus grand nombre. La deuxième étape consiste à trouver le logiciel qui soit capable de transcrire et de « stocker » le schéma. Chaque logiciel possède implicitement un Modèle Conceptuel de Donnée (que les diffuseurs de logiciels sont réticents à donner, afin de rendre captif le futur client), le MCD interprétera et stockera le Schéma Conceptuel de Données (SCD). Il est facile mais dommageable de faire l'inverse (modéliser à partir d'un logiciel), l'important étant le résultat, le logiciel n'étant qu'un outil. [7]

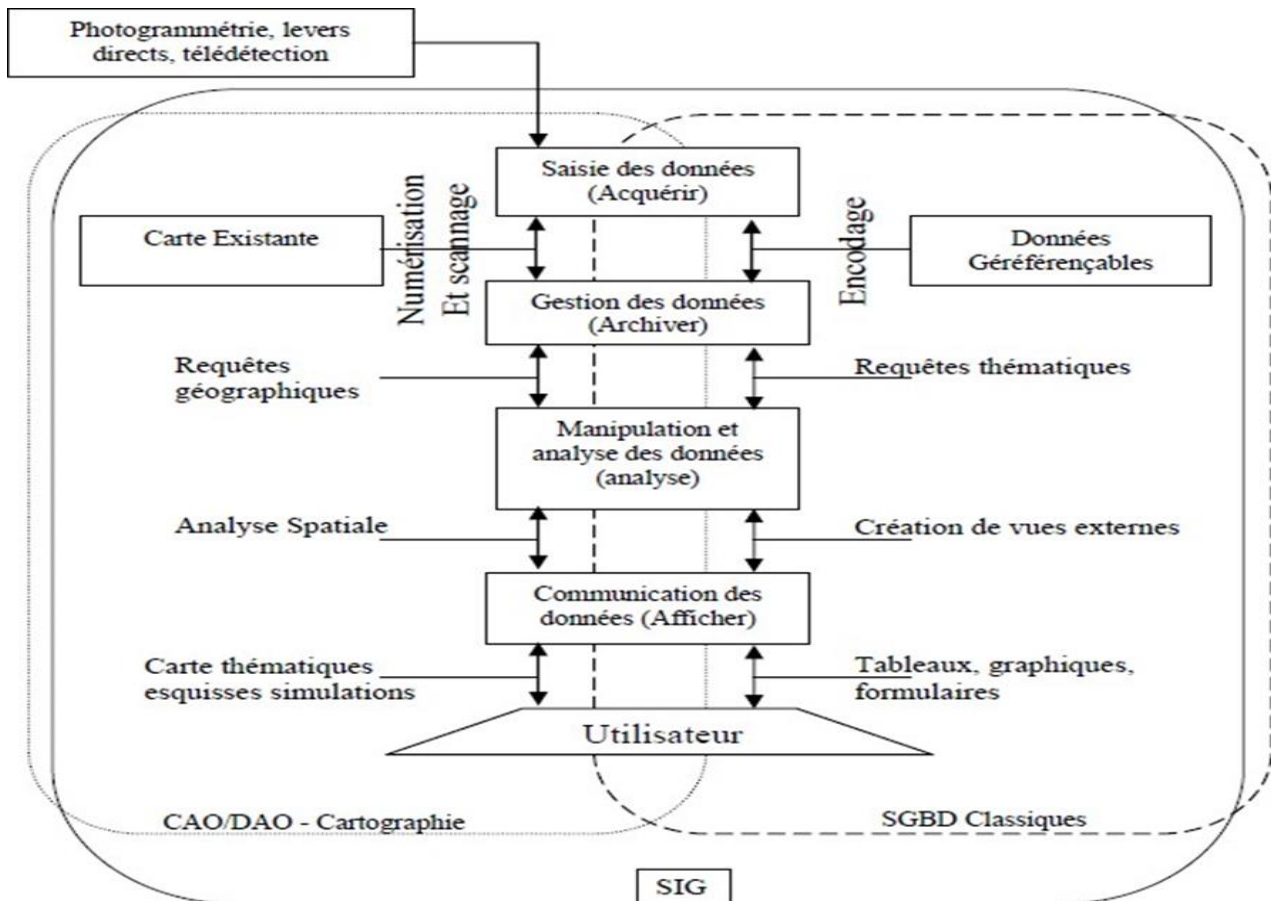


Figure 10 : Les fonctionnalités du S.I.G [20]

I.9. Les technologies liées aux SIG

I.9.1. CAO (Conception Assistée par Ordinateur)

Selon Kéribin 2003, nous pouvons définir la Conception Assistée par Ordinateur (CAO) par l'ensemble des outils logiciels et des techniques informatiques qui permettent d'assister les concepteurs dans la conception et la mise au point d'un produit. Un logiciel de CAO se compose généralement de quatre parties majeures qui peuvent être organisées comme suit. Un système de CAO a pour vocation d'aider à la conception et à la modélisation de bâtiments, d'infrastructure et de produits manufacturés. La conception assistée par ordinateur est la première étape qui permet de concevoir et donc de dessiner en trois dimensions des éléments de bases simples d'un produit, puis de les assembler afin de réaliser des ensembles plus ou moins complexes. Tous les éléments simples sont stockés dans des fichiers de bases de données et peuvent donc être réutilisés ultérieurement dans chaque nouvelle étude par les utilisateurs du système. La CAO autorise ainsi une normalisation des produits. Elle nécessite par contre de bien organiser et classifier le référencement des sous-ensembles et ensembles ainsi créés. La CAO ne remplace pas seulement la conception classique mais elle permet de :

- Gérer tous les projets (conceptions, plans, maquettes et croquis) devenus fichiers numériques de point de vue actualisation, modification, transfert ;

- Minimiser le coût de conception ;
- Réaliser des conceptions volumineuses et complexes ;
- Optimiser le temps de conception ;
- Diminuer les défauts de conception ;
- Etudier et simuler tous sorte de modèles ; [6]

1.9.2. SGBD (Systèmes de Gestion de Bases de Données)

En informatique, un système de gestion de base de données (SGBD) est un logiciel système servant à stocker, à manipuler ou gérer, et à partager des informations dans une base de données, en garantissant la qualité, la pérennité et la confidentialité des informations, tout en cachant la complexité des opérations. Un SGBD permet d'inscrire, de retrouver, de modifier, de trier, de transformer ou d'imprimer les informations de la base de données. Il permet d'effectuer des comptes rendus des informations enregistrées et comporte des mécanismes pour assurer la cohérence des informations, éviter des pertes d'informations dues à des pannes, assurer la confidentialité et permettre son utilisation par d'autres logiciels. Selon le modèle, le SGBD peut comporter une simple interface graphique jusqu'à des langages de programmation sophistiqués. Les objectifs d'un SGBD sont les suivants :

- Manipulation des données par les non informaticiens ;
- Accès efficace (rapide) aux données ;
- Non redondance (non répétition) des données. Assurant une meilleure cohérence ;
- Partageabilité des données entre différents utilisateurs ;
- Confidentialité et la sécurité des données en limitant les droits d'accès ; [12]

I.10. Mise en place d'un SIG

1.10.1. De quelles données ai-je besoin ?

Le Généralement pour qu'un objet spatial soit bien décrit et prêt à être utilisé par un SIG, trois informations doivent être fournies :

- Sa position géographique dans l'espace ;
- Sa relation spatiale avec les autres objets spatiaux : topologie ;
- Son attribut, c'est à dire ce qu'est l'objet avec un caractère d'identification (code) ;

Les systèmes d'information géographique permettent de traiter les données spatiales et associées (*figure 11*). [33]

I.10.1.1. Les Données spatiales

Elles déterminent les caractéristiques spatiales d'une entité géographique où sont représentés et identifiés tous les éléments graphiques :

- La localisation : coordonnée par rapport à une échelle graphique de référence ;
- La forme : point, ligne, surface ;

- La taille : longueur, périmètre, surface. Les informations font référence à des objets de trois ;
- Point : est désigné par ses coordonnées et à la dimension spatiale la plus petite ;
- Ligne : a une dimension spatiale constituée d'une succession de points proches les uns des autres ;
- Polygone (zone ou surface) : est un élément de surface défini par une ligne fermée ou la ligne qui le délimite ; [33]

I.10.1.2. Les Données associées

-Les données associées des entités géographiques permettent de compléter la représentation géométrique de l'entité spatiale. Chaque élément de l'espace reçoit un code d'identification qui peut être numérique ou littéral. Ce code constitue en quelque sorte une étiquette caractérisant le point, la ligne ou le polygone. Parmi ces données il faut distinguer :

- *Données de classification* : Permettent de classer le point, la ligne, ou le polygone dans une classe déterminée tel que le type de parcelle (irrigué, non irrigué), type de route (primaire, secondaire), etc.
- *Données d'identification* : Donnent la possibilité de distinguer chaque objet figurant sur le plan : nom propre de l'objet, par exemple nom de la commune ou numéro permettant de l'identifier : numéro de parcelle, numéro de vanne....
- *Données attributaires* : Les descriptifs des objets géographiques, les attributs sont stockés dans une table attributaire, associée aux objets géographiques d'un même thème. [33]

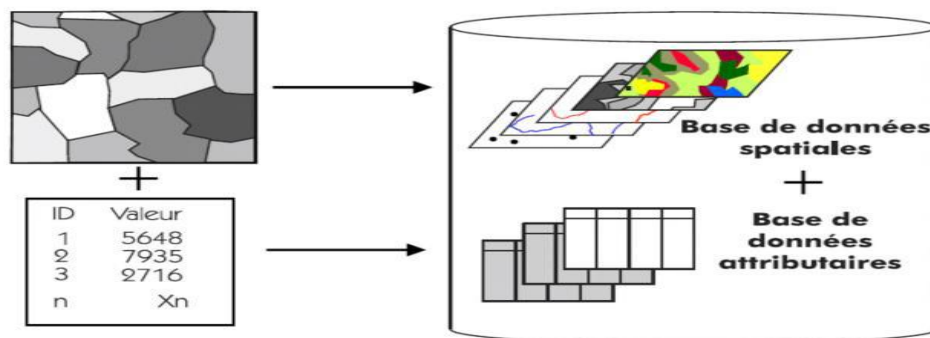


Figure 11 : Les données dans un SIG [1]

I.10.2. Les données cartographiques de base

Toutes les informations (données) habituelles disponibles sur une carte papier. Ces données sont majoritairement disponibles sous la forme raster. Elles incluent les routes et autoroutes, les limites administratives, les noms de communes, les cours d'eau, les espaces verts, les chefs-lieux ...etc.

www.esrifrance.fr/application.aspx.

I.10.3. Intégrer des données dans un SIG (Acquisition et saisie)

Une fois les données géographiques constituées et les données terrains recueillies, le lien entre les deux peut être effectué. La saisie des informations s'effectue dans des tableaux ("tables"), chaque ligne

("enregistrement") représente un objet graphique et chaque colonne ("champ") représente une information s'y rapportant. A chaque couche de données graphiques correspond une table d'information correspondante. Il s'agit dans cette étape de donner à chaque objet graphique l'ensemble des informations le concernant. Ainsi un polygone représentant un affleurement pourra se voir attribuer une surface, âge, un pendage, une ligne représentant dalle pourra se voir attribuer une direction. Une longueur...etc. [18]

Ainsi, une fois les différents documents réunis, ceux-ci doivent être mis sous forme numérique. Plusieurs cas peuvent être rencontrés :

- Les informations sont déjà sous forme numérique comme les données satellitaires ou aéroportées. Aucune transformation n'est utile ;
- Les informations sont sous forme cartographique. Dans ce cas, elles doivent être numérisées grâce à une table à numériser ou un scanner ;
- Les informations sont sous forme de tableau de données chiffrées. Il faut alors localiser géographiquement, lorsque c'est possible, ces chiffres en les liants à des objets cartographiques ;
- Les informations sont sous forme alphanumérique. Une structure est alors créée permettant de lier ces données à de nouvelles données sous forme numérique ; [21]

I.10.3.1. Où trouver de l'information ?

Auprès d'organismes nationaux ou internationaux producteurs ou revendeurs :

- **De données de références** : IGN (Institut Géographique National), INSEE (Institut National de la Statistique et des Études Économiques), DGI (Direction Générale des Impôts) MEGRIN (Multipurpose European Ground Related Information Network) TéléAtlas, Spot Image, Michelin, ...
- **De données thématiques** : INSEE, SHOM (Service Hydrographique et Océanographique de la Marine), IFEN (Institut Français de l'Environnement), Météo France, Médiapost, concessionnaires de réseaux, IGN, observatoires régionaux (Système d'Information Régional) Auprès de producteurs locaux, cabinet de géomètres, sociétés de services, service de l'Etat, collectivités territoriales, concessionnaires de réseaux, SIR ... [7]

I.10.3.2. Levés topographiques (travail sur terrain)

Un théodolite (*Figure12*) est un appareil de géodésie parachevé d'un dispositif d'optique, calculant des angles dans les deux plans horizontal et vertical pour identifier une direction. Il est employé pour effectuer les mesures d'une triangulation. Cet instrument permet d'obtenir le tracé de voisin en voisin à partir d'un point d'origine. Ce sont des représentations effectuées grâce à des relevés topographiques selon les méridiens, les parallèles et selon un référentiel de coordonnées. [14]



Figure12 : Un théodolite

www.mesure-laser.com

I.10.3.3. Photos aériennes

L'ensemble de clichés fusionnés permet d'obtenir une photo complète d'une zone. Les clichés Photographiques obtenus nous permettent de déterminer les coordonnées et l'altimétrie des points, soit à l'aide de caméras aéroportés (avions, drones, ...).la photographie aérienne permettant de recueillir, avec une précision relativement bonne, la longitude et la latitude d'un point observé en fonction d'un point de référence. Après photographie, les informations méritent dans ce cas une certaine correction géométrique. [1]



Figure 13 : Photos aériennes [31]

I.10.3.4. Images satellites

Cette méthode permet l'extraction des informations grâce à la photogrammétrie Les satellites d'observation de la terre, fournissent des données transmises sous forme d'images numériques en mode raster. Les données doivent subir certains traitements rectificatifs avant de les intégrer dans un SIG. [23]



Figure14: image satellite [19]

I.10.3.5. Global Positioning System (GPS)

Le système GPS est un système basé sur une constellation de 24 satellites d'observation dans la terre émettant en permanence des signaux datés vers le globe et sur un réseau de stations de surveillance de ces satellites au sol le GPS a pour rôle de fournir via un récepteur approprié des données spatiales temporelle (latitude, longitude, élévation,) de navigation quel que soit la position géographique sur le globe terrestre. La localisation est possible si au moins quatre satellites sont visibles avec la possibilité de déterminer quatre inconnues : les trois coordonnées spatiales, ainsi que le temps. [15]



I.10.3.6. Digitalisation

La digitalisation consiste en la reproduction du contenu d'une image à partir d'éléments géométriques simples. Les éléments géométriques utilisés diffèrent selon les types d'objet à digitaliser : une faille ou une route par un trait et une ville par un point, un affleurement par un polygone. [18]



I.10.3.7. Scannage de plans

Convient parfaitement à la représentation raster. Ce mode de saisie à l'aide d'un scanner est rapide et peu coûteux. [14]

I.10.3.8. Télédétection

D'après CCT 2008, la télédétection est la suivante : « La télédétection est l'ensemble des techniques qui permettent, par l'acquisition d'images, d'obtenir de l'information sur la surface de la Terre (y compris l'atmosphère et les océans), sans contact direct avec celle-ci. La télédétection englobe tout le processus qui consiste à capter et enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et analyser l'information qu'il représente, pour ensuite mettre en application cette information. ». Elle est appliquée dans la cartographie de l'occupation du sol, repérage des feux de forêts (modélisation et simulation), déforestation, changements climatiques, gestion (cadastre, circulation routière, services d'intervention et de secours) ; aide à la décision (aménagement du territoire, mesures de protection, allocations de ressources humaines ou financières, décisions d'intervention, prévisions, ...). [25]

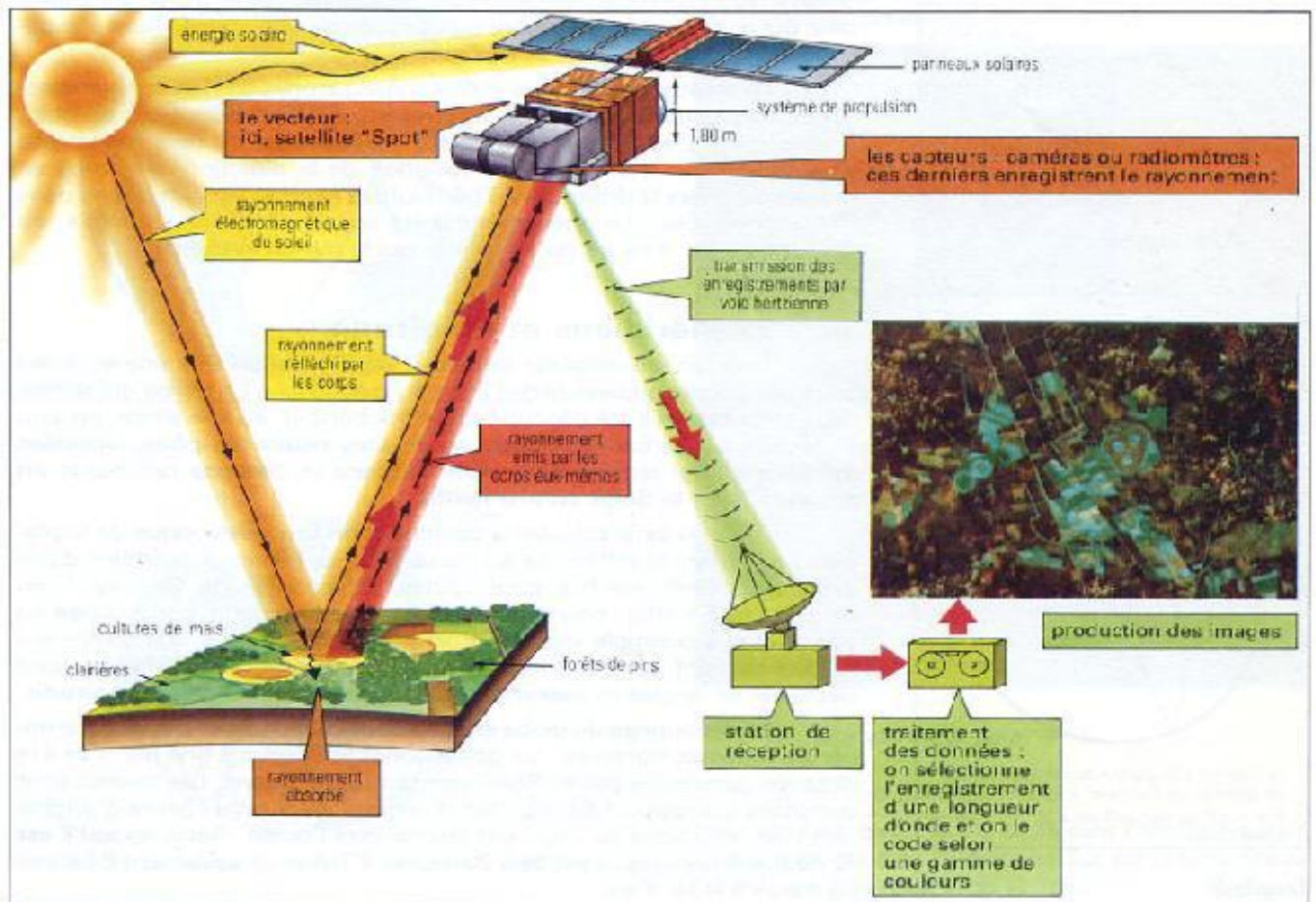


Figure15 : Principe de la télédétection [25]

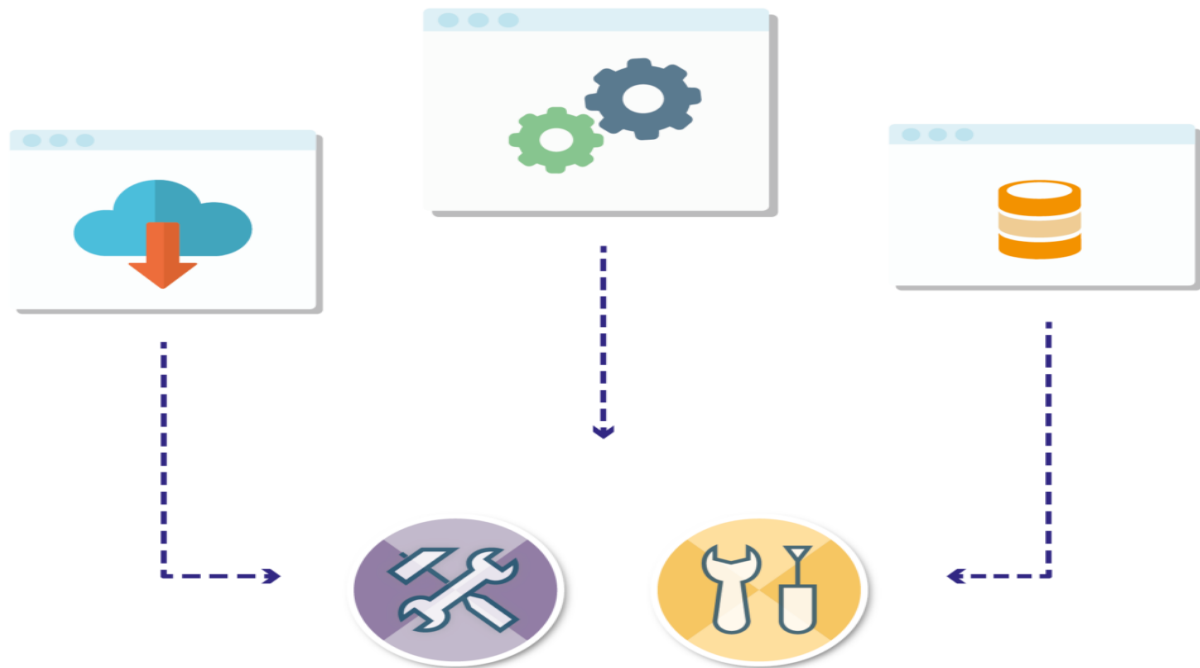
I.10.4. Les données existent : il faut les importer dans le système

Il y a généralement trois manières pour importer les données spatiales :

- Importer une base de données arrangée dans un format interne à un SIG. Cette méthode est valable entre les SIG d'un même type mais elle est compliquée entre des SIG de types ou de versions distinctes ;
- Importer un fichier texte (Txt) contenant tous les renseignements structurés de manière primitive. Il faut noter que cette méthode nécessite un arrangement des données importées pour qu'elles concordent avec la structure interne du SIG ;
- Passer par une des normes d'échange disponible sur le marché. Ce troisième moyen est le plus économique à long terme ; [14]

1.10.5. Les données n'existent pas : il faut créer une base de données

Les SIG stockent les données spatiales et les données attributaires sous forme d'une base de données géographique (*Figure16*), cette dernière est composée d'une série de couches d'information géographique ordonnées de manière efficace pour être utilisées par une ou plusieurs applications. Il faut noter que les données doivent être rendues « superposables », c'est-à-dire dans le même système de coordonnées ou dans des systèmes compatibles (une « transformation géographique » permettant de passer d'un système à l'autre). Le processus de création est constitué des étapes suivantes :



- ***Déterminez la raison d'être de votre base de données*** : Cela vous permet de vous préparer pour les étapes restantes.
- ***Recherchez et organisez les informations requises*** : Recueillez tous les types d'informations que vous souhaitez peut-être enregistrer dans la base de données.
- ***Diviser les informations en tables*** : Divisez vos éléments d'information en entités ou sujets principaux. Chaque sujet devient ensuite une table. [16]

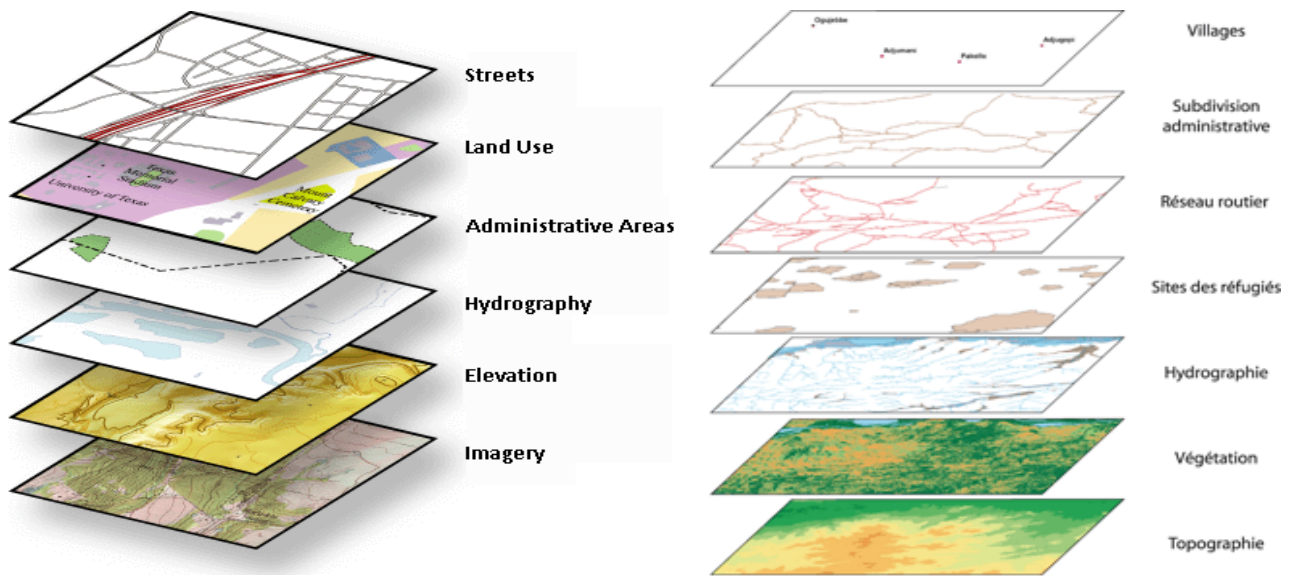


Figure 16 : Représentation schématique d'une base de données géographique : ensemble de couches superposables www.cartographie.ird.fr

I.10.6. Gestion et organisation des données

Un SIG répond aux mêmes besoins d'archivage et de gestion de données que tout SGBD, il doit en particulier :

- Ne pas présenter de redondance des données ;
- Pouvoir accéder à des bases de données constituées par ailleurs et indépendantes de sa base ;
- Assurer l'indépendance, la cohérence, l'intégrité et la sécurité des données ; [25]

Il doit de plus :

- Permettre une mise à jour rapide et aisée des données spatiales aussi bien que descriptives ;
- Permettre des requêtes faisant intervenir des localisations géographiques des entités ;

Il a été indiqué ci-dessus que l'information géographique routière est de type linéaire ce qui impose l'étude de la structuration des données géométrique avec une attention particulière. [25]

I.10.7. Interrogation

L'interrogation est la forme la plus courante, elle consiste à poser une question simple au SIG : qu'y a-t-il à cet endroit, quelle est la valeur de tel attribut pour cet objet ? Où est la parcelle AC39 ? Que représente ce polygone ?... L'extraction permet à l'utilisateur de se constituer un fichier partiel pour un usage particulier : extraction de la couche d'assainissement pour diffusion aux exploitants de réseau ; extraction d'un secteur géographique pour mettre à disposition d'un aménageur un fond de plan à jour. [25]

I.11. Les domaines d'applications du SIG

Les SIG sont utilisés pour gérer et étudier une gamme très diversifiée de phénomènes et de réseaux de phénomènes les domaines d'applications sont :

Pour les grandes échelles :

- La gestion foncière et cadastrale (recensement des propriétés, calcul de surfaces) ;
- La planification urbaine (plan d'occupation des sols et d'aménagement) ;
- La gestion des transports (voies de circulations, signalisation routière) ;
- La gestion des réseaux (assainissement, gaz, électricité, téléphone ...) ;
- La gestion du patrimoine (espaces verts, parcs, jardins ...) ;
- Les applications topographiques (travaux publics et génie civil) ; [16]

Pour les échelles moyennes et petites :

- Les études d'impact (implantation d'un centre commercial ou d'une école) ;
- Les études d'ingénierie routière (constructions de routes ou d'autoroutes) ;
- Les applications liées à la sécurité civile (prévention des risques naturels et technologiques) ;
- La gestion des ressources naturelles (protection de l'environnement, études géologiques, climatologiques ou hydrographiques) ; [16]

I.12. Les Avantages et Les inconvénients du SIG

I.12.1. Les Avantages :

- Un SIG permet d'abaisser les coûts de production des cartes et des plans. Dans de nombreuses mairies, les cartes et plans sont établis à la main, avec des délais et des coûts de correction, de mise à jour, de dessin, etc. Le SIG permet de les établir plus rapidement et à moindre frais ;
- 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, il est possible de réaliser des produits nouveaux qu'il était impossible de réaliser à la main ;
- Un SIG évite d'avoir à refaire plusieurs fois les mêmes levés. Il évite que des services différents procèdent à des levés topographiques sur la même zone et évite les pertes d'information avec le temps en accumulant l'information recueillie sur le terrain ;
- Un SIG facilite la réalisation d'étude pour tous les projets ayant une composante géographique. Il permet de multiplier les représentations visuelles et facilite ainsi la prise de décision tout en diminuant les risques d'erreurs ;
- Le SIG améliore le service rendu à l'utilisateur en permettant de lui fournir avec rapidité et fiabilité une information de qualité dont il a besoin. Par exemple, tous les renseignements délivrés par le service urbanisme seront, en principe, à jour et complets ; [30]
- Capacité et fiabilité de stockage ; [7]

I.12.2. Les inconvénients :

Le principal inconvénient des SIG est leur coût :

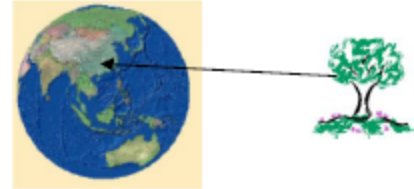
- Le coût d'acquisition du matériel et logiciels;
- Bien plus conséquent est le coût des données;
- Pour initier un projet faisant appel à un SIG, il faut également disposer d'un personnel spécialisé, compétent, pour lequel il faudra prévoir des formations pluridisciplinaires; [25]

Chapitre II : Représentation de l'information géographique dans les SIG

II.1. Définitions

- L'information géographique est la représentation d'un objet ou d'un phénomène réel, localisé dans l'espace à un moment donné ayant une référence spatiale soit sous forme de :

- ✓ 1. Coordonnées géographiques ;
- ✓ 2. Nom de lieu ;
- ✓ 3. L'adresse postale ou autre ; [3]



- Le terme d'information localisée ou information spatiale désigne toute information relative à un point ou un ensemble de points spatialement référencés à la surface de la terre. [10]

L'information géographique est constituée de plusieurs niveaux. [19]

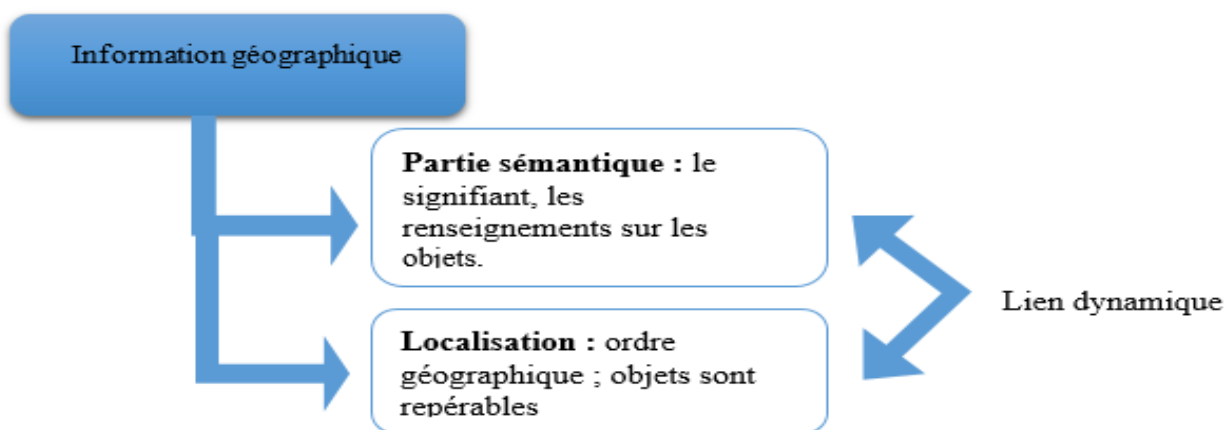


Figure 17 : Information Géographique [19]

II.2. Représentation de l'information géographique dans les SIG

Les informations géographiques sont représentées dans les systèmes d'information géographique selon les étapes suivantes :

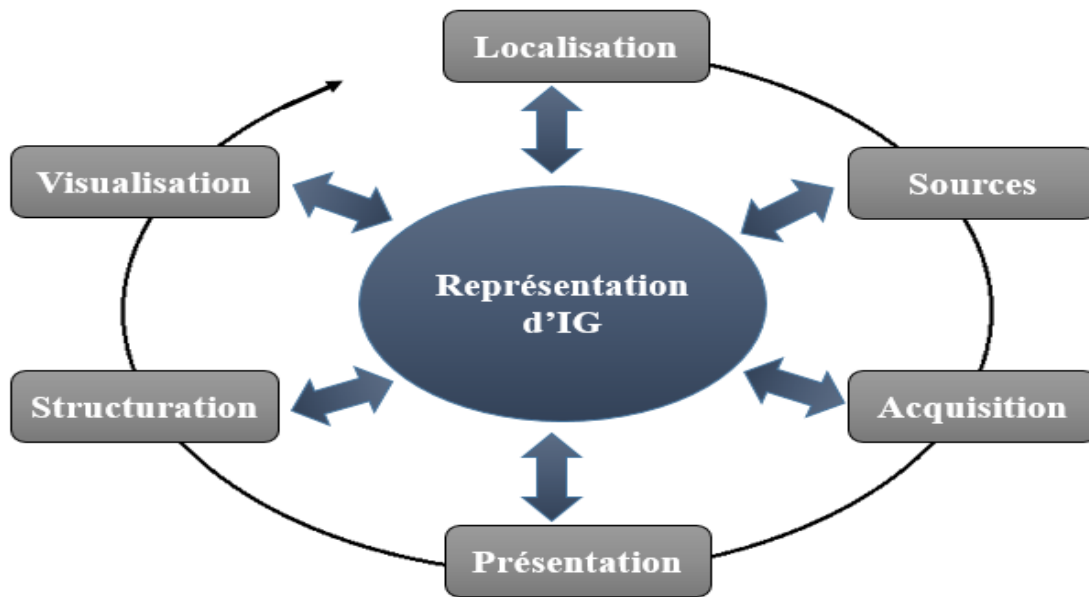


Figure 18 : Représentation de l'information géographique

II.2.1. Localisation d'information géographique

II.2.1.1. Localisation textuelle

Le mode textuel est le nom de l'endroit où l'on se trouve ou la description de l'itinéraire pour s'y rendre. L'adresse postale est l'exemple le plus répandu. Il existe aussi d'autres adresses de localisation : le numéro de la parcelle cadastrale, le numéro de commune...etc. Ces systèmes de localisation sont très utilisés dans la vie quotidienne et dans l'administration (Impôts, abonnements à l'électricité et au téléphone, ...etc.) mais ils ne se prêtent pas aisément à une représentation directe sur une carte. [29]

II.2.1.2. Localisation mathématique

La terre est une sphère, mais une sphère imparfaite :

- Le Géoïde est la forme théorique qui se rapproche le plus de la surface réelle de la terre c'est-à-dire le niveau moyen des mers. Il sert de référence pour déterminer les altitudes ;
- L'ellipsoïde est la surface mathématique qui se rapproche le plus de la forme du géoïde ; grâce à ce dernier, on peut calculer les coordonnées géographiques en longitude et en latitude ; [28]

a. Les Coordonnées géographiques

Tout point M de la surface terrestre peut être projeté sur un ellipsoïde géodésique en un point P et défini par ses deux coordonnées géographiques illustré dans la (figure 19) :

- La longitude du point est l'angle orienté entre le plan méridien origine (Greenwich, par convention) et le plan méridien de ce point ;

- La latitude est l'angle orienté, dans le plan méridien du point, entre l'équateur et la normale à l'ellipsoïde en ce point ; [29]

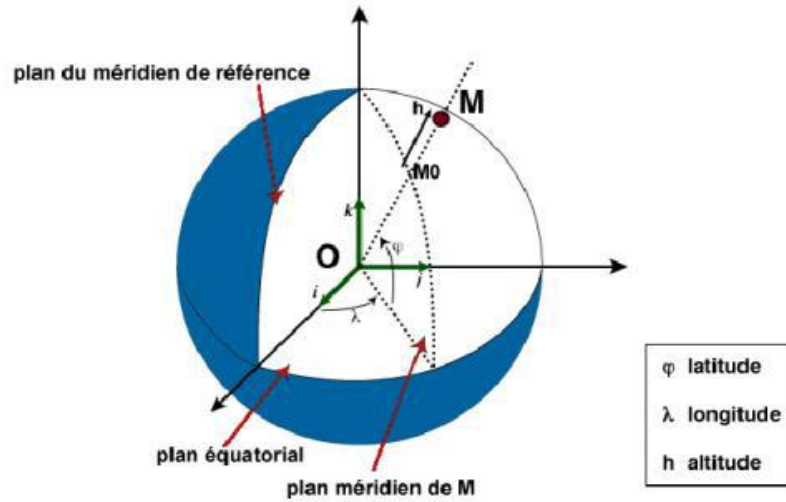


Figure 19 : Système de coordonnées [25]

b. Système de projection

Le procédé mathématique qui permet le passage de l'ellipsoïde au plan se nomme : système de représentation plane ou système de projection ou bien projection. La projection cartographique est un ensemble de techniques permettant de représenter la surface de la terre dans son ensemble ou en partie sur la surface plane d'une carte. Les projections peuvent avoir diverses propriétés (Aplatissement équatorial) qui en outre présentent des aspérités dues à l'altitude variable de la surface terrestre. La nature des altérations (porte sur les longueurs, les surfaces, les angles). [25]

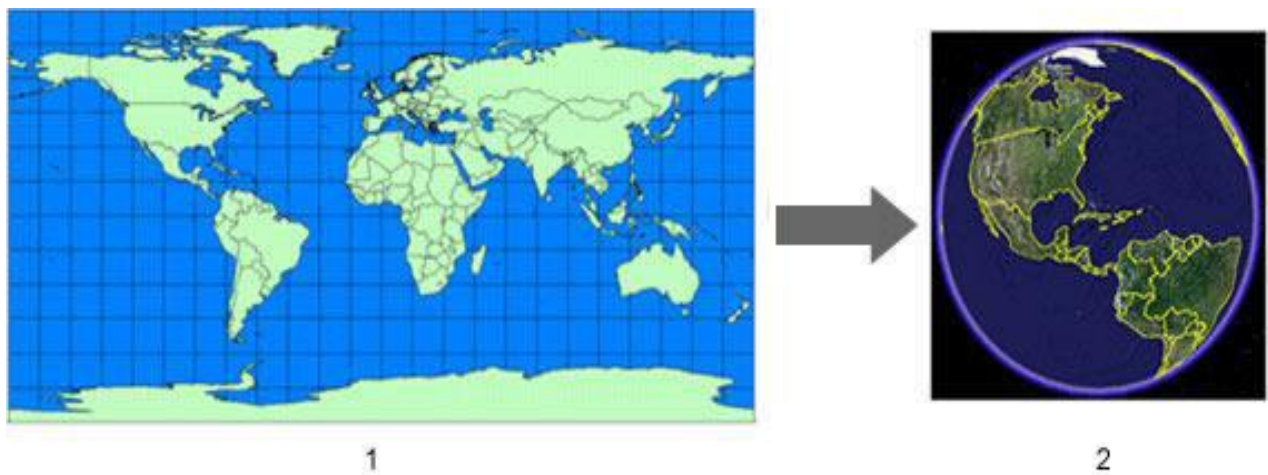


Figure 20 : Une projection sur un plan de la terre [25]

-Projection conforme : L'échelle de la carte en tout point de la carte est la même dans toutes les directions. Exemple Projection de Mercator (conforme), Projection UTM (conforme), Projection conique conforme de Lambert. [25]

--Projection équivalente : Toutes les surfaces cartographiées ont la même relation de proportionnalité avec celles qu'elles représentent, situées à la surface de la Terre.

-Projection équidistante : Une carte est dite équidistante lorsqu'elle reproduit fidèlement les distances entre le centre de la projection et tout autre point de la carte. Projection de Robinson. [25]

+++++Un système de projection peut être décrit par les caractéristiques suivantes :

- La surface de projection, (plan, cylindre, et cône) ;
- La position de la surface développable, (tangente, sécante) ;
- Les aspects du système de projection, (position de la surface de projection), équatorial ou direct, transverse, et oblique ;
- Les altérations des éléments de la surface à représenter ; [25]

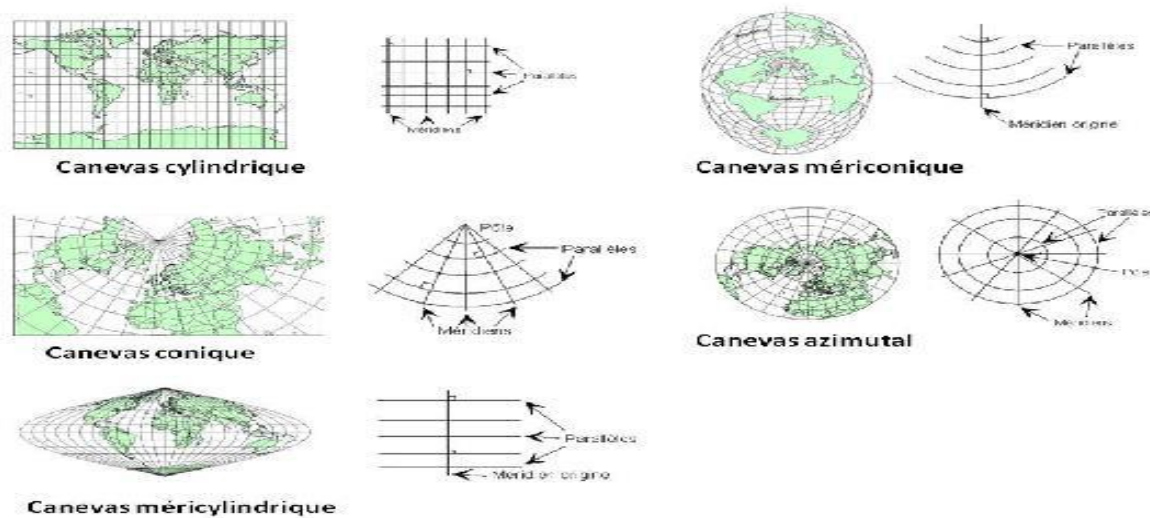


Figure 21 : Différentes altérations selon les systèmes [25]

c. Projections les plus utilisées

- Projection Mercator-Transverse-Universelle (UTM)

Une projection de type conforme, cylindrique transverse, elle découpe le globe suivant les méridiens en 60 faisceaux chacun est de 6° degré de longitude λ , la méridienne origine Greenwich forme limite entre deux faisceaux 30 et 31. [25]

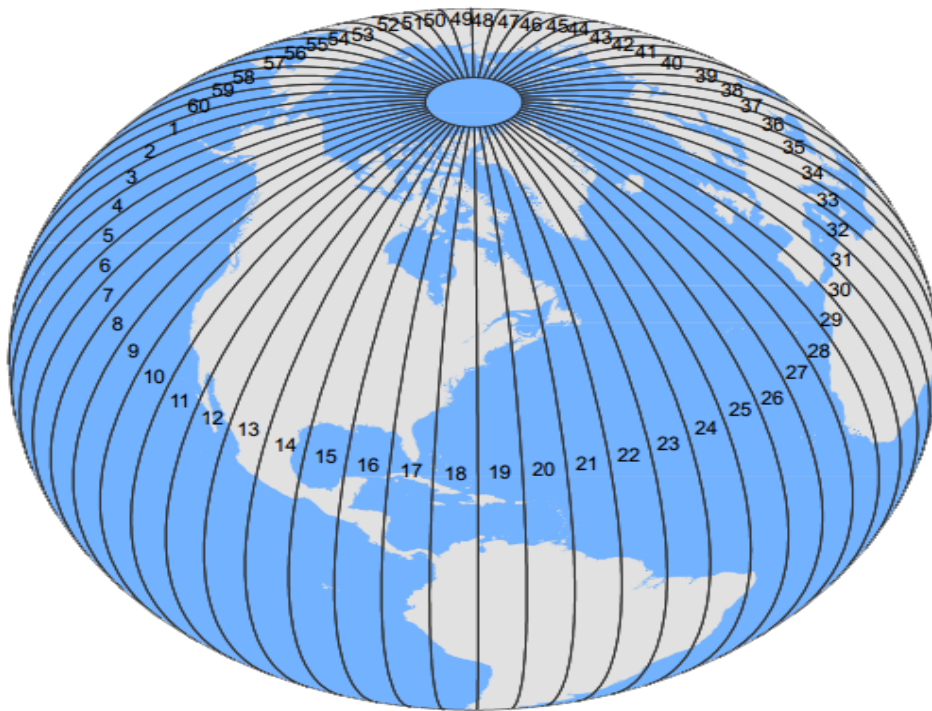


Figure 22 : Schéma explicatif la projection UTM

<https://gisgeography.com>

- **Projection de Lambert**

Projection standard pour représenter des cartes des régions dont l'étendue est-ouest est importante comparée à leur étendue nord-sud. C'est une projection conique qui est basée sur deux parallèles de référence qui changent avec la région cartographiée. [25]

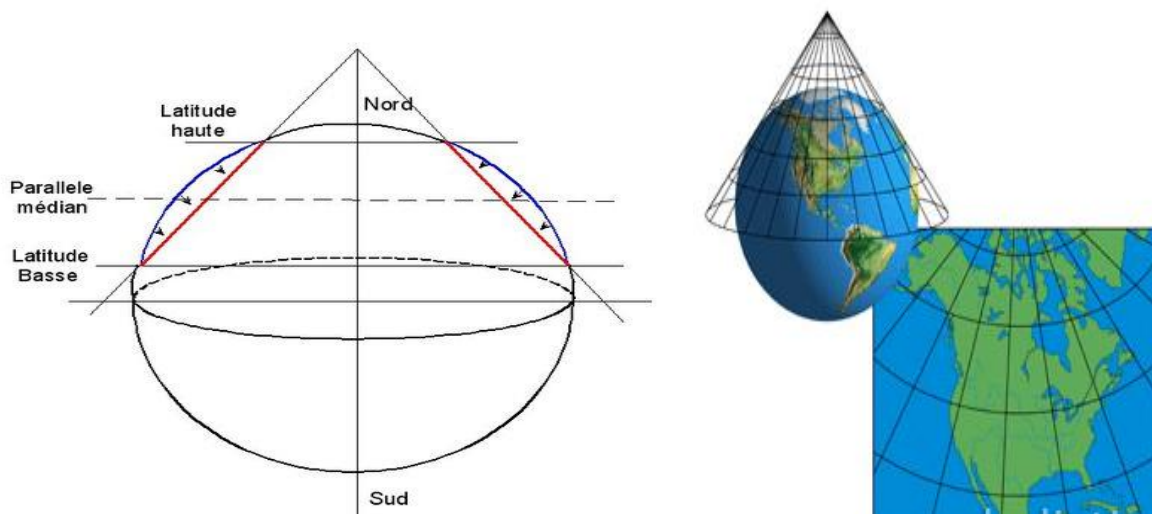


Figure 23 : Schéma explicatif la projection de Lambert

<https://www.bel-horizon.eu>

d. Les coordonnées tridimensionnelles

Depuis l'avènement des satellites artificiels, l'emploi de coordonnées tridimensionnelles dans l'espace euclidien s'est généralisé. Plutôt que d'utiliser des coordonnées géographiques sur l'ellipsoïde puis de projeter celles-ci sur le plan de la carte, il est apparu plus simple, pour calculer notamment les trajectoires des satellites, d'utiliser directement le système d'axes tridimensionnels dans lequel sont localisés les ellipsoïdes géodésiques. <http://www.gislounge.com/what-is-gis/>.

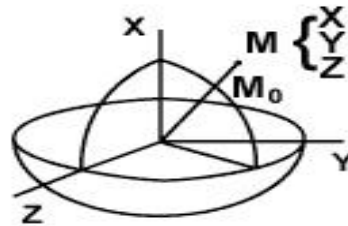


Figure 24 : Les coordonnées tridimensionnelles [25]

II.2.2. Sources d'IG

Les sources d'IG sont nombreuses, parmi elles on trouve [19] :

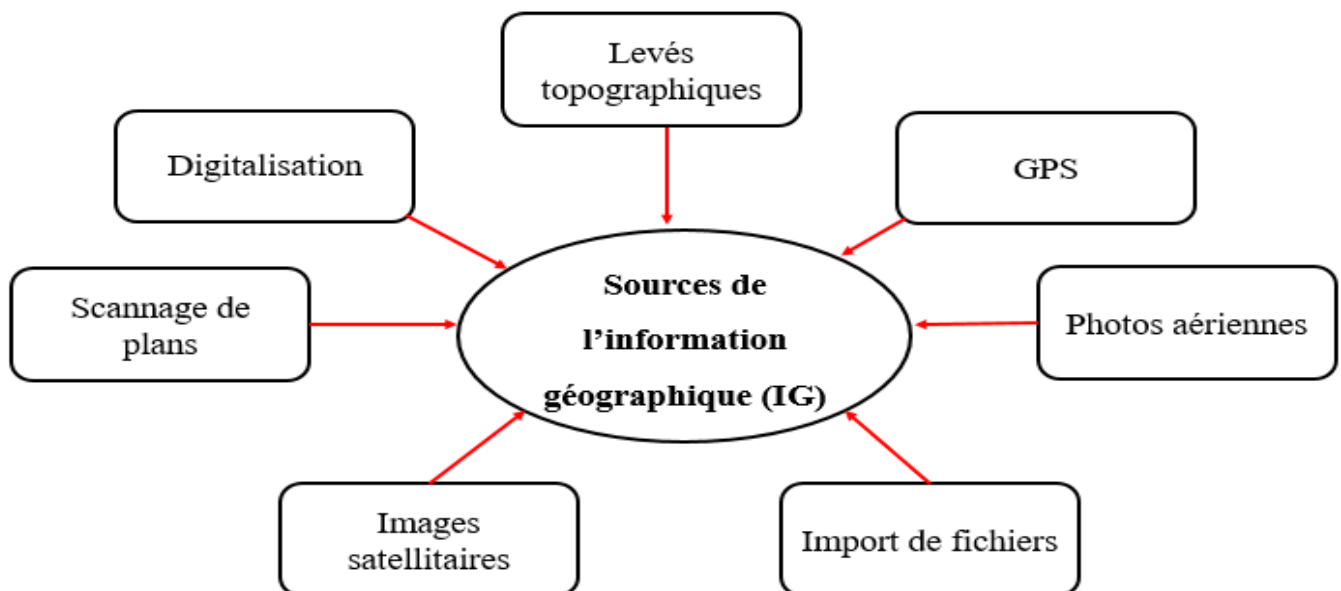


Figure 25 : Source de l'information géographique [19]

II.2.3. Acquisition des données

Une base de données géographique comprend à la fois une géométrie et des attributs. La géométrie peut être en format vecteur ou raster. Les données raster sont sous forme de petits carrés appelés pixels et sont une représentation moins précise de la géométrie. Les données géographiques peuvent être acquises

de nombreuses manières. Les plus précises sont obtenues par des mesures directes sur le terrain. [32]
L'acquisition de données comprend la collecte, le stockage et l'analyse des données. Les systèmes d'acquisition de données surveillent généralement un événement ou traitent un intervalle de temps en utilisant des capteurs connectés à un ordinateur ou un appareil. L'acquisition de données comprend généralement trois étapes :

- Préviation : tentative de déterminer le résultat ou l'issue d'un processus ou d'un événement.
- Collecte : collecte de données durant l'expérience ou l'événement.
- Analyse : examen des données collectées, ainsi que comparaison avec le résultat prédit.

Digitalisation : vient du mot anglais digit (chiffre) ; la digitalisation est donc synonyme de numérisation, c'est à dire le passage d'une information d'un support quelconque (analogique, électrique, ...) vers un support informatique, c'est à dire sous forme de bit (qui vient de binary digit, en passant).

Pour nous, par exemple, la scénarisation de cartes papier est une digitalisation. Le résultat est une image raster.

Vectorisation : du mot français vecteur. C'est le passage d'un format raster à un format vecteur. [2]

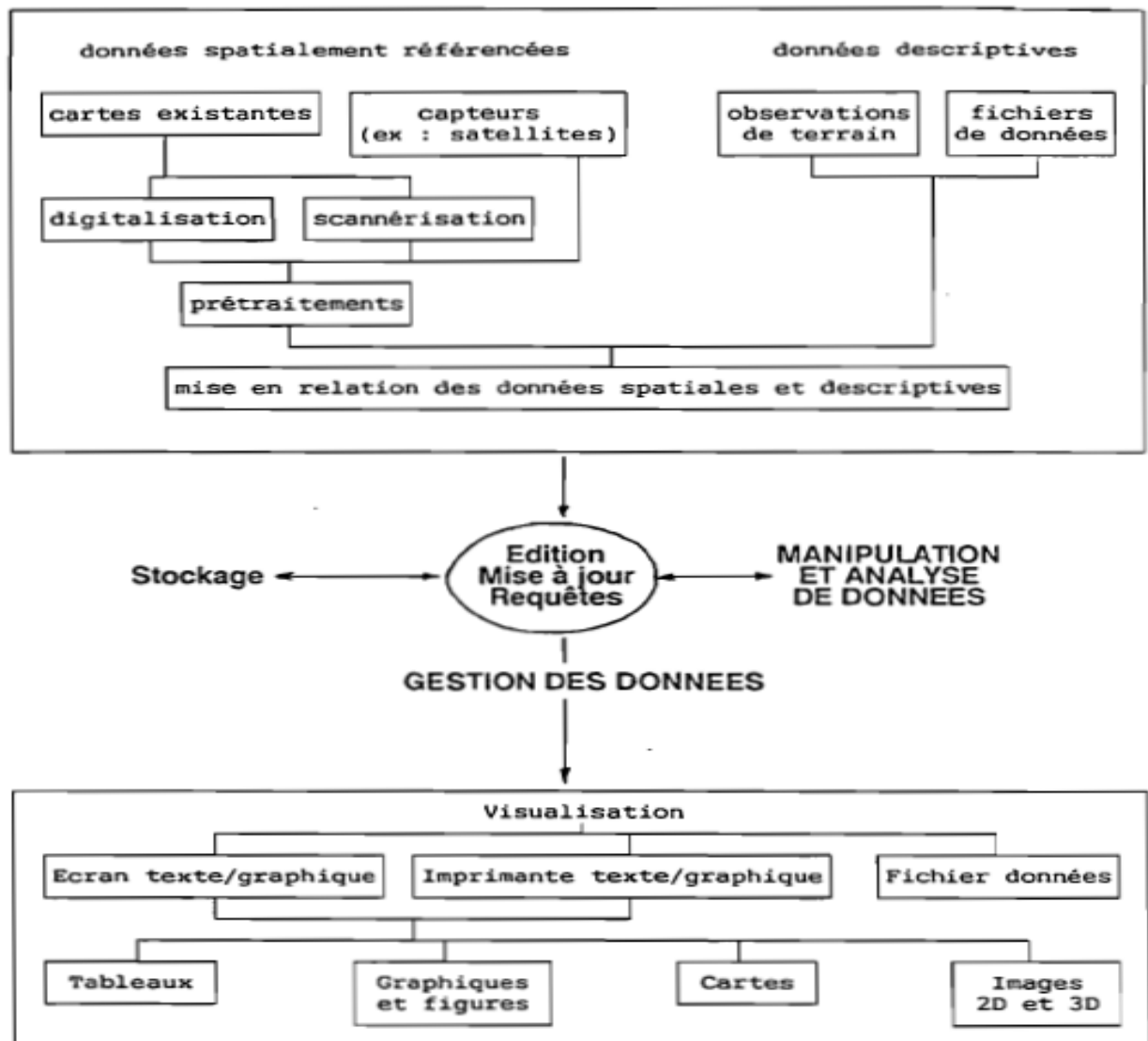


Figure 26 : Les fonctions d'un SIG [10]

II.2.4. Présentation des données dans les SIG

Un système d'informations géographiques englobe deux types d'information. À savoir :

- L'information graphique (donnée géométrique ou spatiale). Sous forme d'objets dessins.
- L'information attributaire (donnée descriptive ou sémantique). Sous forme de tableaux. [3]

II.2.4.1. La forme et la localisation de l'objet localisé, sous forme graphique

La carte (Figure 27), qui décrit la forme et les caractéristiques de l'entité tout en la localisant par des coordonnées géographiques ou cartographiques.

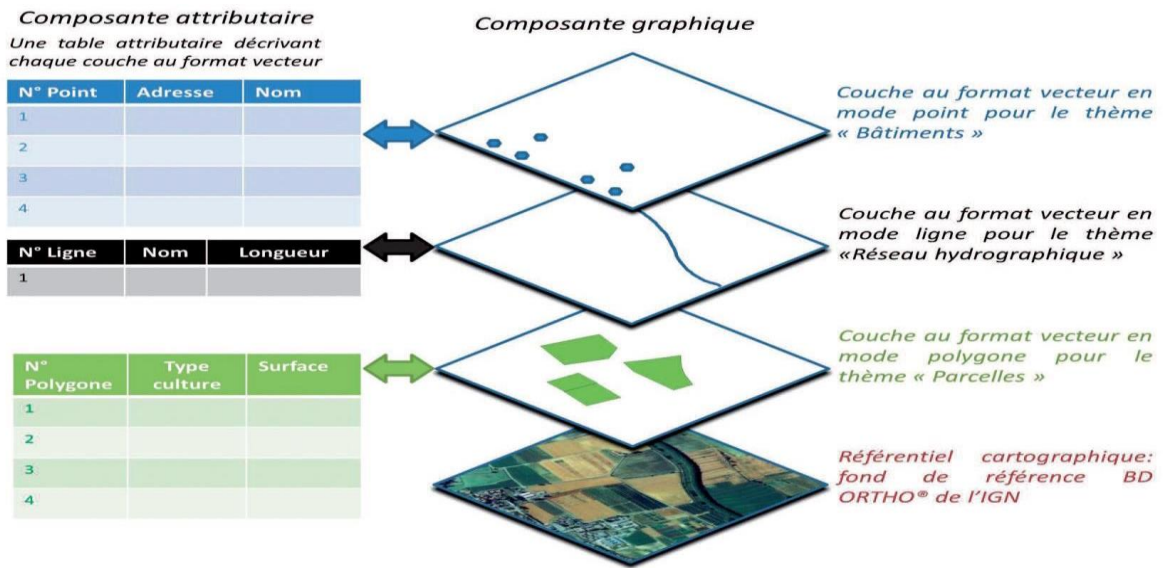


Figure 28 : les deux principaux types (graphique et attributaire) de l'information géographique au format vecteur [16]

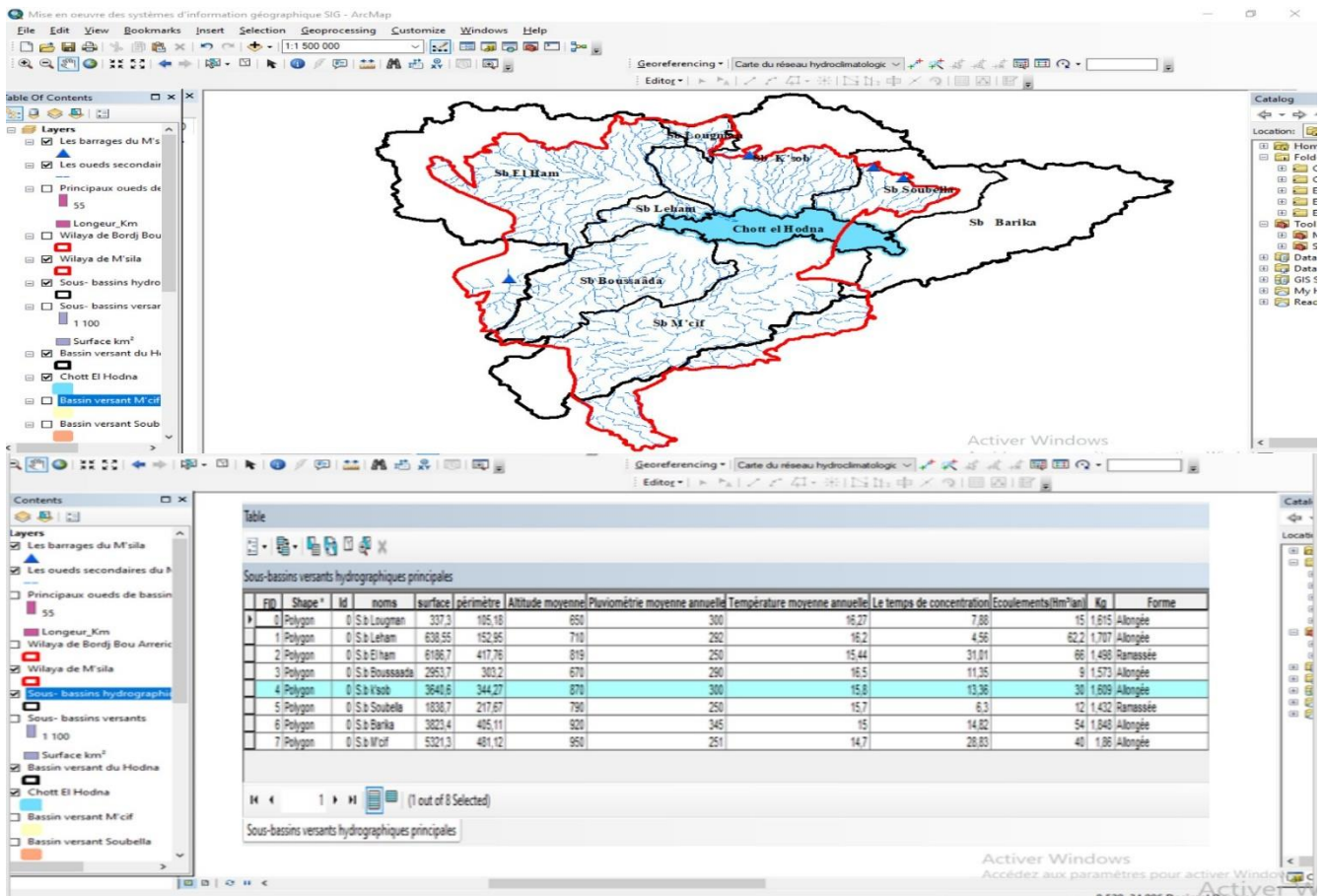


Figure 29 : Les deux types d'IG

II.2.5. Structuration

II.2.5.1. Mode raster (*Image numérique*)

La réalité est décomposée en une grille régulière et rectangulaire, organisée en lignes et en colonnes, chaque maille 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. Il existe plusieurs sources de données qui fournissent l'information géographique en mode Raster :

- Photo aérienne ;
- Carte scannée ;
- Image radar ;
- Image satellite ; [7]

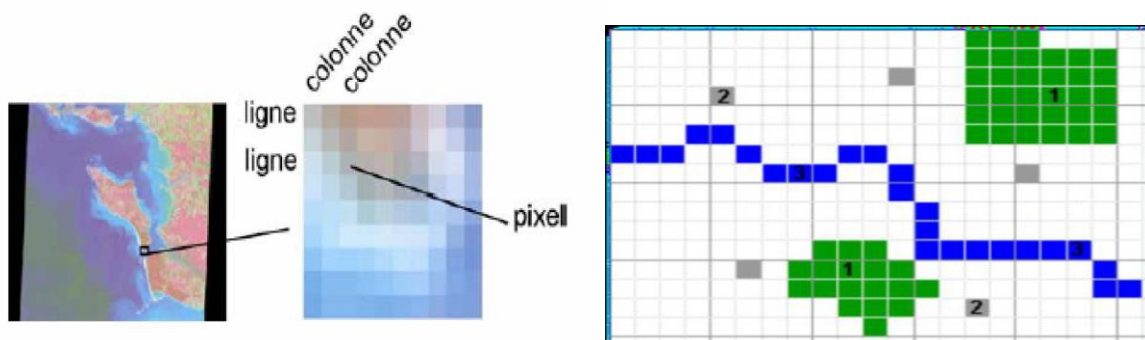


Figure 30 : Représentation de l'espace en mode Raster [7]

II.2.5. 2. Mode vectoriel

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. Pour représenter les objets à la surface du globe, les SIG utilisent trois objets géométriques qui sont le point, la ligne et la surface. [7]

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. [12]

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. [12]

LES POLYGONES :

Ils représentent la forme et la localisation d'objets homogènes comme des pays, des parcelles, des types de sols... [12]

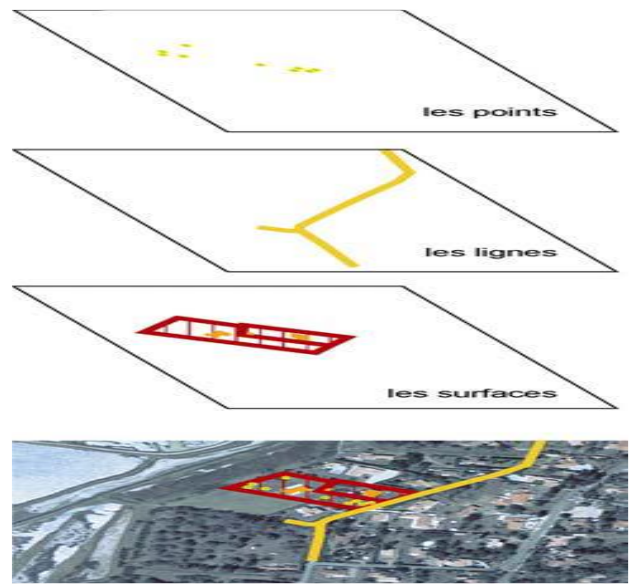


Figure 31 : les objets géométriques [7]

Tableau 03 : Comparaison entre les deux modèles [25]

Mode Raster	Mode vectoriel
<ul style="list-style-type: none"> • Facile d'emploi, compréhensible par tout le monde. • Très gros volume de données. • Ne permet que peu d'analyses. • La symbolisation est figée. 	<ul style="list-style-type: none"> • Demande une plus grande connaissance pour l'utilisateur. • Volume de données plus léger. • Permet toutes sortes d'analyses. • Demande un habillage pour visualisation.

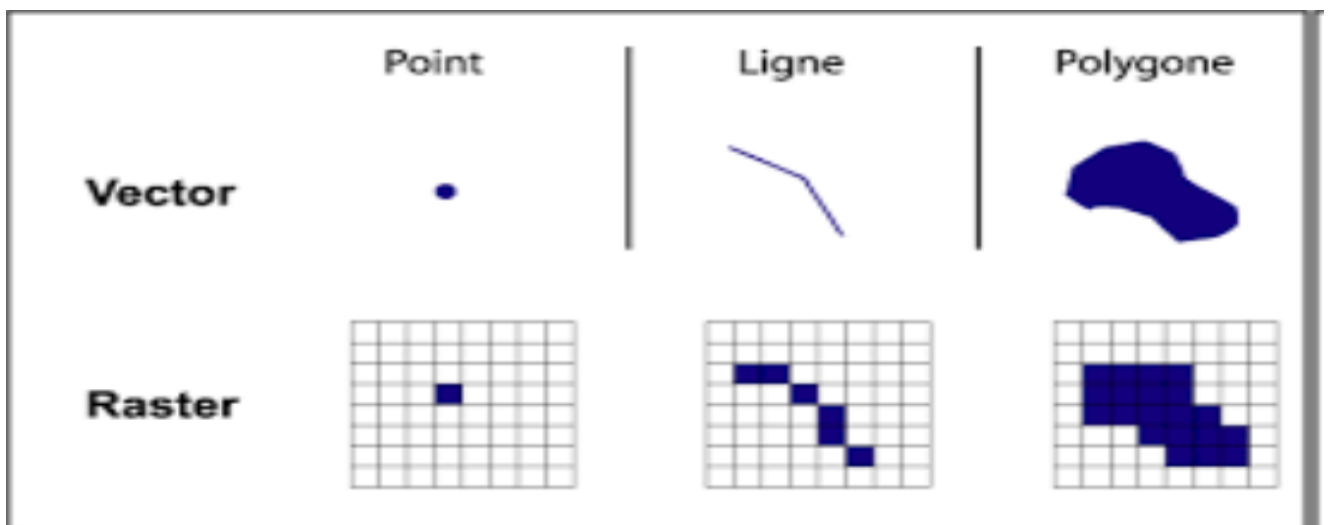


Figure 32 : La différence entre les deux modèles dans la représentation des objets géométriques [12]

II.2.6. Visualisation

Pour prendre en main les jeux de données géographiques, l'utilisateur commence généralement par les visualiser sous forme de cartes et de tableaux. Plusieurs outils intégrés dans les logiciels SIG facilitent la visualisation. La décomposition des jeux de données par thématique (cours d'eau, routes, bâtiments, etc....) amène à gérer l'affichage des données sous forme de couches d'information qui se superposent comme des feuilles de papier calque. Plusieurs jeux de données (vecteur, raster, tableau, etc....) peuvent être ouverts. Simultanément dans un logiciel SIG.

Les différents jeux de données intégrés dans le logiciel SIG apparaissent généralement sous forme d'une liste dans un gestionnaire de couches. À partir de cette liste, il est possible de gérer la visibilité ou non de chaque couche, d'organiser l'ordre des couches et de les assembler dans des groupes choisis par l'utilisateur. Dans la plupart des logiciels SIG une commande d'affichage cartographique permet de gérer l'ordre d'empilement des couches et les paramètres de visibilité de celles-ci. Une couche située au-dessus dans la légende apparaîtra en dernier et recouvrira les couches situées plus bas dans la liste. Il est possible de cacher une couche dans la zone cartographique en décochant la boîte à cocher à côté de chacune des couches, de la rendre plus ou moins transparentes, etc... on peut bien sûr associer des palettes de couleur aux couches raster et des fichiers de symboles aux entités des couches vecteur pour composer le rendu visuel de son choix, qu'il est ensuite possible d'équiper d'un titre, d'une légende, d'une échelle pour en faire une carte respectant les règles de la sémiologie graphique.

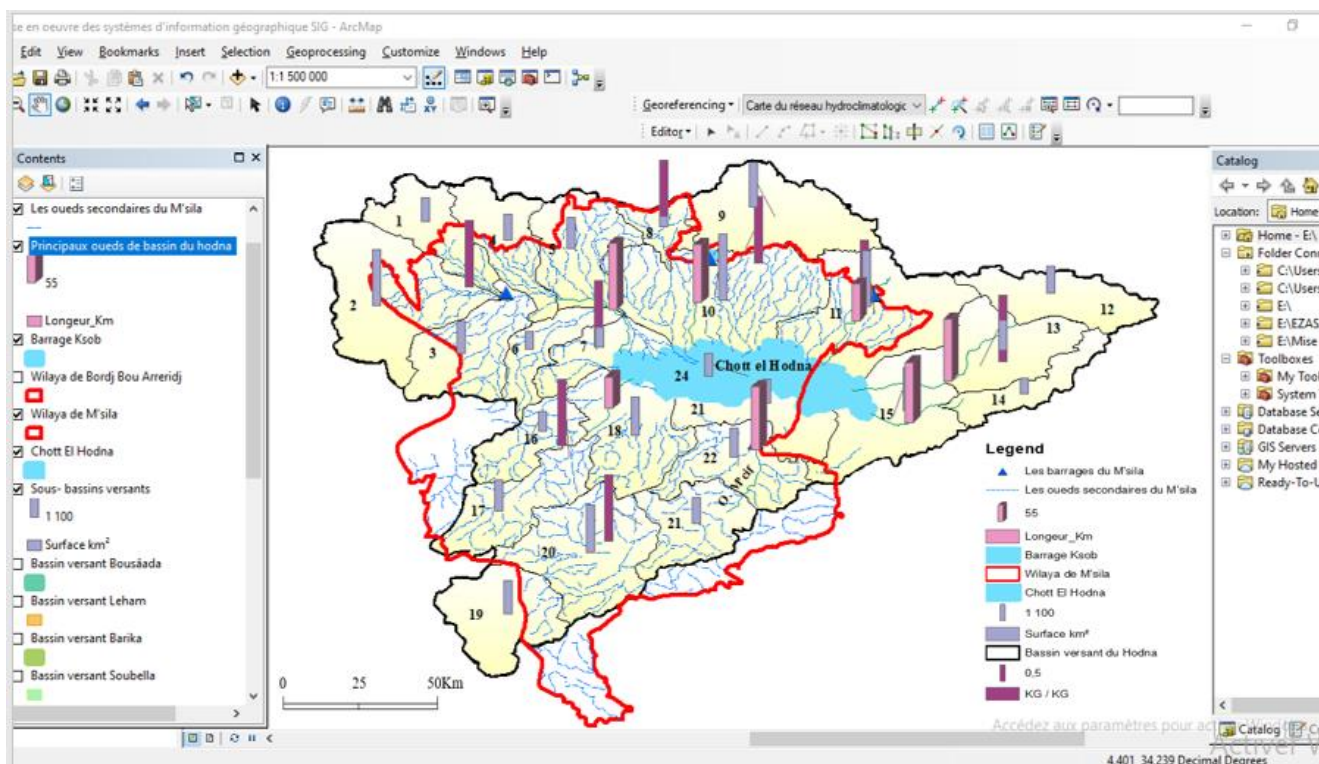


Figure 33 : Visualisation d'IG

II.3. Représentation des données descriptives dans les SIG

Les données attributaires sont reliées à la géométrie de l'objet. Organisée sous une base de données dans le SIG. Une base de données est une collection d'information (exhaustives, non redondantes, et structurées sur thème déterminé) ou de document (sous forme numérique ou analogique), comme un centre d'archives ou une bibliothèque. [25]

II.4. Fonctionnement d'un SIG

II.4.1. Couches

Un SIG stocke les informations sous la forme de couches thématiques pouvant être relié les unes aux autres par leurs coordonnées géographiques. Il est illustré par la figure ci-dessous (*Figure35*)

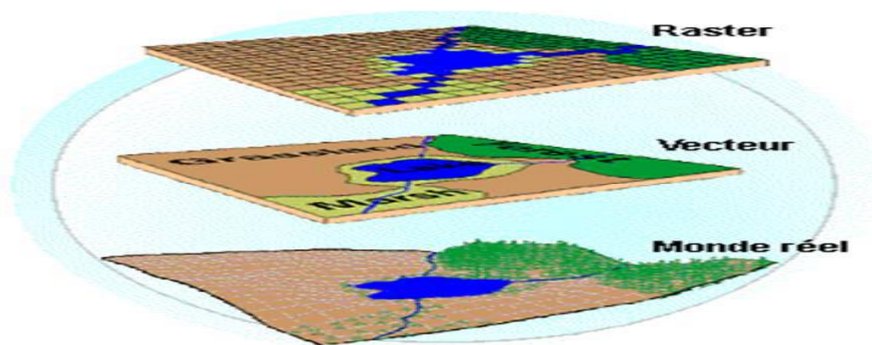


Figure 34 : Représentation du monde réel sous la forme de couches thématiques

www.esrifrance.fr/application.aspx

Chaque couche va contenir un ensemble unique de données (couches des réseaux routiers, couches de réseau urbain, couches de végétation) et c'est en rassemblant ces différentes couches que l'on obtiendra la carte finale représentant toutes les données géographiques pertinentes. [18]

II.4.2. Références géographiques

Lorsqu'on veut étudier une carte, deux types de données sont à prendre en compte : les données attributaire, les données spatiales. [18]

Chapitre III : Les logiciels dans les SIG

III.1. Les logiciels SIG

Les SIG sont des systèmes informatiques de matériels, de logiciels, et de processus conçu pour permettre, la collecte, la gestion, la manipulation, l'analyse, la modélisation et l'affichage de données à référence spatiale afin de résoudre des problèmes complexes, dans ce chapitre on présentera les logiciels disponibles sur le marché, qu'il s'agisse de logiciels de création de la base de données, de logiciels de traitement d'image, ou de logiciels de manipulation, d'analyse et de visualisation.

Un SIG est un outil informatisé capable de créer, transformer, afficher, analyser et stocker de l'information géographique. IL permet d'organiser et de présenter des données alphanumériques spatialement référencées, en vue notamment de produire des plans et cartes. [25]

III.2. Evolution des logiciels SIG

Les professionnels se sont d'abord focalisés sur la compilation des données et des projets applicatifs, en créant des bases de données SIG et de connaissances géographiques. Puis ils ont commencé à utiliser et exploiter cette somme de connaissances dans nombre d'applications et de projets SIG.

Les utilisateurs utilisaient des postes de travail SIG complets pour compiler les jeux de données SIG, mettre au point des procédures pour agréger les données et contrôler leur qualité, créer des cartes et des modèles analytiques et enfin documenter leurs travaux et méthodes. Les récents développements de l'informatique (généralisation d'Internet, avancées dans la technologie des SGBD, programmation orientée objet, informatique nomade) et une large adhésion au SIG ont fait évoluer ses perspectives et son rôle. [25]

III.3. Présentation des principaux logiciels de SIG

Il y a beaucoup de logiciel SIG nous citons à titre exemple ceux que nous avons pu avoir en précisant celui utilisé dans notre projet [20] :

III.3.1. Logiciels en mode vectoriel

- **Arc GIS**

Il est conçu par la société ESRI. Arc GIS 9x est constitué de différents éléments :

- Arc GIS Desktop : suite intégrée d'applications SIG professionnelles ;
- Arc GIS Engine : composants pouvant être incorporés par des développeurs afin de personnaliser des applications SIG ;
- Applications SIG pour serveur : ArcSDE®, ArcIMS® et Arc GIS Server ;
- Applications SIG nomades : ArcPad®, ainsi qu'Arc GIS Desktop et Arc GIS Engine pour les

tablettes PC ; [20]

Arc GIS Desktop comprend une suite d'applications intégrées : ArcCatalog, ArcMap, ArcGlobe, ArcToolbox ainsi que ModelBuilder. Il est vendu sous trois niveaux incluant plus ou moins de fonctionnalités : ArcView, ArcEditor et ArcInfo.

- **ArcMap** : application centrale qui effectue toutes les tâches associées aux cartes, y compris la cartographie, l'analyse spatiale et la mise à jour ;
- **ArcCatalog** : organisation et gestion des données ;
- **ArcToolBox** et **ModelBuilder** : géo traitement ;
- **ArcGlobe**: visualisation 3D dynamique ; [20]

L'une des suites logicielles les plus complètes du marché, Arc GIS propose également de nombreuses extensions tels que Spatial Analyste (module raster) ET 3D Analyste. [20]

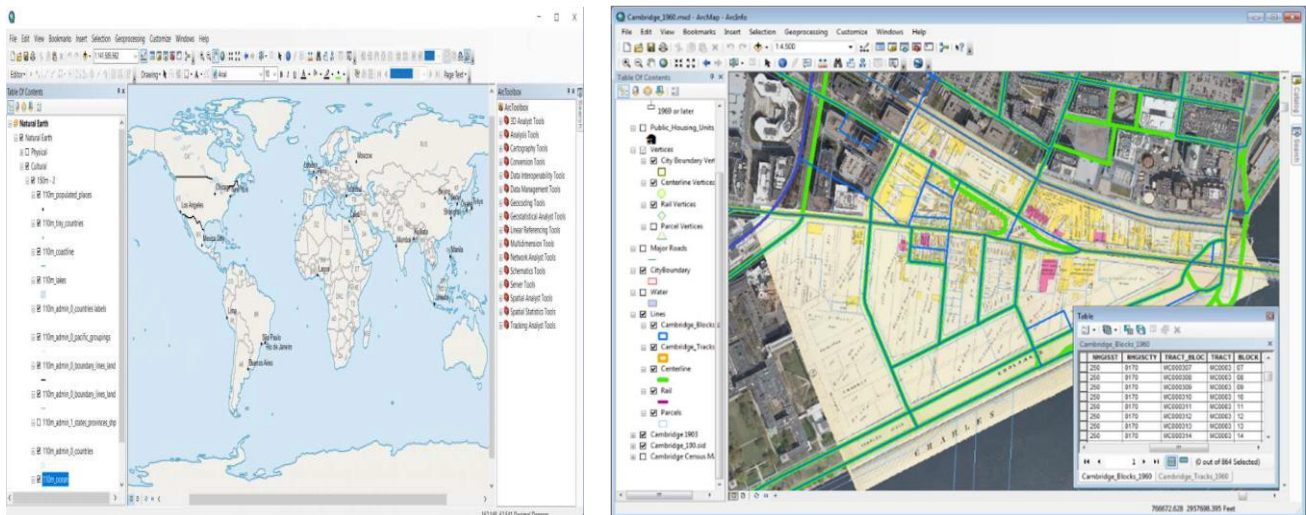


Figure 35 : Logiciel Arc GIS [19]

● **MapInfo**

MapInfo est un logiciel modulaire, ce logiciel peut aussi bien être fourni en version mono poste que multi utilisateurs accessible par réseau. C'est un outil de type systèmes d'information géographique bureautique qui sert à créer de l'information géographique, à traiter de l'information et à la cartographier. En complément de MapInfo Professional, il existe d'autres outils qui peuvent aider à régler les problèmes [7] :

✓ **Vertical mapper:**

Est un outil de création et d'exploitation de l'information géographique sous forme de grilles (Grid) assez puissant (MNT, exploitation d'images raster en relief). Vertical mapper est un logiciel diffusé par la société Marconi de type Plug-in, qui s'utilise avec l'environnement MapInfo Professional.

✓ ChronoMap et Chrono Via:

Logiciels de la société française Magellan Ingénierie qui est conçus pour le calcul d'itinéraires, l'optimisation de tournées et la recherche de proximité (isochrones).

✓ MapInfo MapX:

Est l'ActiveX cartographique des développeurs d'applications MapInfo. Etant un ActiveX MapInfo MapX s'intègre facilement dans tout type d'applications existes ou nouvelles, L'enrichissant de puissantes fonctions de représentations cartographiques ou de fonctions d'analyse Géo Décisionnelle. Il vient donc enrichir en fonctions cartographiques les langages de développement (Visual Basic, Visual C++) déjà maîtrisés par les développeurs.

✓ MapXtreme Java Edition:

Pour internet, est une solution cartographique, 100 portables sur toutes les plates-formes (Unix ou Windows NT), MapXtreme Java Edition pour internet est une solution pour intégrer les applications cartographiques sur internet/intranet.

• Geomedia

La suite logicielle Geomedia comprend une gamme importante de logiciels :

- GeoMedia Professional : digitalisation, analyse, présentation cartographique ;
- GeoMedia Terrain : création et analyse de MNT ;
- GeoMedia Image : traitement d'images ;
- GeoMediaGrid : analyse de données raster ;
- GeoMedia : version allégée de GeoMediaProfessional ;
- GeoMediaWebMap: applications Web SIG;
- Ainsi que Image Station Stereo for GeoMedia, GeoMedia Fusion, GeoMedia Transaction

Manager, GeoMedia VPF; [20]

• Star GIS

La société belge « STAR Informatique » propose une gamme variée de logiciels SIG :

- STAR GIS est une plate-forme SIG bureautique conçue pour interroger et mettre à jour des bases de données, produire des rapports, réaliser des analyses thématiques etc ;
- STAR NeXt est une plate-forme SIG par Internet ;
- WinSTAR est un SIG professionnel ; [20]

- **Manifold**

Il est proche de MapInfo, ce logiciel est d'une diffusion actuellement anecdotique en France. [20]

- **Savane**

Il s'agit d'une suite logicielle particulièrement complète. Ce logiciel souffre d'une interopérabilité très limitée et d'une architecture complexe, ce qui explique sa diffusion limitée au monde universitaire. [18]

- **Jump**

C'est un logiciel S.I.G vectoriel gratuit, il intègre toutes les fonctionnalités de base nécessaires à la gestion d'un S.I.G de taille réduite. [20]

III.3.2. Logiciels en mode RASTER [20] :

- **IDRISI**

Est un SIG en mode image, ainsi qu'un système puissant de traitement d'images, développé par l'université américaine de Clark.

- **SAGA**

Il s'agit d'un logiciel modulaire libre. SAGA propose de nombreuses potentialités, notamment en ce qui concerne l'analyse topographique.

- **Grass**

C'est un logiciel libre et très complet. Grass offre une interopérabilité importante et présente l'avantage de pouvoir fonctionner sous Linux.

- **Visualiseurs**

Il est gratuit et il permet de lire un nombre très important de formats SIG propriétaires. Les fonctionnalités de ces visualiseurs sont assez avancées (zoom, requête, visualisation, exploration, etc.). Les données initiales proviennent soit de serveurs de données, soit existent sous forme de paquets de données structurés. Les visualiseurs permettent ainsi d'afficher les couches souhaitées, de parcourir les données, d'effectuer des recherches d'après les attributs, de créer des représentations (cartes), etc.

III.4. Les topologies des logiciels SIG

III.4.1. SIG généralistes bureautiques

Ils ont pour vocation essentielle l'import de données externes et leur analyse pour donner des cartes à insérer dans des rapports ou des présentations. Ils permettent bien sûr la modification de données

géométriques ou descriptives mais ils ne disposent pas d'outils d'assurance qualité perfectionnés pour saisir des Bases de Données complètes. www.esrifrance.fr/application.aspx

III.4.2. SIG généralistes de gestion

Ils disposent des mêmes capacités que les SIG bureautiques, sont fréquemment moins conviviaux, mais disposent d'outils de modélisation beaucoup plus puissants, qui vont mettre des contraintes à la saisie et donc assurer une certaine qualité des données. Ces SIG vont également disposer de capacités client/serveur qui vont permettre à plusieurs personnes de travailler sur la même Base de Données à partir de postes informatiques distants. www.esrifrance.fr/application.aspx

III.4.3. SIG métiers

Ces logiciels sont dès le départ très spécialisés, destinés à des métiers particuliers. Leur champ d'application est réduit mais ils sont souvent les seuls ou les meilleurs dans leur domaine. Ce sont néanmoins des SIG car ils possèdent les 5 fonctionnalités qui font les SIG : Affichage, Acquisition, Abstraction, Analyse, Archivage. Fréquemment, les éditeurs de logiciels commercialisent des modules additionnels qui transforment les SIG généralistes en SIG métiers. Il s'agit de solutions de SIG complètes développées selon les besoins spécifiques d'un métier souvent à l'aide de SIG professionnel, mais aussi autour de SIG de bureau ou de SIG intégré. www.esrifrance.fr/application.aspx

III.5. Logiciel SIG disponibles sur le marché

Dans ce tableau qui suit on présente les logiciels SIG avec leur caractéristique, cette énumération qui suit n'est pas une liste complète des logiciels SIG disponibles, mais juste un aperçu d'un certain nombre de logiciels sur lequel on a pu obtenir quelques informations. [25]

Tableau 4 : Listes des logiciels SIG [25]

Logiciels	Petite description
Arcpad	<p>Conçu pour les professionnels qui veulent un système d'information géographique (SIG) complet à utiliser sur le terrain. Le logiciel ArcPad vous permet d'obtenir ou de modifier l'information géographique, et cela sans devoir utiliser un GPS. Vous pouvez également effectuer des analyses SIG sur le terrain. L'application peut fonctionner sur la base d'un processus de check-in – check out des données (Shekhar and Xion, 2008).</p>
ArcGIS	<p>Arc GIS est un ensemble de logiciels SIG réalisé par la société ESRI. La version actuelle est Arc GIS. On trouve aussi un Arc gis mobile qui étend les fonctionnalités d'Arc GIS sur le terrain. Il complète Arc GIS Desktop et Arc GIS Server grâce à des applications de terrain axées sur les tâches et destinées aux périphériques tactiles Windows de voiture ainsi qu'aux appareils de poche Windows Mobile.</p>
MapInfo	<p>MapInfo est le leader mondial et européen des logiciels bureautiques de Système d'Information Géographique sur PC. La technologie MapInfo est distribuée dans 60 pays et traduite en 21 langues. Comparé aux autres SIG, MapInfo se différencie par son interface bureautique, simple de prise en main et conviviale. Il n'en reste pas moins un des SIG les plus évolués et des plus puissants ; il est capable d'exécuter rapidement des tâches très complexe comme :</p> <ul style="list-style-type: none"> • de la vérification topologique • de la représentation 3D

ENVI	<i>ENVI</i> est le logiciel idéal pour extraire rapidement l'information pertinente de vos images géo-spatiales. L'ensemble de ses outils et modules spécialisés vous permettront de lire, explorer, analyser vos données et de partager l'information.
Microsoft Access	processus de création d'une base de données.
IDRISI	Un SIG intégré et une solution logicielle pour le traitement d'image. Il comporte plus de 250 modules d'analyse et de visualisation d'information géographique numérique. <i>IDRISI</i> propose l'ensemble le plus étendu d'outils SIG et de traitement d'image du marché dans un unique paquet. Des outils pour l'urbanisme, l'aménagement, l'aide à la décision, l'analyse des risques sont inclus parallèlement à des outils pour l'analyse géostatistique, l'analyse de surfaces, la modélisation spatiale.
Sql	Logiciels pour la création de la base de données.

Chapitre IV : Mise en œuvre d'un SIG
/Exemples d'exploitation de SIG

IV.1. Utilité d'un SIG dans tous les domaines

Si l'on considère un Système d'Information Géographique comme un moteur, il est essentiel pour qu'il fonctionne de l'alimenter avec un carburant. Dans l'univers des SIG, ce carburant ce sont les données. Les données représentent 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. Les données géographiques sont souvent sous forme de photographies aériennes, des plans, cartes sur papiers, etc. [27]

Les fonctions les plus importantes des SIG sont:

- L'archivage c'est-à-dire le stockage des données au moyen de la saisie de l'information sous forme numérique ;
- L'analyse des données spatiales et thématiques qui fait des SIG un puissant outil d'aide à la décision ;
- La visualisation des résultats des analyses sous forme de cartes thématiques ; [9]

Une fois les données intégrées au travers des différentes couches d'information, on peut effectuer une analyse spatiale rigoureuse et efficace, Des calques superposés les uns aux autres combinés à des données alphanumériques donnent des résultats d'analyse très efficaces. Pour de nombreuses opérations géographiques, la finalité consiste à bien visualiser des cartes et des graphes qui sont en effet de formidables outils de synthèse et de présentation de l'information. [27]

Le SIG offrent à la cartographie moderne des nouveaux modes d'expression permettant d'accroître de façon significative son rôle pédagogique. Les cartes créées avec un SIG peuvent désormais facilement intégrer des rapports, des vues 3D ; des images photographiques et toutes sortes d'élément multimédia.

Le système d'information devrait être un outil d'observation et d'aide à la décision pour leur développement futur. Il sera donc un outil évolutif qui permettra non seulement le stockage des données mais aussi une analyse de celles-ci. [9]

IV.2. Les grandes étapes de création d'une base de données à référence spatiale

La création de projet dans Arc GIS se fait par thème. Pour ce faire, il est essentiel d'utiliser un Système de Gestion de Base de Données (SGBD) qui facilitera le stockage, l'organisation et la gestion des données. Ainsi, chaque thème' sera accompagné d'un SGBD qui permettra de lier les données géographiques et celles tabulaires. [27]

IV.2.1. Structuration des données

Pour illustrer le volet mise en œuvre, deux exemples d'exploitation de SIG sont proposés. Le premier [50]

développe un exemple sur la cartographie des bassins versants de la wilaya M'sila par le SIG, le deuxième l'étude des propriétés physico-chimiques des eaux de surface (barrage K'sob). Après la définition des données à intégrer au système, il s'est agi de les organiser et de les structurer. Ainsi, la définition de règles de gestion a permis d'aligner dans l'ordre de leur apparition, toutes les données retenues. Aussi, pour passer de la réalité complexe à une représentation informatique, on a procédé à la réalisation d'un Modèle d'une Base de Données Géographiques (MBDG), ainsi qu'à l'implantation des données structurées dans un système informatique. [20]

IV.2 .1.1. Modèle d'une Base de Données Géographiques(MBDG)

Une base de données (en anglais data base) est une "structure de données permettant de recevoir, de stocker et de fournir à la demande des données à de multiples utilisateurs indépendants. [27]

Les bases de données géographiques sont les outils opérationnels qui permettent d'organiser et de gérer l'information géographique sous forme numérique. Ce sont des ensembles structurés de fichiers décrivant les objets ou phénomènes localisés sur la Terre (avec leurs attributs et leurs relations nécessaires à la modélisation de l'espace géographique). Ces ensembles sont munis d'un système de gestion permettant de les tenir à jour, de les archiver et de les diffuser. Les bases de données constituent le socle sur lequel s'appuient les systèmes d'information géographique, qui analysent et exploitent les données pour en tirer des informations utiles à la décision.

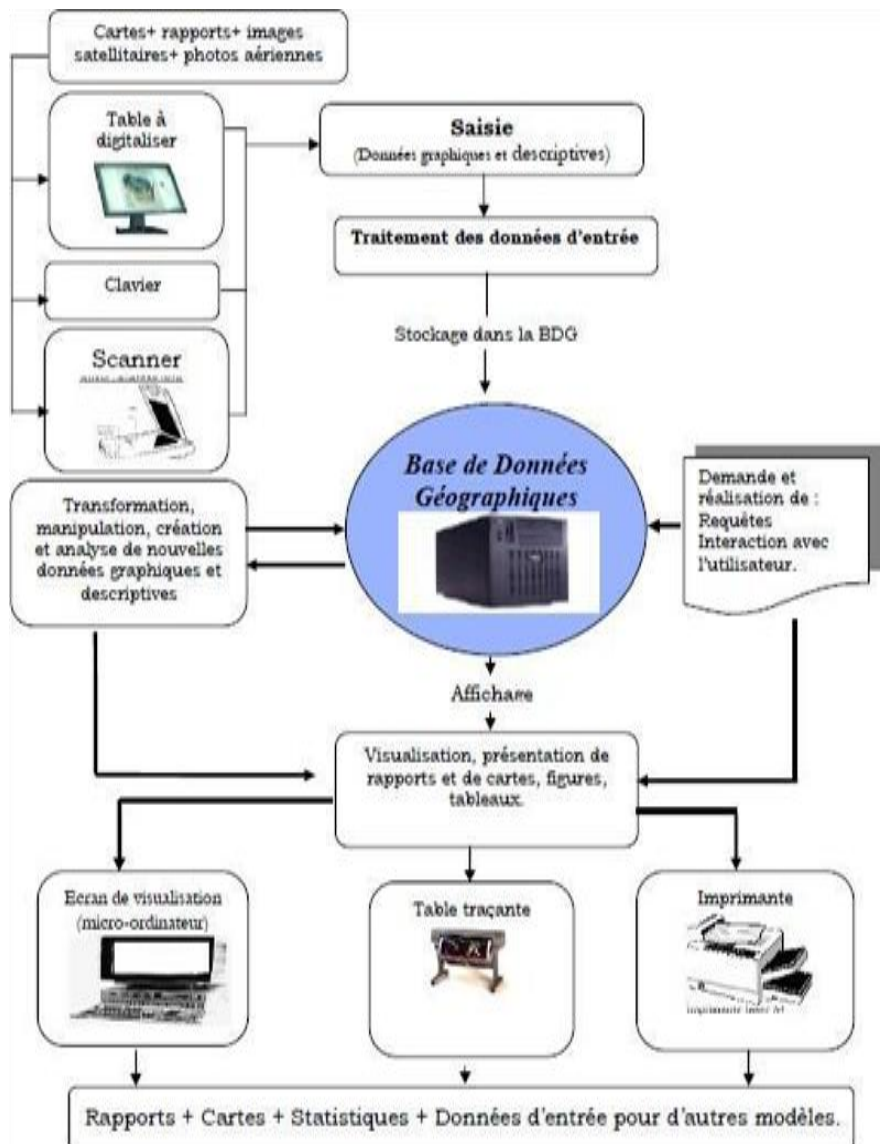


Figure 36 : Base de données géographique (BDG) [14]

Toute base de données représente une modélisation particulière de la réalité, et donc une généralisation plus ou moins poussée de celle-ci. [9]

Le Modèle d'une Base de Données Géographiques (MBDG) est une représentation facilement compréhensible, permettant de décrire le système d'information. Le MBDG sert à formaliser la description des informations qui sont mémorisées dans le système d'information géographique (SIG). [27]

Le noyau du SIG- étude hydrologique est une base de données géographique intégrant un ensemble de couches thématiques (distribution et évaluation de l'eau... etc.) et des données des campagnes d'analyses. Une application SIG spécifique offrant un ensemble d'outils notamment pour la saisie et le contrôle des données, les traitements statistiques, les analyses spatiales et les représentations cartographiques. [9]

IV.2.1.2. L'implantation des données structurées dans un système informatique

Les données structurées en modèle d'une base de données des figures (38, 39, 40, 41) ont été implantées dans un système informatique et les attributs des différentes entités (tables) ont été renseignés à l'aide des données collectées sur le terrain. La base de données créée a ensuite été testée afin de contrôler son fonctionnement. C'est ainsi que des requêtes en langage SQL (Structured Query Language) ont été créées dans le but d'analyser et d'exploiter les données. Les SIG permettent des manipulations via des requêtes écrites en langage SQL. la base de données conçue doit être exploitable et compréhensible pour des personnes ne maîtrisant pas forcément le logiciel SIG. C'est pourquoi, il a été nécessaire de créer une interface graphique (formulaires) simple et conviviale aussi bien pour le démarrage d'une session, la saisie et la mise à jour des données et l'exploitation des données. Ainsi, les utilisateurs pourront utiliser cet outil sans même connaître le fonctionnement et le langage de SIG. [9]

IV.2.2. Exemples d'exploitation de SIG

IV.2.2.1. Étude cartographique par le Système d'Information Géographique 'SIG' des bassins versants de la Wilaya de M'sila, Algérie

Le bassin du Hodna a été choisi comme une zone d'application de notre travail en raison de sa vaste superficie (25856 Km²) par conséquent un nombre maximal des sous- bassin Versant (08 sous-bassin) et ainsi de suite une grande variabilité des caractéristiques physiques qui influent sur l'écoulement des eaux. La création d'une base de données cartographique (BD), suivie par la création de modèles de base de données géographiques (MBDG) pour la cartographie thématique et numérique à travers une approche par Système d'Information Géographique (SIG). L'étude consiste à créer des cartes thématiques en combinant dans des SIG, en représentant les informations recueillies sous forme de cartes

et de tableaux de données, a été réalisé à l'aide du logiciel « Arc GIS » et par conséquent l'évaluation et l'estimation des caractéristiques géométriques et topographiques dans ces derniers.

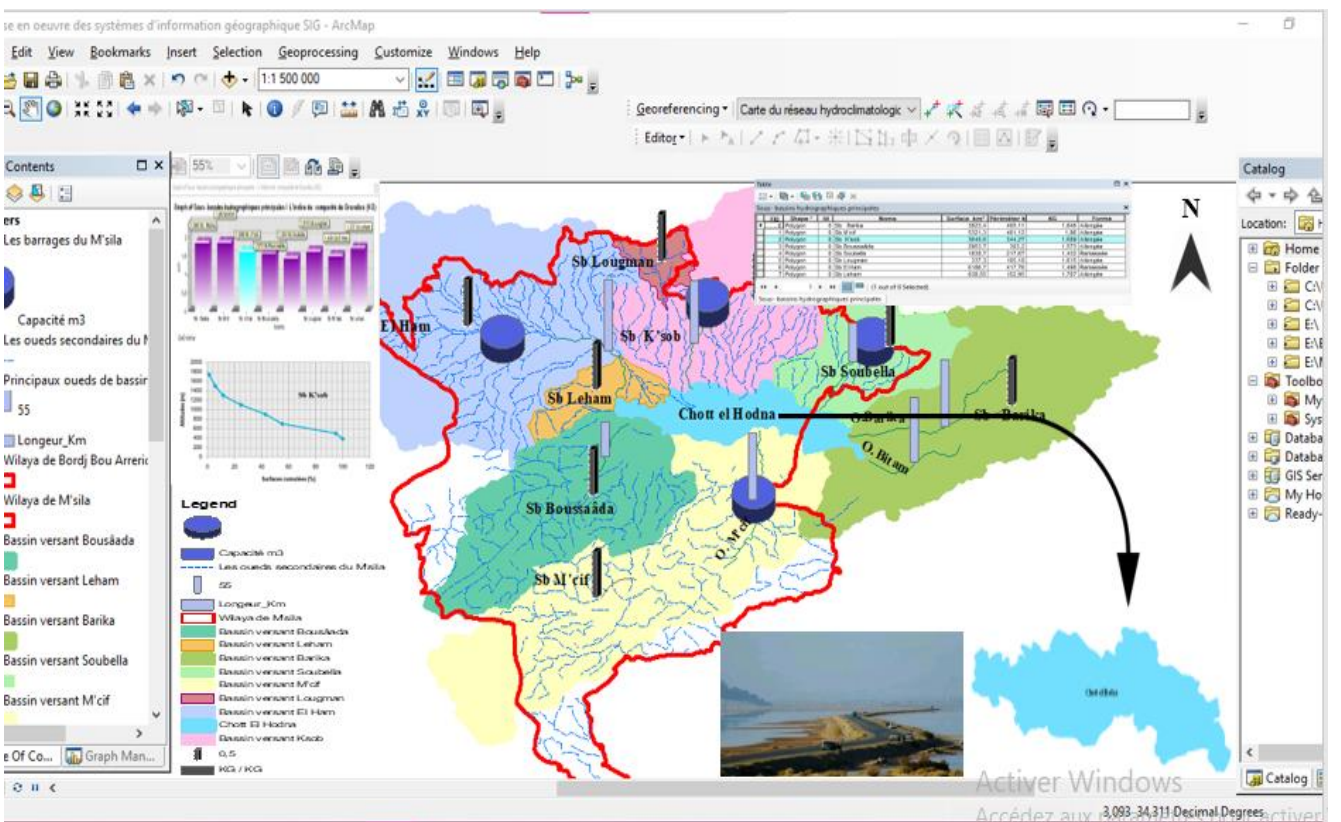
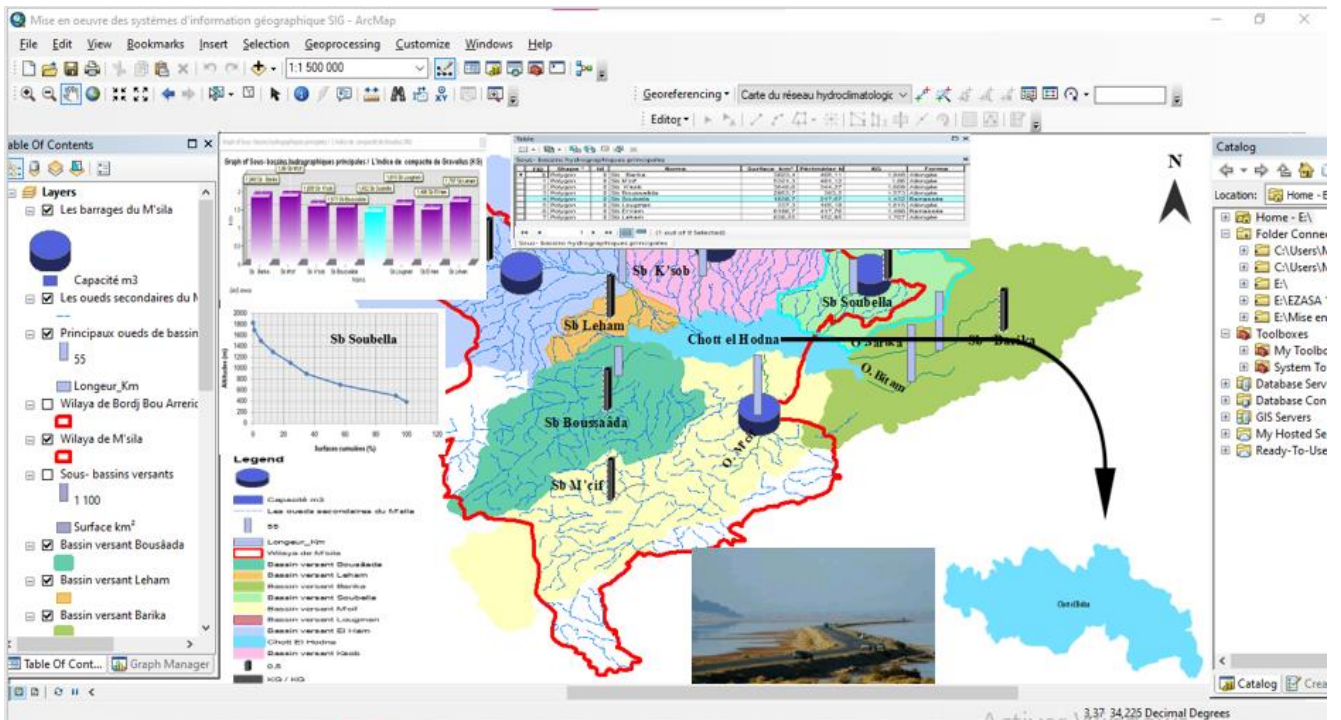


Figure 38 : MBDG- Sous bassins principales de la wilaya de M'sila

IV.2.2.2. Contribution du SIG d'étude des propriétés physico-chimiques des eaux surfaces (cas de barrage K'sob)

L'approvisionnement en eau et l'irrigation sont parmi les préoccupations majeures, les barrages font partie des solutions à problème de plusieurs types de pollution d'eau. On s'intéressera à barrage K'sob qui est situé dans le grand bassin Versant Hodna entre bassin Versant K'sob et bassin Versant M'sila. Le bassin de K'sob occupe la partie Sud de la wilaya de Bordj Bou-Argeridj et une partie au Nord de la wilaya de M'sila. L'objectif principal de cette étude était d'évaluer les paramètres physico-chimiques et biologique des eaux surfaces de barrage K'sob à l'aide de SIG par le biais d'arc gis pour création de Modèles de la Base de Données Géographiques (MBDG).

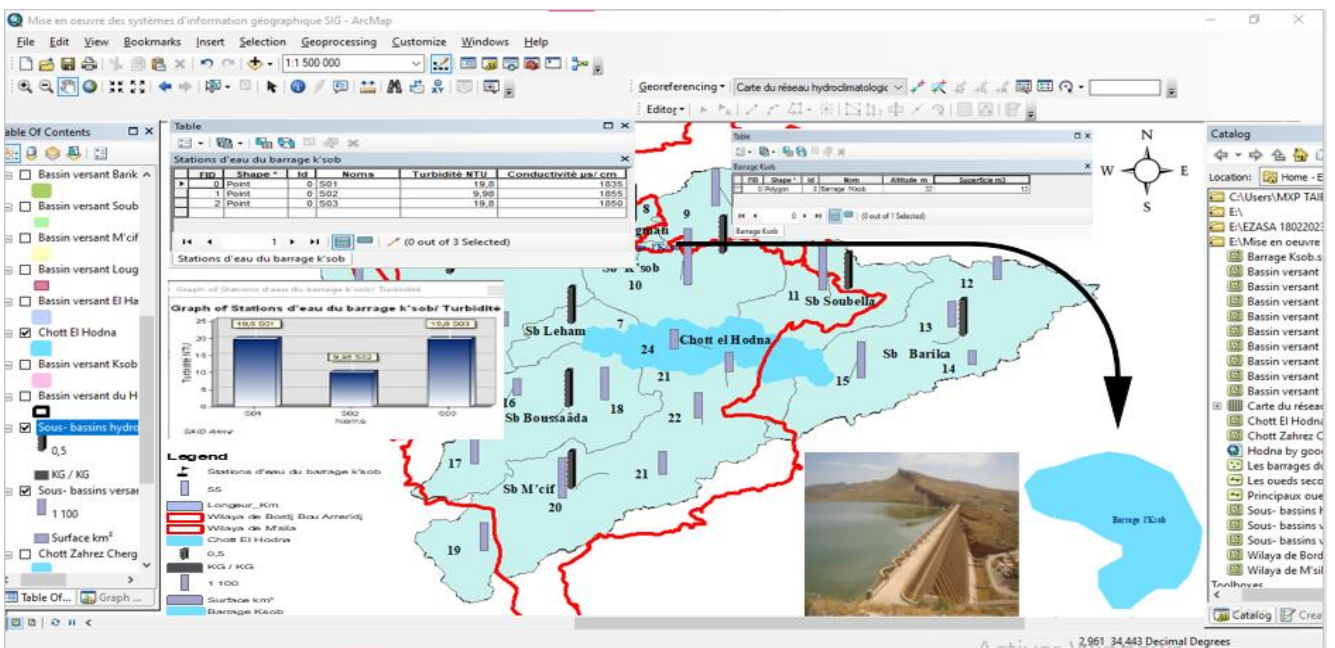
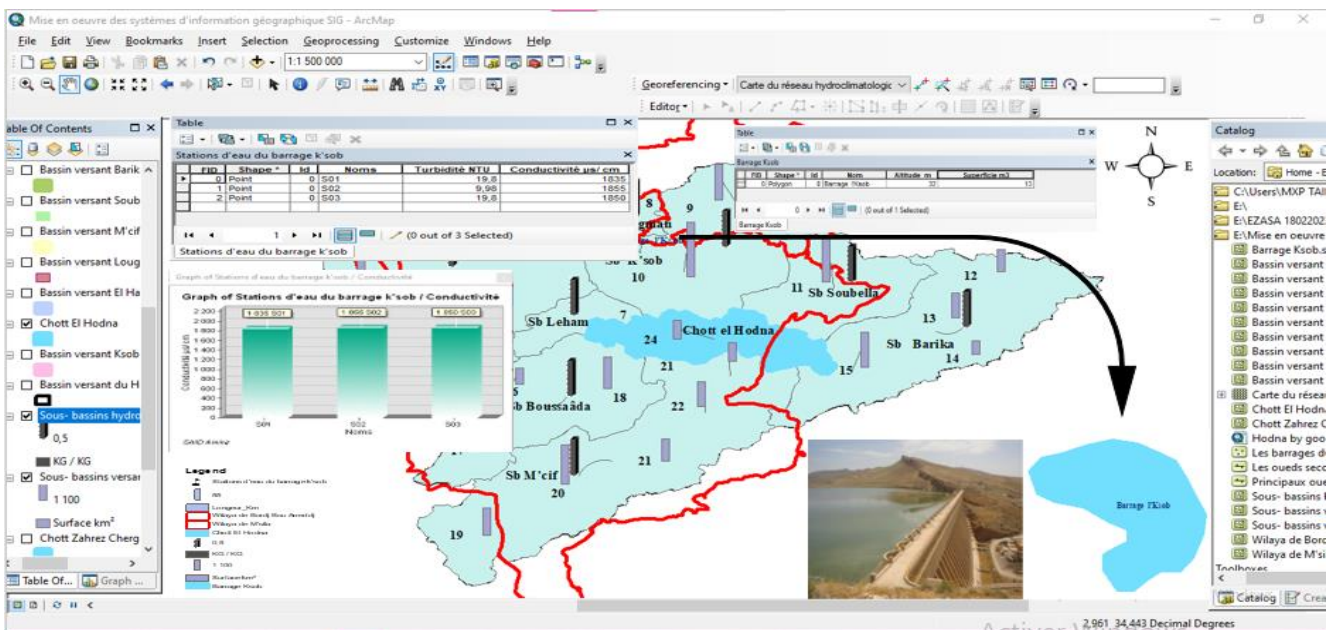


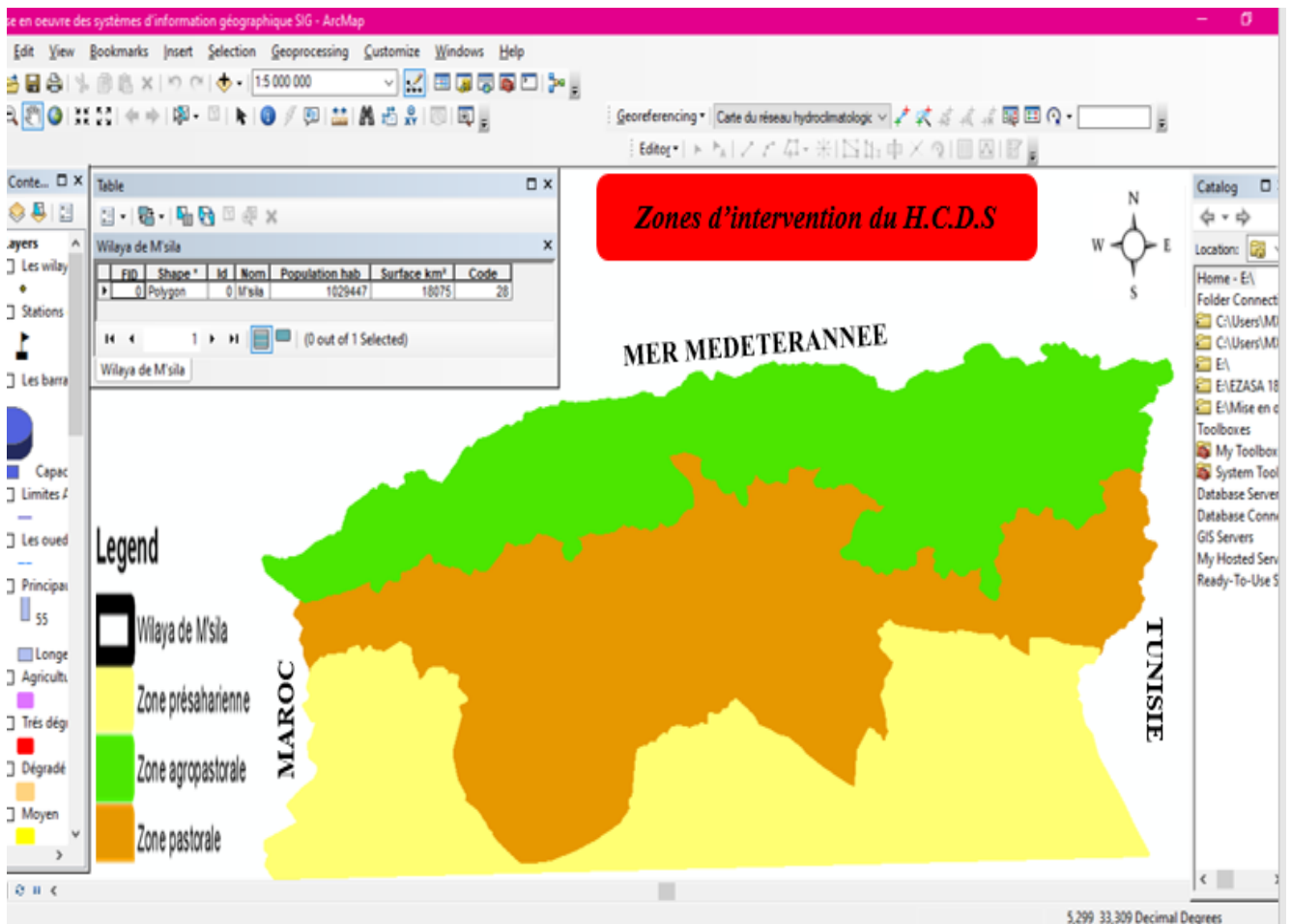
Figure39 : MBDG- Barrage K'sob

IV.2.2.3. Apport de SIG pour la réalisation de la carte de dégradation des parcours steppiques (Cas de la wilaya de M'sila) :

La steppe Algérienne avec ses immenses étendues a toujours été l'espace de prédilection de l'élevage ovin. Une pression de pâturage permanente s'exerce sur les parcours et ne permet pas leur régénération. Ces espaces sensibles soumis à une forte dégradation qui tend à se généraliser, impose à l'heure actuelle d'explorer de nouvelles méthodes et outils de gestion.

Les steppes algériennes, situées entre l'Atlas Tellien au Nord et l'Atlas Saharien au Sud, couvrent une superficie globale de 32 millions d'hectares (dont 12 millions Ha présahariens). Elles sont limitées au Nord par l'isohyète 400 mm qui coïncide avec l'extension des cultures céréalières en sec et au Sud, par l'isohyète 100 mm.

Les parcours occupent une superficie de 1 050 411,40 ha soit 56% de la superficie totale de la wilaya. Les parcours à groupement d'alfa sur plaine et en montagne avoisinent les 398 200 ha. Les halophytes sont présent sur une superficie de plus de 112 100 ha et les psammophytes un peu plus 50 720 ha, les steppes de dégradation s'étendent sur une superficie de plus de 431 700 ha. Les forêts, maquis, reboisement et steppe arborées, ils occupent une superficie de 155 700 ha.



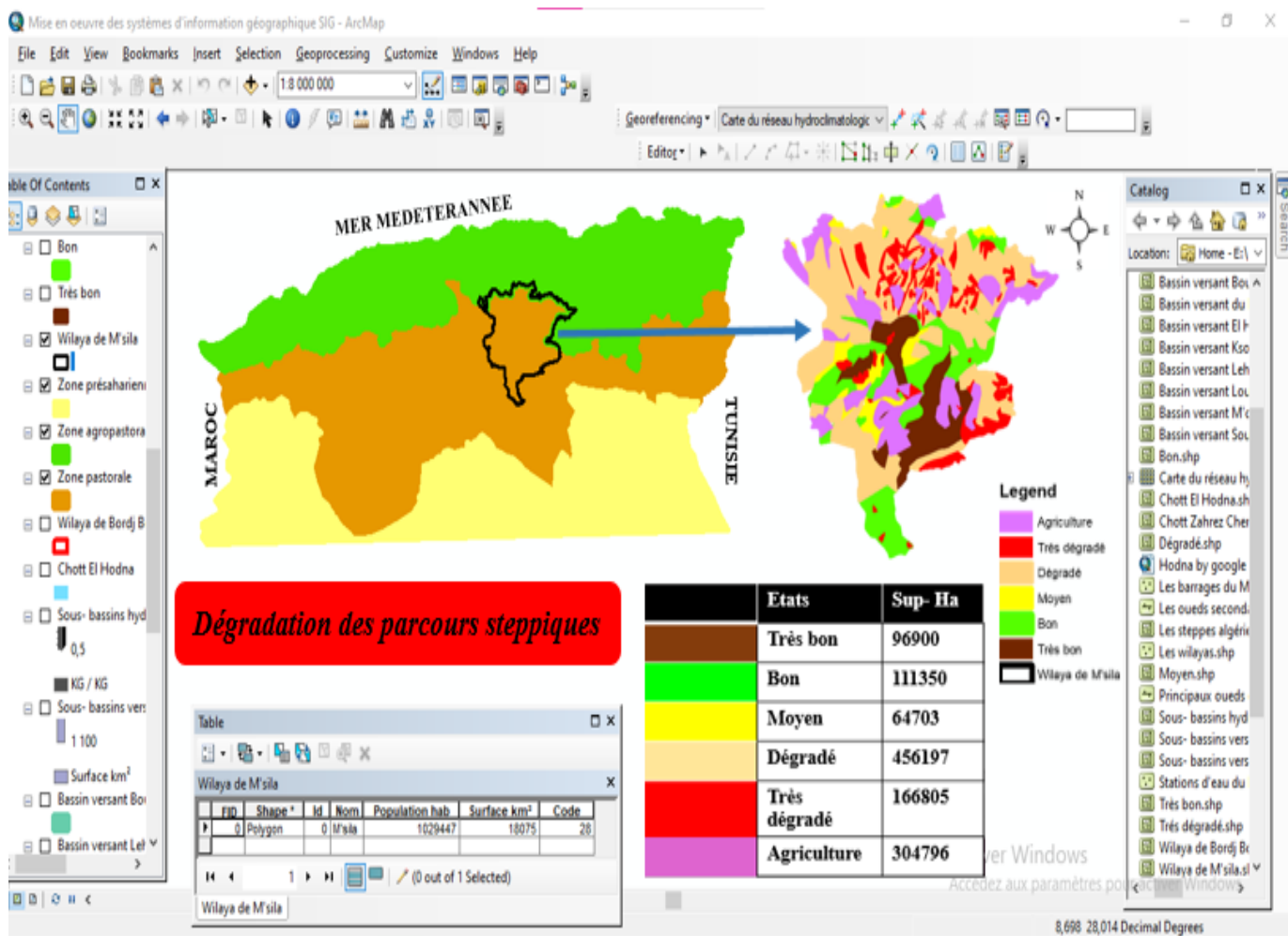


Figure 40 : MBDG – dégradation des parcours steppiques

CONCLUSION

Le système d'information Géographique(SIG) est un outil informatique permettant de représenter et d'analyser tous les éléments qui existent sur terre ainsi que tous les événements qui s'y produisent. Une méthodologie de travail qui consiste à représenter les informations collectées sous forme de cartes thématiques, a été réalisée en utilisant le logiciel « Arc Gis ». Après avoir défini le SIG, on a évoqué les différentes fonctionnalités d'un SIG. Certaines sont traditionnelles aux systèmes d'information : le stockage des données, leur mise à jour, la consultation et la recherche d'information. D'autres comme l'analyse spatiale ou la production cartographique sont spécifiques au SIG. Le système d'information géographique est une science, construite sur la connaissance pluridisciplinaires (la géographie, la cartographie, l'informatique, les mathématiques, le traitement d'image etc.) et elle inclue plusieurs technologies, elle fait appel à des composantes ; matériels, logiciels, données, moyens humains, afin de pouvoir traiter les données (acquise de différents manières), et extraire des informations.

Nous avons présenté aussi quelques outils et logiciels existants et utilisés par les spécialistes dans le domaine des SIG, principalement Arc Gis et l'un des meilleurs outils très puissant en matière d'offre de fonctionnalités et robustesses. Lors de la réalisation de ce travail nous avons été amenés à maîtriser et utiliser plusieurs logiciels tels qu'Arc Gis, ArcMap.

- [1] : **Ameur N., SAIDI S. (2020)**. Utilisation d'un SIG pour l'évaluation des caractéristiques morphométriques d'un sous - bassin versant et leurs influences sur l'écoulement des eaux (Sous - bassin versant d'Oued Bou saâda - Algérie), Université Mohamed BOUDIAF, M'sila.
- [2] : **Anonyme. (2020)**. Système d'information géographique SIG Département des Sciences Agronomiques. Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi ,BBA,4p.
- [3] : **Anouar Y. (2021)**. Systèmes D'information Géographique Appliqué Aux Ressources En Eau, Université des Sciences et de la Technologie Mohamed Boudiaf, Oran, 70p.
- [4] : **Arrouk assad K. (2012)**. Techniques de conception assistée par ordinateur(CAO) pour la caractérisation de l'espace de travail de robots manipulateurs parallèles, Université Blaise Pascal-CLERMONT II, France, 275p.
- [5] : **Baduel j, Pierre R. (2004)**. Les cartes de la connaissance. Université Laval, Paris, 689p.
- [6] : **Bahloul E. (2020)**. Conception Assistée Par Ordinateur des Aéronefs, Université Batna 2, Batna, 27p.
- [7] : **Benatallah Dj., Debagh A. (2013)**. Réalisation d'un système d'information géographique (S.I.G) pour les forages d'alimentation en eau potable (A.E.P) à travers la wilaya d'Adrar, Université AFRICANE AHMED DRAIA, Adrar, 92p.
- [8] : **Cyrille tejioufouet D. (2009)**.Utilisation d'un SIG (système d'information géographique) mobile comme outil d'optimisation de la mobilité pastorale et d'accès aux informations sur les intrants vétérinaires dans l'unité pastorale de kouthiaba au Sénégal, Ecole inter – états des sciences et médecine vétérinaires (E.I.S.M.V.), Dakar, 138p.
- [9]: **Dahdouh Y., Benamer S Abdeli A., Chikouche A. (2022)**. Désertification dans un bassin versant. Utilisation de SIG pour une analyse et proposition d'actions de lutte. Cas le sous bassin versant d'Oued Boussaâda- Algérie, Université Mohamed BOUDIAF, M'sila ,119p.
- [10] **GANDON F. (1991)**. Synthèse sur les SIG et Perspectives d'utilisation en Hydrologie. Laboratoire d'Hydrologie, 35 p.
- [11] : **HABERT É. (2000)**. Qu'est-ce qu'un système d'information géographique, Institut de recherche pour le développement(IRD), France, 13p.
- [12] : **HAZIL K. (2021)**. Cartographie assistée et Système d'information Géographique SIG, Université de Batna -2-, Batna, 17p.

- [13] : **Ider K. (2004)**. Modélisation hydrodynamique d'un cours d'eau, Application à l'Oued Soummam. ENP, Alger. 124 p.
- [14] : **KALLA M. (2021)**. Introduction aux systèmes d'informations géographiques, Institut des sciences de la terre et de l'univers, Batna, 39p.
- [15] : **KEHLI A., BENNEZAIR N. (2017)**. Développement d'une application ANDROID pour le partage des évènements sur Google Map, Université Aboubakr Belkaid, Tlemcen,67p.
- [16] : **KOUBA Y. (2018)**. Cours de système d'information géographique, Université Larbi BEN MHIDI, Oum El Bouaghi, 82p.
- [17] : **Ladet S., Bennier S., Duthoit S. (2014)**. Les concepts de base des Systèmes d'Information Géographique (SIG) : les données et les fonctions générales. Cahier des Techniques de l'INRA, N° Spécial, p19-20.
- [18] : **LAHRECHE Z. (2015)**. Elaboration d'un SIG pour la cartographie lithologique et linéamentaire de la région de « Mékalis-Tirkount », Université Abou Bekr BELKAID, Tlemcen,63p.
- [19] : **LARBI A. (2022)**. Système d'information géographique, Université TAHRI Mohamed, Bechar, 39p.
- [20] : **MAKHZOUM Y., MAHDID B. (2019)**. Hydrologie du bassin du Hodna : Construction d'une base de données à l'aide d'un SIG, Université Mohamed BOUDIAF, M'sila, 115p.
- [21] : **MEAILLE R. (1988)**. Les systèmes d'information géographique : structure, mise en œuvre et utilisation dans différentes études. Université de NICE, France, 182p.
- [22] : **MENAD W. (2018)**. Système d'Information Géographique, Université Hassiba BENBOUALI, Chlef, 73p.
- [23] : **MISSIHOUN M. (2004)**. Mise en place d'un système d'information géographique pour l'amélioration de la desserte du réseau des transports urbains valentinois, Université Lumière Lyon 2, France, 130p.
- [24] : **NEJJARI A. (2016)**. L'information géographique au service de la meilleure décision, Université My Ismail, Revue Interdisciplinaire, Vol1, n°3,12p.
- [25] : **OUAMARA A.(2013)**. Etude et mise en œuvre des systèmes d'information géographique, Université Abderrahmane MIRA, Bejaia, 64p.

Références bibliographiques

- [26] : **RABAH FISSA A., BOUKLI HACENE C.** Systèmes d'information géographique, Université Abou Bekr BELKAID, Tlemcen, 75p.
- [27]: **Reguig S., Ahmed M., Bennaoui S., Ahmed M. (2022).** Contribution de SIG à l'étude de la qualité physicochimique et biologique des eaux d'Oued Boussaâda, Université Mohamed BOUDIAF, M'sila ,92p .
- [28] : **SADIO J., TRAORE Yaya. (2006).** Mise en place d'un système d'information géographique des infrastructures de l'Ecole Supérieure polytechnique centre de Thiès, Université CHEIKH ANTA DIOP, Dakar (Sénégal), 56p.
- [29]: **SHAHAB F. (2008).** Gis basics, University Aligarh department of geography Aligarh Muslim, New Delhi, 339p.
- [30] : **TAHARI A., AISSAT H. (2016).** Système d'information géographique pour la gestion de l'eau au niveau de la commune de la wilaya de M'sila, Université Mohamed BOUDIAF, M'sila, 91p.
- [31] : **THEOPHILE S. (2003).** Cahier méthodologique sur la mise en œuvre d'un SIG, Institut atlantique d'aménagement des territoires (IAAT), France, 34p.
- [32] : **Worboys, M.F. et Duckham, M. (2004).** GIS: a computing perspective. CRC press.
- [33] : **YOUBI O. (2019).** Application mobile pour système d'informations géographiques, Université Mohamed KHIDER, Biskra, 84p.

<http://www.gislounge.com/what-is-gis/>

www.esrifrance.fr/application.aspx

<https://hexagon.com>

<https://hexagon.com>

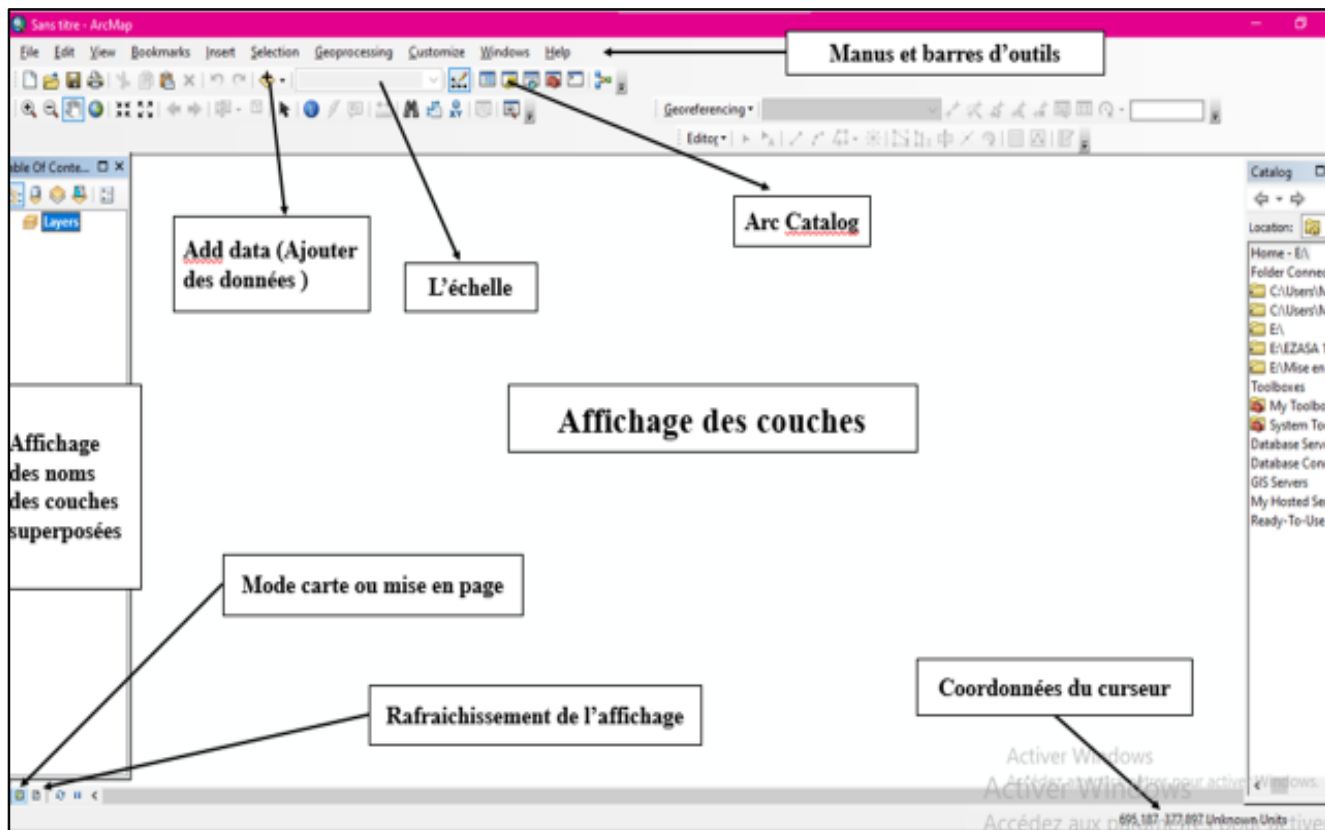
<https://gisgeography.com>


<https://www.bel-horizon.eu>

www.cartographie.ird

www.mesure-laser.com


Présentation de l'interface d'ArcGis 10.8




 **Add data / Ajouter de nouvelles couches de données**

Echelle :


(entrer directement l'échelle voulue)



- Zooms**: Plus (+) and Moins (-) icons.
- Déplacer**: Hand icon.
- Vue générale**: Globe icon.
- Zooms constants**: Four-way arrow icons.
- Cadrage précédent suivant**: Left and right arrow icons.



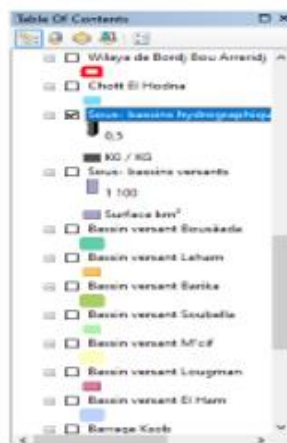
- Table of contents**: Points to the 'Table of Contents' icon.
- ArcCatalog**: Points to the 'ArcCatalog' icon.
- Search**: Points to the 'Search' icon.
- ArcToolbox**: Points to the 'ArcToolbox' icon.
- Python**: Points to the 'Python' icon.



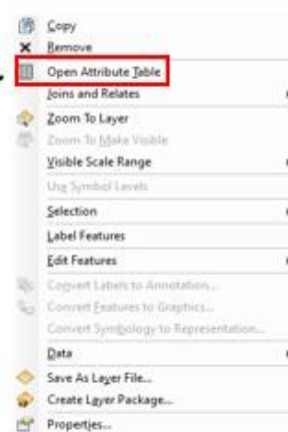
- Outils d'identification**: Information (i) and Identify (ID) icons.
- Outil de mesure**: Measure (M) icon.
- Recherche d'entités**: Search (A) icon.

Afficher les données attributaires

1. Clic droit sur le nom de la couche ;
2. Sélectionner open attribut table /
Ouvrir la table attributaire



FID	Shape	Id	Noms	Surface km²	Périmètre M	KG	Forme
0	Polygon	0 Sb Barika		352,4	495,11	1,848	Allongée
1	Polygon	0 Sb M'cif		532,3	451,12	1,86	Allongée
2	Polygon	0 Sb K'acab		3640,6	344,27	1,659	Allongée
3	Polygon	0 Sb Boussakda		2953,7	303,2	1,573	Allongée
4	Polygon	0 Sb Soubella		1838,7	217,67	1,432	Ramassée
5	Polygon	0 Sb Lougman		337,3	195,18	1,615	Allongée
6	Polygon	0 Sb El Ham		6186,7	417,76	1,496	Ramassée
7	Polygon	0 Sb Laham		638,55	152,95	1,707	Allongée



ملخص

في جميع المجالات، تسمح أنظمة المعلومات الجغرافية (GIS) بتمثيل العالم الحقيقي (مناطق الدراسة) من الأشكال الهندسية الأساسية (المضلعات، المتجهات، الشبكات، إلخ). يسمح نظام المعلومات الجغرافية، من مصادر مختلفة، بجمع وتنظيم وإدارة وتحليل ودمج وتقديم المعلومات المترجمة جغرافياً. تطور استخدام هذه الأدوات بشكل كبير مع ظهور أدوات الكمبيوتر. تستخدم نظم المعلومات الجغرافية أدوات البرمجيات والبيانات المراد معالجتها وخواص الكمبيوتر وأيضاً المعرفة الفنية. يتعاملون مع نوعين من البيانات، وهما البيانات الرسومية والبيانات الأبجدية الرقمية. هناك العديد من أنظمة الكمبيوتر التي تتعامل مع قواعد البيانات الجغرافية وتأخذ في الاعتبار الإسناد المكاني للبيانات. الهدف من هذه الأطروحة هو إدارة وتنفيذ نظم المعلومات الجغرافية، أو أن تقنية المعلومات هذه هي وسيلة لتمثيل وتحليل جميع العناصر التي تتعلق بالبيئة. أخيراً لكشف، يتم ا عن أمثلة على استغلال نظم المعلومات الجغرافية.

كلمات الافتتاحية: المعلومة الجغرافية، نظم المعلومات الجغرافية، تنفيذ، إدارة

Summary

In all fields, geographic information systems (GIS) allow the representation of the real world (study areas) from basic geometric shapes (polygons, vectors, meshes, etc.). The GIS allows, from various sources, to gather, organize, manage, analyze, combine and present geographically localized information. The use of the latter developed considerably with the rise of computer tools. GIS use software tools, data to be processed, computer servers but also technical know-how. They handle two types of data, namely graphical data and alphanumeric data. Several computer systems manipulate geographic databases and take into account the spatial reference of the data. The objective of this thesis is the management and implementation of GIS or this information technology is a means of representing and analyzing all the elements that relate to the environment. Finally, examples of GIS exploitation are exposed.

Key words: IG, GIS, Implementation, Management

Résumé

Dans tous les domaines, les systèmes d'information géographique (SIG) permettent la représentation de monde réel (zones d'études) à partir de formes géométriques de base (polygones, vecteurs, maillages...). Le SIG permettant, à partir de diverses sources, de rassembler, organiser, gérer, analyser, combiner et de présenter des informations localisées géographiquement. L'utilisation de ces derniers considérablement développés avec l'essor des outils informatiques. Les SIG exploitent des outils logiciels, des données à traiter, des serveurs informatiques mais également des savoir-faire techniques. Ils manipulent deux types de données, il s'agit des données graphiques et des données alphanumériques. Il existe plusieurs systèmes informatiques qui manipulent les bases de données géographiques et prennent en compte la référence spatiale des données. L'objectif de ce mémoire c'est la gestion et la mise en œuvre de SIG, ou cette technologie de l'information est un moyen de représenter et d'analyser tous les éléments qui se rapportent à l'environnement. Enfin, des exemples d'exploitation de SIG sont exposés.

Mots clés : IG, SIG, mise en œuvre, gestion