

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Polytechnique d'Oran - Maurice Audin
Département de Génie des Systèmes
Filière: Système d'Information é Télécommunication
Spécialité: Ingénierie et Management des Systèmes d'Information
Spécialité : Réseaux et Télécommunication



Dr. BRAHAMI Menaouer
Associate Professor, National Polytechnic School of Oran - Maurice Audin
E-mail: {mbrahami; brahami.menaouer}@gmail.com & menaouer.brahami@enp-oran.dz

POLYCOPIE DE COURS

Module : _____
Systèmes d'Information Géographique

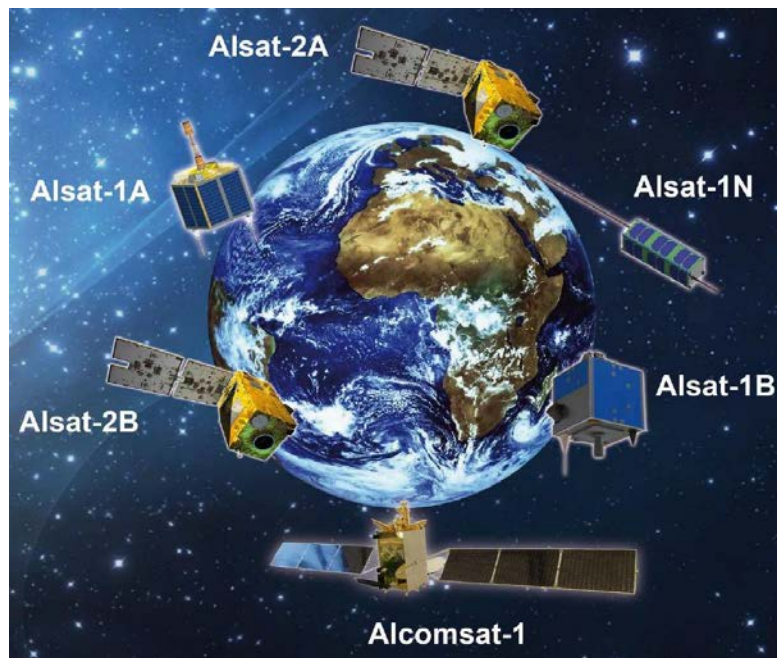


TABLE DES MATIERES

I. Introduction	5
-----------------------	---

1ère Partie : SIG : Notions fondamentales

1. Définitions.....	4
2. L'Agence Spatiale Algérienne (ASAL).....	9
2.1. Missions et Attributions.....	10
2.2. Entités opérationnelles.....	10
2.2.1. Centre des Techniques Spatiales (CTS).....	10
2.2.2. Centre de Développement des Satellites (CDS).....	10
2.2.3. Le Centre des Applications Spatiales (CAS)	11
2.2.4. Le Centre d'Exploitation des Systèmes de Télécommunications (CEST).....	11
2.3. Programme spatial national (PSN).....	12
3. Satellites Algériens.....	12
3.1. Alsat-1A	13
3.2. Alsat-2A	13
3.3. Alsat-1B	13
3.4. Alsat-2B	14
3.5. Alcomsat 1.....	14
4. Historique du SIG	15
5. Domaine d'application.....	15
6. Les fonctionnalités du SIG.....	16
7. Les avantages du SIG.....	16
8. Les principales composantes d'un SIG.....	17
9. La structure du SIG.....	18
10. Mise en place du SIG.....	18
11. L'analyse spatiale et SIG	19
12. Conclusion	20
13. Références	21

2ème Partie Les données du SIG (Stockage de l'Information Géographique)

1. Définition des données	23
2. Définition des métadonnées	23
3. Définition de l'information Géographique	24
4. Données géographiques.....	25
4.1. Données géométriques.....	26
4.2. Données attributaires.....	26
5. Mode d'acquisition des données géographiques.....	27
5.1. Import de fichiers.....	27
5.2. Images satellites.....	28
5.3. La digitalisation.....	28
5.4. Le Scannage de plans.....	29

5.5. Global Positioning System (GPS).....	29
6. Les différentes sortes de données géographique.....	29
7. Organisation des données géographique	32
8. Comparaison des structures des données spatiales.....	32
9. Quelques logiciels SIG	33
9.1. Logiciels libres.....	34
9.2. Logiciels Commerciaux.....	34
10. Utilisation des SIG en Algérie.....	35
10.1. La prévention et la gestion des inondations.....	36
10.2. La prévention et la gestion des feux de forêts.....	36
10.3. La lutte anti-acridienne en Algérie.....	37
11. Conclusion	38
12. Références	38

2ème Partie Base de données Spatiales

1. Introduction.....	41
2. Base de Données	41
3. Définition de la base de données géographiques.....	41
4. Les types de données spatiales.....	43
5. Caractéristiques des données spatiales.....	43
6. Les fonctions spatiales	44
7. Modélisation d'une base de données spatiales	44
7.1. Modélisation conceptuelle	45
8. Gestion des données spatiales	46
9. Parallèle entre les SGBD spatiaux et les SGBD relationnels	47
10. Qu'est-ce que PostGIS ?.....	48
11. Qu'est-ce que PostgreSQL ?.....	48
12. Oracle Spatial.....	48
13. Le Data Mining Spatial	50
14. Qu'est-ce qu'un service web géographique ?.....	50
14.1. Normes et standards de services.....	50
14.2. Standards de formats.....	51
15. Conclusion.....	51
16. Références	51

EXPOSE Principe, Déroulement et Evaluation

1. Objectifs.....	54
2. Compte rendu.....	54
3. Contenu du rapport.....	54
4. Grille d'évaluation du rapport.....	54

Glossaire

1. Glossaire.....	56
-------------------	----

LISTE DES FIGURES

- Figure. 1.1. Les composants d'un SIG
- Figure. 1.2. Les 3 éléments constituant le noyau d'un SIG complet
- Figure. 1.3. Le programme d'actions applicatives du PSN
- Figure. 1.4. La répartition thématique des projets applicatifs du PSN
- Figure. 1.5. Le Satellite d'observation de la terre ALSAT-1A
- Figure. 1.6. Le Satellite d'observation de la terre ALSAT-2A
- Figure. 1.6. Le Satellite d'observation de la terre ALSAT-1B
- Figure. 1.7. Le Satellite d'observation de la terre ALSAT-2B
- Figure. 1.8. Le satellite Algérien de Télécommunications Spatiales « Alcomsat-1 »
- Figure.1.9. Structure d'un SIG
- Figure. 1.10. Mise en place d'un SIG
- Figure. 1.11. Cycle de vie de l'information géographique
- Figure. 2.1. Le cube de l'information géographique (Dangermond, 1983)
- Figure. 2.2. Exemple de la représentation d'un tronçon de cours d'eau
- Figure. 2.3. Les 3 niveaux de la donnée géographique
- Figure. 2.4. Données géométriques et attributaires
- Figure. 2.5. De l'information géographique à la carte thématique
- Figure. 2.6. Exemple d'importation de fichiers vers le SIG
- Figure. 2.7. Vue générale de la ville d'Oran donnée par Alsat-2B
- Figure. 2.8. Les trois types de vecteurs (points, lignes et surfaces)
- Figure. 2.9. La représentation des données Raster
- Figure. 2.10. La représentation des données Raster/vecteur
- Figure. 2.11. Types de données géographiques : Vecteur versus Raster
- Figure. 2.12. La forme de couches d'informations géographiques
- Figure. 2.13. Zoom sur la carte de zones inondées autour des communes de ghardaïa et de Bounoura
- Figure. 2.14. La carte des zones parcourues par les feux
- Figure. 2.15. La lutte anti-acridienne pour l'Institut National de la Protection des Végétaux (INPV)
- Figure. 3.1. Exemple de trois bases de données géographiques.
- Figure. 3.2. Structure d'une base de données géographique.
- Figure. 3.3. Hiérarchie géométrique
- Figure. 3.4. Schéma conceptuel
- Figure. 3.5. Exemple d'un schéma MADS
- Figure. 3.6. Types de données dans un SIG.
- Figure 3.7. Types de Geospatial Web Services (Federal Geographic Data Committee, 2010)

LISTE DES ET TABLEAUX

- Tableau 1.1. L'historique et l'évolution du SIG
- Tableau 2.1. Les avantages et les inconvénients du (Raster et Vecteur)
- Tableau 2.2 : Comparaison entre les structures vectorielles et matricielles des données spatiales
- Tableau 3.1 : Parallèle entre les SGBD spatiaux et les SGBD relationnels
- Tableau 3.2 : Standards de services de l'OGC
- Tableau 3.3 : Standards de formats de l'OGC

I. Introduction

Ce cours polycopié est destiné aux étudiants de la spécialité "Ingénierie et Management des Systèmes d'Information" en particulier mais il peut constituer une modeste référence pour une première initiation aux systèmes d'information géographique (SIG) pour tous les étudiants de l'école nationale polytechnique d'Oran - Maurice Audin.

Les territoires deviennent de plus en plus socialisés avec des dynamiques grandissantes et des interactions spatio-temporelles complexes. Leur appréhension par des approches expert classiques ne peuvent guère suivre le rythme rapide des changements voir de véritables mutations spatiales.

En réalité, la dimension technique, économique et sociale des SIG va bien au-delà de ces aspects concrets et visibles de leurs activités, et il est important de recadrer celles-ci en rappelant les concepts généraux qui sont à la base des SIG.

Dans ce contexte, nous présentons un polycopié à l'évidence utile afin d'amener les étudiants à se familiariser avec les notions de base du système d'information géographique (SIG), le savoir-faire et l'autonomie nécessaires pour l'implémentation et ses principaux champs d'applications. Il est consacré à l'étude des différents concepts autour de l'information géographique et les fins de gestion, de *projets* en Systèmes d'Information Géographique. Il prend en compte le fait que les étudiants seront confrontés lors de leurs futures activités à des problématiques de gestion d'information géographique.

Ainsi à l'issue de ce cours, les étudiants seront capables de:

- Comprendre la notion de l'information géographique numérique
- Comprendre les concepts de bases des SIG
- Découvrir les fonctionnalités des SIG
- Utiliser efficacement les outils SIG de traitements de données urbaines mis à leur
- Manipuler des Bases de données spatiales PostgreSQL/PostGIS
- Pratiquer sur les logiciels SIG à savoir ArcGIS, QGIS, Map Info, SuperGis, Surfer...etc.)...

Ce polycopié est un support de cours du Système d'Information Géographique (SIG) qui doit être complété à partir des documents (PowerPoint) projetés sur écran et des explications durant les séances des cours et des travaux pratiques en utilisant des logiciels de SIG à savoir ArcGIS, MapInfo, QGIS, GRASS.

Mots-clés : Information Géographique, SIG, Mode de représentation, Mode Raster, Mode Vecteur, Base de données géographique, SGBD Spatial, PostgreSQL, Modélisation des données spatiale, Localisation spatiale

1ère Partie

SIG : Notions fondamentales

1. Définitions

Devant la multiplicité des définitions ayant cours dans des disciplines scientifiques et des secteurs d'activité différente. Dans ce contexte, un Système d'Information Géographique (SIG) est un ensemble de données repérées dans l'espace, structuré de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision. Selon (Dimitri et al., 2007), *un système d'information géographique (SIG) est un système informatique permettant à partir de diverses sources, de rassembler et organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement contribuant notamment à la gestion de l'espace.* Pour le Comité Fédéral de Coordination Inter-agences pour la Cartographie Numérique aux États-Unis(1988), *un SIG est un système informatique de matériels, de logiciels et de processus conçu pour permettre: la collection, la gestion, la manipulation, l'analyse, la modélisation, l'affichage des données à référence spatiale, afin de résoudre des problèmes complexes d'aménagement et de gestion.* Selon Konecny (2003), *un SIG, dans une définition étroite, est un système informatique pour la saisie, la manipulation, le stockage et la visualisation des données spatiales numériques. Dans une définition plus large, il est un système numérique d'acquisition, de gestion, d'analyse, de modélisation et de visualisation de données spatiales aux fins de la planification ,l'administration et le contrôle de l'environnement naturel et aux applications socio-économiques.*

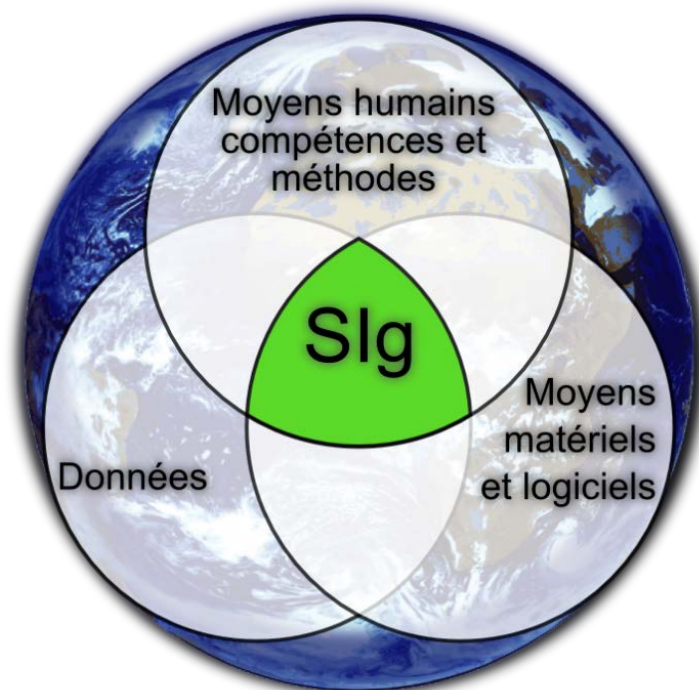


Figure. 1.1. Les composants d'un SIG

Par ailleurs, un SIG englobe en général quatre sous-systèmes (Laurini et al., 1993) :

1. un sous-système pour l'acquisition des données géographiques qui peuvent être d'origines diverses (environnement de la conduite avec les caractéristiques des sols, la géologie, la sismique...) ;
2. un sous-système de gestion de données pour le stockage, l'organisation et la recherche de données ;
3. un sous-système d'analyse spatiale pour le traitement et l'exploitation des données géographiques ;
4. un système de présentation des résultats soit sous forme de carte par l'affichage graphique à l'écran ou par sorties cartographiques sur papier, soit sous forme de listes ou de tableaux.

Pour transformer un objet réel en une donnée à référence spatiale, nous décomposons le territoire en couches thématiques (relief, routes, bâtiments...) structurées dans des bases de données numériques. Les bases de données qui alimentent les SIG doivent être géo référencées, c'est-à-dire partager un cadre commun de repérage appelé système de projection. Ce cadre commun est fixé légalement.

Dans cette optique, les SIG proposent 3 volets pour afficher et manipuler les informations géographiques (voir figure. 1.2).

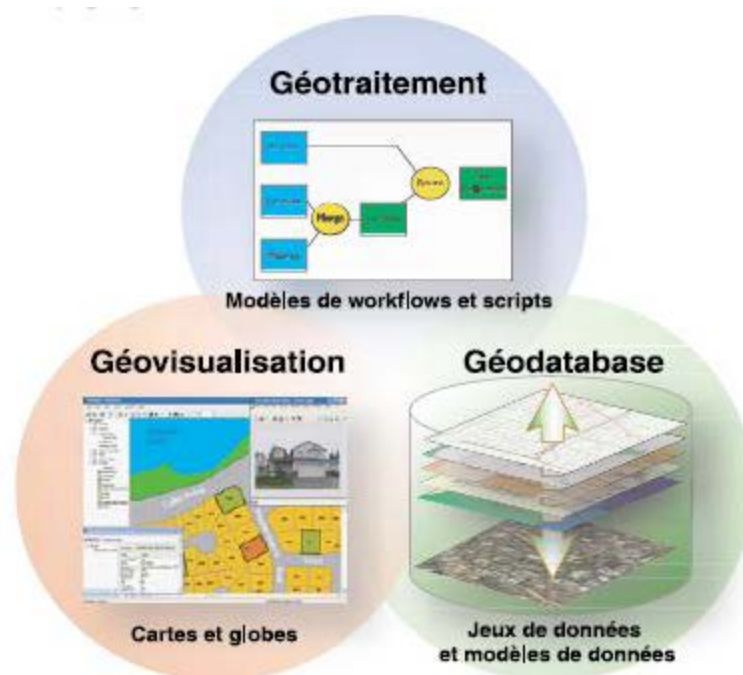


Figure. 1.2. Les 3 éléments constituant le noyau d'un SIG complet

- **Le volet géodatabase - catalogue** : un SIG correspond à une base de données spatiales contenant des jeux de données qui représentent des informations géographiques selon un modèle de données SIG générique (entités, rasters, attributs, topologies, réseaux, etc.).
- **Le volet géovisualisation - carte** : un SIG est un ensemble de cartes intelligentes (2D ou 3D) et de vues (2D ou 3D) qui montrent des entités spatiales et leurs relations à la

surface de la terre. Il est possible d'élaborer différentes vues cartographiques des informations géographiques sous-jacentes, qui s'utilisent comme des "fenêtres ouvertes sur la base de données géographique" afin d'effectuer des requêtes, des analyses et de modifier les informations géographiques.

- **Le volet géotraitement – boîte à outils:** un SIG comprend des outils de transformation des informations qui produisent des informations à partir des jeux de données existants. Les fonctions de géotraitement partent des informations contenues dans les jeux de données existants, appliquent des fonctions analytiques et écrivent les résultats dans de nouveaux jeux de données.

Par ailleurs, un système d'information géographique peut être aussi défini par les questions auxquelles il apporte des réponses: Où ? Quoi ? Comment ? Quand ? Etsi? . Selon ESRI (2004), un SIG doit répondre à cinq questions, quel que soit le domaine d'application :

- **Où ?** Où cet objet, ce phénomène se trouve-t-il ? Plus généralement, où se trouvent tous les objets d'un même type ? Cette interrogation permet de mettre en évidence la répartition spatiale d'un objet.
- **Quoi ?** Que trouve-t-on à cet endroit ? Il s'agit de mettre en évidence tous les objets ou phénomènes présents sur un territoire donné.
- **Comment ?** Quelles relations existent ou non entre les objets et les phénomènes ? C'est la problématique de l'analyse spatiale.
- **Quand ?** A quel moment des changements sont intervenus? Quels sont l'âge et l'évolution de tel objet ou phénomène ? C'est la problématique de l'analyse temporelle.
- **Et si ?** Que se passerait-il si tel scénario d'évolution se produisait ? Quelles conséquences affecteraient les objets ou phénomènes concernés du fait de leur localisation?

2. L'Agence Spatiale Algérienne (ASAL)

L'Agence Spatiale Algérienne (ASAL) est un établissement public national à caractère spécifique, doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière. Elle a été créée auprès du chef du gouvernement par décret présidentiel n° 02-48 du 16 janvier 2002.

Son objectif principal est de faire de l'outil spatial un vecteur performant de développement économique, social et culturel du pays et d'assurer la sécurité et le bien-être de la communauté nationale.

Elle est dotée d'un conseil d'administration composé des représentants de 15 départements ministériels; d'un comité scientifique composé d'experts dans les domaines des technologies et applications spatiales.

2.1. Missions et Attributions

L'Asal est l'instrument de conception et de mise en œuvre de la politique nationale de promotion et de développement de l'activité spatiale. Dans ce contexte, nous présentons quelques missions et attributions de cette agence.

- 1- Proposer au gouvernement les éléments d'une stratégie nationale dans le domaine de l'activité spatiale et d'en assurer l'exécution ;
- 2- Mettre en place une infrastructure spatiale destinée à renforcer les capacités nationales;
- 3- Mettre en œuvre les programmes annuels et pluriannuels de développement des activités spatiales nationales en relation avec les différents secteurs concernés et d'en assurer le suivi et l'évaluation ;
- 4- Proposer au Gouvernement les systèmes spatiaux les mieux adaptés aux préoccupations nationales et d'assurer, pour le compte de l'état, leur conception, leur réalisation et leur exploitation;
- 5- Proposer au gouvernement une politique de coopération bilatérale et multilatérale adaptée aux besoins nationaux;
- 6- Assurer le suivi et l'évaluation des engagements découlant des obligations de l'Etat en matière d'accords régionaux et internationaux dans les domaines de l'activité spatiale.

2.2. Entités opérationnelles

L'Agence Spatiale Algérienne est constituée d'une structure centrale et de quatre entités opérationnelles.

2.2.1. Centre des Techniques Spatiales (CTS)

Le CTS est chargé de mener toutes les actions d'études et de recherches scientifiques et techniques dans les domaines :

- de la technologie spatiale, notamment les techniques liées aux capteurs, aux radiomètres, aux télécommunications spatiales, aux stations terriennes de réception et de contrôle ainsi qu'aux engins et instruments d'observation de la terre et de l'atmosphère ;
- de la physique de la télédétection aérospatiale, du bilan d'énergie au sol et de la physique de l'atmosphère ;
- de la méthodologie de traitement des images satellitaires et du traitement des banques de données images ;
- de la géodésie spatiale et des systèmes de références, des techniques et systèmes de navigation par satellites, de la radio-astronomie et l'altimétrie spatiale, de la détermination du champ de pesanteur et du géoïde, et des applications géodynamiques ;
- de la géomatique, des bases de données et systèmes d'informations géographiques, des méthodes d'acquisition (topographique, photogrammétrie, télédétection et cartographie), de traitement et de restitution des données géographiques.

2.2.2. Centre de Développement des Satellites (CDS)

Le CDS est chargé de la conception, du développement et de la réalisation des systèmes spatiaux prévus dans le cadre du programme spatial national à savoir la mise à contribution

de l'industrie nationale dans les domaines connexes des technologies spatiales, notamment les domaines de la mécanique, de l'électronique, de l'optique, de l'informatique et des télécommunications.

2.2.3. Le Centre des Applications Spatiales (CAS)

Le CAS est chargé de mettre en œuvre les actions d'exploitation des satellites et des systèmes découlant des programmes spatiaux, en relation avec les différents secteurs utilisateurs.

Le centre assure la réalisation des projets opérationnels sectoriels et intersectoriels basés sur la télédétection et les systèmes d'information géographique, particulièrement dans les domaines de l'environnement et des risques naturels, de l'agriculture et des ressources en eau, de l'aménagement du territoire et de l'urbanisme ainsi que de la géologie et des sciences de la terre.

2.2.4. Le Centre d'Exploitation des Systèmes de Télécommunications (CEST)

Le CEST est chargé de la gestion, de l'exploitation et de la commercialisation des produits et services de satellites de télécommunications prévus dans le cadre du programme spatial national, notamment :

- la gestion technique des infrastructures terrestres de réception et de contrôle ;
- la prise en charge des produits et services des satellites en relation avec les secteurs utilisateurs concernés ;
- la définition et la mise en œuvre d'une politique de commercialisation des produits.

2.3. Programme spatial national (PSN)

Le PSN est l'instrument de référence en matière de politique spatiale : il constitue ainsi pour le gouvernement un instrument d'appui au développement durable et de renforcement de la souveraineté nationale. Pour cela, ils ont fixé des objectifs stratégiques en horizon 2020-2040 pour ce programme notamment le développement des capacités industrielles, la satisfaction des besoins nationaux et la maîtrise des connaissances et du savoir-faire. Dans ce titre, ils ont inscrit Quarante six (46) projets ont été retenus. Par ailleurs, ces projets s'appuient sur (voir Figure :

- des compétences nationales,
- des systèmes spatiaux, nationaux et internationaux, fournisseurs d'images,
- des entités opérationnelles relevant de l'Agence Spatiale Algérienne.



Figure. 1.3. Le programme d’actions applicatives du PSN

Par ailleurs, ces projets font appel essentiellement à l’utilisation de la télédétection satellitaire, de la localisation par satellites (GPS, Glonas, Galiléo en perspective), des services des télécommunications spatiales, et des Systèmes d’Information Géographique (SIG), offrant aux différents secteurs nationaux des outils puissants d’aide à la décision.

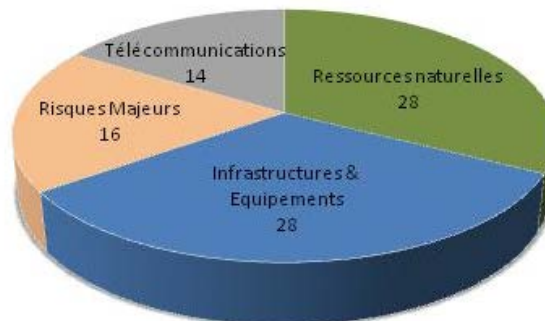


Figure. 1.4. La répartition thématique des projets applicatifs du PSN

3. Satellites Algériens

L'ASAL a conçu et mettre en œuvre la politique nationale de promotion et de développement de l'activité spatiale notamment la réalisation et le lancement des satellites algériens dont l'objectif de garantir le développement économique, social et culturel du pays et d'assurer la sécurité et le bien-être de la communauté nationale.

3.1. Alsat-1A

L'**Alsatsat-1A** , le satellite algérien d'observation de la Terre, a été lancé le 28 novembre 2002 par un lanceur Cosmos-3M à partir de la base de lancement Russe de Plesetsk. Les autres charges utiles du lanceur étaient : Mozhayets (satellite de navigation et scientifique Russe) et Rubin-3-SI (OHB Bremen, satellite Allemand). De même, le champ d'application est résumé comme suit:

- Gestion et inventaire des ressources naturelles.
- Etude et suivi des risques naturels.

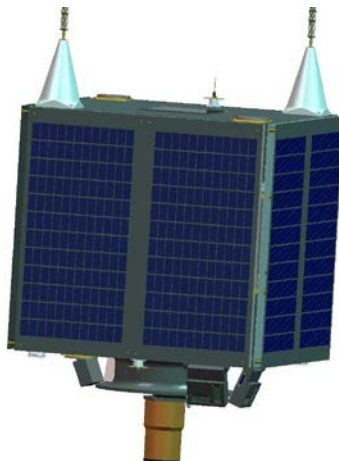


Figure. 1.5. Le Satellite d'observation de la terre ALSAT-1A

3.2. Alsat-2A

Le 12 juillet 2010, le satellite algérien d'observation de la Terre **Alsatsat-2A** a été lancé avec succès depuis le site de Sriharikota à Chennai (Sud -Est de l'Inde). Avec une résolution au sol de 2,5 m en mode panchromatique et de 10 m en mode multispectral, il sert à différentes applications notamment la topographie, l'agriculture, la cartographie, le suivi de l'environnement...

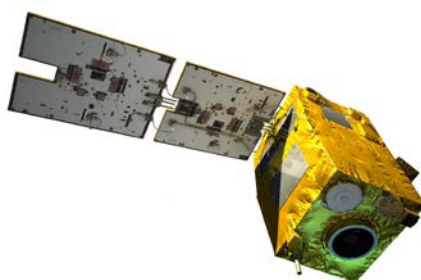


Figure. 1.6. Le Satellite d'observation de la terre ALSAT-2A

3.3. Alsat-1B

L'**Alsatsat-1B** est le troisième satellite algérien d'observation de la Terre à moyenne résolution. De même, il fournit des images en mode multispectral (visible et proche infrarouge) et panchromatique. cependant, l'exploitation de ces images Alsat-1B répond entre autres à des

objectifs liés à la protection de l'environnement et des différents écosystèmes naturels, à l'observation des phénomènes de la désertification et à leurs cartographies, à la cartographie de l'occupation des sols, à l'aménagement des territoires et du littoral et à la prévention et la gestion des risques naturels.



Figure. 1.6. Le Satellite d'observation de la terre ALSAT-1B

3.4. Alsat-2B

Ce satellite a été lancé le 26 septembre 2016 par le lanceur indien PSLV C-35 et ce, depuis le site de Sriharikota du Centre Spatial de Satish Dhawan, situé dans la région du Chennai au Sud-Est de l'Inde¹². De plus, les images prises par Alsat-2B dans les modes multispectral (visible et proche infrarouge) et panchromatique, permettent d'augmenter la fréquence des prises de vue et de renforcer les capacités de couverture du territoire algérien.

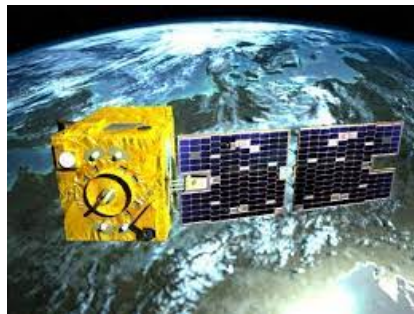


Figure. 1.7. Le Satellite d'observation de la terre ALSAT-2B

3.5. Alcomsat 1

Le premier satellite Algérien de Télécommunications Spatiales « Alcomsat-1 » a été lancé le 10 décembre 2017 avec succès depuis le site de Xichang – Province de Sichuan (Chine). De même, Le satellite est un outil multi-missions qui assure une couverture nationale et régionale (Nord Ouest de l'Afrique et Sahel) avec plusieurs champs d'application à savoir:

- 1- Amélioration des télécommunications et la réception de plusieurs programmes de télédiffusion.
- 2- Fourniture de services de transmission audio, d'internet à haut débit, de téléenseignement, de télé médecine, de visioconférence,
- 3- Réduction des coûts d'exploitation actuels liée à l'utilisation de la capacité spatiale fournie par des systèmes de télécommunications internationaux.



Figure. 1.8. Le satellite Algérien de Télécommunications Spatiales « Alcomsat-1 »

4. Historique du SIG

Selon une étude bibliographique, les SIG sont parus d'une part pendant les années 60 au Canada et aux Etats Unis. Les chercheurs de Canadian Geographic Information System (1964) sont les premiers qui ont utilisés les SIG pour rassembler des informations relatives à l'usage du sol, et des données concernant l'environnement, sur une grande partie du Canada. Deux autres institutions aux Etats Unis à savoir le « New York Land Use Information System (1967) » et le « Minnesota Information System (1969) » ont aussi utilisés les SIG durant cette décade. Depuis lors, les coûts et les difficultés techniques ont largement réduit.

D'autre part, nous citons souvent l'application des SIG selon Kodjo (2008), l'étude menée avec succès par le docteur John Snow pendant l'épidémie de choléra dans le quartier de Soho à Londres en 1854 : ayant représenté sur un plan la localisation des malades et l'endroit où ils puisaient leur eau, il détermina que c'était l'eau d'un certain puits qui était le foyer de contamination. En conclusion, nous résumons à travers le tableau 1.1 les périodes principales dans l'évolution des SIG (Voir tableau 1.1).

Période	Evolution du 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...)

Tableau 1.1. L'historique et l'évolution du SIG

5. Domaine d'application

Les SIG sont utilisés pour gérer et étudier une gamme très diversifiée de phénomènes et de réseaux de phénomènes:

1. **Ressources naturelles:** protection des zones humides, études d'impact environnemental, évaluation du potentiel panoramique, gestion des produits dangereux, modélisation des eaux souterraines et dépistage des contaminants, études des habitats fauniques et des migrations, recherche du potentiel minier, etc.
2. **Réseaux urbains:** localisation à partir des adresses civiles, planification des transports, développement de plan d'évacuation, sélection de sites, planification et distribution des flux de véhicules, localisation des accidents, sélection d'itinéraires.
3. **Administration municipale:** gestion du cadastre, zonage, évaluation foncière, gestion de la qualité des eaux, entretien des infrastructures, études d'impact environnemental, schémas d'aménagement, etc.
4. **Gestion des installations:** localisation des câbles et tuyaux souterrains, rééquilibrage des réseaux électriques, planification et entretien des installations, localisation des dépenses énergétiques, etc.
5. **Commerce:** analyse de la structure des marchés, planification des développements et ciblage des clientèles visées, analyse de la concurrence et des tendances des marchés.
6. **Santé:** épidémiologie, répartition et évolution des maladies et des décès, distribution des services sociaux-sanitaires, plans d'urgence, etc.
7. **Protection de l'environnement:** étude des changements globaux, suivi des changements climatiques, biologiques, morphologiques, océaniques, etc.
8. **Géomarketing :** Localisation des clients, analyse du site, présence de consommateurs potentiels d'un produit ou d'un service dans une région, suivi d'expédition de parquets visualisés sur des cartes.
9. **Réseaux de communication :** Électricité, eau, routes, fleuves, réseaux, souterrains.

De manière très concrète, un Système d'Information Géographique va être en mesure de répondre à une question posée en langage naturel, cette réponse étant apportée essentiellement sous forme d'une carte.

6. Les fonctionnalités du SIG

Un SIG répond à 5 fonctionnalités (les 5 A) :

- **Abstraction:** modélisation de l'information (Modélisation de la base de données en définissant les projets, leurs attributs et leurs relations),
- **Acquisition:** récupérer l'information existante, alimenter le système en données (Alimentation du SIG en données, il faut d'une part définir la forme des objets géographiques et d'autre part leurs attributs et relations),
- **Archivage:** stocker les données de façon à les retrouver et les interroger facilement (Transfert des données de l'espace de travail vers l'espace d'archivage (disque dur)),
- **Analyse:** réponses aux requêtes, cœur même du SIG,
- **Affichage:** restitution graphique (Production des cartes de façon automatique).

En d'autres termes, un SIG est un environnement informatisé d'analyse d'une information spatiale numérisée.

Par ailleurs, Foote et Lynch (1996) ont mentionné trois caractéristiques importantes qui distinguent les fonctionnalités des SIG des autres logiciels :

- **Les SIG ont la particularité et la potentialité de gérer des données à référence spatiale.** les SIG sont liés à d'autres applications de base de données, mais avec une différence importante. Toutes les informations dans un SIG sont liées à une référence spatiale. Autres bases de données peuvent contenir des informations de localisation (comme les adresses de rue, ou de codes postaux), mais une base de données SIG utilise la géo-références comme le principal moyen de stocker et accéder à l'information.
- **Les SIG sont des intérateurs des technologies.** Alors que d'autres technologies pourraient être utilisées que pour analyser des photographies aériennes et des images satellitaires, pour créer des modèles statistiques, ou de rédiger des cartes, ces capacités sont tous offertes ensemble au sein d'un SIG complet.
- **Les SIG sont destinés à supporter la prise de décision.** Le SIG, avec son éventail de fonctions, devrait être considérée comme un processus plutôt qu'un simple logiciel ou de matériel. La façon dont les données sont saisies, stockées et analysées dans un SIG doit refléter la façon dont l'information sera utilisée pour une tâche spécifique de recherche ou la prise de décision. Pour voir SIG simplement comme un logiciel ou matériel est de manquer le rôle crucial qu'elle peut jouer dans un processus de prise de décision globale

7. Les avantages du SIG

Les systèmes d'information géographique (SIG) présentent des avantages précieux, car ils sont capables à la fois de mémoriser la totalité de l'information disponible et de faciliter la manipulation et l'interprétation des données. Les avantages des SIG sont multiples surtout dans le domaine de planification et de la gestion des ressources naturelles tel que l'eau.

Le SIG est considéré parmi les outils les plus utilisés actuellement. En effet, le premier avantage de ce dernier c'est qu'il est capable de rassembler dans une même base de données des informations autrefois dispersées. Il peut fournir des éclaircissements sur des liens complexes que d'autres moyens ne permettent pas d'étudier ou d'observer facilement. Au lieu d'utiliser des cartes en deux dimensions, les logiciels SIG permettent de développer des vues en trois dimensions qu'on utilise par la suite dans des applications avancées, telles que la réalité virtuelle.

8. Les principales composantes d'un SIG

Selon ESRI France (ESRI,2022), un Système d'Information Géographique est composé de:

- *Matériel informatique (hardware):* Les SIG marchent sur une très grande panoplie d'ordinateurs (pc de bureaux raccordé sen réseau ou exploités de manière autonome).

- *Logiciels (software)*: Les logiciels de SIG offrent les outils nécessaires pour sauvegarder, examiner et visualiser l'information géographique.
- *Données (Information Géographique)*: Les données constituent le composant maître des SIG. L'information géographique peut, soit être constituée en interne, soit acquise au près de producteurs de données.
- *Personnel formé (Utilisateur)*: Un SIG étant avant tout un outil, donc c'est à l'utilisateur « expert en SIG » de l'exploiter. Il faut signaler que les SIG sont élaborés d'une manière qui leurs permettent d'être manipulés par plusieurs types d'utilisateurs, depuis ceux qui créent et maintiennent les systèmes, jusqu'aux utilisateurs de logiciel pour le traitement de l'information géographique. Actuellement, grâce à l'accès des SIG sur Internet, le nombre d'utilisateurs de SIG s'agrandit de façon importante.
- *Les savoir-faire* : un SIG fait appel aux connaissances, savoirs, savoir-faire de nombreux domaines: géographie, cartographie, analyse des données et des processus (analyse Merise, Unified Modeling Language (UML), BPML), informatiques, statistique, urbanisme, hydrologie... Cette approche pluridisciplinaire impose la collaboration d'experts appartenant à des domaines très différents.

9. La structure du SIG

La mise en place d'un SIG requiert une méthodologie définie, ci-dessous, en quatre étapes de Compte tenu de la définition d'un système d'information géographique, sa fonctionnalité peut être subdivisée en quatre composantes principales ou sous-systèmes (Figure 1.9) :

- entrée de données et sortie,
- stockage et de gestion des données,
- la manipulation de données et analyse,
- et au dialogue avec l'utilisateur.

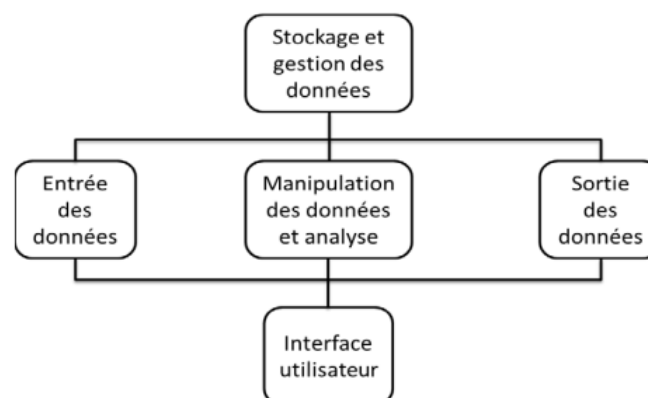


Figure.1.9. Structure d'un SIG

10. Mise en place du SIG

La mise en place d'un SIG requiert une méthodologie définie, ci-dessous, en quatre étapes de travail. Celle-ci est représentée au niveau du schéma de la Figure 4.

1. **Etape avant projet** : se base sur l'étude des différents enjeux de la gestion de la canalisation notamment le volet réglementaire, elle consiste à analyser les besoins et se finalise par l'identification des objectifs.
2. **Etape de conception** : elle se base sur la mise en place d'architecture des bases de données et l'élaboration du modèle de donnée et finalement le choix du logiciel à utiliser.
3. **Etape de mise en œuvre** : c'est l'exécution de l'architecture, la collecte des données dont on a besoin au modèle, et enfin l'implémentation dans la base de données.
4. **Etape d'exploitation l'utilisation du SIG** : pour la simulation des scénarios d'incidents de la canalisation et la réintégration des résultats dans les considérations des objectifs de l'étude.

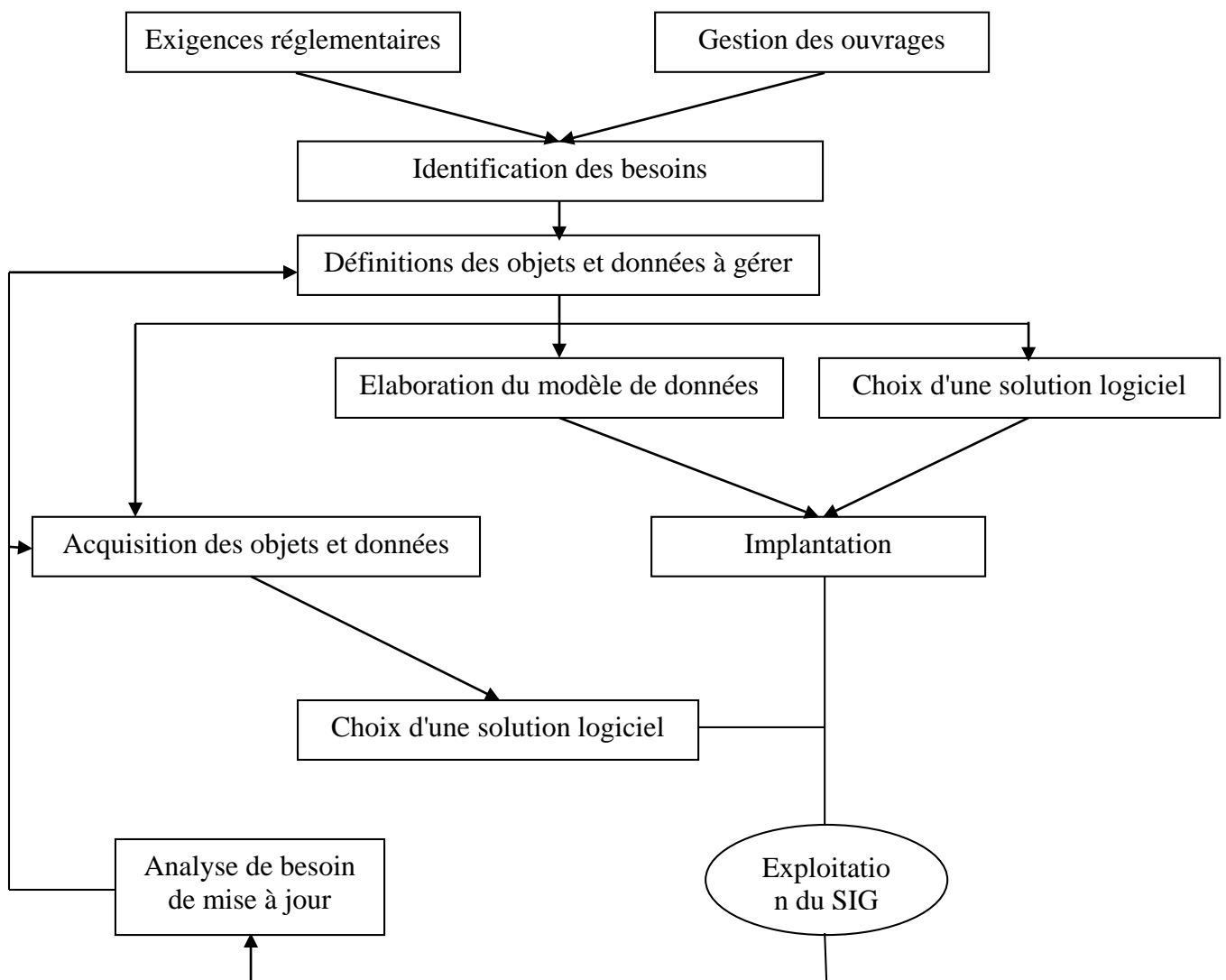


Figure. 1.10. Mise en place d'un SIG

11. L'analyse spatiale et SIG

Selon (Caloz et Collet, 2011), il y a de nombreux concepts d'analyse spatiale sont antérieurs à l'évènement de SIG. L'analyse spatiale représente une part importante, voire la plus importante de l'exploitation d'un SIG. Nous trouvons dans la littérature plusieurs définitions qui ont été

données, nous citons à titre exemple la définition de Caloz et Collet (2011): « Les méthodes et les opérateurs, associés aux SIG, exploités pour *modéliser l'espace géographique* en base de données, *extraire des informations* pour dériver des informations synthétiques et pour identifier les relations fonctionnelles entre entités ou phénomènes ».

Caloz et Collet (2011) ont ajouté que les notions d'analyse spatiale de l'information géographique intervient dans toutes les disciplines ayant trait à des phénomènes se déroulent dans l'espace géographique, ils ajoutent, que « l'analyse spatiales représente le *noyau dur* du processus de décision, la rigueur apportée à son élaboration est, de ce fait, la condition *nécessaire*, mais néanmoins pas *suffisante* pour toute décision concernant la gestion du territoire. ».

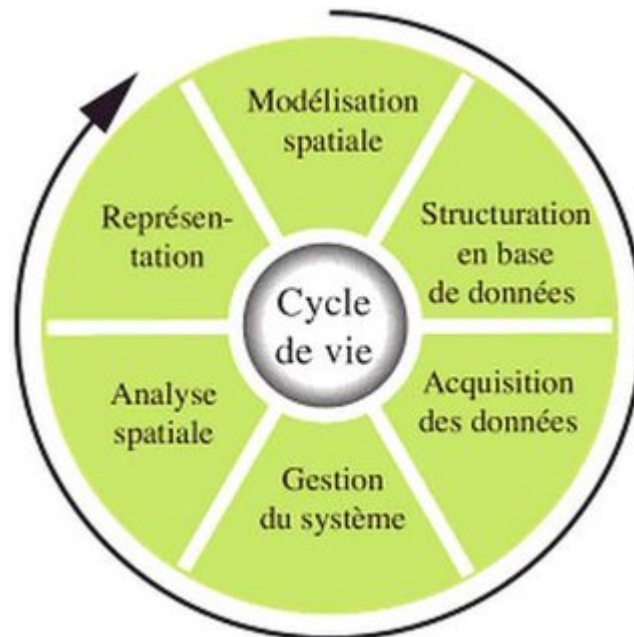


Figure. 1.11. Cycle de vie de l'information géographique

L'analyse spatiale, fonctionnalité fondamentale du SIG, est peut être mettre pratique (Figure 1.11) tant pour la localisation, la caractérisation, que pour l'étude de la dynamique spatio-temporelle de l'activité et fondamentalement pour la recherche des terres les plus adaptées.

12. Conclusion

En conclusion, la dénomination « SIG » recouvre une grande variété de réalisations logicielles construites suivant des choix techniques différents, aux fonctionnalités et aux performances très diverses.

De nos jours, avec l'augmentation de l'utilisation de l'ordinateur individuel/portable, les SIGs sont devenus accessibles en version bureau ou serveur. Les applications SIG se réfèrent à tous les aspects de gestion et d'utilisation de données de domaines par projection géographiques numériques. L'outil SIG reste jusqu'à lors, un outil préféré pour la conception des idées et des simulations des situations selon des stratégies locales ou globales.

Toutes ces technologies vont dans le même sens : celui d'une prise en compte toujours plus importante de la localisation dans la gestion ou l'analyse des phénomènes, à des précisions

qui permettent de développer de nouveaux objectifs de recherche et d'améliorer considérablement les résultats obtenus dans les études de cas.

13. Références

- 1- Dangermond J., (1983). Classification des éléments logiciels utilisés habituellement dans le système d'information géographique, fascicule n° 96 du comité français de cartographie, 7-20.
- 2- Worboys M. F., (1995). GIS, a Computer Perspective, Taylor and Francis, 1995.
- 3- Caloz, R. et Collet, C. (2011). Analyse spatiale de l'information géographique. Première édition. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, collection Ingénierie de l'Environnement.
- 4- Chang, K.T. (2016). Introduction to geographic information systems. Huitième édition. New York: McGraw-Hill Education.
- 5- ESRI (2018) Tout savoir sur les Systèmes d'Information Géographique. Available at: <https://www.esrifrance.fr/> (Accessed: 15 janvier 2022).
- 6- Longley, P. (2005) Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications. Deuxième édition. Wiley.
- 7- Pumain, D. et Saint-Julien, T. (2010) Analyse spatiale : Les localisations. Deuxième édition. Armand Colin
- 8- Nguyen, V. B. (2014). Conception d'un SIG pour l'appui à la gestion intégrée des ressources en eau à l'échelle du bassin hydrologique, Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier.
- 9- Pierre BAZILE, Bases de données géographiques – Opérateurs spatiaux en vecteur, UMR Structures et Systèmes Spatiaux (UMR 3S), Engref - Cemagref, décembre 2004.
- 10- Jean-Marc GILLIOT, Introduction aux Systèmes d'Information Géographiques, Département SIAFEE, AgroParisTech, 2009.

2ème Partie

Les données du SIG

(Stockage de l'Information Géographique)

1. Définition des données

Par définition, les données sont des éléments fondamentaux, bruts, objectifs servant de base à un traitement pour l'élaboration d'indicateurs pertinents. Dans la littérature, il existe différentes formes de données (multimédias, qualitatives/quantitatives, objectives/subjectives, alphanumériques/graphiques, etc...) qu'il convient de hiérarchiser, classer puis diffuser pour qu'elles puissent être exploitables.

2. Définition des métadonnées

Selon la littérature, les métadonnées sont « *des données qui décrivent les données* ». Elles indiquent comment, quand, où et par qui les **données** ont été recueillies, mentionnent leur disponibilité et leur mode de distribution, le système de projection et de coordonnées qui les caractérisent, l'échelle de suivi, la résolution et la précision et la fiabilité à l'égard de certaines normes.

Dans ce contexte, l'objectif des métadonnées est en particulier de rendre possible et de faciliter la consultation et l'échange des données et ainsi permettre de pérenniser l'utilisation des données. Il est vivement conseillé de systématiquement associer des métadonnées aux jeux de données créés et de consulter celles des données existantes avant de les utiliser. Il existe des normes établies pour renseigner les métadonnées des données géographiques, par exemple la norme ISO 1915 ou la norme FGDC. En organisant les données conformément à des normes, il devient plus facile de les gérer avec efficacité, d'en assurer la qualité et de les partager.

Ainsi, la plupart des logiciels SIG s'appuient sur des normes existantes pour assurer cette gestion des métadonnées et il est possible d'introduire les métadonnées dans les propriétés des fichiers selon une norme.

En conclusion, les métadonnées précisent :

- la description, l'origine (producteurs), la surface couverte, la précision;
- les coordonnées du gestionnaire (contact), le mode de mise à disposition, les formats;
- les informations sur la qualité des données, leur validité, leur structuration;
- les contraintes juridiques :
 - restrictions d'usage (propriété intellectuelle, droit du producteur...).
 - restrictions ou obligations de diffusion.

De plus, il s'agit d'informations indispensables pour :

- le catalogage
- la recherche de données
- les échanges avec les partenaires.

3. Définition de l'information Géographique

Par définition, l'information géographique désigne toutes informations sur les objets localisés sur la surface de la terre (objet géographique). Pour cela, nous pouvons représenter un objet (un lampadaire, un tronçon de route, un tronçon de cours d'eau, une parcelle, un bâtiment,..) ou un phénomène (inondation, tempête, éboulement, avalanche,..), présents, passés ou potentiels (prévisions).

Les objets ou phénomènes sont localisés sur la surface de la terre, à un moment donné et quelque soit leur dimension et leur échelle de représentation. Dans ce contexte, pour passer de la réalité (le monde réel est en 3 D, sur une terre en forme d'ellipsoïde et évolue dans le temps) à une base de données spatialisée, il faut modéliser la réalité en 2D pour une date donnée.

Toutefois, la sélection, la combinaison ou la transformation des données en fonction d'objectifs précis les transforment en information géographique grâce aux Systèmes d'Information Géographique. Avant d'être utilisées, les données brutes doivent être conceptualisées dans des modèles de données afin de les structurer, les organiser, les classer et de les définir.

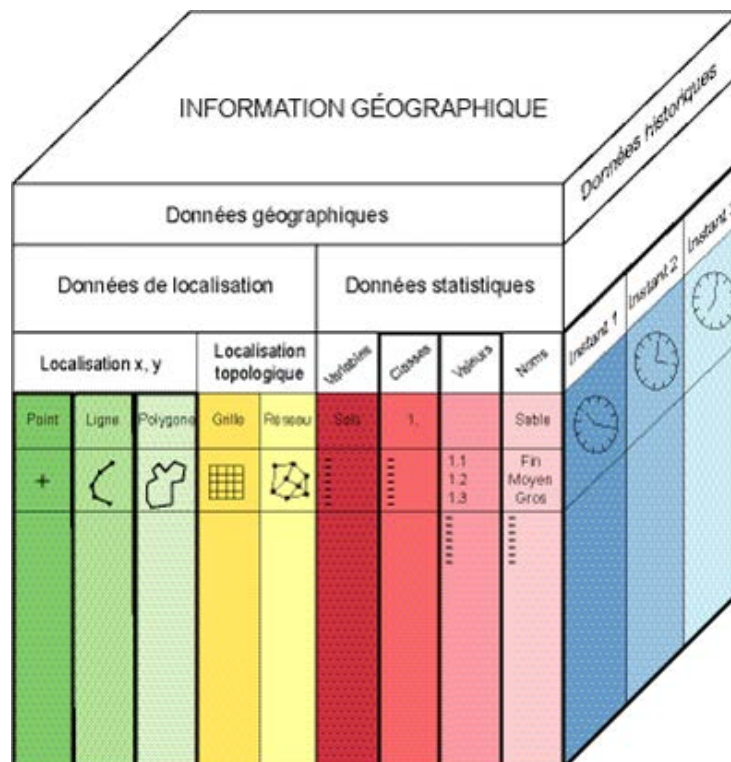


Figure. 2.1. Le cube de l'information géographique (Dangermond 1983)

L'IG est obtenue, déposée, analysée, affichée et partagée à l'aide de système d'information géographique (SIG). C'est une information liée à un objet ou à un phénomène, décrit plus ou moins complètement :

1. Par ses caractéristiques diverses (c.-à-d. sa nature et son aspect).

2. Par son emplacement sur la terre.

Le premier groupe de données est appelé aussi attributs, alors que le second groupe est appelé données géométriques.

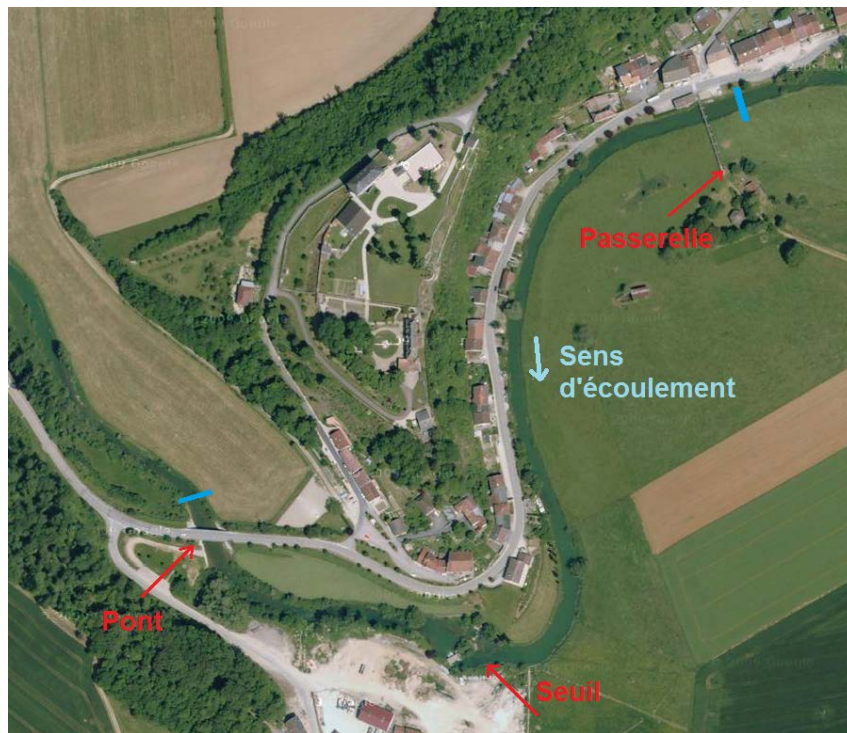


Figure. 2.2. Exemple de la représentation d'un tronçon de cours d'eau

De plus, il faut associer à sa composante graphique, la composante attributaire permet de caractériser le tronçon du cours d'eau par sa longueur, sa largeur, la présence de poissons, quels poissons, la qualité de l'eau, le seuil, l'état des berges, le débit d'étiage, le débit moyen,....

4. Données géographique

La donnée est l'élément fondamental, indispensable à tout raisonnement pour extraire de l'information nécessaire à la compréhension des phénomènes. Lorsque cette information est localisée sur le territoire, on parle alors **d'information géographique**. Cependant, les données géographiques sont décrites selon 3 niveaux de description :

- 1- le niveau **géométrique** décrit la forme et la localisation de l'objet : ce sont les **données géométriques**,
- 2- le niveau **sémantique**, décrit les informations permettant de caractériser l'objet géographique : il s'agit de sa définition et de ses **données attributaires** (nom, surface, type, nombre d'habitant ...),
- 3- le niveau **topologique** qui décrit les relations de l'objet avec ses voisins

EXEMPLE : Pour deux forêt A et B (Voir Figure 2.3)

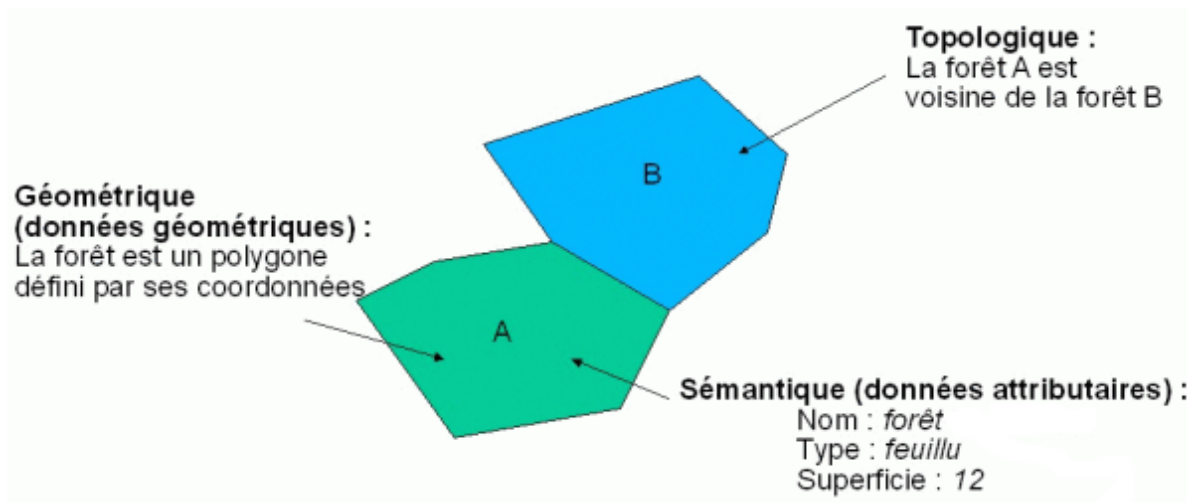


Figure. 2.3. Les 3 niveaux de la donnée géographique

4.1. Données géométriques

Les données géométriques décrivent la forme et la position des données géographiques. Elles sont représentées par des points, des lignes ou des surfaces et repérées dans le système de projection retenu, donc superposables avec les autres données.

4.2. Données attributaires

Les données attributaires fournissent les informations caractérisant la donnée géographique. Ces attributs peuvent être de type numérique, date, texte, pour ne citer que les principaux, ou un mélange de plusieurs types. On les désigne globalement par le terme de données alphanumériques. Ainsi, à chaque donnée géométrique est attribuée une fiche contenant des informations associées (nom de la ville, numéro de la commune, type d'occupation du sol,...).

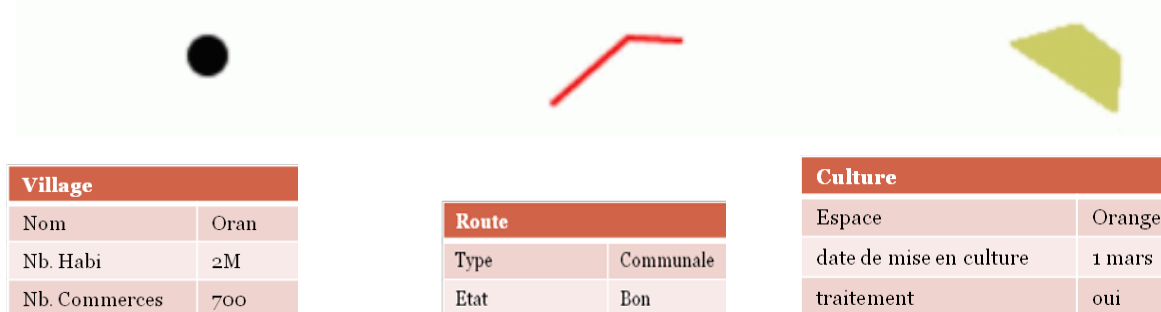


Figure. 2.4. Données géométriques et attributaires

La caractérisation de l'information géographique en deux grandes catégories permet aussi de comprendre comment se construit une carte statistique. Les données attributaires sont transformées en signes visuels à travers les règles de la sémiologie graphique, tandis que le fond de carte sert de contenant à cette information. Cette distinction contenu / contenant est donc un moyen pratique pour décortiquer et expliquer la construction d'une carte. En

revanche, il n’y a pas d’une part un fond de carte qui viendrait uniquement servir de support, et de l’autre des données qui apporteraient une information sur un thème donné. En réalité, une carte est une construction beaucoup plus cohérente où fond de carte et données fonctionnent ensemble pour servir un seul et même message. Pour cela, tous les éléments composant l’image peuvent être mis à contribution (Voir Figure 2.5).

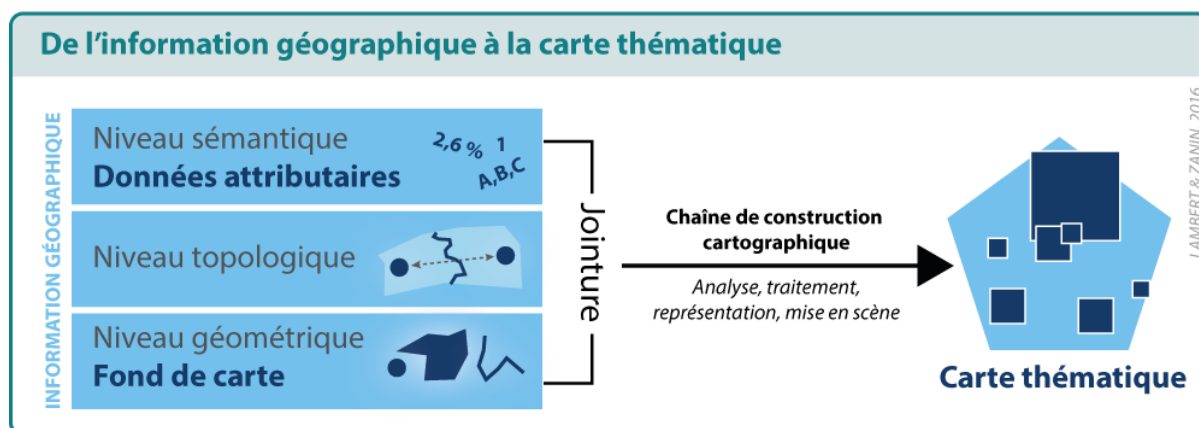


Figure. 2.5. De l'information géographique à la carte thématique

5. Mode d'acquisition des données géographiques

Selon plusieurs auteurs, l’obtention des données spatiales consiste au rassemblement de différentes sources permettant la saisie des données dans le but de leurs intégrations dans un SIG. Pour cela, nous présentons dans ce polycopié les différentes méthodes d’acquisition de données spatiales.

5.1. Import de fichiers

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

- 1- 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.
- 2- Importer un fichier texte (txt) contenant tous les renseignements structurés de manière primitive comme c’est illustré dans la figure 2.6.

500506.790	3555746.563	-0.453
500511.601	3555748.969	-0.453
500518.336	3555753.298	-0.453
500521.703	3555756.185	-0.374
500526.514	3555762.439	-0.374
500529.400	3555773.022	-0.352
500529.881	3555783.125	-0.352
500529.400	3555790.822	-0.205
500528.438	3555794.189	-0.205
500521.703	3555799.962	-0.205
500518.817	3555804.291	-0.255
500517.855	3555807.659	-0.255
500517.855	3555813.913	-0.385
500520.741	3555819.686	-0.385
500525.071	3555826.421	-0.435
500525.071	3555832.193	-0.435
500523.627	3555834.599	-0.435
500521.222	3555840.371	-0.289
500521.222	3555846.144	-0.289



Figure. 2.6. Exemple d'importation de fichiers vers le SIG

5.2. Images satellites

Les satellites d'observation de la terre de l'Agence Spatiale Algérienne (ASAL) à savoir Alsat 1A, 2A, 1B et 2B, 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.



Figure. 2.7. Vue générale de la ville d'Oran donnée par Alsat-2B

5.3. La digitalisation

La digitalisation est adaptée à la représentation vectorielle. Cette technique assure la préservation des informations présentées dans le document de base.

5.4. Le Scannage de plans

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

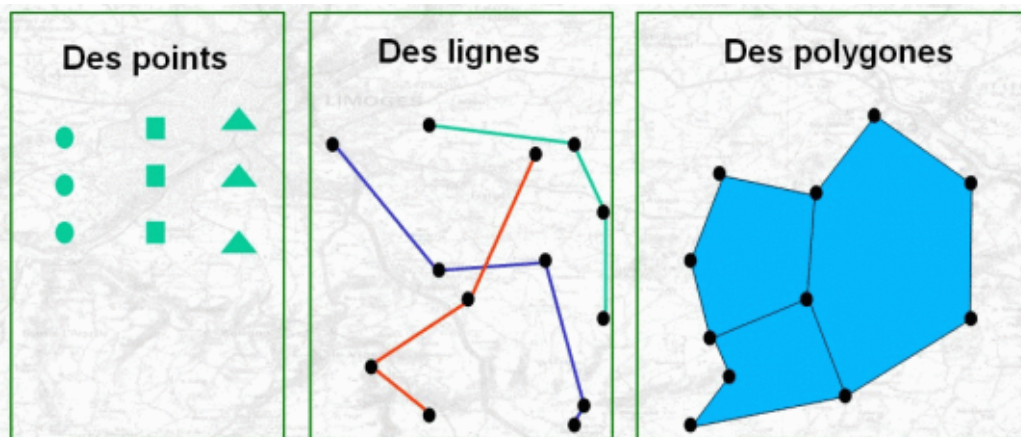
5.5. Global Positioning System (GPS)

Le système GPS permet le calcul à l'aide des satellites la position (coordonnées avec une précision de quelques centimètres)

6. Les différentes sortes de données géographiques

Selon la littérature, nous distinguons plusieurs types de données selon :

- 1- la manière dont est décrite leur géométrie :
 - les données **Vecteurs** : Informations sous forme de coordonnées
 - ✓ Particulièrement utilisées pour des données discrètes
 - ✓ On distingue trois grands types d'objets :
 - point: (X,Y), ligne /polyligne : (X,Y) de chaque nœud et polygone: (X,Y) chaque sommet).
 - ✓ Le point, avec ses coordonnées est porteur de l'information géométrique.
 - ✓ Les données vectorielles sont la plupart du temps issues d'une numérisation.
 - ✓ Les trois types de vecteurs (points, lignes et surfaces) sont représentées dans des couches différentes.



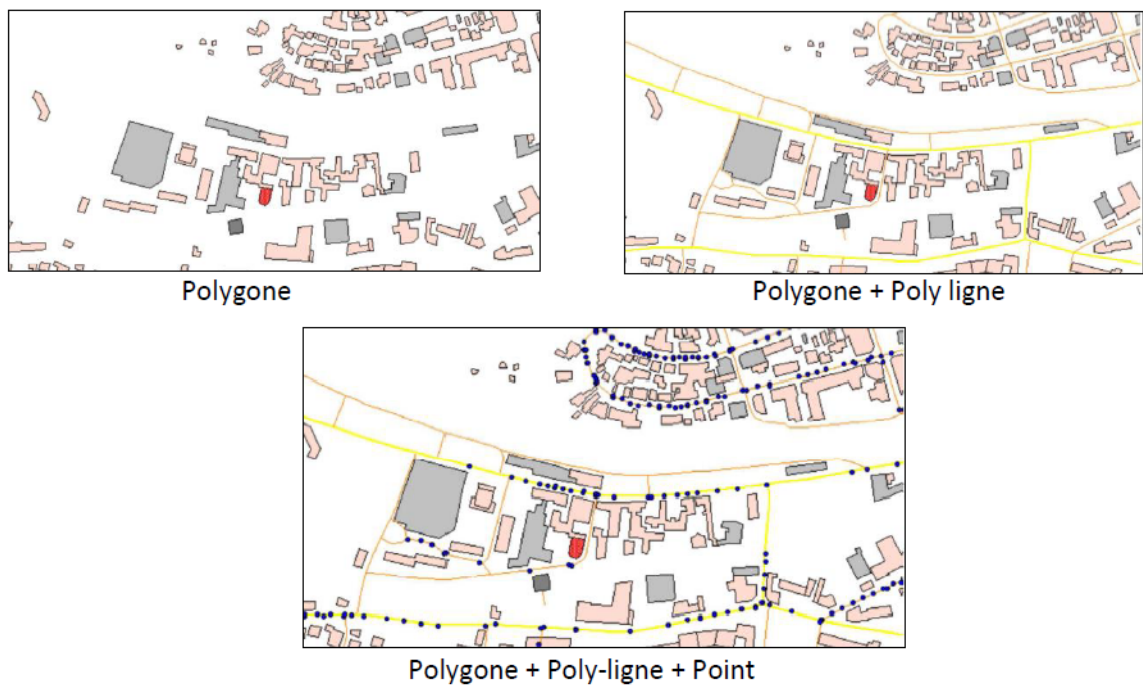


Figure. 2.8. Les trois types de vecteurs (points, lignes et surfaces)

- les données **Raster (ou matriciel)**: Matrice composée de cellules juxtaposées (pixels) correspondant chacune à une valeur.
 - ✓ **Raster** = Matrice de pixels correspondant chacun à une valeur. (**images** : images scannées, images aériennes et images satellites).
 - ✓ Éléments essentiels : **pixels**
 - ✓ chaque pixel porteur d'une information unique (couleur, indicateur).
 - ✓ **Données continues**: altitude, données de température, nuisance d'un phénomène et indice de risque.
 - ✓ Origine : numérisation (scanner), image numérique, calcul d'interpolation...

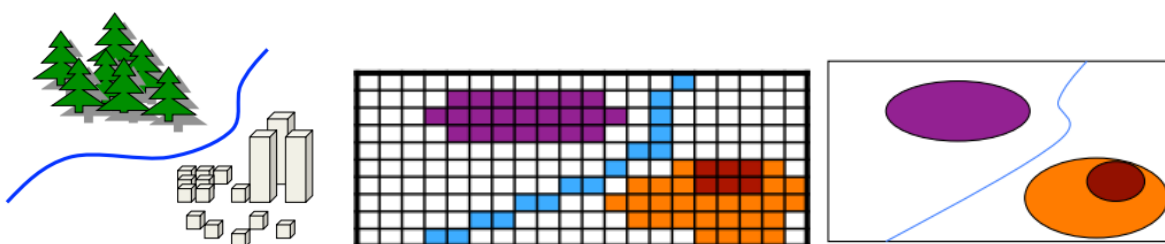


Figure. 2.9. La représentation des données Raster



Raster + Polygone + Poly ligne + Point

Figure. 2.10. La représentation des données Raster/vecteur

De même, nous avons jugé utile de présenter un tableau qui résume les deux modes de représentation avec un exemple dans la réalité.


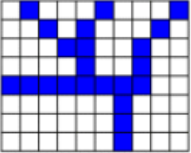

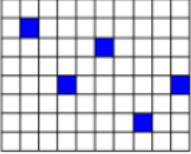

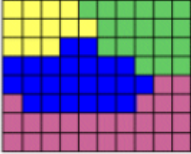
Vecteur	Matrice ou Raster	Exemple dans la réalité
		Données linéaires : cours d'eau, routes,...
		Données ponctuelles : arbres, stations météo, points GPS,...
		Données polygonales : lacs, limites administratives (frontières de pays, limites de communes, etc.), parcs naturels,...

Figure. 2.11. Types de données géographiques : Vecteur versus Raster

- les données **localisables**
 - ✓ Données attributaires ne possédant pas de géométrie, elles possèdent toutefois les informations alphanumériques permettant leurs propres localisations.
 - ✓ **Localisation indirecte**: Les données localisables sont parfois appelées « *données indirectement localisées* » en ce sens que ce sont

leurs attributs qui permettent de les localiser. Ces informations de localisation peuvent être de différentes formes.

2- le rôle ou leur fonction au sein du SIG :

- les référentiels géographiques
- les données métiers

Le choix de mode de représentation du monde réel est déterminé par le but et la nature du travail elle-même. Selon (El Janyani, 2015), le Tableau 2.1 représente les avantages et les inconvénients de chaque mode de représentation, vecteur ou raster. (Voir Tableau 2.1).

	Avantages	Inconvénients
Raster	<ul style="list-style-type: none"> ✓ bonne représentation des réalités continues ✓ structure de données simple ✓ analyse spatiale aisée ✓ combinaison de thèmes aisée (unités spatiales directement comparables) ✓ calculs rapides 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ prend beaucoup de place ✓ faible qualité d’affichage et d’impression ✓ position et forme des objets peu précises (selon résolution)
Vecteur	<ul style="list-style-type: none"> ✓ prend peu de place ✓ excellente qualité d’affichage et d’impression ✓ représentation précise de la position et de la forme des objets ✓ bonne intégration et mise à jour facile ✓ approche par objet 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ peu adapté à la représentation des réalités continues ✓ structure de données complexe ✓ croisement de thèmes complexe (nécessité de créer de nouvelles unités spatiales) ✓ calculs lents

Tableau 2.1. Les avantages et les inconvénients du (Raster et Vecteur)

7. Organisation des données géographique

La structure la plus ancienne et la plus courante d'une base de données géographiques prend la forme de couches d'informations thématiquement homogènes superposées et calées géographiquement sur le même espace. Ces couches peuvent être au format **raster** ou au format **vecteur** avec des données **attributaires** associées sous forme de tables. Il existe plusieurs implémentations. La plus ancienne et la plus courante se fait sous la forme de fichiers distincts organisés dans des répertoires. De plus en plus souvent les données géographiques, spatiales comme attributaires, sont stockées dans des Systèmes de Gestion de Base de Données Spatiales (SGBD-S).

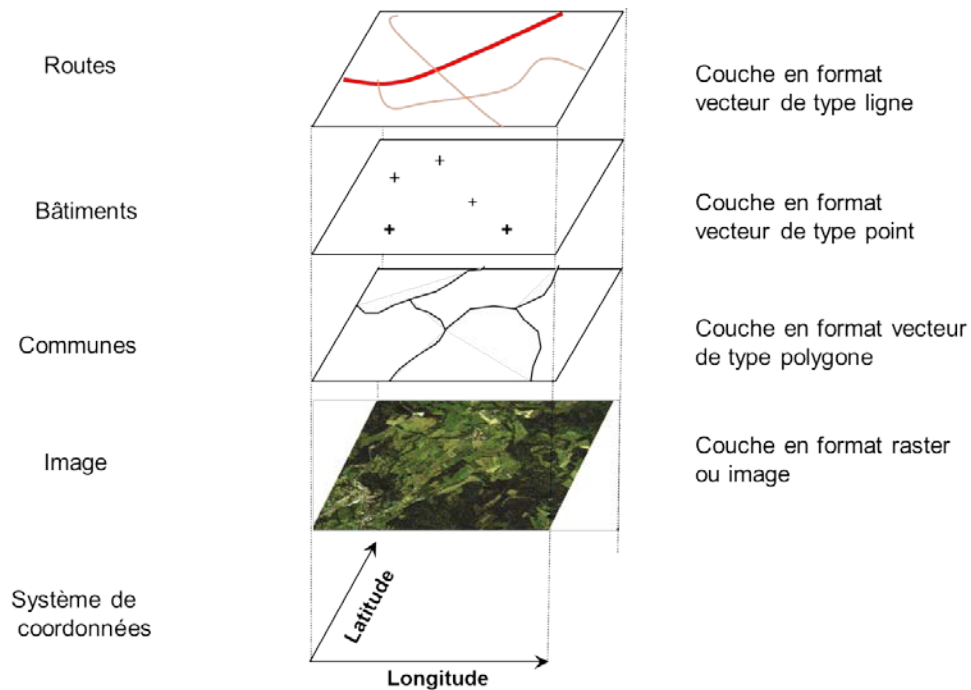


Figure. 2.12. La forme de couches d'informations géographique

8. Comparaison des structures des données spatiales

Les deux structures de représentation des données spatiales représentent des avantages et des inconvénients. Le tableau 3.2 illustre une comparaison des deux structures.

Mode Vectoriel	Mode Raster (Matriciel)
Elément de représentation = Objet	Elément de représentation = Maille
Identification de l'objet avec précision	Précision dépend de la résolution
Structure topologique complexe : Relations de voisinage explicites Analyse de réseau	Topologie implicite Relation de connectivité entre les mailles
Espace mémoire réduit	Espace mémoire volumineux
Analyses spatiales limitées	Combinaisons illimitées des données
Document de sortie de qualité nette	Médiocrité de la qualité de sortie

Tableau 2.2 : Comparaison entre les structures vectorielles et matricielles des données spatiales

9. Quelques logiciels SIG

Il existe plusieurs logiciels SIG qui peuvent être utilisés pour visualiser, manipuler et analyser les données géospatiales. Aussi, nous donnons les principaux composants logiciels d'un SIG :

- 1- Outils pour saisir et manipuler les informations géographiques.
- 2- Système de gestion de base de données.

- 3- Outils géographiques de requête, analyse et visualisation.
- 4- Interface graphique utilisateur pour une utilisation facile.

9.1. Logiciels libres

Après une recherche bibliographique, nous citons quelques exemples :

QGIS : Il permet de visualiser les cartes ainsi que leurs transformations. Il présente une qualité qui le rend très simple à utiliser. Ce logiciel SIG de bureau peut effectuer des analyses géospatiales avancées et dispose d'une vaste bibliothèque de plugins (>300).

GRASS GIS : Connu pour avoir été le plus gros projet géomatique OpenSource. Il regroupe des fonctionnalités raster (en particulier des modules classiques de traitement et d'analyse d'images de télédétection) ainsi que de fonctionnalités vectorielles (rappelons que GRASS est un SIG à base topologique).

Map Server : Logiciel libre d'édition des cartes sur le web. Il peut être utilisé pour réaliser des applications Web, mais également pour publier des services Web conformes aux recommandations de l'Open Geospatial Consortium (WMS, WFS, WCS) ;

GeoServer (Site): GeoServer est un serveur open source écrit en Java qui permet aux utilisateurs de partager et modifier des données géospatiales

uDig, gvSIG : Une application SIG libre développée en Java permettant d'accéder à des données en fichiers SIG (GML, SHP) ou CAD (DWG, DXF, DGN), à des bases de données spatiales (PostGIS, MySQL, Oracle) ou serveur (WMS, WCS, WFS, Catalogue ou Gazetteer).

Openmap (site) : permet de développer des applets à intégrer dans des sites web basés sur les Javabeans;

OrbisGIS (site) : OrbisGIS est capable d'afficher, de manipuler et de créer des données spatiales vecteur et raster. Il est complètement fait en Java et, pour ça, est multiplateforme;

Le WebMapping est la diffusion de données spatiales par internet.

9.2. Logiciels Commerciaux

ArcGIS : (ArcInfo, ArcView, etc.) de chez ESRI et le plus récent ArcGIS Pro, peuvent fonctionner sous Windows et comportent un ensemble d'outils robustes pour effectuer des analyses géospatiales avancées.

GeoMapGIS : Métiers s'appuyant sur l'environnement Autodesk (AutoCAD, AutodeskMap, AutodeskMapGuide, etc.). Il est souvent utilisé en complément d'autres logiciels SIG.

Manifold : Logiciel novateur (Serveur, Géocodage, 3D, script .net, SGBD).

GeoSIG : un SIG totalement externalisé sur Internet ;

MapInfo Pro: MapInfo Professional est un logiciel SIG édité par la société Precisely appartenant au groupe Syncsort. Il est un véritable outil d'aide à la décision qui permet de représenter sur des cartes toute information comportant une donnée géographique.

Marplot : développé par l'Agence de protection de l'environnement des États-Unis pour leur gestion des risques, Windows et Mac OS ;

Geoconcept GIS: le logiciel SIG français de référence. Il permet de concevoir et réaliser des cartes interactives pour en faire des outils de communication et de décision grâce à une solution de cartographie collaborative, adaptée à votre métier et facile à utiliser.

10. Utilisation des SIG en Algérie

Un objet ou un événement localisé dans l'espace constitue, avec ses données attributaires, une information géographique. L'objectif des Systèmes d'information Géographique est de permettre la gestion de ce type d'information.

Le champ de ces informations géographiques est très vaste. Il comporte à la fois des objets localisables par nature (les cours d'eau, les routes, les limites communales...) et d'autres (les plus nombreux) qui le sont par association. De ce fait, les domaines d'application des SIG sont également très vastes.

La représentation de cette information géographique est la cartographie, une des premières tâches qu'il soit possible de réaliser avec un SIG. Mais il est capital de noter qu'ils peuvent dépasser ce niveau d'analyse en permettant d'étudier les relations spatiales entre des objets d'une même thématique mais également entre des objets de thématiques différentes. De ces analyses pourront découler des modèles et/ou des simulations qui conduiront à la production d'information à destination du décideur. C'est donc ce niveau d'analyse qui fait du SIG un outil d'aide à la décision.

Dans le domaine de la gestion d'inondation, le SIG joue un rôle majeur, il autorise la création des cartes de référence pour la prévention et la cartographie des dégâts, l'intégration de tout type d'information, une meilleure visualisation des différents scénarios, une meilleure présentation des idées et une meilleure appréhension de l'étendue des solutions possibles. Il aide à la prévention pour diminuer l'impact des risques, il permet aussi de développer et améliorer les modèles de prévision. Un SIG est un outil fournissant des informations fiables, actualisées, objectives dans des délais très courts et de surveillance, d'élaboration de mesures réglementaires et de plans d'urgence en cas de catastrophes.

10.1. La prévention et la gestion des inondations

L'apport du SIG est de première importance non seulement pour la localisation des événements porteurs de risques, mais aussi la modélisation des risques et pour l'organisation des secours.

A ce titre, l'ASAL et le Ministère des ressources en eau, s'associent dans le cadre de la convention signée en 2010, pour la mise en œuvre des actions inscrites au titre du Programme Spatial National (PSN) horizon 2020, et en particulier pour celles relatives à la:

- cartographie d'urgence liée aux zones inondées pour appuyer les institutions concernées dans leurs interventions,
- prévention en termes d'études d'aménagement des zones inondables et de la cartographie du risque inondation.

Cartographie des zones inondées lors de la crue du 1er octobre 2008, avec indication des hauteurs de submersion.

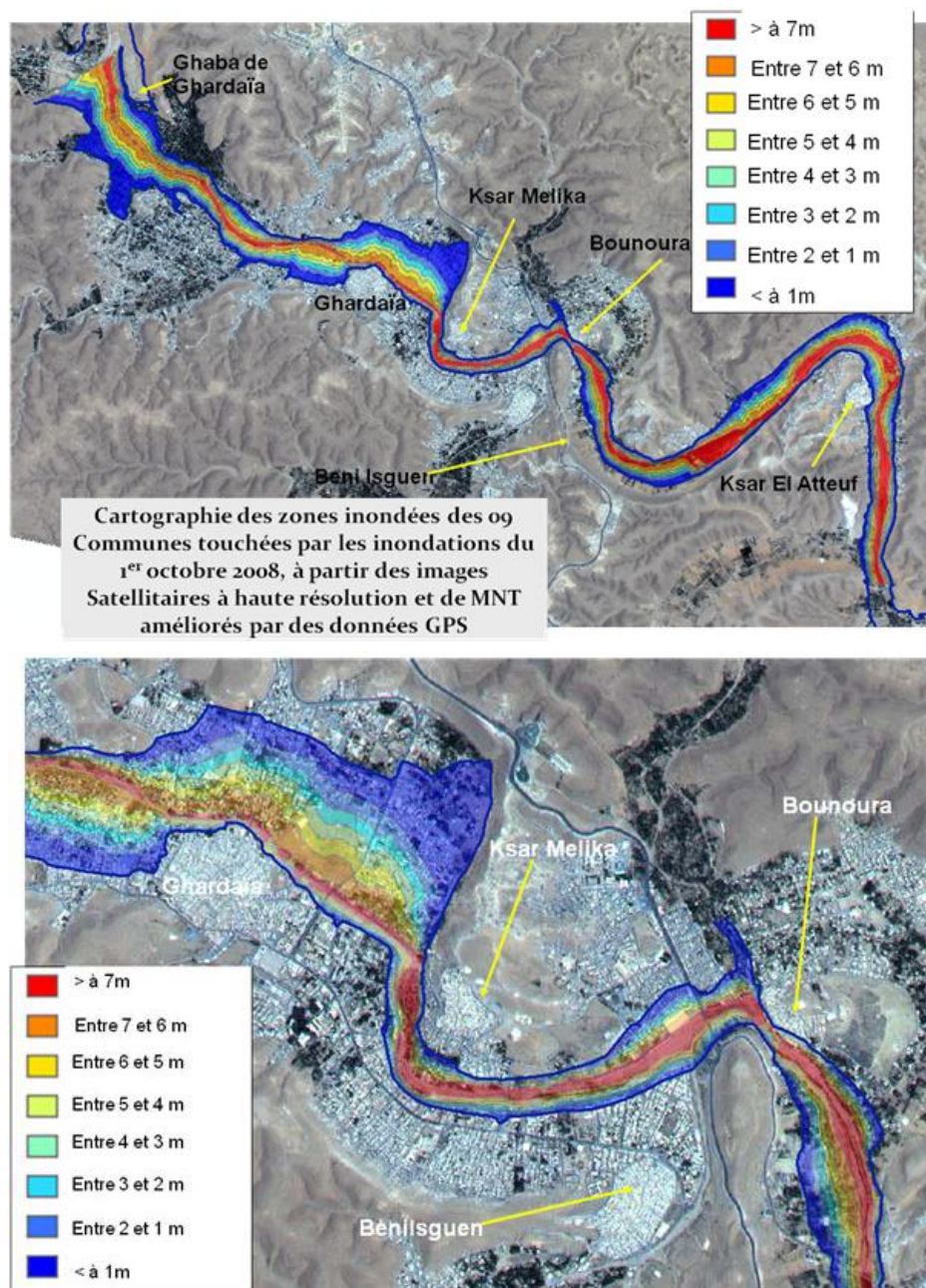


Figure. 2.13. Zoom sur la carte des zones inondés autour des communes de ghardaïa et de Bounoura

10.2. La prévention et la gestion des feux de forêts

Les incendies se multipliant à travers le globe sont associés à divers phénomènes anticipés par les scientifiques en raison du réchauffement de la planète. Dans ce contexte, la lutte contre les incendies de forêts constitue également un axe d'action prioritaire de l'Agence Spatiale Algérienne, du fait de son impact sur l'environnement et le développement. Pour cela, l'Agence Spatiale Algérienne a exploité et analysé l'imagerie satellitaire Alsat-1B, couvrant les zones

touchées par les feux de forêts à savoir dans la région de Tizi Ouzou, El Taref et de Blida. Cette analyse a permis de localiser et de délimiter les impacts de feu, couvrant une superficie totale parcourue par le feu évaluée.

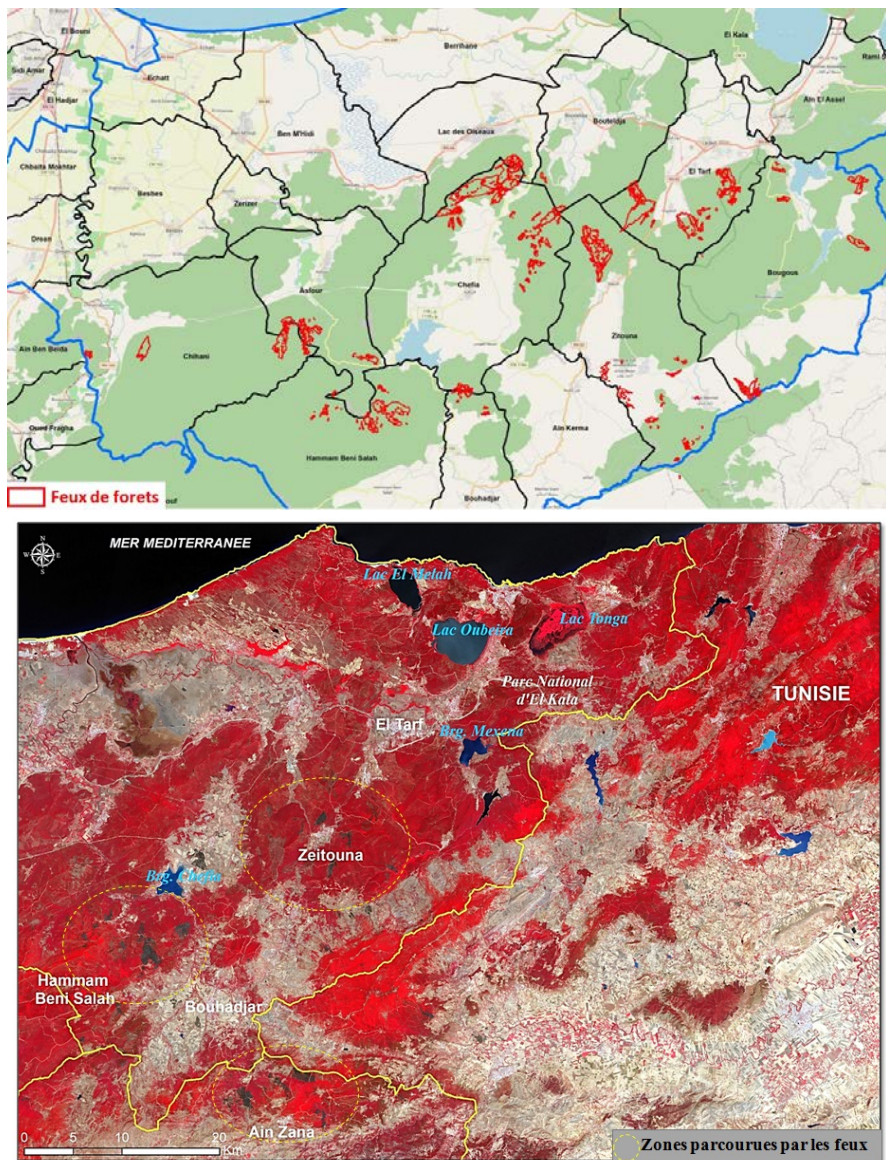


Figure. 2.14. La carte des zones parcourues par les feux

10.3. La lutte anti-acridienne en Algérie

L'ASAL collabore avec l'Institut National de la Protection des Végétaux (INPV) depuis 2003 dans le cadre de la lutte anti-acridienne. Cette contribution se concrétise par la mise à contribution de l'imagerie satellitaire de moyenne résolution pour l'identification des zones de reproduction du criquet pèlerin, en particulier sur les régions saharo sahéliennes. De même, la lutte s'appuie sur l'identification des zones à forte activité chlorophyllienne qui constituent des aires favorables à la reproduction et au développement du criquet, ainsi que sur l'analyse des conditions écologiques à l'aide de l'imagerie satellitaire.



Figure. 2.15. La lutte anti-acridienne pour l’Institut National de la Protection des Végétaux (INPV)

11. Conclusion

En conclusion, nous ne devons pas oublier qu'un Système d'Information Géographique s'articule toujours avec deux types de langage, que nous sommes toujours tenus d'assurer une compatibilité de cohérence entre les questions que nous allons poser en langage naturel et les informations que nous devons recueillir sous la forme du langage cartographique. De plus, nous avons traité des exemples liées au problème des inondations, des feux de forêts et la lutte anti-acridienne avec des définitions relatives à ces problématiques du risque, la gestion de ces phénomènes et l'utilisation des SIG pour la prévention et la gestion.

12. Références

- 1- Bailly A., et Béguin H., (1996). *Introduction à la géographie humaine*. Paris, Armand Colin, 55-60.
- 2- El Janyani S., (2015). Cours : Introduction aux S.I.G Systèmes d'Information Géographique. Université Pierre-et-Marie-Curie, UMR 7619.
- 3- Worboys M. F., (1995). *Geographic Information Systems: A Computing Perspective*, Taylor & Francis, London, 376-387.
- 4- Aronoff, S. (1989). *Geographic Information Systems: A Management Perspective*. Ottawa, Canada : WDC Publications.

- 5- Carter, J.R. (1989). On defining the geographic information system. In: Ripple W J (ed.) Fundamentals of Geographic Information Systems: a compendium. ASPRS/ACSM, Falls Church Virginia, 3-7.
- 6- Denègre, J. & Salgé, F. (1996). Les systèmes d'information géographique. Paris, P.U.F. 126-130.
- 7- Esri France, Les principales fonctions d'un SIG, <https://www.esrifrance.fr/sig4.aspx> (Consulté le 18 janvier 2022).
- 8- Tahar, S. E. (2013). Impact des Inondations sur l'Espace Urbain le cas de la Wilaya SIDI BEL ABBES, Mémoire de Magister, Département de Géographie et Aménagement des Territoires, Université Oran 1.
- 9- Bachi, M. (2011). Problématique du risque inondation en milieu urbain: cas de l'agglomération de Sidi Bel Abbes. Mémoire de Magister en Hydraulique, Département de l'Hydraulique, Université de Tlemcen.
- 10- Bazile, P. (2004). Bases de données géographiques – Opérateurs spatiaux en vecteur, UMR Structures et Systèmes Spatiaux (UMR 3S), Engref - Cemagref, décembre 2004.
- 11- Gilliot, J-M. (2009). Introduction aux Systèmes d'Information Géographiques, Département SIAFEE, AgroParisTech, 2009.
- 12- They, S. (2005). Introduction aux SIG, UMR Sisyphe, UPMC – CNRS, 2005.

3ème Partie

Base de données Géographiques

1. Introduction

La base de données à référence géographique est le produit de deux concepts à savoir : la Base de données proprement dite et l'information géographique. Les données spatiales, décrivent la forme et les caractéristiques de l'entité géographique ainsi que les objets situés sur la surface de la terre .Elles sont définies par leur localisation.

Elle offre de nouvelles perspectives pour beaucoup d'applications à caractère décisionnel comme le géo-médicale ou l'analyse de risques d'accidents et dont le volume de données ne cesse de croître. Cette tendance à développer de grandes bases de données s'explique par les progrès dans l'acquisition de données spatiales et dans le géo-codage.

2. Base de Données

Pour comprendre la notion de BD, il est nécessaire de définir deux termes : le modèle de données et le schéma de données.

- **Le modèle de données** : on appelle modèle (économique, politique...) un outil, c'est à dire un ensemble de règles, qui permet de dériver d'une réalité (une entreprise, un phénomène...). Un modèle de données peut être défini comme un ensemble de structures avec un ensemble d'opérations définies dessus.
- **Le schéma de données** : on appelle schéma de données l'abstraction résultant de l'application d'un modèle de données à une entreprise, à un phénomène ou à une quelconque réalité.

Finalement, la BD est un ensemble de données informatiques associées à un schéma de données et accessible par des utilisateurs ayant des besoins d'information différents.

3. Définition de la bases de données géographiques

C'est un ensemble des données spatiales et non spatiales structurées et organisées de manière à être interrogeables et analysables de façon interactive ou automatique. Une base de données géographique concerne habituellement une zone définie. Elle est gérée par un logiciel SIG. Elle intègre les données elles-mêmes ainsi que leurs métadonnées. Par ailleurs, une base de données géographique est une base de données décrivant des entités (classes) géographiquement localisées.

Exemple (voir Figure 3.1): Si on rajoute à une base de données normale des attributs comportant une information sur l'emplacement de ces entités elle deviendra donc une base de données géographique. L'information géographique dans une base de données sera dépendante du type de l'entité (objet cible). Ainsi, un objet ponctuel (puits pétrolier, gisement, source, forage d'eau, pont ...etc.) on lui attribue une information sous forme de coordonnées (x, y), (longitude, latitude).

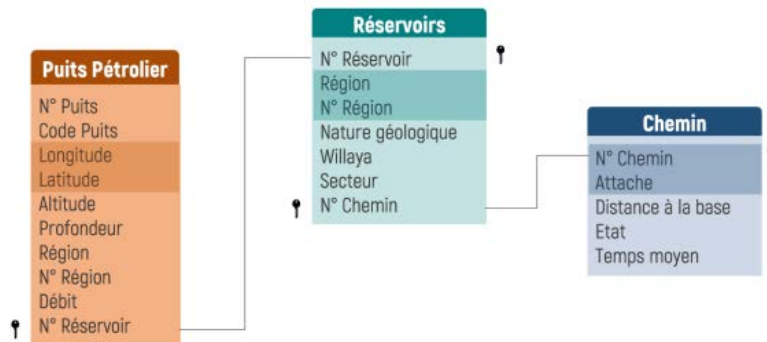
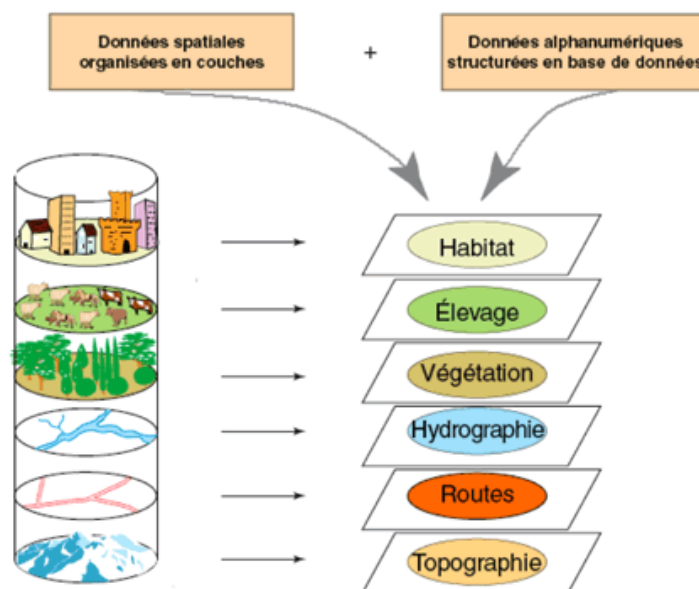


Figure. 3.1. Exemple de trois bases de données géographiques.

De plus, une base de données spatiale est une base de données optimisée pour stocker et interroger des données reliées à des objets référencés géographiquement, y compris des points, les lignes et des polygones. Aussi, les Bases de Données Spatiales permettent le stockage de la géométrie de dossiers au sein d'une Base de Données et fournissent également une fonctionnalité pour interroger et retourner les dossiers utilisant ces Géométries. En conclusion, dans une base de données géographique, l'information est généralement représentée sous trois aspects (Voir Figure 3.2):

- Une géométrie qui décrit la localisation et la forme de l'objet géographique.
- Une topologie qui décrit les relations entre les objets géographiques (adjacence, inclusion).
- Une information descriptive qui décrit la nature de l'objet et concerne toutes les autres Informations, c'est-à-dire non géométriques et non topologiques.



Base de données géographique = ensemble de couches superposables

Sources : Laboratoire de cartographie appliquée - Élisabeth HABERT - IRD - 2000.

Figure. 3.2. Structure d'une base de données géographique.

Par ailleurs, nous présentons quelques objectifs de la base de données géographique ou spatiale.

- 1- Permet de stocker et de manipuler les objets spatiaux comme tout autre objet de base de données;
- 2- Bénéficie de la cohérence du modèle des données et de l'organisation en thèmes
- 3- Centralisation des données spatiales;
- 4- Interpolation possible des données spatiales avec les données attributaires avec les requêtes SQL;
- 5- Nombreuses fonctions spatiales.

4. Les types de données spatiales

Une base de données classique propose par exemple les types chaînes de caractères et date. Une base de données spatiale ajoute les types de données (spatiales) pour représenter les entités géographiques. Ces types de données spatiales permettent d'accéder à des propriétés de l'entité géographique comme ses contours ou sa dimension. Pour bien des aspects, les types de données spatiales peuvent être vus simplement comme des formes.

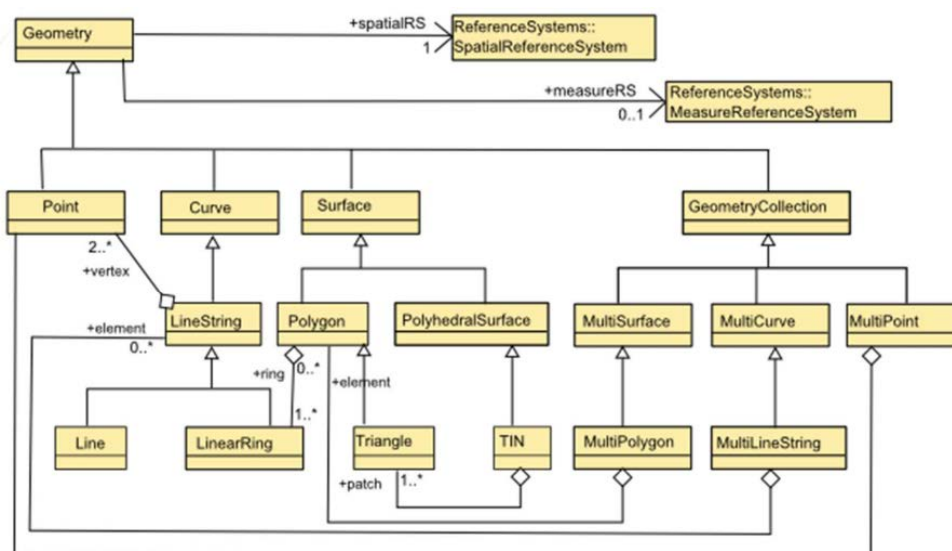


Figure. 3.3. Hiérarchie géométrique

Les types de données spatiales sont organisés par une hiérarchie de type. Chaque sous-type hérite de la structure (les attributs) et du comportement (les méthodes et fonctions) de son type supérieur dans la hiérarchie.

5. Caractéristiques des données spatiales

Les relations spatiales traduisent une caractéristique essentielle du monde réel. Elles mettent en évidence les relations et l'influence du voisinage entre les entités spatiales. La notion de dépendance spatiale est endémique aux données géographiques. Il est donc essentiel d'en tenir compte dans l'analyse et l'interprétation des données localisées.

Les indices d'auto-corrélation spatiale définis en analyse spatiale considèrent uniquement les interactions sur une couche thématique. Or, en règle générale, les couches thématiques sont fortement corrélées.

Exemple: Une carte des précipitations et de la densité de population sont, par exemple, corrélées. En effet, la densité de population dépend de la production agricole qui, elle même, est liée aux précipitations.

Par conséquent, nous distinguons deux types de relations spatiales :

- celles qui lient les objets d'une même classe (appelées intra-thème);
- celles qui sont associées à plusieurs classes (appelées inter-thèmes).

6. Les fonctions spatiales

Pour manipuler les données lors d'une requête, une base de données classique fournit des fonctions comme la concaténation de chaînes de caractères, la réalisation d'opérations mathématiques sur les nombres ou l'extraction d'informations spécifiques sur une date. Une base de données spatiale fournit un ensemble complet de fonctions pour analyser les composants géographiques, déterminer les relations spatiales et manipuler les objets géographiques. La majorité des fonctions spatiales peuvent être regroupées dans l'une des cinq catégories suivantes :

- 3- **Conversion** : fonctions qui convertissent les données géographiques dans un format externe.
- 4- **Gestion** : fonctions qui permettent de gérer les informations relatives aux tables spatiales et l'administration de PostGIS.
- 5- **Récupération** : fonctions qui permettent de récupérer les propriétés et les mesures d'une géométrie.
- 6- **Comparaison** : fonctions qui permettent de comparer deux géométries en respectant leurs relations spatiales.
- 7- **Construction** : fonctions qui permettent de construire de nouvelles géométries à partir d'autres.

La liste des fonctions possibles est très vaste, mais un ensemble commun à l'ensemble des implémentations est défini par la spécification *term :OGC SFSQL*. Cet ensemble commun (avec d'autres fonctions supplémentaires) est implémenté dans PostGIS.

7. Modélisation d'une base de données spatiale

La modélisation spatiale consiste à identifier et à délimiter des éléments spatiaux dans l'espace géographique, à représenter ces éléments par des unités graphiques (points, lignes, polygones, etc.) et à les répartir sur différentes couches. Les données, une fois modélisées, sont stockées dans la base de données d'un SIG. Néanmoins, la conception d'une base de données nécessite une première phase de modélisation conceptuelle qui consiste à déterminer quelles sont les

structures de données pertinentes géographiques ou non (lac, route, bâtiment, personne), et les relations qui existent entre ces dernières (le bâtiment B appartient à la personne X).

7.1. Modélisation conceptuelle

Une BD est une représentation de la partie du monde réel. Pour cela, l'utilisateur a une perception du monde réel axée sur son application : chaque utilisateur a sa propre focale d'observation. De même, son analyse de la réalité est donc partielle (elle ne représente que les informations intéressantes pour son application), subjective (elle représente le point de vue du concepteur) et infidèle (ne représente pas la réalité telle qu'elle est, mais telle qu'elle intéresse le concepteur).

Ainsi, les phénomènes observés sont abstraits en classes, puis représentés et décrits dans un schéma conceptuel selon le modèle choisi. A cet effet, nous pouvons obtenir plusieurs schémas conceptuels pour les mêmes phénomènes du monde réel observés. Cependant, le schéma conceptuel obtenu doit être conforme au modèle conceptuel choisi. Le processus est décomposé en 3 phases comme dans la figure ci-dessous.

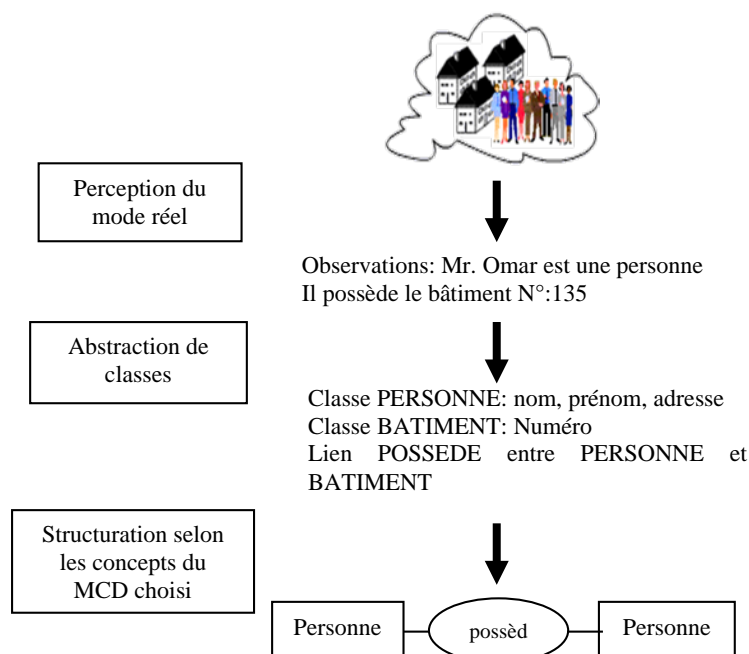


Figure. 3.4. Schéma conceptuel

Dans ce contexte, l'objectif de la modélisation conceptuelle est:

1. représenter la réalité telle qu'elle est perçue par les utilisateurs;
2. Contrairement aux modèles logiques qui décrivent la réalité en fonction du modèle du SGBD;
3. Représentation à l'aide de la trilogie de base: objets, liens et propriétés.

Du fait de la complexité des données spatiales, leur modélisation nécessite des concepts spécifiques. Cette unité expose les problèmes particuliers à la modélisation des données spatiales, présente les concepts dédiés: types abstraits de données (TAD) spatiaux (point, ligne

surface), relations topologiques, agrégation, etc. et cite différents modèles conceptuels de données spatiales.

Pour notre exemple d'un schéma conceptuel précédent, la conception de la modélisation spatiale est faite l'utilisation du modèle MADS (modèle ER étendu aux données spatiales). a cet effet, les lots cadastraux sont représentés par des polygones simples. Les rivières sont représentées par des chaînes complètes (ligne brisée comportant certains attributs topologiques). Les routes sont également représentées par des chaînes complètes. Le relief est représenté par une couche matricielle où chaque élément (ou "pixel") est une valeur d'élévation en mètres.

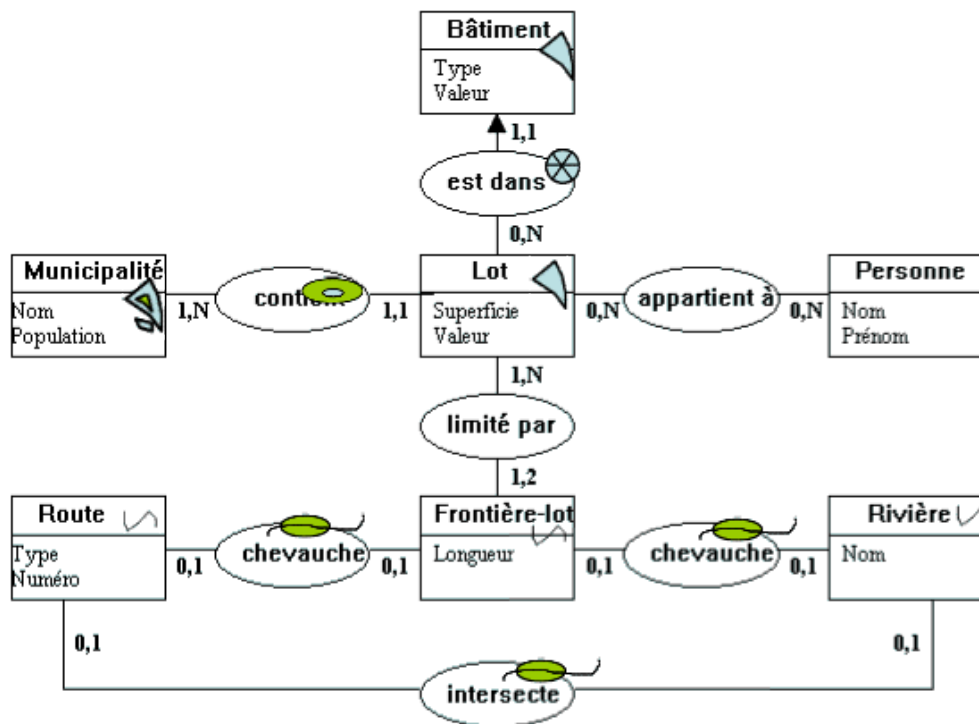


Figure. 3.5. Exemple d'un schéma MADS

8. Gestion des données spatiales

La difficulté de la gestion des données géographiques provient de leurs doubles natures, géométriques et thématiques. Si l'on imagine aisément l'enregistrement d'attributs alphanumériques quelconques, caractérisant la thématique, dans une simple table (relation d'une base de données relationnelle, ou à la rigueur une simple feuille de calcul d'un tableur), il n'en va pas de même des coordonnées spatiales et des relations géométriques entre les entités. Les solutions envisagées pour résoudre cette difficulté ont évolué au cours du temps, suivant en cela les générations successives des modèles logiques des bases de données et les capacités croissantes des ressources informatiques.

Toutefois, nous pouvons définir le SGBDS comme étant :

1. un SGBD;

2. il offre un type de donnée spatiale dans son modèle de données et son langage de requêtes;
3. il implémente ce type et ses opérateurs, fournissant au moins l'indexation spatiale et des algorithmes efficace pour la jointure spatiale.

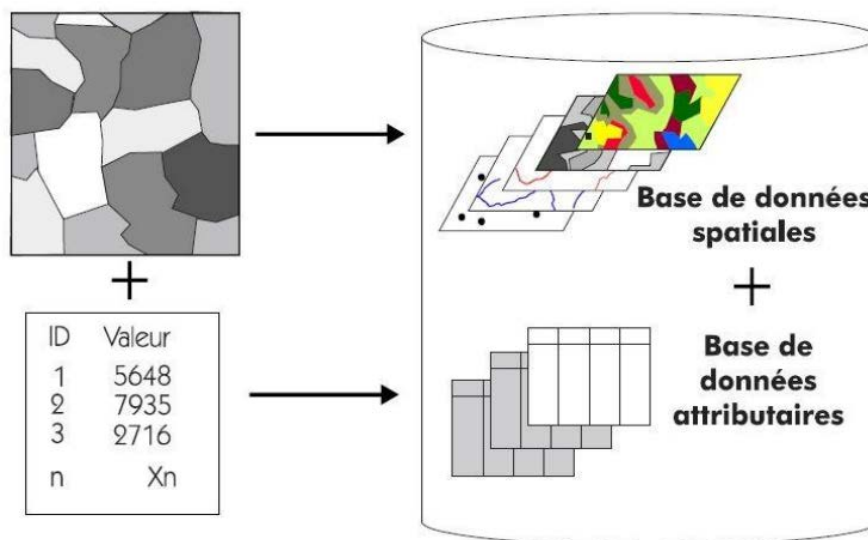


Figure. 3.6. Types de données dans un SIG.

9. Parallèle entre les SGBD spatiaux et les SGBD relationnels

Malgré leurs spécificités, les SGBD Spatiaux peuvent être vus comme des extensions des SGBD relationnels. Cette section établit un parallèle entre les SIG et les SGBD Relationnels (SGBDR).

	Relationnel	Spatial
Données	Entier, Réel, Texte,...	Plus complexes : Point, Ligne, Région...
Prédicats et calculs	Tests : =, >, ... Calculs : +, /, ... et fonctions simples	Prédicats & calculs géom. et topo.: Tests : intersecte, adjacent à, ... Fonctions : intersection, surface...
Manipulation	Opérateurs de l'algèbre : Sélection, Projection, Jointure Agrégats: Count, Sum, Avg...	Manipulation mono ou inter-thèmes Sélection et jointure sur critère spatial Agrégats : fusion d'objets adjacents
Liens entre objets	Par clés de jointures	Relations spatiales (souvent) implicites
Méthodes d'accès	Index B-tree, hachage	Index R-tree, Quad-tree, Grid-file, etc.

Tableau 3.1 : Parallèle entre les SGBD spatiaux et les SGBD relationnels

Ce parallèle est récapitulé par le tableau 1 qui montre à gauche les concepts bien connus dans le domaine des SGBDR et à droite les concepts spécifiques aux SGBD spatiaux. En conclusion, les similitudes entre les SGBDR et les SGBD spatiaux ont permis de concevoir aujourd'hui des SIG puissants qui héritent des qualités des SGBDR.

10. Qu'est-ce que PostGIS ?

PostGIS confère au système de gestion de base de données PostgreSQL le statut de base de données spatiale en ajoutant les trois supports suivants : les types de données spatiales, les index et les fonctions. Étant donné qu'il est basé sur PostgreSQL, PostGIS bénéficie automatiquement des capacités orientées "entreprise" ainsi que le respect des standards de cette implémentation.

11. Qu'est-ce que PostgreSQL ?

PostgreSQL est un puissant système de gestion de données relationnel à objets (SGBDRO). Il a été publié sous la licence de style BSD et est donc un logiciel libre. Comme avec beaucoup de logiciels libres, PostgreSQL n'est pas contrôlé par une société unique mais par une communauté de développeurs et de sociétés qui le développe.

PostgreSQL a été conçu depuis le début en conservant à l'esprit qu'il serait potentiellement nécessaire de l'étendre à l'aide d'extensions particulières – la possibilité d'ajouter de nouveaux types, des nouvelles fonctions et des méthodes d'accès à chaud. Grâce à cela, une extension de PostgreSQL peut être développée par une équipe de développement indépendante, bien que le lien soit très fortement lié au cœur de la base de données PostgreSQL.

12. Oracle Spatial

Oracle Spatial est un composant optionnel gratuit de la base de données Oracle. De même, la base de données spatiale d'Oracle est incluse dans la base de données convergente d'Oracle, ce qui permet aux développeurs et aux analystes de se lancer facilement dans l'analyse de l'intelligence géographique et les services de cartographie. Elle permet aux professionnels des systèmes d'information géographique (SIG) de déployer avec succès des applications géospatiales avancées. Les entreprises peuvent gérer différents types de données géospatiales, effectuer des centaines d'opérations d'analyse spatiale et utiliser des outils interactifs de visualisation cartographique grâce aux fonctionnalités spatiales d'Oracle Autonomous Database et Oracle Database.

La plateforme de localisation et d'espace d'Oracle offre l'évolutivité, la sécurité et la performance nécessaires pour alimenter les applications les plus exigeantes dans Oracle Cloud Infrastructure et sur site.

De plus, il interroge et stock des géométries spatiales 2D dans Oracle Database, telles que des points d'intérêt, des rues, des limites administratives. Il effectue des requêtes basées sur la proximité (à quelle distance se trouve-t-il ?) et le confinement (se trouve-t-il à l'intérieur d'une région ?). Aussi, il accède à des centaines de fonctions pour filtrer les données, mesurer les relations de distance et combiner/transformer les géométries.

Par ailleurs, il modélise les réseaux de transport routier, de télécommunications, de services publics, d'énergie et autres, et analyse ces données complexes pour déterminer le chemin le plus court, le plus proche voisin, le coût total et l'accessibilité.

13. Le Data Mining Spatiale

Le Data Mining (DM) spatial est défini comme l'extraction de connaissances implicites, de relations spatiales ou d'autres propriétés non explicitement stockées dans la base de données spatiales. Aussi, le Data Mining Spatial (DMS), fouille de données spatiale, est l'exploration de données ou encore extraction de connaissances implicite de relations spatiales ou autre propriétés non explicitement stockés dans les bases de données spatiale, à partir d'une grande masse de données géographiques. Ses avantages sont, d'une part, son aspect exploratoire car, contrairement à l'analyse classique, il génère des hypothèses puis les valide et, d'autre part, il permet l'intégration complète de l'information sur la localisation spatiale et des liens de voisinage. Cependant, les méthodes de DM classique ne sont pas adaptées aux données spatiales car elles ne considèrent pas ces relations spatiales. Il est donc nécessaire de développer de nouvelles méthodes pour le Data Mining spatial et d'intégrer les techniques SIG et du DM. La recherche sur le DMS vise donc à proposer et à optimiser des méthodes d'analyse tenant compte des relations spatiales. Comme ce domaine est à la croisée de plusieurs disciplines, cette recherche est menée au sein de deux communautés : des statisticiens s'intéressant à l'analyse spatiale et des chercheurs en bases de données.

14. Qu'est-ce qu'un service web géographique ?

Les services web géographiques sont des services web permettant d'effectuer des traitements géomatiques ou géographiques (géocodage...), de renvoyer des cartes ou de donner accès à des données géographiques (débit d'un fleuve, altitude, nom d'une zone géographique...). De plus, un service de cartographie Web (Web Map Service - WMS) est une norme de l'Open Geospatial Consortium (OGC) qui permet aux utilisateurs d'accéder à distance à des images cartographiques géoréférencées via des requêtes sécurisées du protocole de transfert hypertexte (HTTPS).

Ces standards ont pour objectif de rendre les SIG interopérables entre eux, en d'autres termes, l'intérêt des standards de l'OGC et des services web géographiques est de permettre à un utilisateur de SIG bureautique de combiner sur son poste des données venant de plusieurs sources distantes ou locales, et de les traiter comme si elles étaient stockées sur son poste. Il

est également possible de mettre en ligne sur un outil SIG Internet/ Intranet des données provenant de plusieurs sources sans avoir à les transférer et les convertir périodiquement.

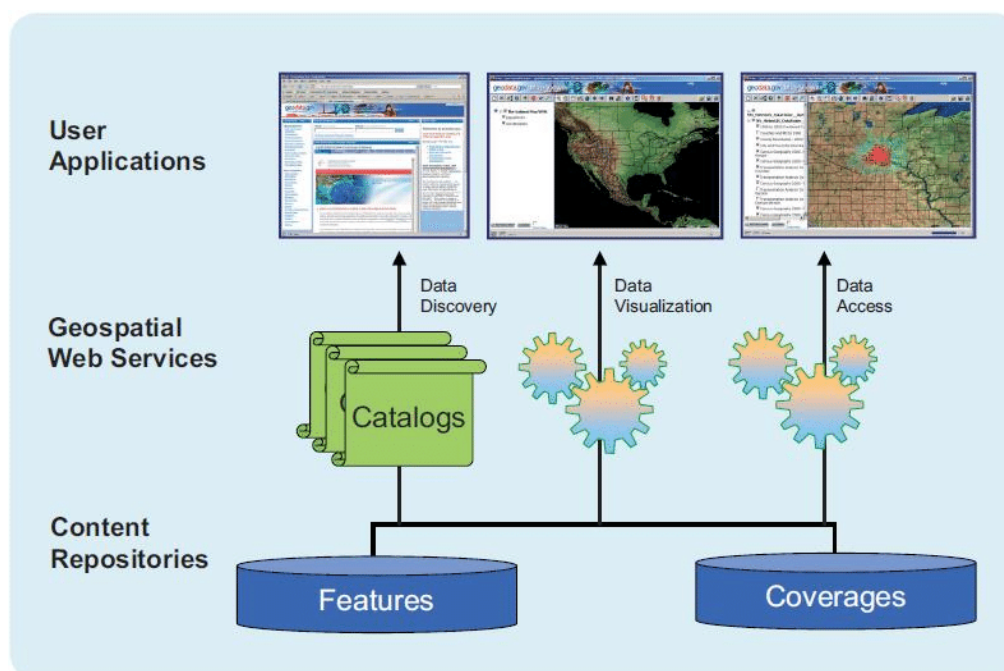


Figure 3.7. Types de Geospatial Web Services (Federal Geographic Data Committee, 2010)

14.1. Normes et standards de services

Le tableau suivant présente les standards de services élaborés par l'OGC :

Acronyme	Nom	Usage
WMS	Web Map Service	Fournit une carte au format image dynamique, pouvant correspondre à la superposition de plusieurs couches de données.
WMS-C	Web Map Service Cache	La solution de mise en cache côté serveur pour accélérer le traitement des requêtes WMS
CS.W	Catalog Service	Permet la publication de catalogues de métadonnées (relatives à des données ou des services) et la recherche parmi les entrées de catalogues.
CT	Coordinate Transformation	Transformation de coordonnées.
WFS	Web Feature Service	Permet d'obtenir des entités géographiques vecteur (géométrie et sémantique)
WCS	Web Coverage Service	Fournit une couverture, c'est-à-dire de l'information géographique numérique représentant des phénomènes variant dans l'espace et le temps (par exemple MNT, images satellite...).
OpenLS	Location Services	Services de base pour les applications mobiles : affichage de carte, géocodage, calcul d'itinéraire...
SOS	Sensor Observation Services	Gestion de capteurs et collecte de données de ces capteurs.
SPS	Sensor Planning Services	Service de planification de l'interrogation de capteurs (et récupération de données associées).
WPS	Web Processing Service	Services de géotraitement.

Tableau 3.2 : Standards de services de l'OGC

14.2. Standards de formats

Le tableau suivant présente les formats de fichiers OGC :

Acronyme	Nom	Usage
SF	Simple Feature	Format de stockage de et d'accès aux données géographiques vectorielles.
GML	Geography Markup Language	Format d'échange de données géographiques vectorielles.
SLD	Style Layer Descriptor	Permet aux utilisateurs de fournir des informations sur la symbologie et les styles pour l'affichage d'une carte (données WMS ou WFS).
FE	Filter Encoding	Décrit un encodage XML pour les expressions de requêtes.
WMC	Web Map Context	Sauvegarde d'un état de la carte affichée par le client, la carte pouvant être constituée de plusieurs couches issues de différents serveurs.
SensorML	Sensor Model Language	Langage de modélisation pour les capteurs.
CityGML	City Geography Markup Language	GML application schema pour le stockage et l'échange de modèles de données 3D urbains.
KML	Keyhole Markup Language	Format permettant l'affichage de données géospatiales.

Tableau 3.3 : Standards de formats de l'OGC

15. Conclusion

En conclusion, l'espace géographique est un environnement complexe et varié soumis à des changements constants. Sa modélisation, en particulier avec le format vectoriel, est soumise à des simplifications dont le but de produire une représentation utile et maniable. Dès lors, la base de données géographique se présente naturellement comme une abstraction de l'espace réel répondant à une utilisation et perception spécifique. Ainsi, les données géographiques sont généralement imparfaites. Ces imperfections sont dues à l'écart entre la réalité du territoire et son image dans la base de données, notamment, quand il s'agit de repérer les territoires et les espaces imprécis.

16. Références

- 1- Arctur, D., & Zeiler, M. (2004). Designing Geodatabases: case studies in GIS data modeling. ESRI, Inc., 2004.
- 2- Donnay, J.-P. (2006). Les bases de données spatiales. Cahiers de la Documentation, 1:11.
- 3- Souris, M. (1986). Systèmes d'information géographique et bases de données, Colloques et Séminaires sur le Traitement des données localisées, Paris, Editions de l'ORSTOM, 29-87.
- 4- Ester, M., Kriegel, H. P., Sander, J., (1997). Spatial Data Mining: A Database Approach, Proceeding of the 5th Symp. on Spatial Databases, Berlin, Germany.

- 5- Parent, C., Spaccapietra, S., & Zimanyi, E. (2006). Conceptual Modeling for Traditional and Spatio-Temporal Applications - The MADS Approach, ISBN: 978-3-540-30153-0.
- 6- Khalfi, B., de Runz, C., Faiz, S. et Akdag, H. (2017). Modélisation et génération de bases de données géographiques imprécises pour les systèmes relationnels. In Proceedings of INFORSID, 130-135.
- 7- Laplanche, F. (2002). Conception de projet SIG avec UML. Bulletin de la Société Géographique de Liège (BSGLg), 42,19–25.
- 8- Obe, R. O. et Hsu, L. S. (2015). PostGIS in action. Manning Publications Co.
- 9- Pantazis, D. et Donnay, J. (1996). Conception des SIG : Méthode et formalisme. Paris :Hermès et Lavoisier.
- 10- Parent, C., Spaccapietra, S., Zimányi, E., Donini, P., Plazanet, C., Vangenot, C., Rognon, N., Pouliot, J. et Crausaz, P.-A. (1997). MADS : un modèle conceptuel pour des applicationsspatio-temporelles. Revue Internationale de Géomatique, 7(3):317–352.
- 11- Troispoux, G. (2010). La qualité des données géographiques : État des lieux pour un débat. Rapport technique, Centre d’Etudes sur les Réseaux, les Transports, l’Urbanisme et les Constructions Publiques (CERTU).
- 12- Furuti, C. A. (2012). Cartographical Map Projections. <http://www.progonos.com/furuti/MapProj>

EXPOSE

Principe, Déroulement et Evaluation

1. Objectifs

Le but est de réaliser un rapport est une présentation dans lesquels l'étudiant présente un thème lié au domaine du Système d'Information Géographique, et plus précisément celui des outils avancés pour le SIG à savoir ArcGIS, MapInfo, Grass, QGIS, ..etc..

2. Compte rendu

Le travail est à faire en monôme (une seule personne) ou bien en binôme (deux personnes) et il consiste à :

- Faire une recherche bibliographique (articles scientifique, livres et autres références sur Internet) pour mieux comprendre le sujet.
- Préparer une présentation orale (avec PowerPoint ou Prezi) dont la durée ne dépasse pas 15 minutes.
- Faire une synthèse et rendre un rapport de 5 pages selon le modèle ci-dessous.

3. Contenu du rapport

Contenu du rapport:

1. **Introduction** qui précise pourquoi vous avez choisi ce thème et (motivation), son originalité et son intérêt pour le domaine du SIG.
2. **Problématique** : les éventuels problèmes qui se posent dans le domaine, et ses liens avec d'autre domaine de recherche à savoir le BI, Data/Text Mining, Machine learning, Innovation, Intelligence artificielle, Intelligence Economique, etc...
3. **Solutions et contributions** : les techniques, modèles, outils, démarches ou autres solutions qui ont été proposées par les chercheurs pour faire face à ces problèmes.
4. **Domaine d'application** : les domaines et champs de recherche dans lesquels le thème en question a été appliqué. (À titre d'exemple : domaine médical, domaine des Risques naturels, domaine de la Gestion de l'environnement et du territoire, etc..).
5. **Conclusion et réflexions** : une conclusion avec votre propre réflexion après avoir étudié le thème.

4. Grille d'évaluation du rapport

L'objectif de la présente grille est de fournir une check-list de critères permettant une appréciation globale par catégorie de critères. Pour chaque catégorie, une évaluation de 0 à 1 sera reprise sur le tableau ci-dessous, menant in fine à la note globale de l'exposé qui sera calculé avec la note de l'examen.

Nom de l'étudiant:	Thème :
---------------------------	----------------

		0	0.5	1
Qualités générales	L'exposé est-il intéressant ? Avez-vous appris des choses ?			
	L'exposé est-il clair ?			
	L'exposé est-il dynamique ?			
Déroulement de l'exposé	Gestion du temps			
	Prise en compte du feed-back			
Contenu	Adaptation à l'auditoire			
	Qualité de style			
Construction de l'exposé	Clarté du plan			
	Qualité de l'introduction & de la conclusion			
Comportement	Indépendance par rapport aux notes écrites			
	Voix : audible / claire / vivante			
	Prononciation / élocution			
	Gestuelle – fonction illustrative			
	Gestes parasites			
	Regards			
Utilisation d'autres supports	Utilisation du tableau			
	Qualité des diapos (forme & contenu)			
	Autre matériel (documents distribués à l'auditoire)			
Divers	Liste des références bibliographiques			
	Qualité des réponses aux questions			

Note globale attribuée : /20

Commentaires supplémentaires:

.....

.....

.....

.....

.....

Glossaire

Analyse spatiale: L'analyse spatiale désigne les opérations qui tirent parti de la répartition spatiale des objets géographiques. Les fonctions d'analyse s'appuient sur les relations topologiques.

Attribut: Caractéristique ou propriété déterminée d'un objet, d'une primitive graphique, d'une relation, d'une représentation.

Base de données géographiques: C'est un ensemble des données spatiales et non spatiales structurées et organisées de manière à être interrogeables et analysables de façon interactive ou automatique. Une base de données géographique concerne habituellement une zone définie. Elle est gérée grâce à un ou plusieurs logiciels SIG. Elle intègre les données elles-mêmes ainsi que leurs métadonnées.

Coordonnées géographiques: Couple de valeurs exprimées en degrés sexagésimaux ou décimaux, ou en grades, appelées longitude et latitude, exprimant la position d'un point situé à la surface de la Terre.

Digitalisation: En matière de géomatique, la digitalisation est un processus spécifique consistant à transformer les informations contenues sur un document graphique en données vectorielles (points, lignes, surfaces...). L'opération est réalisée manuellement par un opérateur, soit en pointant les éléments à saisir sur un document papier à l'aide d'un curseur et d'une table à digitaliser, soit en les pointant sur un écran informatique si le document a été préalablement numérisé.

Données : ensemble quelconque de faits ayant un rapport entre eux, organisés selon un format particulier. Souvent, il s'agit des éléments d'information de base produits, stockés ou traités par un ordinateur.

Données géographiques : informations relatives aux entités réelles, notamment leur forme, leur emplacement et leur description. Les données géographiques sont composées de données spatiales et de données attributaires.

Géodatabase (GDB) : ensemble de jeux de données géographiques de différents types stockés dans un dossier de système de fichiers commun, un fichier de base de données Microsoft Access ou une base de données relationnelles multiutilisateurs (comme Oracle, Microsoft SQL Server, IBM DB2, PostgreSQL ou Informix). La géodatabase constitue la structure de données native utilisée dans ArcGIS et le principal format utilisé pour la mise à jour et la gestion des données.

Global Positioning System (GPS) : système de satellites et d'équipements de réception permettant de calculer la position de trois dimensions (x, y et z) sur le globe. Le système GPS est utilisé dans la navigation, la cartographie, le SIG et l'arpentage.

Image : représentation raster ou description d'une scène, généralement créée à l'aide d'un dispositif optique ou électronique tel qu'une caméra ou un radiomètre à balayage. Les exemples les plus courants sont les données détectées à distance (les images satellite, par exemple), les données scannées et les photographies.

Jeu de données géographiques : tout jeu de données associé au SIG.

Logiciel de cartographie : programme informatique permettant d'exprimer, en général à l'aide de cartes, les entités naturelles et humaines terrestres.

Logiciel SIG: système informatique de matériels, logiciels, données et workflows permettant de collecter, stocker, analyser et diffuser des informations aux quatre coins du globe.

Maillage : se référer à raster.

Métadonnées : informations décrivant le contenu, la qualité, la condition, l'origine et d'autres caractéristiques d'un jeu de données ou informations. Les métadonnées sont constituées de propriétés et de documentation. Les propriétés proviennent de la source de données (par exemple, le système de coordonnées et la projection des données), tandis que la documentation est saisie manuellement (mots-clés utilisés pour décrire les données).

Modèle de données de géodatabase : structure des différents jeux de données géographiques et tables d'une instance de géodatabase. La structure définit les objets, les règles et les relations SIG permettant d'ajouter un comportement SIG et une intégrité, ainsi que de modéliser les relations spatiales des jeux de données dans un ensemble.

Oracle : célèbre logiciel SGBDR développé par Oracle Corporation. Il offre un excellent accès client/serveur à d'immenses banques de données et permet à de nombreux utilisateurs ArcGIS de gérer leur géodatabases.

PostgreSQL : un SGBDR créé et mis à jour par la communauté « open source » et pris en charge par ArcGIS.

Raster : modèle de données spatiales définissant l'espace comme un tableau de cellules de taille égale disposées en lignes et colonnes. Chaque cellule contient une valeur attributaire et des coordonnées de position. Une image utilise une structure de données raster.

Requête : interrogation permettant de sélectionner des entités ou des enregistrements dans une base de données. Les requêtes apparaissent souvent sous la forme d'instructions ou d'expressions logiques.

Requête Spatiale: Une RS est une interrogation portant sur la géométrie et la position des entités d'une ou plusieurs couches et permettant de sélectionner des entités en fonction des entités d'une autre couche. Une telle requête nécessite l'utilisation d'opérateurs de sélection géographique (intersection, inclusion, contiguïté, proximité...)

SIG : se référer à système d'information géographique (SIG).

Système de projection: La Terre étant de forme globalement sphérique, aplatie aux pôles, sa représentation sur une carte plane entraîne des déformations. Un système de projection géodésique permet d'y remédier à partir de modèles mathématiques. Le choix du système de projection (cylindrique, conique ou azimutale) dépend des objectifs : respect des formes, exactitude des surfaces, latitude particulière à cartographier, etc. À titre d'exemple, le système de projection associé au GPS est appelé WGS 84.

Système d'Information Géographique (SIG) : système informatique de matériels, logiciels, données et workflows permettant de collecter, stocker, analyser et diffuser des informations aux quatre coins du globe. Un SIG est un système avec lequel les utilisateurs interagissent pour intégrer, analyser et visualiser les données géographiques, identifier les relations, les schémas et les tendances et apporter des solutions aux problèmes. Chaque SIG représente généralement des informations sur les cartes sous la forme de couches de données utilisées pour l'analyse et la visualisation.

Vecteur : modèle de données basé sur des coordonnées, représentant des entités géographiques sous forme de points, de lignes et de polygones. Chaque point est représenté sous forme de paire de coordonnées unique, alors que les entités linéaires et surfaciques sont représentées sous forme de listes ordonnées de sommets. Les attributs sont associés à chaque entité.