

1- Qu'est ce qu'un SIG ?

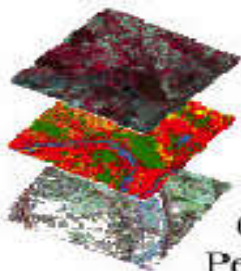
De nombreuses définitions ont été proposées par plusieurs auteurs, chacun selon son domaine d'activité

Toutefois, l'idée générale est la même et un SIG peut être défini comme :

« un système informatisé d'acquisition, de gestion, d'analyse et de représentation cartographique des données à référence spatiale »

(figure 1)

Un Système d'Informations Géographiques est :



Un ensemble de données numériques
Localisées géographiquement

Structurées à l'intérieur d'un système de
traitement informatique

Comprenant des modules fonctionnels
Permettant de :



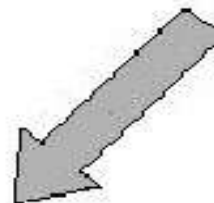
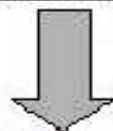
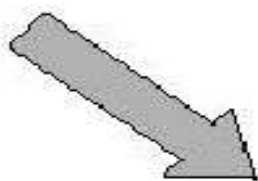
Créer et modifier



d'interroger



de représenter cartographiquement

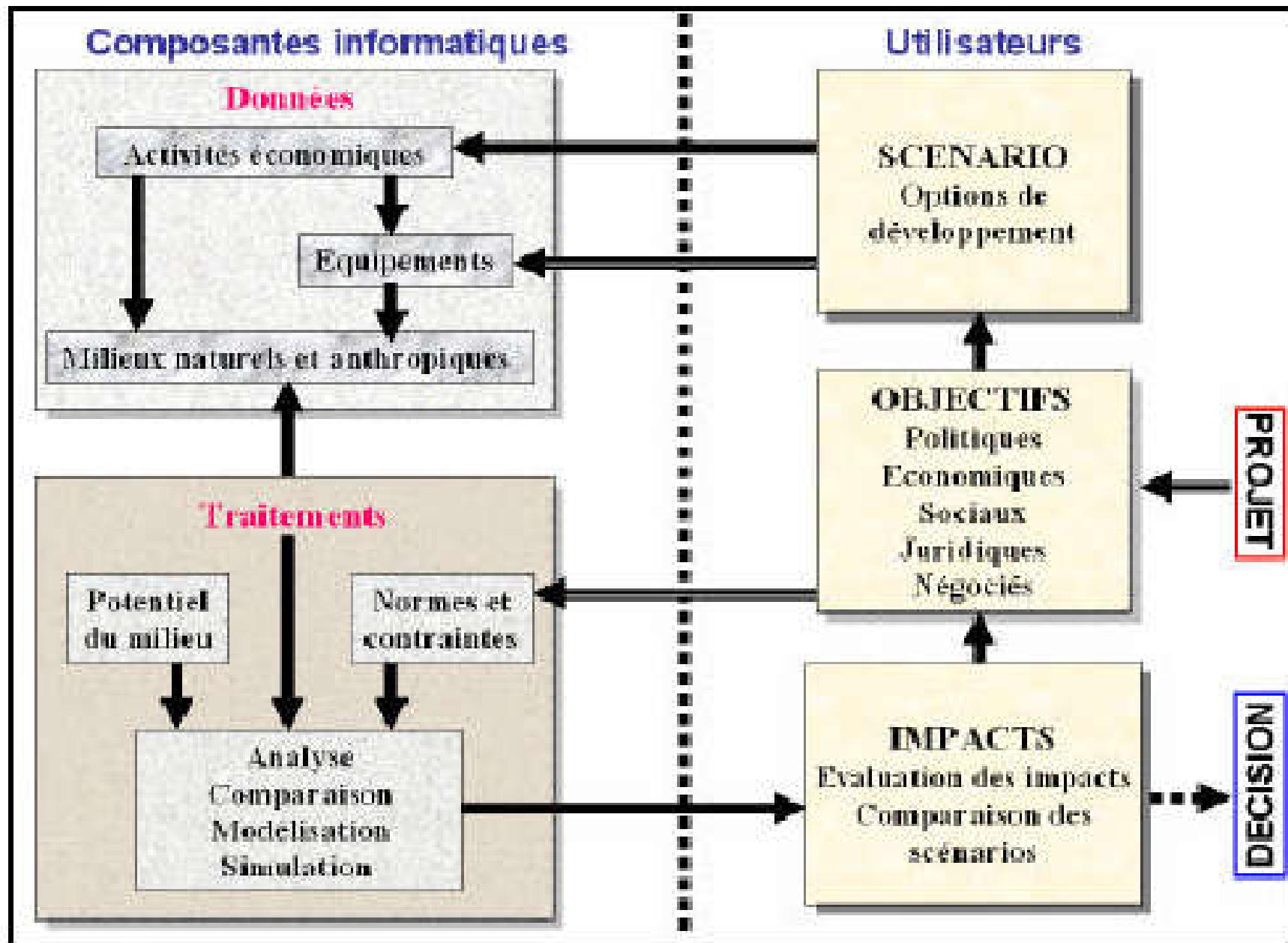


Selon des critères
Sémantiques et
spatiaux



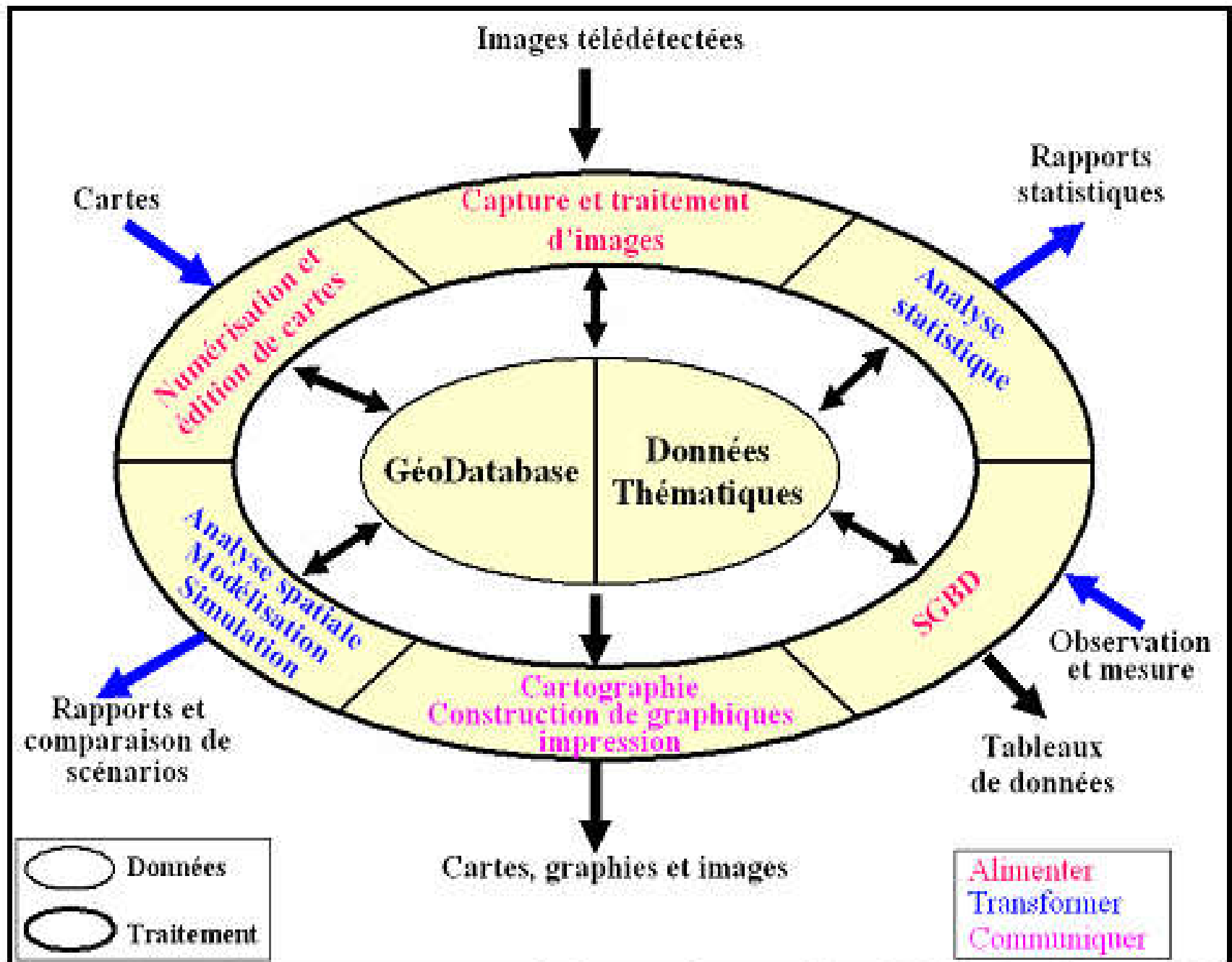
2- Les composantes d'un SIG

Un SIG complet intègre trois éléments fondamentaux. D'abord la composante informatique formée par les données et leurs traitements en informations utiles, ensuite la composante matérielle formée par les machines et logiciels nécessaires et enfin le composant utilisateur formée par les opérateurs qui manipulent les informations (figure 2)



2.1. La composante informatique

La partie informatisée d'un SIG comporte deux ensembles complémentaires : les données et les traitements. Les données associent une description géométrique du territoire (géodatabase) et une description thématique des phénomènes qu'on y retrouve. Les traitements complexes et diversifiés sont assurés par plusieurs modules qui sont en interaction avec la géodatabase : le système de gestion de base de données thématiques (SGBD), les modules de traitement d'images, d'analyse statistique, d'analyse spatiale et de représentation cartographique (figure 3)



2-1-1- La base de données à caractère spatial et thématique

Le cœur d'un SIG est la base de données géographique (BDG) ou Géodatabase constituée d'un ensemble numérique de cartes et informations associées. Comme cette base de données décrit des objets de surface et de sub-surface de la terre, elle est constituée de deux composantes : une base de données décrivant les objets spatiaux (localisation, forme et géométrie) et une autre définissant les caractéristiques thématiques (attributs) de ces objets (figure 4).

2-1-2- Le système de gestion de base de données (SGBD)

Ce terme désigne un type de logiciels permettant de gérer les données d'une base, c'est-à-dire les structurer, les mettre à jour, et faciliter leurs accès. Les SGBD classiques sont dBase, Access, FoxPro, Oracle...

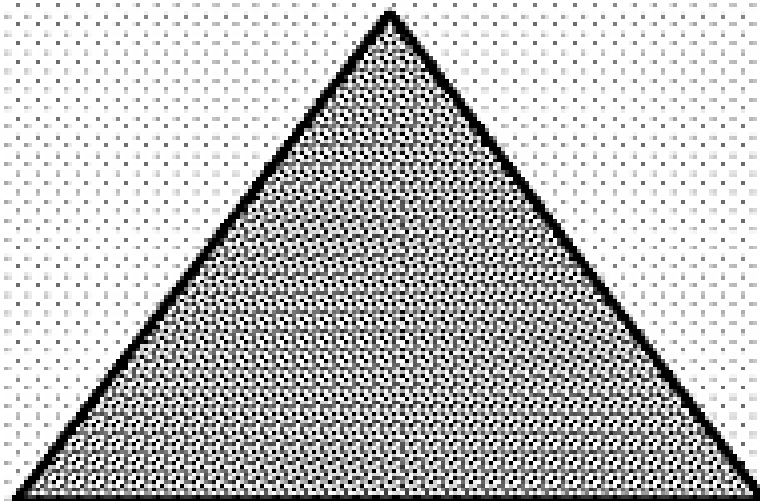
Beaucoup de SIG contemporains recourt à des SGBD conventionnels afin d'assurer l'accès à un plus grand nombre de fonctions de gestion.

En plus d'enregistrer et de gérer les données, on souhaiterait bien sûr les analyser. Le caractère spatial de ces données fait en sorte que des outils spécifiques sont nécessaires (ex.: calculs de superficie, de distance, de pente, analyse croisée d'information, etc.). Seules des fonctions propres aux SIG permettent d'effectuer ces tâches (figure 4)

Systeme de gestion

Bases de données géographiques

Localisation



Topologie

Attributs

de base de données

2-1-3- Système de représentation cartographique

Autour de la base de données gravitent plusieurs systèmes. Le plus élémentaire est celui de la représentation cartographique. Ce dernier permet de sélectionner des éléments de la BDG et de les représenter cartographiquement sur de nombreux supports (écran, imprimantes, tables traçantes) et dans différents formats graphiques. Dans la plupart des S.I.G., ces outils de représentation sont très sommaires et font appel à des logiciels spécialisés, tels que Arc-Gis, Arc-Info et Arc-View.

2-1-4- Système de saisie numérique

La première phase consiste à rechercher, récupérer et collecter l'information géographique relative au type d'application en question. La deuxième phase consiste à saisir cette information et à l'importer sous forme numérique dans la base de données. La saisie numérique d'une information à caractère spatial, tels que les documents cartographiques, constitue un autre système de base. Celui-ci permet de convertir l'information analogique d'une carte sur support papier en une information numérique. Les modes de saisie de l'information localisée sont multiples. On cite entre autres : ? Saisie par numérisation ou digitalisation à l'aide de la table de digitalisation (Arc-Gis, Arc-Info , Arc View,Mapinfo) ; ? Saisie par balayage ou scannerisation (Arc-View et Arc-Gis, Mapinfo) ; ? Saisie par importation des fichiers, déjà sous forme numérique.

2-1-5- Système d'analyse spatiale

L'analyse spatiale de l'information est une extension des capacités d'interrogation des bases de données, en prenant en compte la localisation des observations. En effet l'interrogation d'une base de données, fonctionne parfaitement, si les caractéristiques considérées concernent les mêmes entités, sinon l'interrogation est impossible. Pour cette opération, un SIG est nécessaire car il permet de considérer le recouvrement spatial d'entités. Cette procédure, appelée recouvrement ou superposition, correspond à l'opération manuelle de superposition d'une carte transparente et d'une seconde carte. L'exemple le plus simple consiste à combiner dans une requête la présence conjointe de deux caractéristiques spécifiques à deux ensembles d'objets spatiaux distincts. Par exemple, trouver toutes les zones hydrogéologiques d'affectation résidentielle et dont le sol est très apte à l'agriculture.

2-1-6- Système de traitement d'image

Il permet le traitement des images de télédétection et qui inclut des procédures d'analyse statistique. Le traitement d'image permet de transformer le contenu originel d'une image de télédétection en une information ou contenu thématique exploitable à l'aide de procédures de classification.

2-1-7- Système d'analyse statistique

Il s'agit à la fois des procédures d'analyse statistique classiques concernant la dimension thématique et des procédures statistiques d'analyse de la dimension spatiale.

2.2 . Composantes matérielles

Les SIG nécessitent plusieurs machines permettant d'emmagasiner et de traiter l'information à référence spatiale. Les principaux matériaux nécessaires pour la réalisation d'un SIG sont l'ordinateur, la table de digitalisation, le scanner et le GPS (Global Positioning System). Ce dernier permet localiser les différentes stations de mesures (puits, forages, pluviomètres, piézomètres...)

2-3- Composantes logicielles

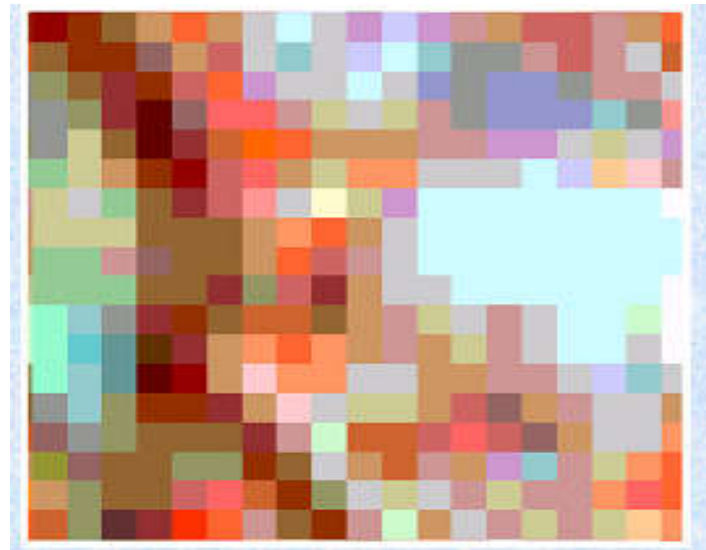
2-3-1- Les logiciels SIG

Les logiciels SIG représentent l'élément le plus important de l'outillage géomatique et il est important de choisir ces logiciels avec un grand soin. Les plus répandus de ces logiciels actuellement sont ceux fournis par la société ESRI tel que ArcGIS Desktop et ses modules (Arc View, Arc Edit et Arc Info). D'autres, plus modestes ou moins répandus, tels que IDRISI, Map Info, GRASS, CARIS, etc. L'environnement Mapinfo a été utilisé dans ce travail.

Les Modes de représentation des données dans un SIG

Les données à caractère spatial peuvent être représentées numériquement par deux techniques fondamentales : l'approche en mode objet : **mode vecteur** et l'approche en mode image : **mode raster**

Raster : mailles régulières, carré, de différentes valeurs (pixel)

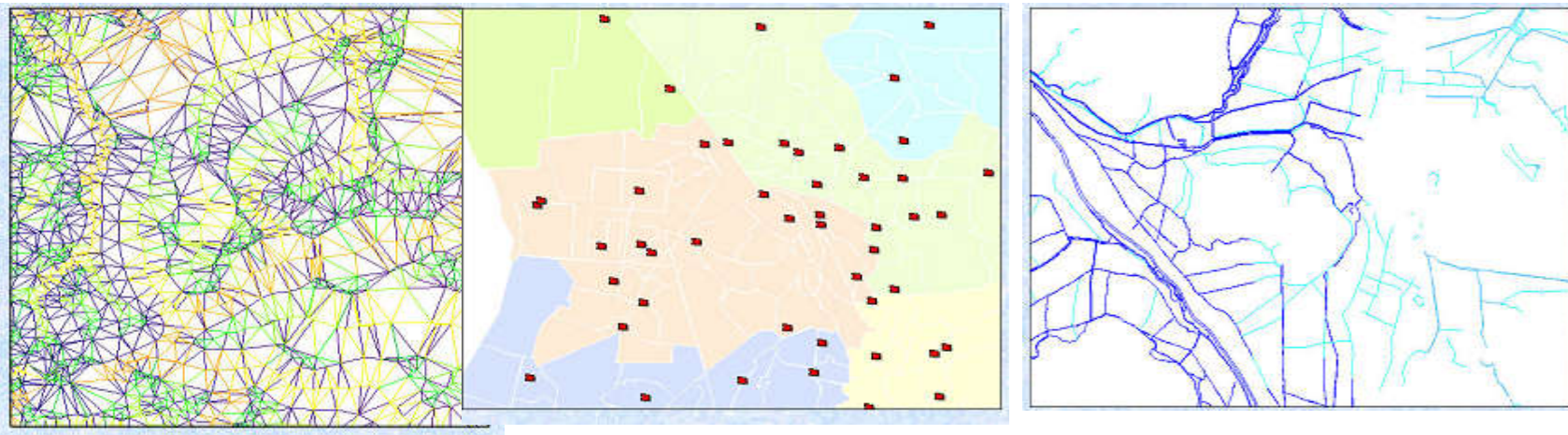


Dans un système en mode Raster (ou image), la description des objets et celle de leurs caractéristiques thématiques constituent des fichiers à structure unique. En fait, les entités spatiales décrites ne sont pas à proprement parler des objets spatiaux, mais des unités d'observation qui résultent de la subdivision de la zone d'étude en un maillage de cellules rectangulaires. Chaque cellule contient une valeur numérique qui peut représenter soit un identificateur d'appartenance à un objet spatial, soit une catégorie, classe ou valeur numérique. Bien que l'information stockée dans cette structure en maille (raster) ne soit pas nécessairement visible dans le paysage, elle est appelée image et les éléments qui constituent, les cellules, sont appelés pixels.

Pour visualiser ces images à l'écran ou sur support papier, les valeurs de leurs pixels sont simplement remplacées par des symboles graphiques tels que des couleurs, des textures ou des tons dégradés.

Mode de représentation géométrique sous forme de **Vecteur**

- Points (aéroport, école primaire publique, ...),- Lignes (cours d'eau, canaux, réseau routier,...),- Surfaces (quartiers, lacs, marais...)



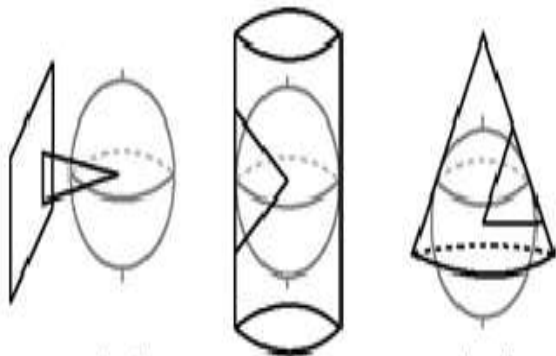
Avec la représentation en mode vecteur, les limites ou les bordures des objets sont décrites par une séquence de points qui, joints par des lignes, forment la représentation graphique de cet objet. Chaque point est décrit par une paire de coordonnées X, Y dans un système de référence. Les objets spatiaux et leurs attributs seront stockés, conjointement, dans la base de données relationnelle à l'aide d'un système de gestion de base de données (SGBD)

Les systèmes de projection et de représentation cartographiques

La localisation spatiale des objets nécessite un système de référence, appelé géoréférence. Les géoréférences servent à établir une correspondance entre la position des entités géographiques à la surface de la terre et leur localisation dans la base de données. Les projections permettent la traduction de phénomènes se déroulant à la surface de la sphère terrestre vers un plan. Cela se fait par l'intermédiaire de deux figurations géométriques de la terre : le géoïde et l'ellipsoïde.

Les systèmes de projection cartographiques

Un système de projection cartographique permet de convertir une portion de l'ellipsoïde en une surface plane. Les projections transforment les coordonnées sphériques (Latitude/Longitude) en coordonnées cartésiennes (X, Y métriques). Cette transformation trigonométrique est souvent accompagnée par une déformation de l'espace transposé. Trois types de projections sont associés aux différents systèmes géodésiques : la projection cylindrique, la projection conique et la projection azimutale



projection
azimutale

projection
cylindrique

projection
conique

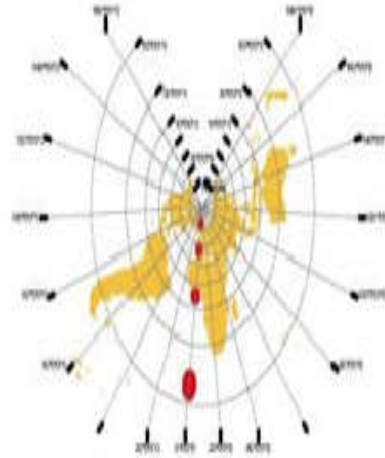


tangent

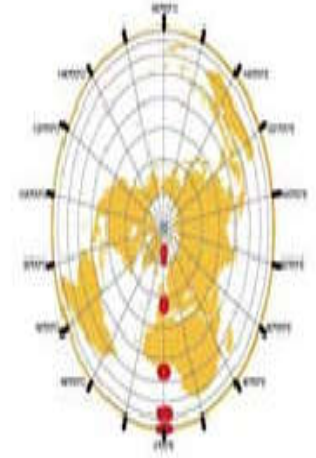


sécant

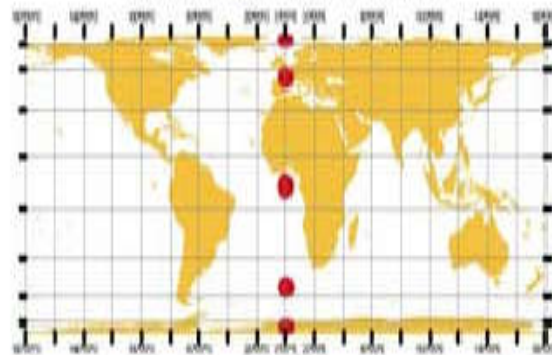
conique conforme



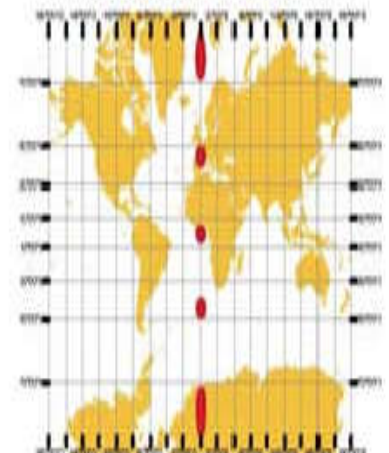
azimut aphyllactique



cylindrique équivalente

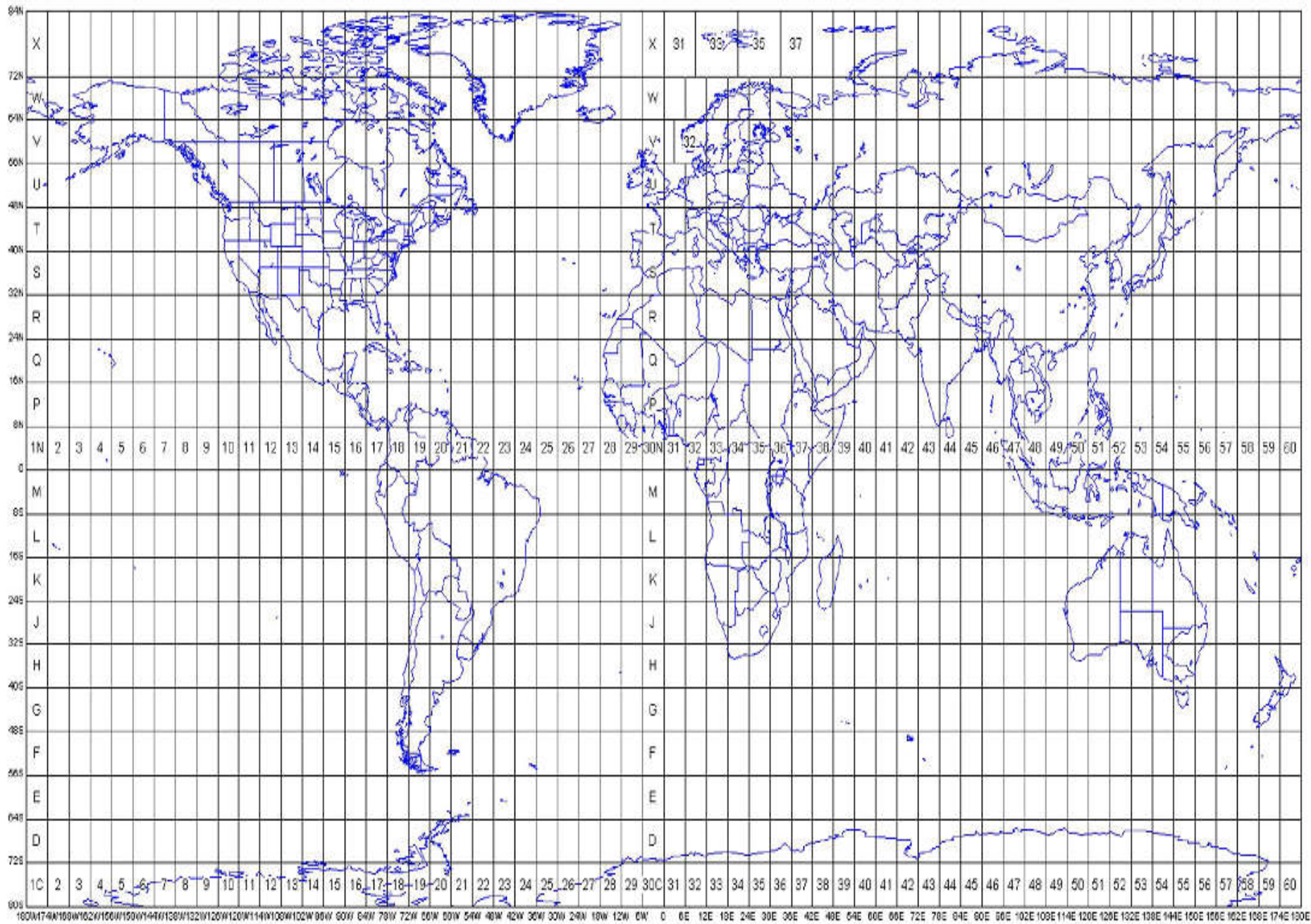


cylindrique conforme



Projections cylindrique de Mercator

La projection se fait sur un cylindre tangent à l'équateur. Comme les méridiens ne sont pas concourants dans la projection de Mercator, les déformations sont assez importantes aux pôles. La projection de Robinson permet d'atténuer un peu ces déformations. La projection Universal Transverse Mercator (UTM) se fait sur un cylindre tangent à un méridien. C'est le système qu'on va utiliser dans ce qui suit pour toutes les cartes. Ce système divise le monde en 60, dont chacun couvre 6° de longitude. Le territoire algérien se trouve sur le fuseau N°29- 30-32. Il utilise des coordonnées rectangulaires en mètres.



160°W 174°W 168°W 162°W 156°W 150°W 144°W 138°W 132°W 126°W 120°W 114°W 108°W 102°W 96°W 90°W 84°W 78°W 72°W 66°W 60°W 54°W 48°W 42°W 36°W 30°W 24°W 18°W 12°W 6°W 0 6°E 12°E 18°E 24°E 30°E 36°E 42°E 48°E 54°E 60°E 66°E 72°E 78°E 84°E 90°E 96°E 102°E 108°E 114°E 120°E 126°E 132°E 138°E 144°E 150°E 156°E 162°E 168°E 174°E 180°E

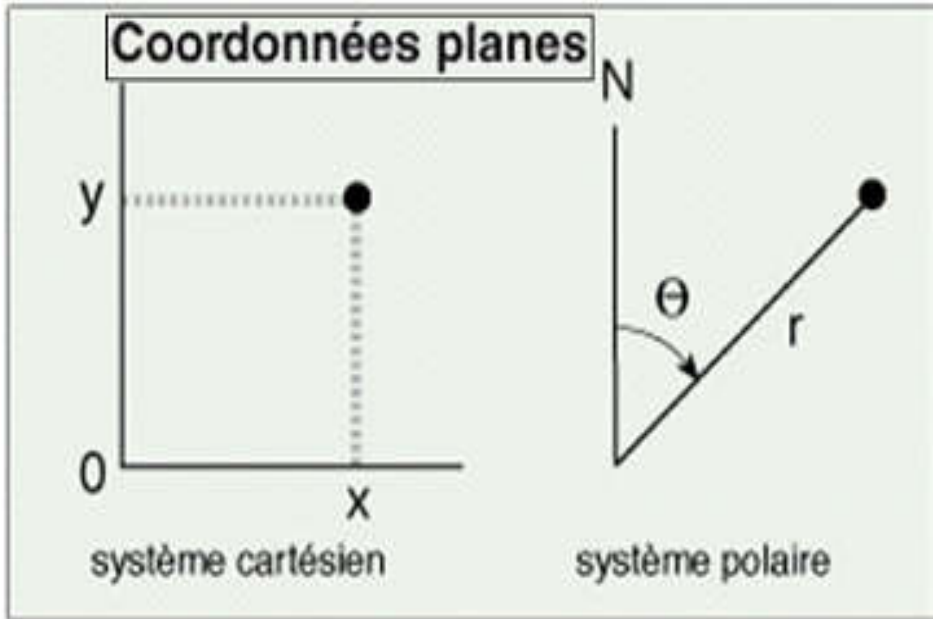
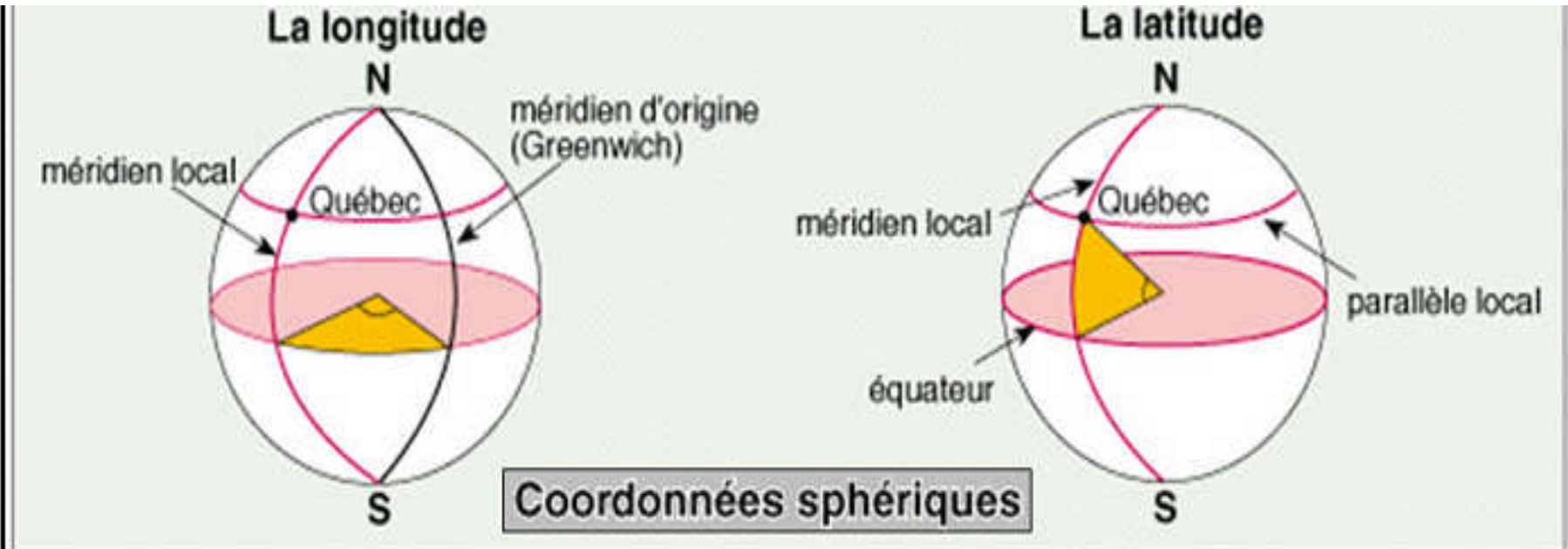
Alan Morton

Projection conique de Lambert

C'est une projection conforme sur un cône tangent à un parallèle. La projection Lambert est une projection conique conforme. Ceci signifie que l'altération angulaire est toujours nulle mais il n'y a pas conservation des surfaces. Les méridiens sont représentés par des droites concourantes au pôle, les parallèles passent par des cercles centrés sur le pôle. En algérie on utilise Lambert nord et sud

Les systèmes de coordonnées

Les géoréférences constituent le fondement du système vectoriel des SIG. Chaque point de la Géodatabase est représenté par à une paire de coordonnées (X, Y). On distingue deux catégories de coordonnées géographiques : les coordonnées planes ou cartésiennes, exprimées en mètres ou en Km et les coordonnées sphériques



Ces dernières sont de deux types. Les premières sont basées sur l'ellipsoïde international WGS84, ayant pour méridien d'origine le méridien de Greenwich et exprimées en degrés. Les secondes sont basées sur l'ellipsoïde de Clarke 1880, et ayant pour méridien d'origine le méridien de Paris (2,596898), et exprimées en grades.

Choix d'un système de coordonnées Le choix du système de référence et de coordonnées pour le S.I.G. est toujours délicat car il s'agit d'avoir un compromis entre la simplicité d'acquisition et de mise à jour des données, mais aussi la capacité à étendre le domaine d'étude. Dans la phase d'inventaire des points d'eau, on a utilisé les coordonnées géographiques sphériques (° ;') données par GPS. Pendant la phase de numérisation des cartes on a utilisé des coordonnées planes de type UTM, puisque il s'agit d'une zone d'étude relativement vaste (assemblage de 20 cartes à échelle 1/50.000). Les coordonnées Lambert ne sont pas utilisées pour éviter les erreurs de conversion entre Lambert Nord et Lambert Sud. Toutes les cartes thématiques sont éditées en coordonnées planes de type UTM.

Le choix a été basé sur les possibilités de travail à plus grande échelle qu'offre ce système.

Le passage d'un système à l'autre est facilité par des logiciels de transformation de coordonnées tels que arcgis

1. Elaboration d'une base de données sous SIG

Elle représente le cœur du SIG qu'on se propose d'élaborer et organise les données en couches thématiques et en représentation spatiale. Il s'agit d'une banque de données, spatiales et sémantiques, hydrogéologiques et autres données qui sont en relation avec les ressources en eau. Elle prend en charge le stockage et la gestion des données spatiales informatisées dans les tables du système de gestion de bases de données relationnelle

1.1. Architecture de DataBase

La gestion des données est partagée entre les logiciels SIG et le logiciel de gestion de base de données. Certains aspects de la gestion comme le stockage, la définition des attributs et le traitement de requêtes, sont délégués au SGBD. L'application SIG contrôle la structure de SGBD spécifique pour garantir l'intégrité de deux composantes de la base de données (sémantique et spatiale). Les DataBases fonctionnent avec une gamme étendue d'architectures de SGBD et peuvent varier en taille et en nombre d'utilisateurs. Elles s'échelonnent des bases de données simples, mono-utilisateurs, peu volumineuses et élaborées par des logiciels simple de SGBD tel que Microsoft ACCESS jusqu'aux bases de données compliquées, plus volumineuses et manipulées par un groupe d'utilisateurs à travers une plateforme multi-logiciels plus développés tels que Oracle, SQL Server et ArcSDE d'Arc Gis. Il existe deux architectures de base de données, personnelles et multi-utilisateurs.

Dans ce travail, l'HydroGeoDataBase élaborée est basée sur M.Access comme SGBD. Il s'agit d'une base de données simple. Toutefois, elle peut évoluer vers une HydroGeoDataBase multiutilisateurs en fonction de la masse de données et des objectifs fixés

1.2- Les Composantes de DataBase On distingue habituellement deux types d'informations pour les données SIG: L'aspect graphique ou géométrique représentant les objets localisés géographiquement L'aspect sémantique donne une description, par des attributs, des objets spatiaux. Comme toutes bases de données relationnelles, DataBase est formée par deux composantes :

1.2-1- La composante descriptive

Elle comporte les données quantitatives et qualitatives des points d'eau inventoriés. Cette composante est créée sous Microsoft Access et structurée dans des tables liées par des relations spécifiques à fin d'éviter la redondance de données. Les objets Access (tables, requêtes, formulaires, états, Macros et modules) permettent de saisir, organiser, afficher, traiter, sélectionner et représenter une grande masse de données et les intégrer dans l'HydroGeoDataBase relationnelle. Cette composante comporte aussi attributs décrivant les cartes numérisées. Les attributs peuvent être saisis dans des tables attributaires (futures tables) avec des logiciels SIG ou dans des tables de valeurs (Values tables) sous M. Access.

1.2-2- La composante spatiale

Appelée aussi base de données cartographique, elle comporte toutes les données spatiales sous forme de cartes digitalisées. Cette composante est manipulée par les logiciels SIG déjà cités. Les objets sont représentés par des entités géométriques (points, lignes et polygones). Dans un SIG il est souhaitable de tenir compte de la topologie. Elle définit les relations de voisinage entre les objets géométriques. Avec les logiciels SIG, on peut combiner les deux composantes spatiales et sémantiques et obtenir des cartes thématiques (analytiques et synthétiques). L'import des données descriptives à partir de la composante Access se fait par connexion en mode SQL.

3- Exemple des données de l'HydroGeoDataBase

3.1 . Origine et acquisition de données

Dans un projet S.I.G., les données représentent 60 à 80 % du coût de la réalisation d'une base de données. Donc il est important de consacrer du temps à leur étude, tant de point de vue de l'analyse que de la préparation. Les informations, d'ordre Hydrologique, Hydrogéologique, Géologique, Topographique, socio-économiques, etc , nécessaires à la réalisation de ce travail ont été collectées de trois manières ? Travail de terrain ; ? Consultation d'anciens travaux de recherche et des études professionnelles sur la région ; ? Numérisation des cartes existantes.

3-1-1- Les données topographiques

Ces données sont sous forme de cartes topographiques. La numérisées par les logiciels SIG soit en utilisant la table de digitalisation soit en utilisant des fonds scannés : tout dépend de la qualité de l'information. Plusieurs couches d'informations sont numérisées à partir des cartes topographiques à savoir les courbes de niveau, le réseau hydrographique, le réseau routier, les points d'eau, les point côtés, les zones humides (sebkhas), la couverture végétale....

- **3-1-2- Les données géologiques**

Les données géologiques de surface sont sous formes de cartes géologiques existantes (échelle 1/50.000 et 1/100.000.....). Plusieurs couches d'informations sont extraites des cartes géologiques tels que la lithologie, faciès et âge des couches géologiques, perméabilité des faciès affleurants, failles, pendage des couches...

- **3-1-3- Les données climatiques**

Cette composante de l'HydroGeoDataBase demeure très importante pour le calcul de bilan hydrique des systèmes aquifères et la détermination des étages bioclimatiques. Les données pluviométriques, d'évaporation, d'insolation et de température sont extraites des archives Météorologie .

Tableau Les composantes thématiques de l'HydroGeoDataBase

Paramètres	Thèmes	Topologie	Mode d'acquisition	Origine
Topographie	Courbes de niveau	Arc (Ligne)	Numérisation	Carte Topo
Géologie	Lithologie	Polygone	Numérisation	Carte Géo
	Age géologique	Polygone	Numérisation	Carte Géo
	Perméabilité	Polygone	Numérisation	Carte Géo
Pédologie	Type de sol	Polygone	Numérisation	Carte Pédo
Hydrographie	Oueds temporaires	Arc	Numérisation	Carte Topo
	Oueds à écoulement permanent	Arc et polygone	Numérisation	Carte Topo
	Les Sebkhas	Polygone	Numérisation	Carte Topo
Tectonique	Les Failles	Arc	Numérisation	Carte Géo
Végétation	Couverture végétale	Polygone	Numérisation	Carte Topo
Points d'eau	Piézomètres	Point (label)	Numérisation	Inventaire
	Forages	Point	Numérisation	Inventaire
	Châteaux d'eau	Point	Numérisation	Carte Topo
	Lacs collinaires	Polygone	Numérisation	Carte Topo
	Barrages	Polygone	Numérisation	Carte Topo
	Sources	Point	Numérisation	Inventaire
Paramètres hydrodynamiques	Transmissivité	Arc	Numérisation interpolation	
	Coefficient d'emmagasinement	Arc	Numérisation Interpolation	
	Débits des forages	Arc	Interpolation	
Limites administratives	Gouvernorat	Polygone	Numérisation	
	Délégations	Polygone	Numérisation	
Réseau routier	Routes principales	Arc	Numérisation	Carte Topo
	Routes secondaires	Arc	Numérisation	Carte Topo
	Pistes	Arc	Numérisation	Carte Topo
	Autoroutes	Arc	Numérisation	Carte Topo
Limites des nappes	Nappes phréatiques	Polygone	Numérisation	croisement de données
	Nappes Profondes	Polygone	Numérisation	
Chimisme des eaux	Salinité	Arc	Numérisation Interpolation	Inventaire
	Eléments majeurs	Arc	Interpolation	Inventaire
	Faciès chimique	Arc	Interpolation	Inventaire
Lithologie des zones saturée et non saturée	Coupes litho-startigraphiques	Point	Corrélation	
Climatologie	Stations pluviométriques	Point	Numérisation	
	Pluviométrie	Arc	Interpolation	
	Température	Arc	Interpolation	
	Etage climatique	Polygone	Numérisation	