

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

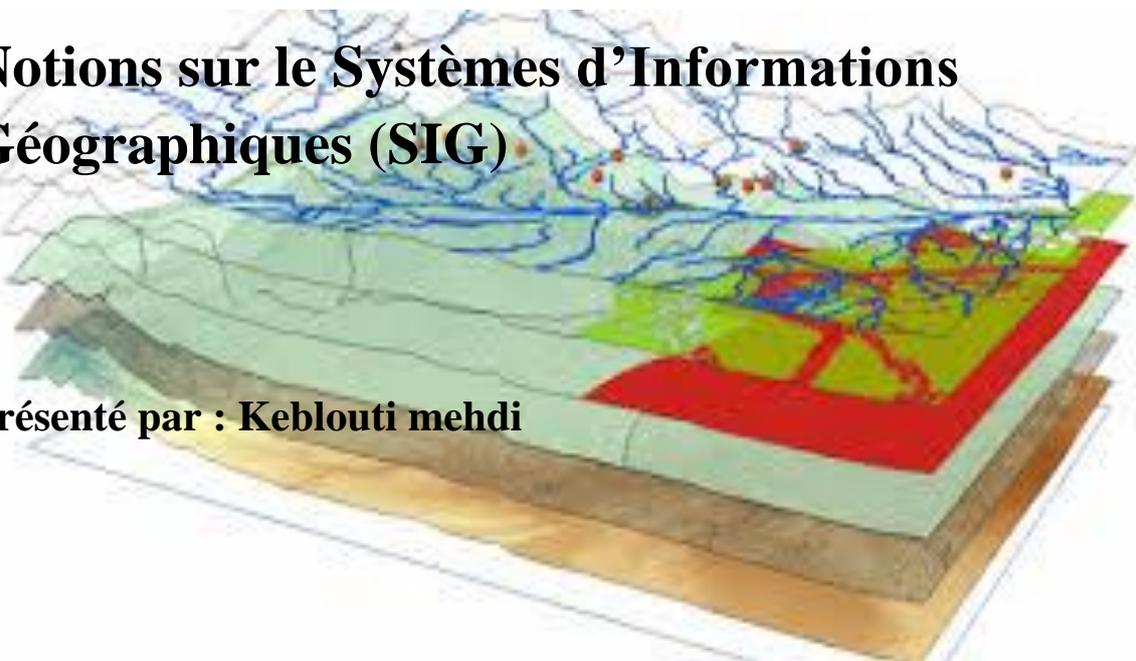
Centre Universitaire Abdelhafid-Boussouf –Mila-
Institut de science et technologie
Département de Génie Civil et d'hydraulique



Polycopié intitulé :

**Notions sur le Systèmes d'Informations
Géographiques (SIG)**

Présenté par : Keblouti mehdi



Année 2024-2025

PREAMBULE

L'eau est une ressource essentielle à la vie et a toujours joué un rôle fondamental dans l'organisation de l'espace humain. Les sociétés humaines se sont historiquement installées autour des points d'eau, formant des agglomérations dont les besoins en eau ne cessent de croître. Dans ce contexte, la gestion efficace des ressources en eau devient un impératif, nécessitant l'utilisation de systèmes avancés de gestion et de protection, notamment en matière d'adduction, de stockage et de distribution.

Les Systèmes d'Information Géographique (SIG) jouent un rôle clé dans cette gestion en permettant de collecter, analyser et visualiser des données spatiales relatives à l'eau, qu'il s'agisse d'eau potable, d'eau usée, d'irrigation ou d'autres types de fluides. Les SIG permettent de modéliser les réseaux hydrauliques, d'analyser les zones de distribution, d'optimiser la gestion des infrastructures et de prévenir les risques liés à l'eau (inondations, sécheresse, pollution, etc.).

Ce polycopié présente le contenu du module "Notions sur le Système d'Information Géographique" destiné aux étudiants de 3ème année de licence en hydraulique, au semestre 5. L'objectif est de fournir une introduction aux concepts et outils des SIG, avec un focus sur leur application dans la gestion de l'eau et des réseaux hydrauliques, en mettant en évidence l'importance de la cartographie et de l'analyse spatiale pour une gestion durable et optimisée des ressources en eau.

Ce polycopié se compose de cinq chapitres :

- ✚ Chapitre I : Système d'Information Géographique (SIG,
- ✚ Chapitre II : Représentation des données dans les SIG,
- ✚ Chapitre III : L'analyse en SIG et logiciels,
- ✚ Chapitre IV : Télédétection,
- ✚ Chapitre V : Exemple d'application des SIG et de la télédétection dans le domaine de l'eau.

Chapitre 01 :
Introduction au
systeme
d'information
géographique (SIG)

1. Définition de SIG

Un SIG : Système informatique permettant, à partir de diverses sources, de rassembler et d'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 et à la décision.
(Société française de photogrammétrie et télédétection, 1989)

SIG = Système + Information + Géographique

- **System** : combinaison d'éléments réunis de manière à former un ensemble
- **Information** : élément de connaissance susceptible d'être codé pour être conservé, traité ou communiqué.
- **Géographique** = Données géo-référencées.
- **Système d'information** = logiciel + matériel + base de données : intégrer, stocker, éditer, analyser, partager et afficher l'information géographique.

Plusieurs désignations

- **SIG** : Système d'Information Géographique en France
- **GIS** : Geographic Information System
- **SIRS** : Système d'Information à Référence Spatiale au Canada
- **SIL** : Système d'Information Localisée
- **SIT** : Système d'information sur le territoire

2. Composants de SIG

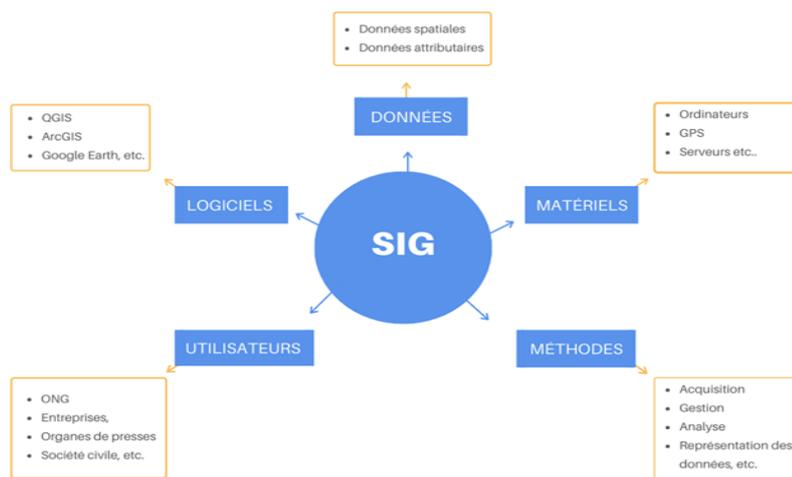


Figure I.1: Les composants d'un SIG

2.1. Les logiciels (software)

Un logiciel SIG est un logiciel conçu d'une manière à assurer leurs principales fonctions à savoir :

- un system d'Acquisition et manipulation de la donnée géographique
- Bases de données spatiales : Pour stocker les informations géographiques dans des formats organisés, comme PostGIS (extension pour Postgres), Oracle Spatial, ou Spatialite.

Il existe sur le marché un nombre important de logiciels :

- **1.Esri** :Produit phare : ArcGIS
 - Utilisé pour la cartographie, l'analyse spatiale et la gestion des données géographiques.
- **QGIS** :Logiciel open source, largement utilisé pour l'analyse spatiale et la cartographie.
- **MapInfo** :
 - Développé par Pitney Bowes, utilisé pour la cartographie et l'analyse géospatiale.
- **GRASS GIS** : Logiciel open source qui offre des capacités avancées d'analyse géospatiale.
- **GeoMedia** : Produit par Intergraph, utilisé pour l'intégration de données géospatiales.
- **AutoCAD Map 3D** : Intègre des outils de cartographie dans le logiciel AutoCAD, permettant la conception et l'analyse géospatiale.
- **Carto** : Plateforme cloud pour la visualisation et l'analyse des données géographiques.
- **Google Earth Engine** : Outil puissant pour l'analyse de grandes quantités de données géospatiales, souvent utilisé dans des applications environnementales.



Figure I.2 : Les logiciels SIG

2.2 Les données (data)

Une information localisée géographiquement est une donnée qui présente des objets localisés à la surface de la terre. A cette donnée géographique une donnée tabulaire est reliée ; l'ensemble des données est soit créé en interne, soit acquis de l'extérieur.

Sous SIG le monde réel est représenté avec deux types de données à savoir : la donnée en mode vecteur, la donnée en mode raster. Ces derniers sont collectées via des relevés de terrain, des satellites, des drones, des relevés GPS, des cartes anciennes, etc.

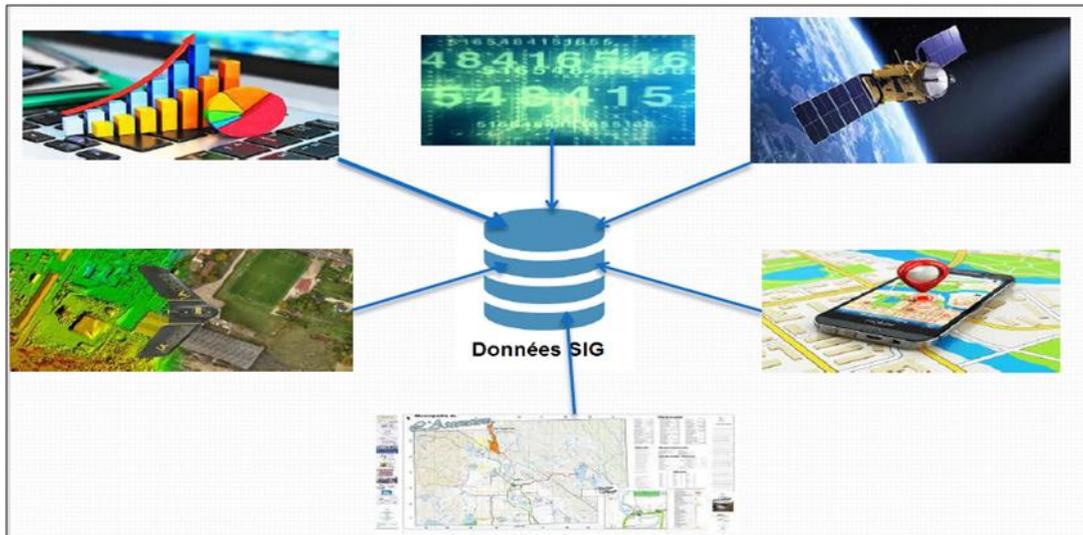


Figure I.3: Source données SIG

2.3. Le matériel informatique (hardware) : Un SIG pour qu'il puisse être conçu puis manipulé, a besoin :

- Ordinateurs : Des stations de travail puissantes pour traiter de grandes quantités de données spatiales.
- Serveurs : Pour héberger les données SIG et fournir un accès à distance à des utilisateurs multiples.
- Appareils de collecte de données : Tels que les GPS, drones, capteurs, ou stations totales pour recueillir des données géographiques directement sur le terrain.

Accessoirement, autres matériels sont utilisés, tels que :

- le scanner : utilisé pour passer de la donnée en format papier au format numérique (donnée raster) ;



Figure I.4: Le matériel dans un SIG**2.4. Méthodes (Le savoir-faire)**

Les procédures dans un SIG désignent les méthodes utilisées pour collecter, analyser et gérer les données, incluant la collecte sur le terrain, l'analyse spatiale, la modélisation géographique et les protocoles d'échange de données.

2-5. Les utilisateurs (personnel)

Les personnes qui utilisent et exploitent le SIG forment un composant crucial. Cela inclut :

- Experts SIG : Des spécialistes capables de concevoir, mettre en œuvre et maintenir le système.
- Analystes : Ceux qui utilisent le SIG pour interpréter les données, produire des cartes et des rapports.
- Décideurs : Les responsables qui utilisent les informations SIG pour prendre des décisions stratégiques dans divers domaines (urbanisme, gestion environnementale, gestion des catastrophes, etc.).

**Figure I.5:** Présentation des utilisateurs dans un SIG

Chacun selon ses besoins et sa profession. Néanmoins, on peut regrouper les domaines en trois principales catégories, à savoir :

- L'aménagement
- La gestion
- La recherche

3. Caractéristiques de SIG

Les Systèmes d'Information Géographique se distinguent par plusieurs caractéristiques uniques qui en font des outils puissants pour l'analyse et la gestion des données spatiales.

Voici les principales caractéristiques d'un SIG :

- Intégration des données spatiales et attributaires
- Multidimensionnalité
- Superposition des couches (Layering)
- Analyse spatiale
- Visualisation cartographique avancée
- Gestion des grandes quantités de données
- Capacité d'interopérabilité
- Fonctionnalité d'édition des données géographiques
- Projection cartographique et transformation de coordonnées
- Modélisation et simulation géographique
- Analyse temporelle

4. Bref historique

Maguire (1991) distingue trois périodes principales dans l'évolution des 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 SIG, développements des applications SIG, mise en réseau (bases de données distribuées, avec depuis les années 1990, des applications SIG 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...), apparition de « logiciels libres » ou d'outils dédiés aux pratiques coopératives

Dès les années 2000 à nos jours :

Technologies avancées et accessibilité (années 2000) : Dans les années 2000, les SIG se démocratisent grâce aux logiciels open source et aux plateformes en ligne comme Google Earth, tandis que l'intégration du GPS facilite la collecte de données sur le terrain

Intelligence artificielle et Big Data (années 2010 et au-delà)

Depuis 2010, l'intégration de l'intelligence artificielle et du Big Data dans les SIG permet des analyses spatiales avancées et la modélisation prédictive, tandis que leur utilisation s'étend à des domaines variés, comme la planification urbaine et la gestion des ressources naturelles, et évolue avec les nouvelles technologies telles que les drones et les capteurs

5 .Les objectifs des SIG

Un système d'information géographique doit répondre à cinq questions, quel que soit le domaine d'application :

Où ? Recherche spatiale d'objets par rapport à leurs caractéristiques.

Quoi ? Recherche de caractéristiques d'objets par rapport à leur positionnement.

Comment ? : Recherche de relations qui existent entre différents objets, création d'une nouvelle information par croisement d'informations.

Quand ? Recherche de changements intervenus sur les données.

Et si ? Définir en fonction de certaines hypothèses l'évolution du terrain, étude d'impact.

6. Les fonctions de SIG 5A

6.1. Acquisition (Capture des données) :

Cette fonction consiste à collecter et intégrer des données géographiques et attributaires dans le SIG. La capture des données peut se faire à partir de diverses sources et dans différents formats :

- Données terrain
- Images satellites et aériennes
- Données cartographiques
- Données de capteurs
- Bases de données existantes

Cette étape est cruciale pour garantir la qualité et la précision des données utilisées dans le SIG.

6.2 Analyse (réponses aux requêtes)

L'analyse est l'une des fonctions les plus puissantes du SIG. Elle permet de répondre aux requêtes en appliquant une variété d'outils pour **traiter, comprendre et révéler des relations** dans les données spatiales. Il existe plusieurs types d'analyses dans un SIG :

L'analyse SIG permet aux utilisateurs de **répondre à des questions complexes** et de **prendre des décisions éclairées**.

6.3. Affichage (Visualisation et restitution graphique)

L'affichage dans un SIG est essentiel pour représenter visuellement les données géographiques sous forme de cartes, graphiques ou modèles 3D, facilitant l'interprétation et la communication des résultats. Cela inclut des cartes thématiques sur des sujets spécifiques, des cartes dynamiques interactives, la modélisation 3D du terrain et des infrastructures, ainsi que la symbolisation pour améliorer la lisibilité. Cet outil est crucial pour la prise de décision dans divers domaines tels que l'urbanisme, la gestion des ressources et la gestion des catastrophes.

6.4. Archivage (Stockage des données)

L'archivage dans un SIG désigne sa capacité à stocker, gérer et organiser efficacement des données spatiales à long terme, garantissant leur accessibilité et sécurité, notamment grâce à des bases de données spatiales comme PostGIS et des métadonnées sur les données. De plus, l'hébergement dans le cloud facilite l'accès partagé et la gestion des volumes croissants de données, assurant une organisation optimale et une récupération aisée.

6.5 Abstraction :(modélisation de l'information)

Elle permet de gérer et de visualiser des données géographiques en simplifiant leur représentation tout en préservant les informations essentielles, grâce à des fonctionnalités telles que la simplification des données, le filtrage des attributs, la visualisation dynamique et l'analyse spatiale.

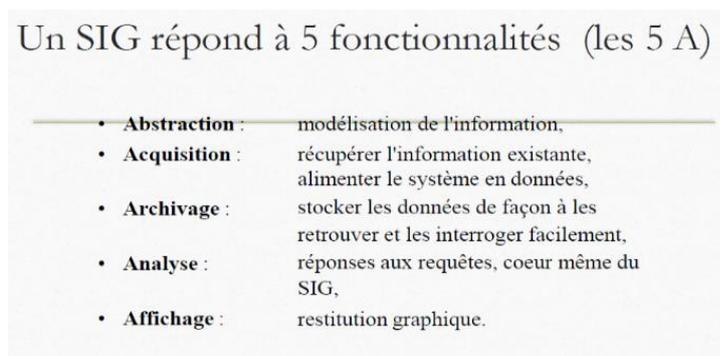


Figure 1.6: Les fonctionnalités du SIG.

7. Coordonnées et systèmes de projection

7.1 La notion de coordonnées

7.1.2 Les principaux éléments d'un système de coordonnées géographiques

- **Parallèle** : cercle parallèle à l'équateur. Ils sont de plus en plus petits lorsqu'on s'éloigne de l'équateur. Leur longueur varie de 0 km aux pôles à ± 40.000 km à l'équateur (parallèle de référence : équateur).
- **Méridien** : demi-cercle passant par les deux pôles. Ils ont tous la même longueur : ± 20.000 km (méridien de référence : méridien de Greenwich).
- **Latitude** : distance angulaire d'un lieu à l'équateur ; cette distance s'exprime en degré et se mesure sur le méridien du lieu, de l'équateur vers le lieu. C'est donc un angle orienté soit Nord, soit Sud.
- **Longitude** : distance angulaire d'un lieu au méridien de Greenwich ; cette distance s'exprime en degré et se mesure sur le parallèle du lieu du méridien de Greenwich vers le lieu. C'est donc un angle orienté soit Ouest, soit Est.
- **Coordonnée géographique** : ensemble de la latitude et de la longitude d'un lieu s'écrivant, par exemple, comme suit $25^{\circ}\text{N } 56^{\circ}\text{E}$.
- **L'ellipsoïde (ou sphéroïde) de référence** : La Terre est approximée par un ellipsoïde car elle n'est pas parfaitement sphérique. Un ellipsoïde est défini par sa taille (son demi-grand axe) et son aplatissement (différence entre le rayon à l'équateur et celui aux pôles).
- **Le datum géodésique** : Un datum est une référence qui définit comment positionner l'ellipsoïde sur la Terre. Il peut être global (comme le WGS84) ou local, spécifiquement ajusté pour une région.
- **Géodésie** : La géodésie est la science qui étudie la forme et les dimensions de la Terre. Cette deuxième partie abordera les différentes manières d'exprimer des coordonnées, et comment cela se traduit dans un logiciel SIG.

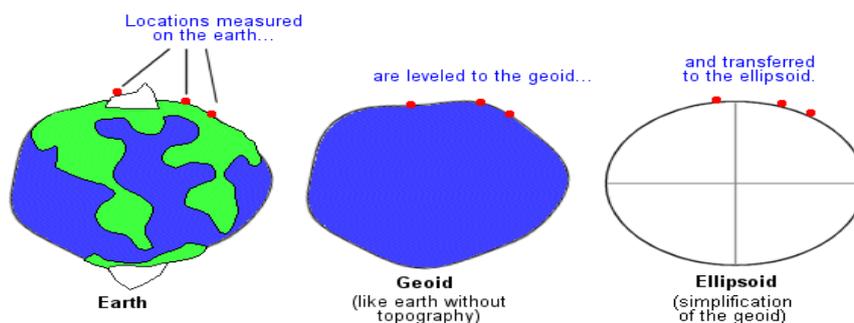


Figure I.7: Présentation forme de la terre

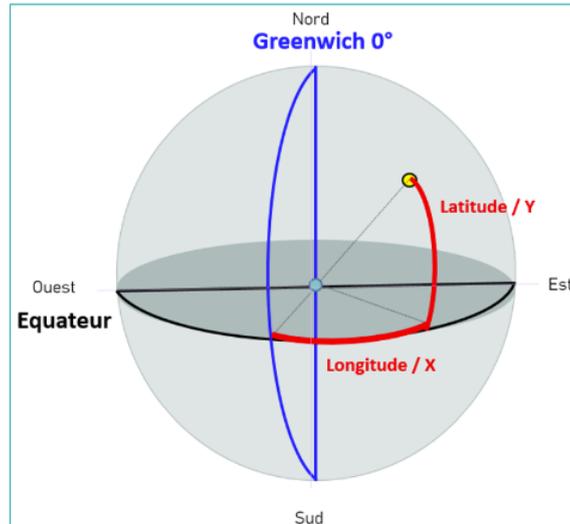


Figure I.8: Les coordonnées Géographiques.

7.2 Systèmes géodésiques et projections

Il existe deux types différents de systèmes de référence de coordonnées : les systèmes de coordonnées géographiques et les systèmes de coordonnées projetées

7.2.1 Systèmes de coordonnées géographiques

Les coordonnées géographiques permettent de localiser un lieu sur la terre grâce à trois mesures : l'altitude, la longitude et latitude. Les coordonnées géographiques sont notamment utilisées par le GPS.

7.2.1.1 Système de coordonnées géographiques courants

- WGS84 (World Geodetic System 1984) ;
- NAD83 (North American Datum 1983) ;
- GCS (Geographic Coordinate System.

-Datum et systèmes de coordonnées utilisés en Algérie

a) Système géodésique Nord Sahara 1959 Le **NORD SAHARA** est un système géodésique, créé par IGN (Institut géographique national) dans les années 50 pour l'Algérie. L'utilité du système de coordonnées Nord Sahara est de pouvoir faire des mesures de distance et d'angles sur carte. Le système de coordonnées comprend plusieurs éléments:

- La projection utilisée. UTM (Universal Transverse Mercator).
- Le système d'unité : Ex le mètre ou pied
- L'ellipsoïde de référence ex: Clarke 1880 anglais

- La position de l'origine
- Caractéristiques du réseau géodésique

b) WGS84 (World Geodetic System 1984)

- **WGS84** est le système de référence global le plus couramment utilisé aujourd'hui, y compris en Algérie, en raison de sa compatibilité avec les technologies modernes telles que le GPS.
 - **Coordonnées** : Latitude et longitude en degrés décimaux.
 - **Ellipsoïde** : WGS84, qui représente approximativement la forme de la Terre à l'échelle mondiale.
 - **Utilisation** : WGS84 est utilisé pour la navigation GPS, la cartographie numérique, les systèmes SIG et les applications satellitaires. Il est particulièrement utile pour les projets nécessitant une couverture globale ou régionale, tels que les systèmes de navigation routière, la gestion des ressources naturelles, et les études environnementales.

7.2.2 Système de coordonnées projetées

Lorsqu'on utilise une projection, on parle de coordonnées projetées. Ces coordonnées sont par définition bidimensionnelles, et seront exprimées généralement en unités métriques. Une projection permet donc de représenter sur une surface plane une partie d'un modèle ellipsoïdal.

7.2.2.1 Trois grands types de projections : cylindriques, coniques et azimutales

Dans tous les cas, on va projeter la surface de la terre sur une forme que l'on peut dérouler pour obtenir une surface plane : un cylindre, un cône ou un plan. On distingue ainsi les projections cylindriques, coniques et azimutales.

Il existe d'autres types de projections.

- La projection cylindrique (système Mercator) ;
- La projection conique (système Lambert) ;
- Projections azimutales (ou planes).

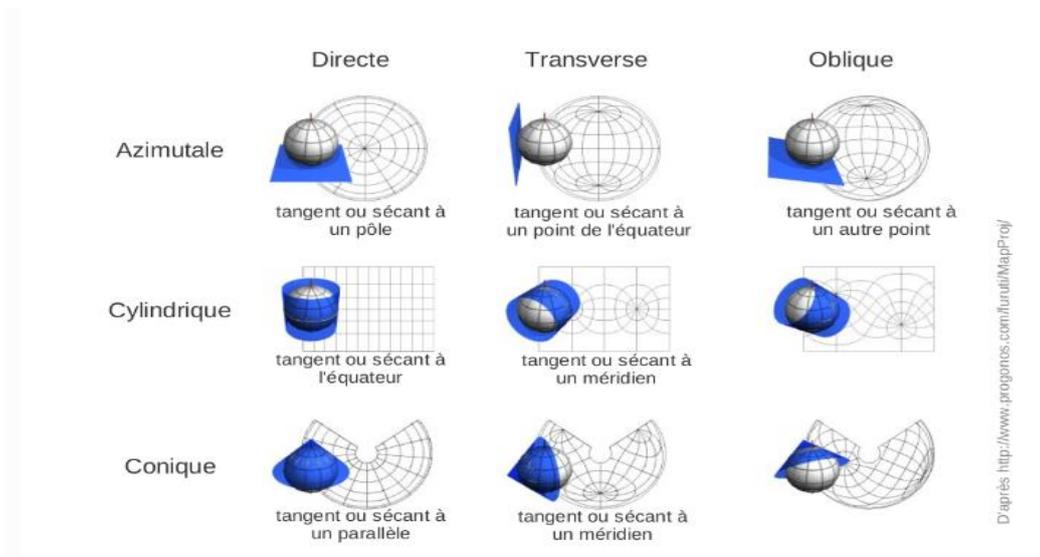


Figure I.9: Présentation des types de projection

7.3 Systèmes de projection utilisés en Algérie

7.3.1 Projection UTM (Universal Transverse Mercator)

La projection de Mercator, l'une des plus anciennes (1569), il s'agit en fait d'une série de projections cylindrique transverse conforme c'est-à-dire elle conserve les angles. Le monde étant divisé en 60 fuseaux de 6° de longitude. Une projection différente est utilisée pour chaque fuseau : le cylindre utilisé subit à chaque fois une rotation légèrement différente

Pour l'Algérie, c'est la projection UTM qui est utilisée actuellement. Dont chaque zone UTM couvre 6° de longitude. L'Algérie occupe 04 fuseaux : n°29, n°30, n°31 et n°32 Il y'a donc 4 zones (fuseaux).

Ellipsoïde : WGS84, utilisé conjointement avec la projection UTM.

Utilisation : La projection UTM est largement utilisée en Algérie pour la cartographie à grande échelle, notamment pour les projets d'infrastructure, de gestion des ressources naturelles, de planification urbaine, et pour les travaux géodésiques modernes.

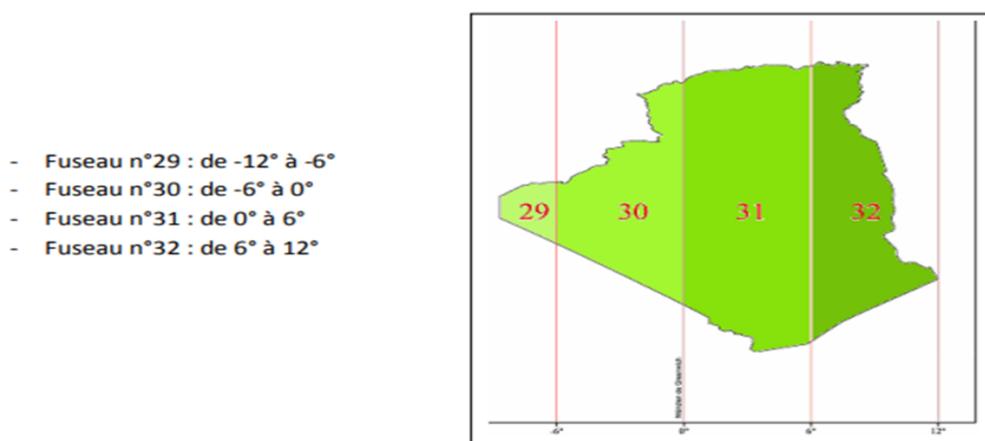


Figure I.10: Fuseaux de la projection UTM en Algérie

7.3.1 Projection Lambert

C'est une projection conforme, conique utilisée pour la cartographie de l'Algérie au 1/50 000 de 1943 à 1960. Un quadrillage kilométrique de couleur rouge appelé "corroyage Lambert" . La projection Lambert Conformale Conique est également utilisée dans certains contextes, surtout pour les cartes topographiques ou les grandes surfaces. Elle est adaptée aux régions de grande étendue en latitude, comme l'Algérie.

Utilisation : Cette projection peut être utilisée pour certaines applications topographiques et pour les cartes à petite échelle couvrant des portions importantes du territoire algérien.

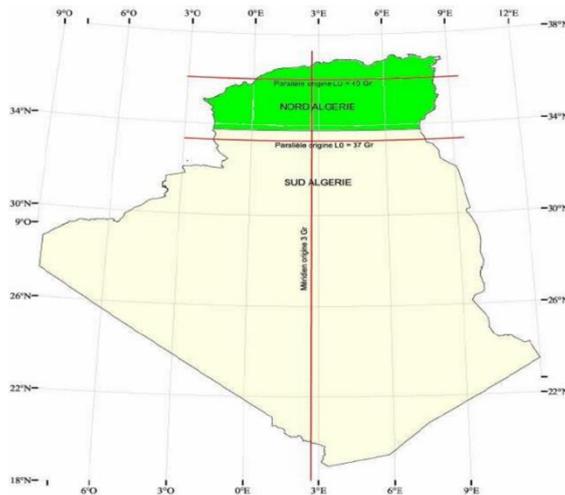


Figure I.11: Projection Lambert en Algérie

NB:

- Projection des points de l'ellipsoïde sur un plan, sur la surface d'un cône ou d'un cylindre peuvent être développées).
- Une projection est basée sur un système de coordonnées géographiques.
- Permet le calcul de distances et de surfaces.
- Cause des déformations inévitables : il faut le minimiser en optimisant la projection à étudiée. Une projection peut être conforme (conservation des angles), équivalente (conservation des surface) ou équidistance (conservation des distances), mais pas les ensembles.
- Un même point aura des coordonnées différentes selon la projection utilisée

7.3.3 Différence entre un système de coordonnées géographiques et un système de projection

- Un système de coordonnées géographiques (SCG) représente la surface de la terre en utilisant des coordonnées angulaires (latitude et longitude), tandis qu'un système de projection cartographique transforme ces coordonnées pour les représenter sur une surface plane (comme une carte papier ou un écran).
- Par exemple, le SCG WGS84 utilise des coordonnées angulaires, tandis que la projection UTM (Universal Transverse Mercator) projette ces coordonnées sur un plan en utilisant des mètres ou des kilomètres.

8. Domaine d'application

Les SIG sont des dispositifs technologiques qui facilitent la collecte, le stockage, l'analyse et la visualisation de données géospatiales. Dans différents secteurs tels que la planification urbaine, la gestion de l'environnement, les services d'urgence, le transport et l'agriculture, ils sont employés afin de simplifier la prise de décision en fonction de l'emplacement et de la répartition spatiale des phénomènes.

Les SIG sont appliqués dans presque tous les domaines, à savoir :

- **Tourisme** : Gestion des infrastructures touristiques.
- **Marketing** : Localisation des clients, analyse de sites commerciaux.
- **Planification urbaine** : Cadastre, gestion des voiries et des réseaux d'assainissement.
- **Agriculture** : Génie rural, gestion des ressources en eau, suivi et prévision des récoltes.
- **Santé** : Épidémiologie, répartition des services de santé, gestion des crises sanitaires.
- **Transport** : Planification des transports urbains, optimisation des itinéraires.
- **Hydrologie** : Suivi des zones à risque, prévention des catastrophes naturelles (inondations).
- **Forêt** : Gestion et conservation des ressources forestières.
- **Géologie** : Prospection minière et études géologiques.
- **Biologie** : Études du déplacement des animaux et gestion des habitats.
- **Télécommunications** : Implantation d'antennes pour les réseaux mobile

