

Système d'informations géographiques (SIG)

1 Généralités sur le système d'informations géographiques

1.1 Systèmes d'informations géographiques (SIG) et cartographie :

Le système d'information géographique combiné à la cartographie permet de réaliser des documents cartographiques, bien qu'il apparaisse comme un outil incontournable permettant d'organiser les couches d'informations et de les analyser dans le but d'en extraire les données. L'utilisation d'un SIG pour la gestion des ressources forestières concerne essentiellement la cartographie du terrain à étudier (les différentes cartes réalisées)

Les cartes réalisées de manière traditionnelle ne sont plus adaptées aux besoins actuels. La complexité et la diversité des données relatives à l'environnement ont favorisé le développement de systèmes capables de répondre aux besoins de collecte, d'analyse et de représentation de phénomènes environnementaux. Les Systèmes d'Information Géographique (SIG) et la télédétection sont devenus des outils incontournables pour la compréhension et le suivi des phénomènes dynamiques et, une nécessité pour l'orientation d'investissement et disposer d'arguments valables pour la prise de décisions (Missoumi et Tadjerouni, 2003).

1.2 Définition de SIG

De nombreuses définitions d'un système d'information géographique (SIG) existent. Pour On ne retiendra que les définitions les plus simples, on peut se référer aux deux définitions suivantes :

Selon Berger *et al* (2005), un SIG peut être défini comme un ensemble de coordonnées d'opérations généralement informatisées destinées à transcrire et à utiliser des données géographiques sur un même territoire. Ce dispositif vise particulièrement à combiner au mieux les différentes sources accessibles: bases de données, savoir-faire, capacité de traitement selon les applications demandées.

La seconde définition retenue est comme suit : Le SIG est l'ensemble des matériels et logiciels informatiques ainsi que des données géographiques avec lesquels les utilisateurs interagissent pour intégrer, analyser et visualiser les données, identifier les relations, les schémas et les tendances et trouver des solutions aux problèmes. Ce système est destiné à la capture,

au stockage, à la mise à jour, à la manipulation, à l'analyse et à l'affichage des informations géographiques. Un SIG sert habituellement à représenter des cartes sous forme de couches de données qui peuvent être étudiées et utilisées à des fins d'analyse (ESRI, 2004).

1.3 Historique :

On cite souvent comme première 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. (On peut faire du SIG sans ordinateur).

Le développement des SIG dans la science et l'aménagement du territoire a été possible par l'avancée de la technologie informatique, et encouragé par la prise de conscience environnementale et de nouvelles approches scientifiques transdisciplinaires, intégratrices. Depuis les années 1970, notamment depuis le sommet de la Terre à Rio de Janeiro en 1992 qui a généré une demande croissante de cartes présentant l'état de l'environnement et utiles pour mesurer les impacts du développement (Kodjo, 2008).

Maguire *et al* (1991), distinguent des périodes principales dans l'évolution des SIG comme le résume le tableau 1

Tableau 1: Les périodes principales dans l'évolution des SIG

Période	Evolution de SIG
fin des années 1950	début de l'informatique, premières cartographies automatiques.
milieu des années 1970	
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...)

1.4 Questions auxquelles peuvent répondre les SIG :

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

- **Où** : où se situe le domaine d'étude et quelle est son étendue géographique ?
- **Quoi** : quels objets peut-on trouver sur l'espace étudié ?
- **Comment** : comment les objets sont-ils répartis dans l'espace étudié, et quelles sont leurs relations ? C'est l'analyse spatiale.
- **Quand** : quel est l'âge d'un objet ou d'un phénomène ? C'est l'analyse temporelle.
- **Et si** : que se passerait-il s'il se produisait tel événement ?

1.5 Les domaines d'application :

Les domaines d'application des SIG sont aussi nombreux que variés. Habert (2000), donne une liste de ces principales applications:

- Tourisme (gestion des infrastructures, itinéraires touristiques)
- Marketing (localisation des clients, analyse du site)
- Planification urbaine (cadastre, voirie, réseaux assainissement)
- Protection civile (gestion et prévention des catastrophes)
- Transport (planification des transports urbains, optimisation d'itinéraires)
- Hydrologie
- Forêt (cartographie pour aménagement, gestion des coupes et sylviculture)
- Géologie (prospection minière)
- Biologie (études du déplacement des populations animales)
- Télécoms (implantation d'antennes pour les téléphones mobiles)

2 Architecture et fonctionnement d'un SIG :

2.1 Les composants d'un SIG :

Un SIG est constitué de cinq composants majeurs tels que présentés par le schéma ci-dessous: (figure 3) (Net, 2).

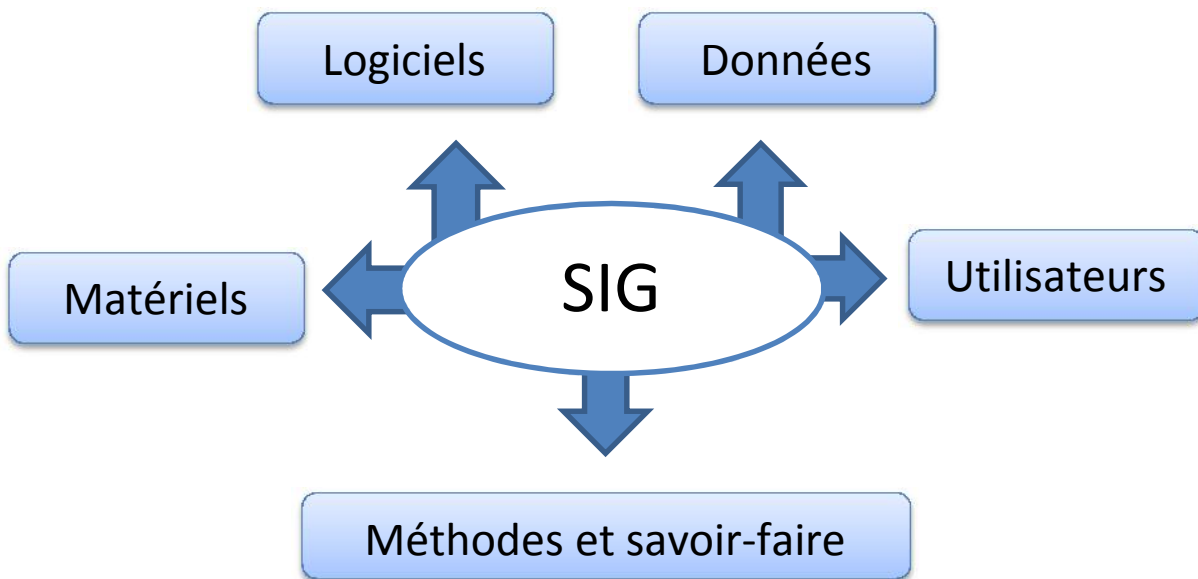


Figure 3 : Les composants d'un SIG

1) Les matériels informatiques :

Les SIG fonctionnent aujourd'hui sur une très large gamme d'ordinateurs des serveurs de données aux ordinateurs de bureaux connectés en réseau ou utilisés de façon autonome.

2) Les logiciels :

Ils assurent les 6 fonctions suivantes :

1. saisie des informations géographiques sous forme numérique (*Acquisition*)
2. gestion de base de données (*Archivage*)
3. manipulation et interrogation des données géographiques (*Analyse*)
4. mise en forme et visualisation (*Affichage*)
5. représentation du monde réel (*Abstraction*)
6. la prospective (*Anticipation*)

Selon la même source (Net 2), les logiciels qui sont utilisables dans le domaine des systèmes d'information géographique il y a : L' ARCGIS, MAPINFO, ENVIE, ERDAS, SURFER...

3) Les données :

Les données sont certainement les composantes les plus importantes des SIG. Les données géographiques et les données tabulaires associées peuvent, soit être constituées en interne, soit acquises auprès de producteurs de données.

4) Les utilisateurs :

Un SIG étant avant tout un outil, c'est son utilisation (et donc, son ou ses utilisateurs) qui permet d'en exploiter la quintessence. Les SIG s'adressent à une très grande communauté d'utilisateurs depuis ceux qui créent et maintiennent les systèmes, jusqu'aux personnes utilisant dans leur travail quotidien la dimension géographique. Avec l'avènement des SIG sur internet, la communauté des utilisateurs de SIG s'agrandit de façon importante chaque jour et il est raisonnable de penser qu'à brève échéance, nous serons tous à des niveaux différents des utilisateurs de SIG.

5) Méthodes et savoir-faire :

La mise en œuvre et l'exploitation d'un SIG ne peut s'envisager sans le respect de certaines règles et procédures propres à chaque organisation. Un SIG fait appel à une connaissance technique et à divers savoir-faire et donc divers métiers qui peuvent être effectués par une ou plusieurs personnes.

2.2 Les données géographiques (raster / vecteur) :

Les Systèmes d'Information Géographique exploitent deux différents types de modèles géographiques (IAAT, 2003), (figure 4) :

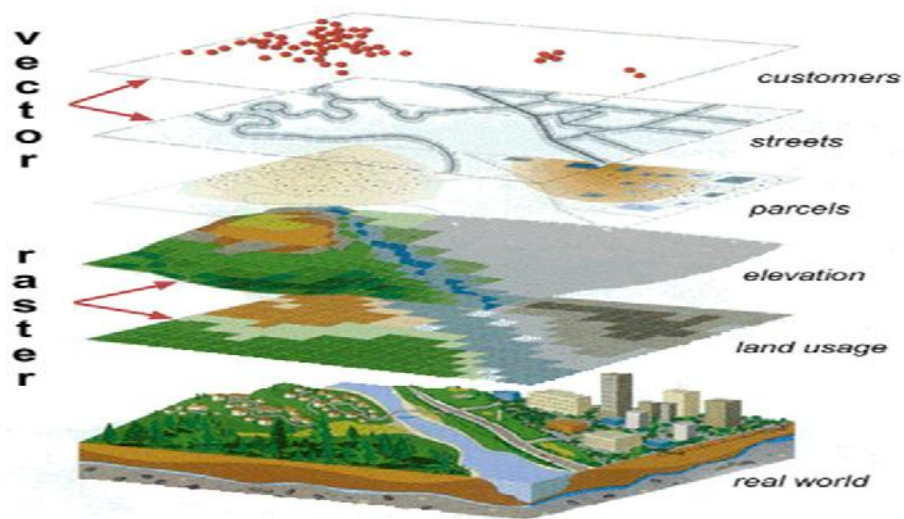


Figure 4 : Deux différents types de modèles géographiques

2.2.1 Donnée « raster » :

La donnée raster ou maillée donne une information en chaque point du territoire à partir d'appareil photo ou de caméra aéroportée (avion, ballon, ...) il est possible d'avoir de nombreux détails de la surface de la terre.

Elle peut être scannée, numérique ou orthorectifiée (corrigée des déformations d'échelle)

Plan scanné ou carte scannée: la carte scannée est un bon référentiel visuel car elle est souvent issue de carte papier destinée au grand public (plan cadastral, carte routière).

Image satellite: image issue de capteurs embarqués dans des satellites d'observation placés sur des orbites. Elle doit subir plusieurs traitements radiométriques et géométriques avant d'être utilisable dans un SIG.

Image satellite radar: image enregistrée par des capteurs embarqués dans des satellites d'observation Elle représente la réponse du sol à l'onde envoyée par le capteur

2.2.2. Donnée « vecteur » :

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

Le point: l'objet le plus simple, il peut représenter à grande échelle des arbres, des bornes d'incendie, des collecteurs d'ordures, Mais à des échelles plus petites de type carte routière au 1/1 000 000ème, il représente une capitale régionale.

La ligne: la ligne représente les réseaux de communication, d'énergie, hydrographiques, d'assainissement, etc. Elle peut être fictive, en représentant l'axe d'une route, ou virtuelle en modélisant des flux d'information, d'argent,

La surface: elle peut matérialiser une entité abstraite comme la surface d'une commune ou des entités ayant une existence géographique comme une forêt, un lac, une zone bâtie, ...

2.3 Fonctionnement d'un SIG :

Un SIG stocke les informations concernant le monde sous la forme de *couches thématiques* pouvant être reliées les unes aux autres par la géographie. Ce concept, à la fois simple et puissant a prouvé son efficacité pour résoudre de nombreux problèmes concrets. Il est illustré par la figure ci-dessous (Net, 3) (figure 5).

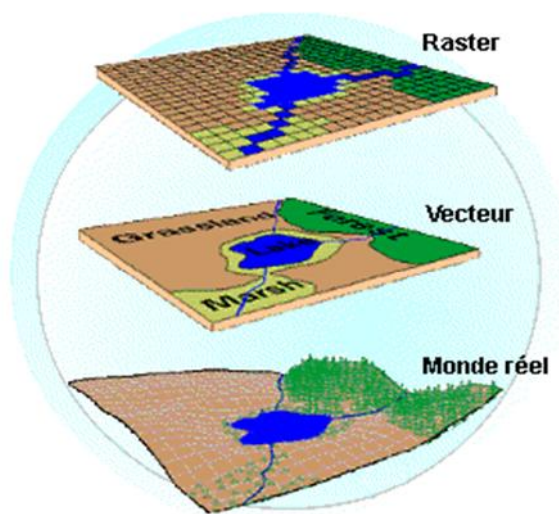


Figure 5 : Représentation du monde réel sous la forme de couches thématiques (ESRI france)

2.4 Relation entre la cartographie et les SIG:

Quelle est la relation entre la création de cartes et les SIG apparentés ? Fondamentalement, Les SIG ont leur origine dans la cartographie ; les deux impliquent des cartes et des attributs et les deux utilisent des données géographiques avec des échelles, des projections et des systèmes de coordonnées (kennedy, 2009).

2.5 Les trois volets d'un SIG :

Un système d'information géographique (SIG) permet de gérer, d'analyser et d'afficher des informations géographiques. Celles-ci sont représentées par une série de jeux de données géographiques qui modélisent la géographie à l'aide de structures de données génériques simples. De nombreux outils sont intégrés au SIG, afin de pouvoir travailler avec les données géographiques. En outre, les utilisateurs disposent de plusieurs volets pour afficher et manipuler les informations géographiques (ESRI, 2004):

1. Le volet géodatabase: 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, topologies, réseaux, etc.).

2. Le volet géovisualisation: un SIG est un ensemble de cartes intelligentes et de vues qui montrent des entités 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" afin d'effectuer des requêtes, des analyses et de modifier les informations.

3. Le volet géotraitement: un SIG comprend des outils de transformation des informations qui produisent des jeux de données géographiques 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.

Ces trois éléments ensemble constituent le noyau d'un système d'information géographique Complet et sont utilisés à différents niveaux de toutes les applications SIG (Figure 6).

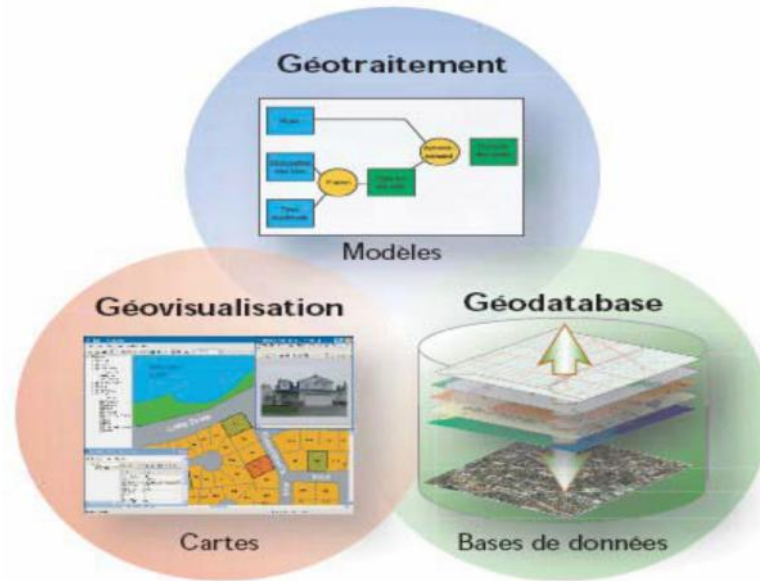


Figure 6: Les trois volets d'un SIG

2.6. Mode d'acquisition des données géographiques

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. Nous exposons dans ce qui suit les différentes méthodes d'acquisition de données spatiales.

2.6.1. Import de fichiers

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

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

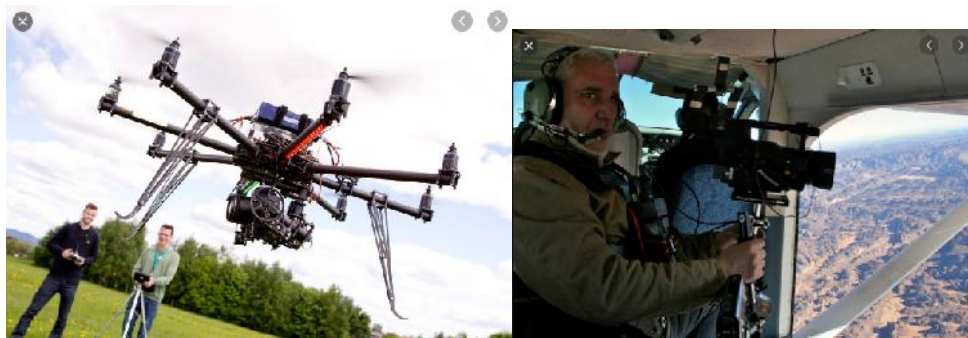
2.6.2. Levés topographiques (travail sur terrain)

Un théodolite (Figure II.7) est un appareil de géodésie parachevé d'un dispositif d'optique, calculant des angles dans les deux plans horizontal et vertical pour identifier une direction. Il est

employé pour effectuer les mesures d'une triangulation. Cet instrument permet d'obtenir le tracé de voisin en voisin à partir d'un point d'origine.

2.6.3. Photos aériennes

L'ensemble de clichés fusionnés permet d'obtenir une photo complète d'une zone. Les clichés photographiques obtenus nous permettent de déterminer les coordonnées et l'altimétrie des points, soit à l'aide de caméras aéroportées (avions, drones, ...)



2.6.4. Images satellites

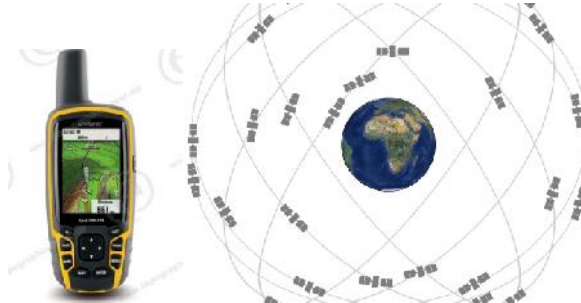
Les satellites d'observation de la terre, fournissent des données transmises sous forme d'images numériques en mode raster. Les données doivent subir certains traitements rectificatifs avant de les intégrer dans un SIG.



Premières images des satellites Algériens Alsat-2B et Alsat-1B

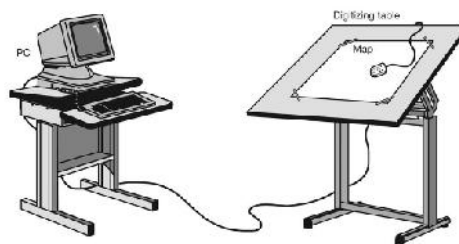
2.6.5. Global Positioning System (GPS)

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



2.6.6. Digitalisation

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



2.6.7. Scannage de plans

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



2.7. Quelques logiciels SIG

2.7.1. Logiciels libres

GRASS GIS : Il rassemble des propriétés de traitement d'images satellitaires et des fonctionnalités à base topologique.

Map Server : Logiciel libre d'édition des cartes sur le web.

QGIS : Il permet de visualisé les cartes ainsi que leurs transformation. Il présente une qualité qui le rend très simple à utiliser.

PostGIS : C'est une extension pour la base de données PostgreSQL, qui permet de faire des requêtes SQL et spatiales.

uDig, gvSIG : Logiciels libres développés en Java pour Linux et Windows.

2.7.2. Logiciels Commerciaux

ArcGIS : (ArcInfo, ArcView, etc.) de chez ESRI.

GeoMapGIS : Métiers s'appuyant sur l'environnement Autodesk (AutoCAD, AutodeskMap, AutodeskMapGuide, etc.).

Manifold : Logiciel novateur (serveur, géocodage, 3D, script .net, sgbd).

2.8 Intérêt de SIG dans la foresterie :

Selon Dykstra (1996), les objectifs des SIG en foresterie se regroupent en deux catégories :

- Extraction d'informations détaillées sur la forêt par télédétection aéroportée ou satellitaire (Occupation du sol, images Radar, MNT,...)
- Développement de méthodes d'intégration d'informations multi sources dans les systèmes d'aides à la prise de décision pour le développement durable des forêts.

En matière de gestion forestière et d'après Hadjadj (2011), le système d'information géographique constitue de nos jours des instruments de premier choix dans les domaines d'intervention suivants :

- L'étude d'impact des constructions ; Poste de vigie, maison forestière, point d'eau, banquettes, etc.
- La gestion des réseaux de communication qui s'est avérée d'une grande importance dans les interventions relevant de la lutte contre les incendies et l'exploitation du bois.
- La gestion des équipements et des personnels.

- Constitution d'un fond du plan cadastral forestier national.
- Inventaire, gestion des ressources forestières et sylviculture.
- Suivi du processus de désertification.
- Suivi de l'état sanitaire des forêts.

3 Modèle numérique de terrain (MNT) :

3.1 Définition Modèle numérique de terrain (MNT) :

Pour établir la cartographie numérique, on doit intégrer les données contenant l'information de relief (altitude), aussi appelées Modèle Numérique de Terrain (MNT) « Représentation de valeurs d'altitudes continues sur une surface topographique à l'aide d'un tableau de valeurs Z référencées par rapport à un datum commun ; il est généralement utilisé pour représenter le relief d'un terrain » (ARCGIS User's guide, 2006).

3.2 Caractéristiques des MNT :

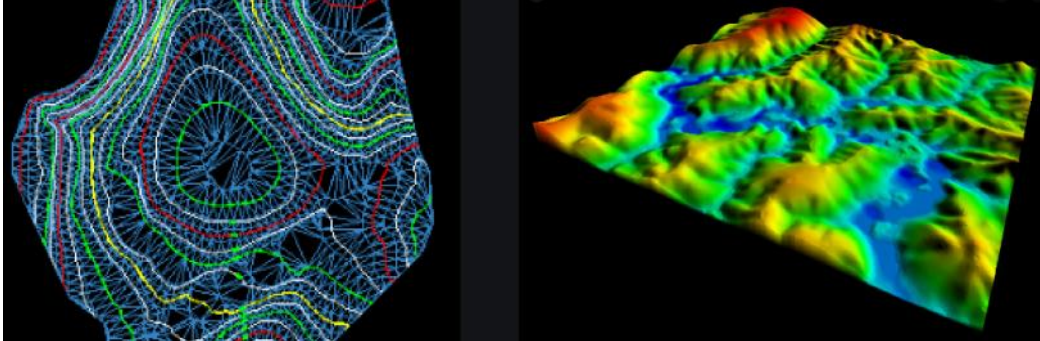
Il existe différentes dénominations pour le terme générique de MNT suivant la technique de production utilisée pour l'obtenir. Dans le domaine terrestre, certains ne modélisent que le sol (modèle numérique de terrain), tandis que d'autres comprennent également le sursol, comme la végétation ou le bâti (modèle numérique de surface, MNS, ou modèle numérique d'élévation, MNE) (ARCGIS User's guide, 2006).

Ces derniers s'obtiennent généralement par des jeux de données brutes acquises grâce à des techniques telles que le Lidar, la photogrammétrie, ou la radargrammétrie (Short, 2000). Les MNT constituent le plus souvent un dérivé de ces modèles « filtré » de tous les éléments constitutifs de la couverture topographique pour ne garder que le sol nu. Le terme « couverture topographique » désigne tous les éléments situés au-dessus de la surface terrestre continentale : bâtis et végétation haute comme les forêts (ARCGIS User's guide, 2006 ; Kennedy, 2009) .

3.3 Formats des MNT :

Une fois l'acquisition effectuée et les traitements appliqués afin d'extraire l'information de relief, les modèles numériques doivent être stockés dans un format facilement réutilisable par la suite au sein d'un SIG. Les formats de MNT les plus couramment employés sont : nuage ou grille de points,

courbes de niveau, profils, TIN (Triangular Irregular Network), et grille Régulière ou non (ESRI, 2004).



3.4 Application du MNT dans la foresterie :

Les ingénieurs forestiers utilisent les MNT pour différentes études. Ils peuvent étudier la pente du relief, l'exposition, le réseau hydrographique, déterminer le champ de visibilité du poste de vigie, directions d'écoulement des eaux, risque d'érosion et les altitudes (Hadjadj, 2011).