

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

Université Abdelhafid BOUSSOUF– Mila-

Faculté de technologie

Département Génie Civil et

Hydraulique



Cours

SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE

Présenté par :

Mr BENDJEDDOU Haroun.

Table des matières

Préambule	4
I. CONCEPTS FONDAMENTAUX DES SYSTEMES D'INFORMATIONS GEOGRAPHIQUES	2
I.1 DEFINITIONS	2
I.2 STRUCTURE D'UN SIG	4
I.3 FONCTIONNALITES D'UN SIG.....	4
II. Les données dans les SIG	7
II.1. Types de données dans les SIG	7
II.1.1. Données spatiales	7
2) Mode raster :.....	9
II.1.2. Données associées	11
a) Données de classification	11
b) Données d'identification.....	11
c) Données attributaires	11
II.2. Mode d'acquisition des données géographiques.....	11
II.2.1. Import de fichiers	11
II.2.2. Levés topographiques (par l'utilisation d'un Théodolite).....	12
II.2.3. Photos aériennes	12
II.2.4. Images satellites	14
II.2.5. Global Positioning System (GPS).....	14
II.2.6. Digitalisation	15
II.2.7. Scannage de plans	15
II.3. Notion de base de données géographique.....	16
II.4. Notions spatiales fondamentales.....	17
II.4. 1. Systèmes de référence géographique.....	17
II.4.2. Géoïde, Ellipsoïde et Datum.....	18
II.4.2.2. Un ellipsoïde.....	18
II.4.2.3. Un datum (ellipsoïde local).....	18
II.4.3. Exemples de systèmes de référence géographique	19
II.5. Systèmes Projections cartographiques.....	19
III. Quelques logiciels SIG.....	26
III.1.2. Logiciels Gratuits	26
III.1.3. Logiciels Commerciaux.....	26
IV.1. Principe de base de la télédétection :	28
Système de la télédétection :.....	28
IV.1.2 Le rayonnement électromagnétique :.....	28
IV.1.3 La cible :.....	30
(Fig. 4).	30
IV.1.4 L'environnement.....	30
IV.1.5. Systèmes d'observation	32
IV.2 Les capteurs	32
IV.2.1 Type d'acquisition	32
IV.2.2 Mode d'acquisition	32
IV.2.3 Résolution.....	33

Caractéristiques de quelques capteurs	36
☐ Orbite circulaire quelconque	37
☐ Orbite géostationnaire	37
☐ Orbite héliosynchrone	37
IV.4. Nature et Caractéristique de l'image	38
Fig. 8: Représentation d'une surface sol en images multispectrales	39
Formats D'images :	39
6. spécificité de quelque capteur :	40
REPRÉSENTATION DES COULEURS :	41
Traitement des données images	42
➤ Correction géométrique	42
-Correction des déformations dues au système de prise de vue	42
V. CHOIX ET FONCTIONS DU SIG MAPINFO	44
V.1. DECOUVRIR MAPINFO	46
a. LA BARRE DES TITRES	47
b. LES MENUS DEROULANTS	47
c. LES BARRES D'OUTILS	50
BARRE « GENERAL »	50
BARRE DE DESSIN	51
V.2 CALAGE ET AFFICHAGE D'UNE CARTE	54
V.3. CREATION DE NOUVELLE COUCHE	60
V.4. CREATION D'OBJETS DANS UNE TABLE	64
V.5. MODIFICATION DE LA GEOMETRIE D'UN OBJET	70
V.6. CHARGEMENT DE LA BASE DE DONNEES	68
V.7. MISE EN FORME D'UNE CARTE	75
ETIQUETAGE D'UNE CARTE	75
ANALYSE THEMATIQUE	77
V.8. REQUETES ET LANGAGE SQL	83
V.9. EXTRACTION DES COORDONNEES	88
V.10. MISE EN PAGE ET IMPRESSION D'UNE CARTE	90
V.11. Superposition de deux cartes de projections différentes dans un SIG	102
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	105
WEBOGRAPHIE	105

Préambule

les systèmes d'information géographique (SIG) intègrent progressivement l'héritage de la production cartographique classique, ils sont souvent assimilés ou réduits à des outils de cartographie assistée par ordinateur. ils reposent nécessairement sur la technologie informatique, ils sont aussi parfois assimilés à des ordinateurs spécialisés, à leurs périphériques et à leurs données.

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.

ce polycopié mis en évidence utile. Il est consacré à l'étude des différents concepts autour de l'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.

Le polycopie présente les différentes clés qui leur permettront de remplir soit des fonctions techniques autour du SIG soit de gérer des projets traitant de données géographiques sans avoir à les manipuler (gestion de prestataires, maîtrise d'ouvrage, management d'équipe SIG, composante SIG d'un projet plus général, etc.).

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 disposition dans le cadre de leur vie professionnelle
- Découvrir la variété de domaines d'application

Chapitre I.

Système d'Information Géographique (SIG)

I. CONCEPTS FONDAMENTAUX DES SYSTEMES D'INFORMATIONS GEOGRAPHIQUES

Dans cette partie, il nous est apparu utile d'introduire quelques notions essentielles sur les systèmes d'information géographique. Le concept de système d'information géographique (SIG) est apparu dans les années 1960-1970. Depuis ce temps, des définitions plus ou moins similaires et cohérentes ont fait leur apparition. Afin de bien situer le rôle et l'usage d'un SIG, nous allons également en préciser sa définition. Signalons qu'il n'existe pas encore une définition claire et communément admise par l'ensemble de la communauté scientifique. La plupart des définitions citées sont plutôt d'ordre général et couvrent un large spectre de sujets et d'activités.

I.1 DEFINITIONS

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.

Un système d'information géographique est aussi un système de gestion de base de données pour la saisie, le stockage, l'extraction, l'interrogation, l'analyse et l'affichage de données localisées.

C'est un ensemble de données repérées dans l'espace, structuré de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision.

Un système d'information géographique, comme le montre la figure 1.1, est un ensemble d'équipements informatiques, de logiciels et de méthodologies pour la saisie, la validation, le stockage et l'exploitation de données, dont la majorité est spatialement référencée, destinée à la simulation de comportement d'un phénomène naturel, à la gestion et l'aide à la décision.

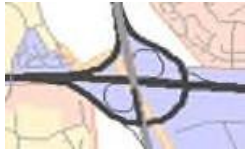


Figure 1.1 : Composantes d'un SIG

<http://www.afigeo.asso.fr/les-sig.html>

Un système d'information géographique peut être aussi défini par les questions auxquelles il apporte des réponses: Où ? Quoi ? Comment ? Quand ? Et si? (<http://seig.ensg.ign.fr/>)

Où se trouve l'échangeur ?



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.

Quel est le nom de l'autoroute ?



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 est organisée la circulation ?



Comment ? Quelles relations existent ou non entre les objets et les phénomènes ?

C'est la problématique de l'analyse spatiale.

Depuis quand cette bretelle est-elle en service ?



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.

Si l'autoroute s'élargit, quelles sont les populations qui risquent d'être le plus touchées (population à moins de 300 mètres de l'autoroute) ?



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 ?

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

- Abstraction: modélisation de l'information,
- Acquisition: récupérer l'information existante, alimenter le système en données,
- Archivage: stocker les données de façon à les retrouver et les interroger facilement,
- Analyse: réponses aux requêtes, cœur même du SIG,
- Affichage: restitution graphique.

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

I.2 STRUCTURE D'UN SIG

La figure 1.2 met en évidence quatre groupes de fonctionnalités au-dessous d'une couche d'applications: l'acquisition des données géographiques d'origines diverses, la gestion pour le stockage et la recherche des données, l'analyse spatiale pour le traitement et l'exploitation et enfin la présentation des résultats sous forme cartographique.

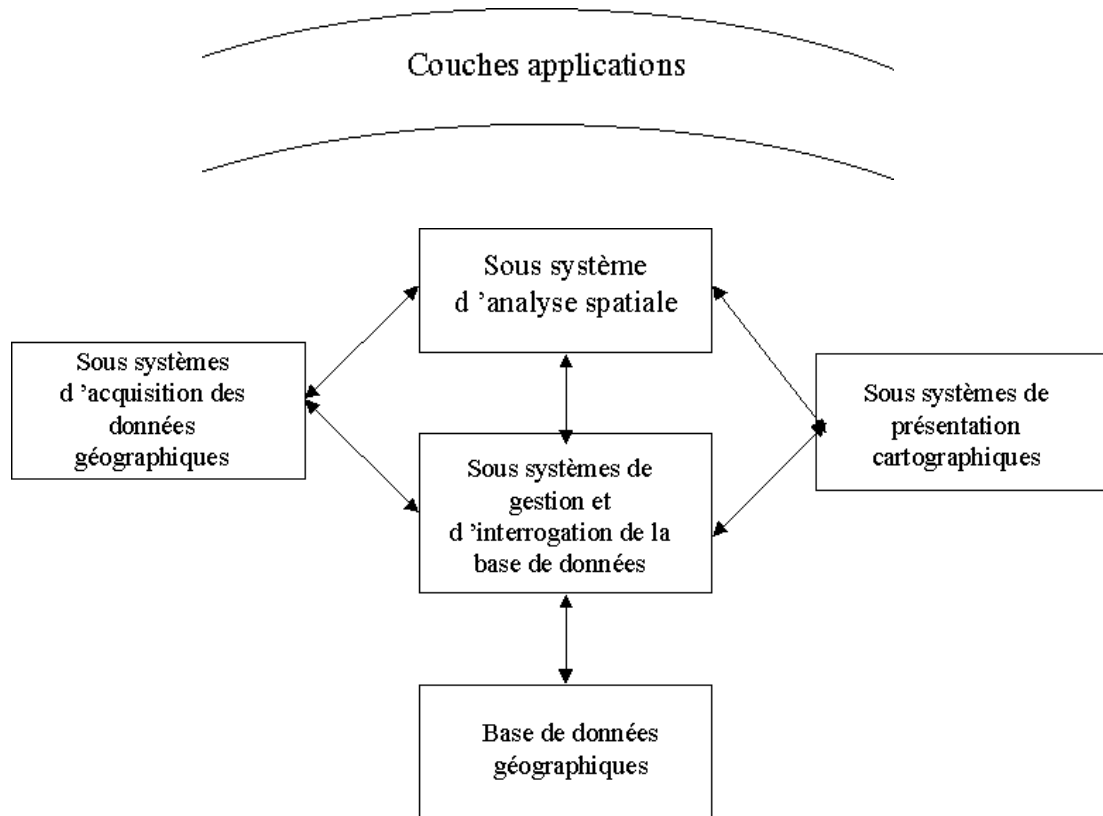


Figure 1.2 : Structure d'un SIG (Abdelbaki C., 2012)

I.3 FONCTIONNALITES D'UN SIG

Un SIG complet, permettra non seulement de dessiner puis tracer automatiquement le plan, mais en outre :

- De disposer les objets dans un système de référence géographique, de les convertir d'un système à un autre.
- De rapprocher entre elles deux cartes (deux plans) de sources différentes, de faciliter leur superposition comme c'est illustré dans la figure 1.3.

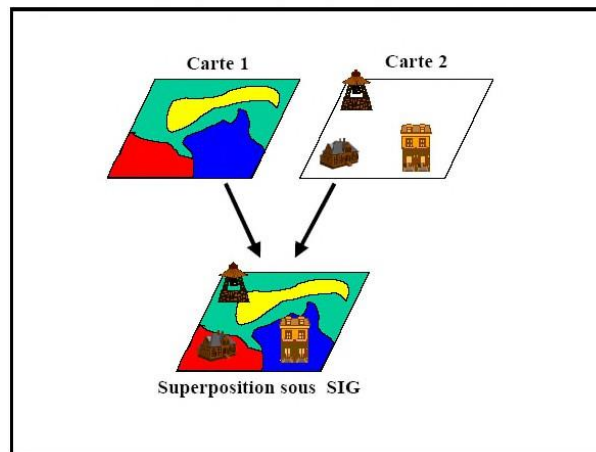


Figure 1.3 : Superposition sous un SIG

http://www.prevention2000.org/cat_nat/risques/mvtter/mvt_prev.htm

- De corriger certains contours de la moins fiable en reprenant les coordonnées correspondantes de la plus fiable.
- D'extraire tous les objets géographiques situés à une distance donnée, d'un carrefour, d'une route ou des rives d'un lac.
- D'extraire tous les objets situés dans un périmètre donné comme c'est présenté dans la figure 1.4.

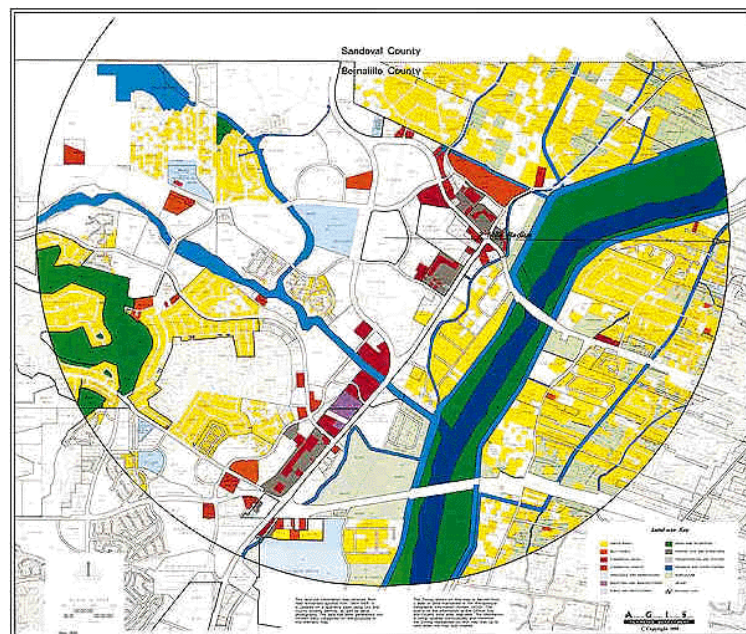


Figure 1.4 : Exemple de sélection (Mihoubi et Abdelbaki, 2003)

- De fusionner tous les objets ayant une caractéristique commune, par exemple les parcelles adjacentes ayant la même densité de surface bâtie.
- De déterminer, sur un réseau, l'itinéraire le plus court pour aller d'un point à un autre.

Chapitre II.

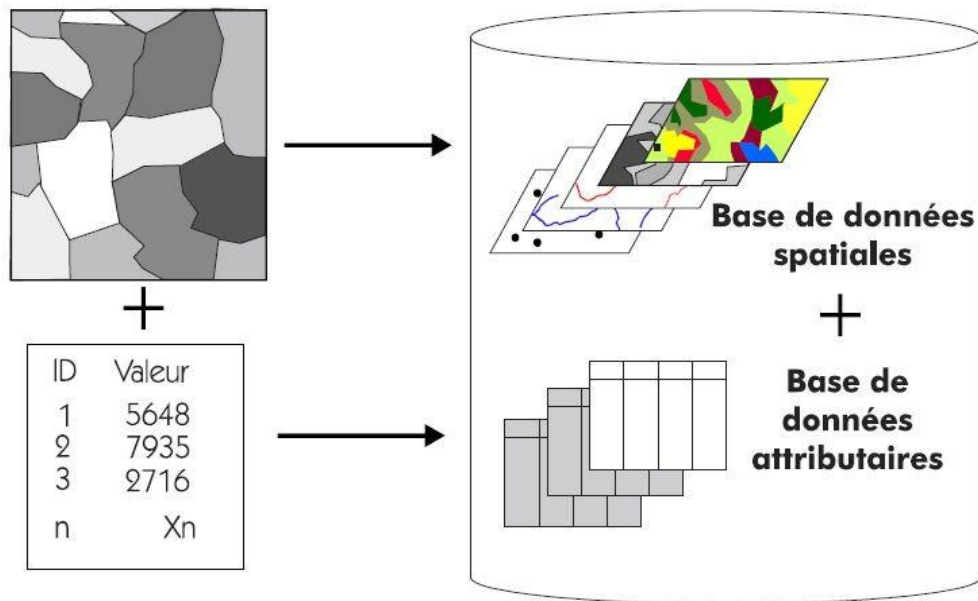
Représentation des données dans les SIG

II. Les données dans les SIG

II.1. Types de données dans les SIG

Toutes les géométries spatiales peuvent être décrites par 4 types de propriétés :

- Leur position à la surface de la terre.
- Les relations spatiales (topologie).
- Leurs attributs.
- Leurs métadonnées.



II.1.1. Données spatiales

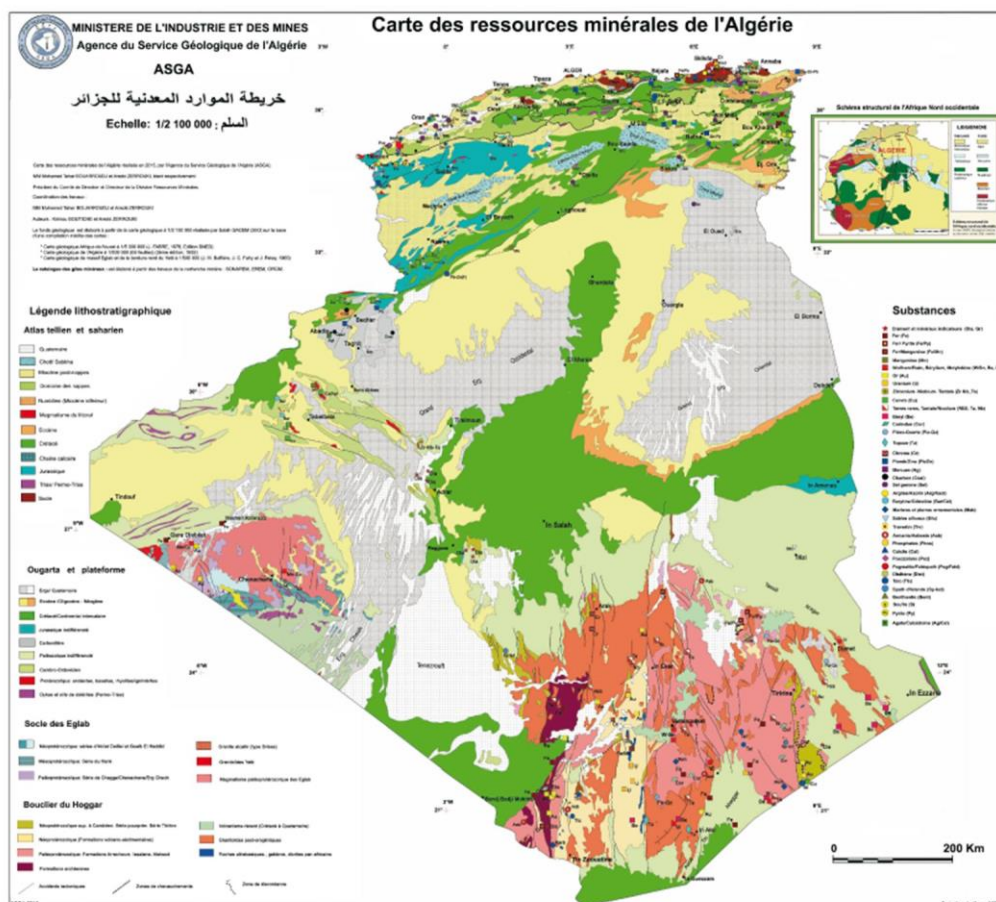
Elles déterminent les caractéristiques spatiales d'une entité géographique où sont figurés et reconnus tous les objets graphiques (Figure II.1) :

- La localisation : sont les coordonnées de l'objet par rapport à un référentiel (méridien de référence).
- La forme : peut-être un point, une ligne, ou un polygone.
- La taille : longueur, périmètre, surface.

Dans les SIG, il y a **2 modes** de projection des données géographiques :

- 1) **Mode vecteur** : Les données vecteur sont un ensemble d'objets spatiaux représentés chacun par les éléments suivants : point, ligne et polygone.

- a) Les données surfaciques : comme un parcellaire ou tout autre zonage thématique, sont représentés par des polygones (Figures I.2).
- b) Les données linières ou filaires : comme les réseaux techniques, les cours d'eau ou les voies, sont représentés par des lignes (Figure II.3).
- c) Les données ponctuelles : comme les puits, les points de sondage, les sièges d'exploitation, sont représentés par des points (Figure II.4).



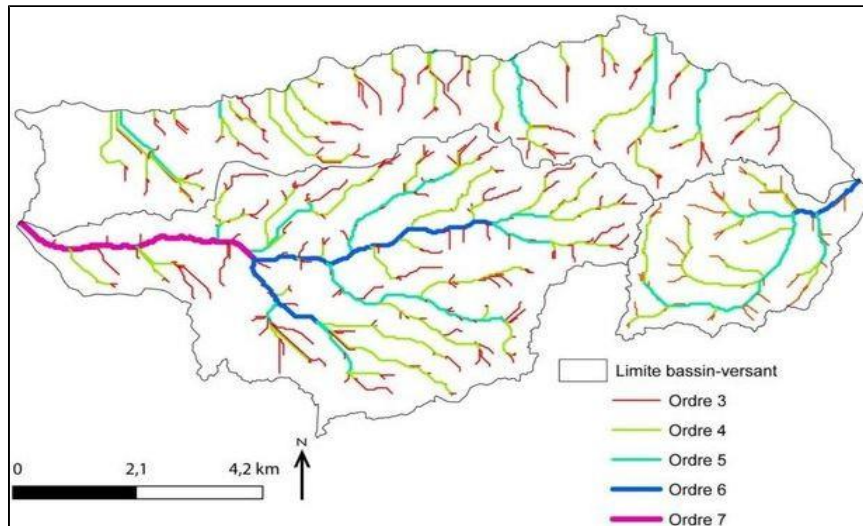


Figure II.3 : Exemple de données linières (carte de réseau hydrographique dans la partie occidentale d'Alger ; Menad, 2012).

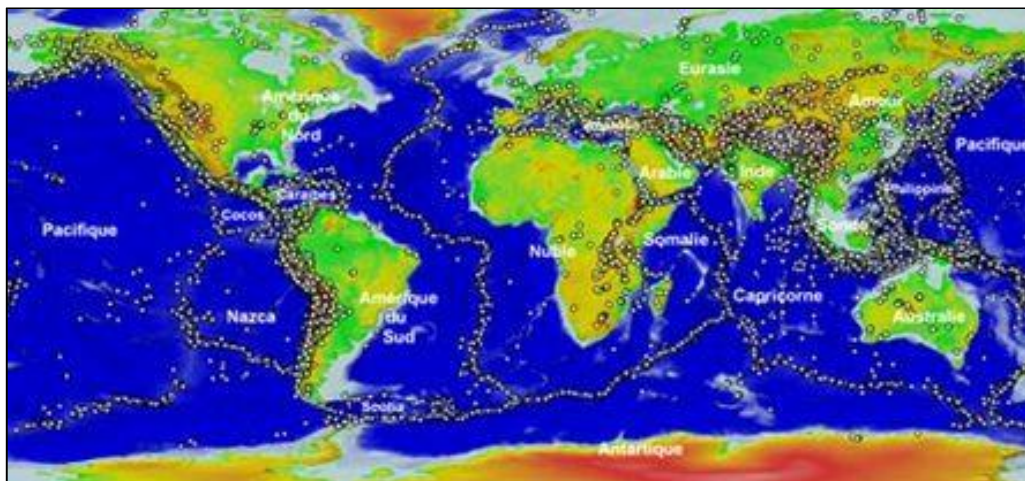


Figure II.4 : Exemple de données ponctuelles (Carte de la sismicité mondiale. Les épicentres sont issus du catalogue de l'United States Geological Survey, pour la période 1973-2008 et pour tous les séismes de magnitude supérieure à 5 ; <https://www.irsln.fr>).

2) **Mode raster :**

La valeur numérique attribuée à chaque cellule correspond à la valeur d'attribut (Figure II.5). Les démarcations se produisent aux limites des ensembles de cellules de même valeur ne correspond pas nécessairement aux frontières des entités sur le terrain.

Il y a deux types de données Raster :

- ✓ Les images : qui sont utilisées essentiellement pour la représentation cartographique [Figure II.6 (a)]. C'est l'exemple d'une photo aérienne où

l'information incluse dans la matrice de pixel concerne la couleur de représentation de l'information. Cette information n'est pas directement accessible.

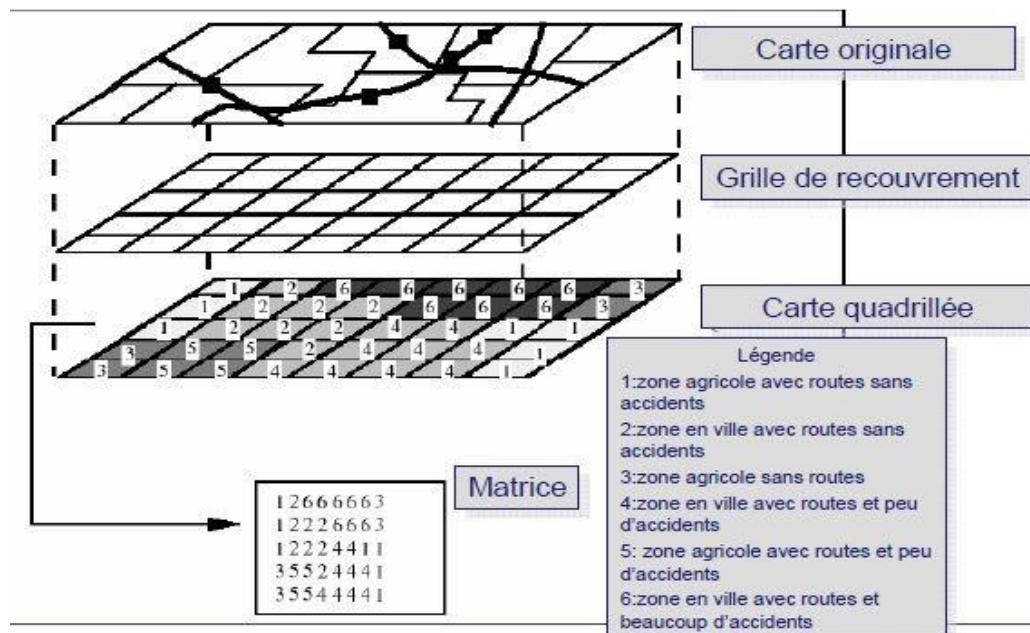


Figure II.5 : Représentation schématique d'une carte raster (<https://fr.slideshare.net>).

✓ Les grilles ou grids : sont utilisés pour le calcul et la modélisation (Figure II.6 (b)). Exemple de Modèle numérique de terrain où l'information contenue dans la matrice de pixel concerne une valeur quantitative (ex. altitude). Cette

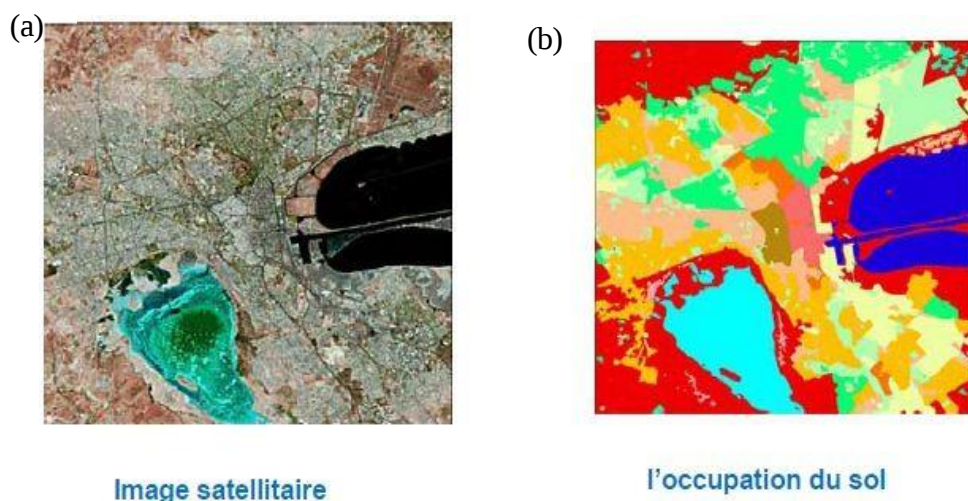


Figure II.6 : Exemples (a) d'une image satellitaire et (b) une grille raster (<https://fr.slideshare.net>).

- ✓ information peut être vue et modifiée dans la table attributaire.

II.1.2. Données associées

Les données associées des objets spatiaux complètent la représentation géométrique de l'entité spatiale. En fait, chaque élément de l'espace (c.à.d. point, ligne, ou polygone) reçoit un code d'identification (ID) qui peut être numérique ou littéral. Ce dernier compose en une étiquette déterminant l'entité spatiale. Parmi les données associées on distingue :

a) Données de classification

Permettent de classer le point, la ligne, ou le polygone dans une classe déterminé tel que le type de parcelle (irrigué, non irrigué), type de route (primaire, secondaire), etc.

b) Données d'identification

Donnent la possibilité de distinguer chaque objet figurant sur la carte, par exemple nom de la commune, numéro de parcelle, numéro de vanne, etc.

c) Données attributaires

Porter une information complémentaire propre à chaque objet identifié, tel que le possesseur de la parcelle, la superficie de la parcelle, etc.

II.2. 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.

II.2.1. 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 importés 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.

II.2.2. Levés topographiques (par l'utilisation d'un Théodolite)

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.



Figure II.7 : Exemple d'un théodolite.

II.2.3. Photos aériennes

L'ensemble de clichés fusionnés permet d'obtenir une photo complète d'une zone (Figures II.8, II.9). Les clichés photographiques obtenus nous permettent de déterminer les coordonnées et l'altimétrie des points.

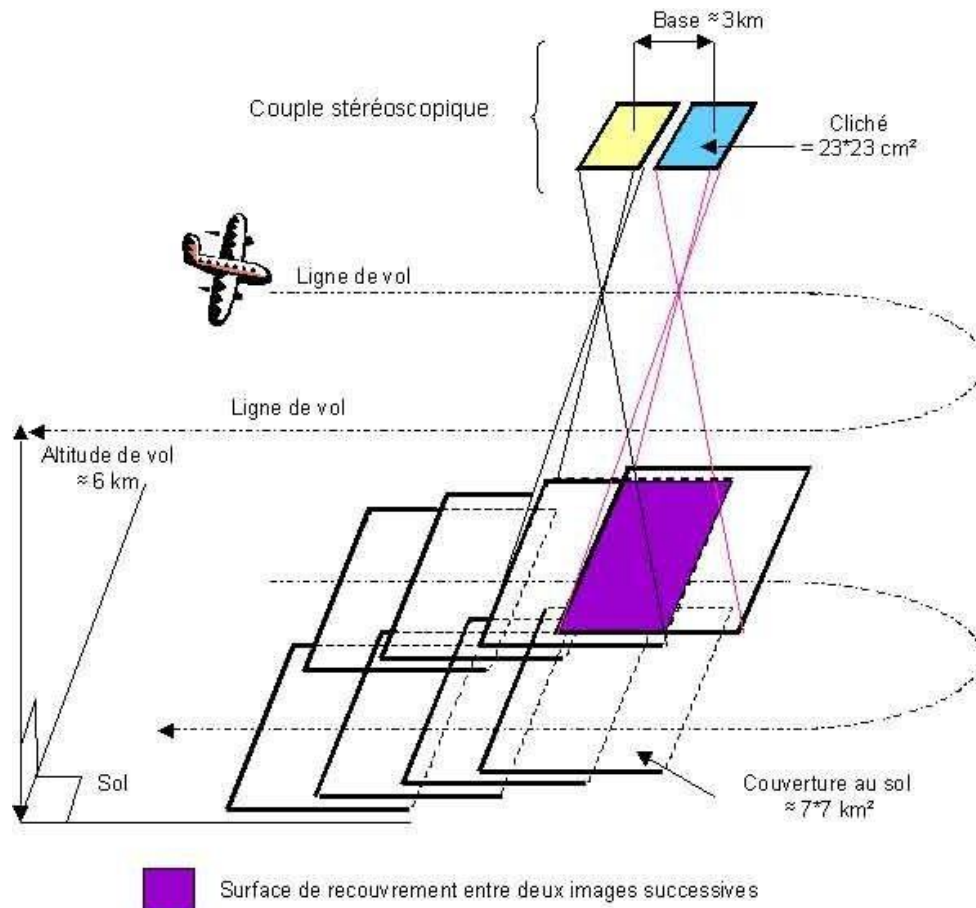


Figure II. 8 : Plan de vol d'un avion d'acquisition de photos aériennes (<https://perso-sdt.univ-brest.fr>).

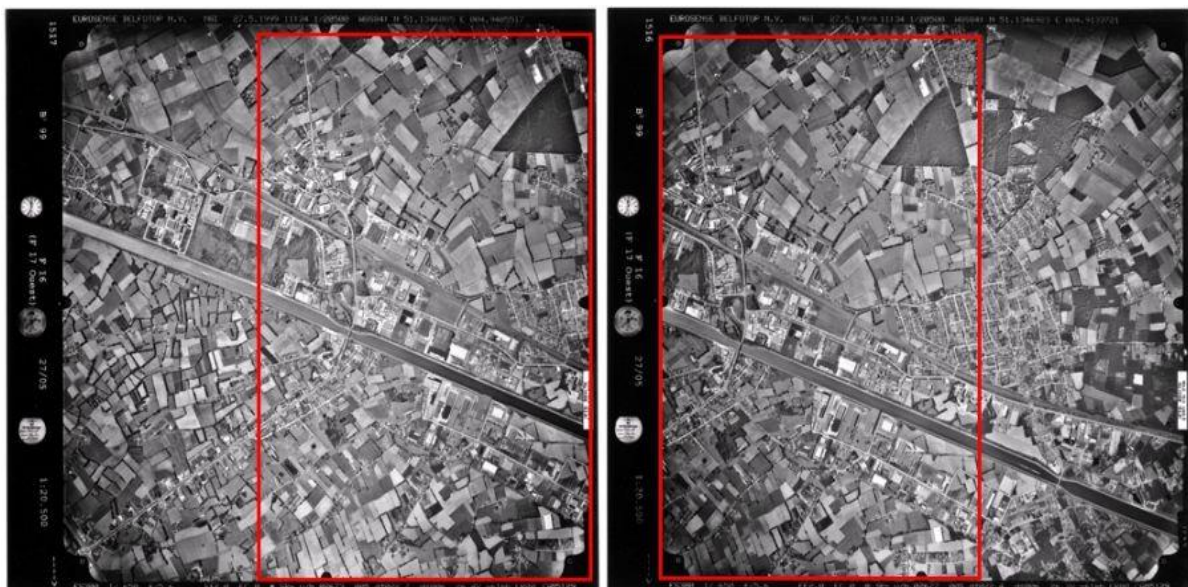


Figure II. 9 : Couple stéréoscopique de Tongerlo, Belgique, 17-05-1999. Le recouvrement est indiqué par les rectangles rouges (<http://www.seos-project.eu>).

II.2.4. Images satellites

Les satellites d'observation de la terre, fournissent des données transmises sous forme d'images numériques en mode raster (Figure II.10). Les données doivent subir certains traitements rectificatifs avant de les intégrer dans un SIG.

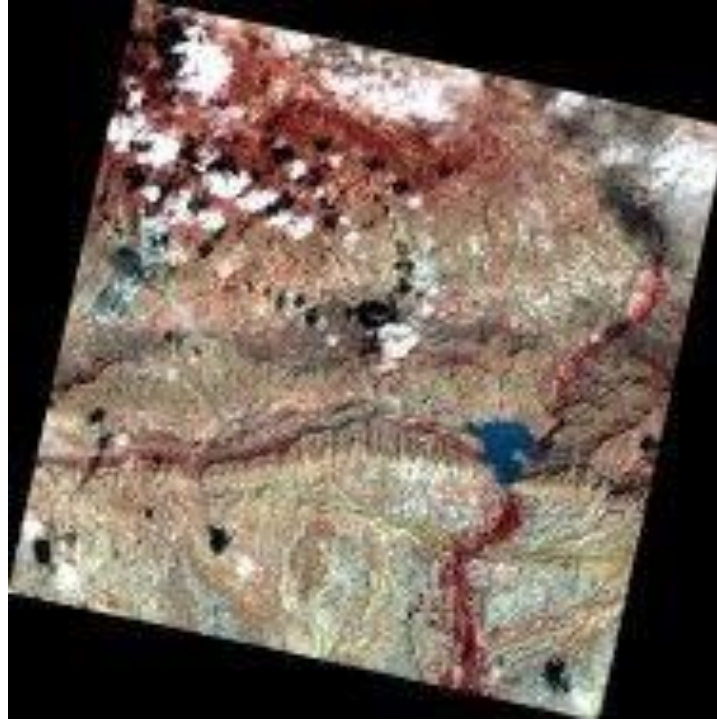


Figure II.10 : Image satellite prise par le satellite ALSAT-2A (<http://www.asal.dz>).

II.2.5. Global Positioning System (GPS)

Le système GPS (Figure II.12 (a)) permet le calcul à l'aide des stellites (Figure II.11 (b, c)) la position (coordonnées avec une précision de quelques centimètres voire même quelques millimètres).

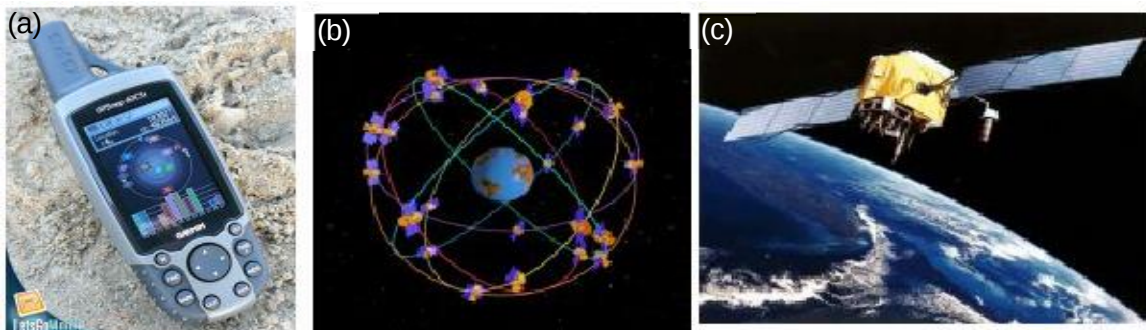


Figure II.11 : (a) Système de localisation par satellite (GPS) et satellites (b et c).

II.2.6. Digitalisation

La digitalisation (Figure II.12) est adaptée à la représentation vectorielle. Cette technique assure la préservation des informations présentées dans le document de base. Un traitement préalable sur les documents de base peut s'avérer nécessaire si ceux-ci sont trop chargés.

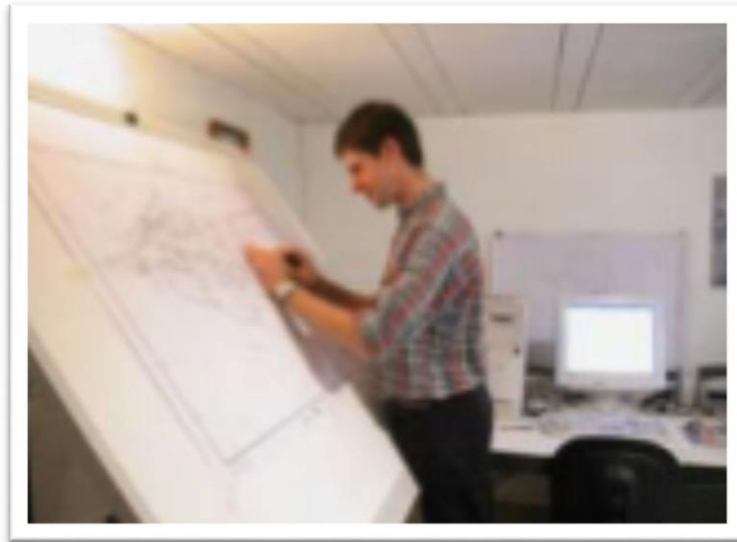


Figure II.12 : Une table de digitalisation.

II.2.7. Scannage de plans

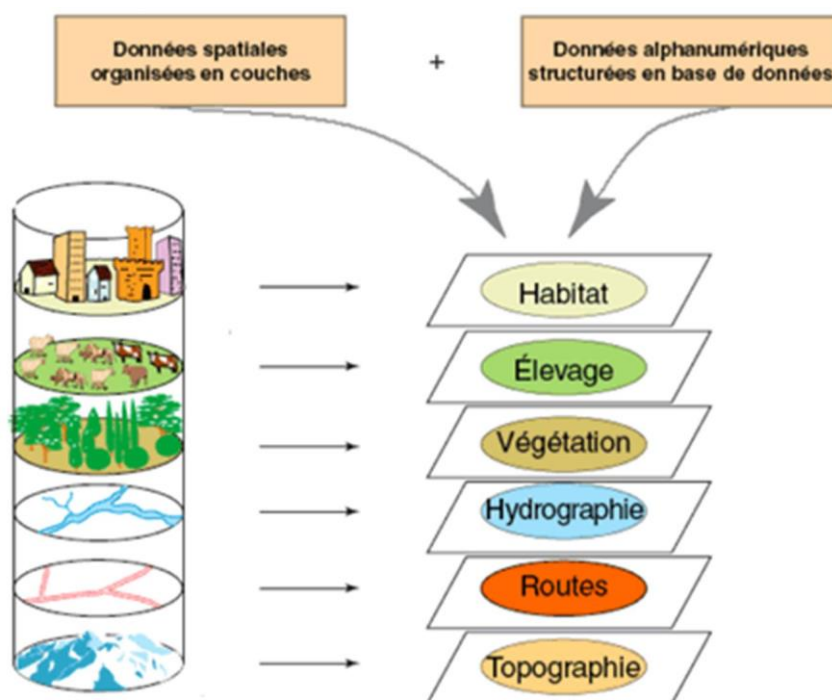
Convient parfaitement à la représentation raster (Figure II. 14). Ce mode de saisie est rapide et peu coûteux. Si la donnée est scannée et géoréférencée c'est de la



donnée «raster ». Le seul problème de cette méthode est la réécriture des erreurs dues au support d'origine.

II.3. Notion de base de données géographique

Les SIG stockent les données spatiales et les données attributaires sous forme d'une base de données géographique (Figure II.15), cette dernière est composée d'une série de couches d'information géographique ordonnées de manière efficace pour être utilisées par une ou plusieurs applications. Il faut noter que les données doivent être rendues « superposables », c'est-à-dire dans le même système de coordonnées ou dans des systèmes compatibles (une « transformation géographique » permettant de passer d'un système à l'autre).



II.4. Notions spatiales fondamentales

II.4. 1. Systèmes de référence géographique

II.4.1. Coordonnées géographiques

Les coordonnées géographiques d'un point de la surface terrestre sont sa longitude et sa latitude.

Longitude (lambda) : La longitude λ (Figure III.1 (a)) d'un point est l'angle formé par le plan méridien contenant ce point avec un plan méridien pris comme origine.

La longitude se compte de 0 à 180 degrés (ou de 0 à 200 grades) à l'est et à l'ouest de la méridienne origine.

Latitude (phi) : La latitude ϕ (Figure III.1 (a)) d'un point est l'angle formé par la normale à l'ellipsoïde passant par ce point et le plan de l'équateur. Elle se compte de 0 à 90 degrés (ou de 0 à 100 grades) au nord et au sud de l'équateur.

Azimut (Az) : L'azimut (noté Az) [Figure III.1 (b)] d'une direction AB est l'angle que forme cette direction avec le méridien du lieu, c'est-à-dire le nord géographique qui est caractérisée dans l'hémisphère nord par l'étoile polaire, qui est presque alignée sur l'axe des pôles.

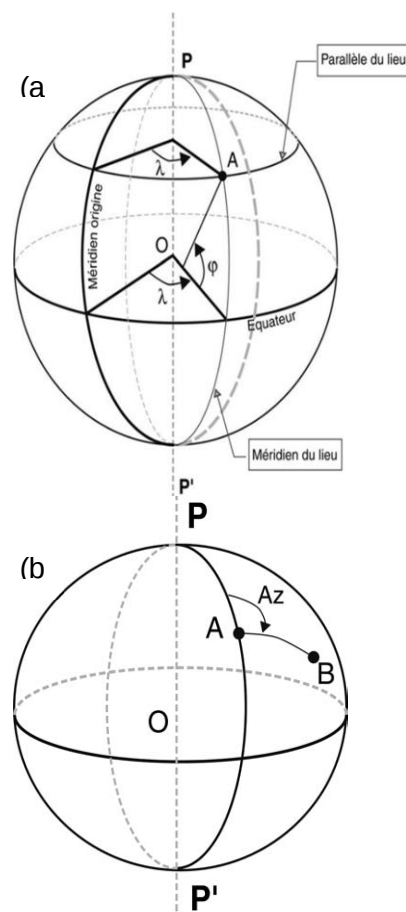


Figure II.15 : représentation de longitude, latitude et azimut (<http://cours-fad-public.ensg.eu>).

II.4.2. Géoïde, Ellipsoïde et Datum

II.4.2.1. Un géoïde

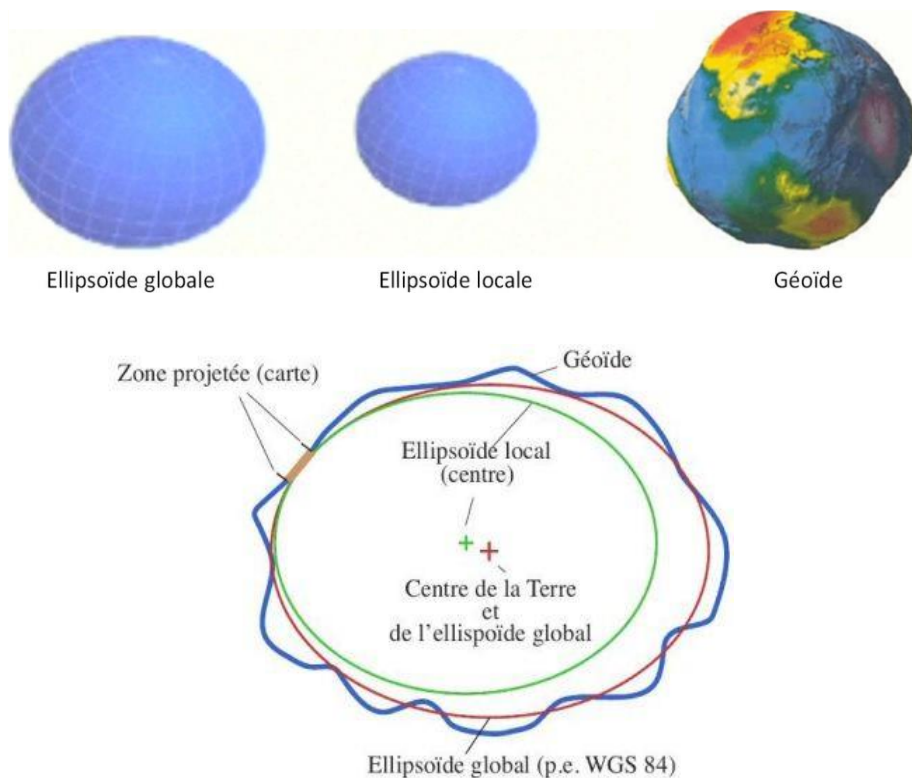
Est une représentation quasi exacte de la surface terrestre, il colle au plus près à la surface réelle de la terre. (Figure III.2). Il sert de zéro de référence pour les mesures exactes d'altimétrie. Mais cette **surface irrégulière** est difficile à utiliser dans les calculs, et on préfère alors utiliser un ellipsoïde.

II.4.2.2. Un ellipsoïde

Est une représentation régulière du globe terrestre, qui s'éloigne au maximum de quelques dizaines de mètres du géoïde (Figure III.2). L'ellipsoïde est un ovoïde formé d'un grand axe et d'un petit axe. Quant à l'ellipsoïde global, le demi-grand axe est le rayon entre le centre de la terre et l'équateur, tandis que le demi-petit axe est le rayon entre le centre de la terre et le pôle.

II.4.2.3. Un datum (ellipsoïde local)

Le datum (Figure III.2) est créé sur un ellipsoïde local et peut enjoinde des modifications locales d'altitude. Le changement du datum implique un changement dans les valeurs des coordonnées d'une carte.



II.4.3. Exemples de systèmes de référence géographique

a) Exemple d'ellipsoïde

- WGS84 : utilisé par le système GPS
- IAG-GRS80 : utilisé en France
- NAD83 : utilisé en Amérique du Nord.

b) Exemple de système de référence (datum)

- Nouvelle triangulation de la France (NTF) : officiel jusqu'en décembre 2000 ; basé sur l'ellipsoïde Clarke 1880 IGN. Le point fondamental est au Panthéon à Paris.
 - Réseau géodésique français (RGF) 1993 : basé sur l'ellipsoïde IAG-GRS80. Officiel depuis 2000.
 - European Datum (ED) 50 : système européen, basé sur l'ellipsoïde Hayford 1909. Anciennement utilisé en Europe.
 - ETRS89 : basé sur IAG-GRS80. Officiel en Europe.
 - World Geodetic System (WGS84) : système mondial (pas de point fondamental), mis au point par le Département de la Défense des États-Unis et utilisé par le GPS, basé sur l'ellipsoïde WGS84. Peu Précis. Une version précise existe : ITRS
- RGF 1993, ETRS89 et WGS84 sont compatibles pour l'essentiel des applications.

II.5. Systèmes Projections cartographiques

Projections géographiques : Permet de représenter l'ellipsoïde sur une surface plate ou déroulable en un plan (ex. cylindre, cône, etc.). Mathématiquement : transformation (lon. lat.) à (x, y). x et y sont exprimés en mètre par rapport à l'origine (Figure III.3).

Il existe un grand nombre de types de projection présentent toutes des défauts et des avantages (Bugayevskiy et Snyder, 1995). Il faut donc choisir la meilleure :

- a) en fonction de l'espace représenté par la carte (carte mondiale, carte continental, carte d'un pays ou d'une région, etc.). Plus l'étendue de la carte est grande, plus les altérations sont considérables. Généralement, les cartes de petits étendues sont largement précises (ex. cadastre, parcellaire).

- b) par rapport au type de traitement/d'affichage : par exemple en statistique on préfère les projections qui conservent les aires, mais en navigation les projections qui conservent les angles sont préférées.
- c) Ca dépend de la région (ex. polaire ou non).
- d) pour des raisons légales, historiques, et/ou de l'accessibilité des informations (ex. cadre européen).

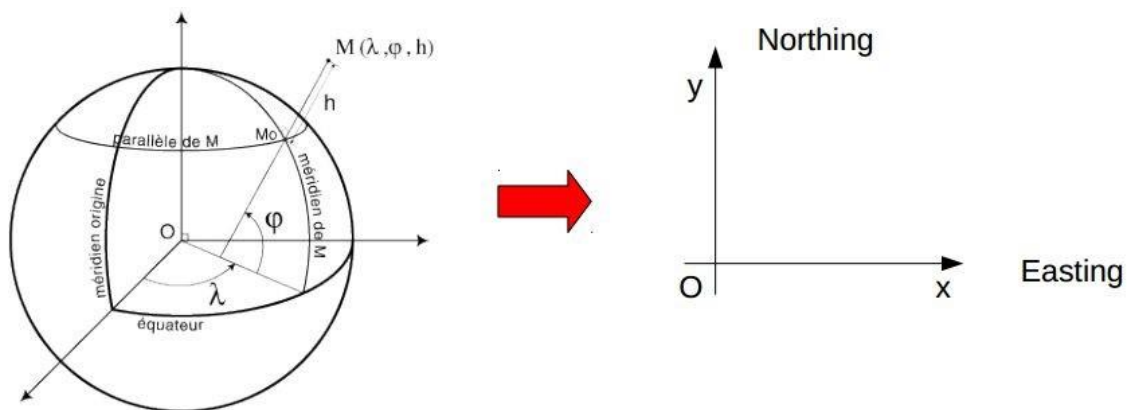


Figure II.17 : La transformation de (lon. lat.) à (x, y), x et y sont exprimés en mètre par rapport à l'origine (<https://docplayer.fr>).

Les projections cartographiques peuvent être classées basant sur la surface de projection (Figure III.4).

- *Les projections cylindriques* : la surface de référence à la forme d'un cylindre, tangent ou sécant à l'ellipsoïde.
- *Les projections coniques* : la surface projetée est un cône tangent ou sécant à la sphère.
- *Les projections azimutales (sur un plan)* : consiste à projeter une portion de l'ellipsoïde sur un plan tangent à la sphère (ce type de projection est aussi appelé projection perspective ou projection zénithale).
- *Les projections uniques (toutes les autres)* : il n'y a pas nécessaire de "surface" d'ailleurs.

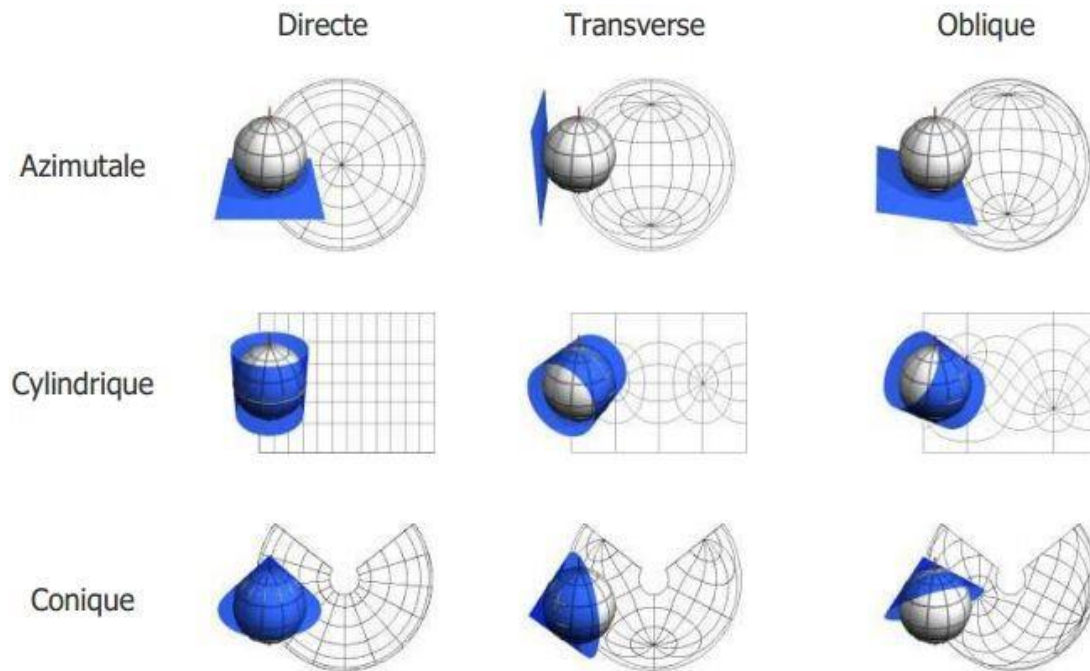


Figure II.18: Les types de projections cartographiques (<http://www.in-terre-active.net>).

Chacune des projections peut être en plus direct, transverse ou oblique (Figure III.4).

➤ Propriétés importantes des projections :

- ✓ Projection équivalente : conserve localement les aires [ex. Figure III.5 (c)].
- ✓ Projection conforme : conserve localement les angles, donc les formes (ex. Figures III.5 (b) et (d)).
- ✓ Projection aphylactique : ne conserve ni les angles (n'est pas conforme) ni les surfaces (n'est pas équivalente). Les projections équidistantes (ne déforme pas les distances) (ex. Figure III.5 (a)) sont classées dans cette catégorie.

Parfaitement conforme et équivalent est impossible. Les projections ont divers degrés de conformité ou d'équivalence, et ceci dépend du lieu (Tableau III.1).

Tableau II.1 : Les principaux systèmes de projections utilisés dans le monde ainsi que leurs descriptions.

Projection cartographique	Description
Projection azimutale équidistante	La principale caractéristique de cette projection réside dans le fait que la distance et la direction, mesurées à partir du point central, sont toutes deux exactes.
Projection cylindrique équivalente de Behrmann	Il s'agit d'une projection cylindrique équivalente, appropriée pour réaliser des cartes du monde.
Projection de Bonne	Cette projection équivalente respecte l'échelle vraie le long du méridien central et de tous les parallèles.
Projection de Cassini-Soldner	Cette projection cylindrique transverse respecte l'échelle le long du méridien central et de toutes les lignes qui lui sont parallèles. Cette projection n'est ni équivalente ni conforme.
Projection cylindrique équivalente	Lambert est le premier à avoir décrit en 1772 cette projection équivalente, peu utilisée.
Projection conique équidistante	Cette projection conique peut s'appuyer sur un ou deux parallèles de référence. Comme son nom l'indique, tous les parallèles concentriques sont régulièrement espacés le long des méridiens.
Projection cylindrique équidistante	Il s'agit de l'une des projections les plus faciles à construire car elle forme une grille de rectangles égaux.
Projection gnomonique	Cette projection azimutale perspective utilise le centre de la Terre comme point de perspective.
Projection azimutale équivalente de Lambert	Cette projection respecte la surface des polygones individuels tout en conservant les vraies directions à partir du centre.
Projection conique conforme de Lambert	Cette projection est parmi les mieux adaptées aux latitudes moyennes. Elle est similaire à la projection équivalente conique d'Albers mais permet une meilleure conservation des formes.
Projection de Mercator	Créée initialement pour afficher des relèvements au compas précis pour la navigation maritime, cette projection définit en outre clairement et précisément les formes locales.
Projection cylindrique de Miller	Cette projection est similaire à la projection de Mercator mais la distorsion des régions polaires est moindre.
Projection de Mollweide	Carl B. Mollweide a créé cette projection pseudo-cylindrique en 1805. Il s'agit d'une projection équivalente conçue pour les cartes à petite échelle.
Projection stéréographique polaire	Cette projection est équivalente à la projection stéréographique d'aspect polaire sur un ellipsoïde. Le point central est le pôle Nord ou le pôle Sud.
Projection de Robinson	Il s'agit d'une projection non caractérisée utilisée pour réaliser des cartes du monde.
Projection conique simple	Cette projection conique peut s'appuyer sur un ou deux parallèles de référence.
Projection de Mercator oblique spatiale	Cette projection est quasi conforme et présente une faible distorsion d'échelle dans la plage de détection d'un satellite de cartographie en orbite tel que Landsat. Prise en charge uniquement dans ArcInfo Workstation.
Projection de Mercator transverse	Cette projection est similaire à la projection de Mercator mais le cylindre est tangent le long d'un méridien et non de l'équateur. Le résultat est une projection conforme sans conservation des directions réelles.
Projection de Mercator transverse universelle	Le système de coordonnées Universal Transverse Mercator est une application spécialisée de la projection de Mercator transverse. Le globe est divisé en 60 zones, chacune d'elles s'étendant sur 6 degrés de longitude.

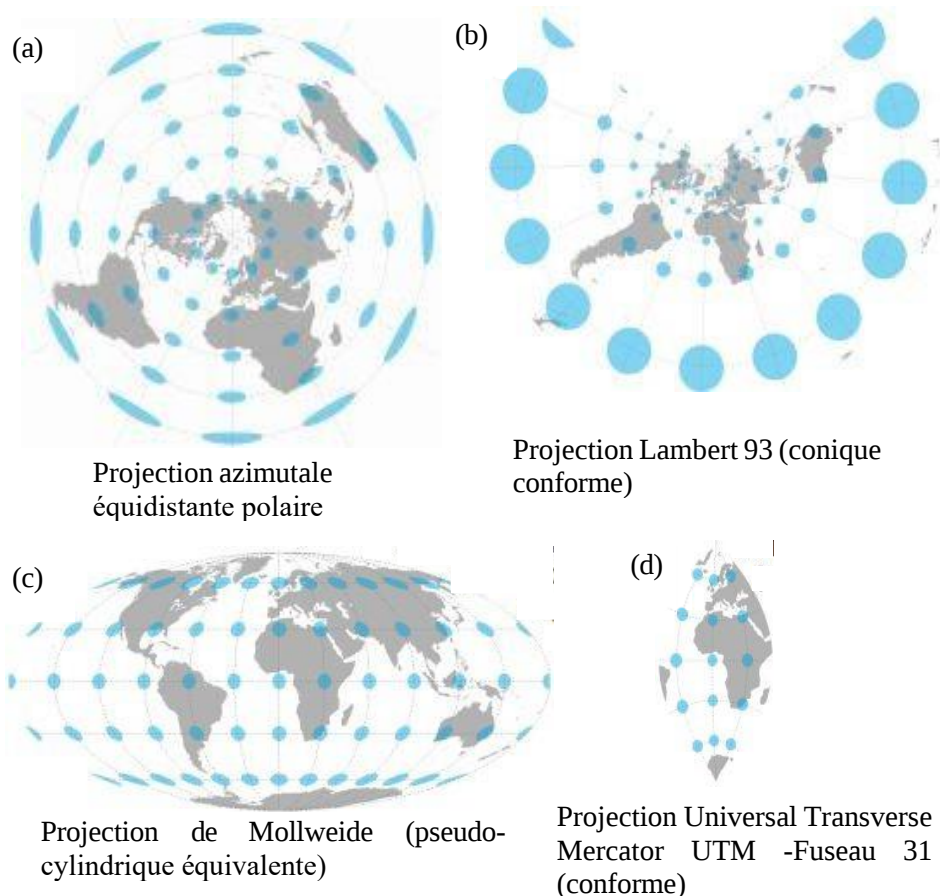


Figure II.19 : Quelques systèmes de projections utilisés dans le monde (<http://www.ign.fr>).

Cas particuliers et importants de projection (*Universal Transverse Mercator UTM*)

Cette projection est surtout utilisée pour les cartes de grande échelle (fine résolution). Le centre de projection est variable, sur la sphère terrestre, pour chaque zone prédéfinie. Il y a 20 bandes de latitude (entre 84°N-80°S) et 60 bandes en longitude (1200 zones) (Figure III.6). Les coordonnées (x, y) reflètent la position dans une zone ; “y” est en mètre par rapport à l'équateur tandis que “x” est en mètre par rapport au méridien central de la zone (il faut rappeler qu'il y a 1200 zones). Mais, pour éviter les nombres négatifs, on ajoute un “false easting” de 500000 m à x, et si le point est dans l'hémisphère sud un false northing de 10000000 m. Une coordonnée UTM s'exprime par : Numéro de la zone (Nord ou

Sud) ou la lettre de la zone et les coordonnées x et y. C'est une projection qui est conforme (c.à.d. conserve les formes).

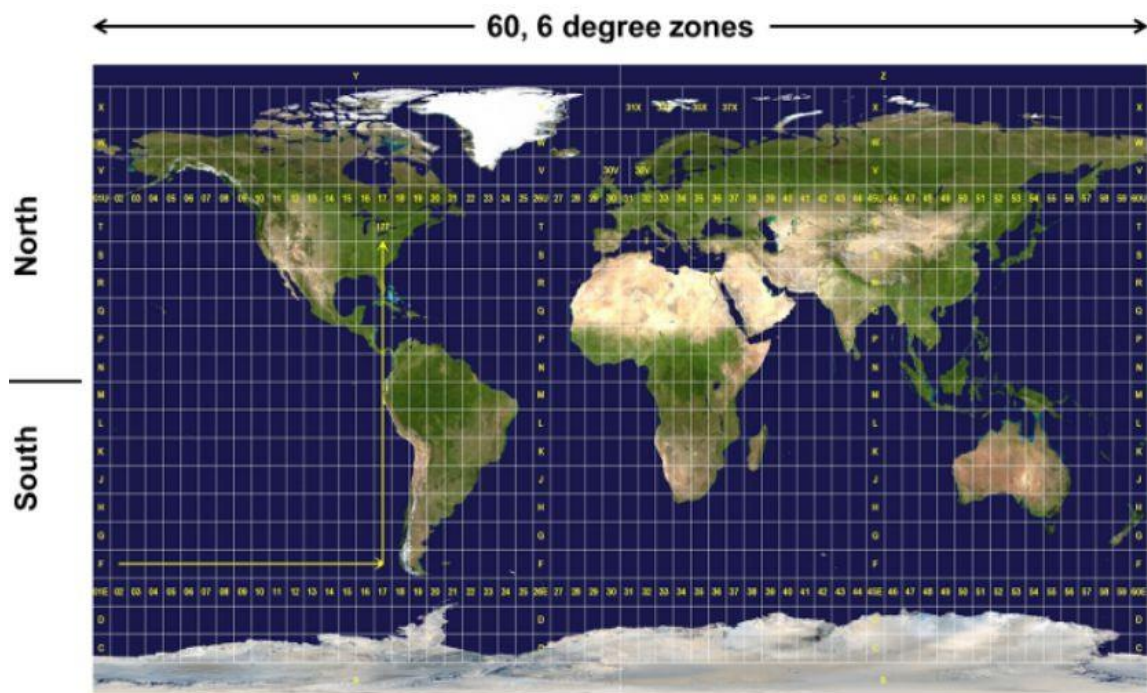


Figure II.20: Projection Universal Transverse Mercator (UTM) (<http://gsp.humboldt.edu>).

Chapitre III. L'analyse en SIG et logiciels

III. Quelques logiciels SIG

III.1.1. 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.

III.1.2. Logiciels Gratuits

DIVA-GIS : Offre des outils d'analyse statistique et géostatistique de l'information géographique.

AutoDEM : Il propose des dispositifs pour générer des modèles numériques de terrains (MNT) à partir de courbes de niveaux. Il supporte plusieurs formats tel que les images raster et les courbes de niveaux de type vectoriel.

III.1.3. 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).

Chapitre IV.

Télédétection

IV. Introduction à la Télédétection

IV.1. Principe de base de la télédétection :

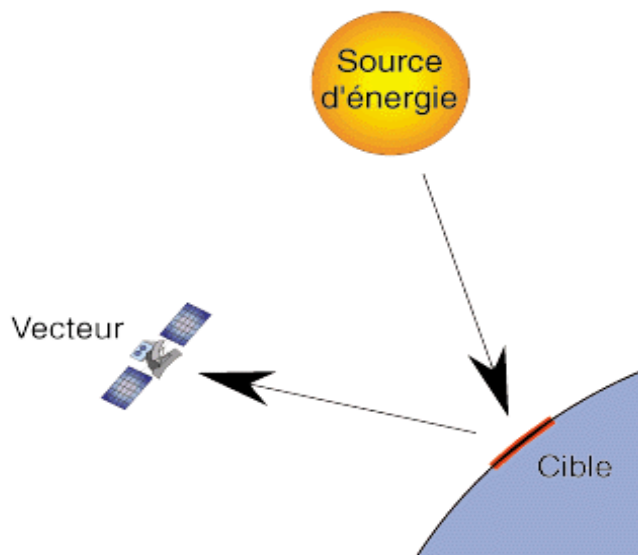
IV.1.1 Définition de la Télédétection :

La télédétection est la technique d'observation à distance de la réponse des objets à une excitation extérieure naturelle (soleil) ou artificielle (radar).

Autrement dit, La télédétection est une technique d'observation permettant de **détecter** et d'**interpréter** à distances les caractères morphologiques, physiques, et /ou spectraux des matériaux. Elle étudie leur propriété de réflexion, absorption ou émission des radiations électromagnétique ; dans le but d'en tirer des informations concernant leurs natures, leurs propriétés, et leurs états.

Système de la télédétection :

La télédétection est un système qui peut regrouper un ensemble de paramètres et phénomènes qui interagissent, dont nous pouvons dégager quatre (04) éléments principaux : *le rayonnement électromagnétique, la cible, l'environnement de l'objet et le système d'observation* (Cf. Fig. 1).



IV.1.2 Le rayonnement électromagnétique :

Selon la théorie corpusculaire de la lumière, le rayonnement électromagnétique peut être considéré comme étant un flux de particules élémentaires appelés photons. Selon la théorie

ondulatoire, le rayonnement électromagnétique est composé de deux vecteurs champ électrique et magnétique perpendiculaires et se déplaçant à la vitesse de la lumière (dans le vide $c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$) (figure 2). Deux propriétés principales caractérisent une onde électromagnétique : sa longueur et sa fréquence.

La longueur d'onde est la distance entre deux points homologues (deux crêtes ou deux creux) qu'on note λ (m).

La fréquence est le nombre d'oscillations par unité de temps qu'on note ν (nombre oscillations/s ou Hertz Hz).

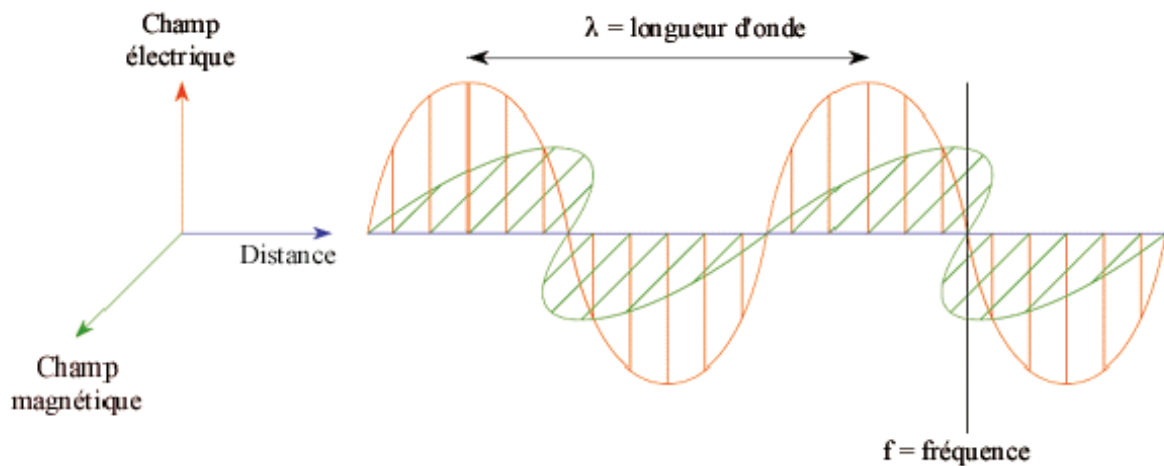


Figure 2 : onde électromagnétique monochromatique

Le **spectre électromagnétique** s'étend des courtes longueurs d'onde (dont font partie les rayons gamma et les rayons X) aux grandes longueurs d'onde (microondes et ondes radio). La télédétection utilise plusieurs régions du spectre électromagnétique (Figure 3) qui sont :

- ♦ l'ultraviolet ;
- ♦ le visible de 0.4 à $0.7 \mu\text{m}$;
- ♦ le proche infrarouge de 0.7 à $1.5 \mu\text{m}$;
- ♦ l'infrarouge moyen de 1.5 à $3 \mu\text{m}$;
- ♦ l'infrarouge thermique de 3 à $15 \mu\text{m}$;
- ♦ les micro-ondes (ou hyperfréquences) de 1mm à 1m .

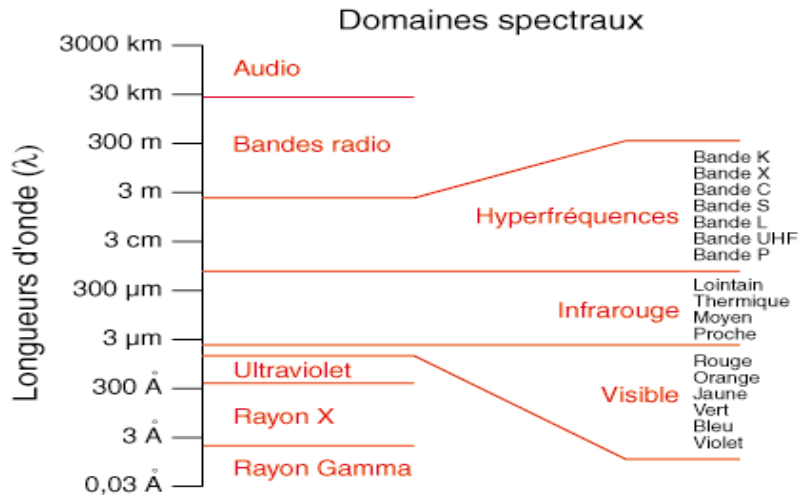


Figure 3: les principaux domaines du spectre

IV.1.3 La cible :

La cible : elle réfléchit, émet, transmet ou absorbe le rayonnement électromagnétique (Fig. 4).

- La réflexion et l'émission sont des porteurs d'information concernant l'objet.
- La transmission et l'absorption du rayonnement par l'objet se traduisent par l'enregistrement d'une faible quantité d'énergie au niveau du capteur. Cette faible énergie joue un rôle très important en photo-interprétation, elle traduit un bon contraste entre l'objet et son environnement (K. TADJEROUNI 2001).

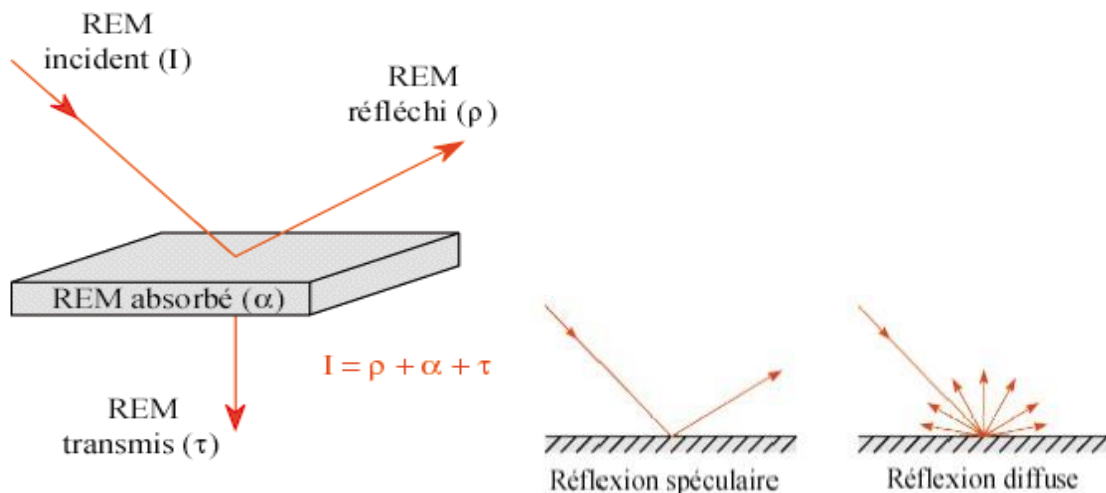


Fig 4 : Réflexion, absorption et transmission d'énergie

IV.1.4 L'environnement

L'atmosphère est un milieu très hétérogène (gaz divers) : ces gaz et les particules ont des températures supérieures à 0°k ; ils émettent de l'énergie (processus d'absorption, de réémission, de diffraction, de réfraction, de réflexion) et introduisent ainsi des parasites (Fig.5). Le voisinage introduit une diminution ou une augmentation d'énergie liée à l'état de

la surface et la résolution alors que l'atmosphère introduit deux types de perturbations : les perturbations géométriques et les perturbations radiométriques (**ROBERT 1978**).

Remarque : *L'atmosphère altère le signal dans son double trajet :*

- *source – cible*
- *cible – capteur*

Pour les applications courantes, nous supposons que cette perturbation est quasiment la même pour tous les objets ; nous pouvons donc l'occulter.

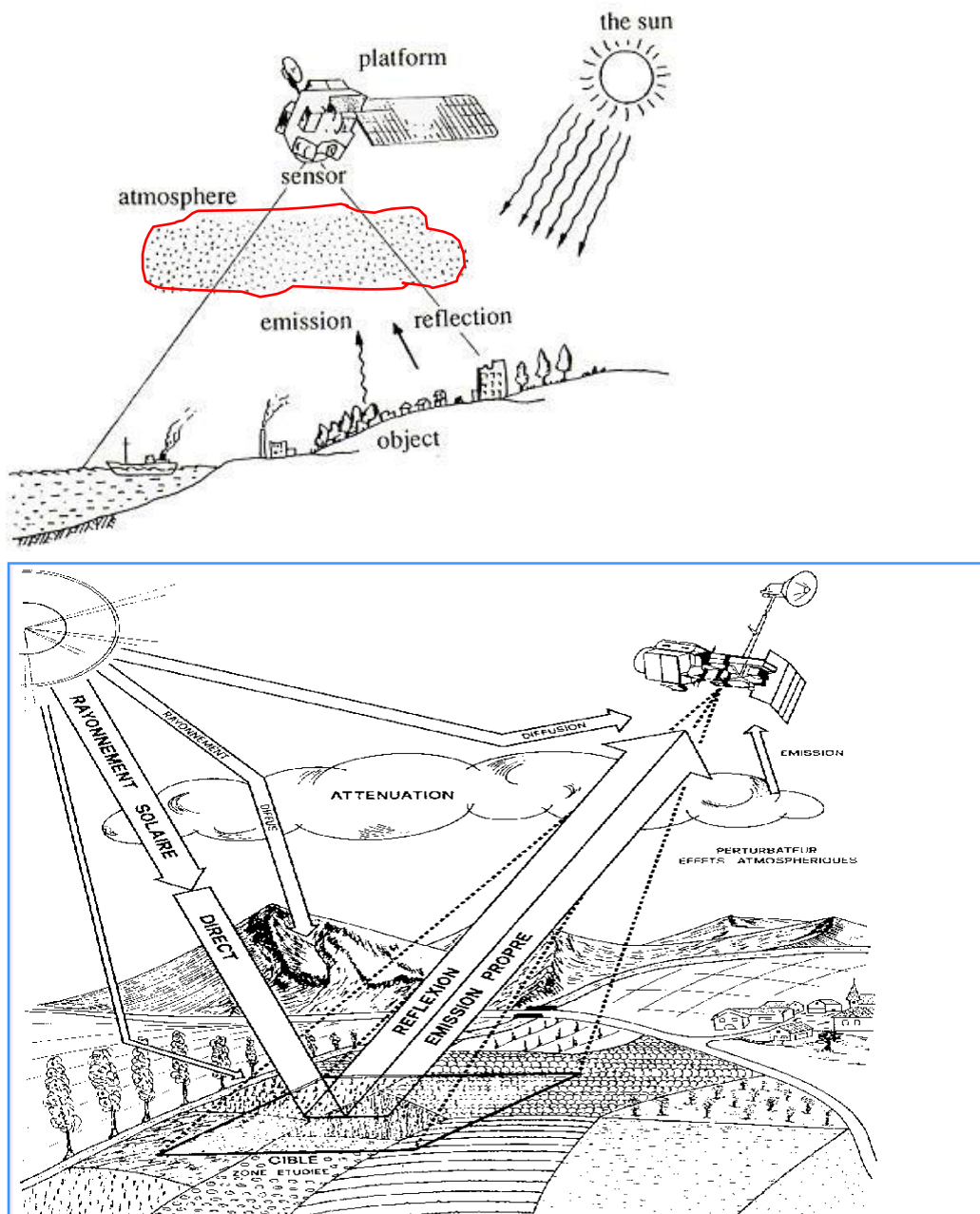


Figure 5 : éléments perturbateurs des rayons électromagnétiques

IV.1.5. Systèmes d'observation

Ils représentent à la fois les instruments de mesures du *rayonnement électromagnétique* (capteurs), et les systèmes de *télédétection* (plates formes).

IV.2 Les capteurs

Les capteurs sont des appareils capables de recevoir le rayonnement qui vient de la terre et de le transformer en un signal permettant la mémorisation de l'information. Ils se distinguent par leurs types d'acquisitions (passif ou actif), leurs modes d'acquisitions et leurs résolutions.

IV.2.1 Type d'acquisition

- **Les capteurs passifs** : le soleil est la source d'énergie ou de rayonnement utilisé en télédétection. Cette énergie est soit réfléchi (la portion visible) ou absorbée et transmise (fluorescence, infra -rouge thermique) par la cible. Les capteurs passifs sont des dispositifs de télédétection qui mesure l'énergie disponible naturellement.
- **les capteurs actifs**: produisent leur propre énergie pour illuminer la cible, et mesurer le signal rétro-diffusé dans sa direction. Ce sont des radiomètres opérant dans le domaine des hyperfréquences, ils ont l'avantage de pouvoir prendre des mesures à n'importe quel moment de la journée ou de la saison.

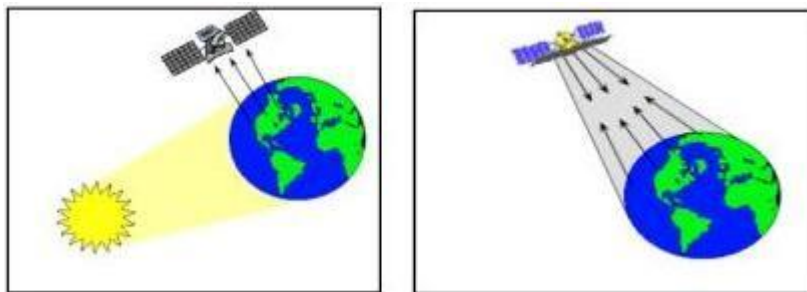


Fig. 6 : Principe de la télédétection passive et active

IV.2.2 Mode d'acquisition

Il est soit à balayage électronique (cas de *SPOT* qui a une barrette de détecteurs qui balaye un champ de 60 Km de largeur - balayage ligne), soit à balayage mécanique (cas de *LANDSAT* qui balaye un champ de 185 Km de largeur en utilisant un miroir rotatif).

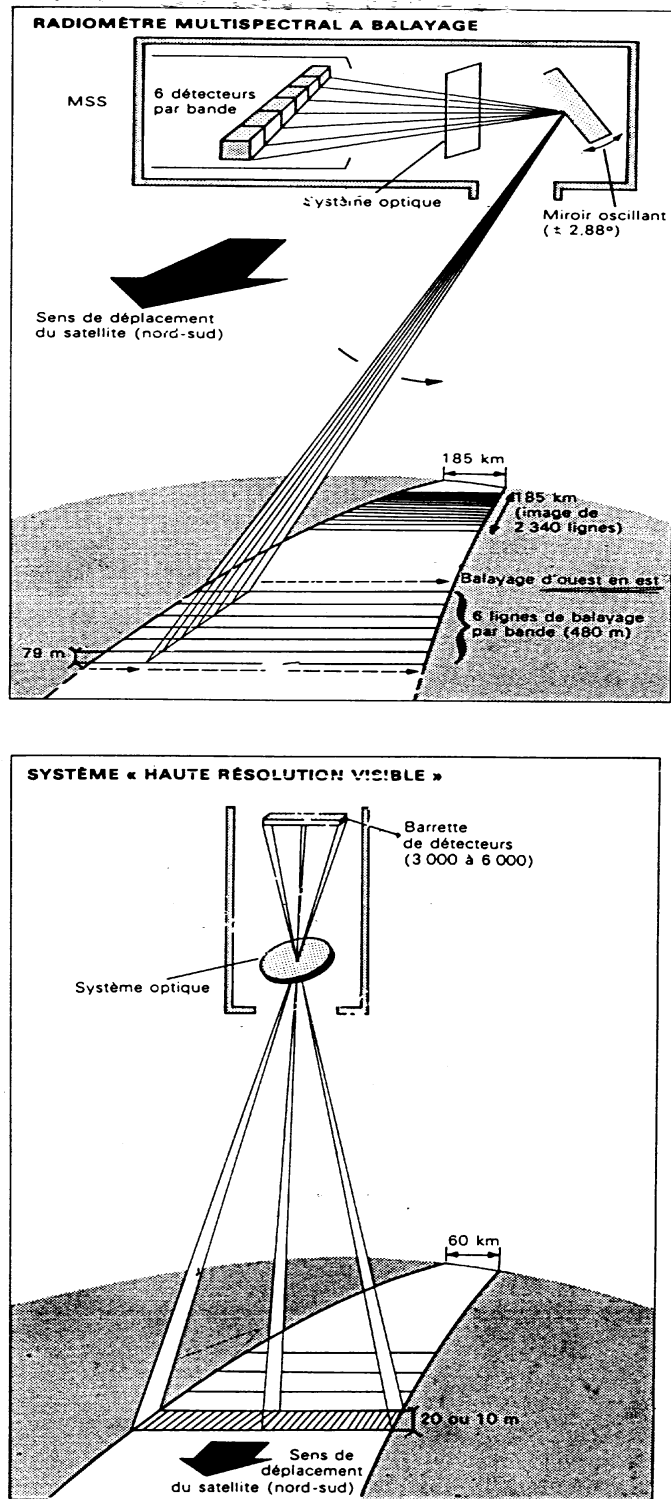


Fig. 07: Mode d'acquisition par balayage mécanique (MSS) ou électronique (SPOT).

IV.2.3 Résolution

La résolution est une mesure de la capacité d'un système optique de séparer des signaux proches spatialement et/ou spectralement. La capacité de mesurer une information par

télédétection exige la considération prudente de quatre types de résolution : radiométrique, spatiale, spectrale, et temporelle.

- ***La résolution radiométrique :***

Elle est définie comme le seuil de sensibilité du radiomètre, c'est à dire la plus faible intensité réfléchie ou émise par la scène que le capteur est capable de détecter dans chaque bande spectrale (CALOZ. 1992).

- ***La résolution spectrale :***

C'est la plus petite largeur de bande spectrale $\Delta\lambda$ dans laquelle le radiomètre est capable de mesurer une intensité suffisante. Elle est de 0.1 μm pour les radiomètres destinés aux satellites d'observation des ressources terrestres et de l'ordre de 10 nm pour les radiomètres à haute résolution spectrale (CALOZ. 92).

- ***Résolution temporelle :***

La résolution temporelle du système de télédétection est égale à la période de passage au nadir d'un satellite, qui est le temps mis par un satellite pour effectuer un cycle orbital complet. Cette période est généralement de quelques jours. Il faut donc quelques jours à un tel satellite pour qu'il puisse observer de nouveau exactement la même scène à partir du même point dans l'espace.

La résolution temporelle d'un radiomètre est le changement que peut rapporter ce radiomètre entre deux dates pour une surface particulière. Cette résolution est très intéressante pour le suivi d'un phénomène à évolution dans le temps (études multidates).

- ***Résolution spatiale***

C'est la plus petite unité au sol décelable par un capteur. Elle correspond à 30 mètres pour le capteur ETM+ de Landsat.

TABLE 4.2	Spectral Band, Wavelength, and Spatial Resolution of Landsat 7 (ETM+) and Landsat 8
------------------	--

Landsat 7 (ETM+)			Landsat 8		
Band	Wavelength (µm)	Resolution (m)	Band	Wavelength (µm)	Resolution (m)
1	0.45–0.52	30	1	0.43–0.45	30
2	0.52–0.60	30	2	0.45–0.51	30
3	0.63–0.69	30	3	0.53–0.59	30
4	0.77–0.90	30	4	0.64–0.67	30
5	1.55–1.75	30	5	0.85–0.88	30
6	2.09–2.35	30	6	1.57–1.65	30
7 (panchromatic)	0.52–0.90	15	7	2.11–2.29	30
			8 (panchromatic)	0.50–0.68	15
			9	1.36–1.38	30

TABLE 4.3	Examples of Very High Resolution Satellite Images
------------------	--

Digital Globe			
IKONOS*		GeoEye-1	
Panchromatic 82 cm	Multispectral 4 m	Panchromatic 41 cm	Multispectral 1.65 m
QuickBird*		WorldView-4	
Panchromatic 61 cm	Multispectral 2.4 m	Panchromatic 31 cm	Multispectral 1.24 m
Pléiades			
Panchromatic 50 cm		Multispectral 2 m	

*Both Ikonos and QuickBird were inactivated in 2015.

Caractéristiques de quelques capteurs

CAPTEURS	SPATIALE	SPECTRALE	RADIO-MÉTRIQUE	TEMPORELL E
NOAA_AVHRR	1,1km / 4km 1500 miles	4 ou 5 bandes (.58 - .68µm .72 - 1.1 3.55 - 3.93 10.3 - 11.3 11.5 - 12.5)	10 bit (0 à 1023)	12 heures (1 jour et 1 nuit)
LANDSAT_MSS	80 m 185 km	4 bandes (.5 - .6 µm .6 - .7 .7 - .8 .8 - 1.1)	6 bit (0 à 63)	16 jours
LANDSAT_TM	30 m / 120 m 185 km	7 bandes (.45 - .52µm .52 - .60 .63 - .69 .79 - .9 1.55 - 1.75 2.08 - 2.35 10.4 - 12.5)	8 bit (0 à 2 55)	14 jours
SPOT_XS	20 m 60 km	3 bandes (.5 - .59µm .61 - .68 .79 - .89)	8 bit (0 à 255)	26 jours
SPOT-P	10 m 60 km	1 bande (.51 - .73µm)	8 bit (0 à 255)	26 jours
IKONOS_XS	4 m 11 km	4 bandes (.45 - .52µm .52 - .60 .63 - .69 .76 - .90)	8 bit (0 à 255)	3 jours
IKONOS_P	1 m 11 km	1 bande (.45 - .90µm)	8 bit (0 à 255)	3 jours
Quick-Bird_XS	2.8 m 3 km	4 bandes (.45 - .52µm .52 - .60 .63 - .69 .76 - .90)	11 bit (0 à 2047)	3 jours ?
Quick-Bird_P	0.7m 3 km	1 bande (.45 - .90µm)	11 bit (0 à 2047)	3 jours ?

IV.3 Les vecteurs :

Tous les satellites ne sont pas des satellites d'Observation de la Terre.

L'Observation de la Terre comprend la détection des aspects :

- de l'atmosphère,
- des mers,
- des paysages
- et des ressources terrestres.

Selon les applications attendues, les satellites d'observation de la Terre occupent différentes orbites.

□ Orbite circulaire quelconque

Orbite circulaire : ellipse à excentricité nulle.

Les satellites TIROS, NOAA et ERS-1 ont des orbites circulaires.

□ Orbite géostationnaire

Un satellite géostationnaire se situe toujours au zénith du même point sur l'équateur terrestre, le plan orbital est confondu avec le plan équatorial, et l'orbite est circulaire.

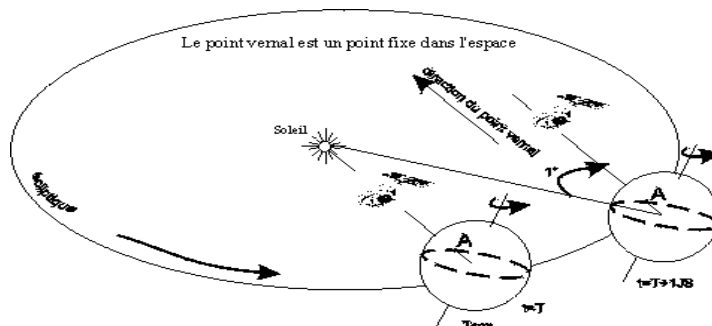
Le satellite tourne à la même vitesse angulaire que la Terre. Le rayon R de l'orbite est donné par la 3ème loi de Kepler :

42 164 km (35 786 km au-dessus de l'équateur).

Les satellites METEOSAT (France), GOES (*Geostationary Operational Environmental Satellites*, USA), GMS (Japon) et INSAT (Inde) sont géostationnaires.

□ Orbite héliosynchrone

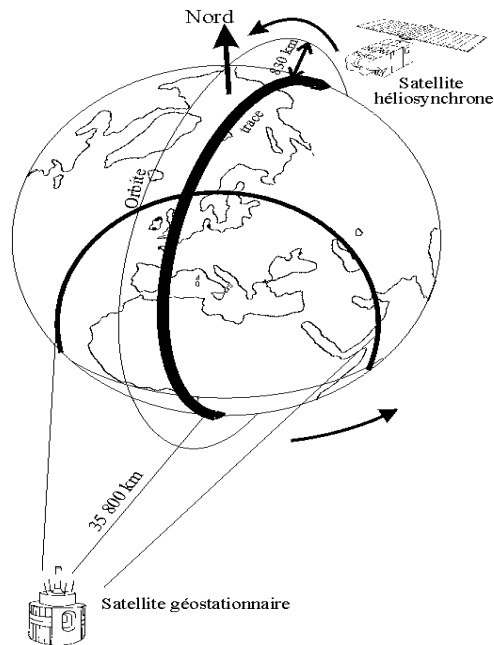
Un satellite héliosynchrone passe **toujours à la même heure solaire locale au-dessus d'un même point** de la Terre. Le plan orbital du satellite reste fixe par rapport au plan orbital de la Terre autour du Soleil, donc la ligne des nœuds fait un angle constant avec la droite des centres de la Terre et du Soleil. Le plan orbital du satellite doit se déplacer de 360° en 365,2425 j soit de $0,9856^\circ$ par jour.



Déplacement du plan orbital d'un satellite héliosynchrone (adapté de JM. Gilliot, 1994)

Pour une orbite circulaire à 832 km d'altitude (SPOT), l'inclinaison doit être de 98,7 °, les pôles sud et nord ne sont jamais survolés. Les satellites NIMBUS, [LANDSAT](#) et [SPOT](#) circulent sur ce type d'orbite.

On distingue les satellites à défilement : orbites circulaires quelconques ou héliosynchrones, des satellites géostationnaires.



Positions relatives des satellites héliosynchrone à défilement et géostationnaire.

IV.4. Nature et Caractéristique de l'image

Définition de l'image :

Selon le mode de stockage, on distingue les images analogiques et les images numériques. L'**image numérique** est une fonction $F(X, Y)$ à deux variables X et Y qui sont respectivement la ligne et la colonne, fournissant une ou plusieurs valeurs entières représentant les niveaux de gris du pixel dans les différents canaux.

Chaque valeur radiométrique est codée sur N bits (N bits = 8 pour la plupart des systèmes de télédétection) et il lui correspond $2^{N \text{ bits}}$ niveaux de gris. Chaque image peut occuper un espace mémoire égal à $X \times Y \times N \text{ bits}$ pour une seule bande spectrale.

L'image numérique est une matrice dont chaque élément nous renseigne sur la luminance d'une portion élémentaire de l'objet au sol.

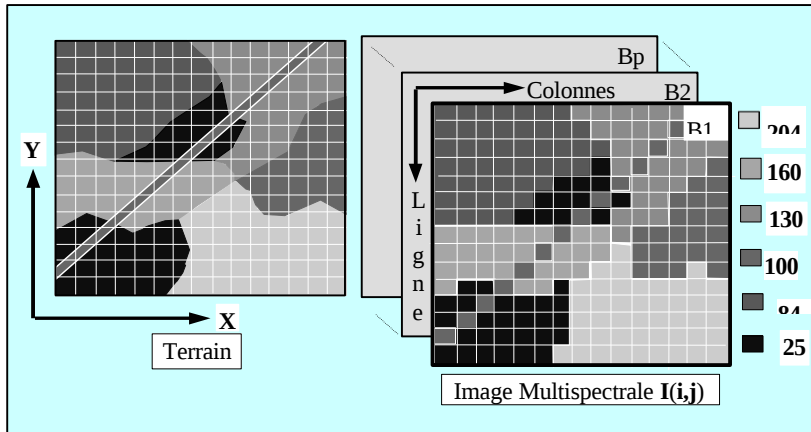
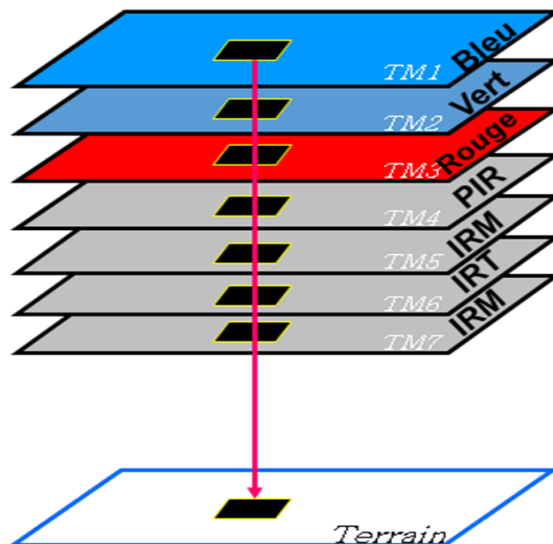


Fig. 8: Représentation d'une surface sol en images multispectrales

A titre d'exemple Les Données Numériques Landsat-TM:

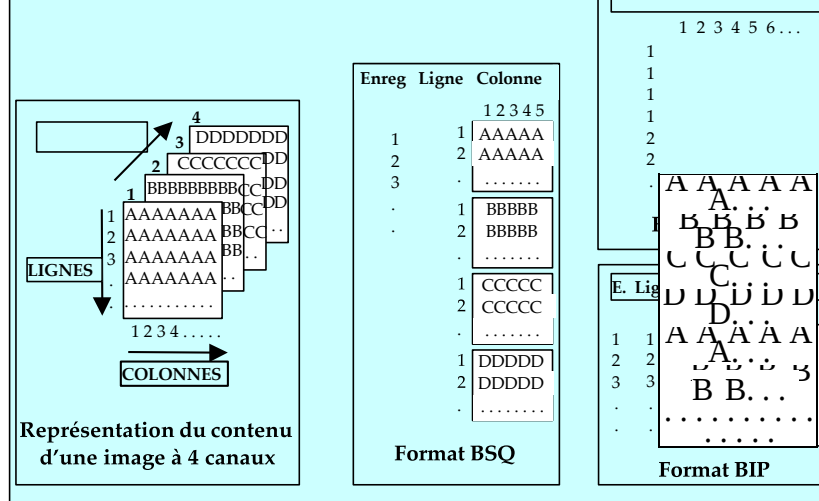


Formats D'images :

Les formats standard de bandes magnétiques que l'on peut trouver en télédétection sont:

- ***BSQ**: Band Sequential,
- ***BIL**: Band Interleaved by Line,
- ***BIP**: Band Interleaved by Pixel,

***Exemples** de formats : **BSQ**, **BIL** et **BIP**



6. spécificité de quelque capteur :

Code capteur	Longueur d'onde (micromètre)	Couleur	Domaine spectral	Domaines d'utilisation
TM1	0,45-0,52	Bleu	Visible	Cartographie des eaux littorales Différentiation sol/végétation Différentiation feuillus/conifères
TM2 XS1 MSS4	0,56-0,60 0,49-0,59 0,50-0,60	Vert-jaune " "	Visible	Détection de la santé des végétaux Pic de réflectance du vert Chlorophylle
TM3 XS2 MSS5	0,63-0,69 0,61-0,69 0,60-0,70	Rouge " "	Visible	Absorption de la chlorophylle ☐ différenciation des espèces végétales
TM4 XS3 MSS6 MSS7	0,76-0,90 0,80-0,91 0,70-0,80 0,80-1,10		TPIR	Cartographie de la biomasse Délimitation des plans d'eau
TM5	1,55-1,75		IRM	Mesure de l'humidité des plantes Différentiation nuage/neige
TM7	2,08-2,35		IRM	Mesure des altérations végétales dues à la sécheresse.
TM6	10,4-12,5		IRT	Cartographie hydrothermale Recherches géologiques

7. Principe de visualisation de l'image numérique :

On appelle fonction image toute représentation d'un objet ou d'une scène dans un plan. Il existe deux formes physiques d'existence d'une image :

- En niveau de gris
- En couleur

Le principe de la visualisation d'un canal d'une image numérique est d'associer en niveau de gris, c'est un affichage monochrome.

Mais il est également possible de visualiser plusieurs canaux simultanément en système additive des couleurs. C'est ce que l'on appelle une composition colorée, ceci constitue une généralisation de la visualisation d'un canal à deux ou trois dimensions.

Cet affichage en trichromie est sous deux formes :

- une composition colorie vraie :

Bande Rouge (B3 du TM) dans le rouge

Bande vert (B2 du TM) dans le vert

Bande Bleu (B1 du TM) dans le Bleu

Ou en fausse couleur, dont on affecte n'importe quelle bande spectrale à n'importe quelle couleur. le plus important ici d'arriver à faire la distinction entre les objets ou les classe thématiques.

REPRÉSENTATION DES COULEURS :

La couleur blanche correspond à l'ensemble des couleurs, donc à l'ensemble des ondes du spectre du visible, par contre une autre couleur correspond à l'absence d'une onde ou d'une partie des radiations composant la lumière blanche (GDTA, 1991).

a) Couleurs primaires:

Elles sont indépendantes et avec lesquelles on produit toutes les couleurs par combinaison. Elles sont représentées par les trois couleurs : Bleue; Verte et Rouge.

b) Couleurs secondaires:

Elles sont obtenues par le mélange deux à deux des couleurs primaires. Ce sont les couleurs :

Jaune : obtenue avec le vert et le rouge.

Cyan : obtenue avec le vert et le bleu.

Magenta : obtenue avec le rouge et bleu.

c) Couleurs complémentaires:

Lorsqu'elles sont mélangées elles donnent la couleur blanche:

Le rouge avec le cyan.

Le vert avec le magenta.

Le bleu avec le jaune.

il existe également d'autre type de couleur qui utilise l'intensité, la teinte et la saturation. (ITS)

Traitement des données images

8. Prétraitements :

Cet élément englobe les procédures suivantes :

- **Correction géométrique**
- Correction Radiométrique
- Correction Atmosphérique

Ces correction sont sautant nécessaire pour passer aux traitements des images satellite. Mais dans notre cas on ne présent ici que la correction géométrique.

Toutes les images brutes obtenues par télédétection affichent, au départ, une ou plusieurs formes de distorsion géométrique. Les corrections géométriques sont appliquées sur les images pour réduire ces déformations géométriques intervenues lors de l'enregistrement de la scène. Elles comprennent trois étapes principales :

-Correction des déformations dues au système de prise de vue

Ces déformations sont dues essentiellement à la rotation de la terre, l'angle de vue et aux mouvements (lacet, roulis, tangage) de la plate - forme (satellite) (**Fig. 9**).

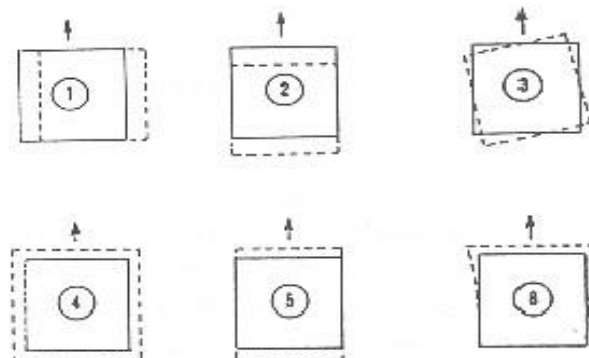


Fig. 9 : Les déformations géométriques dues à l'instabilité du satellite (CASSANET. 1984).

- ***roulis du satellite*** : Variation de l'inclinaison (rotation autour de l'axe de vol).
- ***tangage du satellite*** : Variation de la pente (rotation autour de l'axe de balayage).
- ***orbite d'altitude supérieure aux prévisions,***
- ***vitesse supérieure aux prévisions,***
- ***variation d'altitude en cours (augmentation),***

ENVI permet de recalibrer une image soit :

- (1) par rapport à une autre image (correction géométrique),
- (2) par rapport à une carte de référence (géoréférencement).

Le processus de rectification passe par 3 étapes : (i) la saisie de points d'amers, (ii) le choix d'un modèle de rectification et (iii) le recalage par l'application du modèle sur l'image à corriger. Enfin, le processus de rectification est suivi d'un processus de mesure de la qualité du recalage.

Chapitre V.

Exemple d'application des SIG et de la Télédétection dans Le domaine de l'eau Initiation à l'utilisation du logiciel Map info.

V. CHOIX ET FONCTIONS DU SIG MAPINFO

Confrontés aux nombreux systèmes d'information géographique adaptés au monde de la micro-informatique, notre choix s'est porté sur le système d'information géographique MAPINFO (figure V.1) pour bénéficier d'un produit performant, évolutif, largement diffusé auprès des utilisateurs.

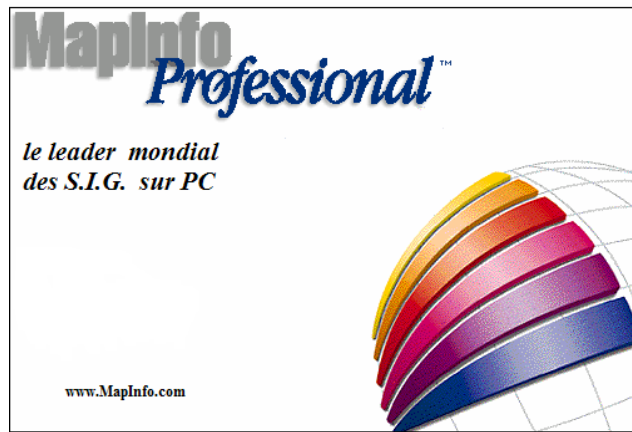


Figure V.1: Présentation du logiciel MapInfo

MapInfo est un SIG, parmi les plus répandus en France (plus de 40 000 licences) et dans le monde (60 pays et 21 langues). Son succès tient essentiellement de :

- sa simplicité d'utilisation
 - son langage de programmation (Map Basic qui permet d'ajouter de nouvelles applications répondant aux exigences de tous projets).
 - sa puissance de gestion et de traitement de données.
 - ses capacités d'échange avec les formats standards bureautiques et les bases de données.
- Puissant outil cartographique, il permet d'afficher, de manipuler et d'analyser tout type de données, géographiques ou alphanumériques. Soit qu'il permet la traduction d'une information géographique en informatique. Pour ce faire, il travaille à l'aide de tables (ensemble de fichiers stockant les informations géographiques sous forme d'une couche graphique spatialisée et localisée).

MapInfo Professional est un Système d'information géographique (SIG) à l'origine Bureautique créé dans les années 1980 aux États-Unis. C'est un logiciel qui permet de réaliser des cartes en format numérique. MapInfo est conçu autour d'un moteur d'édition de cartes qui permet la superposition de couches numériques. Il permet de représenter à l'aide d'un système de couches des informations géo-localisées : points, polygones et image raster. Ce logiciel permet de créer, d'afficher, de modifier toutes formes d'informations géographiquement référencées. Il est utilisé pour :

- Créer des cartes détaillées afin d'améliorer les présentations et faciliter la prise de décision ;
- Mettre en évidence des tendances de vos données qui autrement ne sont pas perceptibles ;
- Réaliser des analyses spatiales dans un environnement bureautique ;

- Opérations de superposition : superposition de couches thématiques (Fig. 02) ;
- Traitements statistiques ;
- Echange de données avec les autres SIG (ArcGis, ArcInfo, etc.) et les logiciels de (CAO/DAO), tel que « AUTO CAD » ;
- Type de sortie : représentation cartographiques, valeurs numériques ou textuelles, histogrammes, graphiques etc ;
- Disponibilité d'une bibliothèque de symboles cartographiques, de trames et légendes modifiables de façon interactive ;
- Géocodage par adresse ;
- Accès aux bases de données externes (Access, Excel, Oracle, SQL server, ..) ;
- Son langage de requête qui permet de mixer les entrées graphiques et non graphiques ;
- Personnalisation avec MapBasic.

V.1. DECOUVRIR MAPINFO

Le but de ce premier TP est de se familiariser avec l'interface de ce logiciel et d'apprendre les principales fonctions de base. La première partie consiste simplement en un survol des menus et des commandes du logiciel, cette partie ne comporte aucun travail à accomplir (elle vous sera plus utile par la suite comme "guide rapide" à MapInfo), donc parcourez librement les menus et, après avoir suivi les instructions de cette première page, passez rapidement à la deuxième partie où des manipulations sont demandées.

Une table MapInfo est constituée de plusieurs fichiers liés entre eux. On distingue :

- *.**TAB** : fichier de description de la table MapInfo Professional.
- *.**DAT**, **.XLS**, **.DBT**, **.MDB** : fichier contenant la base de données associées à la table (données tabulaires).
 - *.**.MAP** : fichier des objets cartographiques, contenant l'information géométrique.
 - *.**ID** : fichier faisant la liaison entre les enregistrements de la base de données et les objets de la carte.
 - *.**IND** : fichier d'index de la base de données (optionnel).
 - *.**.MIF** et **.MID** : concernent l'exportation et l'importation de données (vers d'autres logiciels). Le fichier .MIF contient la structure de la table et la géométrie associée. Le fichier .MID contient les données tabulaires.
 - *.**.WOR** : Document MapInfo Professional. Il ne contient pas les données (qui sont dans les tables), mais répertorie l'ensemble des tables nécessaires et gère leur utilisation.

A l'ouverture du logiciel apparaît un écran (figure V.2) qui permet de recharger la dernière session ouverte sur MapInfo. Pour l'instant, cliquez sur le bouton « Annuler ». MapInfo est désormais ouvert : aucune donnée n'étant chargée, l'écran reste évidemment vide comme c'est illustré dans la figure V.3. Seuls apparaissent la barre de menu et deux menus flottants nommés « Général » et « Dessin ».

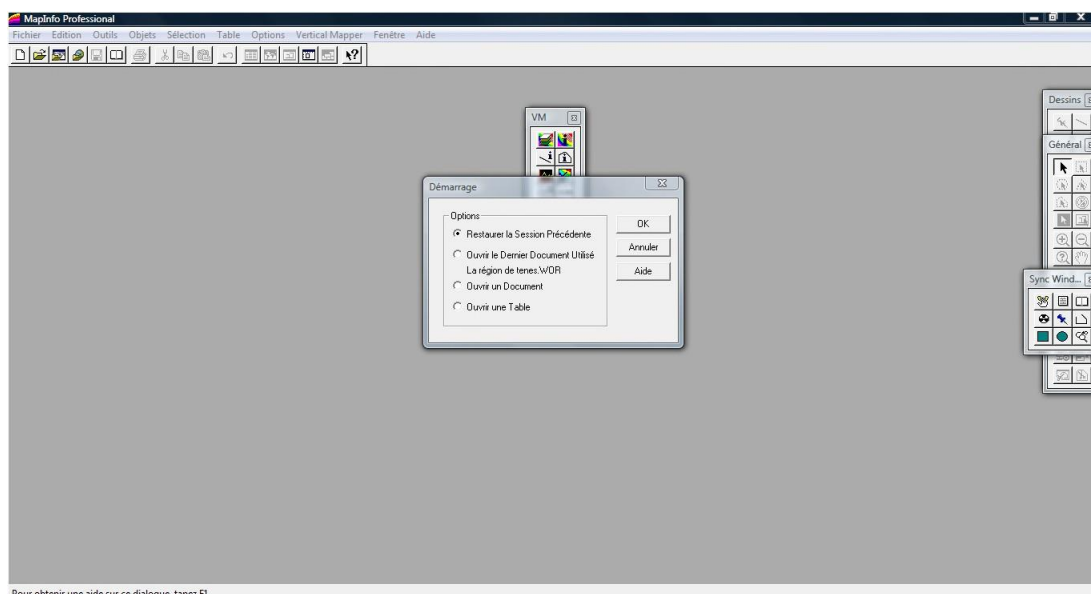


Figure V.2 : Menu de démarrage de MapInfo

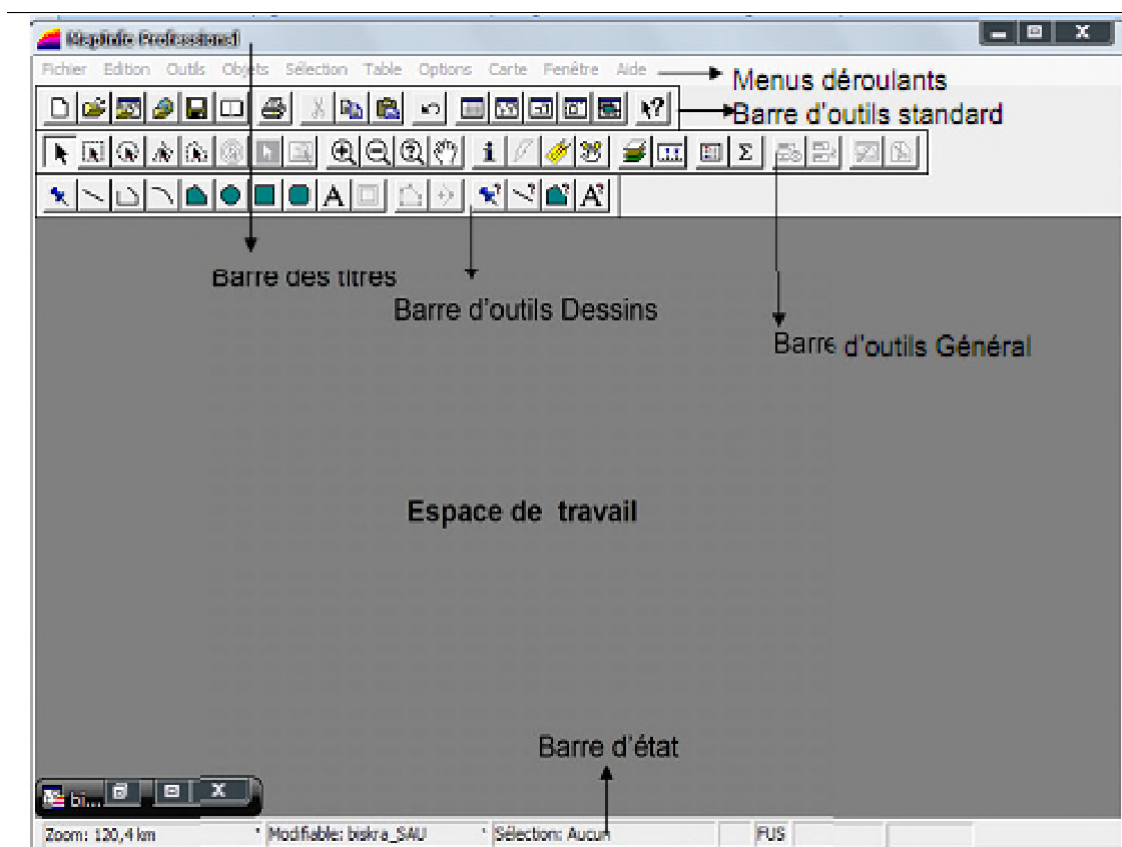


Figure V.3 : L'interface de MapInfo

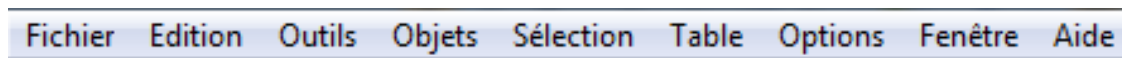
a. LA BARRE DES TITRES

La barre des titres de MapInfo contient le titre du logiciel (MapInfo professionnel) et le nom de la table activée.

b. LES MENUS DEROULANTS

Les menus déroulants sont composés chacun par un ensemble de sous menus.

Ces menus sont : **Fichier**, **Edition**, **Outils**, **Objet**, **Sélection**, **Table**, **Option**, **Fenêtre** et **Aide**.



Par ailleurs et lorsqu'une fenêtre est activée, son menu est alors automatiquement affiché dans la barre des menus déroulants. C'est le cas pour la fenêtre Carte, la fenêtre Données, la fenêtre graphique, la fenêtre Légende et la fenêtre Mise en page.

De gauche à droite dans la barre de menus du logiciel :

- **Le menu Fichier** : Ce menu permet de gérer les fichiers que vous créez avec MapInfo, ses fonctionnalités ressemblent beaucoup aux autres applications courantes de Windows (Word, Excel,...). Vous pouvez ouvrir vos fichiers, les enregistrer (là vous devez préciser si vous enregistrez seulement une table ".tab" - ou tout le document ".wor"), les importer et exporter, les imprimer et quitter le logiciel. En plus la commande **Exécuter** vous permet de lancer des petits logiciels créés avec MapBasic, qui est un langage de programmation adapté aux

problèmes cartographiques et qui permet ainsi de personnaliser le logiciel (avec une certaine connaissance des langages de programmation: ce n'est pas pour tout le monde

-Le menu Edition : Tout comme d'autres logiciels, ce menu vous donne la possibilité d'annuler votre dernière action et de copier, couper, coller ou effacer le ou les objets sélectionnés (il faut les sélectionner à l'avance !). Plus spécifique à MapInfo est la troisième partie de ce menu, où on trouve les commandes **Modifier objets** et **Nouvelle ligne** qui servent à modifier des objets (communes, routes, etc.) représentés à l'écran (actif seulement si la couche est modifiable). La commande **Informations** sert à afficher les caractéristiques (position, taille et forme) d'un objet sélectionné.

-Le menu Outils : Ce menu permet d'accéder à différents outils MapInfo, notamment les traducteurs de format pour les fichiers provenant d'autres logiciels (ArcView, ArcInfo, etc.).

-Le menu Objets : Il contient notamment les outils pour manipuler les objets: par exemple les assembler, les transformer, modifier leur forme, etc.

-Le menu Sélection : Dans ce menu on trouve les outils permettant de faire une requête au SIG, suivant plusieurs méthodes: **Sélection** gère la table dans laquelle vous vous trouvez à un moment donné et vous permet de sortir des caractéristiques à travers une expression mathématique des variables de la table. **Sélection SQL** gère toutes les tables d'un document avec des opérateurs logiques du langage SQL. **Rechercher** donne la possibilité de préciser certaines variables afin de trouver les entités géographiques correspondantes et enfin **Statistiques** produit un résumé des indicateurs statistiques principaux par rapport à une variable donnée du tableau chiffré concerné.

-Le menu Table : Les commandes de ce menu servent à gérer une table tant du point de vue graphique que statistique: vous y trouvez **Mettre à jour colonne** qui permet de modifier les valeurs d'un attribut en fonction d'un calcul. **Ajouter** donne la possibilité de prendre des attributs d'autres tables et de les intégrer à la table en cours d'utilisation. La deuxième partie comprend les commandes **Géocodage**, **Créer Points** et **Fusionner**: la première vous permet de localiser géographiquement un ensemble d'entités à partir d'une de leurs variables (nom d'une rue, coordonnées,...), tandis que la deuxième commande est utilisée lors de la création de points supplémentaires dans la table en question, en fonction de leur position X,Y. La possibilité de fusionner des objets suivant une de leurs caractéristiques est un autre point important de ce menu.

*Les deux commandes **Importer** et **Exporter** permettent de gérer des données (numériques ou graphiques) qui proviennent d'autres sources ou qui doivent être converties vers d'autres logiciels, tels que des plans Auto CAD ou des bases de données dBASE.

* **Gestion Tables** vous donne la possibilité de supprimer ou renommer une table et, plus important, de gérer la structure des attributs (leur format, leur titre et leur indexation) de la table. Quant à la commande **Image Raster**, elle sert à caler une image de fond (raster) sur un vecteur de manière à ce que les coordonnées géographiques des deux couches correspondent précisément.

-Le menu Options : Ce menu se compose d'un premier bloc "**Style...**" qui vous permet de contrôler et modifier la forme des différents objets graphiques (lignes, polygones, symboles, texte) dans vos cartes: vous pouvez préciser la forme, la couleur, l'épaisseur (taille) et le remplissage de ces objets. La deuxième partie est consacrée à l'affichage à l'écran des

différents outils de travail (barres d'outils, légendes,...): vous pouvez choisir ici si vous voulez les cacher ou les afficher. La commande **Palette de couleurs** vous affiche les couleurs disponibles pour vos analyses et vos affichages, tandis que **Préférences** vous permet de personnaliser certains paramètres, mais en principe vous n'aurez pas à toucher à ces rubriques.

-Le menu Carte/Données : Ce menu varie en fonction de la tâche en cours: Si vous travaillez sur une carte il s'appellera **Carte**, tandis que si vous avez un tableau sous les yeux, il se nommera **Données**.

- **Menu Données :**Très réduit, ce menu vous permet seulement de choisir quelles variables afficher (**Choisir champs**) et si vous voulez afficher la grille du tableau (**Grille**).

- **Menu Carte :** Plus complexe que le précédent, il présente des éléments très importants, dont le premier est le **Contrôle des couches**, celui-ci vous propose une boîte de dialogue représentant toutes les couches actives et vous permet d'en décider les caractéristiques fondamentales :

- **visible:** vous pouvez choisir quelles couches vont apparaître à l'écran;
- **modifiable:** on ne peut modifier qu'une couche à la fois, celle que vous sélectionnez dans cette colonne; **sélectable:** cette option indique sur quelles couches vous pouvez agir pour faire des sélections à l'écran d'entités que vous allez analyser ensuite;
- **seuil de zoom:** vous pouvez choisir si une couche doit être visible seulement quand vous êtes dans un certain seuil de zoom, ceci se modifie à l'aide du bouton **Affichage** juste plus bas.

- Le bouton **Affichage** vous permet aussi de gérer le style d'affichage des éléments de la couche; tandis que le voisin **Étiquettes** décide de la manière d'attacher des étiquettes à vos objets géographiques et le bouton **Analyse** sert à modifier l'affichage des éléments d'une analyse de cartographie thématique. Les deux boutons **Couches** offrent la possibilité d'ajouter ou supprimer des tables au document et les deux boutons voisins (**Monter** et **Descendre**) servent à changer la position relative des tables dans la pile du document, de manière à afficher certaines couches avant d'autres.

- La commande **Analyse thématique** vous amène à travers quelques étapes qui vous donnent la possibilité de cartographier vos données de diverses manières; tandis que **Modifier Analyse thématique**, comme bien le dit son nom, sert à modifier une analyse déjà en place.

- La troisième partie concerne le **zoom** et vous permet de choisir à quelle "distance" vous voulez afficher votre carte. La quatrième partie permet d'inscrire à l'écran les **étiquettes** d'une couche et d'enregistrer cette couche comme étant une nouvelle table de votre travail. Enfin **Options** vous permet de modifier les unités de mesure et d'autres paramètres de visualisation.

-Le menu Fenêtre : Ce menu est lui aussi assez répandu dans les logiciels sous Windows; il permet de parcourir les différentes tables ouvertes et d'en afficher respectivement la **carte** ou le **tableau** correspondant, ainsi que de créer des nouveaux **graphiques** en partant des données du tableau et de gérer la **mise en page** de votre travail en vue d'une impression. La commande **Sectorisation** permet de regrouper des objets suivant certaines caractéristiques et d'obtenir ainsi une nouvelle couche avec des nouveaux objets géographiques.

- **Le menu Aide** : Celui-ci est un autre menu "standard" des logiciels Windows dans lequel vous pourrez trouver des conseils concernant le logiciel et ses commandes.

c. LES BARRES D'OUTILS

A l'ouverture de MapInfo des fenêtres outils qui rassemblent les outils spécifiques apparaissent, parmi elles les deux plus importantes qui sont celles **Général** et **Dessins**. Elles rassemblent les fonctionnalités les plus utilisées et les outils de Dessin.

BARRE « GENERAL »

Cette barre est illustrée dans la figure V.4.

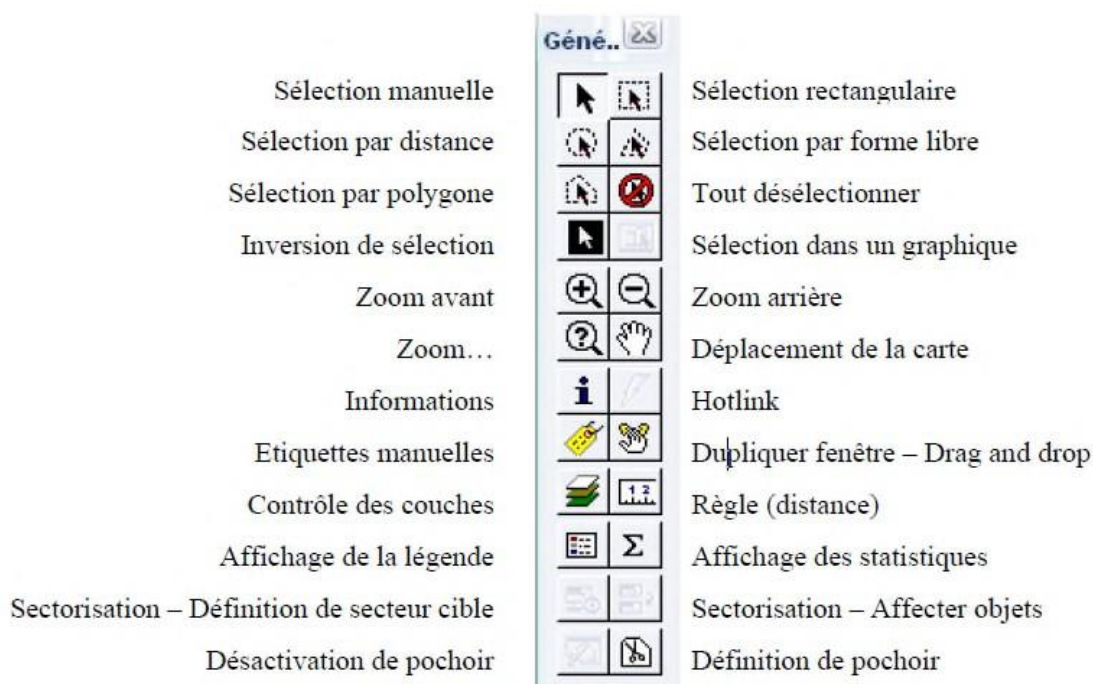


Figure V.4 : Présentation de la barre d'outils « Général »

Les différentes fonctions de la barre « Général » sont données dans ce qui suit :

Contrôle des couches : Définir la position et l'affichage des tables dans une fenêtre Carte.

Inverser la sélection : Inverse la sélection

Légende : Afficher la légende associée aux cartes ou aux graphiques.

Sélection par rectangle, Sélection par Distance : Rechercher et sélectionner des objets à l'intérieur d'une forme donnée.

Distance : Déterminer la distance entre deux points.

Sélection : Sélectionner un ou plusieurs objets ou enregistrements en vue de les analyser. Il peut également servir à modifier une carte, une mise en page ou un tableau.

Pochoir : Rendre apparent qu'une partie de la carte en vue d'une impression ou d'une présentation. La délimitation se fait selon un objet sélectionné.

Définir Secteur Cible : Définir le secteur de l'objet sélectionné comme nouveau secteur cible.

Statistiques : Afficher la fenêtre Statistiques où sont calculées la somme et la moyenne des champs numériques des objets/enregistrements sélectionnés. Le nombre d'enregistrements sélectionnés est également affiché. Les données sont recalculées et la fenêtre Statistiques est automatiquement mise à jour chaque fois que d'autres objets/enregistrements sont sélectionnés.

Zoom avant, Zoom arrière : Agrandir ou réduire une carte ou une mise en page.

BARRE DE DESSIN

Cette barre d'outils est très utile lors de la création d'une nouvelle couche (table) pour dessiner ou paramétrer les entités. elle est présentée dans la figure V.5.

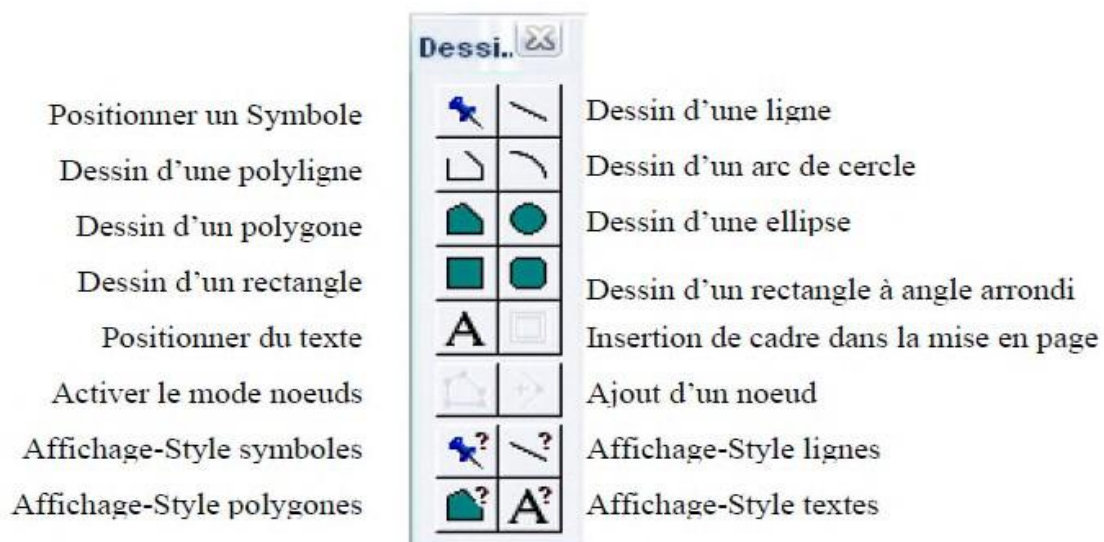


Figure V.5 : La barre d'outils « Dessin » La barre d'outils « Dessin

» contient :

Ajouter Nœud : Ajouter un nœud à des polygones, des polylignes et des arcs de cercle.

Arc de cercle : Tracer un arc ayant la taille et la forme d'un quart d'ellipse. Après avoir créé un arc de cercle, vous pouvez modifier sa taille.

Ellipse : Permet de créer des cercles ou des ellipses.

Cadre : Créer des cadres dans les fenêtres affichées dans la mise en page pour afficher vos fenêtres cartes, données... Vous pouvez ainsi encadrer une carte, un graphique, un tableau, une légende de carte ou de graphique, la fenêtre Informations, la fenêtre Statistiques, la fenêtre de messages ou du texte. Le cadre peut également être vide.

Ligne : Dessiner des segments.

Style Ligne : Définir le type de ligne, l'épaisseur et la couleur des objets ligne (lignes, arcs et polylignes). Vous pouvez également changer le type, l'épaisseur et la couleur des objets que vous modifiez.

Polygone : Dessiner des polygones en ne traçant qu'un côté à la fois.

Polyligne : Dessiner des polylignes (séquence de lignes mises bout à bout, formant une figure non fermée).

Rectangle : Dessiner des rectangles et des carrés dans une couche de carte modifiable ou une mise en page.

Style Polygone : Définir la couleur, le motif et le style de trait des contours des objets fermés. Vous pouvez également changer la couleur et le motif des objets que vous modifiez.

Modifier Objets : Activer/désactiver le mode Modification Forme. Dans ce mode, vous pouvez modifier des polygones, des polylignes, des lignes et des points en déplaçant, ajoutant et supprimant les nœuds qui définissent les segments de droite. Vous pouvez également créer des polylignes en copiant et en collant des nœuds sélectionnés.

Rectangle Arrondi : Dessiner des rectangles et des carrés à coins arrondis.

Symbole : Disposer des symboles points ("épingles") sur une carte.

Style Symbole : Afficher des symboles et définir leurs attributs, c'est-à-dire la taille, la couleur et le type de symbole. Vous pouvez modifier les attributs de symboles existants et définir ceux des nouveaux objets point avant de les créer. Ceux-ci doivent se trouver ou être créés dans une couche modifiable.

Texte : Annoter des cartes et des mises en page.

Style Texte : Choisir la police et la taille des caractères du texte.

V.2 CALAGE ET AFFICHAGE D'UNE CARTE

Le calage est une étape nécessaire avant tout travail sous SIG, il sert à établir une relation entre les entités affichées sous le système d'information géographique et leur position dans le monde réel, Cette opération s'effectue à partir de la boîte de dialogue Calage Image. Cette boîte permet de définir les coordonnées des points de calage et de préciser le type de projection de l'image raster.

Pour effectuer cette opération, on suit les étapes suivantes :

Avec la commande « Fichier / Ouvrir Table », on peut ouvrir des images raster caractérisées par divers extensions (*.bil ; *.tif ; *.bmp ; *.gif ; *.tga ; *.jpg) comme c'est illustrée dans la figure V.6.

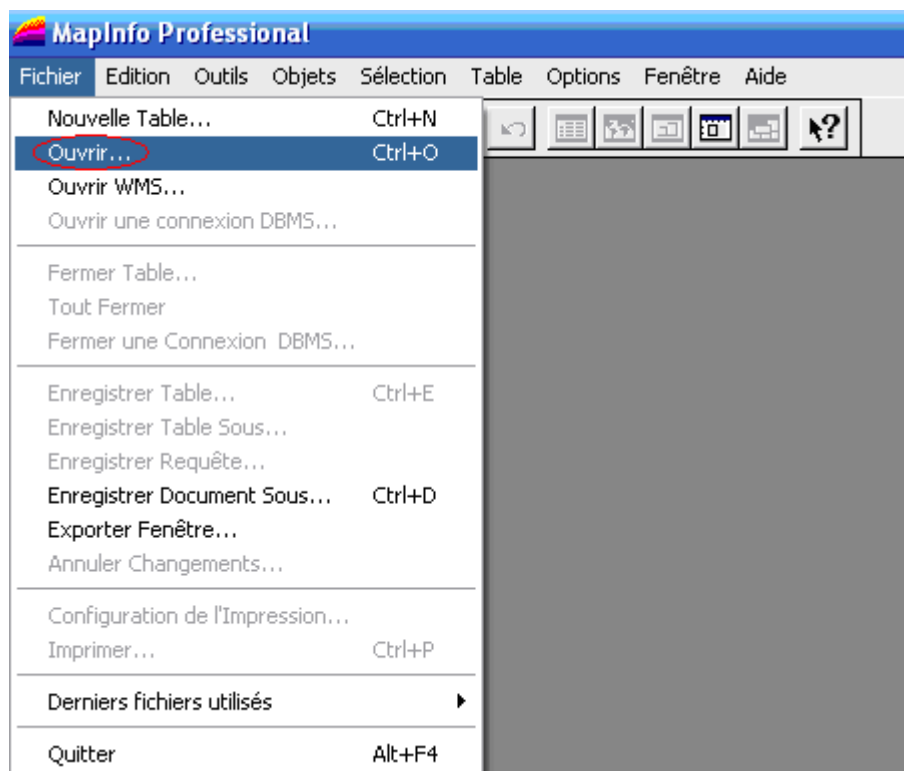


Figure V.6 : Calage d'une image raster : 1^{ère} étape

Sélectionnez le fichier contenant l'image ciblée, n'oubliez pas de choisir le format de fichier image raster (figure V.7).

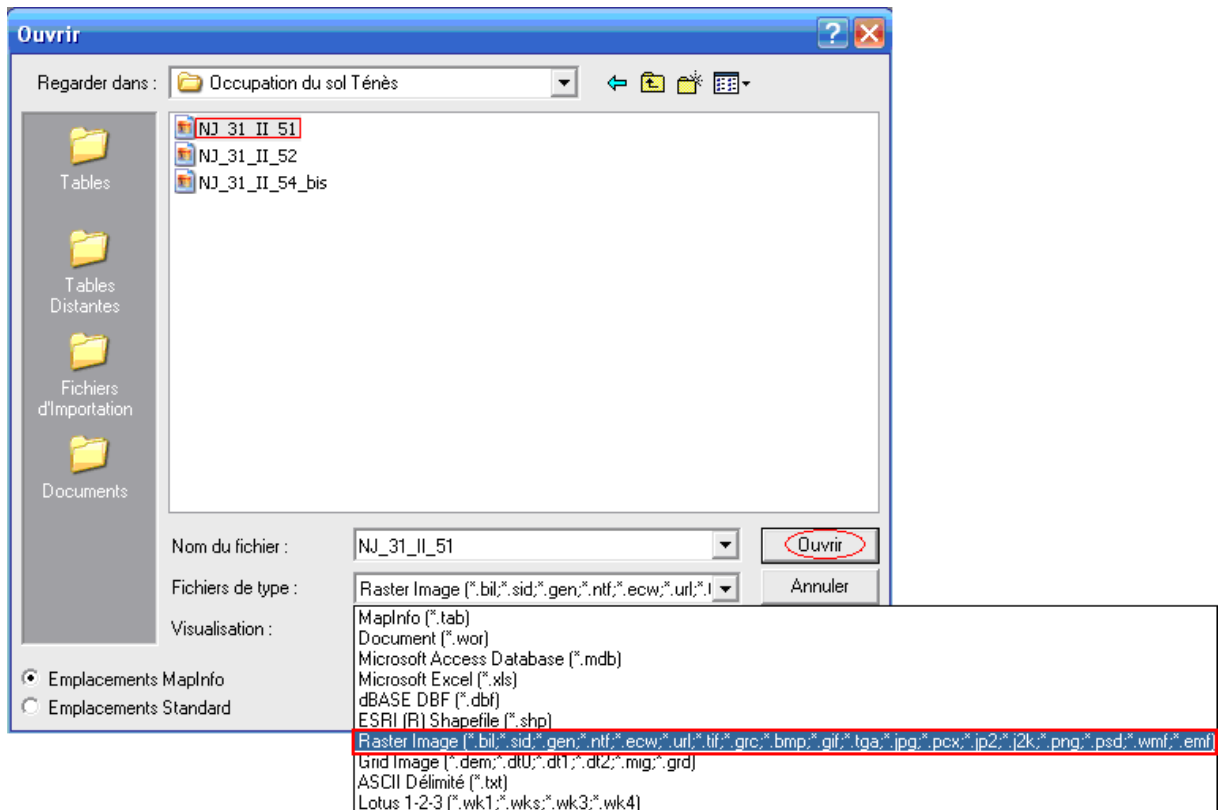


Figure V.7 : Calage d'une image raster : 2^{ème} étape

Lors de l'ouverture, MapInfo demande si vous souhaitez afficher une image non calée (figure V.8), cliquez sur calage.



Figure V.8 : Calage d'une image raster : 3^{ème} étape

La boîte de dialogue du calage de l'image apparaît.

Dans ce menu, définissez le type de projection de l'image à l'aide du bouton « Projection », dans laquelle on va saisir les points de calage et l'unité de mesure (mètre, degré..).

L'Algérie est couverte par deux projections :

- LAMBERT Algérie (Algérie du Nord et Algérie du Sud) ;
- L'Universal Transverse Mercator (UTM), 4 fuseaux UTM couvrent l'Algérie (29, 30, 31,32) comme c'est illustré sur la figure V.9.

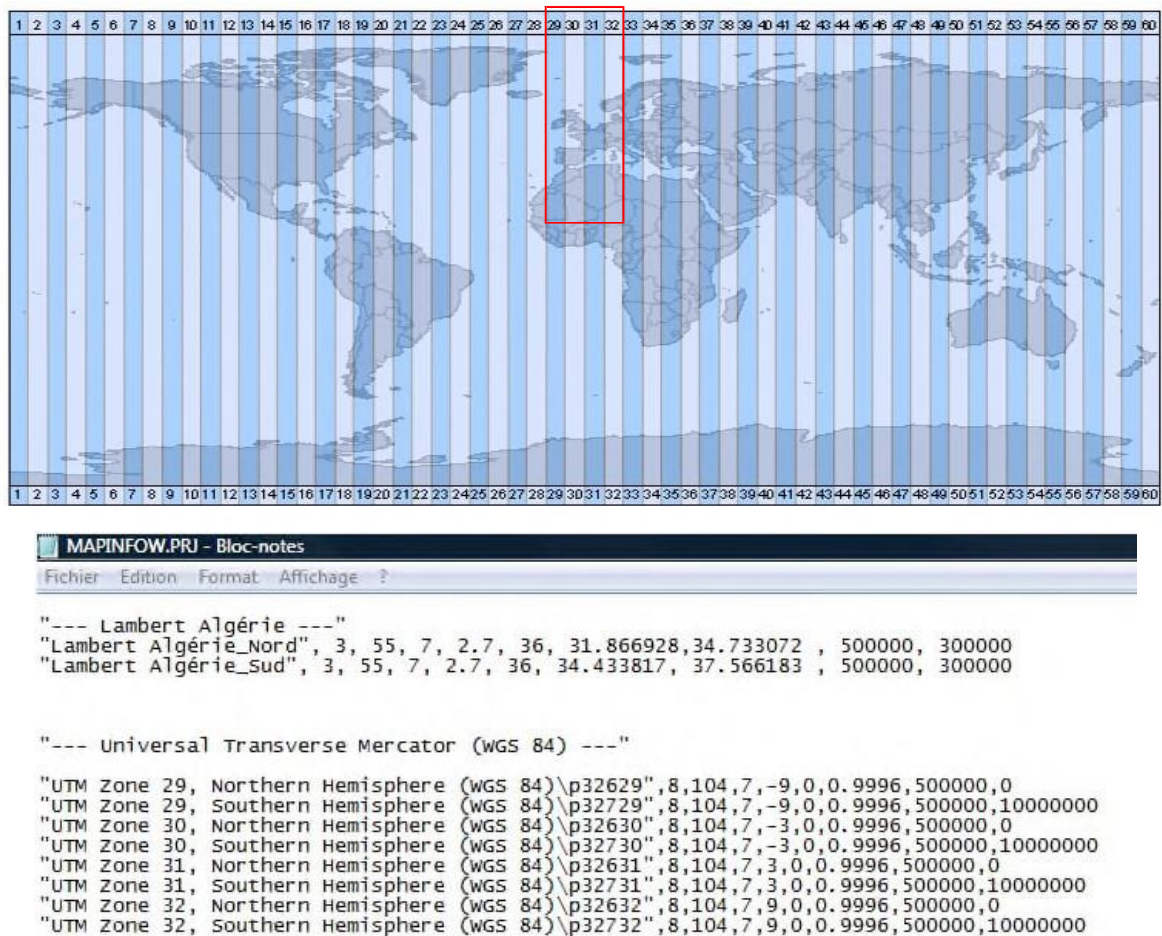


Figure V.9 : Systèmes de projection couvrant l'Algérie et leurs paramètres de transformation dans Mapinfo

Prenez soin de définir le type de projection correct afin de minimiser les distorsions de l'image lors de la superposition des couches de la carte comme c'est illustré dans la figure V.10.

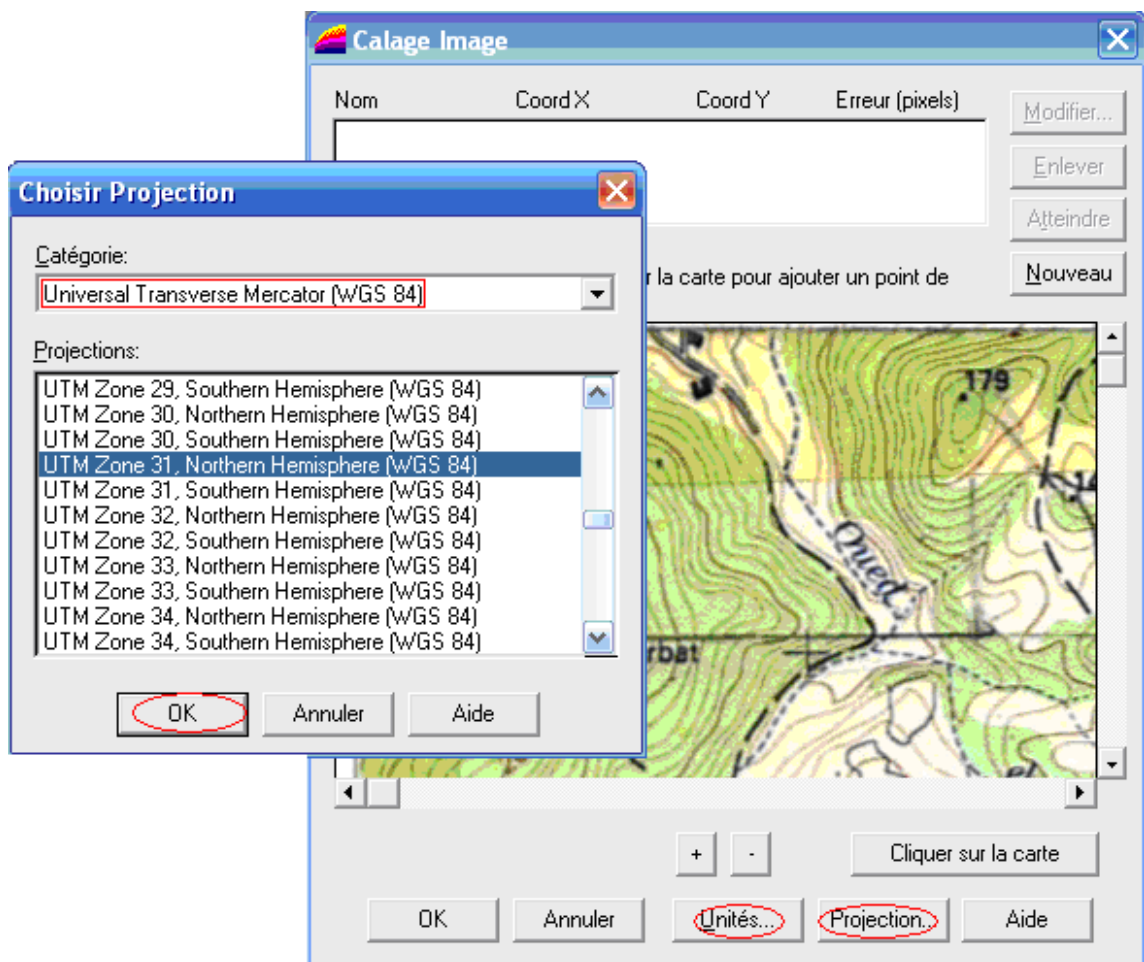


Figure V.10 : Calage d'une image raster : 4^{ème} étape (choix de la projection)

Insérer au moins 4 points de calage bien répartis avec leurs coordonnées, les points choisis sont alors matérialisés dans la fenêtre de prévisualisation.

Pour chaque point, on clique sur « Nouveau » pour créer un nouvel emplacement à un nouveau point.

L'opération d'introduction des coordonnées géographiques, se fait pour l'ensemble des points, un par un, de la même façon.

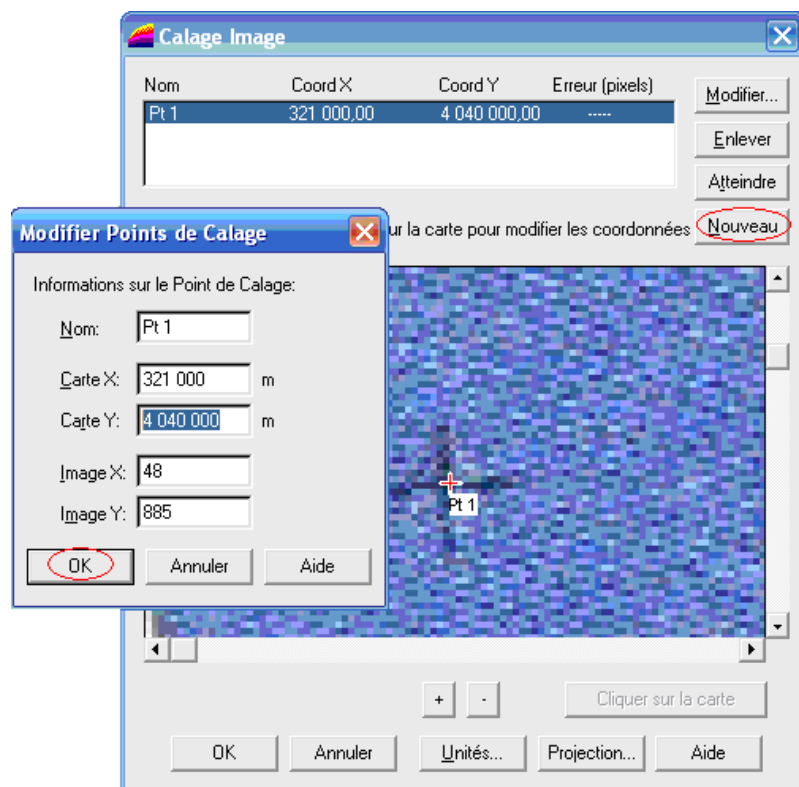


Figure V.11 : Calage d'une image raster : 5^{ème} étape : Introduction des points de calage

Le déplacement sur l'image se réalise avec les ascenseurs et les 2 boutons «+» et «-» qui permettent de zoomer avant et arrière.

Une fois les 4 points de calage chargés, assurez-vous que l'erreur soit inférieure à 1 pixel comme le montre la figure V.12, puis cliquez sur OK pour afficher l'image calée donnée dans figure V.13.



Figure V.12 : Calage d'une image raster : 6^{ème} étape : Calcul de l'erreur de calage

Dans cas étudié, après validation, le fichier « ***NJ_31_II_51.tab*** » est créé dans le répertoire de l'image source. C'est ce fichier « *.tab » qui conserve les paramètres de calage de l'image.

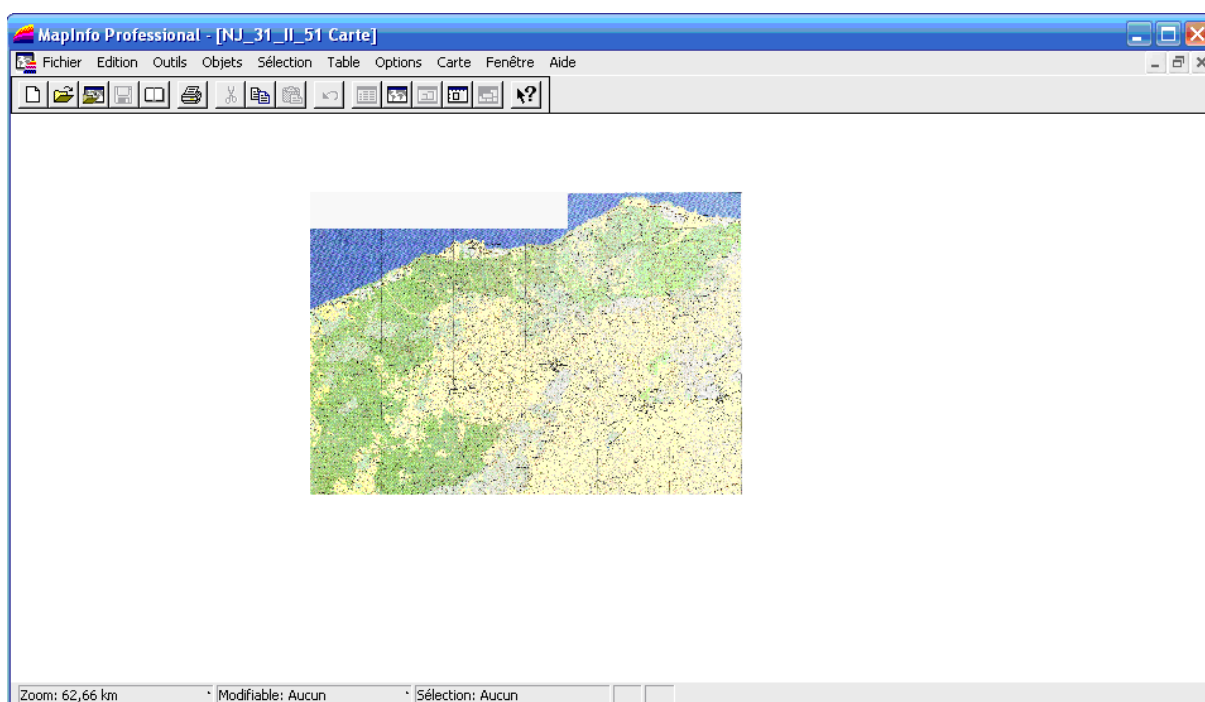


Figure V.13 : Affichage de l'image calée sous SIG

V.3. CREATION DE NOUVELLE COUCHE

La manière de créer une table (couche) est de procéder à partir de la commande « Fichier / Nouvelle Table » comme c'est illustrée dans la figure V.14.

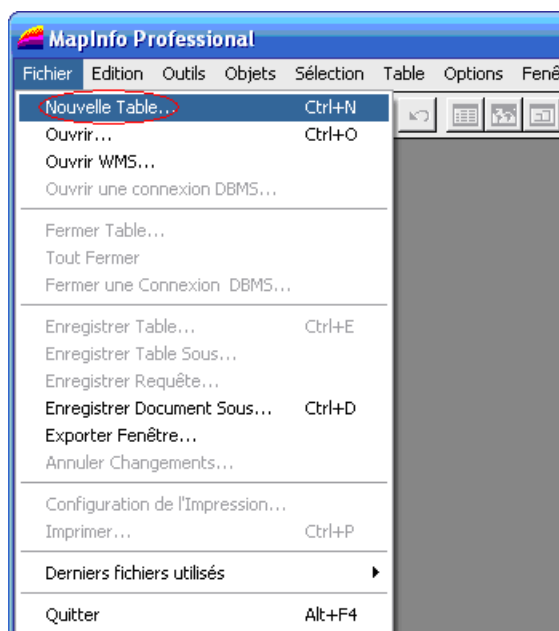


Figure V.14 : Création d'une nouvelle couche (table): 1^{ère} étape

Apparaît alors le menu de création de la structure de la nouvelle table donné dans la figure V.15 qui suit :



Figure V.15 : Création d'une nouvelle couche

Avant de créer la structure de table, il faut choisir son système de projection par le bouton «Projection» comme c'est présenté dans la figure V.16.

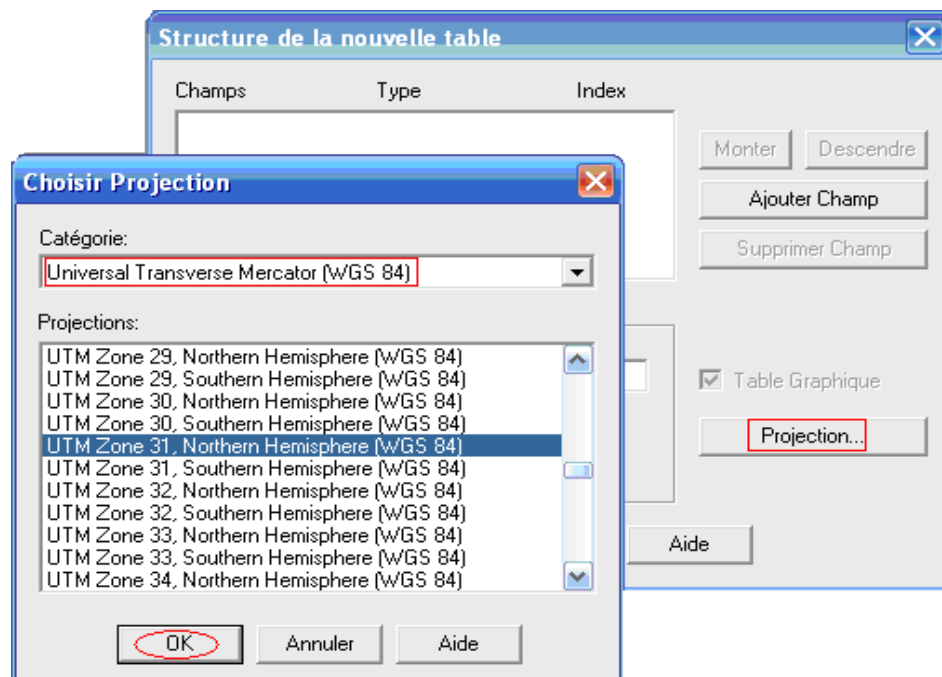


Figure V.16 : Création d'une nouvelle couche (table): 2^{ème} étape : Choix de la projection

La nouvelle couche à créer est nommée « Réseau_hydrographique ». On définit ainsi, les données associées à cette couche (le nombre de champs et leurs caractéristiques). La figure V.17 illustre la démarche adoptée.

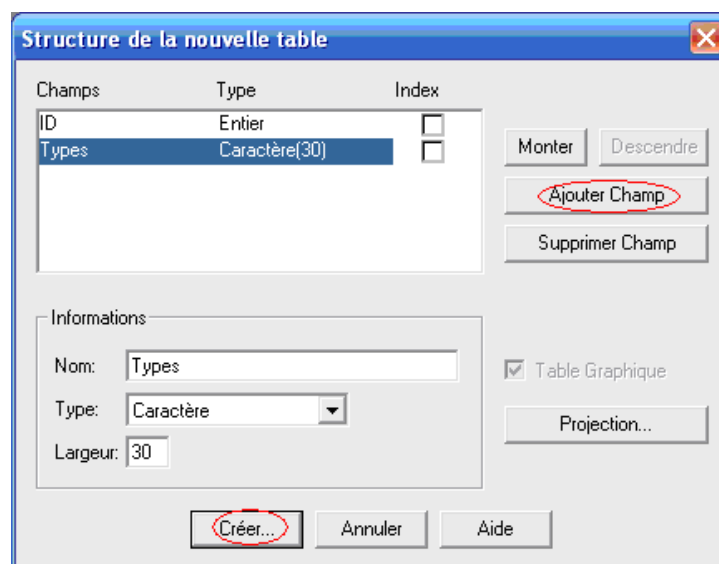


Figure V.17 : Création d'une nouvelle couche: 3^{ème} étape : Définition de la structure de la table

Dès que la table est créée, elle est également ouverte (vide).

Pour commencer la digitalisation, on utilise la carte calée ultérieurement (NJ_31_II_51) comme fond, pour cela, on doit l'ouvrir et la superposer avec la couche « Réseau_hydrographique » (figure V.18).

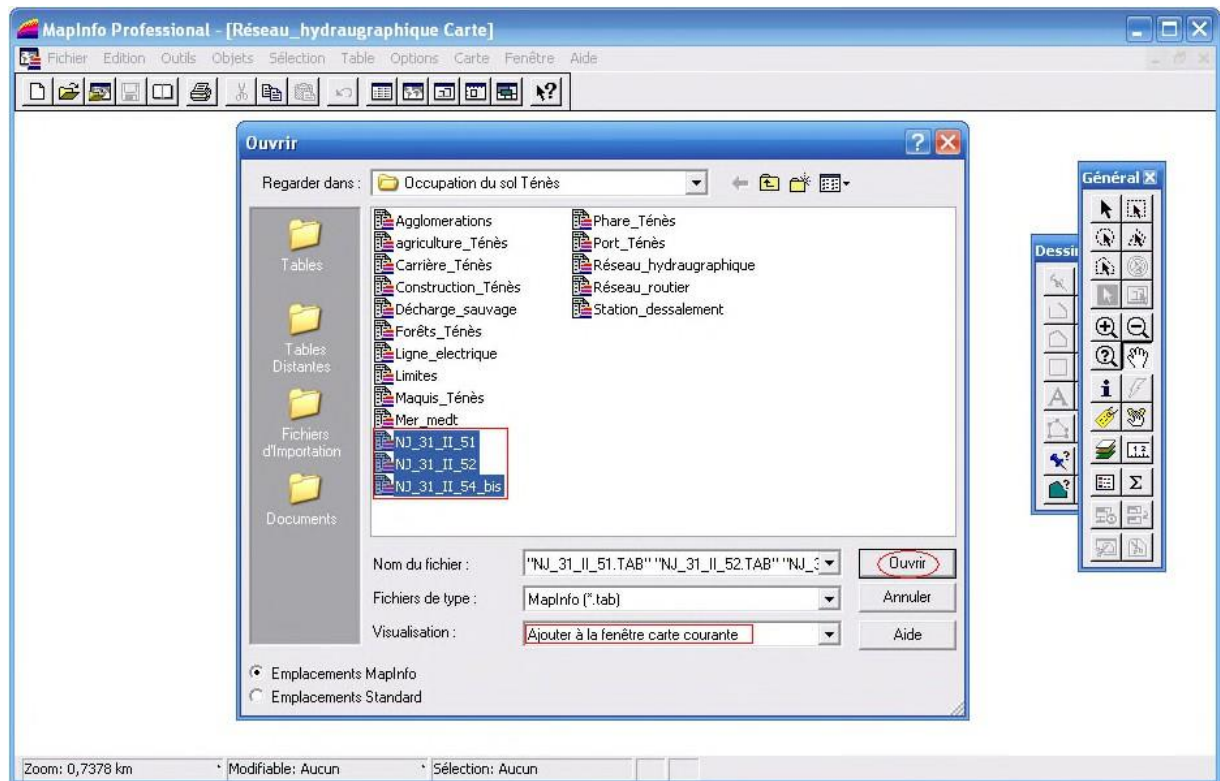


Figure V.18 : Superposition de la couche créée et de la carte calée

On accède au gestionnaire de couches (l'outil de gestion et de l'affichage des différentes tables ouvertes) grâce au bouton «  » du menu général. Les principales fonctions de « Contrôle des couches » sont illustrées dans la figure V.19.

Contrôle des couches

Couche dessin

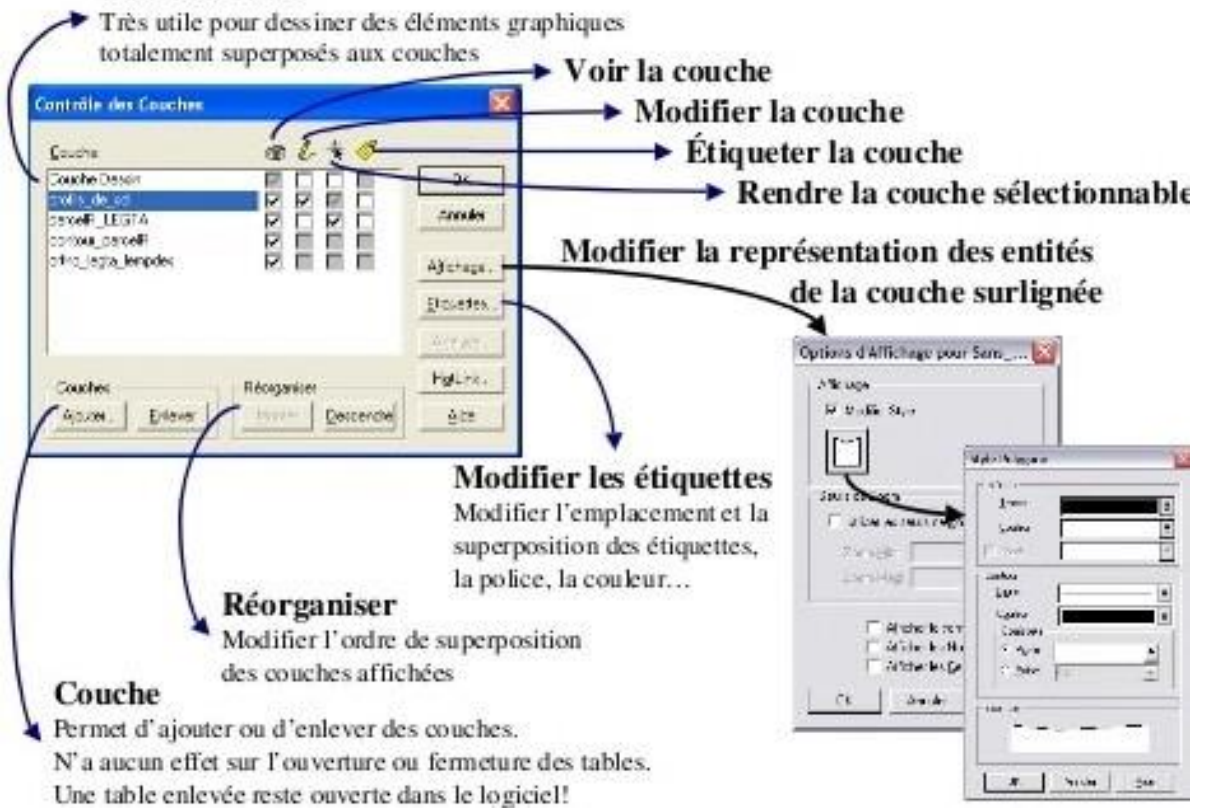


Figure V.19 : Description du sous menu : Contrôle des couches

MapInfo empile les couches (tables) par défaut dans l'ordre d'ouverture des tables. Le changement de cet ordre initial est possible par l'intermédiaire des boutons « Monter » et « Descendre » du bloc « Réorganiser » comme c'est illustrée dans la figure V.20. L'opération s'applique à la couche sélectionnée en bleu.

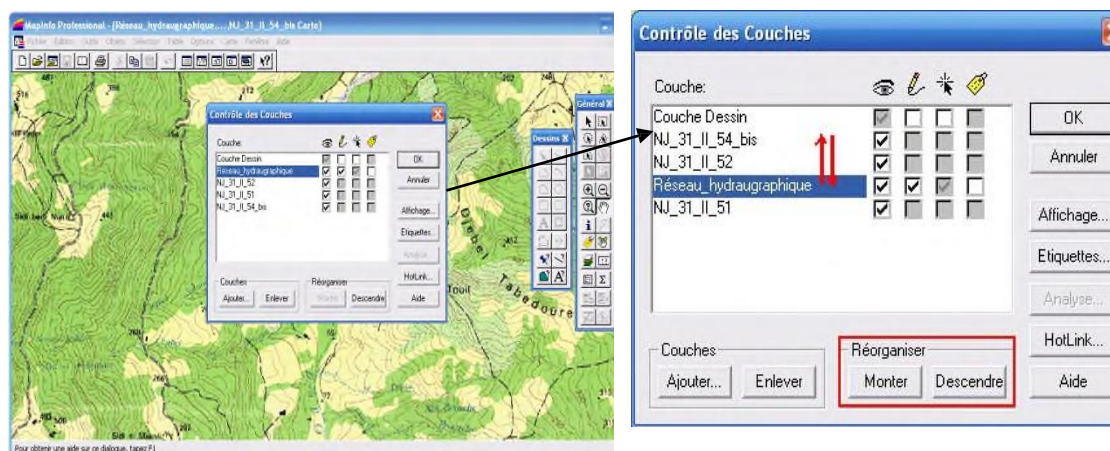
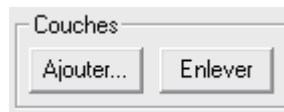


Figure V.20 : Gestion des couches

On peut également cliquer sur une couche et la déplacer en la tirant avec la souris dans la pile des couches.

Le Gestionnaire de couches permet également de :

- Contrôler la visualisation des tables ouverte par des cases à cocher situées sous le symbole en forme d'œil «  » ;
- Contrôler la caractéristique «sélectionnable» de chaque couche grâce aux cases à cocher situées en troisième colonne «  » ;
- Ajouter ou enlever du gestionnaire de couche une table ouverte, par les boutons «Ajouter» et « Enlever » du bloc « Couches » ;



A noter qu'une table ouverte peut figurer plusieurs fois dans le gestionnaire de couches ; Contrôler la sémiologie d'affichage de tous les objets d'une couche. En cliquant 2 fois sur le nom d'une couche, on peut accéder au menu d'option d'affichage. A ce niveau il est possible de préciser un niveau de zoom qui permettra de contrôler l'affichage d'une couche en fonction du niveau de zoom (figure V.21).

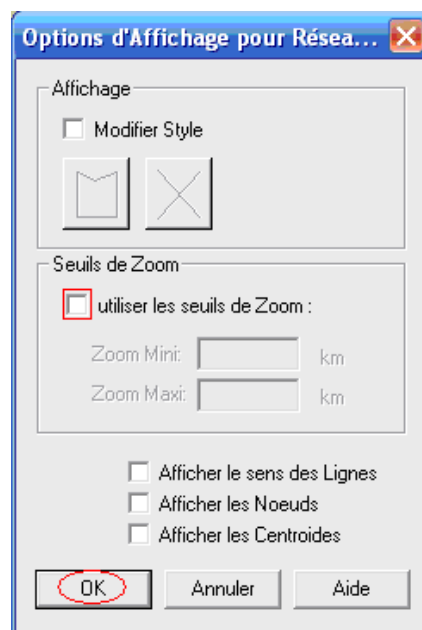


Figure V.21 : Caractéristiques de gestion d'une couche

Pour pouvoir modifier, supprimer ou créer un objet dans une couche, il faut la déclarer modifiable dans le gestionnaire de couche, pour cela il faut cocher la case de la couche qui est en colonne 2 (sous le crayon) «  » dans le gestionnaire de couche. La notion « modifiable » sera affichée en bas de la fenêtre MapInfo.

V.4. CREATION D'OBJETS DANS UNE TABLE

Un objet ne peut être créé que dans une table modifiable. MapInfo n'oblige pas à garder une homogénéité de type d'objets géométriques par couche (ou table). Néanmoins il est déconseillé de créer des objets de types géométriques hétérogènes dans une même couche.

Par exemple si vous avez à créer un dessin de type linéaire (cours d'eau formant le réseau hydrographique) et un autre de type surfacique (couvert végétal), il est préférable de créer alors 2 tables différentes pour recevoir chacun des 2 types géométriques.

Pour créer un objet on utilise le menu dessin. Le bouton avec la punaise bleu sert à numériser des objets ponctuels. Le bouton avec une ligne brisée en dessous sert à numériser les polygones. Le bouton rempli en vert sert à numériser les polygones. Les mêmes boutons, mais ornés d'un point d'interrogation servent à modifier la sémiologie par défaut de chacun de ces types d'objets (figure V.22). Le bouton avec la lettre « A » permet l'insertion du style texte (écriture).

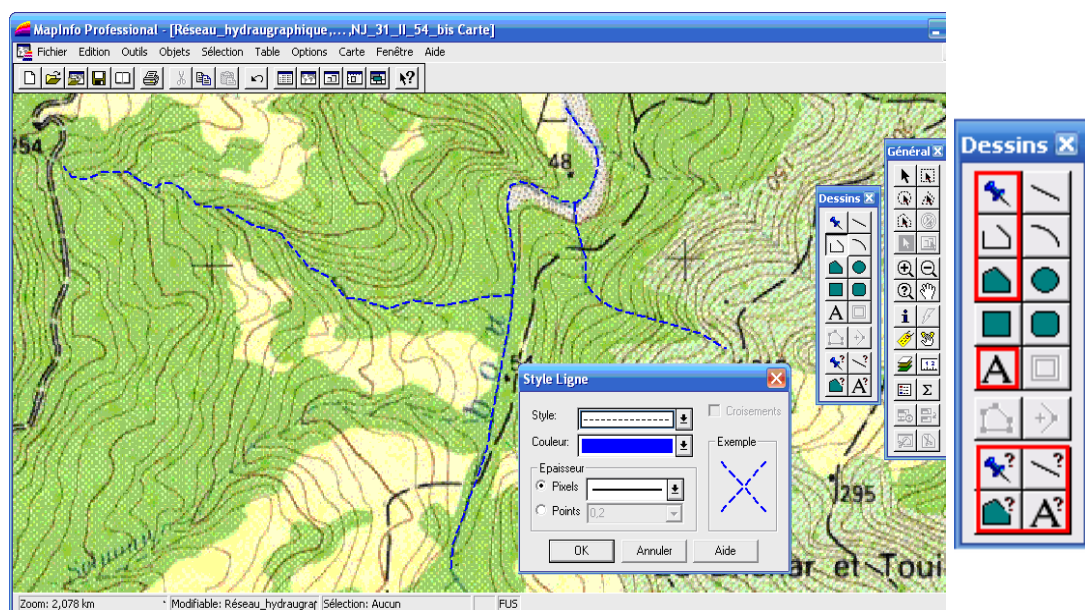


Figure V.22 : Insertion des différentes formes d'objets

V.5. MODIFICATION DE LA GEOMETRIE D'UN OBJET

Un objet ne peut être modifié, en géométrie, que dans une table modifiable. Pour réaliser cette opération nous allons utiliser le **mode Fusion**.

On bascule en mode Fusion / Fusion désactivée en appuyant alternativement sur la touche «F» du clavier. L'information est indiquée par l'acronyme « FUS » qui apparaît en bas de la fenêtre MapInfo (figure V.23).



Figure V.23 : Déclaration du mode de fusion

Dans ce mode, dès que le curseur passe à proximité d'un point intermédiaire existant dans quelque couche que ce soit, le curseur change de forme.

Si un point est créé dans ces conditions, le point sera créé avec les coordonnées exactes du point qui a «capturé» le curseur.

On peut modifier la position d'un point descripteur de polygone ou de polyligne en utilisant le bouton . Ce dernier fait apparaître les points intermédiaires. Ils sont alors modifiable par action de «glisser déplacer».

Si nécessaire, des points intermédiaires peuvent être rajoutés à l'objet géométrique de manière à améliorer sa forme par le bouton indiqué sur la figure V.24.

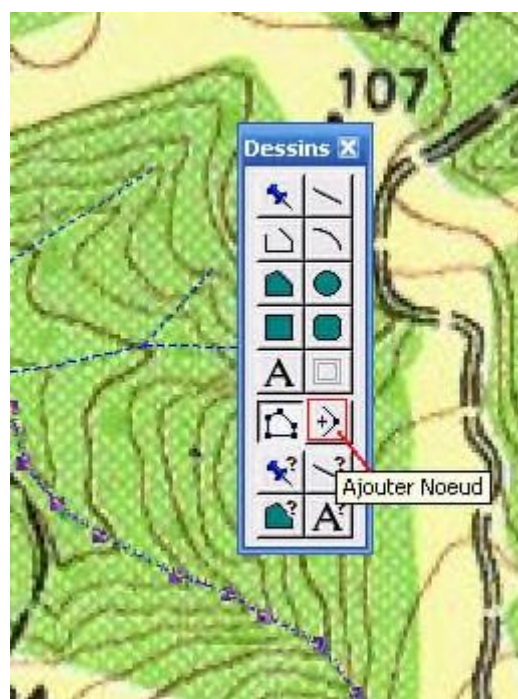


Figure V.24 : Procédure d'ajout d'un nœud

On peut capturer également tous les points intermédiaires qui constituent une polyligne ou un polygone en mode Fusion et en maintenant les touches « Shift » ou « Ctrl » enfoncée. Cette méthode permet d'assurer qu'aucun point intermédiaire n'est oublié (figure V.25).

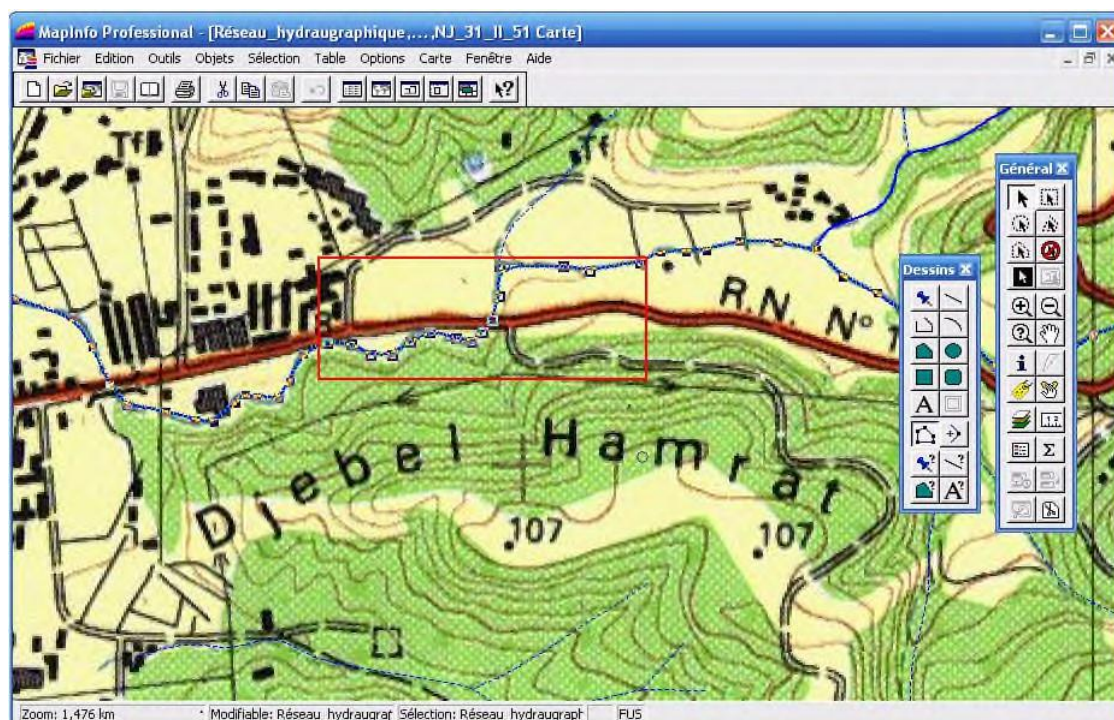


Figure V.25 : Correction des erreurs de digitalisation

V.6. CHARGEMENT DE LA BASE DE DONNEES

Un SIG établit un lien entre des entités géographiques (on parle également d'entités localisées) représentées sur une carte et les informations, ou attributs, qui les décrivent. Ce lien est le principe fondamental du fonctionnement d'un SIG et fait toute la puissance de cet outil analytique et d'interrogation.

Il permet en effet, d'accéder aux attributs de n'importe quelle entité représentée ou de localiser une entité sur une carte à partir de ses attributs.

Une base de données géographique est le cœur d'un SIG. C'est une série de thèmes d'information géographique organisée de façon la plus efficace pour être utilisée par une ou plusieurs applications.

Pour introduire des données qui concernent la table, cliquer sur « Fenêtre → données », un tableau s'affiche (figure V.26), contenant les champs introduit lors de la création de la table. On peut recharger ainsi la base de données en introduisant les informations souhaitées dans le tableau. L'affichage doublé de la carte et des données facilite la tâche (fenêtre → mosaïque).

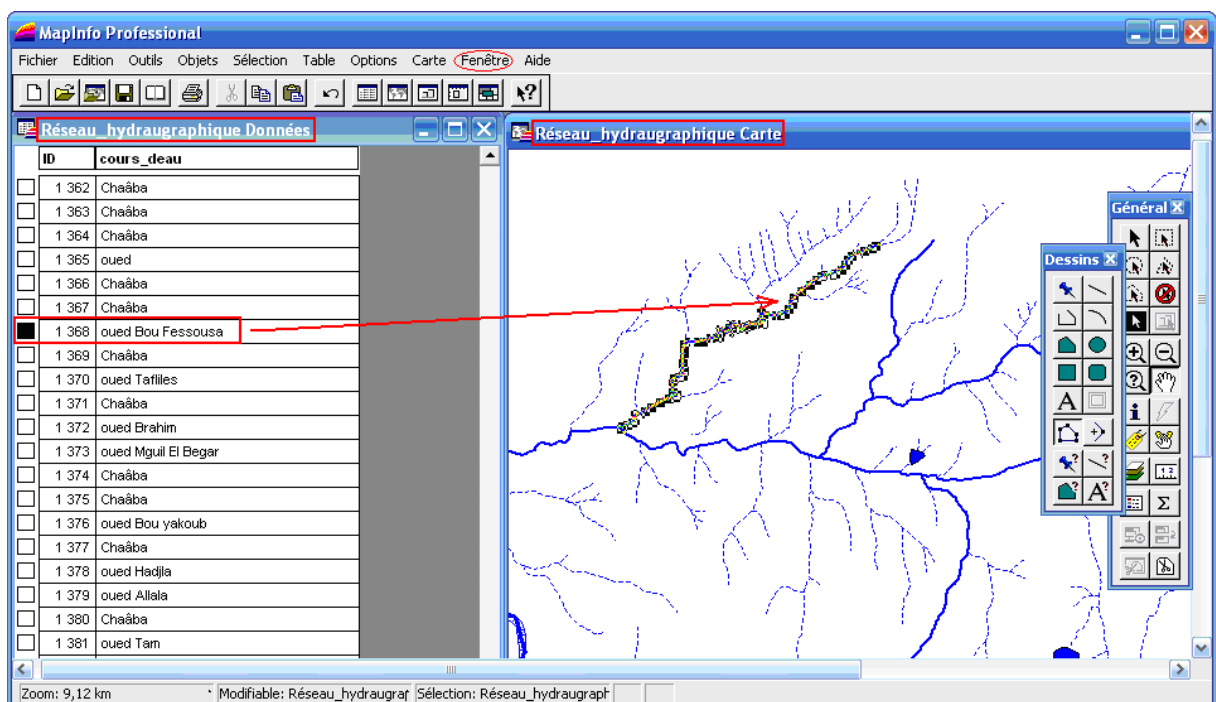


Figure V.26 : Chargement de la base de données

Après avoir fini la numérisation et le chargement de la base de données, on enregistre. On peut vérifier la base de données en utilisant le bouton « i » de la barre d'outils général figure (V.27).

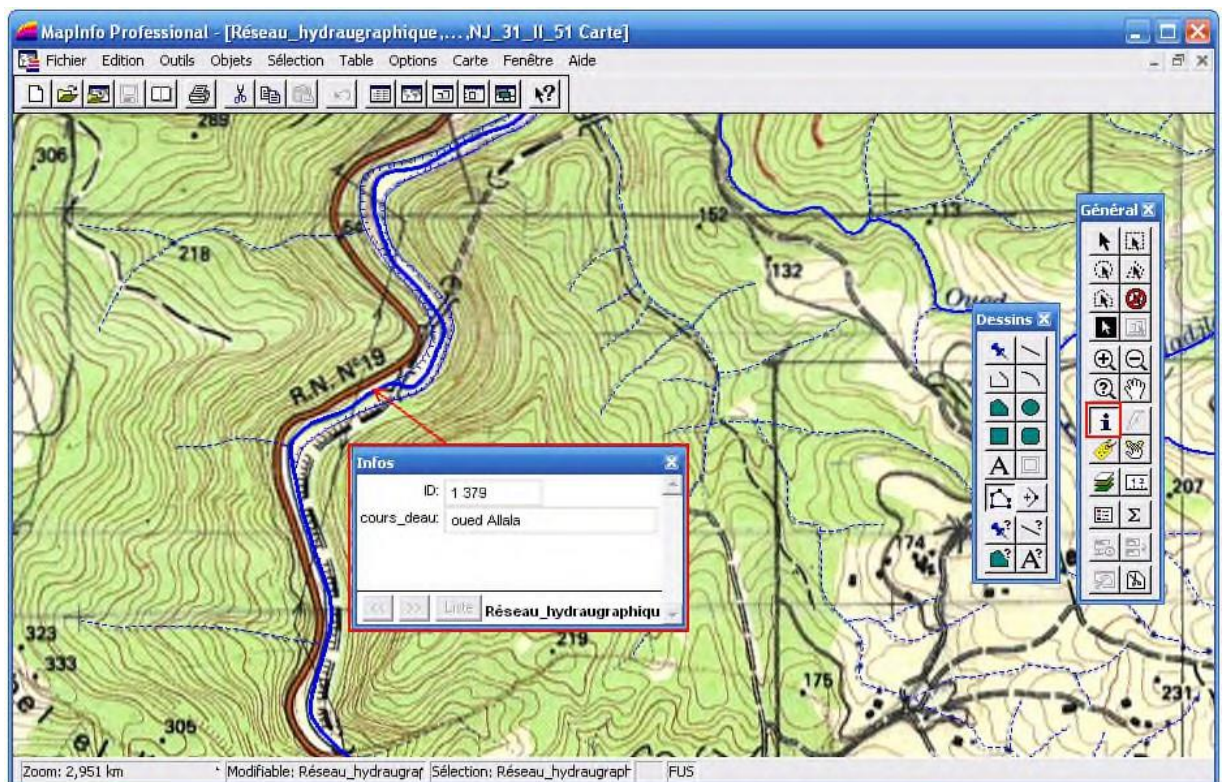


Figure V.27 : Affichage des données

Si vous voulez modifier la structure d'une table, ajouter ou supprimer un champ :

Cliquer sur « Table → Gestion table → modifier structure ». Choisir la table à modifier (figure V.28).

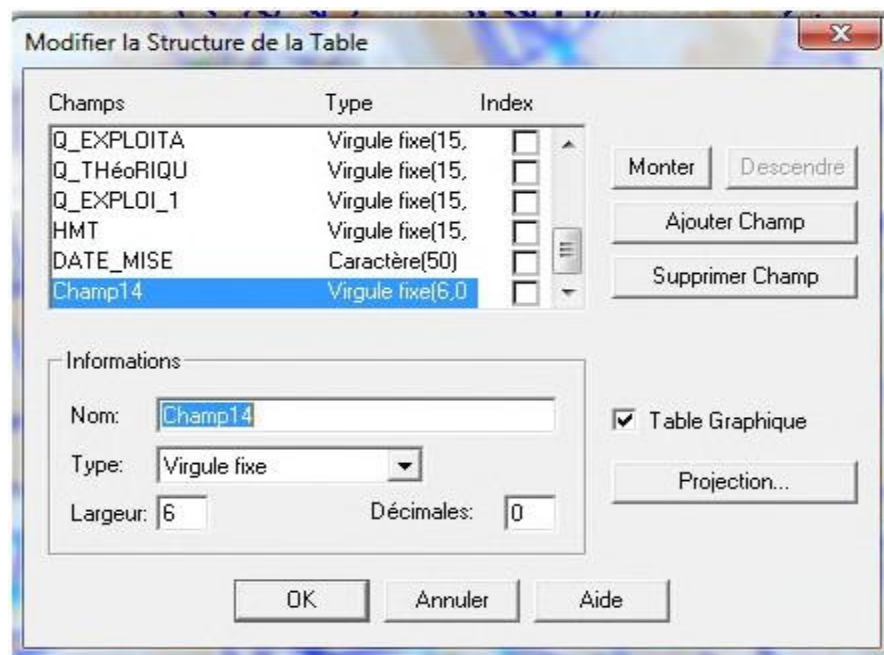


Figure V.28 : Modification de la structure d'une table

Même chose pour la suppression d'une table :

Table → Gestion table → supprimer table et on sélectionne la table à supprimer. Un message d'avertissement d'affiche (figure V.29), cliquer OK.



Figure V.29 : Message de confirmation de suppression de table

Si dans le tableau de données de la table il ya des lignes en gris (vides), il suffit de cliquer :

Table → Gestion table → Compacter table (pour éliminer les vides) (figure V.30).

Sélectionner la table à compacter, puis choisir « compacter les deux », et valider Ok.

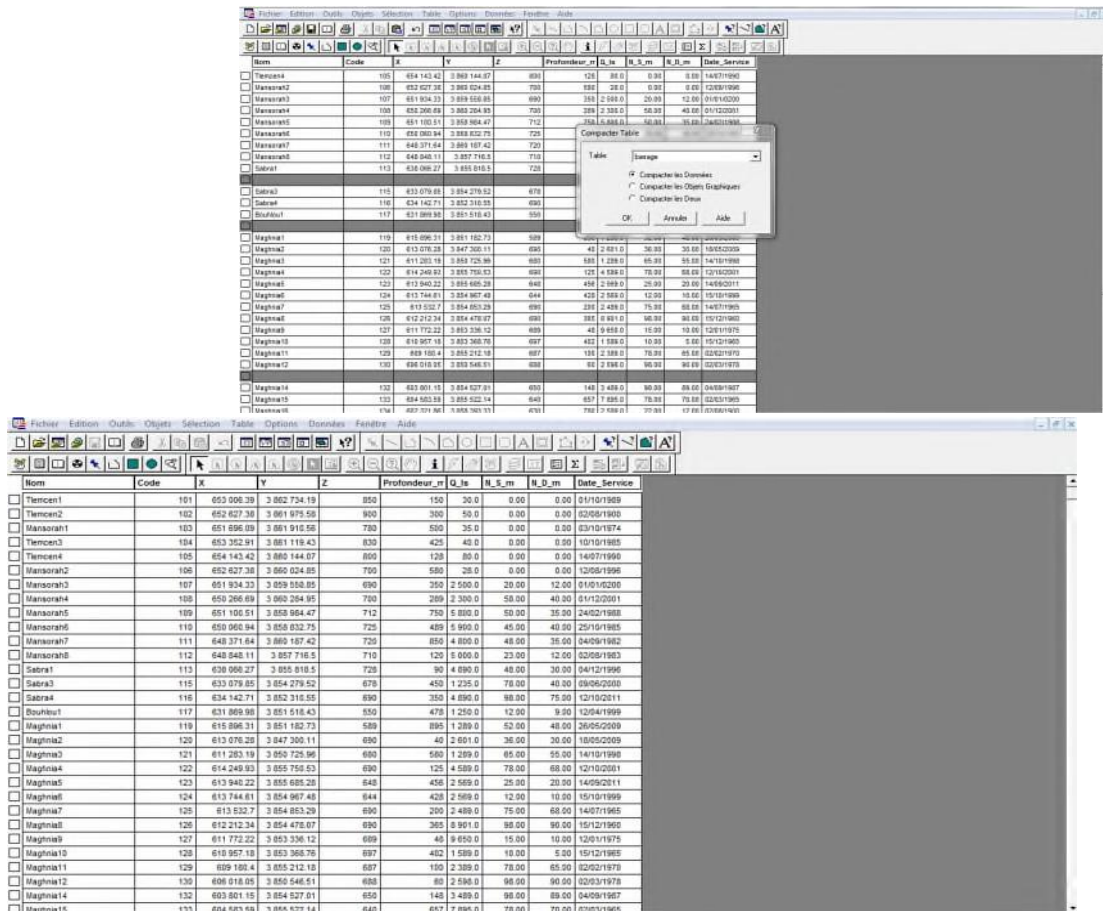


Figure V.30 : Compactage d'une table

V.7. MISE EN FORME D'UNE CARTE

ETIQUETAGE D'UNE CARTE

Quand on introduit toutes les données qui concernent les tables, on passe à l'étape de l'étiquetage comme illustrée sur la figure V.31.

Carte → contrôle des couches, cocher la case « étiquette », cliquer sur Étiquettes.

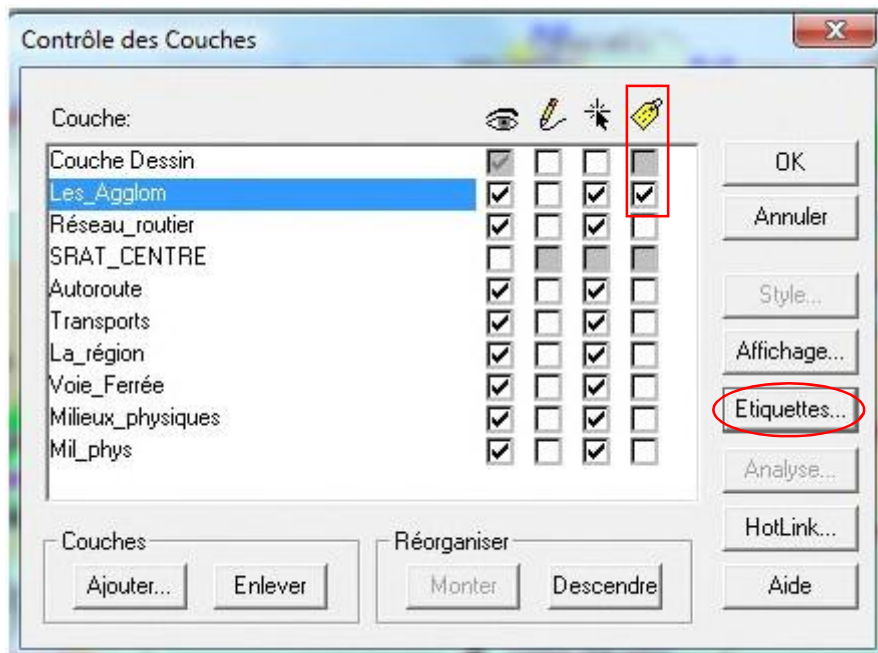


Figure V.31 : Etiquetage d'une couche : 1^{ère} étape : Choix de la couche à étiqueter

Choisir la classe à étiqueter, on peut permettre la duplication ou le chevauchement.

Pour choisir la position de l'écriture (figure V.32), on clique sur un élément de position (point d'ancrage).

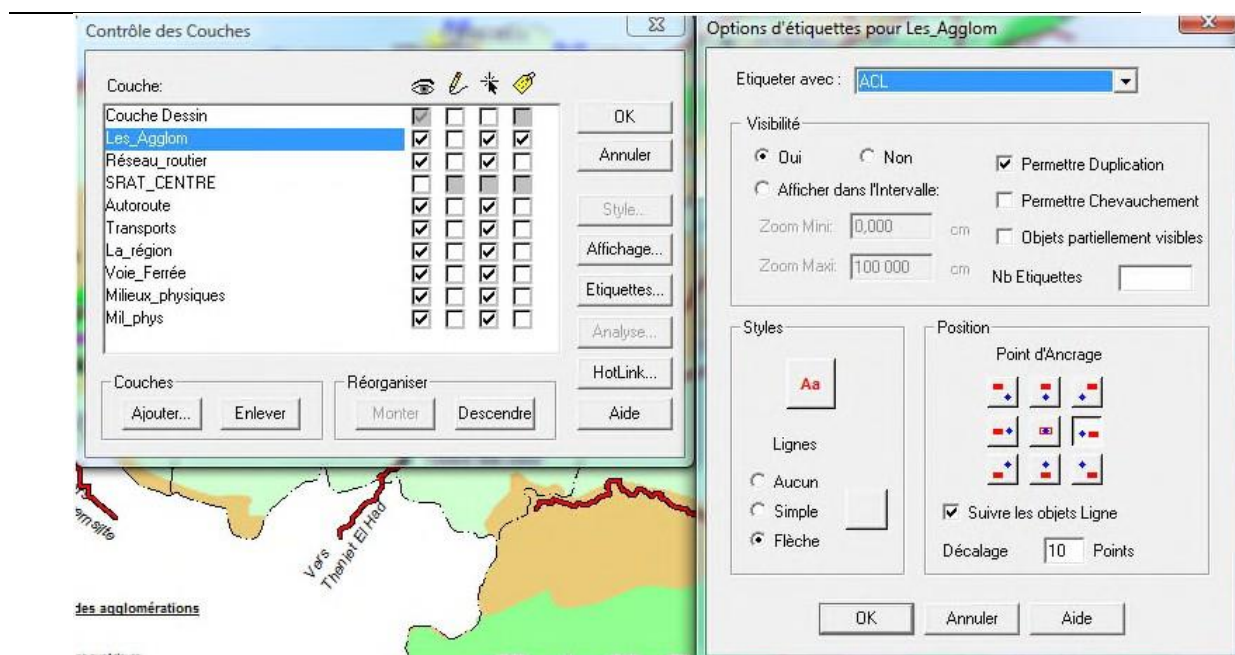


Figure V.32 : Etiquetage d'une couche : 2^{ème} étape : Choix de la position d'étiquetage

Pour le style d'écriture on clique sur A, et on choisit les paramètres voulus figure (V.33).

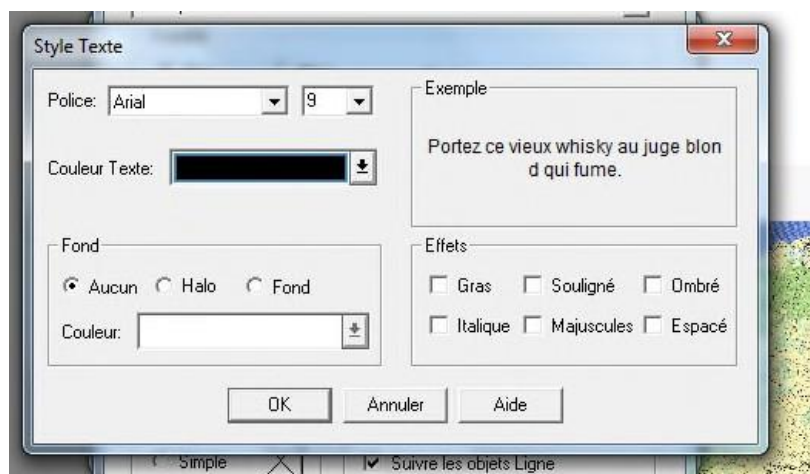


Figure V.33 : Etiquetage d'une couche : 3^{ème} étape : Choix du style d'étiquetage

Le résultat de l'étiquetage est donné dans la figure V.34

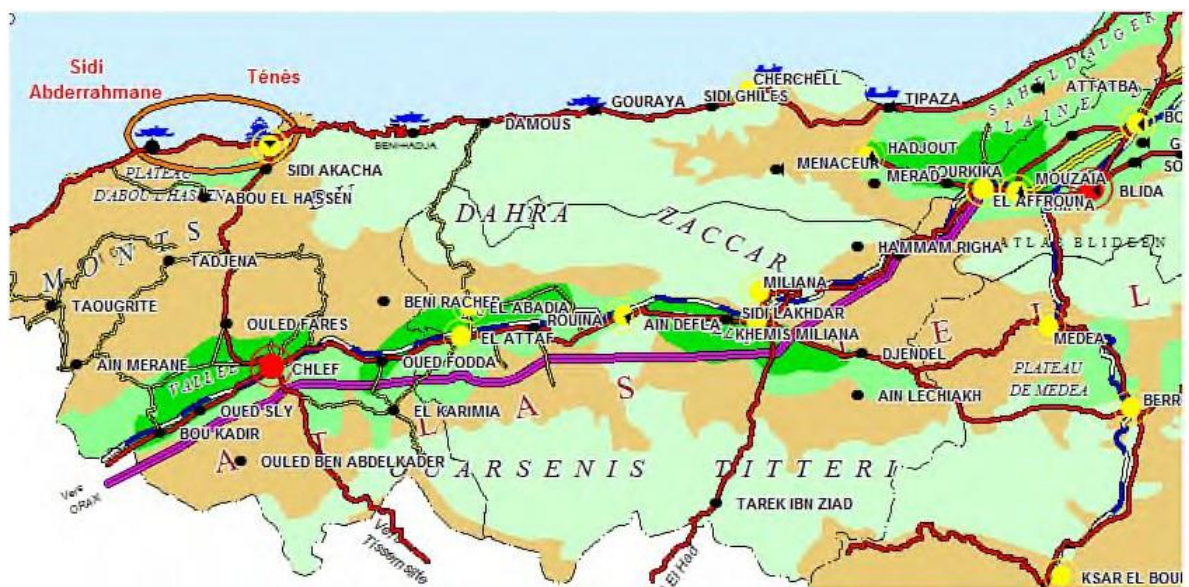


Figure V.34 : Carte avec étiquetage

La sauvegarde des étiquettes doit se faire dans un document.

ANALYSE THEMATIQUE

L'un des principaux atouts d'un SIG est la conception de carte thématique. L'analyse thématique se fait sur un champ de type numérique.

Dans Mapinfo, il faut Cliquer sur le menu **Carte** et sélectionner **Analyse thématique**.

Une boîte de dialogue s'ouvre, elle se répartit en 3 étapes.

Dans la première étape, Mapinfo vous demande de sélectionner quel type de carte thématique vous voulez concevoir (figure V.35). Vous avez le choix entre plusieurs types de cartes thématiques fournies par MapInfo.

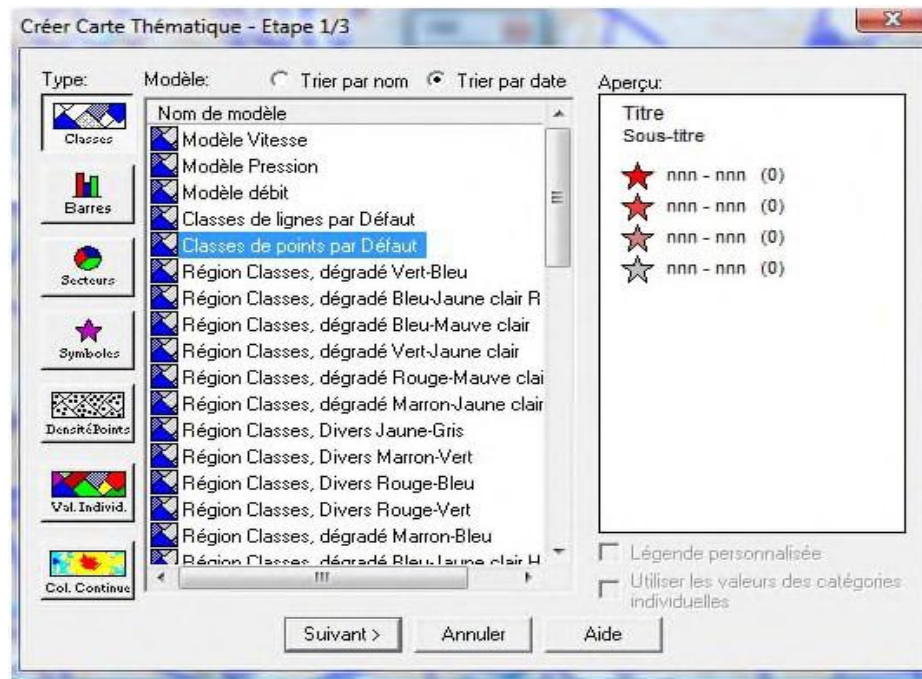


Figure V.35 : Analyse thématique : 1^{ère} étape : Choix du type d'analyse

Dans la seconde étape, vous devez choisir la table et les variables à utiliser (figure V.36).

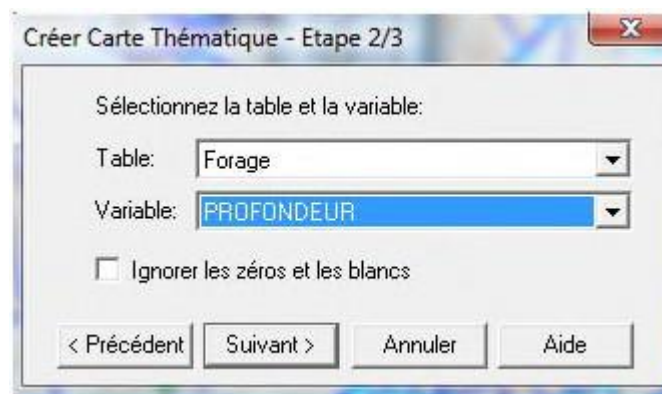


Figure V.36 : Analyse thématique : 2^{ème} étape : Choix de la table et de la variable

Enfin, dans la dernière étape, vous avez la possibilité de modifier l'apparence de la thématique, par le choix des couleurs, ou des noms à afficher dans la légende (figure V.37).

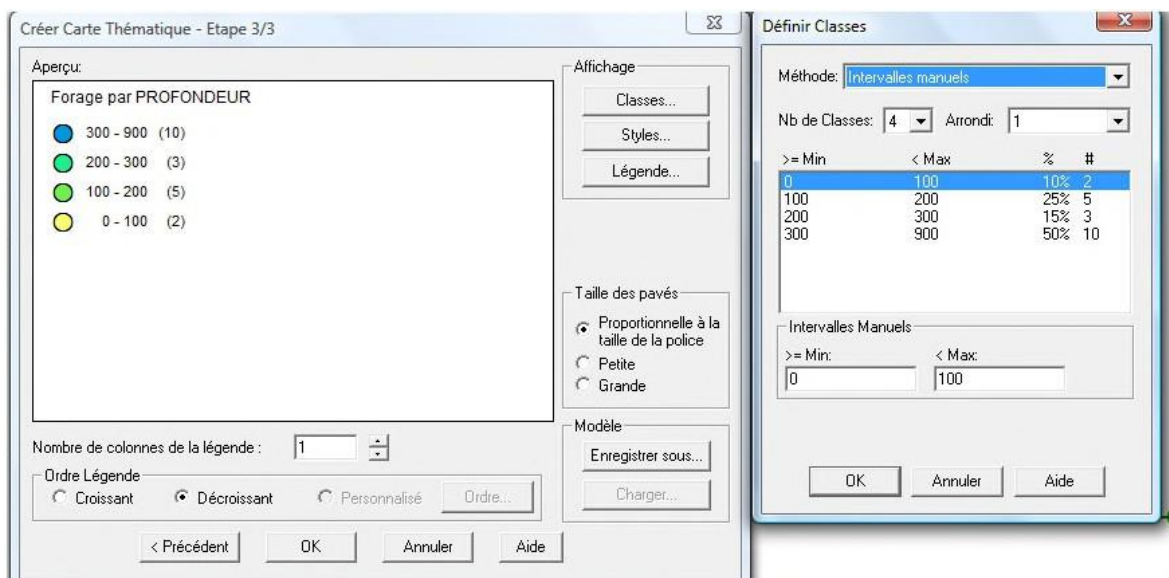


Figure V.37 : Analyse thématique : 3^{ème} étape : Choix du style de l'analyse thématique

La figure V.38 donne le résultat de l'analyse thématique : la carte thématique.

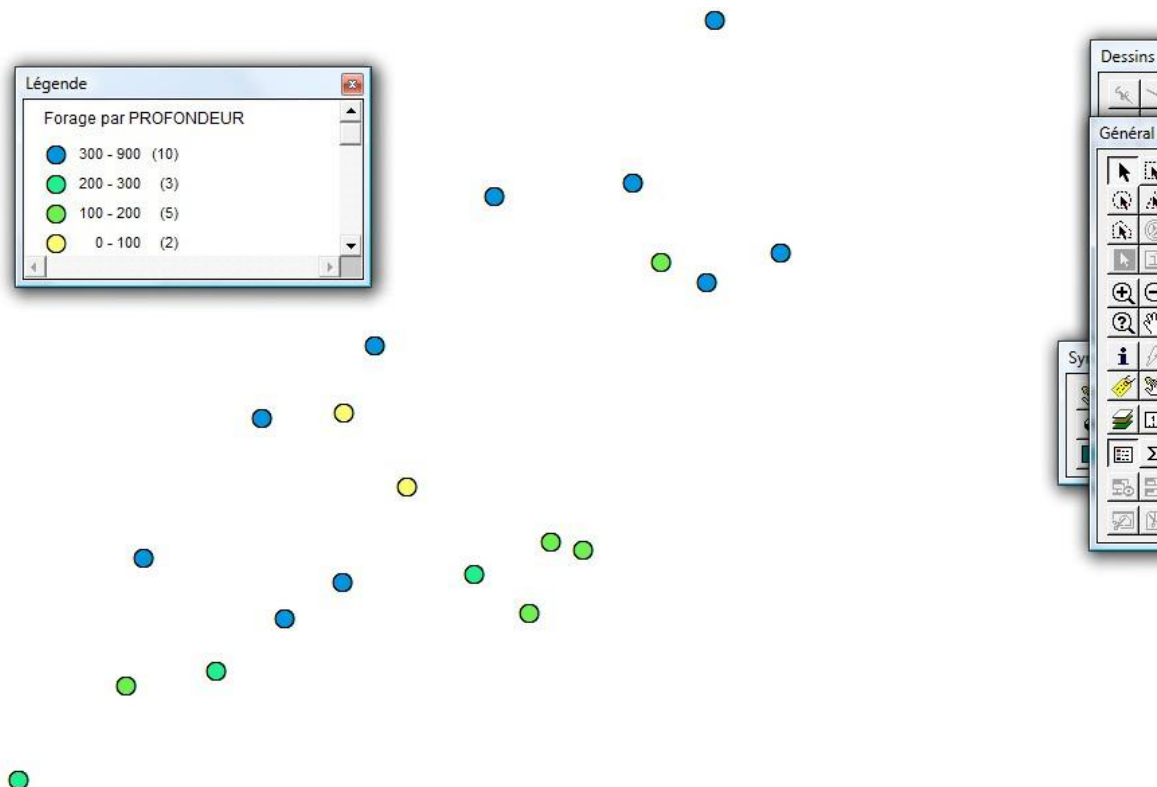


Figure V.38 : Résultat de l'analyse thématique : la carte thématique

On peut modifier une analyse thématique, allez à :
 Carte → Modifier Analyse thématique.

De la même manière, on peut réaliser une analyse thématique pour les entités de type ligne (figure V.39).

Étape 1 : choix des types et modèles.

Carte → analyse thématique → classe des lignes par défaut → suivant.

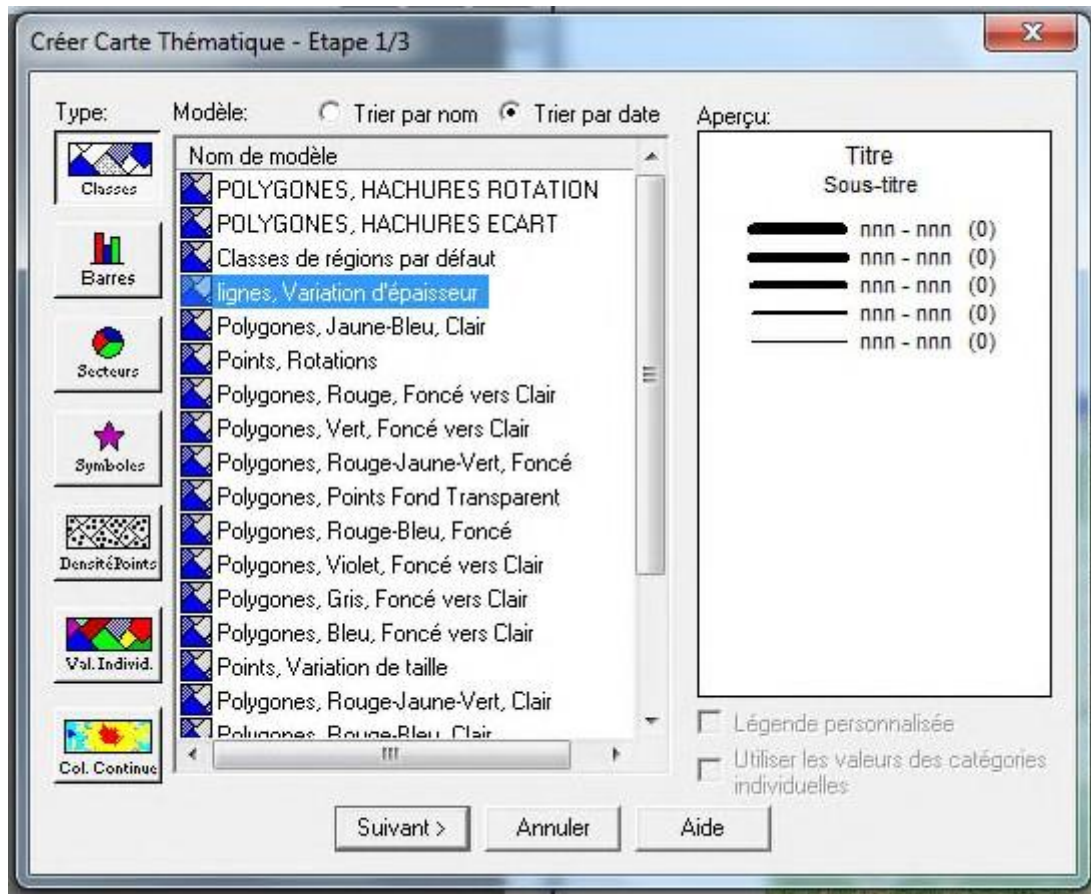


Figure V.39 : Exemple d'analyse thématique pour les lignes

Étape 2 : choisir la table et les variables.

Exemple : On choisit Table des cours d'eau.

Variable : longueur → suivant

Étape 3 : choisir la classe et le style.

Pour le cas des polygones, la démarche est la suivante (figure V.40) :

Étape 1 : choix du modèle.

Carte → analyse thématique → classe des polygones par défaut → suivant.

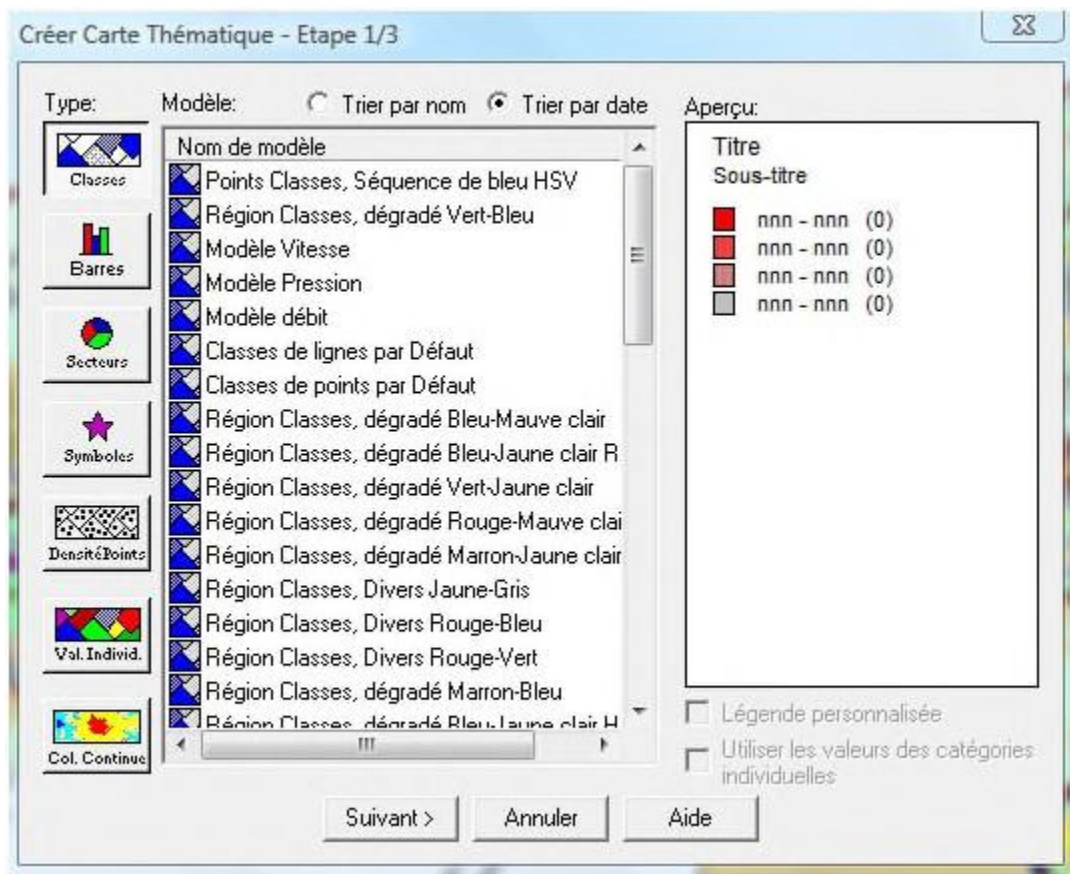


Figure V.40 : Analyse thématique pour des entités polygones

Étape 2 : choisir la table et les variables.

Exemple : On choisit :

Table des communes.

Variable : populations → suivant.

Étape 3 : choisir la classe et le style.

Pour sauvegarder un modèle d'analyse thématique, soit pour les points, les lignes ou polygones, on clique sur **Enregistrer sous** (figure V.41).

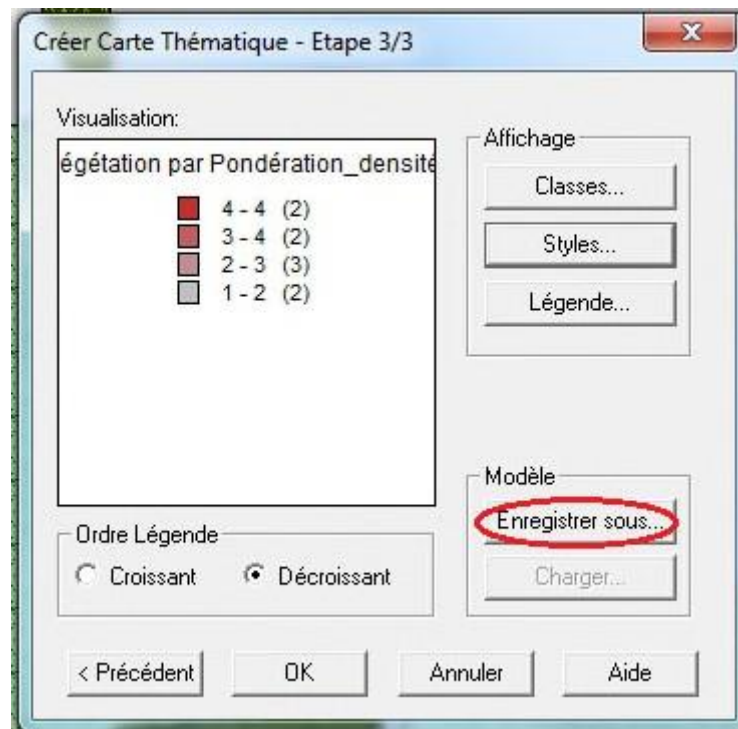


Figure V.41: Exemple de sauvegarde d'un modèle d'analyse thématique

Pour sauvegarder le travail réalisé, on clique sur « Fichier → enregistrer document sous ».

V.8. REQUETES ET LANGAGE SQL

La particularité des SIG réside dans leur capacité d'exploiter les données tant sur leur aspect descriptif (tableau) que géométrique (carte). La maîtrise de l'exploitation et de l'interrogation des données est la clé pour tout usager désirant fonder ses décisions sur de l'information valide et « parlante ».

Quelles sont les options offertes par MapInfo pour exploiter et interroger les données?

MapInfo base ses requêtes sur le SQL (Structured Query Language). Ce langage est répandu dans les logiciels de bases de données et n'est donc pas exclusif à MapInfo. Par contre, un aspect propre aux SIG rend ce langage encore plus puissant car il peut également tenir compte des caractéristiques de l'objet, directement sur le territoire.

Ce TP approfondit donc cet aspect de MapInfo qu'est l'interrogation des données, de manière à en extraire tout le potentiel. Il permet aussi de prendre en main rapidement ce puissant langage et sa manipulation au sein du même logiciel.

Une requête est une opération d'interrogation réalisée sur une partie d'une base de données. MapInfo simplifie le recours aux requêtes SQL (Structured Query Language) en proposant des interfaces graphiques assez commodes pour interroger la base de données géographiques. Une requête SQL produit une table qui va contenir la, ou les réponses, à la question posée. Il est donc possible de chaîner les requêtes SQL entre elles.

Les questions posées aux bases de données SIG peuvent porter aussi bien sur le niveau attributaire que géographique des objets. Il est aussi possible d'interroger une base sous l'angle sémiologique.

Dans MapInfo, les connections SQL sont définies à partir d'une instruction SQL de type `SELECT ..... FROM ....WHERE.....` dont le résultat (les enregistrements sélectionnés) devient une table MapInfo temporaire.

La procédure générale d'utilisation de la sélection SQL est donnée dans la figure V.42 :

1. Ouvrez la table sur laquelle vous voulez effectuer une sélection (table source) ;
2. Sélectionnez Sélection → Sélection SQL. Renseignez les zones de la boîte de dialogue « Sélection SQL » correspondant à vos besoins ;

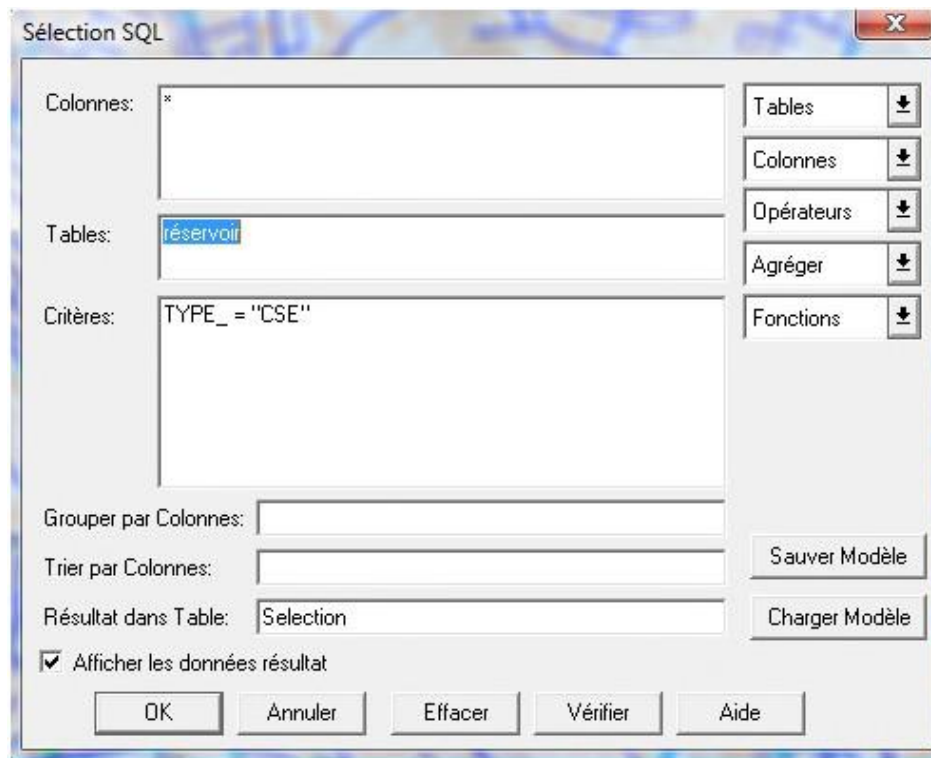


Figure V.42 : Exemple d'une requête SQL

Lorsque vous cliquez sur OK, MapInfo exécute la sélection et affiche le résultat (figure V.43).

C	ID	h	CAPACITÉ	TYPE_	X	Y	Z	DATE_M_SER
1	1	E	1 500	CSE				
2	2	E	2 000	CSE				
3	3	I	2 000	CSE				
4	4	I	2 000	CSE				
5	5	E	2 000	CSE				
6	6	F	2 000	CSE				
7	7	F	2 000	CSE				
8	8	C	3 000	CSE				
9	9	C	3 000	CSE				
1	11	E	700	CSE				
2	12	F	500	CSE				
4	14	E	200	CSE				
5	15	F	2 000	CSE				
6	16	F	150	CSE				

Figure V.43 : Résultat d'une requête SQL

MapInfo extrait alors les données de la table source, stocke les résultats de la sélection dans une table temporaire particulière, appelée « table de résultats ».

La table de résultats contient uniquement les lignes et colonnes correspondant à vos critères. Le nom par défaut de la table de résultats est Sélection, mais vous pouvez indiquer un autre nom au niveau de la zone Résultat dans table, dans la boîte de dialogue Sélection SQL.

- Ouvrez une fenêtre Carte et/ou Données si vous souhaitez visualiser les résultats. Par défaut, MapInfo affiche automatiquement la table de résultats dans une fenêtre Données (figure V.43), à moins que vous n'enleviez la croix marquée dans la case Afficher les données résultat de la boîte de dialogue Sélection SQL.

Si votre table de résultats s'appelle Sélection (le nom par défaut), la fenêtre Données indiquera un autre nom de table, tel que Query1 ou Query2. Ceci est dû au fait que MapInfo, au moment de mettre sous forme de tableau la table de résultat, "photographie" la table et nomme cette "copie" Query n (n étant un chiffre). MapInfo exécute ce "cliché" car Sélection est un nom particulier de table. Sélection change à chaque fois que vous sélectionnez ou désélectionnez des lignes.

Dans la boîte de dialogue Sélection SQL, vous pouvez donner un autre nom à la table de résultats (par exemple : végétation). Cela évitera que MapInfo ne le renomme Query n.

- MapInfo sélectionne automatiquement toutes les lignes de la table de résultats. Aussi, après avoir réalisé votre sélection SQL, il vous est possible d'effectuer des opérations sur l'ensemble des lignes sélectionnées. Vous pouvez ainsi appliquer une couleur différente à toutes les lignes sélectionnées (en choisissant « Affichage → Style polygones »), ou encore les Couper et les Copier dans leur ensemble.

Pour le cas des Requêtes sur une table unique (sur un attribut), la question porte sur l'existence d'un enregistrement (ou plus) dans la base de données qui contient un attribut particulier.

La commande « Sélection/Sélection... » permet d'accéder à cette fonctionnalité. Cette commande se développe en plusieurs fenêtres de la manière suivante :

- Choix de la table cible de la requête. Dans la fenêtre « Sélectionner », choisir la table dans la liste déroulante (figure V.44).

Le choix propose toutes les tables ouvertes.

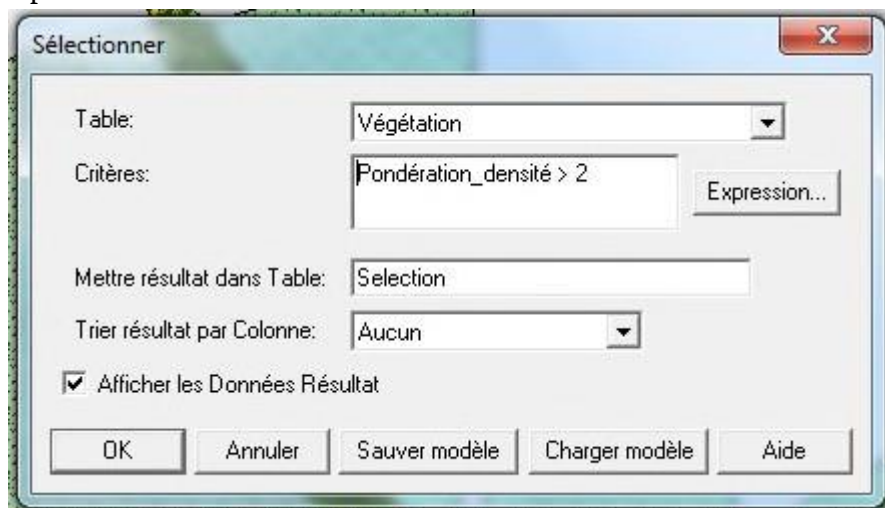


Figure V.44 : Exemple de sélection

- Choix du champ qui porte la requête dans la fenêtre « Expression » pour remplir la boîte de saisie « Critères ». L'utilisateur n'est pas censé connaître les noms des champs de la table. Le bouton « Expression ... » va l'aider dans son choix en le guidant. Cliquer sur « Expression... » fait apparaître le menu donné dans la figure V.45 suivante :

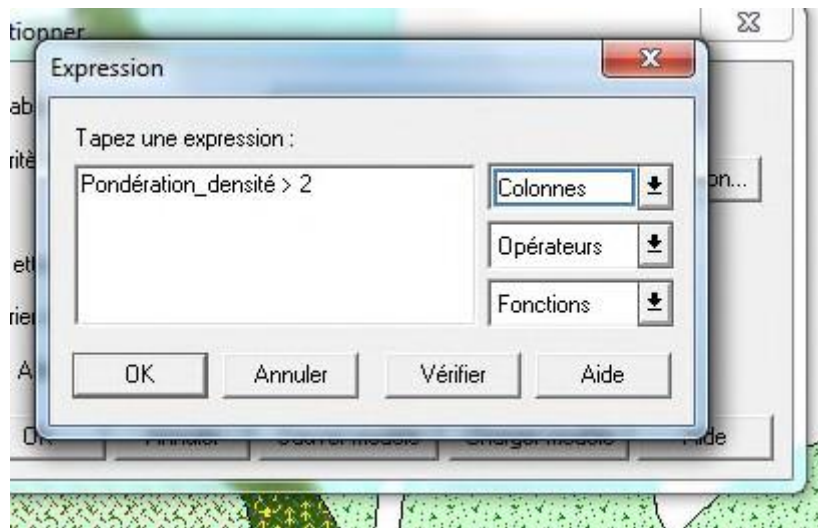


Figure V.45 : Choix des critères de sélection

- Choix des critères d'interrogation dans la fenêtre « Expression ». La liste déroulante « Colonne » permet d'accéder aux noms des champs de la table. La liste déroulante « Opérateurs » permet de choisir les opérateurs qui peuvent être appliqués à la colonne choisie (« = », « > », « >= », « and »...) et la liste déroulante « Fonctions » permet de choisir des fonctions qui peuvent être appliquées aux champs choisis. La touche « Vérifier » permet de contrôler la cohérence syntaxique de l'expression saisie. Le bouton « OK » transmet la formule choisie dans la rubrique « Critères » de la fenêtre « Sélection ».

Dans cette fenêtre « Sélection », il est possible, en option, de trier les résultats affichés dans la nouvelle fenêtre qui correspondra à la Table Sélection.

Une requête souvent utilisée peut être enregistrée grâce au bouton « Sauver modèle » comme c'est illustré dans la figure V.46.

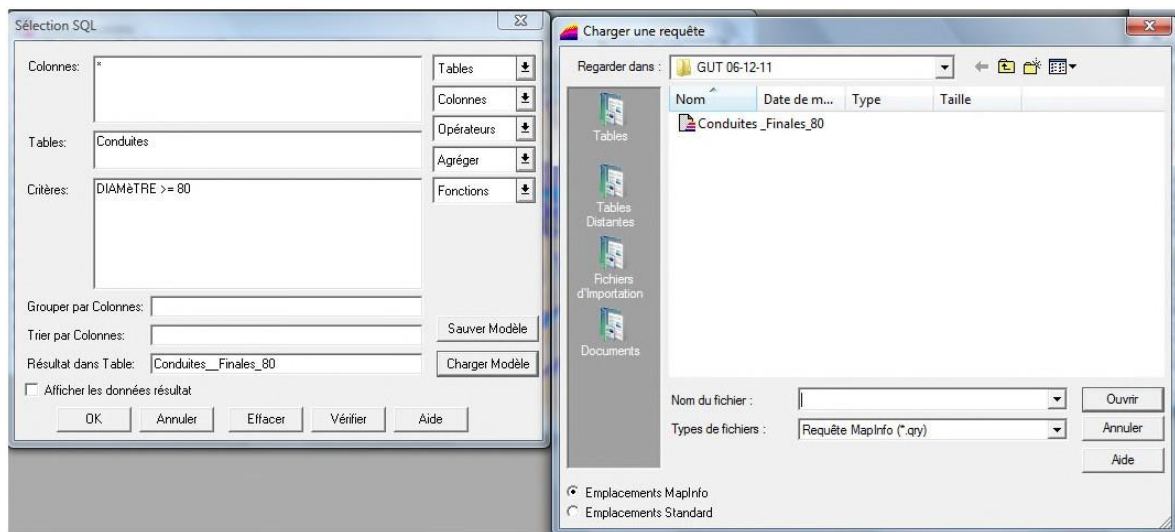


Figure V.46 : Enregistrement et chargement d'une requête SQL

Un fichier d'extension « . qry » est alors créé dans le Document.

Toute requête sauvegardée peut être rappelée par le bouton « Charger modèle ».

- Affichage du résultat dans une fenêtre « Query.. ». Les fenêtres query sont des tables temporaires qui doivent être sauvegardées par « Enregistrer table sous » si l'on souhaite en conserver la trace.

V.9. EXTRACTION DES COORDONNEES

MapInfo nous donne la possibilité d'extraire les coordonnées X et Y des objets de type point. Cela se fait comme illustré dans la figure V.47.

Outils → gestionnaire d'outils → Coordinate Extractor → Ok

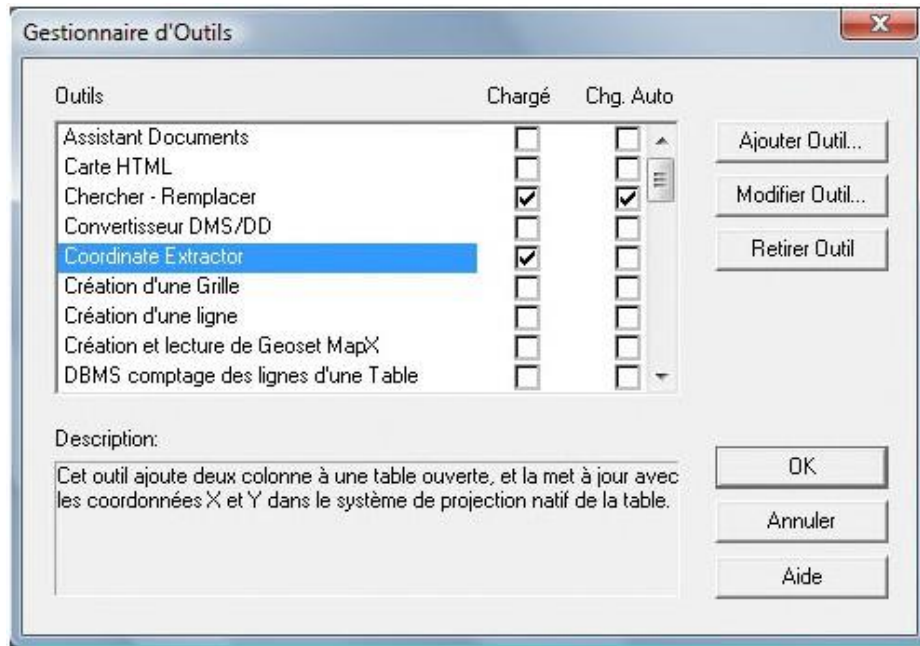


Figure V.47 : Lancement de l'extracteur de coordonnées

Cette étape permet d'ajouter une rubrique. Outils → Extracteur de Coordonnées → Extraire les coordonnées.

Choisissez la table et les deux colonnes de chargement (figure V.48) et validez OK

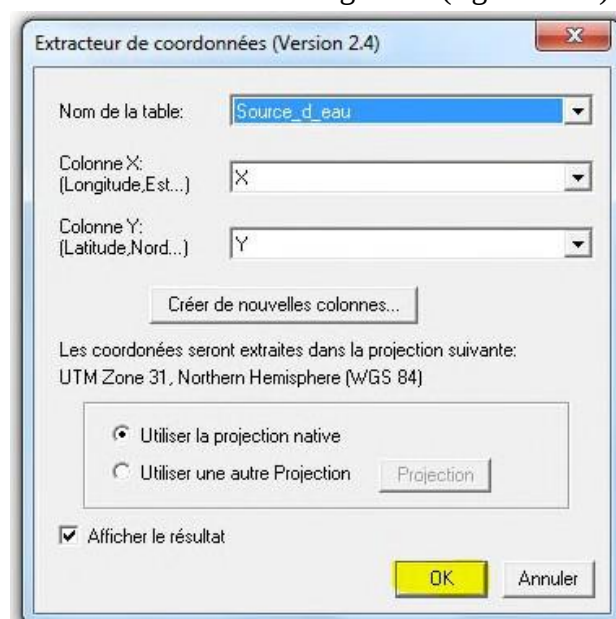


Figure V.48 : Choix de la table et des colonnes d'extraction de coordonnées

On peut également le faire directement : Outils → Extracteur de Coordonnées → Extraire les Coordonnées → Créer une nouvelle colonne comme le montre la figure V.49 et on valide.



Figure V.49 : Extraction des coordonnées en créant des nouvelles colonnes d'extraction

V.10. MISE EN PAGE ET IMPRESSION D'UNE CARTE

Quand on travaille dans la fenêtre Mise en page, on change de référentiel. On passe du système de projection à la feuille de papier. Dans ce cas l'unité de travail devient le centimètre.

On accède à cette fonctionnalité en utilisant la commande : « Fenêtre / Mise en Page ». La carte résultante doit contenir le titre, l'échelle, la flèche du nord et la légende.

Pour préparer la mise en page, on doit déclarer la couche de dessin modifiable comme représenté sur la figure V.50.

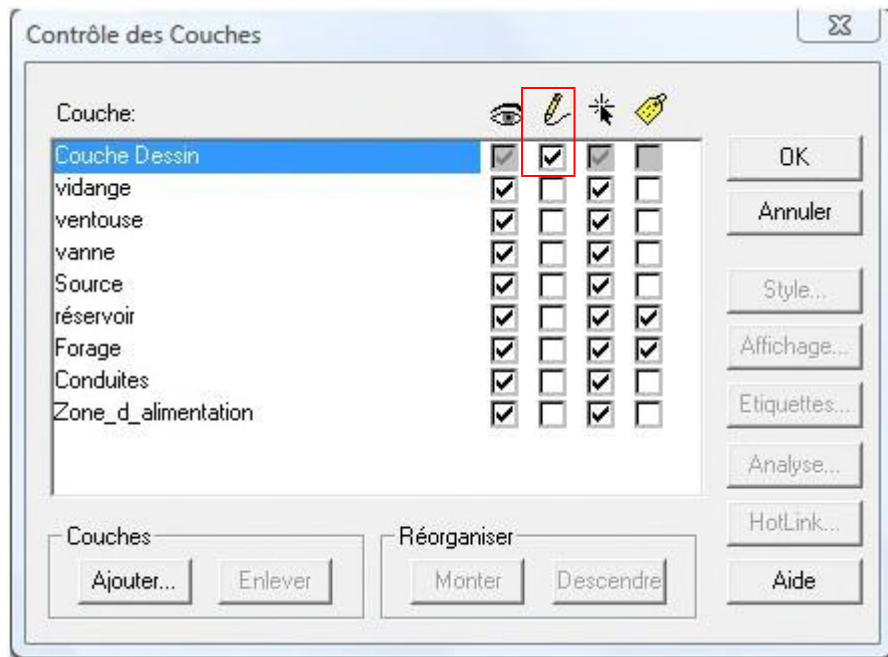


Figure V.50 : Déclaration de la couche de dessin « modifiable »

- Titre de la carte

Pour insérer le titre de la carte, On doit sélectionner le Style texte dans la barre de dessin (figure V.51) et on écrit le titre de la carte.



Figure V.51 : Insertion du titre de la carte

- Flèche du Nord

Pour insérer la flèche du Nord, sur le menu dessin choisir symbole  de la barre de « dessin »

Une fois le symbole inséré, un double clic est indispensable pour afficher le style « Symbole » comme le montre la figure V.52. Dans la bibliothèque des symboles ; choisir la catégorie MapInfo Arrows pour choisir un modèle de flèche du Nord, puis valider.

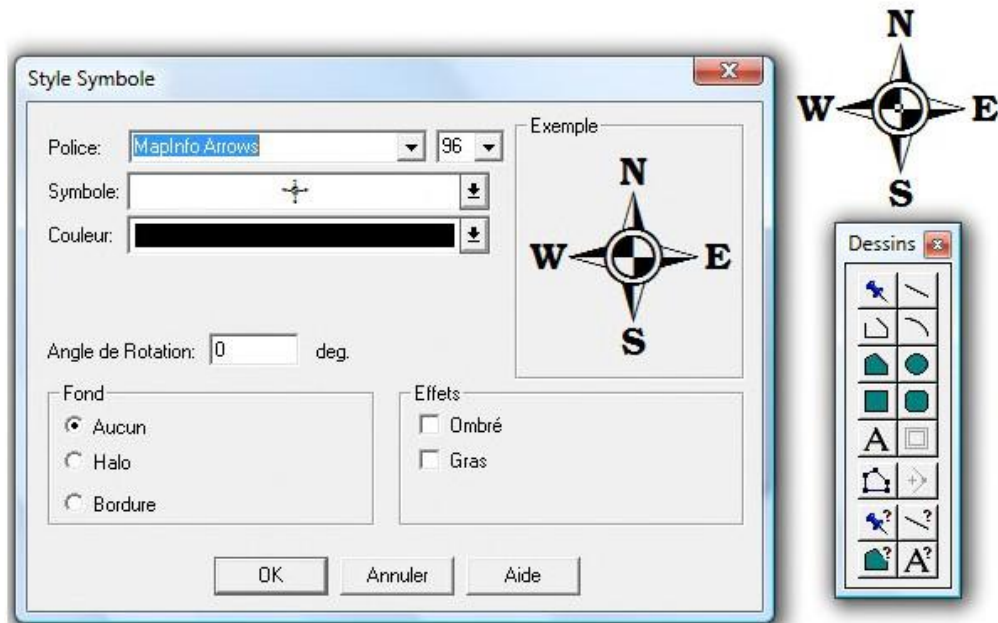


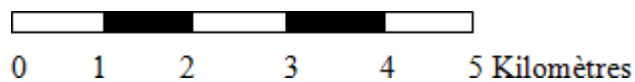
Figure V.52 : Insertion de la flèche du nord

- Notion d'échelle

Afin de représenter une portion de la surface de la terre sur une carte, la surface doit être réduite. La mesure de cette réduction est exprimée par un ratio appelé « échelle de la carte ». Elle est définie comme le ratio de la distance sur carte et sur terrain.

L'échelle de la carte peut être exprimée avec plusieurs manières différentes :

- Fraction (1 : 50000 ou 1/ 50000) ;
- Expression écrite (1 centimètre équivaut à 500 mètres) ;
- Graphique.



Pour afficher l'échelle d'une carte, cliquez sur :
Outils → Exécuter → ScaleBar (figure V.53)

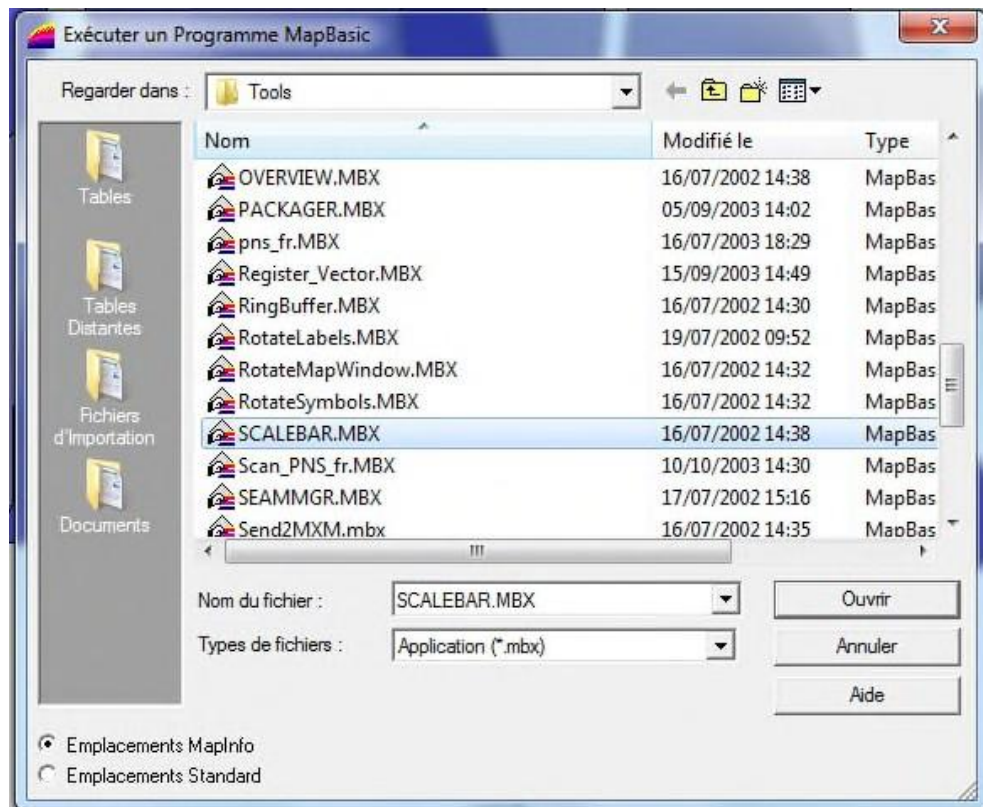


Figure V.53 : Exécution de l'outil de dessin de la barre d'échelle

Encore une fois allez à:

Outils → Echelle → Dessiner une échelle (figure V.54)

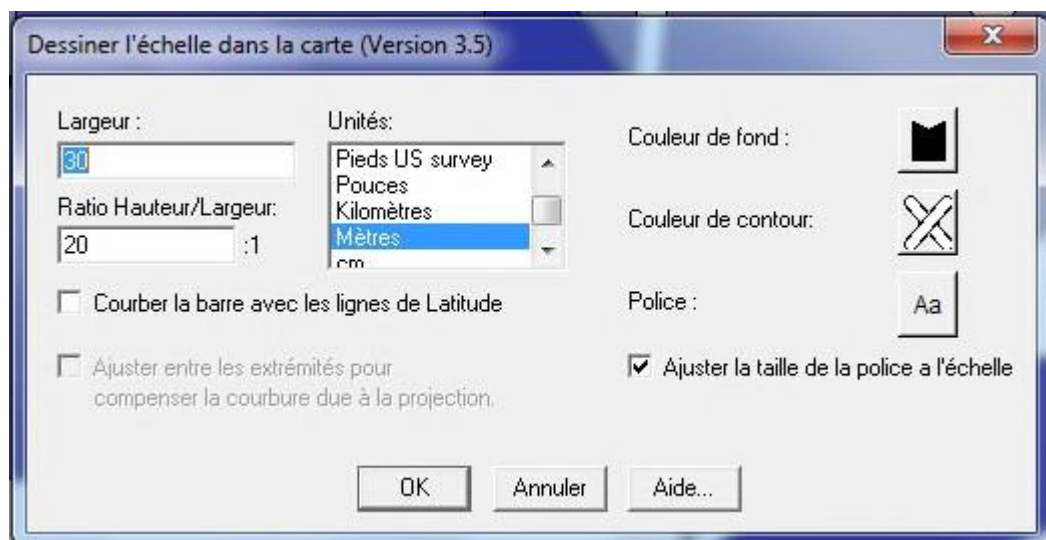


Figure V.54 : Dessiner une barre d'Echelle

Choisir les unités, exemple kilomètre et valider Ok.

- La légende

On peut créer la légende d'une carte en suivant les deux méthodes suivantes:

- Pour la légende automatique (Figure V.55) : Carte → Créer légende → suivant.
On choisit la couche qu'on veut ajouter à la légende et toutes les autres caractéristiques → Suivant → Terminer.

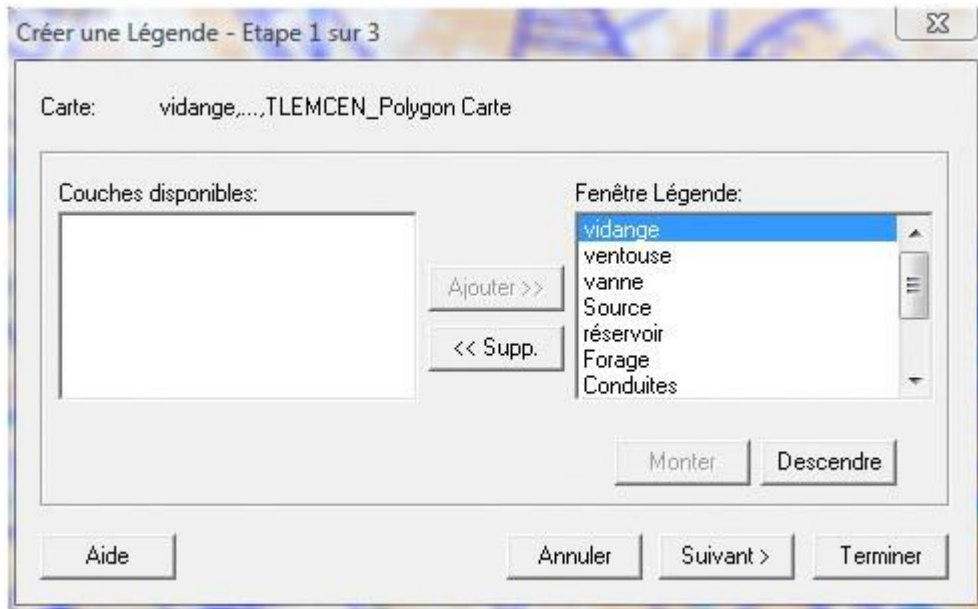


Figure V.55 : Création de la légende (1^{ère} étape)

Le résultat est donné dans la figure V.56



Figure V.56 : Exemple de légende

- Pour la légende manuelle : Il est possible d'écrire sur la mise en page, pour aboutir à la carte finale, on limite une zone pour afficher la légende, présenter l'échelle, et le titre de la carte comme illustrée sur les figure V.57 et V.58.

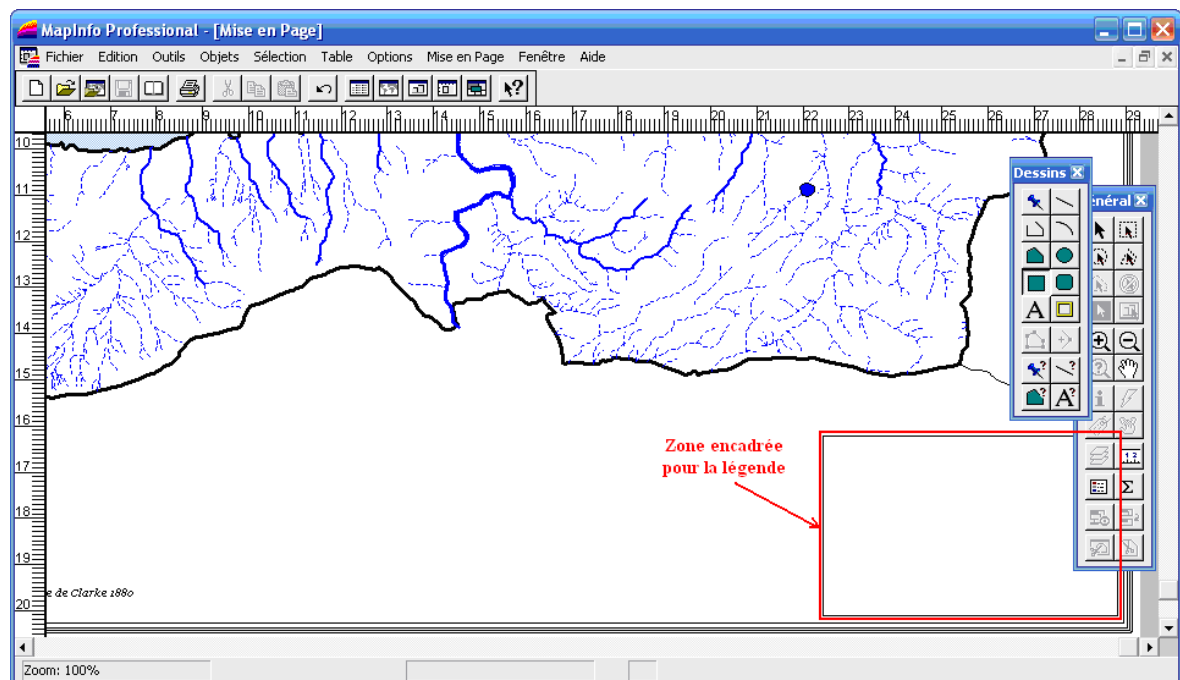


Figure V.57 : Exemple de légende personnalisée

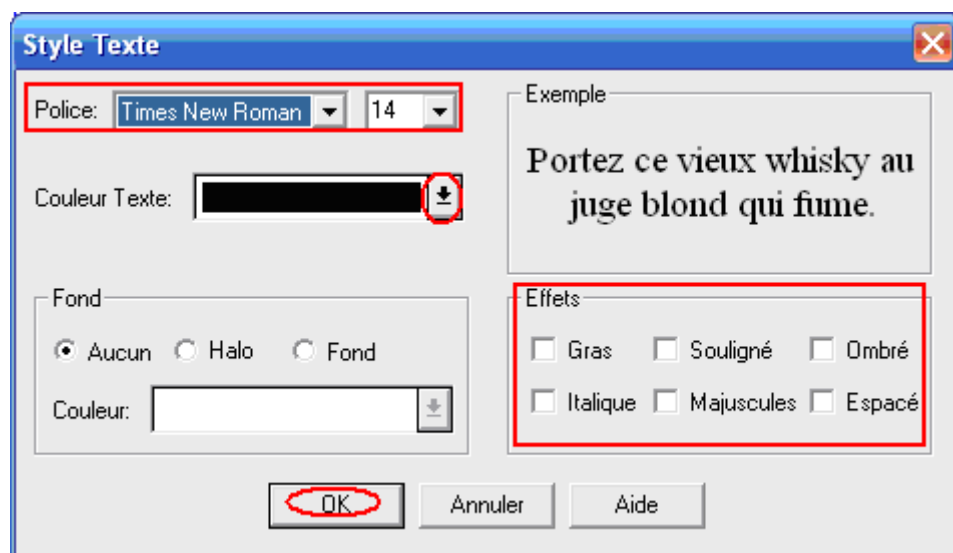


Figure V.58 : Choix du style pour la légende personnalisée

- Mise en page

Pour préparer la mise en page, on clique sur Fenêtre → Mise en page comme c'est représenté sur la figure V.59, la boîte de dialogue de la figure V.60 apparaît, On doit valider OK.

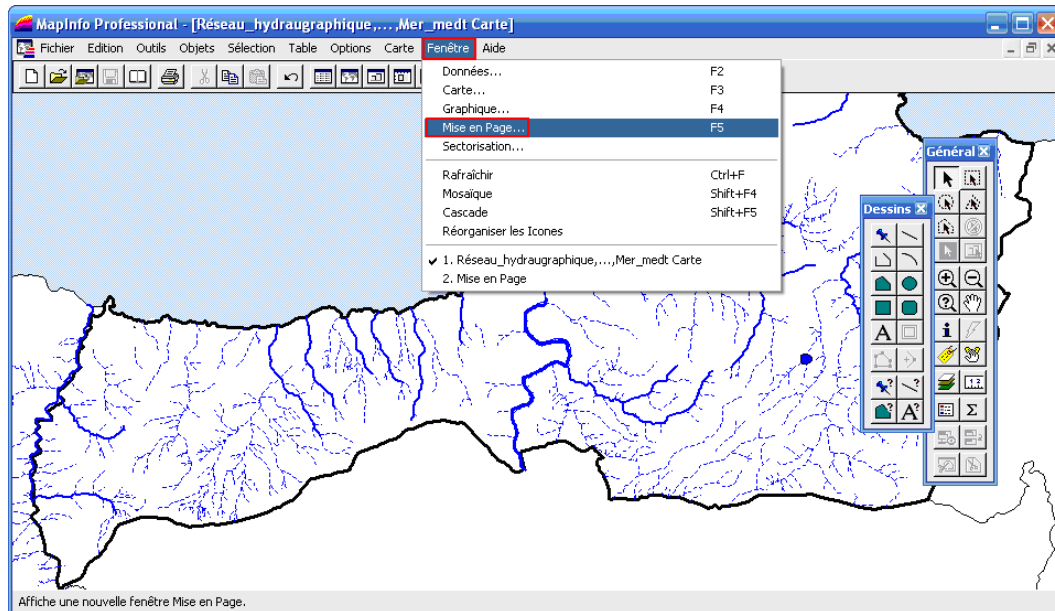


Figure V.59 : Création d'une mise en page

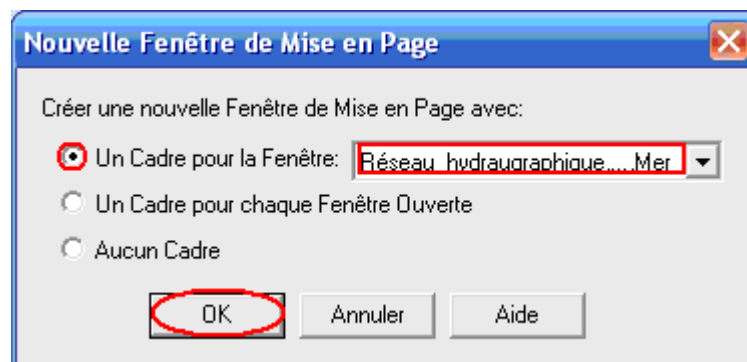


Figure V.60 : Exemple de création de fenêtre « Mise en page »

On obtient dans l'environnement MapInfo une nouvelle fenêtre qui est composée d'un objet fond de carte et d'un objet légende. Les règles graduées qui apparaissent correspondent à l'unité courante de la fenêtre « Mise en Page » et le rectangle blanc qui contient le graphique est lié aux paramètres de l'imprimante par défaut connectée à votre ordinateur.

- Format d'impression de la carte

Dans l'exemple, il s'agit du format « A4 paysage », mais il pourrait tout aussi bien s'agir du format A0.

De toute manière cette configuration par défaut est modifiable grâce à la commande MapInfo «Fichier/Configuration de l'impression» illustrée dans la figure V.61.

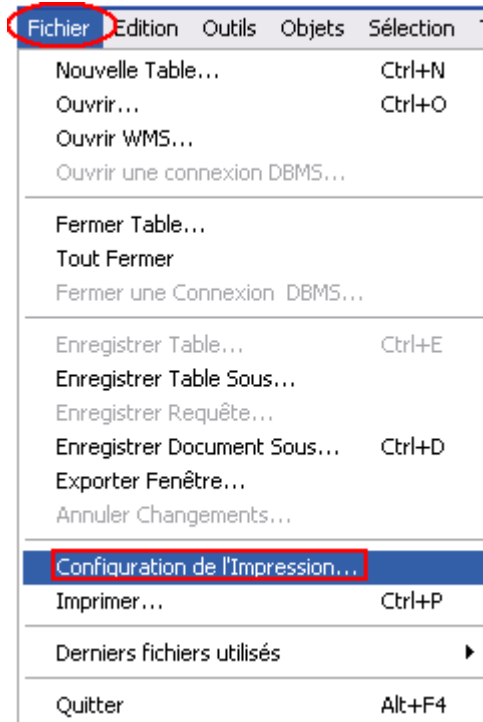


Figure V.61 : Configuration d'une table pour impression

A ce niveau les objets qui apparaissent dans la fenêtre Mise en Page ne sont plus modifiables (figure V.62) sauf pour les paramètres globaux (Changement d'échelle, forme du rectangle du dessin..).

La fenêtre Mise en Page est liée à la fenêtre Carte de manière dynamique.

Ainsi, si l'on revient dans la fenêtre carte et qu'on ajoute de nouveaux éléments (de nouvelles couches par exemple) au dessin, alors la fenêtre Mise en page prend les modifications en compte.

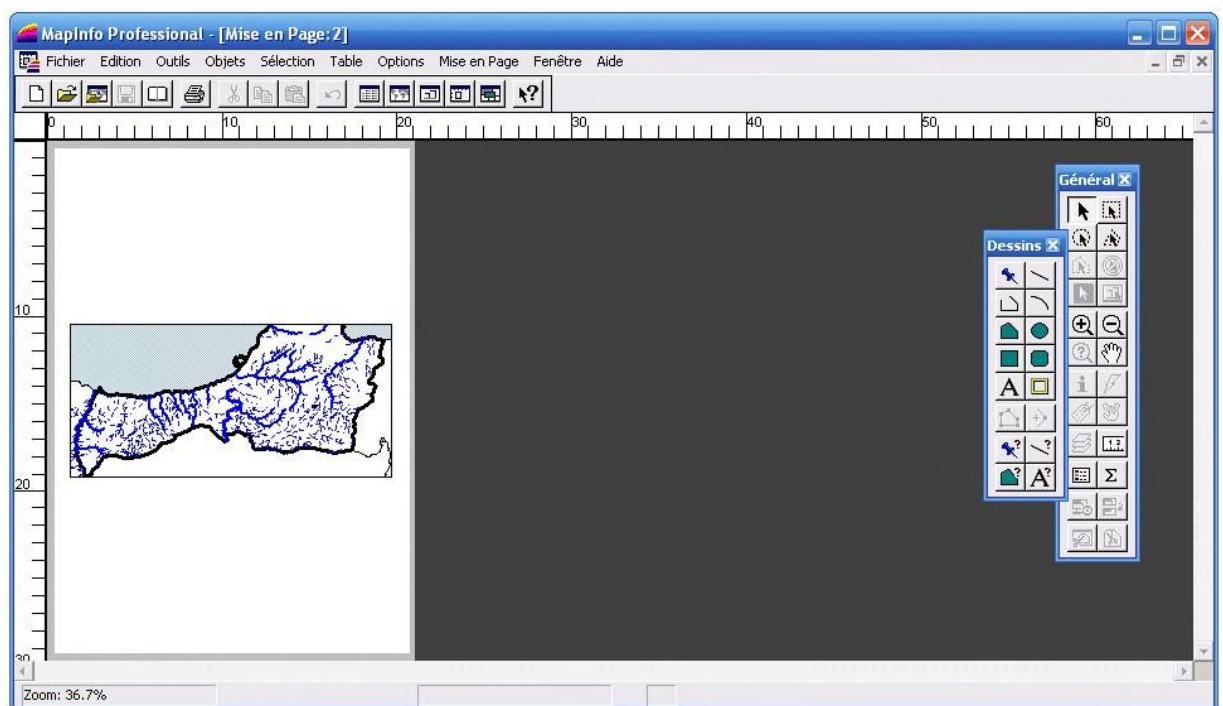


Figure V.62 : Affichage de la fenêtre « Mise en page »

On peut aussi ajouter du texte dans la fenêtre Mise en Page (titre, sources des données, date de réalisation, auteur..) et d'autres éléments graphiques, images non calées (logo), graphiques...et bien sur d'autres fenêtres grâce au bouton « Cadre » donné dans la figure V.63.

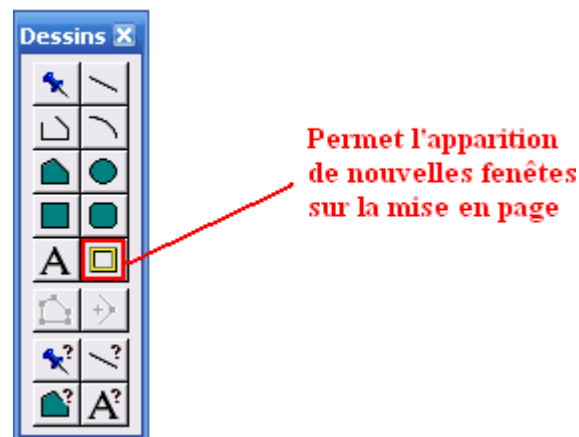


Figure V.63 : Caractéristiques de la fenêtre « Mise en page »

Il possible de faire un aperçu pour la mise en page et l'ensemble de couches formant la carte (table) en parallèle, grâce à la commande « Fenêtre – Mosaïque » comme illustré dans la figure V.64.

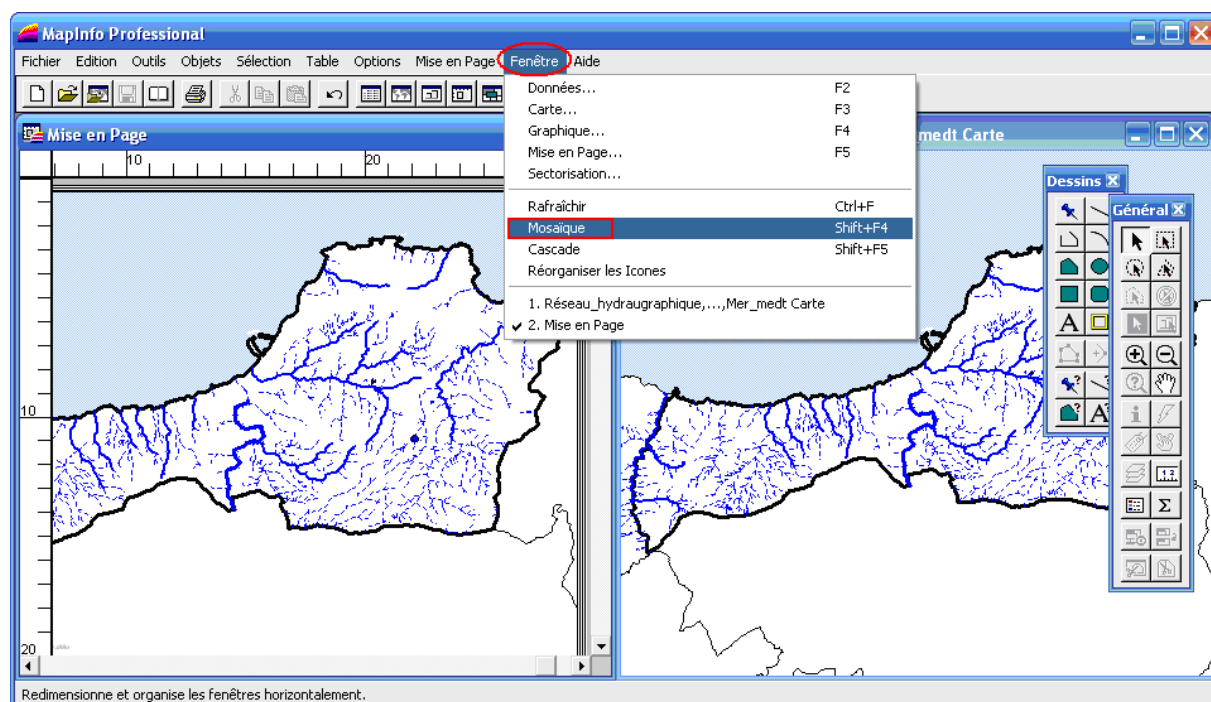


Figure V.64 : Affichage en Mosaïque de la carte et la mise en page

Il est possible de modifier l'unité de distance utilisée dans la fenêtre en faisant un clic sur le bouton droit de la souris « Options » qui fait apparaître la fenêtre donnée dans la figure V.65.

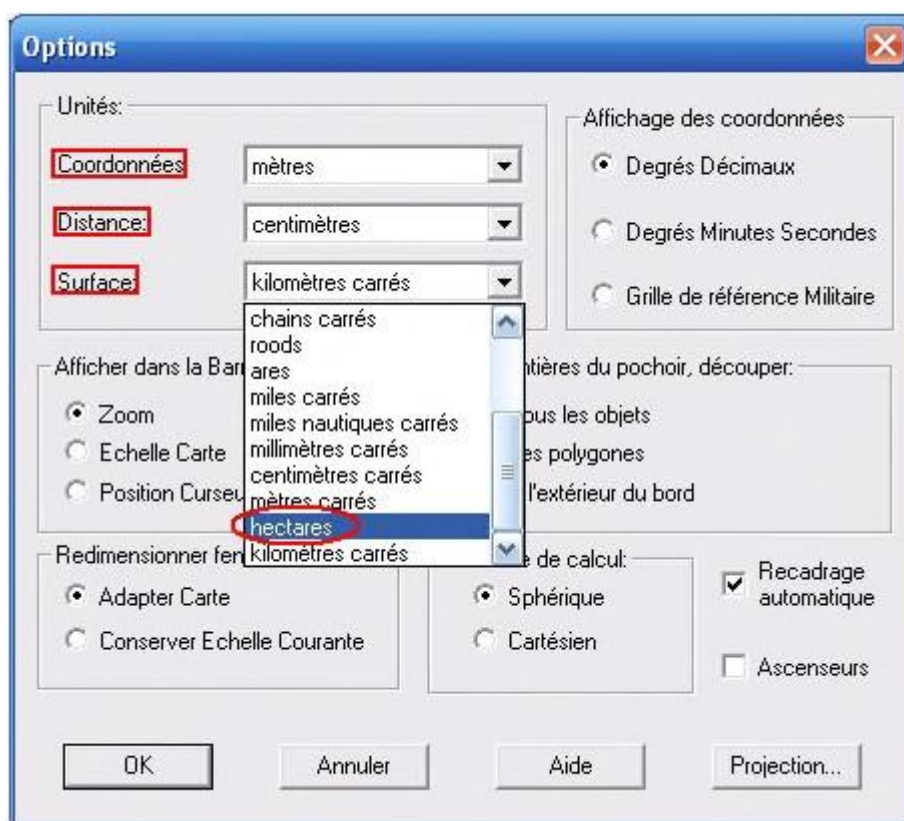


Figure V.65 : Options de mise en page

- Document

Les différents travaux que nous venons de voir (symbolisation, étiquettes, Analyse thématique, requêtes SQL...) peuvent demander beaucoup de temps en travail interactif. Il faut donc pouvoir enregistrer les actions réalisées de manière à ne pas avoir à les refaire lors d'une séance de travail ultérieure. Il s'agit donc d'une logique de séquence de macro commandes.

Dans MapInfo Professional c'est sous forme de document (projet) qu'on peut enregistrer tout le travail effectué précédemment sous forme de fichier spécifique de macros.

Les documents sont caractérisés par l'extension « *.wor ».

Plusieurs documents peuvent être enregistrés sur les mêmes tables si plusieurs traitements différents sont nécessaires.

Pour enregistrer un document, utiliser la commande: « Fichier/ Enregistrer Document sous... » (Figure V.66) puis choisir l'emplacement et nommer votre session de travail qui prendra l'extension « Réseau_hydrographique.wor » (figure V.67).

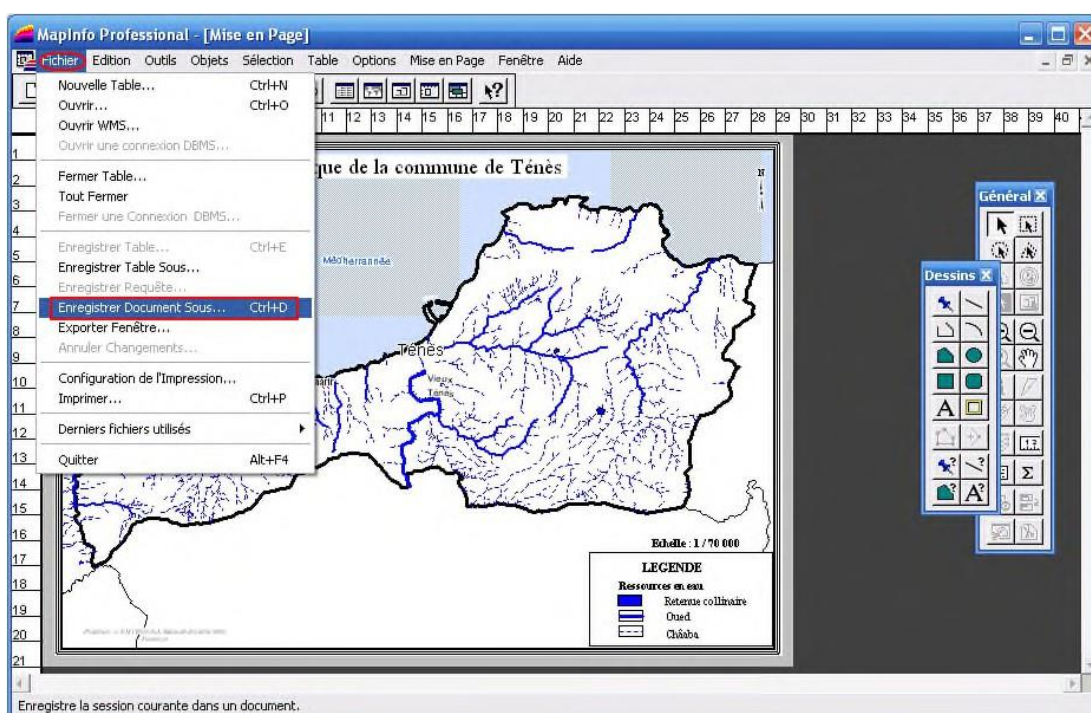


Figure V.66 : Enregistrement d'un document

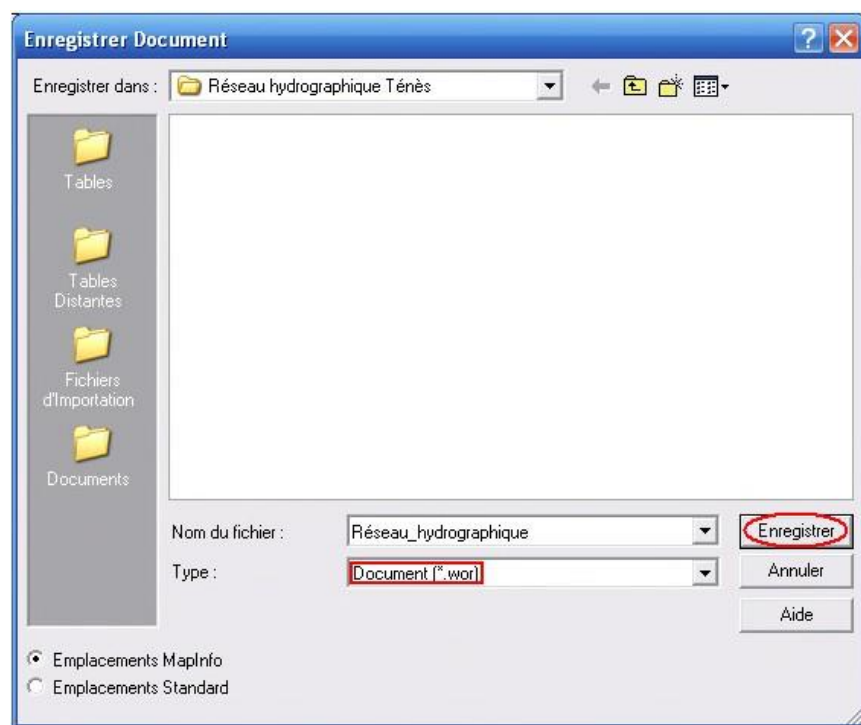


Figure V.67 : Exemple de document

V.11. Superposition de deux cartes de projections différentes dans un SIG

Le système de projection d'une couche est très important. Vous devez, pour travailler proprement sur vos couches, œuvrer dans un système de projection unique dans la mesure du possible. Ceci évite les erreurs lors de calculs d'analyse spatiale, ne serait-ce que pour calculer des distances, ou pour croiser des couches.

Pour connaître le système de projection d'une couche, allez dans le menu Carte > Options comme c'est illustrée dans la figure V.68. Dans la fenêtre qui s'affiche, appuyez sur le bouton Projection pour faire apparaître le système de projection.

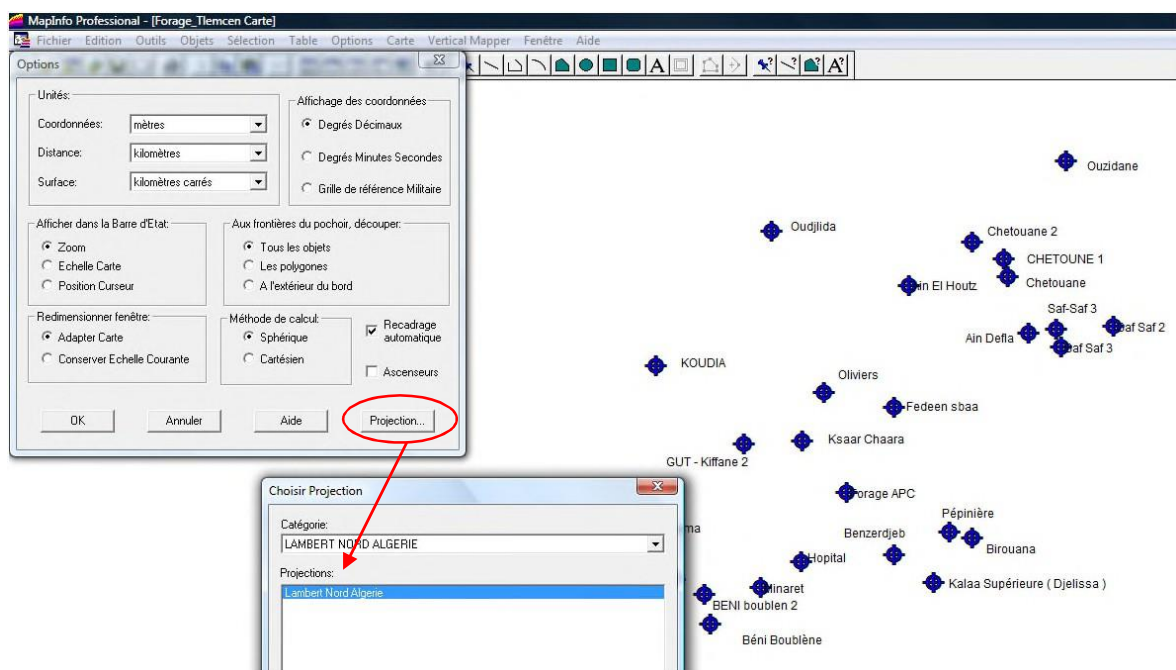


Figure V.68 : Système de projection d'une carte

- Changement de la projection d'une carte

Pour modifier le système de projection d'une couche, il faut enregistrer la couche sous un autre nom comme c'est illustrée dans la figure V.69 (menu Table > Enregistrer table sous...); dans la fenêtre d'enregistrement (représentée ci-dessous), appuyer sur le bouton projection pour spécifier une catégorie et un système de projection différents.

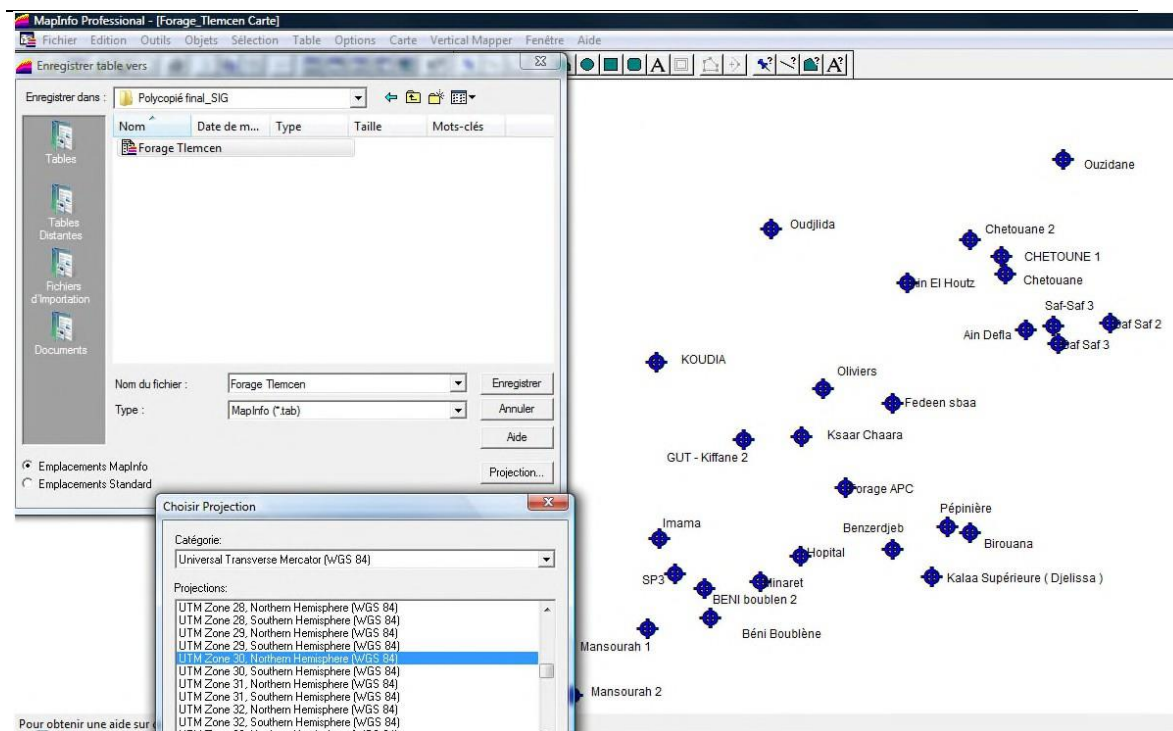


Figure V.69 : Changement de la projection d'une carte

- Superposition de couches de projections différentes

Pour superposer deux couches de projections différentes, il faut enregistrer l'une des couches sous la projection de l'autre couche.

La figure V.68, par exemple, montre un extrait de la couche des forages de Tlemcen dans le système de projection du « Lambert de l'Algérie du Nord »

Pour superposer cette couche avec la couche des communes donnée dans la figure V.70 (cette couche est donnée dans le système de projection UTM 30) il faut changer la projection de la couche « forage Tlemcen » comme le montre la figure V.69, Menu Table > Enregistrer table sous...; dans la fenêtre d'enregistrement, appuyer sur le bouton projection pour spécifier la catégorie et le système de projection souhaité (UTM 30)

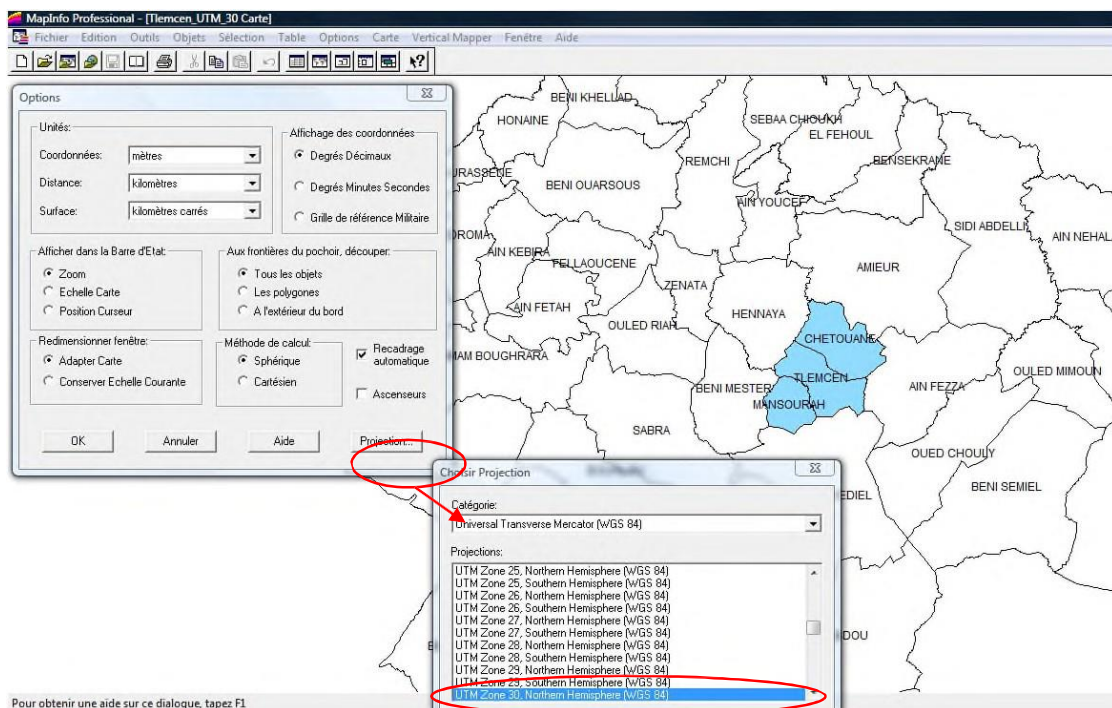


Figure V.70 : Projection d'une couche dans un SIG

Ouvrir les deux couches et vous pouvez avoir le résultat de la superposition donné dans la figure V.71 (les deux couches sont dans la projection UTM 30).

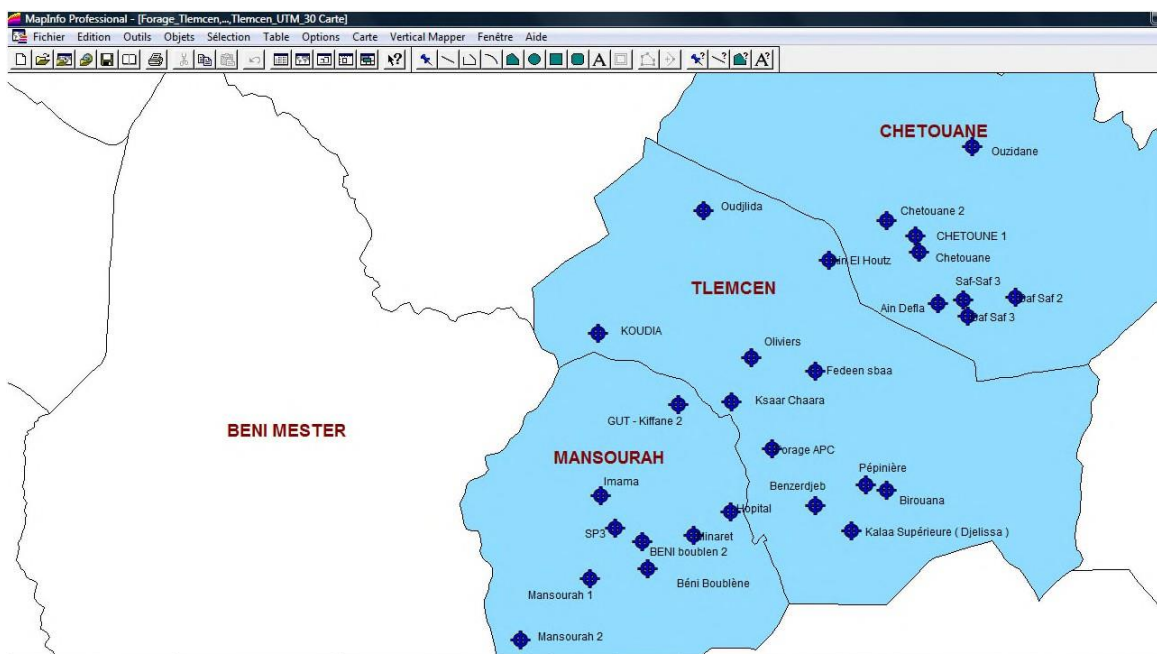


Figure V.71 : Superposition de couches

Ce polycopié est une simple initiation à l'utilisation des Systèmes d'Informations Géographiques qui facilitent l'organisation et le stockage des données localisées sur un référentiel cartographique précis et simplifient l'exploitation cartographique de celles ci. Mais bien d'autres fonctionnalités sont encore à découvrir

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abdelbaki C., Benhamouda F., Chikh M., 2012, SIG: Outils de gestion des réseaux d'alimentation en eau potable , Cas du réseau de la ville de Birtouta -Alger, Algérie, Editions universitaires européennes, ISBN : 978-3-8417-8907-5.
- Kellouche A., 2009, Pilotage de MapInfo par Delphi, (www.developpez.com)
- MapInfo, MapBasic v. 8.0, 2005, Reference Guide, 631 p .
- Mihoubi Mustapha Kamel & Abdelbaki Chérifa, 2003, Manuel de formation continue intitulé '' Initiation à l'utilisation de MAPINFO'' Concepts fondamentaux et principales fonctions, ENSH.
- Pornon H., 1992, Les SIG mise en œuvre et applications, Edition Hermes, 160 p.
- Pornon H., 1996, La notion de précision dans les SIG : Données précises ou données de qualité, le géomètre 6, pp. 30 – 33.
- Rouet P., 1993, Les données dans les Systèmes d'Information Géographique, Edition Hermes.
- Sauvagnargues-Lesage S. et Ayral P.A., Systèmes d'Information Géographique : outil d'aide à la gestion territoriale, Techniques de l'ingénieur, 2009, Référence H7415.
- Tena-Chollet F., Sauvagnargues-Lesage S., Thierion V. et Ayral P. A., Systèmes d'information géographique : mise en œuvre, Techniques de l'ingénieur, 2010, Référence H7416

WEBOGRAPHIE

- <https://dimenc.gouv.nc/sites/default/files/download/16468006.pdf>
- http://www.sigma972.org/def_1.html
- http://www.corse.fr/infogeo/Qu-est-ce-que-le-SIG_a24.html
- <http://www.afigeo.asso.fr/les-sig.html>
- http://www.prevention2000.org/cat_nat/risques/mvtter/mvt_prev.htm
- https://docs.qgis.org/2.8/fr/docs/gentle_gis_introduction/data_capture.html
- <http://www.forumsig.org/showthread.php/37012-Vente-Table-%C3%A0-digitaliser>
- http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=affiche_article&id_article=2381 page de garde
- <http://www.cairn.info/les-systemes-d-informations-geographiques--9782130539230-page-88.htm>
- <http://www.notre-planete.info/terre/outils/sig.php>