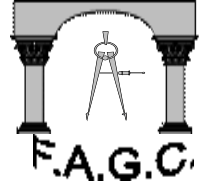




République Algérienne Démocratique et  
Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la  
Recherche Scientifique  
Université des Sciences et de la Technologie  
d'Oran-Mohamed Boudiaf-  
Faculté d'Architecture et de Génie Civil  
Département d'Hydraulique

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة العلوم والتكنولوجيا  
لوهـران - محمد بوضياف-  
كلية الهندسة المدنية والمعمارية  
قسم الري



## Polycopié pédagogique

### Systemes D'information Géographique *Appliqué Aux Ressources En Eau*



Réalisée par : Mme ANOUAR Yamina

Année Universitaire 2020/2021

## CITATIONS

*"C'est beau d'aimer le monde avec les yeux  
de ceux qui ne sont pas encore nés"*

Otto René Catillot, poète du Guatemala

## ***Remerciements***

Mes remerciements à :

- ✓ M. **CHERIF EI-Amine** (Professeur, USTO-MB)
- ✓ M.**ZEROUAL Ibrahim** (Maitre de conférence -A-, CU. Tindouf-AK)

*D'avoir accepté d'expertiser ce polycopié.*

*Et un grand merci pour M. Errih Mohamed et Hassani Moly Idris :*

## Table des matières

Avant propos .....	6
<b>1ère Partie : Notions fondamentales sur la cartographie et les SIG</b>	
Chapitre -I- Généralités sur la Notion de la Cartographie	
I. Définition : .....	9
I.1 La terre : .....	9
I.1.1 Les méridiens : .....	10
I.2 Les Coordonnées Géographiques : .....	10
I.3 La carte : .....	11
I.3.1 La lecture de la carte : .....	11
I.3.2 Les éléments essentiels d'une carte : .....	11
I.3.3 Quelle est l'utilisation d'une carte ? .....	12
I.4 Les systèmes de projection utilisés en Algérie : .....	12
Chapitre -II-. Généralités sur les SIG	
II. Introduction : .....	15
II.1 Historique : .....	15
II.2 Définition du SIG : .....	16
II.2.1 Type d'appellation des SIG : .....	16
II.2.2 Domaines d'application du SIG : .....	17
II.3 Sciences utilisées dans les SIG : .....	18
II.4 UTILISATIONS DES SIG .....	19
II.5 LES COMPOSANTS D'UN SIG : .....	21
II.6 Les Fonctions du SIG : .....	23
II.7 Avantages de l'utilisation des SIG : .....	23
II.8 Choix d'un GIS : .....	24
II.9 Les Apports d'un SIG : .....	24
Chapitre -III- : Concepts Des Systèmes D'informations Géographiques	
III. Introduction : .....	25
III.1 L'information géographique (IG) : .....	25
III.1.1 Types d'information : .....	25
Chapitre -IV- Concepts Liés À L'information Attributaire	
IV. Introduction .....	28
IV.1 Système de Gestion de Bases de données (SGBD) .....	28
IV.2 Modèles de SGBD .....	28
Chapitre -V- Concepts Lies à L'information Géographique	
V. Introduction : .....	30
V.1 Le Monde Raster: .....	31
V.2 Le Mode vecteur : .....	33



## 2<sup>ème</sup> Partie : Travaux pratiques : Prise en main de Global Mapper

TP N°01 : Présentation Générale Du Logiciel Mapinfo.....	36
TP N°02 : Environnement de Travail de MapInfo.....	39
TP N°03 : Le Calage de la Carte Raster.....	45
TP N04 : La Création des couches.....	49
TP N°05 : Visualiser les données tabulaires associées à la carte.....	53
TP N°06 : Réaliser une Analyse Thématique .....	59
Bibliographiques.....	69



## Avant propos :

Les enjeux majeurs auxquels il faut faire face aujourd'hui (environnement, aménagement de territoire...), ont tous un lien étroit avec le géoréférencement et la géographie.

Il apparaît donc nécessaire que pour une meilleure connaissance des phénomènes liés à la nature ou à l'activité humaine de disposer d'un ensemble d'informations sur le milieu naturel considéré. Pour satisfaire ce besoin, on fait recours aux nouvelles technologies apparues, notamment à celles dites des systèmes d'informations géographiques.

Les techniques de représentation par les systèmes d'Informations Géographiques (**SIG**) relèvent de la mise en commun des dernières technologies de l'information, des sciences géographiques et de la cartographie pour regrouper les données de sources diverses. Ces techniques permettent le recueil, l'analyse et l'exploitation des données ainsi que leur partage par l'intermédiaire du réseau parmi plusieurs utilisateurs.

Les modèles numériques de terrain (MNT) sont l'une des manifestations des systèmes d'informations géographiques, élaborés dans le but de représentation de l'espace naturel avec toutes ces informations caractéristiques :

Le relief (topographie) et l'occupation du sol (hydrographie, ressources naturelles, type du sol, couvert végétal,...).

Ces informations sont groupées dans des systèmes appelés Bases de Données (BD), et l'information particulière contenue est utilisée pour plusieurs objectifs, à savoir : l'analyse, la compréhension et la représentation des phénomènes liés à la surface terrestre.

Le SIG s'avère un outil puissant au travers de sa capacité à représenter la réalité sous la forme de cartes thématiques par couches d'informations (distribution spatiale d'une catégorie d'entité paramétrable). Il permet de croiser les données de sources différentes ainsi que de gérer de larges bases de données (SGBD).

Les mesures et les échantillons de la base de données doivent représenter le monde réel de manière aussi exhaustive et consistante que possible. Néanmoins, la complexité du monde réel est si grande que l'on crée des modèles de la réalité qui ne sont que des représentations simplifiées. Le contenu d'une base de données (BD), à référence spatiale, présente donc une vue partielle du monde réel (représentation aussi particulière).

L'Objective dans ce polycopié de deux parties nous permettra de comprendre ce qu'est un SIG, comment ces logiciels pourront répondre à nos besoins cartographiques et quelles sont les ressources offertes par le Centre Informatique (logiciels, géodonnées, services). Il peut également nous ouvrir des pistes de recherche encore insoupçonnées.

Ainsi à l'issue de ce polycopié, 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 ;
- ✓ L'application du SIG sur logiciel MapInfo.

## **1ère Partie**

### **Notions fondamentales sur la cartographie et les SIG**

Cette partie présente l'état de l'art dans le domaine des systèmes d'information géographiques. Nous évoquerons d'une part les généralités sur les SIG et les différents usages qui en sont faits, et présenterons d'autre part les avancées technologiques qu'a connues ce domaine des sciences à travers le monde.



## Chapitre -I- Généralités sur la Notion de la Cartographie

Définition :

**L**a cartographie a pour but la représentation de la Terre ou d'une autre planète sous une forme géométrique et graphique grâce à la conception, la préparation et la réalisation de carte. La cartographie est à la fois une science, un art et une technique.

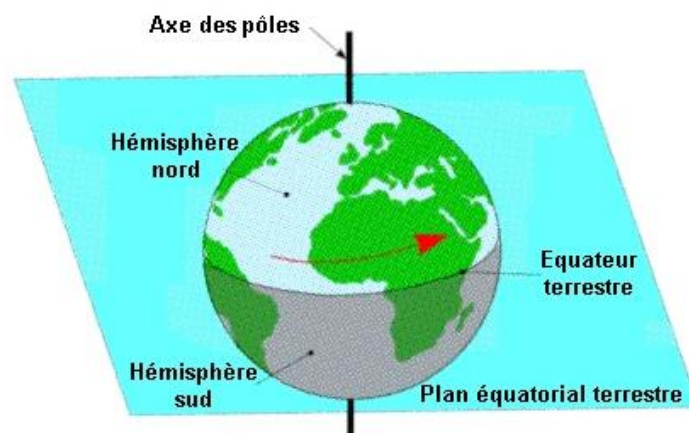


### I.1 La terre :

La terre est une sphère qui tourne autour d'un axe.

Cet axe perce la surface de la terre en deux points appelés << pôle >>

On a un **Pôle Nord** et un **Pôle Sud**(Fig. I-1)



**Figure I-1 : Présentation de la Terre.**

### I.1.1 Les méridiens :

Sont des cercles imaginaires qui passent par les deux pôles et divisent la terre en «quartiers d'orange ». Le méridien d'origine = méridien 0, encore appelé méridien de Greenwich.

La terre est divisée en 360 méridiens. 180 méridiens sont situées à l'Est de Greenwich tandis que les autres 180 méridiens sont à l'ouest de Greenwich. Si la longitude est mesurée à droite de Greenwich c'est-à-dire en allant vers l'ouest, on dit que la longitude est ouest. Si la longitude est mesurée à gauche de Greenwich, on dit que la longitude est Est.

En Algérie (sur 1 555 km) : le premier méridien passe sur la localité Stidia commune côtière de la wilaya de Mostaganem (le méridien est marqué sur la RN11) à Hacine (commune de la wilaya de Mascara) à l'ouest de Mascara. à Aïn Fekan (commune située sur la RN7 entre Mascara et Sidi-bel-Abbès entre Youb et Saïda à l'est de Adrar par l'oasis de Guentour à l'ouest de Reggane, enfin le méridien passe en Algérie sur le désert à l'ouest de Bordj Badji Mokhtar.

- **L'équateur** marque la séparation entre l'hémisphère nord et l'hémisphère sud.

### I.2 Les Coordonnées Géographiques :

On peut définir la position de chaque point de la terre par ses « coordonnées géographiques ».(Fig I-2)

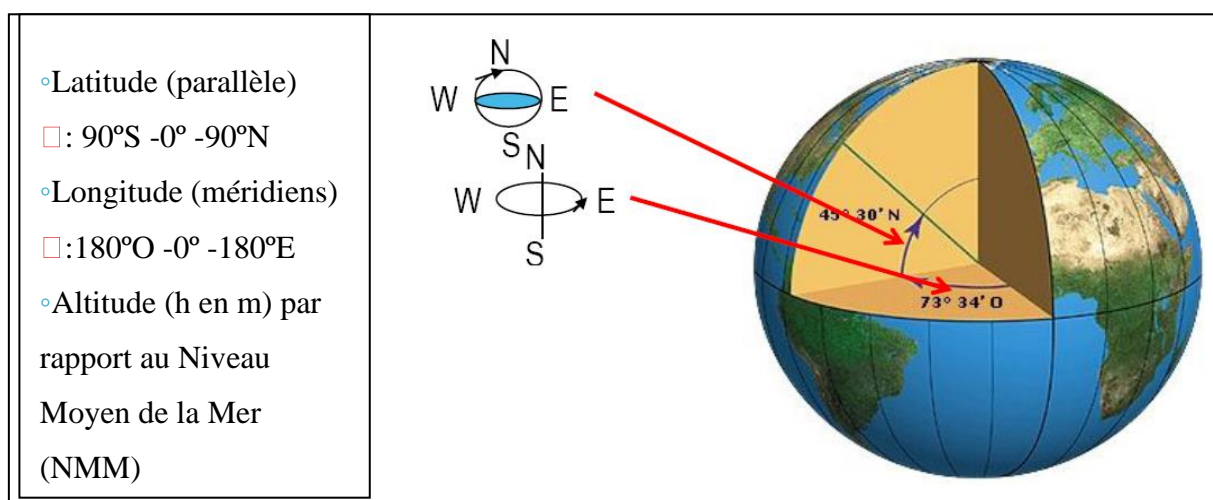


Figure I-2 : Les Coordonnées Géographiques

### I.3 La carte :

Qu'est-ce que c'est ?

La carte se définit usuellement comme une représentation de tout ou une partie de la surface terrestre, sur un support plan on peut dire aussi, la carte est une représentation à plat de ce qui est volumineux( Fig. I-3).

Une carte géographique: Est une représentation d'un espace géographique.

- Lorsque la carte représente le monde entier, on parle de planisphère.



**Figure I-3 : Présentation à plat de la terre.**

#### I.3.1 La lecture de la carte :

Savoir lire une carte est une condition nécessaire à son utilisation.

#### I.3.2 Les éléments essentiels d'une carte :

Le titre, sa légende, son Orientation, ses Coordonnées Géographiques, son Échelle, son auteur, et sa Date de Réalisation/Publication.

- a- **Le titre** : On utilise le titre pour identifier la carte et communiquer l'info qu'on y trouvera.

Le titre doit toujours être visible (souligné ou dans une boîte)

- b- **La légende**:- Toutes les cartes, dont les cartes topographiques, ont besoin d'une légende (une explication des signes , des symboles et des couleurs présents sur la carte

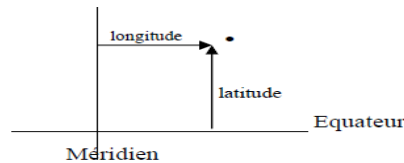
- c- **Orientation** : Une carte comporte nécessairement une orientation. Celle-ci est faite avec une direction s'exprimant par un angle ou « **gisement** »

ou « **azimut** » calculé à partir du Nord. On distingue trois Nord sur les cartes françaises : le Nord géographique, le Nord cartographique et le Nord magnétique.

d- **Coordonnées Géographiques** : On peut définir la position de chaque point de la terre par ses « coordonnées géographiques ».

Les coordonnées géographiques d'un point s'expriment en degré de latitude Nord ou Sud et en degrés de longitude Est ou Ouest.

Exemple : on dira qu'un point A est situé entre  $4^{\circ} 27'N$  et  $11^{\circ} 36'E$



- **1 degré vaut 60 minutes**
- **1 minute vaut 60 secondes**

e- **Échelle** : L'échelle de la carte correspond à l'inverse du rapport entre les distances réelles sur le terrain et leur représentation sur la carte.

**Exp** : Sur la carte au **1/50 000**, le 1 cm vaut 50 000 cm soit 500 m sur le terrain

f- **auteur, et sa Date de Réalisation/Publication** : Présenter les références (Notice bibliographique d'une carte).

### I.3.3 Quelle est l'utilisation d'une carte ?

Elle est importante pour trois raisons :

- ✓ Elle donne des informations spatiales ;
- ✓ Elle est un moyen simple et efficace pour noter et représenter les informations spatiales collectées sur le terrain ;
- ✓ Elle permet d'aller dans une zone pour la première fois et de trouver les objets qui y sont représentés.

### I.4 Les systèmes de projection utilisés en Algérie :

Pour les besoins cartographiques, on est contraint de représenter l'image de la terre sur une surface plane assimilée à un ellipsoïde donné (**Figure II.4**).

Les coordonnées planes obtenues permettent d'effectuer des mesures directes sur la carte.

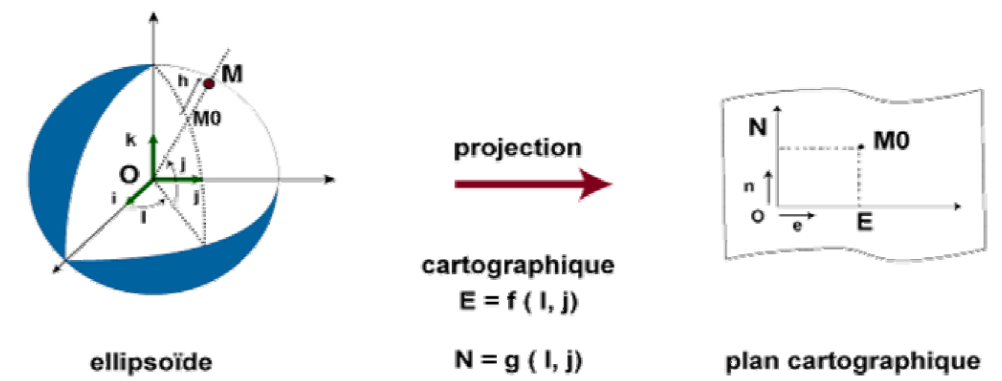


Figure I.4. Principe de la projection cartographique

Les cartes de l'Algérie sont réalisées selon différents systèmes de projection en fonction de la période durant laquelle elles ont été établies. On distingue quatre systèmes de projection principaux selon lesquels sont réalisées les cartes en Algérie.

1-**Le Lambert Algérie** : Lambert Nord Algérie et Lambert Sud Algérie

2-**Le système Nord Sahara 1959** : Le système géodésique Nord-Sahara 1959 a été utilisé pour le canevas de base des cartes d'Algérie des régions sahariennes au 1: 200 000. Ce système est pour des latitudes inférieures à 32° Nord.

3-**Le système UTM Algérie** : La projection cylindrique UTM (Universal Transverse Mercator) couvre le monde entier et est constituée de 60 fuseaux de 6 degrés d'amplitude en longitude.

Cette projection est réalisée selon l'ellipsoïde de Clarke 1880.

La Base de données applicable pour l'Algérie présente quatre fuseaux (Figure I-5) ::

UTM zone 29N entre 12° et 6° Ouest,

UTM zone 30N entre 6° Ouest et 0° Greenwich,

UTM zone 31N entre 0° Greenwich et 6° Est,

UTM zone 32N entre 6° et 12° Est.



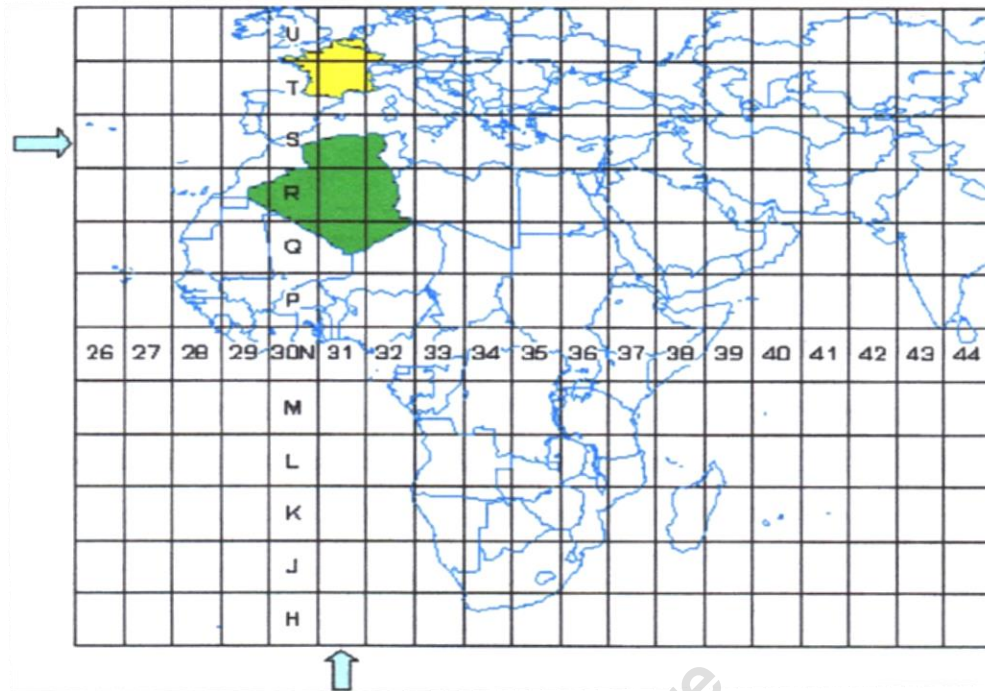


Figure I-5 : Présentation du système UTM Algérie

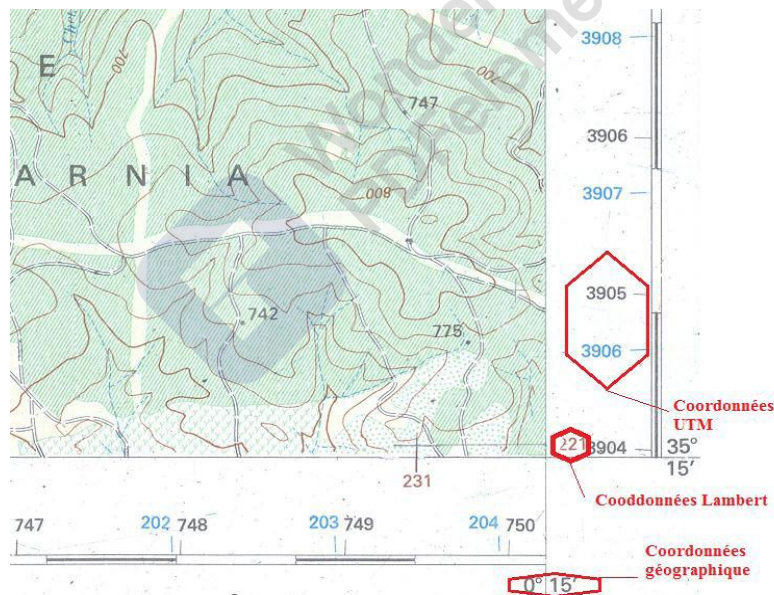


Figure I-6 : Présentation d'un exemple du système des Coordonnées

**4-Le système WGS84 :**WGS 84 (World Geodetic System 1984) est un système mondial mis au point par le département de la défense des États-Unis et utilisé par le GPS, basé sur l'ellipsoïde WGS84.

Ce système utilise une projection cylindrique.

## Chapitre -II-. Généralités sur les SIG

### II. Introduction :

Un SIG : Système d'Information Géographique est un système d'information pour lequel la Terre est l'objet de référence fondamentale.

L'acronyme SIG signifie :

- **Système** : est : « Combinaison d'éléments réunis de manière à former un ensemble ».
- **Information** : est : « élément de connaissance susceptible d'être codé pour être conservé, traité ou communiqué ».
- **Géographique** est « relatif à la géographie ayant pour objet la description de la surface de la terre ».

#### II.1 Historique :

Les premiers SIG opérationnels sont apparus dans les années 1960 au Canada et aux Etats-Unis. Le pionnier est indiscutablement le Canadian Geographic Information System (1964) qui rassemble des informations relatives à l'usage du sol, et des données concernant l'environnement, sur une grande partie du territoire canadien. Deux autres réalisations avant-gardistes méritent d'être mentionnées : le New York Land Use Information System (1967) et le Minnesota Information System (1969). Depuis cette époque, les coûts et les difficultés techniques ont considérablement diminué.

En 1854, John Snow analyse l'épidémie de choléra de Londres et en détermine les points de contamination.

En 1950-1970, Premières cartographies automatiques (SIG).

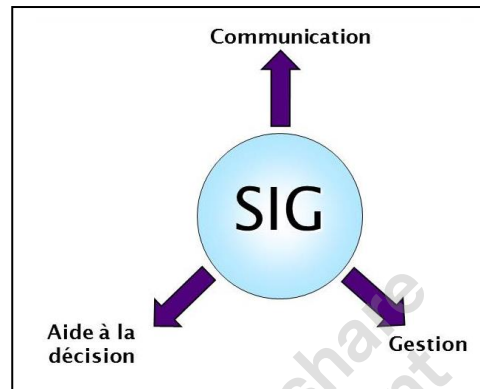
En 1970-1980 SIG apparaissent au niveau de l'État (armée...).

En 1980-1990 Développement des SIG. Apparition SIG en ligne. Banalisation de l'information géographique avec les GPS.

## II.2 Définition du SIG :

C'est un ensemble d'équipements informatiques, de logiciels et de méthodologies pour la saisie des données, dont la majorité est spatialement référencée, destiné à la simulation de comportement d'un phénomène naturel, à la gestion et à l'aide à la décision (Caloz, 1997).

On simplifie la définition du SIG à travers le schéma suivant :



### II.2.1 Type d'appellation des SIG :

Les SIG connaissent plusieurs appellations (ou acronymes). Celles-ci sont relativement équivalentes. Elles diffèrent pour des raisons techniques ou commerciales. On cite quelques exemples :

- Système d'Information Géographique : **SIG** (GIS pour les Anglo-Saxons)
- Système d'Information à Référence Spatiale : **SIRS** ;
- Système d'Information Localisée : **SIL** ;
- Système d'Information et d'Aide à la Décision : **SIAD** ;
- Système d'Information sur le Territoire : **SIT** ;
- Et de plus en plus Géomatique.

Quelle que soit l'appellation...

- Les SIG ont pour vocation la production et l'exploitation d'informations géographiques pertinentes sur une problématique de gestion du territoire
- Peu importe le terme que l'on emploie, le but visé est le même : moderniser notre façon de faire ...



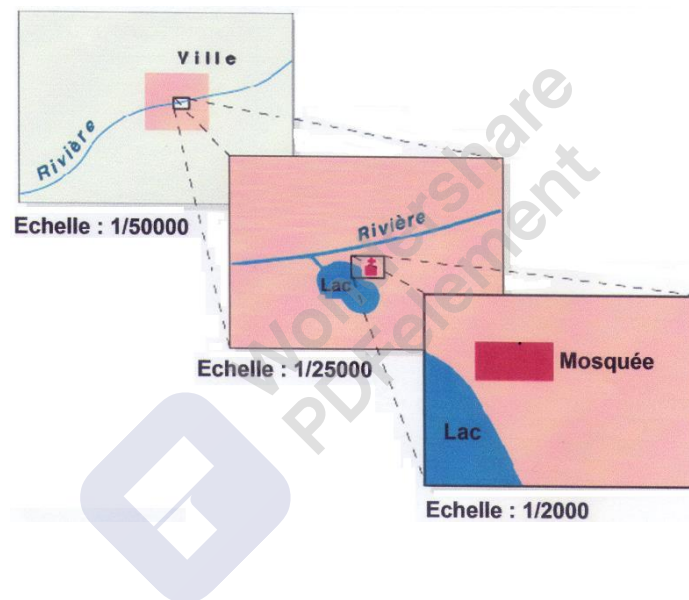


## II.2.2 Domaines d'application du SIG :

Les SIG sont utilisés dans des domaines très variés en particulier les domaines des sciences de l'aménagement, de la terre et celles de l'eau et ce à différentes échelles. On cite quelques applications :

**Exemple** : d'échelles cartographiques :

La représentation d'un même objet graphique (dessin) diffère d'une échelle à l'autre : Exemple la mosquée représentée par un point à l'échelle 1/5000<sup>e</sup> et par une surface à l'échelle 1/2000<sup>ème</sup>



### a. Applications pour les grandes échelles (du 1/1500<sup>ème</sup> au 1/5000<sup>ème</sup>)

- ✓ La gestion des réseaux : AEP, Assainissement, piézométrique, surveillance des nappes du point de vue qualité, ouvrages de captage (forages, puits, sources), Poste-télécom, Sonelgaz, etc ;
- ✓ La gestion foncière et cadastrale : Bâti, habitat, quartiers, dots, voirie ;
- ✓ La gestion du patrimoine : espaces verts, stades, piscines, musées, ... ;
- ✓ Etc.

### b. Applications pour les échelles petites et moyennes (supérieures au 1/5000<sup>ème</sup>)

- ✓ Les études de travaux routiers : routes, autoroutes, chemin de fer, ponts, tunnels ;

- ✓ La gestion des ressources naturelles : eau (nappes aquifères), pétrole, gaz, mines, forêt. etc.) :
- ✓ Etc.

### c. Exemples d'application d'un SIG :

Plusieurs arguments peuvent être avancés pour montrer l'intérêt d'un SIG. On cite quelques exemples :

- ✓ Connaître précisément l'état des lieux d'une agglomération pour éclairer en temps réel les réflexions et ainsi faciliter les études et les prises de décision ;
- ✓ Eviter de refaire plusieurs fois les mêmes documents ;
- ✓ Editer des cartes d'aide à la décision tel que l'état de la voirie, l'état du réseau d'assainissement, l'évolution des constructions individuelles... ;
- ✓ Permettre la superposition de cartographies différentes offrant la possibilité de réaliser des cartes thématiques (carte hydrogéologique) ;
- ✓ Réaliser rapidement des simulations, étudier les avantages et les inconvénients d'un projet ;
- ✓ un SIG permet d'abaisser les coûts de production des cartes et des plans (zoom et échelles) ;
- ✓ un SIG permet aussi d'établir des cartes et des plans que l'on ne pouvait pas réaliser à la main.

### II.3 Sciences utilisées dans les SIG :

Les SIG constituent une technologie multidisciplinaire relativement récente qui englobe des principes et des méthodes issues de plusieurs disciplines traditionnelles dont les plus importantes sont :

- ✓ **La géographie** : organisation et analyse spatiale (population, ressources ...)
- ✓ **La cartographie** : méthodes de représentation de l'espace géographique :
- ✓ **La télédétection** : technique d'acquisition et de traitement de données obtenues avec des capteurs satellitaires et aéroportés (images ou photos) ;
- ✓ **L'aménagement** : applications pour la gestion et le développement du territoire :
- ✓ **L'informatique** : conception assisté par ordinateur (CAO), infographie, SGBD. algorithmique. intelligence artificielle :

- ✓ **La topographie** : (du grec topo = lieu et *graphie* = dessin). C'est la science qui permet la mesure puis la représentation sur une carte des formes et détails visibles sur le terrain, (relief, hydrographie, etc.) avec comme objectif de déterminer la position et l'altitude de n'importe quel point
- Etc.**

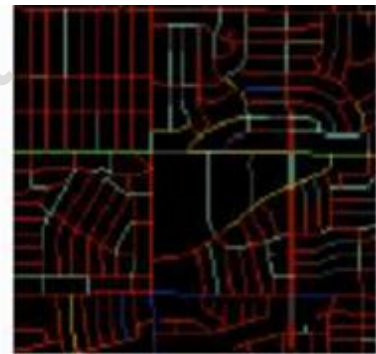
## II.4 UTILISATIONS DES SIG

Les SIG sont utilisés pour gérer et étudier une gamme très diversifiée de phénomènes. Les principales activités sont :

- Etablissement et mise à jour des cartes thématiques ;

### Exemple

Un service des eaux usées affecte un ordre de priorité l'intervention sur les zones après un séisme.



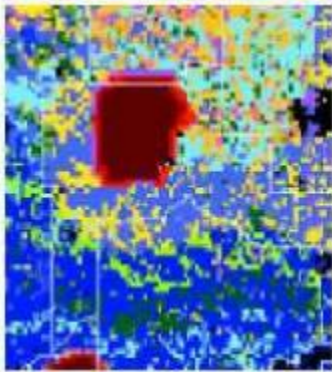
- La reconnaissance d'un lieu, d'une région, le choix d'un chemin ;

### Exemple

Un service de génie civil gère l'état des routes et ponts et produit Des cartes de planification Pour les catastrophes naturelles

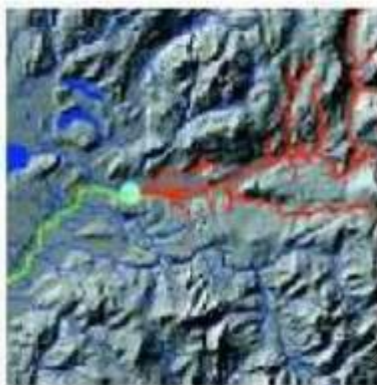


- La représentation d'objets ou de classes d'objets ;

**Exemple**

Une équipe de pompiers prévoit les risques de propagation d'un feu de forêt à l'aide de données relatives au terrain et au climat.

- La réalisation des inventaires de l'occupation, de la nature ou de tout autre attribut du sol ;

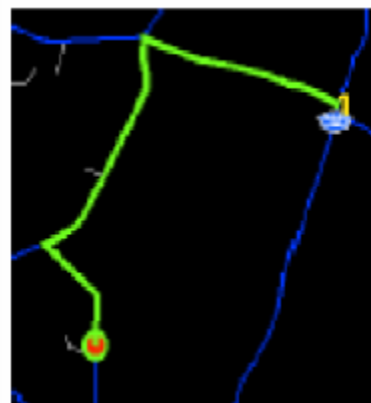
**Exemple**

Un bureau de gestion des ressources en eau effectue des recherches en amont pour trouver d'éventuelles sources d'un polluant.

- La représentation des phénomènes dynamiques dans le temps, etc.

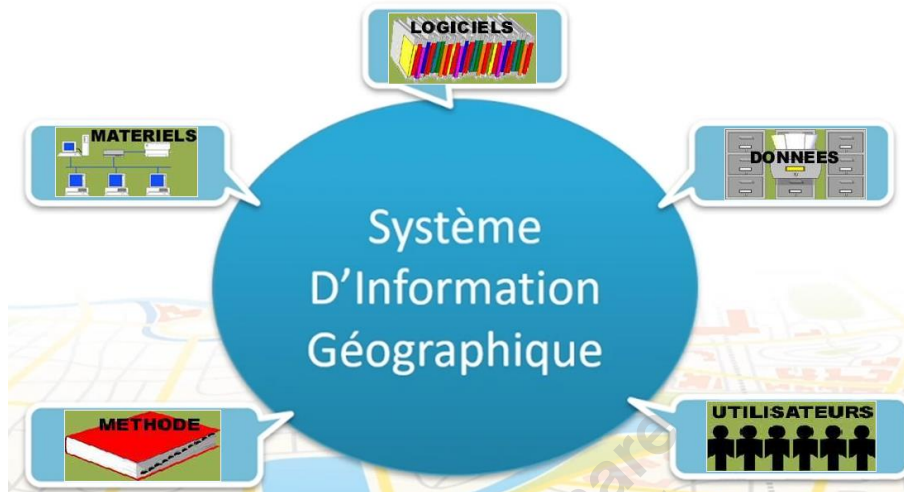
**Exemple**

La protection civile doit trouver l'itinéraire le plus rapide pour atteindre une urgence.



## II.5 LES COMPOSANTS D'UN SIG :

Le concept d'Information Géographique englobe 5 composants majeurs :



### **Matériel :**

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

### **Logiciels :**

logiciels de SIG offrent les outils et les fonctions pour stocker, analyser et afficher toutes les informations.

### **Données :**

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

### **Utilisateurs :**

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

**Méthodes :**

La mise en œuvre et l'exploitation d'un SIG ne peut s'envisager sans le respect de certaines règles et procédures propres à chaque organisation.

**Les Questions De Base Aux Quelles Un SIG Doit Répondre :**

Un SIG doit Informer sur la géographie d'un espace donné, qui peut être s'exécuter sur un objet ou un phénomène.

Les réponses aux questions suivantes sont indispensables :

- Questions de localisation : **Où ?**
- **cet objet, ce phénomène, où se trouve-t-il ? / Où se trouve tel objet ?**
- Questions d'identification spatiale : **Qui / Quoi ?**
- **Que trouve-t-on à cet endroit ? / Qui y a-t-il à tel endroit ?**
- Questions d'analyse de l'espace : **Comment ?**
- **quelles relations existent ou non entre ces objets ? / Comment sont répartis les objets de tel type sur le territoire?**

Questions sur l'évolution de l'espace : **Quand ?**

- **À quel moment tel changement est-il intervenu ?**
- Questions de simulation : **Et si ?** **Que se passera-t-il si tel objet est modifié pour tel autre type d'objets ?** (= projection dans l'avenir, simulation, étude de projet, étude d'impact...)

**Quelques exemples de questions auxquelles un S.I.G peut répondre.**

- Quel est l'état des routes sur une commune ?
- Qu'est-ce qui a changé depuis 2010 ?
- Quelles sont les parcelles concernées par une inondation éventuelle ?
- Quelles sont les zones sensibles en cas de glissement de terrain ?
- Quel est le chemin le plus rapide pour aller de la caserne des pompiers à l'incendie ?
- Que se passe-t-il si une substance toxique se déverse à tel endroit ?
- Où implanter des postes de surveillance d'incendie de forêt ?
- Où se trouvent les zones favorables à la culture du blé ?
- Comment évolue la déforestation en Algérie ?
- Quelle est l'avancée du sable venant du Sahara.

## II.6 Les Fonctions du SIG :

Un SIG répond à 5 fonctionnalités (les 5 A) permettant d'organiser, de représenter et de gérer l'information géographique.

- **une fonction d'Abstraction:** C'est la modélisation de l'information on a :
  - Capacité du logiciel à comprendre le monde réel,
  - Capacité à modéliser la réalité pour réaliser des traitements.
- **Une fonction d'ACQUISITION :** C'est des données géographiques on a :
  - Phase de saisie des données ;
  - Vectorisation, digitalisation, levé, import etc.
- **Une fonction d'ARCHIVAGE :** ou de gestion des données c'est
  - Stockage et gestion des données sur support physique ;
- **Une fonction d'ANALYSE (spatiale) ;**
  - Interrogation, manipulation et traitements thématiques des données ;
  - Étude des éléments localisés de l'environnement et des liens qui les unissent.
- **Une fonction d'AFFICHAGE :**  
Présentation des données traitées ou induites sous forme alphanumérique ou graphique.

## II.7 Avantages de l'utilisation des SIG :

Les données sont gardées sous forme physique (support magnétique)

- ❖ Les données peuvent être stockées et extraites à un faible coût ;
- ❖ L'accès aux données est facile ;
- ❖ Mesures sur les cartes, les superpositions, les transformations, la conception graphique ;
- ❖ Des tests analytiques de modèles à caractère géographique peuvent être réalisés et répétés facilement ;
- ❖ L'étude des changements (études diachroniques) intervenues entre plusieurs dates peuvent être facilement réalisés ;
- ❖ La conception graphique interactive et les traceurs automatisés peuvent être utilisés pour la conception et la production cartographique.



## II.8 Choix d'un GIS :

### Les principaux critères du choix d'un SIG sont:

1. Domaine d'application de l'utilisateur (réseau, gestion du territoire);
  2. Les fonctions d'acquisition des données (Vectorisation...);
  3. Les fonctions d'analyse spatiales (types et performances);
  4. Qualité de la visualisation graphique;
  5. Qualité d'édition;
  6. Interopérabilité (Possibilité d'échanger des données avec d'autres systèmes);
  7. Ouverture vers d'autres technologies (Réseau local, Web);
  8. Possibilités de connecter des Bases de Données;
  9. Précision de mesure, outil géométriques, transformation de coordonnées;
  10. Personnalisation;
  11. Compatibilité, stabilité et sécurité;
- ...

## II.9 Les Apports d'un SIG :

1. Exécution des requêtes et analyse géographique
  - économie d'argent
  - gain du temps
  - sécurité de l'information
2. Amélioration de l'organisation par une plus grande fédération de l'information.  
-gestion de nos propres ressources.
3. Prendre plus rapidement la meilleure décision.
4. Produire des cartes (thématiques), plans et dossiers d'objectifs.
5. Donner une dimension géographique au système d'information de l'entreprise.
  - mise en évidence de certains phénomènes
  - comparaison à différentes époques
  - simulation d'hypothèses.



## Chapitre –III- : Concepts Des Systèmes D'informations Géographiques

### III. INTRODUCTION :

Un SIG s'appuie sur un modèle d'informations géographiques basé sur des couches (« couche d'informations spatiale » et en « données alphanumériques » constituant une base de données) organisées de façon cohérente pour caractériser et décrire le monde.

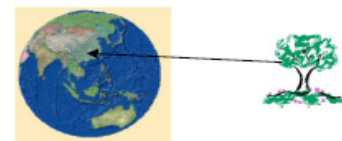
Donc l'objectif à savoir est :

- ✓ La localisation des objets dessinés (exemple : coordonnées des ouvrages ou de surveillance (forages, puits, sources..)) ;
- ✓ Les relations spatiales entre objets dessinés ( exemple : liens entre forages et courbes piézométriques, etc..) ;
- ✓ L'assignation (ou détermination) des caractéristiques des objets dessinés (exemple un forage dispose de débits, diamètre, niveaux piézométriques, profondeurs, etc.)

#### III.1 L'information géographique (IG) :

L'information géographique est la représentation d'un objet ou d'un phénomène réel, localisé dans l'espace à un moment donné ayant une référence spatiale soit sous forme de :

- ✓ 1. Coordonnées géographiques
- ✓ 2. Nom de lieu
- ✓ 3. L'adresse postale ou autre.



Matière première d'un SIG.

##### III.1.1 Types d'information :

Un système d'informations géographiques englobe deux types d'information. à savoir :

- L'information graphique (donnée géométrique ou spatiale).sous forme d'objets dessinés) ;
- L'information attributaire (donnée descriptive ou sémantique). Sous forme de tableaux).

### a. L'information graphique (géométrique ou spatiale) :

L'information graphique décrit l'emplacement absolu et relatif des objets graphiques ainsi que leurs relations ;

#### Exemple:

Dessin : carte piézométrique comportant (Figure II-01) :

- Les forages (points) ;
- Les courbes piézométriques (des lignes) ;
- Les communes de Mascara (des surfaces).

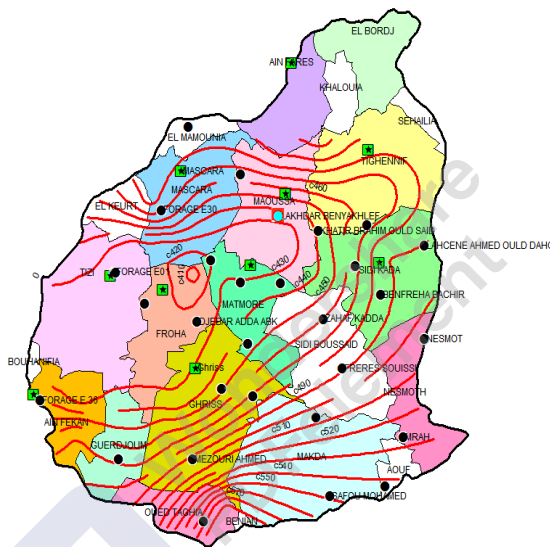


Figure III-01- Exemple L'Information Graphique

### b. L'information attributaire (descriptives ou sémantiques) :

L'information attributaire décrit les caractéristiques quantitatives et/ou qualitatives des objets graphiques.

Exemple : caractéristiques des forages, représentées dans un tableau :

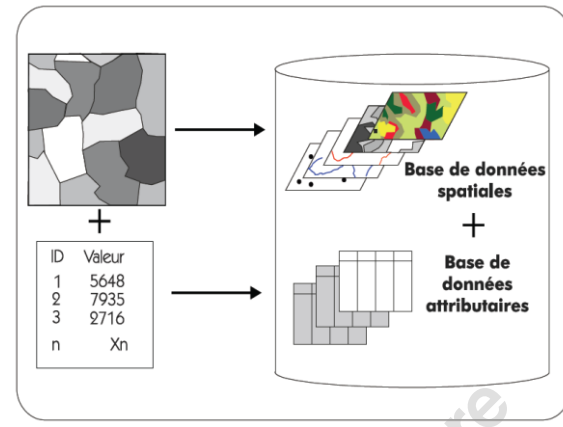
Nom du Forage	Coord_X	Coord_Y	Résidu sec g/l	Profondeur	Débit (l/s)	Usage
Forage 01	261.700	228.250	1.25	264	23	AGR
Forage 08	263.525	230.750	1.06	273	17	AGR
Forage 40	261.500	228.500	1.75	276	15	IND
Forage 27	263.300	231.850	1.42	150	7	AEP
Forage 30	266.000	266.300	0.98	200	11	IND
Forage 29	261.650	261.500	1.56	250	12	AEP

Caractéristiques qualitatives

Caractéristiques quantitatives

**Conclusion :** Dans un SIG les informations numériques sont stockées dans une Base de données géographiques. Elle s'établit sous deux formes :

- Base de données spatiales (BDS) ;
- Base de données attributaires (BDA).



## Chapitre -IV- Concepts Liés À L'information Attributaire

### IV. Introduction

La gestion des informations attributaires (caractéristiques — tableau) s'effectue à l'aide d'un système de gestion de base de données (SGBD).

#### IV.1 Système de Gestion de Bases de données (SGBD)

Une base de données est un ensemble de données quantitatives et/ou qualitatives réparties dans des fichiers.

Les objectifs d'un S.G.B.D sont les suivants :

- Manipulation des données par les non informaticiens
- Accès efficace (rapide) aux données ;
- Non redondance (non répétition) des données. assurant une meilleure cohérence
- Partageabilité des données entre différents utilisateurs ;
- Confidentialité et la sécurité des données en limitant les droits d'accès.

#### IV.2 . Modèles de SGBD

La manière dont les fichiers sont organisés permet de classer les systèmes de gestion de base de données (S.G.B.D) selon trois modèles fréquemment utilisés :

- Modèle Hiérarchique ;
- Modèle Réseau ;
- Modèle Relationnel.

##### a. Modèle hiérarchique

Dans le modèle hiérarchique. les données sont représentées par des ensembles d'enregistrements associés par des relations (appelées liens), organisées de façon arborescente. L'ensemble des données est constitué d'arbres de données.

Malgré son avantage (rapidité d'accès aux données), le modèle hiérarchique présente quelques inconvénients. à savoir :

- Un volume important de données entraîne une base très complexe ;
- Les duplications constituent des sources de difficultés lors des mises à jour.

##### b. Modèle réseau

Les modèles réseaux sont basés sur l'établissement, de liens multiples entre fichiers sans structure d'arborescence.

Dans ce modèle, la mise à jour des données implique une réorganisation (ou restructuration) de la base de données, entraînant une rigidité du système, et conférant un inconvénient majeur au modèle réseau.

### c. Modèle relationnel

Les modèles relationnels sont basés sur la manipulation de fichiers indépendants, appelés tables. Ces fichiers peuvent être reliés à travers des liens implicites.

Les données sont organisées sous forme de tableaux (ou tables) dont les lignes sont des enregistrements et les colonnes des attributs (ou champs).

Généralement, la colonne commune représente un numéro d'identification pour une caractéristique géographique sélectionnée.

Ce numéro d'identification opère comme une clé primaire dans le tableau.

La possibilité de jonction (relation) entre les fichiers (tableaux) par utilisation d'une colonne commune est la base essentielle du modèle relationnel (relation à travers la clé).

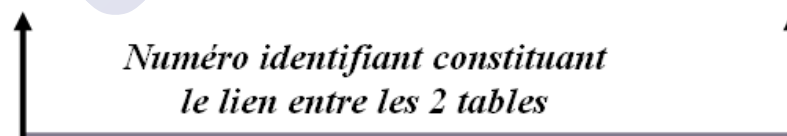
Exemple : caractéristiques des forages

**Table n° 1 : Caractéristiques  
Topographiques**

1 Numéro forage	Coord. X En km	Coord. Y En km	Coord. Z En m
01	203,800	185,700	345
02	240,00	216,200	367

**Table n° 2 : Caractéristiques  
Hydrogéologiques**

Numéro du forage	Niveau Piézo. H	Débit En L/s
01	320	20
02	342	35



### Conclusion

Le modèle relationnel s'adapte très bien à la gestion des données relatives aux Sciences de l'eau (ressources en eau, AEP, etc.). Ce modèle présente les avantages suivants :

- La simplicité dans l'organisation des données ;
- La flexibilité des données permettant une utilisation facile ;
- L'efficacité de stockage (les données superflues peuvent être minimisées).

## Chapitre -V- Concepts Lies à L'information Géographique

### V. Introduction :

Il existe deux approches fondamentales pour la représentation de l'information graphique, à savoir (Fig. V-01) :

- Le mode Raster (maillé).
- Le mode Vectoriel.

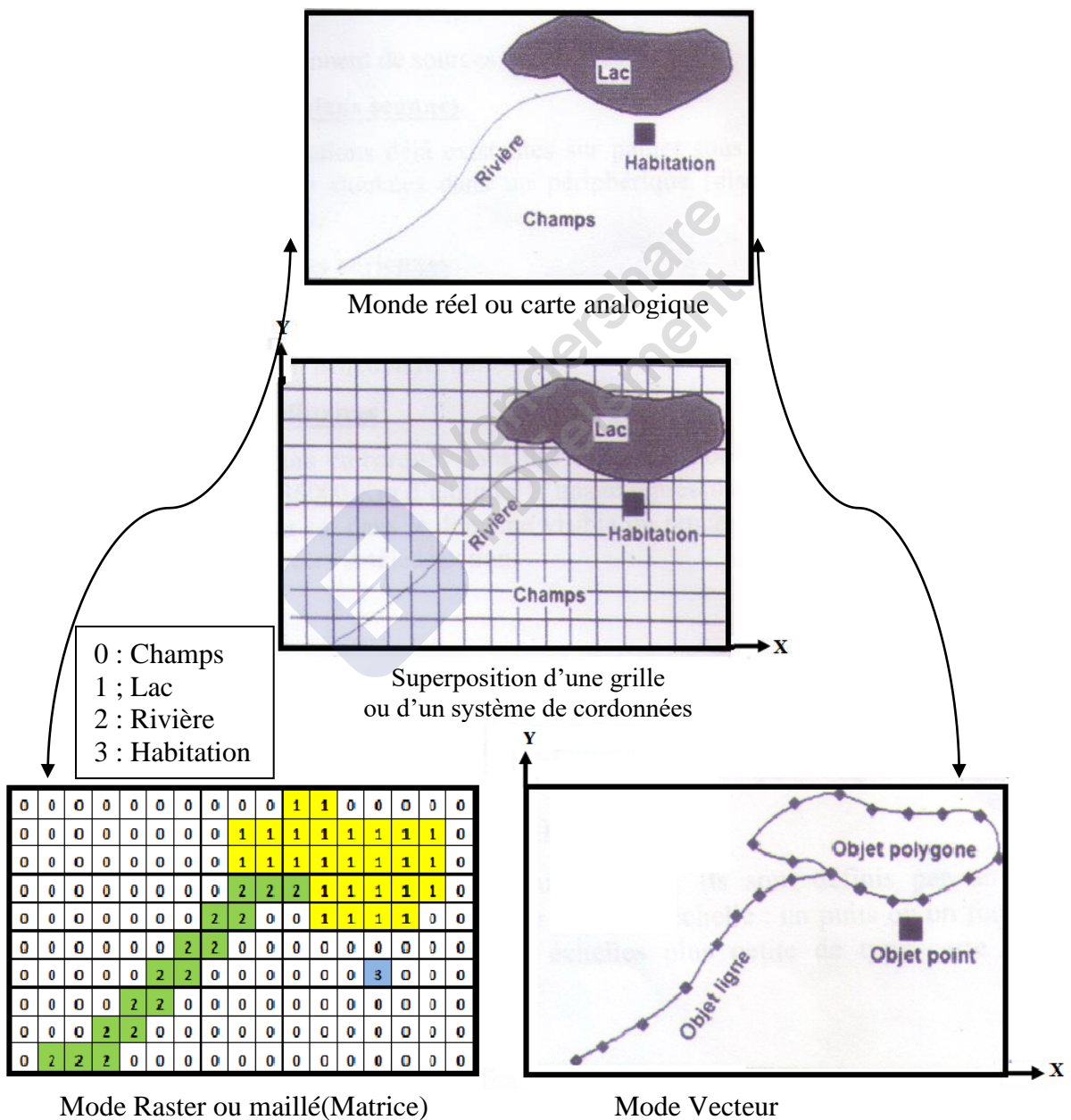


Figure V- 1 : La représentation du mode Raster et du mode Vecteur

## V.1 Le Monde Raster:

Le mode Raster (maillé) correspond à une division régulière de l'espace sous forme de cellules carrés ou rectangulaires (appelées pixels).

Chaque pixel est défini par une couleur, un numéro de ligne et un numéro de colonne. La taille (dimensions) des cellules est appelée résolution. Elle conditionne la précision de l'image.

Le mode raster est lié à la notion d'image comportant plusieurs pixels.

Les images Raster occupent un volume très important dans un périphérique de stockage (place mémoire). Elles peuvent être utilisées comme fond de plan : Carte topographique, carte géologique, etc....

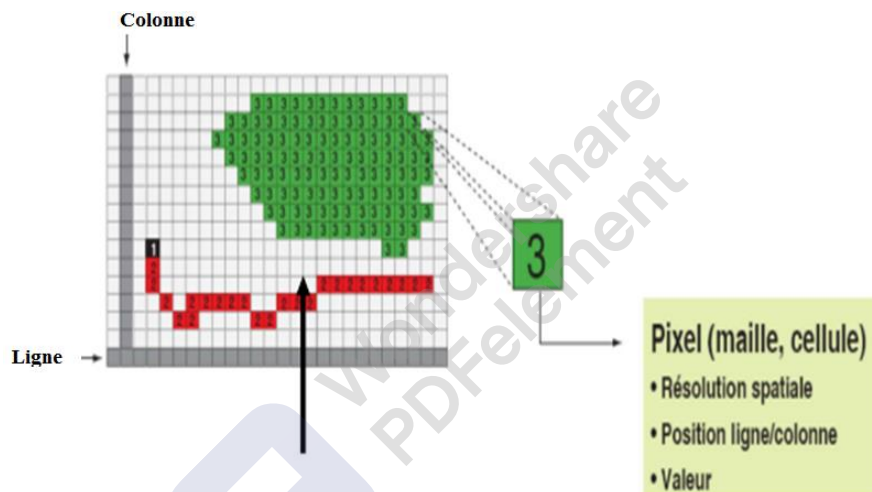


Figure (V-02) : Chaque Pixel (Carré) possède des information Numérique liées aux caractéristique d'un Objet

Les images Raster proviennent de sources différentes telles :

- **Les cartes et les plans scannés**

Il s'agit d'informations déjà existantes sur papier sous forme de cartes puis scannées pour pouvoir être stockées dans un périphérique (disque dur, flash disque, etc.) et utilisés par la suite.





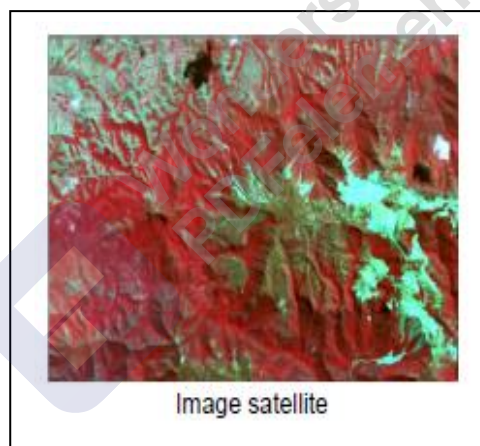
- **Les photographies aériennes**

La photo est la base de nombreuses données géographiques. Il est possible d'avoir de nombreux détails de la surface de la terre à partir d'appareil photo ou de camera aéroportée (avion, hélicoptère, ballon...).



- **Les images satellitaires**

Issues de capteurs embarqués dans des satellites d'observation placés sur des orbites allant de 500 à 36000 Km d'altitude. L'image représente le rayonnement solaire réfléchi par les objets au sol dans le domaine visible ou proche infra-rouge. Elle doit subir des traitements à travers la télédétection. .

**Avantages:**

- Facilité d'utilisation : car les données sont stockées sous forme de matrices et sont de ce fait faciles à manipuler par ordinateur.
- Le croisement des données est facile à réaliser, puisque toutes les données sont ramenées à la même unité de base, la cellule (ou pixel dans l'image).
- Il se prête bien à certains types de traitements numériques car chaque pixel contient une valeur numérique (ex : classification supervisée).

**Inconvénients:**

- Fichier lourd en mémoire,
- Manque de précision (lié à la taille du pixel),
- Qualité médiocre des documents à l'impression,



- Pas d'individualisation des objets.

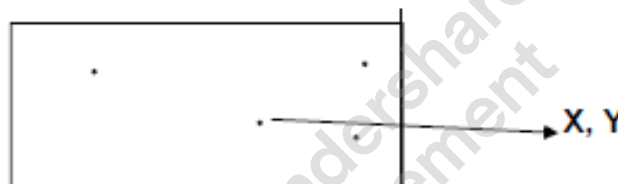
## V.2 Le Mode vecteur :

Le mode vecteur permet la représentation des objets dans un espace continu, rattaché à un système de coordonnées.

L'information géographique est représentée par des figures géométriques. Tout objet dessin peut-être représenté par l'une des trois entités géométriques : point, ligne ou surface :

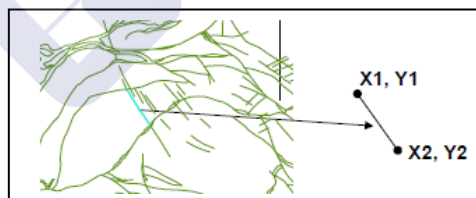
### a. Les objets ponctuels (points ou symboles)

Ce sont des objets géométriques les plus simples. Ils sont définis par un couple de coordonnées (x, y). Ils peuvent représenter à grande échelle : un puits ou un forage comme ils peuvent représenter une ville à des échelles plus petite de type carte routière au 1/100000<sup>ème</sup> par exemple.



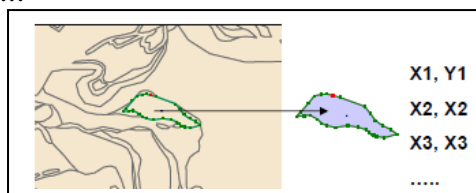
### b. Les objets linéaires (lignes ou polygones)

Ils sont constitués d'une série de segments de droite constituant un arc terminé à ses deux extrémités par des nœuds. Ils représentent généralement des réseaux hydrographiques, des courbes piézométriques, des courbes de niveaux, etc.



### c. Les objets surfaciques (surfaces ou polygones)

Ils sont définis par un ensemble de segments de droite de paires de coordonnées clôturées ; Les objets surfaciques sont constitués par des polygones. Ils représentent une entité géographique comme un affleurement géologique, un lac, une zone urbaine. Etc. ...



**Avantages:**

Donne une représentation très conforme à la réalité;

- La localisation et les dimensions des objets sont calculés avec précision;
- On peut individualiser les objets, donc leur attacher des attributs;
- Le volume du fichier est réduit.

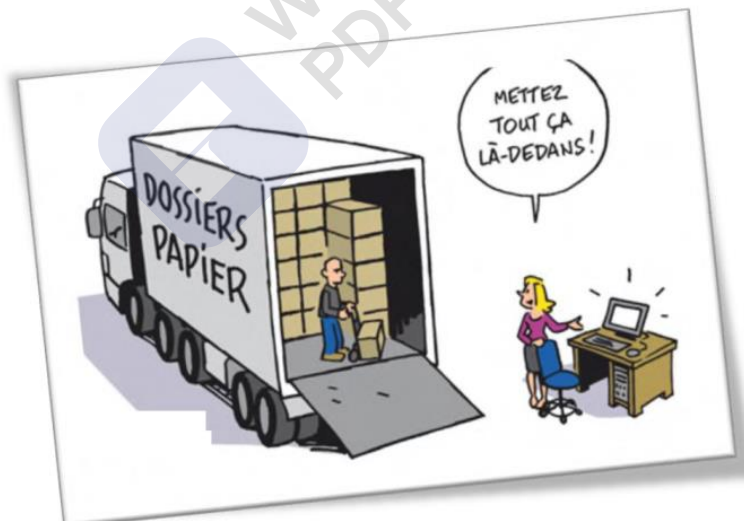
**Inconvénients**

- Les croisements de couches d'information sont délicats et nécessitent une topologie parfaite : des erreurs (comme un polygone mal fermé), peuvent poser un problème.
- L'état topologique est statique et demande une remise à jour fréquente,
- Les algorithmes nécessaires pour les analyses sont complexes et demandent des capacités de calcul importantes;
- Certaines données ne peuvent pas être représentées correctement dans ce mode comme le relief.



## 2ème Partie : Travaux pratiques : MANIPULATIONS DU LOGICIEL MAPINFO

Le but de cette partie est de vous familiariser avec l'interface de ce logiciel et d'apprendre les principales fonctions de base. Parcourez librement les menus et, puis on passe à la manipulation. (elle vous sera plus utile par la suite comme "guide rapide" à MapInfo)



## TPN°01 : Présentation Générale Du Logiciel Mapinfo

**M**apInfo est un logiciel SIG puissant qui permet à l'utilisateur de visualiser et d'analyser de manière conviviale les relations entre les données et l'information spatiale en format numérique, créé en 1980 au États-Unis.

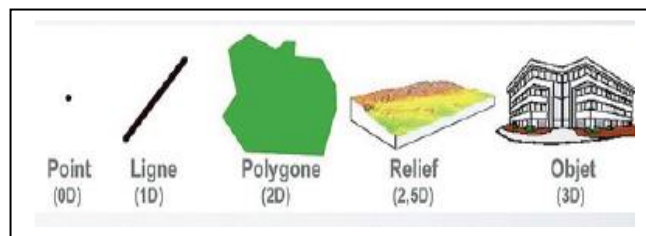


MapInfo est un logiciel qui va vous permettre de :

- Gérer les données géographiques disponibles ;
  - Représenter ces données sur des cartes, quel que soit le format dans lequel elles sont stockées, et de diffuser ces cartes ;
  - créer et exploiter vos propres données géographiques ;
  - Accès aux bases de données externes (Access, Excel, Oracle, SQL server, ..) ;
  - Echange de données avec les autres SIG (Arc Gis, Arc Info, ) et les logiciels de(CAO/DAO), tel que « AUTO CAD » ;
  - Son langage de requête qui permet de mixer les entrées graphiques et non graphiques ;
  - Personnalisation avec MapBasic.
- 
- **MapInfo** : est un logiciel qui structure les informations géographiques en couches sous format vectoriel et raster, appelées tables.

Objets de plusieurs dimensions :

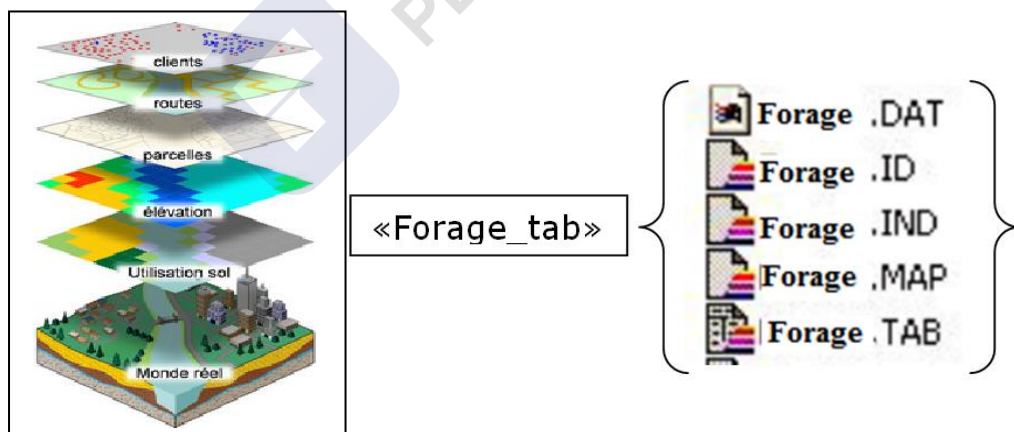
- 0D : le point
- 1D : la ligne
- 2D : le polygone
- 2,5D : le relief
- 3D : l'objet



Chaque table est un groupe de fichiers manipulés ensemble par le logiciel (une table et comprend 5 fichiers en moyenne).

- **.tab** : est un fichier texte qui décrit la structure de la table. C'est toujours un petit fichier en terme de taille.
- **.dat** : est un fichier qui contient les données attributaires de la table. Sa taille est donc proportionnelle au nombre d'enregistrements dans la table et à la taille, en octet, d'un enregistrement.
- **.map** : est un fichier qui contient l'information géométrique de la table (les données cartographiques).
- **.id** : est le fichier qui va faire correspondre les parties alphanumériques et géométriques des objets (= identifiant entre les objets graphiques et les données attributaires).
- **.ind** : est un fichier d'index alpha numériques sur une colonne pour la recherche et le géocodage. Il peut y avoir plusieurs colonnes indexées dans une table.
- **.mif et .mid** seront examinés pour « L'export et l'import de l'information ».

Ces **cinq** fichiers représentent une seule couche : Exemple la couche Forage



Il est nécessaire d'avoir ces **5** fichiers pour pouvoir lire la couche «Forage\_tab» dans MapInfo, mais seul le fichier .tab sera visible dans MapInfo

- **Attention** : ce bloc de fichiers est indissociable ; si l'on doit renommer ou déplacer les fichiers il faut le faire pour tout le bloc.

## MapInfo est organisé en fenêtres

1. la fenêtre «Données» pour visualiser les informations attributaires,
2. la fenêtre «Carte» pour visualiser une ou plusieurs couches géographiques,
3. la fenêtre «Mise en page» pour les impressions et
4. la fenêtre «Graphique» pour représenter les données sous forme d'histogrammes ou de camemberts.



## TP N° 02 : Environnement de Travail de MapInfo

**Le But :** Le but de ce deuxième TP est de se familiariser avec l'interface du logiciel MapInfo et d'apprendre les principales fonctions de base.

MapInfo possède une interface assez basique. Il est classiquement composé de cinq **barres** (Fig. TP02-1).

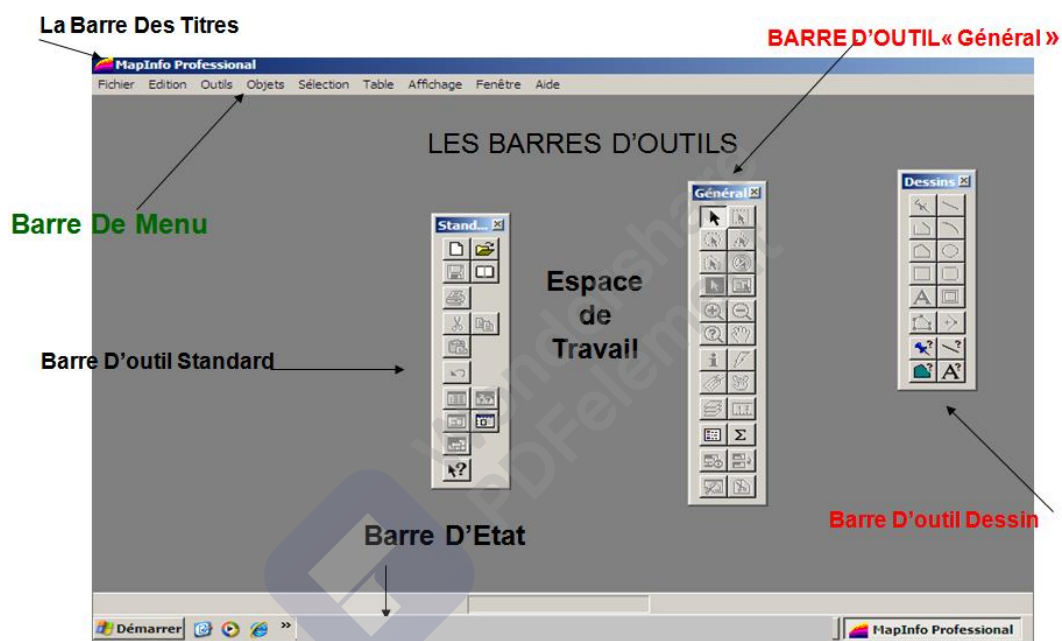


Figure TP N° 02-1 : L'Interface du logiciel MapInfo

**1- La barre des titres :** La barre des titres de MapInfo ressemble à celles des programmes Windows, elle contient le titre du logiciel (MapInfo) et le nom de la table activée.



**2-Barre des menus :** Sont, essentiellement au nombre de neuf, ils sont composés chacun par un ensemble de sous menus c'est-à-dire de la barre des menus que l'on accède à la plupart des fonctions de MapInfo. Ces menus sont : Fichier, Edition, Outils, Objet, Sélection, Table, Options, Fenêtre et aide.

Fichier Edition Outils Objets Sélection Table Options Fenêtre Aide

**Fichier** : Ouverture, fermeture, enregistrement, impression... ;

**Edition** : Fonctions d'édition (annuler, couper, copier, coller, effacer...) ;

**Outils** : Modules complémentaires du logiciel (.MBX) [Fonction « **Exécuter** »] et outils MapBasic ;

**Objets** : Opérations de transformations des objets géographiques sélectionnés (assemblage, découpage, suppression...) ;

**Sélection** : Opérations et requêtes attributaires simples ou complexes, fonctions de recherche et statistiques ;

**Table** : Opérations de transformation d'une couche d'information (gestion, modification, mise à jour de structure...) ;

**Options** : Options d'affichage des styles (lignes, polygones, symboles, textes) et d'outils (légende, statistiques, palette de couleurs...) ;


















**Fenêtre** : Fonctions de visualisation des fenêtres (données, carte, graphique, mise en page, sectorisation) ;

**Aide** : Contenant toutes les informations utiles qui manquent dans ce document.

**Barres d'outils** : permettent de réaliser les actions plus spécifiques aux besoins. Les principales barres d'outils sont :

**La Barre d'outils « STANDARD »** : Contient les outils correspondant aux fonctions les plus courantes des menus : Fichier, Edition, Copier, Coller .....



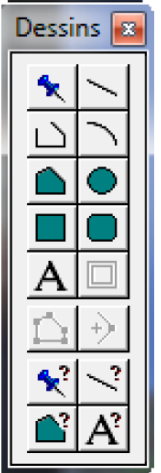
















	Nouvelle Table (CTRL+N)		Coller (CTRL+V)
	Ouvrir (CTRL+O)		Annuler (CTRL+Z)
	Ouvrir WMS		Nouvelles Fenêtres « Données »
	Ouvrir une table WFS		Nouvelle Fenêtre « Carte »
	Enregistrer Table (CTRL+E)		Nouvelle Fenêtre « Graphique »
	Ouvrir un document		Nouvelle Fenêtre « Mise en page »
	Imprimer (CTRL+P)		Sectorisation
	Couper (CTRL+X)		Aide
	Copier (CTRL+C)		



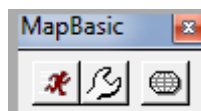
**La Barre d'outils « GENERAL » :** Cette barre est utile pour naviguer sur une fenêtre carte et pour y afficher les informations (déplacement, zoom, contrôle de couches...)

	 <b>Sélection d'objets dans les fenêtres</b> Outil pointeur et curseur par défaut	 <b>Sélection par Rectangle</b> Sélection d'objets dans un rectangle
	 <b>Sélection par Distance</b> Sélection d'objets dans un cercle	 <b>Sélection par Polygone</b> Sélection d'objets dans un polygone
	 <b>Sélection par Forme Libre</b> Sélection d'objets dans une forme quelconque	 <b>Tout désélectionner</b> dans la sélection courante
	 <b>Inverser la sélection</b> courante	 <b>Sélection dans un graphique</b>
	 <b>Zoom avant</b> (PAVNUM+ ou Scroll souris)	 <b>Zoom arrière</b> (PAVNUM- ou Scroll souris)
	 <b>Zoom</b> Afficher fenêtre Zoom	 <b>Déplacements</b> (Flèches directionnelles)
	 <b>Informations</b> Visualiser les données associées à un objet	 <b>Hotlink</b> Ouvrir un fichier ou une URL associé à un objet
	 <b>Etiquettes</b> Affecter aux objets un libellé extrait de la BD	 <b>Dupliquer Fenêtre Carte</b> au sein de MIP o dans une application OLE (Word, Excel...)
	 <b>Contrôle des Couches</b> Organisation et propriétés des tables	 <b>Distance</b> Déterminer la distance entre deux points
	 <b>Légende</b> Afficher la légende associée à la carte	 <b>Statistiques</b> Afficher la fenêtre stats des objets sélectionnés
	 <b>Définir Secteur Cible</b> d'un objet sélectionné comme nouveau secteur cible	 <b>Affecter Sélection</b> Affecter la sélection au secteur cible
	 <b>Activer / Désactiver Pochoir</b> Visualiser la carte intégralement ou non	 <b>Définir Pochoir</b> Pochoir de visualisation de la carte active

**La Barre d'outils « DESSINS » :** Contient des outils de création d'une nouvelle couche ( table ) et de modification d'objets tels que : Ajouter un arc de cercle, créer une ellipse....

	 <b>Symbole</b> Placer des symboles ponctuels sur la carte	 <b>Ligne</b> Tracer des lignes droites
	 <b>Polyligne</b> Tracer des polylignes	 <b>Arc de cercle</b> Tracer un arc de cercle
	 <b>Polygone</b> Tracer des polygones	 <b>Ellipse</b> Tracer des ellipses ou des cercles (SHIFT)
	 <b>Rectangle</b> Tracer des rectangles ou des carrés (SHIFT)	 <b>Rectangle arrondi</b> Tracer des rectangles ou des carrés arrondis
	 <b>Texte</b> Outil texte (titre, libellés...)	 <b>Cadre</b> Créer des cadres
	 <b>Modifier Objets</b> Activer/désactiver la modification des formes Ajout/suppression de nœuds aux polygones, lignes et polylignes	 <b>Ajouter Nœud</b> Ajouter des nœuds à des polygones, lignes ou polylignes lorsque le mode « Modifier Objets » est activé
	 <b>Style Symbole</b> Modifier style, couleur, taille du symbole	 <b>Style ligne</b> Modifier style, couleur, épaisseur de la ligne
	 <b>Style Polygone</b> Modifier style, couleur, épaisseur du polygone	 <b>Style Texte</b> Modifier style, couleur, fond du texte

**MapBasic :** Est un langage de programmation utilisé pour la création d'outils et de fonctionnalités pour la suite du logiciel (SIG) MapInfo.



## Vertical Mapper : Analyse des données continues dans l'espace et visualisations 3D



### Les affichages des barres d'outils :

On clique sur **Option** puis sur **barres d'outils** (Fig. TP N°02-2-a)

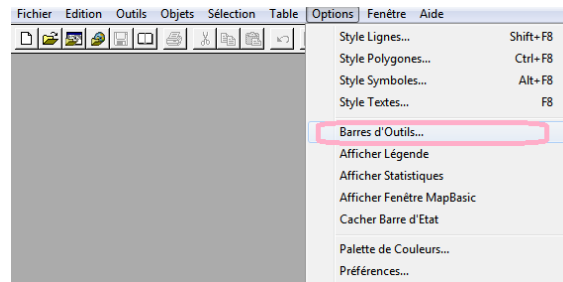


Figure TP N°02-2-a : Les affichages des barres d'outils

La boîte de dialogue affichage barre d'outils s'affiche, cochez les barres d'outils que vous voulez afficher, vous pouvez également les rendre flottantes. Cochez la case enregistrer par défaut pour afficher les barres d'outils dans la configuration choisie (**Figure TPN°02-1-b**)

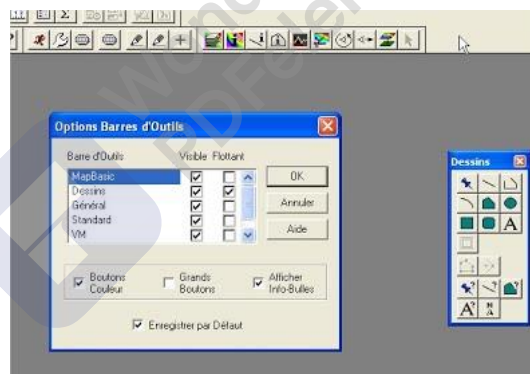


Figure TP N°02-1-b : Les affichages des barres d'outils

### CONSEIL :

Il est possible à tout moment d'ancrer, c'est-à-dire de fixer les différentes barres d'outils au lieu qu'elles soient flottantes. Pour cela, il faut maintenir le clic gauche enfoncé sur la barre d'outils sélectionnée et la faire glisser jusqu'au niveau de la **Barre des Menus**. Il est possible de faire la manipulation inverse pour rendre les barres d'outils **flottantes** (**Figure TP N°02-3**).

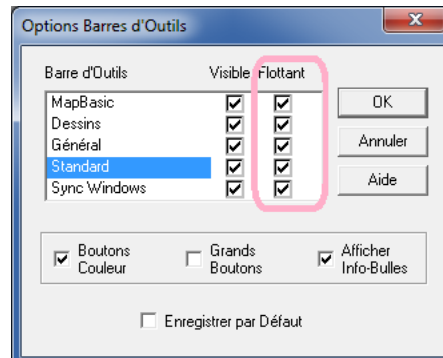
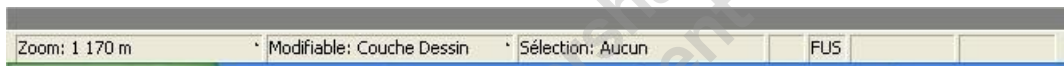


Figure TP N°02-3 :barres d'outils flottantes

### La fenêtre graphique :

C'est l'espace de travail de MapInfo dans le quel sont affichées toutes les fenêtres activées.

### La barre d'état :



La Barre d'état est située en bas de la fenêtre, elle affiche les messages d'aide à l'utilisation de MapInfo et lorsqu'une fenêtre est active, elle indique les messages se rapportant à cette dernière. Vous pouvez même y apporter directement des modifications. Dans le **menu Options**, cliquez sur **Cacher/Afficher barre d'état** pour en contrôler l'affichage (Figure TP02-4).

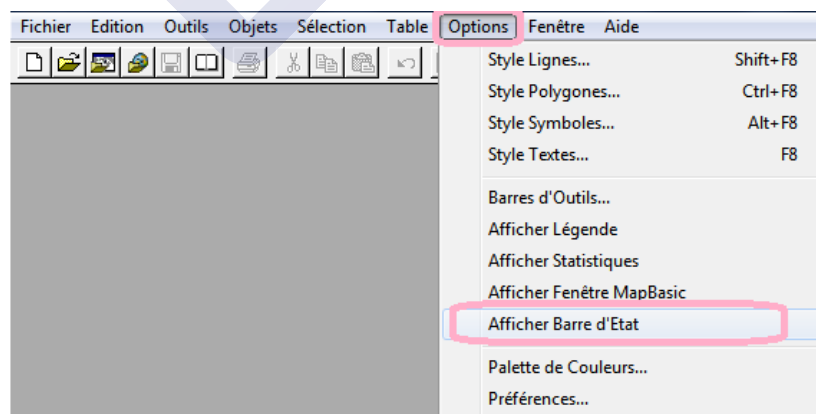


Figure TPN° 02-4 : Affichage de la barre d'état

### • Dans une fenêtre Carte, la barre d'état montre :

La couche modifiable ; Le niveau de zoom ; La sélection ; Le mode Fusion ; Le mode Digitalisation ; Le mode AUTOTRACE ; Le mode AUTONODE.



- **Dans une fenêtre Données, elle indique:** le nombre d'enregistrements affichés le nombre total d'enregistrements.
- **Dans une fenêtre Mise en page, la barre d'état montre :** le zoom, en pourcentage, de la taille réelle de la page.



## TP N°03 : Le Calage de la Carte Raster

**Le But** ; 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.

### Rappel :

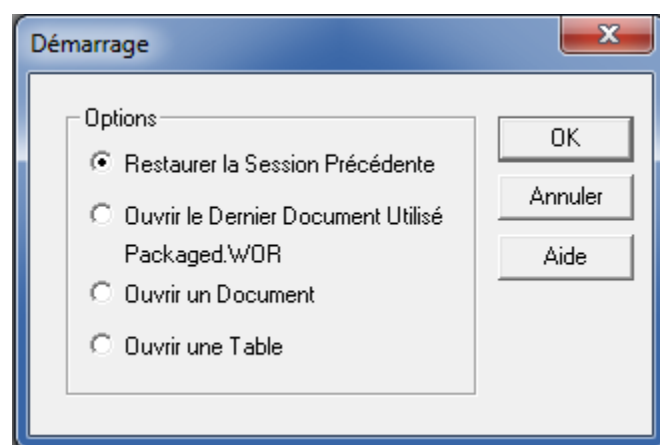
**Scannage:** on obtient une image raster qui servira de fond pour les "calques".

**Géoréférencer une carte :** Quel que soit le type de modélisation graphique choisi dans un SIG les données sont géoréférencées.

Géoréférencer signifie caler un objet au sein d'un repère géographique (X,Y,Z). Caler cette image consiste à donner à l'ordinateur les longitudes et latitudes de différents points pour les localiser dans l'espace. Une étape nécessaire avant tout travail sous SIG

Pour effectuer cette opération, on suit les étapes suivantes :

- 1-On clique sur L'icone du logiciel MapInfo ;
- 2- A l'ouverture du logiciel apparaît un écran Fig. (TP03-1) 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 Fig. (TP 02-1). Seuls apparaissent la barre de menu et deux menus flottants nommés « Général » et « Dessin ».



**Figure : TP N° 03-1 : La Fenêtre de démarrage.**

3- On ouvre un fichier raster (Fichier « Ouvrir »), Sélectionnez le fichier contenant l'image ciblée, n'oubliez pas de choisir le format de fichier image raster par divers extensions \*.tif ; \*.bmp ; \*.gif ; \*.tga ; \*.jpg) (Fig. TPN°03-2).

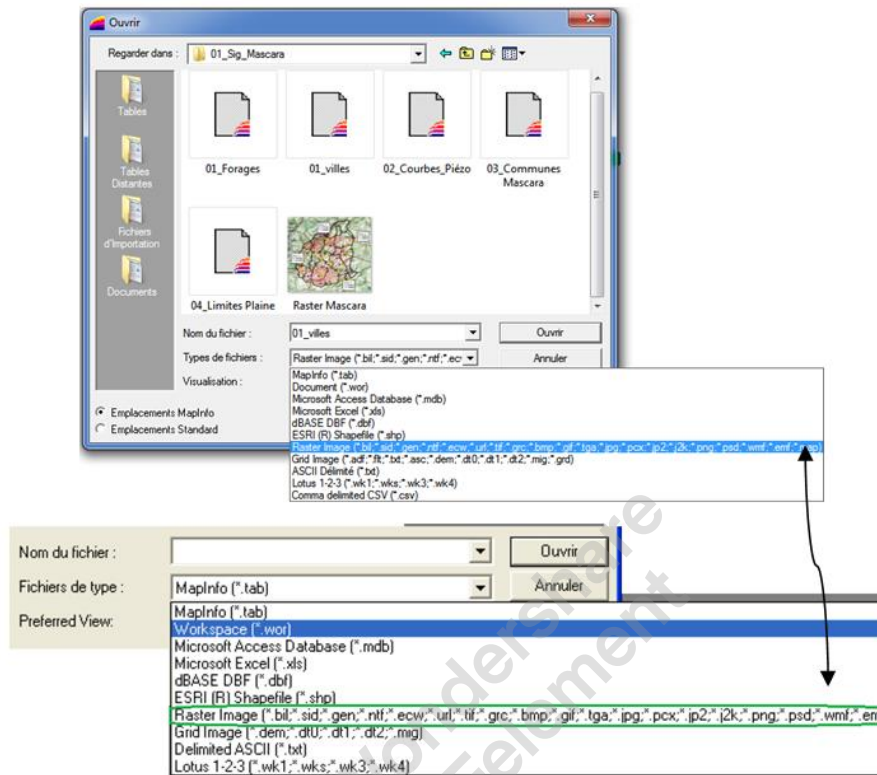


Figure TP N°03-2 : Le choix du l'image raster

4-Lors de l'ouverture, MapInfo demande si vous souhaitez afficher une image non calée (Figure TP N°03-3), cliquez calage.

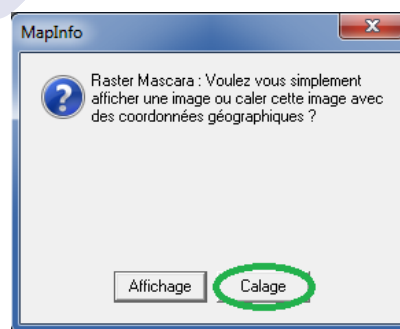


Figure TPN°03-3 : Fenêtre de calage.

5-La boîte de dialogue du calage de l'image apparaît (Figure TP04-4-a).

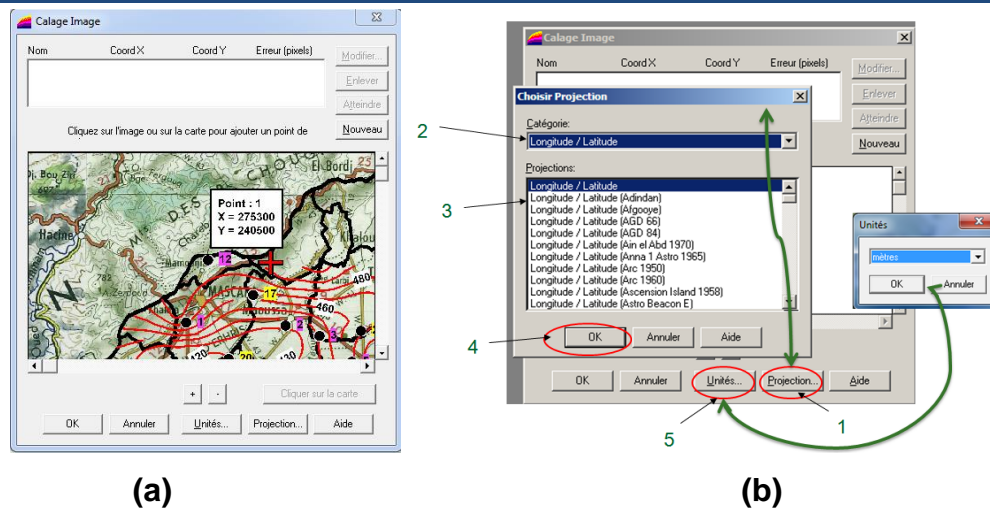


Figure TP N°03-4: Les étapes d'utiliser « la fenêtre de calage »

Avant de caler une image, il est nécessaire de vérifier 2 données fondamentales afin de pouvoir superposer différentes données :

- la « **Projection** »
- les « **Unités** »

6-Dans cette fenêtre (Fig TP03-4-b), définissez le type de projection de l'image à l'aide du bouton « Projection » (1,2,3,4), dans laquelle on va saisir les points de calage et l'unité de mesure (Mètre, degré...)

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

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

8- Pour chaque point, on clique sur « Nouveau » pour créer un nouvel emplacement à un nouveau point. L'opération d'introduction des coordonnées géographiques, un par un, de la même façon.

9-Une fois les 4 points de calage chargés, assurez-vous que Le pourcentage d' « **Erreurs (pixels)** » doit être le plus réduit possible pour obtenir un calage précis. Soit inférieure ou égale à 1 (Fig. TP N°03-5).

10- Une fois tous ces points indiqués, on clique sur le bouton OK (FigTP03-7) pour afficher l'image calée et on enregistre la table.

**Remarque:** Il faut noter que pour pouvoir afficher l'image raster calée on a besoin du fichier image source + le fichier « .tab » correspondant. En cas d'absence de l'un de ces deux fichiers la table ne peut pas s'ouvrir sous le logiciel MapInfo.



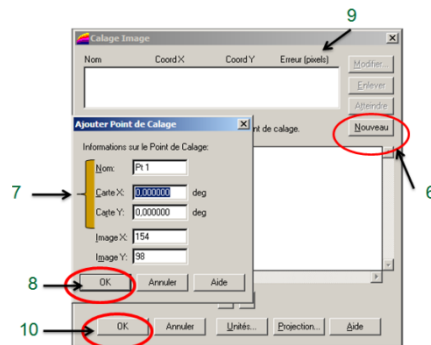


Figure TP N°03-5 :L'introduction des coordonnées des points de calage.

Pour vérifié utiliser l'outil « **Distance** » pour mesurer une distance sur un support géoréférencé, il est nécessaire de modifier la position du curseur (*Carte –Options*). Cocher « **Position du curseur** » (Fig. TP N°03-6).

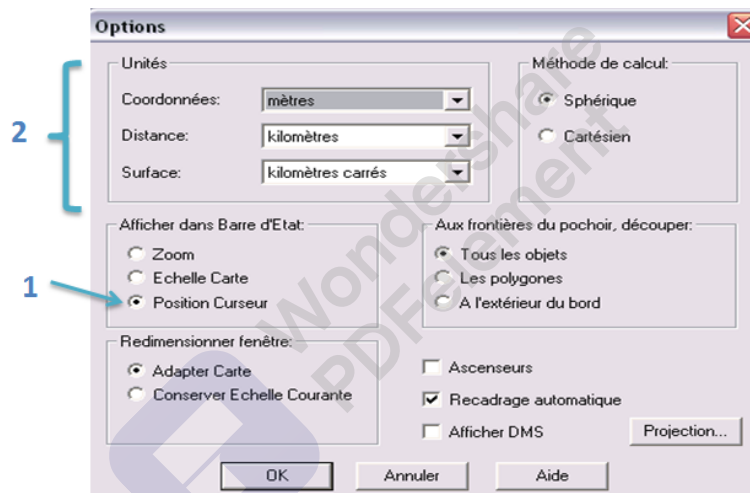


Figure TPN° 03-6 Fenêtre de la Position du curseur

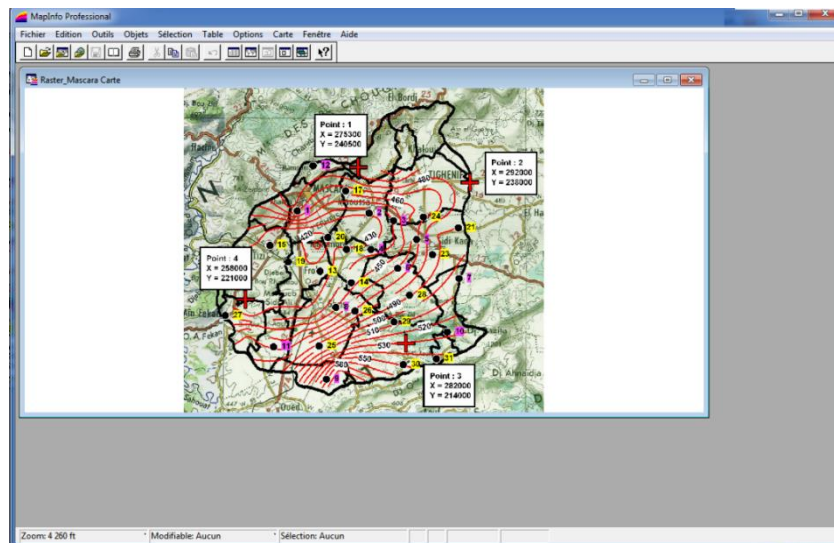


Figure TP N°03-7 : Affichage de l'image calée sous Logiciel MapInfo.



## TP 04 : La Création des couches

- **Le But** : L'objectif est comment créer une couche vectorielle sous MapInfo « Un affichage sous forme de couches d'information »

**Rappel** : Une couche géographique est constituée d'une base de données liée à des données géométriques.

Pour créer une nouvelle table (couche de dessin), La meilleure manière est de procéder les étapes suivantes:

- 1- « **Fichier /Nouvelle Table** » de la barre du menu principal (Figure TP04-1-a)

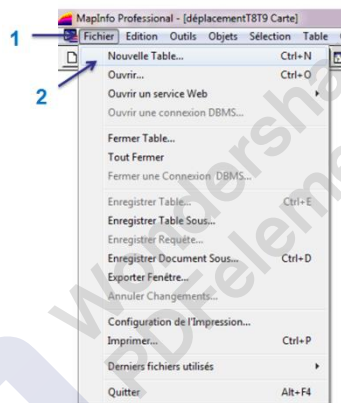


Figure TPN°04-1-a- créer une nouvelle table

- 2- Apparaît alors le menu de création de la structure de la nouvelle table donné dans la Fig. Tp04-b- qui suit, Cette structure peut être saisie entièrement, ou bien s'appuyer sur la structure d'une table existante ouverte(3) puis sur Créer(4)

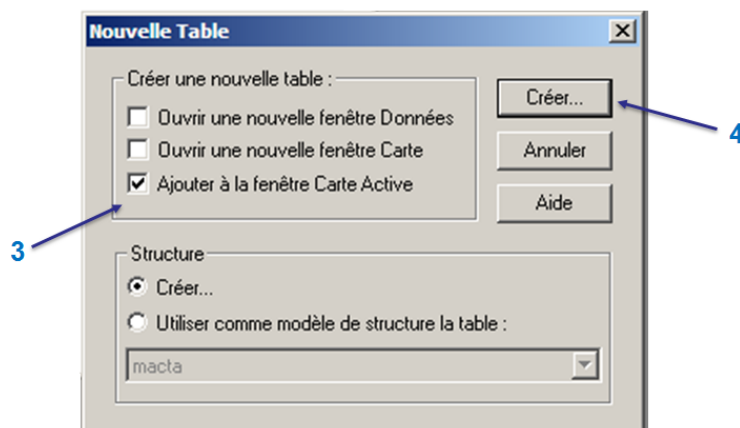


Figure TP N°04-1-b : créer une nouvelle table

3-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 (TP N°04-2)

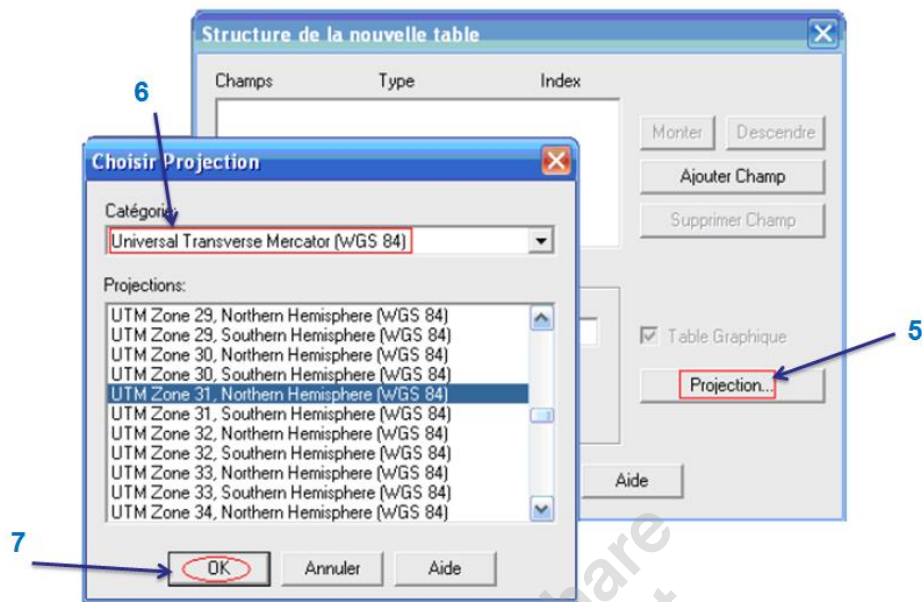


Figure TP N°04-2 : Le Choix de la projection

4-On clique sur « Ajouter à la fenêtre carte active » puis sur « Créer » Dès que la table est créée.

5-On définit ainsi, les données associées à cette couche (le nombre de champs et leurs caractéristiques) Fig. (TP N°04-3)

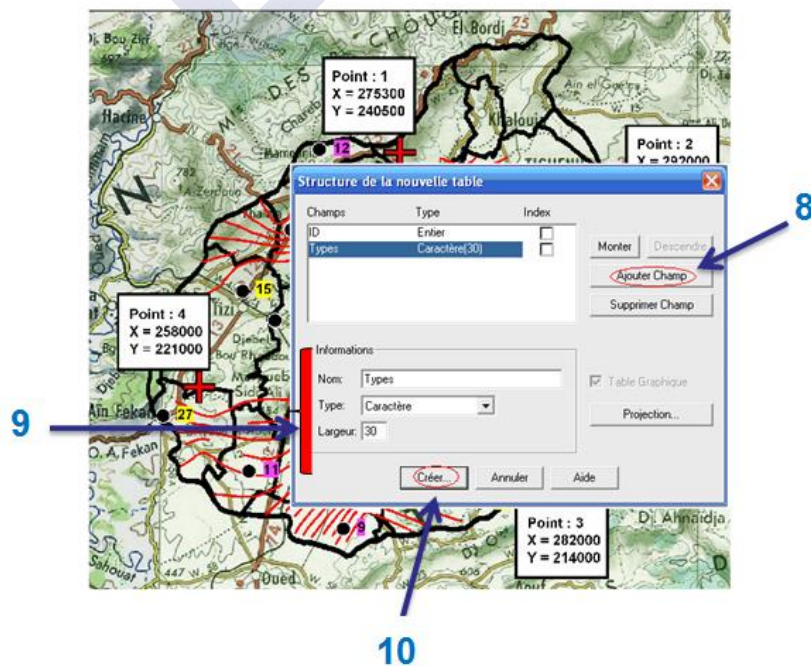
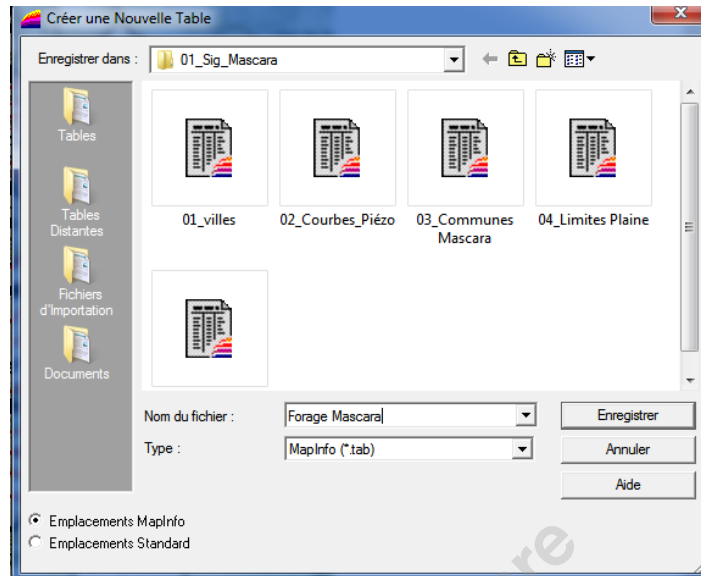


Figure TP N°04-3 : Définition de la structure de la table.

6- La nouvelle couche à créer est nommée « Forage Mascara »Figure (TP04-4).



TP N°04-4 : L'Enregistrée de la nouvelle couche.

7- Pour commencer la digitalisation, on utilise la carte calée ultérieurement comme fond, pour cela, on doit l'ouvrir et la superposer avec la couche «Exp Forage, », on utilisant la barre d'outils Dessins, on choisi le style et puis on fait l'implantation objet graphique. Exemple : Prendre l'outil *Symbole* pour tracer des les point des Forages Fig. (TP N°04-5).

8 - De la même manière on réalise la couche vectorielle polyligne « Exp couche Piézométrique » et la couche vectorielle polygone « Exp couche des communes ».

**Remarque :** Toujours resélectionner la 'flèche' de la barre 'Général' après avoir utilisé un autre bouton pour éviter de dessiner des objets sans s'en rendre compte.

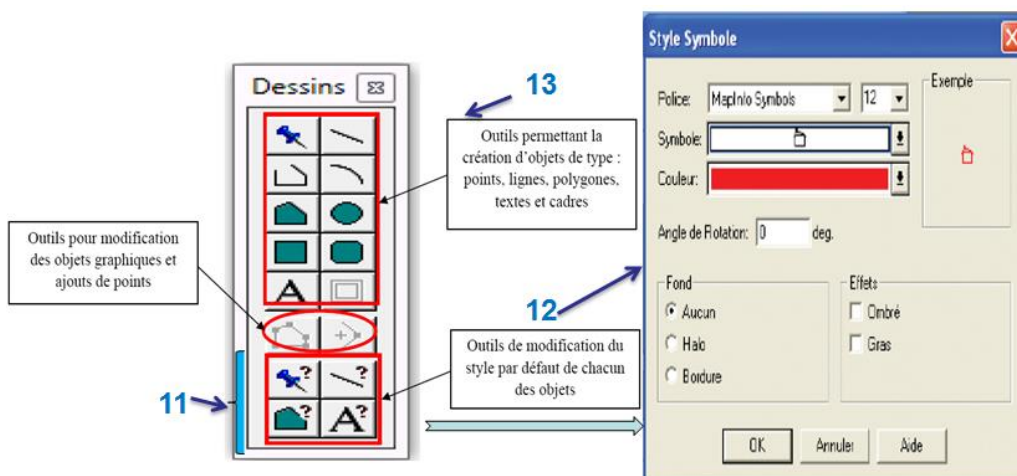


Figure (TP04-5) : Création d'objets graphique

8- Identification de chaque objet, Cliquez sur le bouton **Information** dans la barre d'outils **Général**, puis cliquez sur l'Objet puis remplissez les informations de la couche Figure (TP N°04-6).

**Attention :**

A chaque table correspond un type de données.

9- Renseigner les données créées en saisissant les informations dans la fenêtre « **Carte** »



Figure TPN°04-6 : Identification des Objets

**Remarque :**

- La géométrie d'un objet peut être modifiée uniquement en mode fusion.
- Pour passer en mode FUSION activée ou désactivée il suffit de cliquer sur la touche « F » du clavier.
- Quand le mode Fusion est actif l'acronyme « FUS » est indiqué en bas de fenêtre du logiciel MapInfo comme indiqué sur la figure (T04-7)



Figure (TP N°04-7) Modification des objets graphiquement

9-Enregistrer la table Fig. (TP N°04-8)

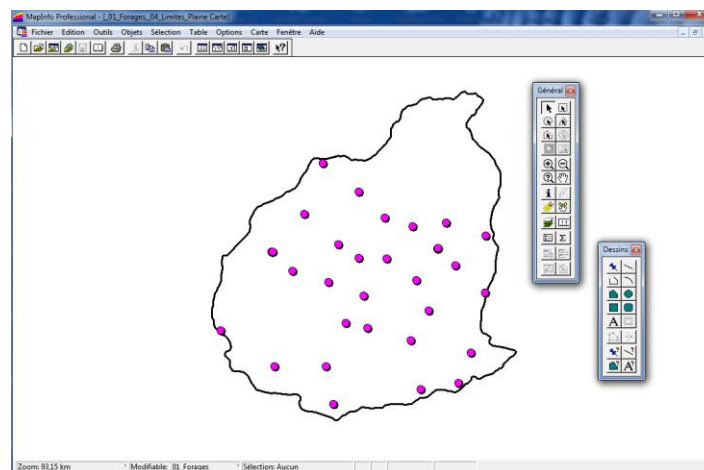


Figure TPN° 04-8 : La couche Forage avec la limite de la plaine de Mascara.

## TP N°05 : Visualiser les données tabulaires associées à la carte

Pour visualiser les données associées à la carte.

1-sélectionnez le menu « Fenêtre/Données », ou par raccourci « F2 » (Fig. TPN°05-1).

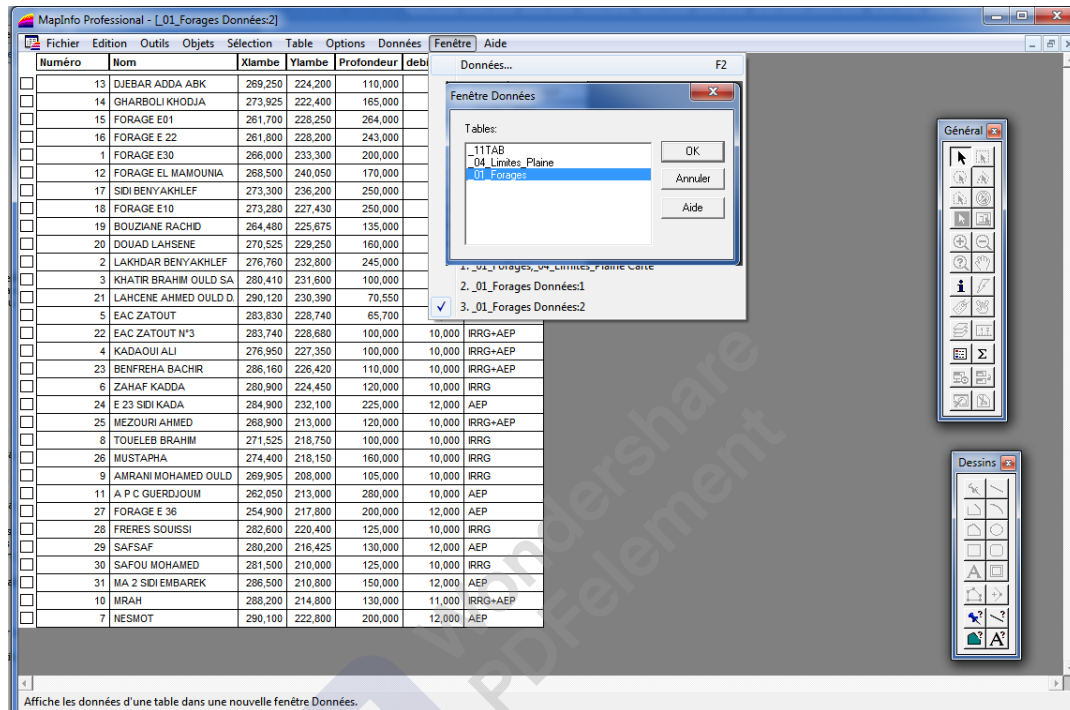


Figure TPN°05-1- visualiser les données associées à la carte

2- Les données graphiques et tabulaires sont liées : Grace à la Fenêtre Mosaique Sélectionner un objet sur la carte ou sur la table de « données » revient au même.

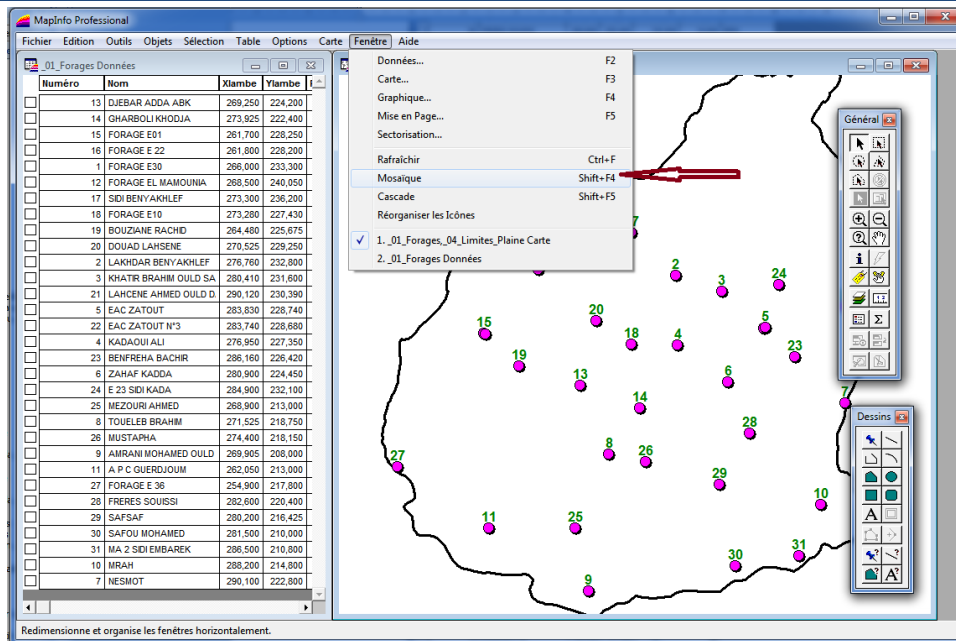


Figure TP05-2- visualiser les données et à la carte de la plaine de Mascara.

S'il s'avère difficile de **retrouver une donnée sélectionnée** dans le tableau des attributs (ou inversement), cliquez sur le menu « **Sélection/Rechercher la sélection** ».

4- L'outil « **Information** » permet de visualiser les données associées à vos objets graphiques.

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 (Fig. TP N°05-3)

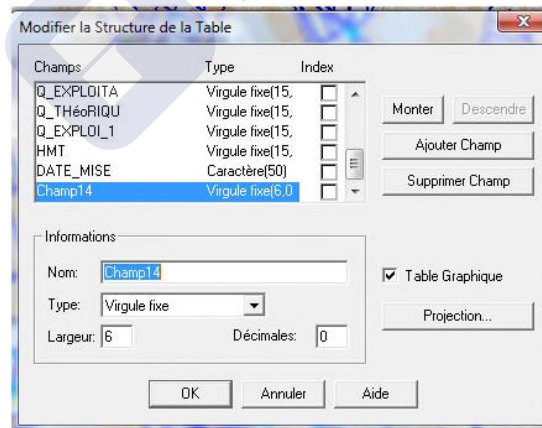


Figure TP N°05-3 : La Fenêtre de modification de la table.

### Mettre à jour une table Mapinfo :

Créer une nouvelle colonne dans la table de données existante (**Table – Gestion des Tables – Modifier Structure**) (Fig. TP N°05-4-a).

- Exemple on va ajouter une colonne de surface (Fig. TP N°05-4-b).



**Attention :**

Il est conseillé de sauvegarder son travail avant de modifier la structure de la base. Cela évite les mauvaises surprises.

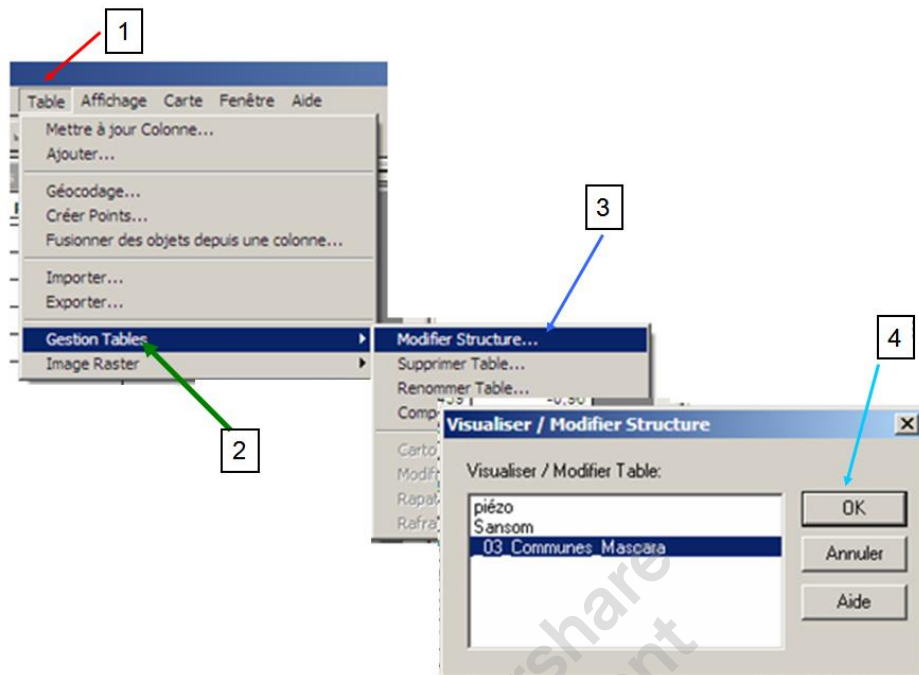


Figure TP05-4-a : Fenêtre de modification de la structure

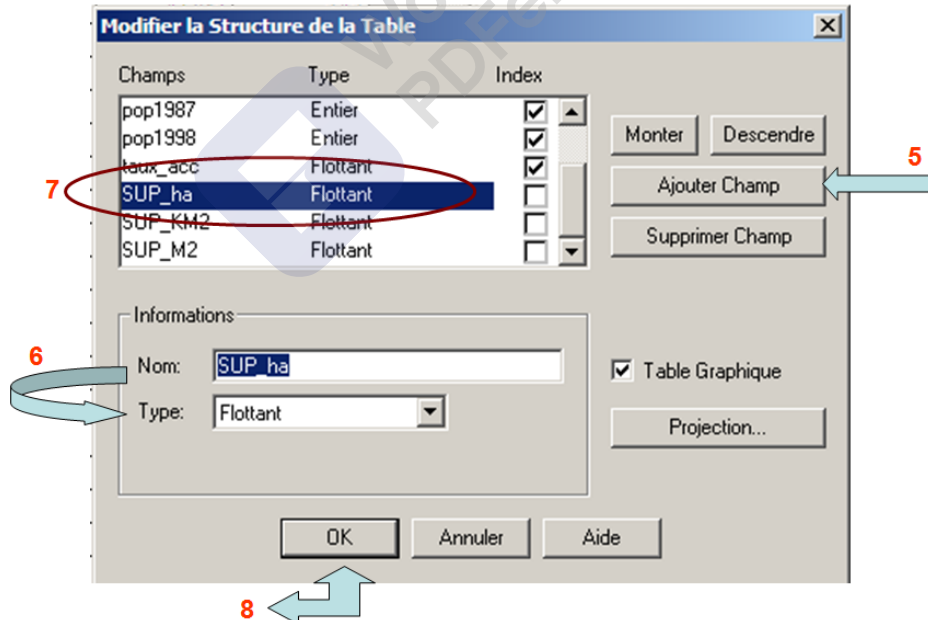


Figure TP05-4-b : Fenêtre de modification de la structure

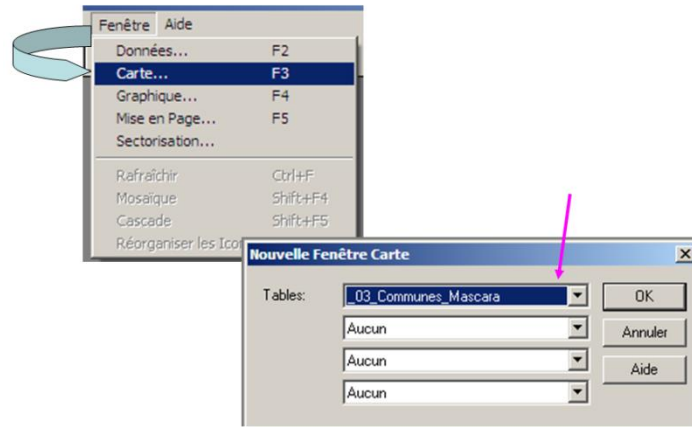


Figure TP N°05-4-c : Fenêtre de modification de la structure

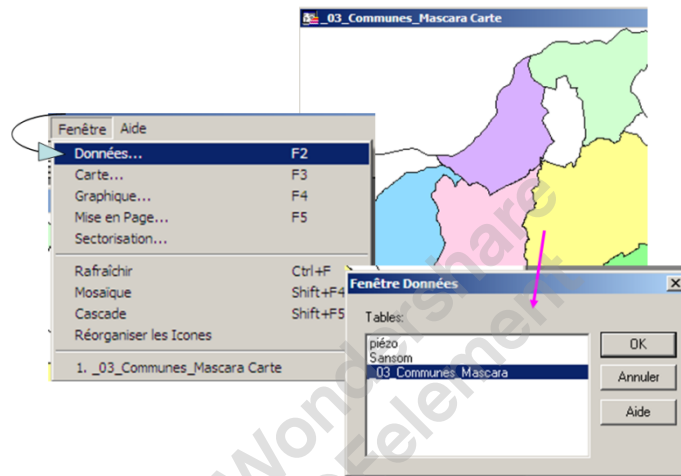


Figure TP N°05-4-d : Fenêtre de modification de la structure

	pop1998	taux_acc	SUP_ha	SUP_KM2	SUP_M2
1	8 500	3,48	0	0	0
3	4 984	5,87	0	0	0
3	17 843	2,12	0	0	0
2	13 372	2,9	0	0	0
5	10 573	0,19	0	0	0
3	4 439	-0,96	0	0	0
2	3 536	1,9	0	0	0
2	12 454	3,15	0	0	0
3	11 969	1,65	0	0	0
3	4 428	0,41	0	0	0
9	13 916	2,23	0	0	0
1	16 953	1,29	0	0	0
2	7 326	1,19	0	0	0
5	22 151	3,62	0	0	0
3	4 414	0,83	0	0	0
5	55 800	2,39	0	0	0
5	87 512	1,89	0	0	0
1	11 481	1,76	0	0	0
3	2 341	1,69	0	0	0
3	17 874	0,67	0	0	0
2	4 530	-0,04	0	0	0
7	18 104	1,38	0	0	0

Figure TP N°05-4-e : Fenêtre de modification de la structure



Mettre à jour la colonne en fonction des informations recherchées (**Table – Mettre à jour Colonne**). Choisir les colonnes à mettre à jour et les expressions en fonction des informations recherchées. Fig.(( TP N°05-5et 6)

Élément recherché	Expression correspondante
Longueur d'un objet linéaire	CartesianObjectlen(obj, «'km'»)
Périmètre d'un objet surfacique	CartesianPerimeter(obj, "km")
Superficie d'un objet surfacique	Area(obj, "sq km")

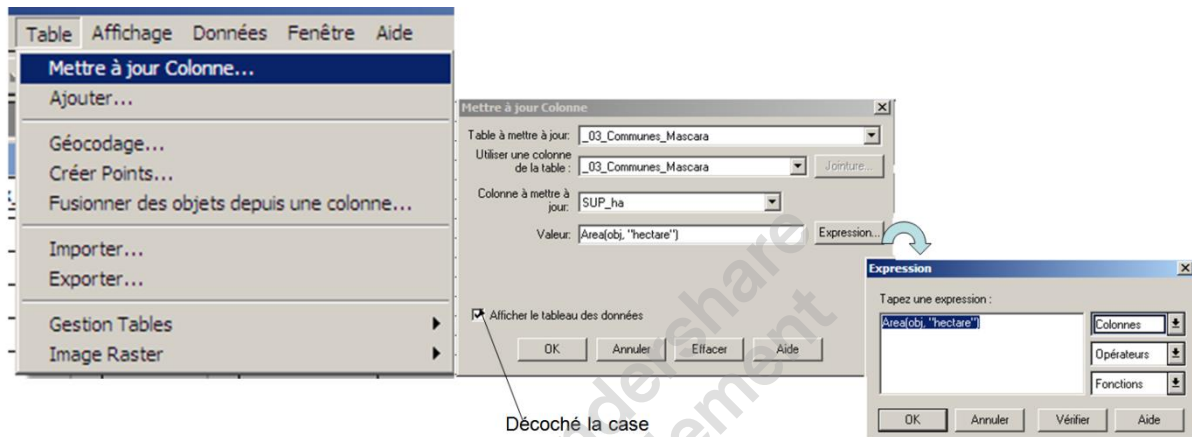


Figure TP N°05-5 : Mettre à jour La colonne.

aux_acc	SUP_ha	SUP_KM2	SUP_M2
3,48	838,349	8 383 488,55	
5,87	1 612,76	16 127 601,16	
2,12	8 902,44	89 024 406,23	
2,9	5 068,66	50 686 576,2	
0,19	3 935,04	39 350 429,64	
-0,96	11 194,15	11 941 471,41	
1,9	2 155,61	21 556 058,69	
3,15	3 932,6	39 325 999,13	
1,65	5 643,45	56 434 548,87	
0,41	7 855,13	78 551 281,21	
2,23	3 359,71	33 597 058,37	
1,29	304,563	3 045 627,66	
1,19	1 114	11 139 993,62	
3,62	11 063,77	10 637 719,19	
0,83	6216042485	44 646 216,04	
2,39	9 546,22	95 462 173,69	
1,89	7 469,62	74 696 204,23	
1,76	1 491,92	14 919 247,17	
1,69	3 596,96	35 969 620,56	
0,67	4 420,68	44 206 846,67	
-0,04	145,155	1 451 549,53	
1,38	7 306,36	73 063 572,54	
1,97	9 931,9	99 319 035,88	

Figure TP N° 05-6 : Le remplissage de la colonne

En fin enregistrer votre travail.

Il existe 2 modes d'enregistrement :

- l'enregistrement de la table lorsque le travail est terminé et que l'on veut superposer son travail à d'autres couches correspondantes (**Fichier – Enregistrer Table Sous**). Le format du fichier obtenu est en **.tab Fig. (TP N°05-7)**
- l'enregistrement du travail en cours afin de pouvoir le reprendre par la suite (**Fichier – Enregistrer Document Sous**). Le format du fichier obtenu est en **.wor**.

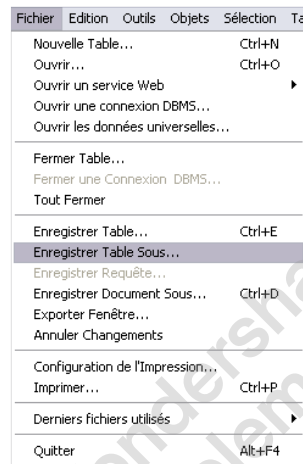


Figure TP N° 05-7 : l'enregistrement du Fichier.

**Déplacer une table Mapinfo :** Pour faire cette étape il faut :

- Sélectionner le dossier contenant les bases Mapinfo ;
- Sélectionner les fichiers à déplacer.

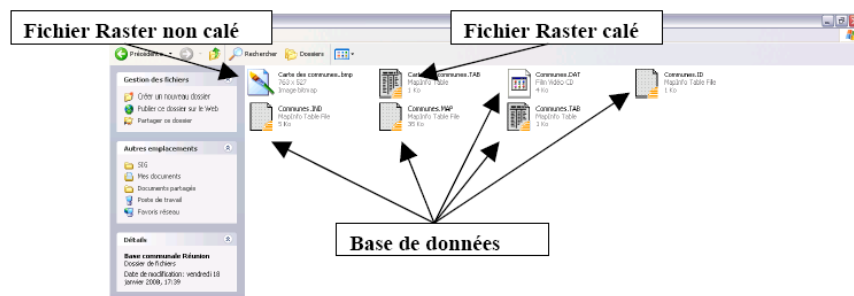


Figure TP N°05-8 : Déplacement d'un fichier.

**Attention :**

Une base de données Mapinfo se compose de différents dossiers (5) portant le même nom mais avec des formats différents. Pour déplacer une base, il faut sélectionner tous ces fichiers, si un fichier n'est pas déplacé, la base est perdue.

## TP N°06 : Réaliser une Analyse Thématique

**Le but** : Est de montrer la procédure à suivre pour effectuer une mise en page et l'impression d'une carte issue d'une analyse avec les SIG.

### Réaliser une carte thématique avec MapInfo

L'un des principaux atouts d'un SIG est la conception de carte thématique.

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

Une boîte de dialogue s'ouvre et pour notre exemple (une carte thématique avec **secteurs**), elle se répartit en 3 étapes.

1. Dans la première étape, MapInfo vous demande de sélectionner quel type de carte thématique vous voulez concevoir. Vous avez le choix entre les 7 principaux types de cartes thématiques fournies par MapInfo.

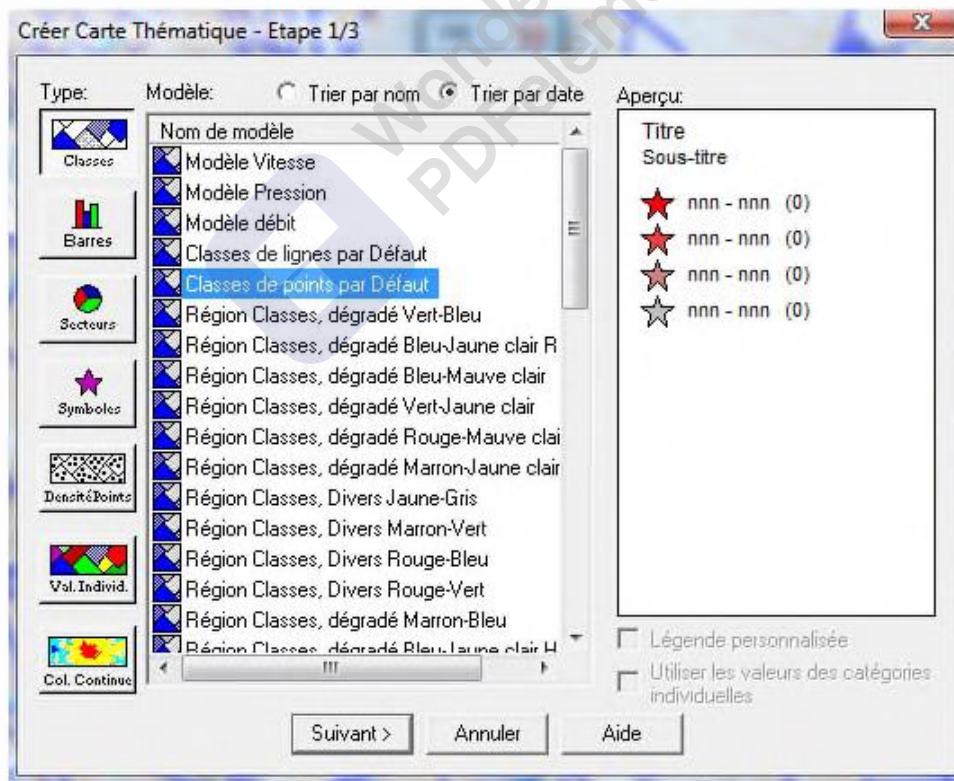
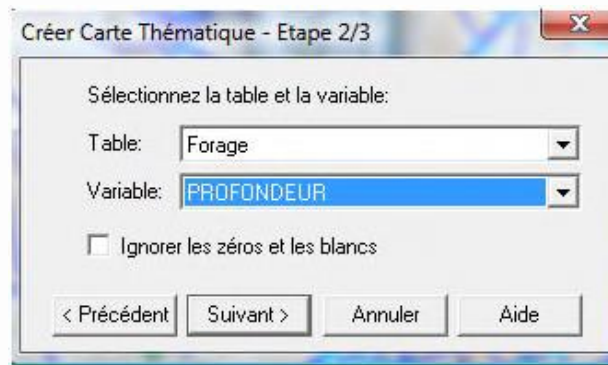


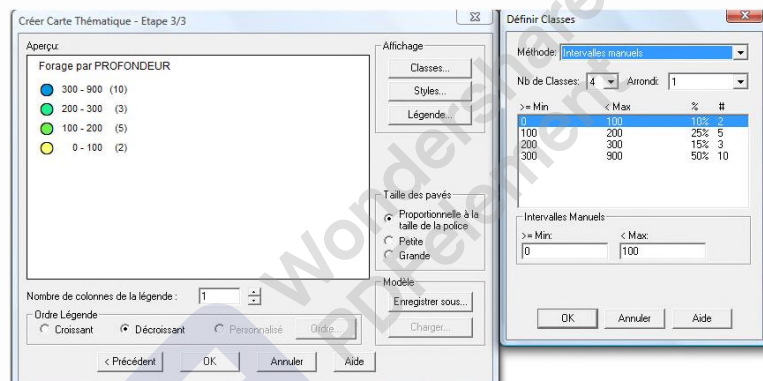
Figure TP N°06-1 : Analyse thématique : 1ère étape : Choix du type d'analyse

2. Dans la seconde étape, vous devez choisir la table et les variables à utiliser.



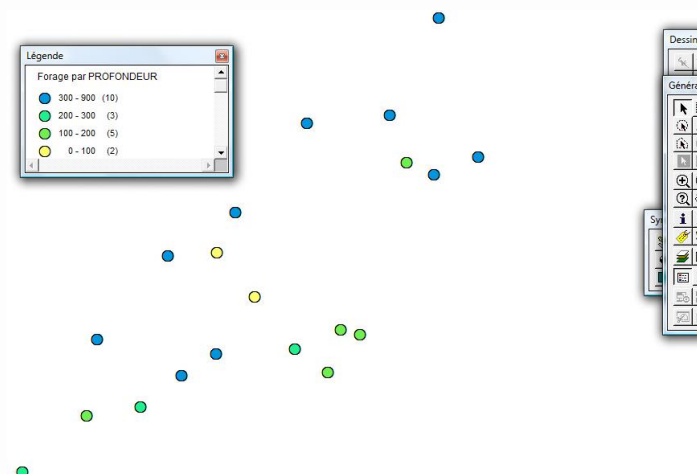
**Figure TP N°06-2 : Analyse thématique : 2<sup>ème</sup> étape : Choix de la table et de la variable**

3. Enfin, dans la dernière étape, vous avez la possibilité de modifier l'apparence de votre thématique, par le choix des couleurs, ou des noms à afficher dans la légende.



**Figure TP06-3 : Analyse thématique : 3<sup>ème</sup> étape : Choix du style de l'analyse thématique**

On obtient le résultat de l'analyse thématique (Figure TP N°07-4) : la carte thématique.



**Figure TP N°06-4: Résultat de l'analyse thématique : la carte thématique**

## Références Bibliographiques

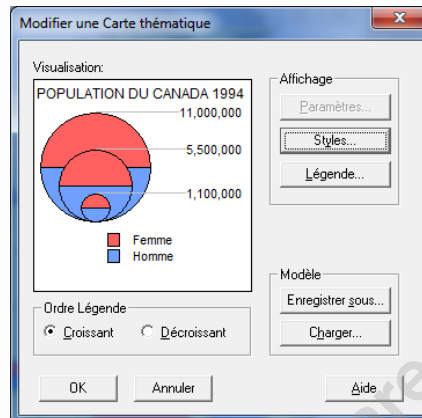
Pour sauvegarder le travail réalisé, on clique sur « Fichier → enregistrer document sous ».

### Modifier une carte thématique dans MapInfo :

Pour modifier une carte thématique, dans le menu, cliquez sur **Carte** et sélectionnez **Modifier Analyse thématique**.

La boîte de dialogue **Modifier une carte thématique** apparaît.

Dans l'onglet **Affichage**, vous pouvez modifier le **Style** de votre graphique ainsi que les couleurs. **Fig. (TPN°06-5)**.



**Figure TPN°06-5 : Modification d'une carte thématique.**

Toujours dans le même onglet, vous avez aussi la possibilité de modifier dans **Légende**, le titre de la légende, les différents noms de libellés. En effet, Mapinfo attribue un libellé automatique à chaque variable de vos graphiques. Et ces noms sont les titres des champs dans votre base de données, souvent codés.

Dans l'onglet **Modèle**, vous pouvez enregistrer les paramètres que vous avez utilisé pour modéliser votre carte dans **Enregistrer sous**, et réutiliser ce modèle dans la légende d'une autre carte, mais cette fois-ci en cliquant sur **Charger**.

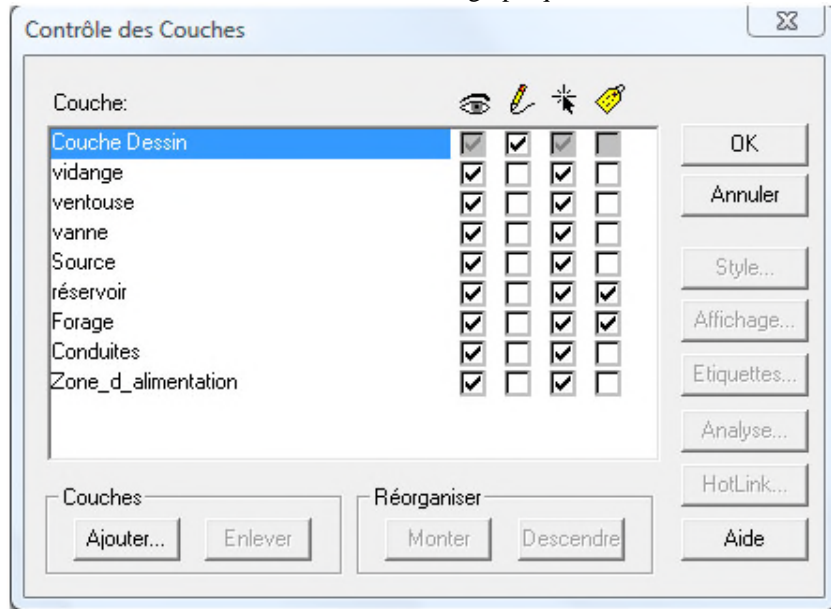
Visualisez maintenant la démo en dessous.

### MISE EN PAGE ET IMPRESSION D'UNE CARTE :

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.

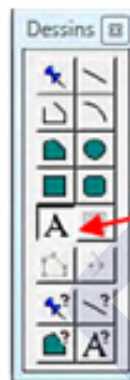
Pour préparer la mise en page, on doit déclarer la couche de dessin modifiable comme représenté sur la figure (TP N°06-6).

## Références Bibliographiques




**Figure (TP N°06-6): 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 TP06-8) et on écrit le titre de la carte.



**Figure TP06-7 L'Ione Style texte**

### 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 (TP N°06-8) Dans la bibliothèque des symboles ; choisir la catégorie MapInfo Arrows pour choisir un modèle de flèche du Nord, puis valider.

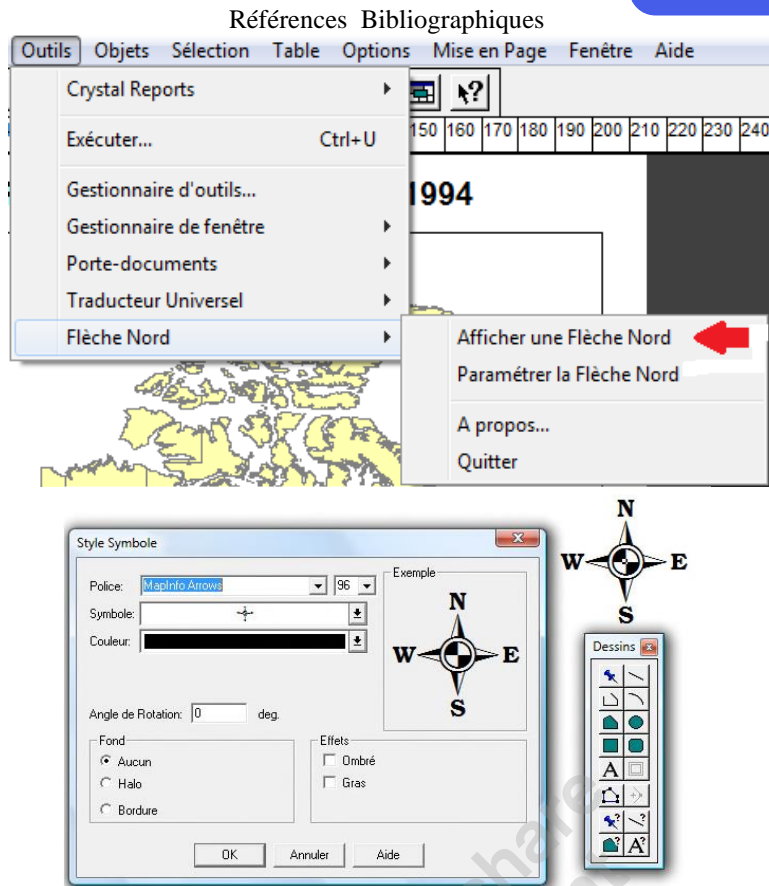


Figure TP06-8 : Insertion de la flèche du nord

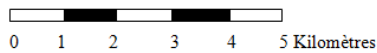
### Notion d'échelle :

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.

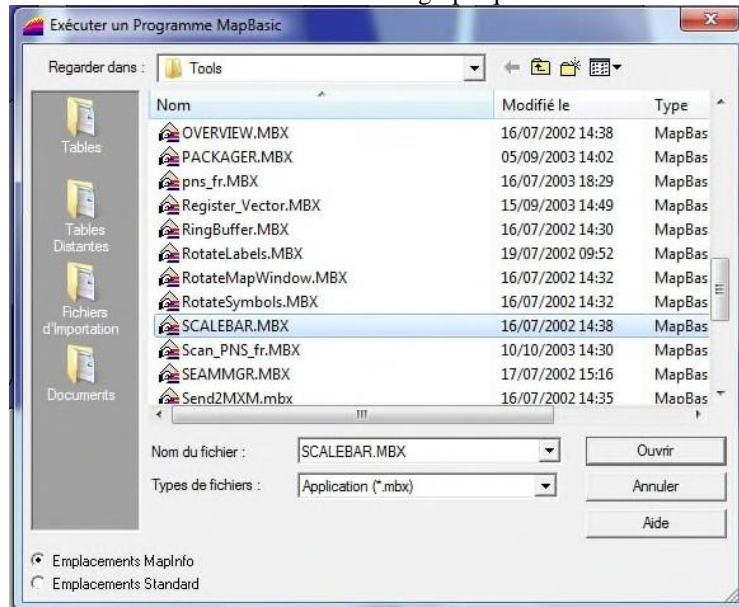


Pour afficher l'échelle d'une carte, cliquez sur :

Outils → Exécuter → ScaleBar (figure TP N°06-9).



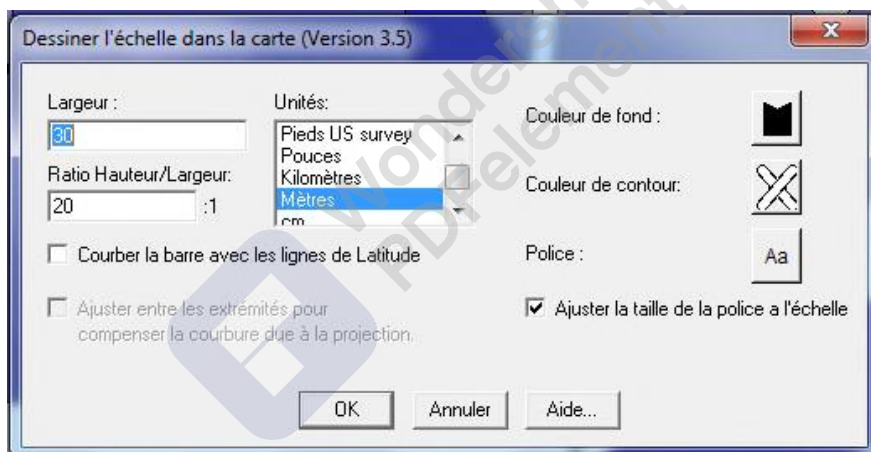
## Références Bibliographiques



**Figure TP N°06-9 : Exécution de l'outil de dessin de la barre d'échelle**

Encore une fois allez à:

Outils → Echelle → Dessiner une échelle (figure TP N°06-10)



**Figure TP N°06-10 : Dessiner une barre d'Echelle**

Choisir les unités, exemple kilomètre et valider Ok.

### La légende

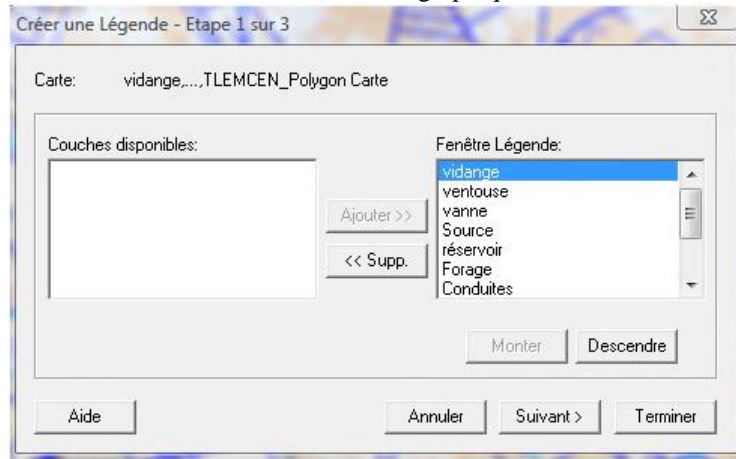
On peut créer la légende d'une carte en suivant les deux méthodes suivantes:

- Pour la légende automatique (Fig. TP06-11) : Carte → Créer légende → suivant.

On choisit la couche qu'on veut ajouter à la légende et toutes les autres caractéristiques → Suivant → Terminer.



## Références Bibliographiques



**Figure TP N°06-11 : Création de la légende (1ère étape)**

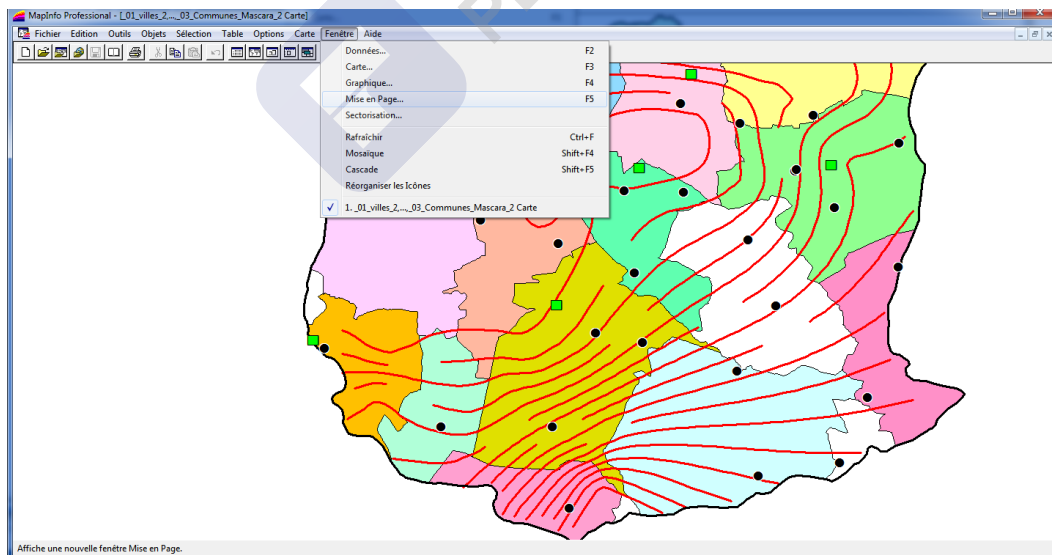
Le résultat est donné dans la fig (TP N°06-12)



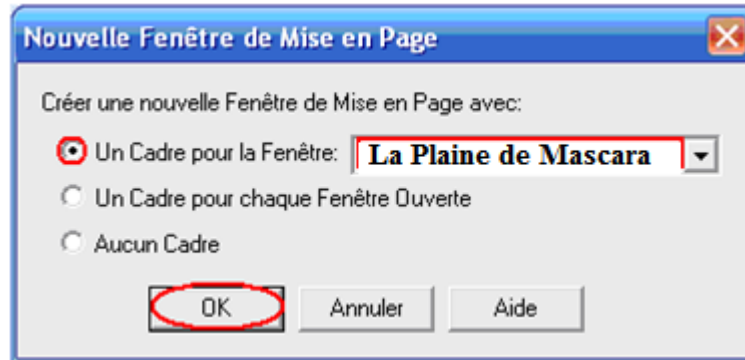
**Figure TP N°06-12 : Exemple de légende**

### Mise en page :

Pour préparer la mise en page, on clique sur Fenêtre---- Mise en page comme c'est représenté sur la fig. TPN°06-13, la boîte de dialogue de la fig. (TP08-10) apparaît, On doit valider OK.



**Figure TP N°06-13 : Création d'une mise en page**



**Figure TPN°06-14 : 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 (TP N°06-15).



**Figure TP N° 06-15 : Configuration d'une table pour impression**

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 TP N° 06-16).

## Références Bibliographiques

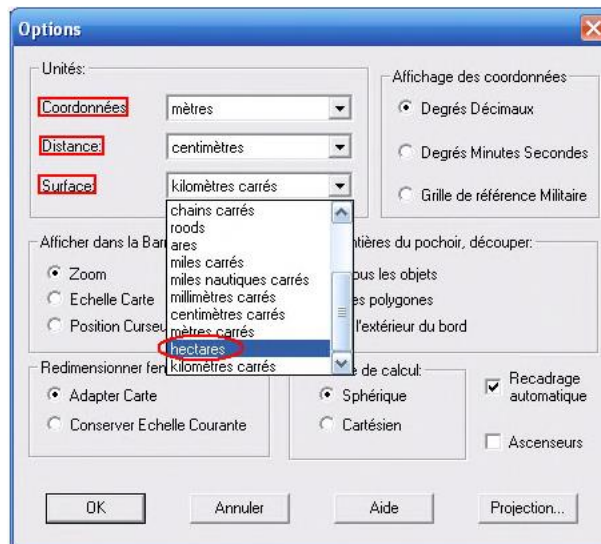


Figure TPN°06-16.Options de mise en page

Dans MapInfo 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 2.66) puis choisir l'emplacement et nommer votre session de travail qui prendra l'extension « Réseau\_hydrographique.wor » (fig TP N°06-17).

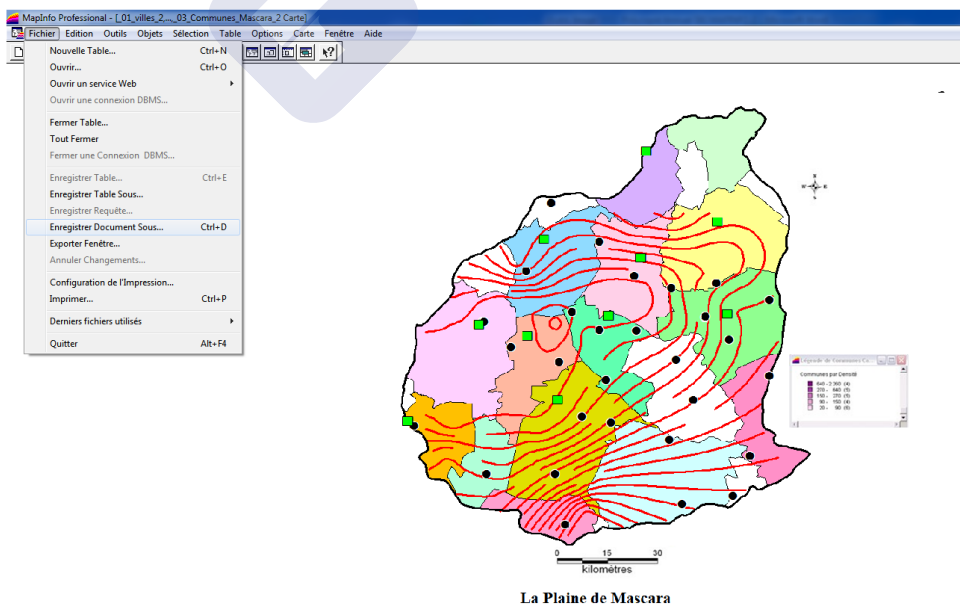
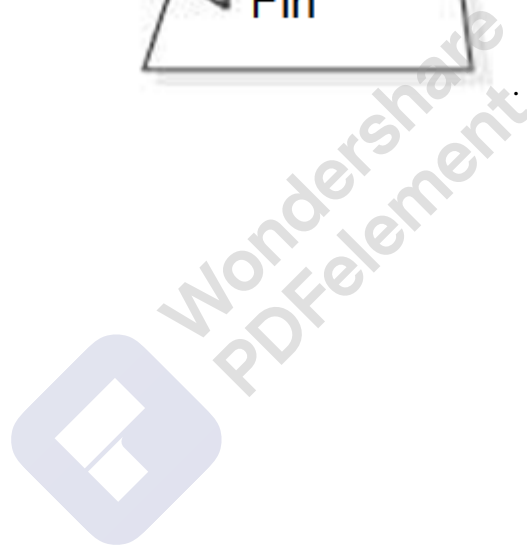


Figure TP N°06-17: Enregistrement d'un document

## Références Bibliographiques

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 !



## Références bibliographiques

### **Ouvrage :**

- **Aronoff. S.**, "Geography Information Systems: A Management Perspective" WDL publications, 1993.
- **Bordin P.**, "SIG : concepts, outils et données", Ed.Hermès Lavoisier, Paris, 2002.
- Bordin Patricia, 2002, SIG concepts, outils et données, Hermès – Lavoisier.
- Didon E, "Système d'Information Géographique: concepts, fonctions, applications" Laboratoire commun de Télédétection CEMAGREF-ENGREF - oct. 90.
- Esrifrance « Les principales fonctions d'un SIG » <https://www.esrifrance.fr/sig4.aspx> [Consulté le 18 janvier 2017].
- **Joliveau T.**, "Les systèmes d'information géographique pour gérer les territoires et l'environnement", Revue de Géographie de Lyon, 1997.
- **Nicolas Roelandt**, "SIG, introduction à la géomatique et mise en place d'un système d'information géographique libre
- **Petrie, G. and Kennie T.** (1987), An introduction to terrain modeling: applications and terminology. In: *Terrain Modeling in Surveying and Civil Engineering: A Short Course*. University of Glasgow.
- **Philippe Miellet**, "Systèmes d'Information Géographique pour la Gestion et l'Aménagement Urbain", Dossier documentaire du Centre de documentation de l'urbanisme (CDU), 2000.
- **Rouet P.**, "Les données dans les systèmes d'information géographique", Ed. Hermès, Paris 1993.
- **Steinberg J.**, "Cartographie, télédétection, Système d'Information Géographique", Collection Campus Ed. SEDES, 2000.
- **Yves Audard** ,Systèmes d'information géographique

### **Thèses :**

- **Rahal Farid**, 2005, Modélisations et S.I.G pour l'aide à la gestion de l'environnement en milieu urbain. Etude du cas de la pollution atmosphérique au niveau de la ville d'Oran. Le Système ORANAIR, Thèse de Magister.

### **Polycopié :**

- **Boukli Hacène Chérifa** : systèmes d'information géographique cours et travaux pratiques



- **KAID Nouria** : Topographie Partie I Notions de bases
- **Rahal Farid** : Les systèmes d'information géographique appliqués à l'Architecture et à l'Urbanisme sous le logiciel MapInfo.
- **Berezowska-Azzag E.**, "Projet Urbain", Notes de Cours de Post-graduation, Ecole polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme EPAU, Alger, 2003.
- **Boussoualim A.**, "Système d'information géographique", Notes de Cours de Postgraduation, Ecole polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme EPAU, Alger, 2003. **Dao H.**, "Systèmes d'information géographique", Notes de Cours, Université de Genève, Octobre 2002.
- **Golay F.**, "Systèmes d'information à référence spatiale", notes de cours, EPFL, Lausanne, 2001

### Sites :

- Bédard Y., « Site Web de Perceptory », mars 2002. <http://sirs.scg.ulaval.ca/perceptory>
- Bédard Y, "Tutoriel Perceptory". <http://sirs.scg.ulaval.ca/perceptory/tutorial.asp>.
- <http://www.urbanisme.equipement.gouv.fr/cdu/accueil/>
- <http://www.gdal.org/ogr/>
- <http://www.cartographie.ird.fr/>
- <http://air.imag.fr/mediawiki/index.php/EA2012-SIG..>