

République Algérienne Démocratique et populaire
Ministère De L'Enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
DEPARTEMENT HYDRAULIQUE



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Mémoire de fin d'études
En vue l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état
En HYDRAULIQUE

THEME

L'AQUISATION DES DONNEES GEOGRAPHIQUE DANS UN SIG,
APPLICATIONS SUR BV DE SOUMMAM

Proposé et dirigé par :

M^{lle} BENMAMMER. S

Présenté par :

BECHERAÏER Laid

Promotion : 2002

ENP, 10, Avnue Hassen Badi, El Harrach, Alger

ملخص:

تهدف هذه الدراسة للتطرق إلى نظام المعلومات الجغرافية وخاصة إلى طرق إدخال المعطيات لهدف تحويل الخرائط التقليدية إلى خرائط رقمية .
كلمات المفتاح: نظام المعلومات الجغرافية-إدخال-خرائط تقليدية-خرائط رقمية.

Résumé :

Le but de cette étude est de définir le système d'informations géographiques ; ainsi les méthodes d'acquisition des données pour transformer les cartes classiques aux cartes numériques.

Mots clés : SIG (système d'informations géographiques), Raster, Vecteur , Calage.

Summary :

The goal of this study is to define the system of geographic information; as well as the methods of the input in order to transform classic cards into digital cards.

Key words: GIS (geographic informations system) ; input ; traditional maps ; digital maps ; vecteur, raster.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à

A mes très chers parents qui m'ont toujours aide tout au long de chemin de mes etudes et qui m'ont encourager a poursuivre mes etudes surtout dans les moment les plus difficiles a vous ma mère et mon père.

A mes sœurs; Rabiha, Souaad et Naima qui m'a pas cesse de m'encourager

A mes très cheres frères :Mahmoud et notre chouchou Ali.

sans oublie :la nouveau couple :mon grand frere Hachemi et sa marie Fayza.et aussi la petite famille de ma grande sœur et ses enfant surtout Chahra.

*Et mon plus de frère Lahcène.
a toute la famille.*

A mes colèges de promot : Amèl ; Amina, Djihad, Samira ,Ferièl , Hocine, Iskander et Mohamèd.

Et comme je le dedie aussi a tous ce j'aime, a mes tres chers amis sourtous Aziz, Halim, Nounou, Abdou, Sid-Ali ,Redha, Mourad, Ahmed, Abdnour, Sayeh, Mourad ; Amina, Ibtessem, Fouzia, Aicha,Sabrina,, Fadila,Nawel,Mimi, Souad.....

A tous

Liiiiiiiiiiiiid

Remerciements

Au terme de ce travail, mes vifs remerciements vont au premier lieu à ma chère promotrice le chef de département M^{me} Benmammer qui m'a honoré par son précieux soutien, et qui n'a pas ménagé des efforts pour m'apporter aide et assistance.

Mes remerciements vont également à l'ensemble des enseignants du département Hydraulique qui ont beaucoup attribué à l'achèvement et avec succès de mon parcours universitaire.

Je remercie par l'occasion, notre charmante et aimable secrétaire M^{me} Nora du département.

Je remercie par la même occasion tous les membres du jury qui m'ont honoré par leur présence.

Mes remerciements vont aussi, au personnel de la bibliothèque centrale pour leur patience et leur tolérance, je cite : Toufik, Nawal, Djamel, Kamel....., ainsi que le groupe du travail du notre bureau d'informatique « Info-Computer-Systeme », Fouzia, Fadila, Nawal, Sabrina, Mimi, Souâd, et notre géniale interprète Iptissem, et les amis d'APC de Bab-Ezzouar, Aicha, Adel, Hakima.

A tous ceux qui ont participé de près ou de loin à l'aboutissement de mon PFE je dis :

MERCI.



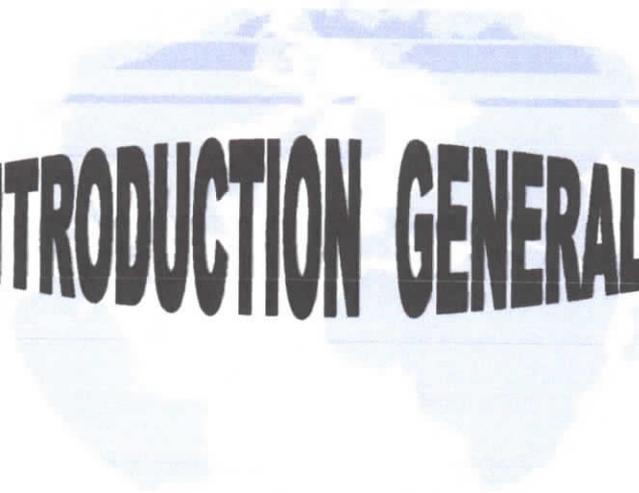
SOMMAIRE

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALES	01
CHAPITRE 1 :Bref Historique Sur Les Systèmes D'information Géographique	
I.1. Historique.....	04
I.2. Inconvénient des cartes traditionnelles.....	06
I.3. Les systèmes d'informations géographiques.....	06
I.4. L'intégration des données de télédétection au sein de SIG.....	09
I.5. Applications des SIG.....	09
I.6. Les avantages des SIG par rapport à des outils traditionnels.....	09
I.7. Inconvénients des SIG.....	10
CHAPITRE 2 : LE SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE :	
II.1 Fonctions d'un système d'information géographique	12
II.2 Modes de représentation des données géographiques	13
II.2.1. Méthodes de compaction des données raster.....	13
II.2.2. Mode de représentation vecteur.....	14
II.2.3. Comparaison des représentations raster et vecteur.....	16
II.3. Structure générale des bases de données géographiques.....	17
II.4. Acquisition de données	
II.4.1. Entrée des données spatialement référencées.....	19
II.4.2. Entrée des données descriptives.....	21
II.4.3. Etablissement d'un lien entre données spatiales et descriptives.....	21
II.4.4. Vérification et correction des erreurs.....	21
II.4.5. Prétraitement des données spatiale.....	22
II.5. Gestion de données	
II.5.1. Fonction générales de gestion de données.....	23
II.5.2. Stockage des données.....	23
II.5.3. Edition de données.....	23
II.5.4. Mise à jours de données.....	24
II.5.6. Extraction de données.....	24
II.6. Manipulation et analyse de données	
II.6.1. Mesures de l'espace.....	25
II.6.2. Reclassification, agrégation.....	26
II.6.3. Croisement de cartes.....	27
II.6.4. Analyse statistique.....	28
II.6.5. Analyse de proximité.....	28
II.6.6. Analyse de contiguïté.....	29
II.6.7. Analyse de connectivité.....	29
II.6.8. Recherche de chemin optimale.....	30
II.6.9. Interpolation et contourage.....	30
II.7. Restitution des données	
II.7.1. Produits fournis par un SIG.....	32
II.7.2. Composants d'un module de restitution d'un SIG.....	32
II.7.3. Périphérique de sortie.....	33
II.8. Applications de SIG	33
II.9. Conclusion : Comment mettre en place un système ?	35
II.9.1. Définitions des besoins.....	35
II.9.2. Choix techniques.....	35
II.9.3. Fonctions avancées.....	36

CHAPITRE III : ACQUISITION DES DONNEES DU BASSIN VERSANT DE LA SOUMMAM

III.1.	Présentation du bassin versant de la Soummam	40
III.2	Zone d'étude	41
III.3	Scannage	41
III.4.	Calage Raster	42
III.4.1	Les projections	42
III.4.2	Utilisation des projections dans le GeoConcept	45
III.4.3	Les coordonnées	46
III.5	Le calage	47
III.5.1	Méthode d'intégration fichier raster	48
III.5.2	Utilisation le calage	48
III.6.	La vectorisation (Méthode de vectorisation semi-automatique)	58
III.6.1	CadOverly	59
III.6.2	AutoCadMap200i	60
III.6.3	La méthode de vectorisation	61
III.7.	Création l'altitude	64
III.8.	Superposition des fichiers	64
	Conclusion Générale	66



INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Les besoins du système d'information géographique (SIG) dans le monde augmentent, car l'évaluation technique, surtout la puissance des ordinateurs a été multipliée, aussi la télédétection donne une ressource des données considérables. La facilité de la manipulation des données introduit un facteur majeur au système d'information géographique (SIG).

Notre pays, l'Algérie avait des difficultés de planifications en domaine d'aménagement. Le système d'information géographique (SIG) proposé comme outil avancé est plus efficace dans le stockage, la gestion et la restitution des données géographiques.

On se pose la question suivante « Comment mettre en place le système d'information géographique (SIG) ? ».

Pour mettre en place une base de donnée géographique (BDG) capable d'exploiter les ressources géographiques, on est confronté à deux principaux obstacles qui sont, à savoir, d'une part, la grande superficie de l'Algérie qui dépasse deux millions de kilomètres carrés, et le manque des données, d'autre part.

Par conséquent, le vrai problème du système d'information géographique (SIG) est l'acquisition des données où on doit créer une base principale de données géographiques.

On prend par exemple le sous bassin versant N°10 de la Soummam constitué par vingt-sept cartes d'échelle 1/25000, de superficie qui dépasse. L'acquisition d'une carte topographique de 1/25000 par les méthodes traditionnelles prend des dizaines de jours. Sans oublier qu'une carte topographique est un support des autres données.

On peut se poser là une autre question « Comment réduire les frais d'acquisition des données géographiques ? ».

Après l'acquisition des données, il faut choisir un logiciel fiable du système d'information géographique (SIG) qui manipule et restitue les données, car il existe aujourd'hui plusieurs logiciels chacun a ces avantages et ces inconvénients.

Quel est le logiciel le plus fiable et plus simple?

C'est à ces questions que nous allons essayer de répondre dans ce mémoire.

Dans le premier chapitre de ce mémoire, nous présentons un bref historique sur l'information géographique surtout l'évaluation des cartes et aussi quelques définitions.

Dans le deuxième chapitre, nous rappelons la philosophie générale d'un système d'informations géographiques c'est à dire les fonctions d'un système d'information géographique. Nous donnons les différents types de représentations raster et vecteur. Et en fin de ce chapitre, nous citons les fonctions avancées d'un système d'information géographique.

Le troisième chapitre, reprend à la question suscitée qui concerne l'acquisition des données. Pour ce faire, nous proposons des méthodes de numérisations des cartes plus rapides et moins coûteuses.

Conclusion de ce travail est donnée.

CHAPITRE I

HISTORIQUE



CHAPITRE I

BREF HISTORIQUE SUR LES SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE

L'information géographique désigne toute information relative à un point ou un ensemble de points spatialement référencés à la terre. Elle est d'importance primordiale pour tous ceux qui ont à gérer un espace ou des objets dispersés dans un espace donné. On rassemble sous la dénomination d'informations spatiales des données aussi diverses que la distribution de ressources naturelles (Sols, eaux, végétations), les limites administratives et politiques. Même des données statistiques relatives à la population, à l'emploi ou à la criminalité entrent dans cette définition, dès lors qu'elles ont une extension spatiale.

I.1. HISTORIQUE

La collecte de l'information sur les propriétés importantes du milieu et de leurs distributions spatiales sur la surface de la terre a toujours été l'une des préoccupations majeures des environmentalistes. Depuis les anciennes civilisations, jusqu'à nos jours, les données spatiales ont été collectées par les navigateurs, les géographes, les cartographes et les environmentalistes. Ces investigateurs éditent les objets observés sous formes de cartes et de figures.

A l'origine, les cartes sont mises au point pour décrire des places lointaines pour des objectifs de navigation et de stratégie militaire. Chez beaucoup d'anciennes civilisations (romaines et arabo - musulmanes entre autres) les cartographes occupent une partie importante dans les gouvernements et leurs travaux existent jusqu'à nos jours sous formes de cartes et de documents géographiques.

C'est seulement au XVIIIème siècle que les civilisations occidentales ont atteint un niveau d'organisation et que les décideurs réalisent l'importance et la valeur d'une cartographie systématique de leurs terres. Des institutions gouvernementales ont été créées pour réaliser des cartes topographiques du pays.

Ces institutions performantes telle que l'INC en Algérie, l'IGN en France, l'USGS en Amérique continuent jusqu'à présent à produire des produits cartographiques qui décrivent avec une précision de plus en plus grandes la distribution et la localisation des entités géographiques ou topographiques.

Durant les deux derniers siècles, beaucoup de types de cartes ont été développés. La continuité de ce travail de production cartographique, de norme, de style et de méthodes a non seulement progressé, mais aussi s'est améliorée à l'état présent.

Au fur et à mesure que l'étude scientifique du globe progresse; les besoins cartographiques des objets terrestres se font sentir.

Le développement dans la compréhension et de recensement des naturelles comme la géologie, la géomorphologie, l'hydrologie, l'écologie et d'autres innombrables ressources qui ont émergé au XIXème siècle a donné un essor important à la cartographie et à la méthodologie de représentation spatiale des éléments terrestres. Ce développement des sciences de l'environnement a engendré un besoin qui est vite comblé par les méthodes cartographiques.



Là où les cartes topographiques ou de bases décrivent les objets de manière générale, d'autres besoins se font sentir, afin de représenter géographiquement les thèmes spécifiques comme par exemple le type de roches qu'on peut rencontrer dans un paysage ou le type de d'utilisation sur une terre donnée.

Les cartes à objectifs sont souvent appelées cartes thématiques à cause de l'information quelle contiennent concernant un seul thème précis.

Le terme « carte thématique » est utilisé d'une manière confuse et générale à la fois. Il est aussi appliqué non seulement pour les cartes à objectif général comme les sols ou la perméabilité mais, aussi illustre le PH du sol sur un champ expérimental, la météorologique etc...

Le thème peut être qualitatif (classes des utilisations des terres) ou quantitatif (variation de la perméabilité du sol).

Les deux informations quantitatives peuvent être aussi représentées cartographiquement en assumant que les données peuvent être modélées par une surface continue qui peut être décrite mathématiquement. Les variations sont alors illustrées par des contours ou des isolignes, c'est à dire que les lignes connectent les points d'égaux valeurs. Le meilleur exemple de ce type de carte, c'est la carte des courbes de niveau (topographiques).

Au XXème siècle, la demande pour les cartes topographiques et les cartes thématiques comme celles des ressources naturelles a connu une augmentation importante. La photographie aérienne stéréoscopique et l'imagerie satellite avaient permis aux spécialistes de la photogrammétrie de cartographier de grandes superficies avec une meilleure précision. La même technologie a donné aux cartographes spécialistes des sciences de l'environnement (hydrauliciens, écologistes, géologues, aménagistes...) des avantages considérables pour la reconnaissance et la cartographie en semi-détail.

Comme, dans toute science, le premier objectif de la cartographie est l'inventaire des données pour observer, classer et enregistrer. Les méthodes qualitatives de classification et de cartographie sont inévitables, étant donné les quantités considérables de données complexes que la plus part des cartographies du milieu génèrent.

La description quantitative est entravée non seulement par le volume de données, mais aussi par le manque d'observations quantitatives. En plus, il y avait un manque d'outils mathématiques afin de décrire quantitativement les variations spatiales.

Les premières tentatives de modélisation mathématique pour résoudre les problèmes de représentation des variations des propriétés du milieu commencèrent à être développées dans les années 30 et 40 en parallèle avec le développement des méthodes statistiques.

Dans la pratique, les progrès effectifs étaient malheureusement bloqués par le manque d'outils de calcul performants. Et c'est seulement à partir des années 60, avec l'apparition et la disponibilité des « cerveaux électroniques » que les méthodes conceptuelles d'analyse spatiale et de cartographie thématique quantitative ont commencé à être développées.

Les besoins en données et de méthodes d'analyses géographiques spatiales ne sont pas seulement limitées aux chercheurs des sciences de la terre. Les planificateurs, les urbanistes, les agences cadastrales et domaniales ont besoin d'informations géographiques relatives à la distribution, l'occupation, l'utilisation et la répartition des terres, et leurs ressources en milieu urbain et rural. Le génie civil a besoin de planifier l'itinéraire des routes et des canalisations des eaux. Les différentes infrastructures composées des réseaux d'eau (potable, usée), des



conduites de gaz, des lignes électriques et téléphoniques doivent être illustrées sous forme de cartes.

I.2. INCONVENIENT DES CARTES TRADITIONNELLES

Les cartes sur support papier présentent un certain nombre d'inconvénients majeurs :

- La fabrication des cartes est une opération longue et coûteuse.
- La quantité d'information qu'une carte imprimée peut contenir est limitée, pour des raisons de lisibilité (une carte trop riche en information est difficile à comprendre), le passage des données brutes à la représentation cartographique s'accompagne d'une réduction d'information.
- Une fois la carte fabriquée et publiée, elle reste un document figé, jusqu'à la prochaine mise à jour. Il est même fréquent que des cartes soient déjà périmées au moment de leur parution. La mise à jour impose de reprendre le processus de production cartographique depuis le début. Ce problème est d'autant plus crucial que le monde où nous vivons change très rapidement. Les utilisateurs de données spatiales ont besoin d'informations fiables et à jour, et un grand nombre d'entre eux s'intéressent aux modifications de l'espace qui peuvent survenir dans leur domaine d'application.
- Il peut être difficile d'extraire d'une carte l'information exacte que l'on souhaite, en raison de complexité du document.
- Une carte est un document qualitatif : aucune analyse quantitative ne peut être menée aisément sur les données qu'elle représente.
- Toute analyse mettant en jeu deux ensembles de données spatiales ou davantage en provenance de cartes différentes (ainsi les sols, les pentes et le couvert végétal pour évaluer les risques d'érosion), est difficile (surtout lorsque les échelles sont différentes), voire impossible.

Aujourd'hui, les besoins d'informations géographiques s'expriment de plus en plus souvent sous « la carte à jeter », c'est à dire de documents utilisables immédiatement, qui apportent la juste information parfaitement à jour, adaptée à un objectif particulier. Les cartes traditionnelles ne répondent absolument pas à ces nouveaux besoins.

I.3. LES SYSTEMES D'INFORMATIONS GEOGRAPHIQUES

Avec l'essor de l'informatique est apparue la possibilité de numériser l'information géographique et d'en confier la gestion à l'ordinateur. Celui-ci devint un auxiliaire précieux du géographe : l'assistant pour la production cartographique et l'analyse spatiale. Ainsi est né dans les années 60. le concept du système d'information géographique.

Les définitions que divers auteurs et organismes donnent des SIG (d'après E.DIDON, 1990) sont assez voisines :

- Pour **Burrough** (1986) «*Il s'agit d'un ensemble puissant d'outils pour rassembler, stocker, extraire à volonté et visualiser des données spatiales du monde réel pour un ensemble particulier d'objectifs*» [2].
- La **société française de photogrammétrie et de télédétection** (1989) le définit comme étant: «*Un système informatique permettant à partir de diverses sources, de rassembler et d'organiser, de germer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement, contribuant notamment à la gestion de l'espace*» [4].



Disons pour résumer et pour simplifier *un système information géographique est un ensemble de données numériques localisées géographiquement et structurées à l'intérieur d'un système de traitement informatique comprenant des modules fonctionnels permettant de construire, de modifier, d'interroger, de représenter cartographiquement, la base de données, selon des critères sémantiques et spatiaux.*[12].

Les premiers SIG opérationnels sont apparus dans les années 60, au Canada et aux Etats-Unis. Le pionnier est indiscutablement le Canadien Geographic Information System (1964), qui a rassemblé des informations relatives à l'usage du sol, et des données concernant l'environnement. Sur une grande partie du territoire canadien, le logiciel a été développé pour ces besoins spécifiques. Deux autres réalisations précoces méritent d'être mentionnées. Le New York Land Use Information System (1967) et le Minnesota Land Ménagement Information System (1969). Depuis cette époque, les coûts et les difficultés techniques ont considérablement diminué. Et de nombreux logiciels commerciaux sont aujourd'hui disponibles comme par exemples:

◆ **APIC**

- Développement : POLILOG Paris France.
- Plateformes supportées : stations de travail (SUN, VAX).
- Un SIG français orienté objet. Références dans le domaine urbain et la gestion de réseaux.

◆ **ARC/INFO**

- Développement : ESRI (Environmental System Research Institutes) New York.
- Plateformes supportées : compatibles PC, stations de travail (SUN, VAX, IBM...) mini-ordinateurs (VAX, Prime...), gros systèmes.
- Un SIG vecteur aux fonctionnalités nombreuses (très variés).

◆ **ARGIS 4GE**

- Développement : European Centre for Geographic Information Systems UNISYS.
- Plate formes supportées : station de travail SUN
- Conception voisine de celle d'ARC/INFO (structure des données géographiques en couches), quelques lacunes mais aussi quelques spécifiques par rapport à son concurrent.

◆ **DEMETER**

- Développement : Data Consultant Marseille France.
- Un système de gestion de bases de données localisées, Références en bases de données urbaines.

◆ **ILWIS** (Integrated Land and Watershed Information System)

- Développement : ITC (International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences) Pays-Bas.
- Plate formes supportées : micro-ordinateurs compatibles PC.
- Un SIG raster manipulant également des données en mode vecteur. Conçu pour l'aménagement rural dans les pays en développement.

**◆ GRASS**

- Développement : U.S.Army Corps of Engineers, Construction Engineering Research Laboratory, Etats-Unis.
- Un SIG raster.

◆ IDRISI

- Développement : Clark University, Graduate School of Geography, Etats-Unis.
- Plate formes supportées : compatibles PC.
- Un SIG raster bon marché.

◆ SPANS

- Développement : Tydac Technologies Inc, Ottawa Canada.
- Un SIG fondé sur l'organisation des données en quard-trees.

◆ SYNERGIS

- Développement : BRGM(Bureau de Recherches Géologiques et Minières), France.
- Plate formes supportées : station de travail DEC/VAX.
- Logiciel de traitement d'images à fonctionnalités de SIG raster.



Fondée en 1990 sous le nom d'ALSOFT, GeoConcept SA est une entreprise spécialisée dans la conception et l'édition de Systèmes d'Information Géographique (SIG) sur micro-ordinateurs. Dès l'origine, elle a placé une devise au cœur de sa stratégie :

"Intégrer la dimension géographique aux systèmes d'information des entreprises".[11]

Cette philosophie se concrétise dans l'édition d'une gamme de produits SIG haut de gamme pour micro-ordinateurs sous Windows 95/98/00 et Windows NT, articul

ée autour du système d'information géographique GeoConcept qui compte d'ores et déjà plus de 12000 utilisateurs en Europe.

GeoConcept SA s'est donné deux axes majeurs de développement :

- Affirmer la technologie GeoConcept comme un standard pour l'intégration de la dimension géographique dans les systèmes décisionnels.
- Affirmer GeoConcept comme complément ou alternative aux solutions SIG sur stations de travail.

Le choix de GeoConcept SA est de développer et diffuser une seule et même technologie SIG évolutive et capable de répondre, sous le même environnement et avec la même souplesse, aux besoins de la totalité des utilisateurs potentiels du marché de l'analyse cartographique et de l'intégration de cette dimension dans les systèmes décisionnels.

La gamme GeoConcept est diffusée en France depuis 1996, et au Royaume-Uni, Italie, Suisse, Belgique, et au Sud-Est Asiatique depuis 1997, depuis juin 2001 en Algérie.

Poursuivant sa logique d'expansion, GeoConcept SA s'attache désormais à développer des partenariats stratégiques et technologiques avec des acteurs internationaux. Ainsi des accords ont-ils été conclus, dès 1997, avec Business Objects, le leader mondial de l'informatique décisionnelle.



I.4. L'INTEGRATION DES DONNEES DE TELEDETECTION AU SEIN DU SIG

Parallèlement au développement de l'informatique et SIG, une nouvelle source de données localisées est apparue. Il s'agit de l'image numérique, en particulier celle obtenue par télédétection satellitaires (par exemple Satellite américain LANDSAT1 lancé en 1972, Satellite français SPOT 1 en 1986).

Les images satellitaires sont une source d'information de plus en plus employée sur l'état de surface de la terre. Les utilisateurs de données obtenues par télédétection ont en général pour objectif d'élaborer des documents cartographiques, ce que ne permettent pas les logiciels classiques de traitement d'images. Bien plus, il s'agit souvent de produire les cartes thématiques combinant l'information apportée par la télédétection avec des informations extérieures.

Les possibilités de production de cartes et d'analyses offertes par le SIG en font un cadre privilégié d'utilisation d'imagerie satellitaires.

L'apport de la télédétection dans une base de données géographiques se situe à trois niveaux :

- Comme source d'information.
- Comme outil de mise à jour de la base.
- Comme outil de suivi d'un phénomène, de par la répétitivité d'acquisition des images.

I.5. APPLICATIONS DES SIG

Les SIG sont désormais largement utilisés, aussi bien par les administrations que les collectivités territoriales, les services techniques municipaux, les gestionnaires de réseaux, les entreprises de travaux publics, les compagnies d'aménagement, les organismes responsables de la gestion de l'environnement. Les sociétés pétrolières, les banques, les instituts d'enseignement et de recherche.

Leur taille, en termes d'équipement informatique, de moyens humains, d'étendue spatiale et de volume de données, varie considérablement d'une application à l'autre. Au-delà de ces différences, quatre niveaux d'application peuvent être distingués. Ce sont, par ordre de complexité croissante :

- La cartographie.
- La gestion.
- L'analyse.
- La modélisation.

Les besoins d'informations géologiques numérisées se font de plus en plus nombreux, aussi bien dans les pays industrialisés que dans les pays en voie de développement. Il en résulte un besoin accru d'outils capables de traiter ces informations, ne se limitant pas à des possibilités des représentations cartographiques et de gestion des données localisées, mais offrent des fonctions performantes d'analyse et de simulation : un SIG doit être considéré comme un modèle du monde réel qui permet d'élaborer, de tester et de choisir des scénarios d'évolution pour l'avenir.

I.5.1. Les avantages des SIG par rapport à des outils traditionnels

- ▶ Les données sont stockées sous forme informatique donc condensées, elles peuvent être extraites très rapidement et à faible coût.



- ▶ L'outil informatique permet d'améliorer la précision et la vitesse d'exécution de certaines opérations réalisables manuellement : certaines mesures de l'espace, les transformations géométriques, la production de cartes sur papier.
- ▶ Une mise à jour rapide, voire en temps réel, est possible : elle permet de faire du SIG un outil de suivi.
- ▶ Certaines analyses, difficiles voire impossibles à réaliser manuellement, peuvent être effectuées à faible coût : l'extraction des pentes, les valeurs d'ensoleillement, la limite de bassin versant à partir de modèles numériques de terrain (MNT)....
- ▶ Des modèles faisant intervenir de nombreuses variables d'applications.

I.5.2. Inconvénients des SIG

Le principal inconvénient des SIG est leur coût :

- ✗ Le coût d'acquisition du matériel (ordinateur et périphériques) et du logiciel, même s'il peut paraître élevé, n'est pas le plus important, et il probable qu'il diminuera dans les années à venir.
- ✗ Bien plus conséquent est le coût d'acquisition des données sous forme numérique:
 - Transformation des données analogiques existantes (cartes).
 - Conversion de formats.
 - Prétraitement des données déjà numérisées.

Les données directement acquises sous forme numérique font exception.

- ✗ Pour initier un projet faisant appel à un SIG, il faut également disposer d'un personnel spécialisé, compétent, pour lequel il faudra prévoir une formation.
- ✗ A l'investissement initial s'ajoutent les coûts de maintenance, d'administration et de mise à jour de la base de données.
- ✗ Enfin, dans certains cas, le bénéfice obtenu en ayant préféré un SIG à des outils traditionnels est tout à fait marginal. Ce bénéfice reste bien souvent difficile à évaluer, d'autant que le SIG offre des fonctionnalités nouvelles, absentes des outils manuels.



Disons pour résumer et pour simplifier *un système information géographique est un ensemble de données numériques localisées géographiquement et structurées à l'intérieur d'un système de traitement informatique comprenant des modules fonctionnels permettant de construire, de modifier, d'interroger, de représenter cartographiquement, la base de données, selon des critères sémantiques et spatiaux.*[12].

Les premiers SIG opérationnels sont apparus dans les années 60, au Canada et aux Etats-Unis. Le pionnier est indiscutablement le Canadien Geographic Information System (1964), qui a rassemblé des informations relatives à l'usage du sol, et des données concernant l'environnement. Sur une grande partie du territoire canadien, le logiciel a été développé pour ces besoins spécifiques. Deux autres réalisations précoces méritent d'être mentionnées. Le New York Land Use Information System (1967) et le Minnesota Land Ménagement Information System (1969). Depuis cette époque, les coûts et les difficultés techniques ont considérablement diminué. Et de nombreux logiciels commerciaux sont aujourd'hui disponibles comme par exemples:

◆ **APIC**

- Développement : POLILOG Paris France.
- Plateformes supportées : stations de travail (SUN, VAX).
- Un SIG français orienté objet. Références dans le domaine urbain et la gestion de réseaux.

◆ **ARC/INFO**

- Développement : ESRI (Environmental System Research Institutes) New York.
- Plateformes supportées : compatibles PC, stations de travail (SUN, VAX, IBM...) mini-ordinateurs (VAX, Prime...), gros systèmes.
- Un SIG vecteur aux fonctionnalités nombreuses (très variés).

◆ **ARGIS 4GE**

- Développement : European Centre for Geographic Information Systems UNISYS.
- Plate formes supportées : station de travail SUN
- Conception voisine de celle d'ARC/INFO (structure des données géographiques en couches), quelques lacunes mais aussi quelques spécifiques par rapport à son concurrent.

◆ **DEMETER**

- Développement : Data Consultant Marseille France.
- Un système de gestion de bases de données localisées, Références en bases de données urbaines.

◆ **ILWIS (Integrated Land and Watershed Information System)**

- Développement : ITC (International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences) Pays-Bas.
- Plate formes supportées : micro-ordinateurs compatibles PC.
- Un SIG raster manipulant également des données en mode vecteur. Conçu pour l'aménagement rural dans les pays en développement.



◆ **GRASS**

- Développement : U.S.Army Corps of Engineers, Construction Engineering Research Laboratory, Etats-Unis.
- Un SIG raster.

◆ **IDRISI**

- Développement : Clark University, Graduate School of Geography, Etats-Unis.
- Plate formes supportées : compatibles PC.
- Un SIG raster bon marché.

◆ **SPANS**

- Développement : Tydac Technologies Inc, Ottawa Canada.
- Un SIG fondé sur l'organisation des données en quard-trees.

◆ **SYNERGIS**

- Développement : BRGM(Bureau de Recherches Géologiques et Minières), France.
- Plate formes supportées : station de travail DEC/VAX.
- Logiciel de traitement d'images à fonctionnalités de SIG raster.



Fondée en 1990 sous le nom d'ALSOFT, GeoConcept SA est une entreprise spécialisée dans la conception et l'édition de Systèmes d'Information Géographique (SIG) sur micro-ordinateurs. Dès l'origine, elle a placé une devise au cœur de sa stratégie :

"Intégrer la dimension géographique aux systèmes d'information des entreprises".[11]

Cette philosophie se concrétise dans l'édition d'une gamme de produits SIG haut de gamme pour micro-ordinateurs sous Windows 95/98/00 et Windows NT, articul

ée autour du système d'information géographique GeoConcept qui compte d'ores et déjà plus de 12000 utilisateurs en Europe.

GeoConcept SA s'est donné deux axes majeurs de développement :

- Affirmer la technologie GeoConcept comme un standard pour l'intégration de la dimension géographique dans les systèmes décisionnels.
- Affirmer GeoConcept comme complément ou alternative aux solutions SIG sur stations de travail.

Le choix de GeoConcept SA est de développer et diffuser une seule et même technologie SIG évolutive et capable de répondre, sous le même environnement et avec la même souplesse, aux besoins de la totalité des utilisateurs potentiels du marché de l'analyse cartographique et de l'intégration de cette dimension dans les systèmes décisionnels.

La gamme GeoConcept est diffusée en France depuis 1996, et au Royaume-Uni, Italie, Suisse, Belgique, et au Sud-Est Asiatique depuis 1997, depuis juin 2001 en Algérie.

Poursuivant sa logique d'expansion, GeoConcept SA s'attache désormais à développer des partenariats stratégiques et technologiques avec des acteurs internationaux. Ainsi des accords ont-ils été conclus, dès 1997, avec Business Objects, le leader mondial de l'informatique décisionnelle.



I.4. L'INTEGRATION DES DONNEES DE TELEDETECTION AU SEIN DU SIG

Parallèlement au développement de l'informatique et SIG, une nouvelle source de données localisées est apparue. Il s'agit de l'image numérique, en particulier celle obtenue par télédétection satellitaires (par exemple Satellite américain LANDSAT1 lancé en 1972, Satellite français SPOT 1 en 1986).

Les images satellitaires sont une source d'information de plus en plus employée sur l'état de surface de la terre. Les utilisateurs de données obtenues par télédétection ont en général pour objectif d'élaborer des documents cartographiques, ce que ne permettent pas les logiciels classiques de traitement d'images. Bien plus, il s'agit souvent de produire les cartes thématiques combinant l'information apportée par la télédétection avec des informations extérieures.

Les possibilités de production de cartes et d'analyses offertes par le SIG en font un cadre privilégié d'utilisation d'imagerie satellitaires.

L'apport de la télédétection dans une base de données géographiques se situe à trois niveaux :

- Comme source d'information.
- Comme outil de mise à jour de la base.
- Comme outil de suivi d'un phénomène, de par la répétitivité d'acquisition des images.

I.5. APPLICATIONS DES SIG

Les SIG sont désormais largement utilisés, aussi bien par les administrations que les collectivités territoriales, les services techniques municipaux, les gestionnaires de réseaux, les entreprises de travaux publics, les compagnies d'aménagement, les organismes responsables de la gestion de l'environnement. Les sociétés pétrolières, les banques, les instituts d'enseignement et de recherche.

Leur taille, en termes d'équipement informatique, de moyens humains, d'étendue spatiale et de volume de données, varie considérablement d'une application à l'autre. Au-delà de ces différences, quatre niveaux d'application peuvent être distingués. Ce sont, par ordre de complexité croissante :

- La cartographie.
- La gestion.
- L'analyse.
- La modélisation.

Les besoins d'informations géologiques numérisées se font de plus en plus nombreux, aussi bien dans les pays industrialisés que dans les pays en voie de développement. Il en résulte un besoin accru d'outils capables de traiter ces informations, ne se limitant pas à des possibilités des représentations cartographiques et de gestion des données localisées, mais offrent des fonctions performantes d'analyse et de simulation : un SIG doit être considéré comme un modèle du monde réel qui permet d'élaborer, de tester et de choisir des scénarios d'évolution pour l'avenir.

I.5.1. Les avantages des SIG par rapport à des outils traditionnels

- ▶ Les données sont stockées sous forme informatique donc condensées, elles peuvent être extraites très rapidement et à faible coût.



- ▶ L'outil informatique permet d'améliorer la précision et la vitesse d'exécution de certaines opérations réalisables manuellement : certaines mesures de l'espace, les transformations géométriques, la production de cartes sur papier.
- ▶ Une mise à jour rapide, voire en temps réel, est possible : elle permet de faire du SIG un outil de suivi.
- ▶ Certaines analyses, difficiles voire impossibles à réaliser manuellement, peuvent être effectuées à faible coût : l'extraction des pentes, les valeurs d'ensoleillement, la limite de bassin versant à partir de modèles numériques de terrain (MNT)....
- ▶ Des modèles faisant intervenir de nombreuses variables d'applications.

I.5.2. Inconvénients des SIG

Le principal inconvénient des SIG est leur coût :

✗ Le coût d'acquisition du matériel (ordinateur et périphériques) et du logiciel, même s'il peut paraître élevé, n'est pas le plus important, et il probable qu'il diminuera dans les années à venir.

✗ Bien plus conséquent est le coût d'acquisition des données sous forme numérique:
-Transformation des données analogiques existantes (cartes). -
Conversion de formats. - Prétraitement des données déjà numérisées.

Les données directement acquises sous forme numérique font exception.

✗ Pour initier un projet faisant appel à un SIG, il faut également disposer d'un personnel spécialisé, compétent, pour lequel il faudra prévoir une formation.

✗ A l'investissement initial s'ajoutent les coûts de maintenance, d'administration et de mise à jour de la base de données.

✗ Enfin, dans certains cas, le bénéfice obtenu en ayant préféré un SIG à des outils traditionnels est tout à fait marginal. Ce bénéfice reste bien souvent difficile à évaluer, d'autant que le SIG offre des fonctionnalités nouvelles, absentes des outils manuels.



CHAPITRE II
STRUCTURE GENERALE D'UN SIG



CHAPITRE II

SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE

II.1. FONCTIONS D'UN SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE

Un SIG est habituellement composé de quatre modules (figure II-1) :

- Acquisition des données
- Gestion de données
- Manipulation et analyse de données -
- Restitution des données

ACQUISITION DES DONNEES

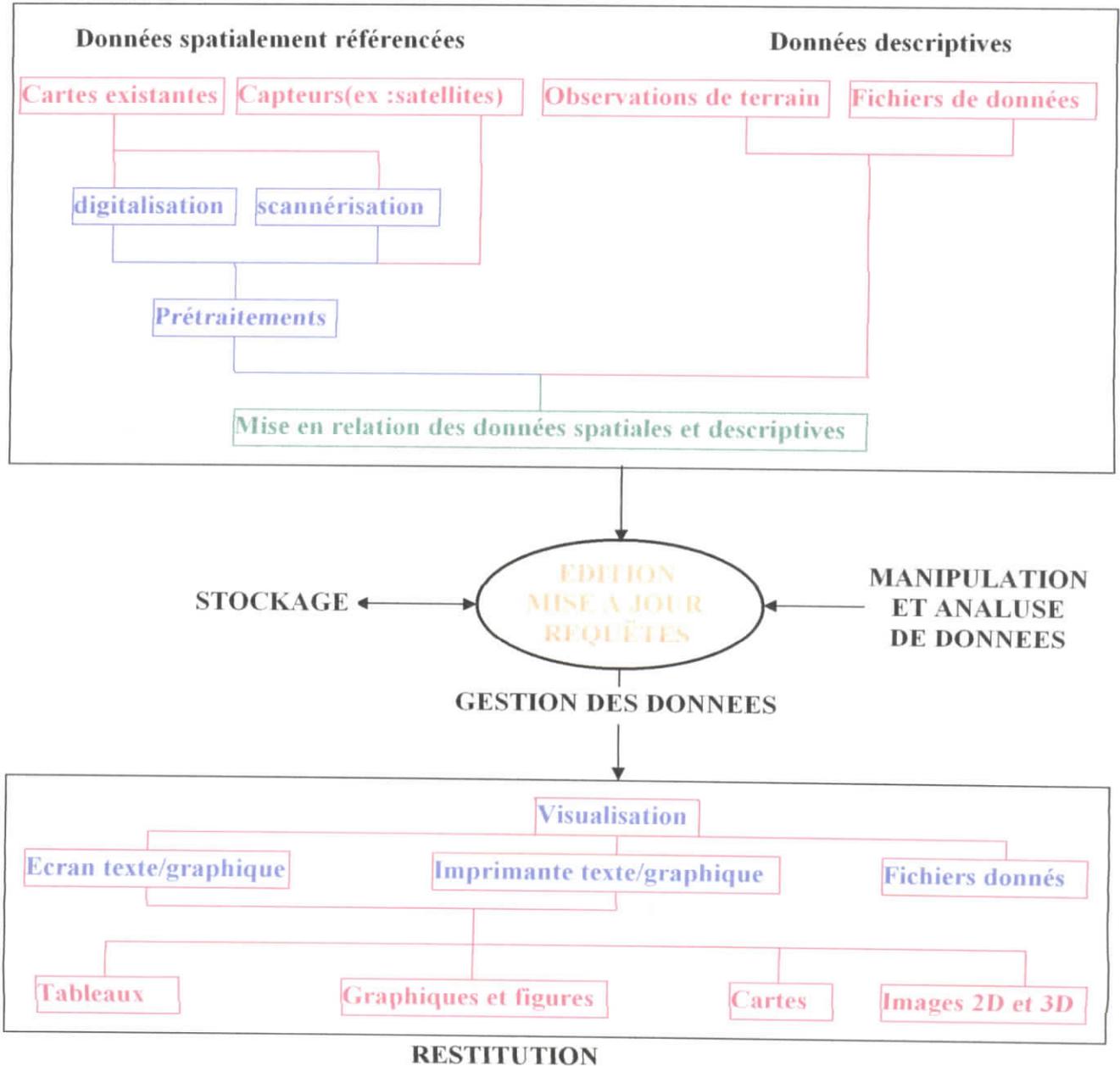


Figure II-1 :La structure générale d'un SIG



II.2. MODES DE REPRESENTATION DES DONNEES GEOGRAPHIQUES :

Tous les objets spatiaux peuvent être décrits par trois classes de propriétés :

- Leur position à la surface de la terre.
- Les relations spatiales qu'elles entretiennent avec d'autres objets.
- Leurs attributs (caractères descriptifs non graphiques).

Quelle que soit la structure de données adoptée dans le SIG, elle doit être capable de rendre compte correctement de ces trois types de propriétés. Comme les attributs d'un objet peuvent changer dans le temps sans qu'il y ait modification de la position ou de la forme de l'objet, il est judicieux de séparer le codage des données graphiques et non graphiques. De la même manière, une limite séparant deux unités spatiales peut être modifiée sans que les attributs de ces deux unités subissent aucune altération.

Il existe deux modes de présentation des données spatiales (Figure II-2):

- Le mode raster
- Le mode vecteur

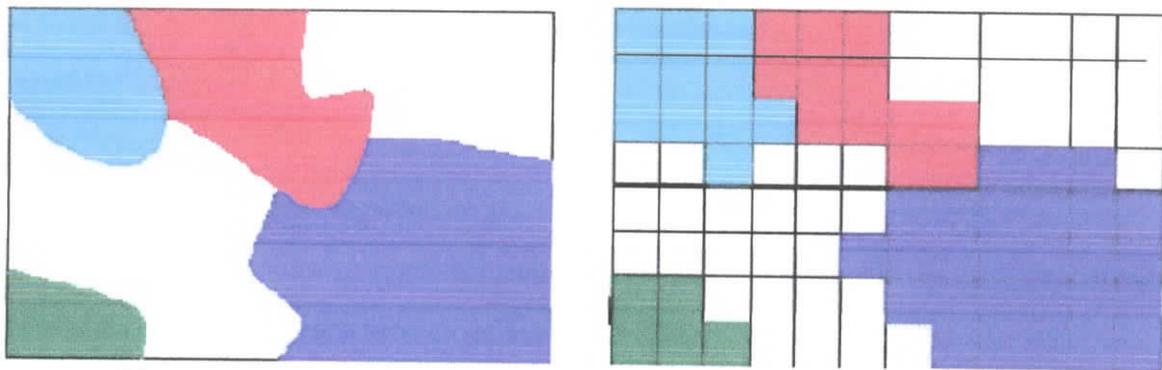


Figure II- 2 : Modes de représentation vecteur (à gauche) et raster (à droite)
(D'après P.Longlois-Croswell, 1990)

- Le mode *raster* : correspond à une division régulière de l'espace sous forme de cellules rectangulaires ou carrées. Il est fortement lié à la notion d'image. Chaque cellule (ou pixel) est référencée en ligne et en colonne. Elle contient une valeur correspondant à une grandeur numérique (valeur radiométrique par exemple) ou alphanumérique (dans ce cas on lui attribue un code correspondant à la taille occupée par un pixel sur le terrain. Elle correspond à la taille des plus petits objets que l'on pourra identifier, les relations spatiales sont implicites : la connectivité est une propriété inhérente à ce mode de représentation. Les images satellitaires et les MNT (modèles numériques de terrain) en sont des exemples.
- Le mode *vecteur* : permet la représentation des objets dans un espace continu, et non pas discrétisé. Les objets et leurs limites sont localisés avec précision dans un référentiel géographique ou cartésien. Cette structure de données est liée à la notion de carte.

II.2.1 Méthodes de compaction des données raster

Un inconvénient majeur du mode de représentation raster est qu'il exige de larges volumes pour le stockage des données. Ces volumes peuvent être considérablement réduits en faisant appels à des méthodes de compaction. L'amélioration est particulièrement sensible dans le cas où de volumineux amas de cellules contiguës auraient la même valeur.

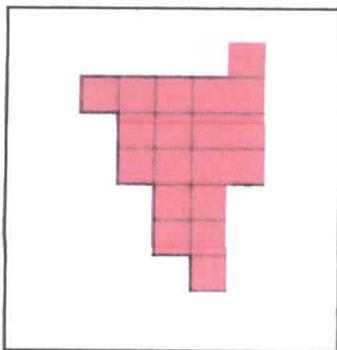
➤ *Chain – code* : les frontières des régions (amas de pixels contigus) sont codées sous forme d'une liste de valeur indiquant l'orientation (Nord, Sud, Est, Ouest...) des limites.



- Run – length codes : chaque ligne est codée sous forme d'une liste de doublets (valeur, nombre de cellules contiguës ayant cette valeur).
- Block- codes : il s'agit de l'extension dans l'espace à trois dimensions des Run – length codes. La zone à représenter est divisée en blocs carrés de tailles différentes.
- Quad-trees (figure II-3) : la région est découpée régulièrement en carrés, où quadrants, chaque quadrant étant divisée à son tour, et ainsi de suite jusqu'à ce que tous les pixels du quadrant aient la même valeur.

**Région**

0	0	0	0	1	1	0	0
0	0	1	1	1	1	0	0
0	0	1	1	1	1	1	0
0	0	0	1	1	1	1	0
0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

Binary Image**Regional Quadtree****Figure II-3** : Région- Binary Image- Regional Quad tree

➤ Les quad - trees : Constituent un moyen efficace pour stocker des données, mais sont inadaptés au codage de données hétérogènes, images satellitaires classées ou modèles numérique de terrain (MNT) par exemple. Leur principal avantage est leur résolution spatiale variable. Bien que le croisement de cartes soit facile à réaliser en combinant deux Quad – trees, d'autres analyses, comme la reconnaissance de forme et les opérations de voisinage, sont très difficile à mener à bien. Cependant, certains fabricants de logiciels ont développé leur produit sur cette structure de données.

II.2.2 Mode de représentation vecteur

Le mode vecteur répond au souci de représenter un objet de manière aussi exacte que possible. Les objets spatiaux peuvent être représentés sur une carte par des points (ex : forage, point géodésique), des lignes (ex : routes et oueds) ou des surfaces (ex : commune, unité géologique).

Les objets spatiaux sont décrits, rappelons le par :



- Leur position.
- Leurs relations spatiales avec d'autres objets.
- Leurs attributs (caractères non spatiaux)

a. Codage de la position

L'espace des coordonnées est supposé continu. Le repère utilisé pour localiser les objets peut être géographique (longitude, l'altitude) ou cartésien. Ainsi, un point est désigné par ses coordonnées (long, lat) ou (x, y). Une ligne continue est codée de manière approchée par une ligne brisée, suite de points repérés par leurs coordonnées. Elle peut aussi être définie de manière paramétrique, par un nombre limité de points et une fonction associée (ex : rectangle, cercle, fonction de spline de lissage, figure II-4). Un polygone (surface) est décrit par une ligne fermée.

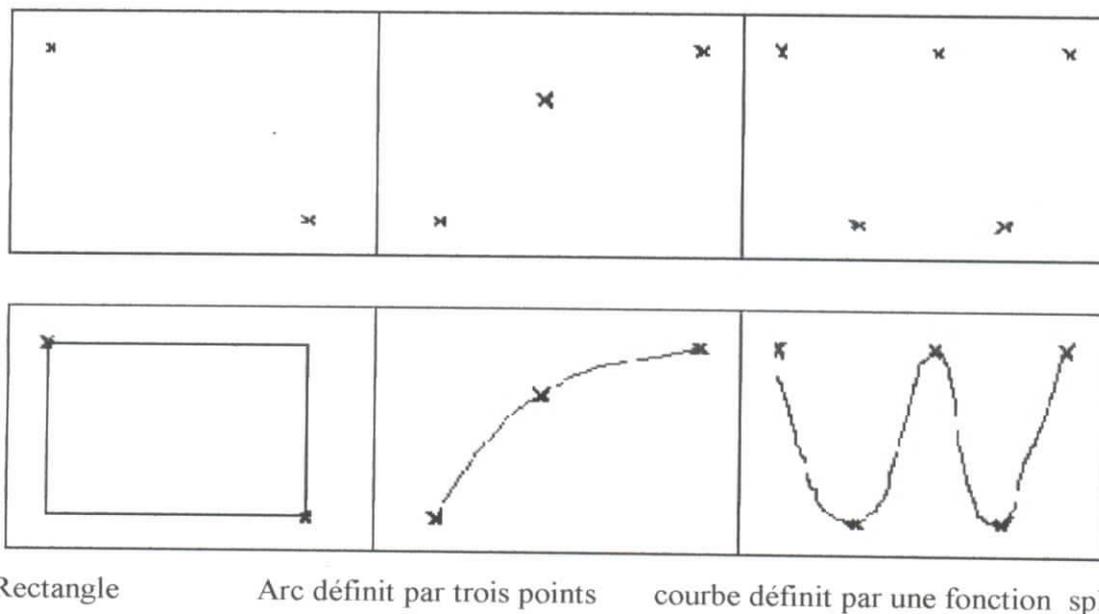


Figure II. 4 : Codage de données en mode vecteur par paramètres
(D'après P Lonçlois-Croswell 1990)

b. Codage des relations spatiales : la topologie

On appelle topologie, le codage des relations existant entre des entités spatiales.

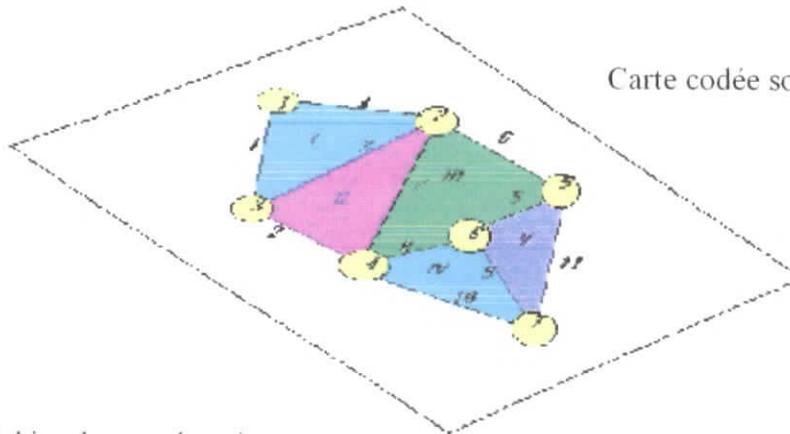
Un réseau topologique est un graphe planaire constitué d'arcs connectés entre eux par des nœuds. Des suites fermées d'arcs peuvent définir des polygones.

Plusieurs niveaux de topologie peuvent être rencontrés dans des SIG et logiciels assimilés :

- Pas de topologie : les coordonnées des limites de polygones sont stockées autant de fois qu'il y a de polygones, il y a duplication des contours.
- Nodalité : les coordonnées des nœuds ne sont stockées qu'une fois, mais les relations d'adjacence entre polygone ne sont pas codées.
- Topologie complète (figure II-5) : les coordonnées des nœuds et des arcs ne sont stockées qu'une fois, les relations des types suivants sont codées :



- Un arc est orienté du nœud N1 au nœud N2.
- Un arc sépare le polygone P1 à gauche du polygone P2 à droite.
- Un polygone est limité par les arcs A1...An.
- Un polygone P1 est une île incluse dans le polygone P2.



Carte codée sous forme de réseau

Fichier de coordonnées

nœud	x	y
1	23	8
2	17	17
3	29	18
4	26	21
5	8	26
6	22	30
7	24	38

Figure II- 5 : Codage de la topologie
(D'après Marble, Calkins et Peuquet .1984)

Le codage de ces relations dans la base de données géographiques est indispensable pour mener à bien des analyses spatiales.

II.2.3 Comparaison des représentations raster et vecteur

La mode raster offre l'avantage d'être simple car les données sont stockées sous forme de tableaux et sont de ce fait très facile à manipuler par un ordinateur. Certains données (images satellitaires, MNT) se présentent directement sous cette forme et leur acquisition est immédiate. De même, les croisements de données sont très faciles à réaliser, puisque toutes les grandeurs sont ramenées à la même unité de base, la cellule (ou pixel). Enfin, les données en mode raster se prêtent très bien à certains types de traitement numériques, classiques en traitement d'images : Filtres, convolutions, classification, analyses de contiguïté et de connectivité.

Les inconvénients du mode raster résident dans :

- ✓ L'importance de la capacité mémoire nécessaire à stocker les données.
- ✓ La manque de précision du positionnement et des mesures de distances et de surfaces.
- ✓ L'impossibilité de réaliser certains opérations topologiques, la recherche du plus court chemin dans réseau par exemple.



- ✓ La qualité médiocre des documents obtenus en sortie.

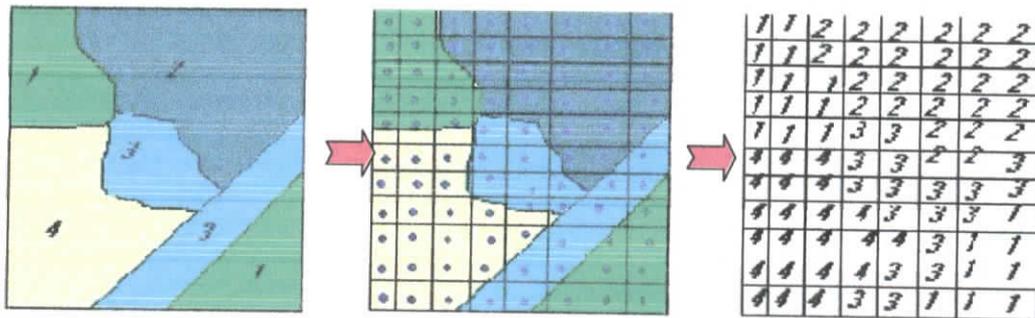
La mode vecteur donne des objets une représentation plus conforme au monde réel. L'espace des coordonnées est continu et non discrétisé, la localisation des objets, leurs dimensions, les distances, sont calculées avec précision. Le volume de la base de données est fonction de la complexité des arcs et des polygones, et de la densité des points servant à représenter les arcs. Le codage de la topologie exige au moins autant l'espace mémoire que le stockage des simples coordonnées. On peut obtenir en sortie des documents de grande qualité.

En contrepartie, les croisement de couches informations sont délicats, font appel à des algorithmes complexes et nécessitent une topologie parfaite. Des erreurs comme un polygone mal fermé ou un arc dupliqué, surgissent fréquemment. Elles sont difficiles à détecter et altèrent la topologie.

Aucune de ces deux structures de données ne convient pour toutes les applications, et le choix d'un mode de représentation se fera en fonction des types de traitement que les données auront à subir.

Le problème du choix est simplifié dès lors qu'existent des algorithmes de conversions de données vecteur à raster et réciproquement (figure II-6).

1°) conversation vecteur-raster



2°) conversation raster –vecteur

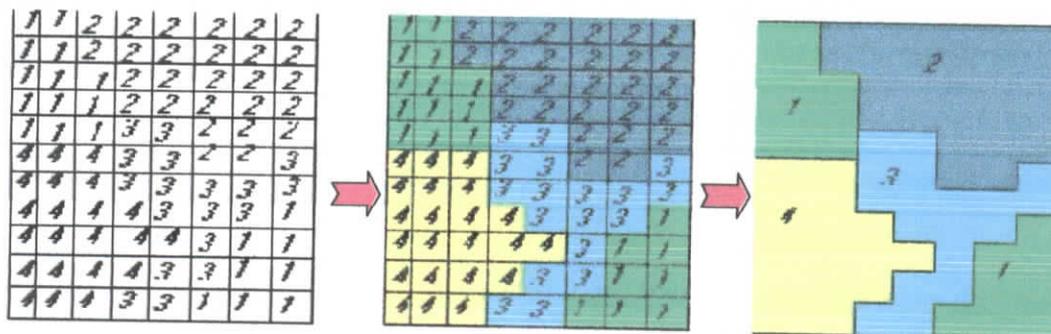


Figure II.6 : Conversations de vecteur à raster et de raster à vecteur
(D'après G.Robinson Barker, 1988)

II.3. STRUCTURE GENERALE DES BASES DE DONNEES GEOGRAPHIQUES

II.3.1 Modèles classiques de bases de données

On peut considérer une base de données comme étant un ensemble de données quantitatives et qualitatives réparties dans des fichiers. Suivant la manière dont ces fichiers sont organisés, on pourra classer les SGBD en trois modèles principaux :



- Le modèle hiérarchique, basé sur l'établissement de liens purement hiérarchiques (père-fils) entre fichiers.
- Le modèle réseau, basé sur l'établissement, par l'utilisateur, de liens multiples entre fichiers.
- Le modèle relationnel, basé sur la manipulation de fichiers indépendants, appelés tables ou relations, construits de telle sorte que les liens entre fichiers sont implicites, peuvent être multiples, associent des collections d'objets de cardinalité quelconque et n'ont pas à être déclarés par l'utilisateur.

Le modèle relationnel a pour principaux avantages sa grande flexibilité et sa facilité d'emploi. C'est pourquoi c'est actuellement le modèle le plus répandu dans les SGBD du commerce.

II.3.2 L'approche par couches thématiques

Dans un grand nombre de SIG, le monde réel est modélisé sous la forme de couches d'information séparées, relatives à différents thèmes (par exemple le réseau hydrographique, les sols, la végétation, les bâtiments). Ces couches d'information pourront par la suite être recombinaisonnées pour analyse, ou simplement superposées pour visualisation. Elles sont souvent nommées couvertures (figure II-7). Ce concept, auquel les cartographes sont accoutumés, s'appuie largement sur une structure de base de données relationnelle. Il a été adopté par de nombreux fabricants de SIG.

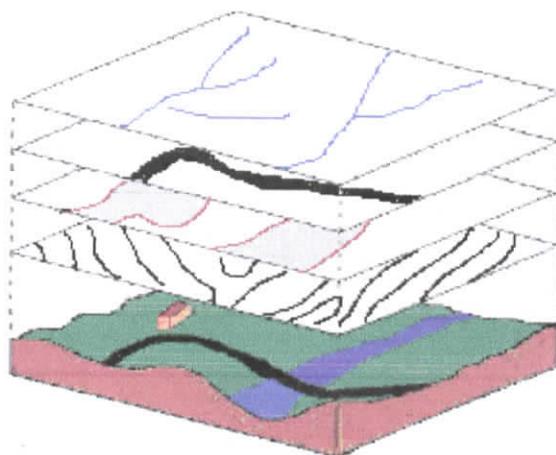


Figure II.7 : Le concept des couches d'information

II.3.3 L'approche orientée objet

Le monde réel est modélisé sous la forme d'un ensemble d'objets groupés en classes et entretenant entre eux des relations des diverses natures. L'organisation de la base données mêle les principes des modèles hiérarchique et réseau. La base de données est continue, il n'existe aucune partition de l'espace et aucune division par thème.

Tous les objets d'une même classe partagent un ensemble de propriétés et de méthodes. Les propriétés couvrent une notion plus large que celle d'attributs quantitatifs ou qualitatifs, puisqu'elles englobent aussi des textes, des graphiques, des images, des sons. Les méthodes sont les actions qui peuvent être appliquées sur les objets et qui sont caractéristiques de leur classe. D'autres part, les classes héritent hiérarchiquement des propriétés et méthodes de la classe de rang supérieur. Ainsi, une classe 'bâtiment' héritera d'une classe « polygone », ses propriétés (surface, périmètre) et ses méthodes (le contour est correctement fermé).



Les notions de messages et de déclencheurs sont propres à l'approche orientée objet : Des messages peuvent être échangés entre classes d'objets, les déclencheurs sont un ensemble de conditions qui, lorsqu'elles sont remplies, déclenchent automatiquement l'exécution d'une action.

Ce modèle a d'abord été développé pour aider la saisie de données numériques par photogrammétrie, des objets très différents étant alors numérisés en une seule étape et pour constituer une base de données unique. Il a été adopté par plusieurs fabricants, qui utilisent ce concept comme argument de vente.

Le modèle orienté objet est en principe capable de gérer des objets bien plus complexes que le modèle relationnel. Il est en outre mieux adapté à la mise en œuvre de l'intelligence artificielle.

II.4 ACQUISITION DES DONNEES

Le transfert de données d'une carte sous forme numérique est l'une des étapes les plus longue et coûteuse de la mise en place d'un SIG. Quelle que soit la méthode utilisée, manuelle ou automatique, des erreurs apparaissent, aussi la saisie de données doit être suivie par une vérification et une correction des erreurs. Les données spatiales, quant à elles demandent souvent des prétraitements préalables à leur utilisation.

II.4.1 Entrée des données spatialement référencées

Différents modes d'entrée sont envisageables :

- Mode manuel : entrée au clavier des coordonnées des points (mode vecteur) ou des valeurs des cellules (mode raster).
- Récupération de fichiers en mode vecteur sous différents formats d'échange, avec ou sans topologie.
- Récupération de données en mode raster : Image satellitaires brutes ou, le plus souvent classées, modèles numériques de terrain, données d'échantillonnage en maille.

a. Digitalisation

On utilise une table à numériser (figure II.8), qui permet de transférer dans un fichier les coordonnées des points de la surface de la table désignés par un opérateur au moyen d'un réticule. Les points peuvent être séparément (points isolés) ou en série définissant des lignes. Dans ce dernier cas, deux options sont possibles :

- Digitalisation point par point : un point n'est saisi que lorsque l'opérateur presse le bouton.
- Digitalisation en continu : Les points sont saisis à intervalles de temps réguliers, alors que l'opérateur suit le contour à numériser.



Figure II-8 : Table à numériser

La digitalisation est une opération longue et difficile, mais elle demande peu de ressource informatique : un micro-ordinateur, qui peut être séparé du système gérant la base de données, est suffisant.

b. Scannérisation

Les organismes qui doivent faire face à l'acquisition d'un grand nombre de données doivent envisager des solutions rapides et automatiques de numérisation : la scannérisation. Un scanner (figure II-9) est un instrument qui permet de lire un document sur support papier et de le transformer en fichier numérique.

Un scanner de type raster fonctionne selon le principe qu'un point à la surface du document ne peut être que blanc ou noir. Il comporte une source lumineuse (souvent un laser) et un récepteur (souvent une caméra CCD) qui détecte si le rayon est interrompu ou non par le document, et transmet un code binaire au fichier de données. Il existe aussi des scanners de type vecteur, qui peuvent suivre des contours mais exigent l'intervention d'un opérateur.



Figure II-9 : Scanner format A4

II.4.2. Entrée des données descriptives

L'entrée des données descriptives peut se faire selon plusieurs méthodes :

- Par saisie manuelle au clavier : les SGBD traditionnels sont souvent mieux adaptés que les SIG pour cette tâche (possibilité de masques de saisie).
- Par récupération de fichiers de données créés par ailleurs.
- De manière interactive : l'utilisateur choisit une entité spatiale et y affecte directement des attributs descriptifs.

II.4.3. Etablissement du lien entre données spatiales et descriptives

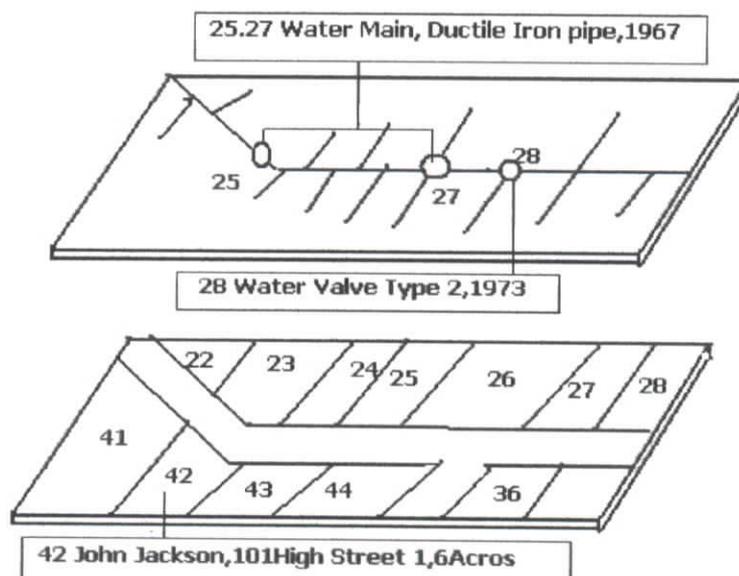


Figure II-10 : Lien entre données spatiales et données descriptives : Exemple de milieu urbain
(D'après P. La Glois-Croswell, 1990)

Aucun lien ne peut être établi si la topologie n'a pas été construite et les entités spatiales identifiées par un label. Les identifiants peuvent être saisis au moment de la digitalisation. Dans le cas d'une scannérisation, ils doivent être ajoutés plus tard. N'importe quelle donnée attributaire peut être attachée à une entité spatiale, du moment que leurs identifiant correspondent.

II.4.4. Vérification et correction des erreurs

Toutes les données, spatiales et descriptives sont entachées d'erreurs ou d'imprécisions, et ce quel que soit le mode d'acquisition l'opération consistant à établir le lien entre données spatiales et descriptives est un bon moyen de vérifier les erreurs :

- Les entités spatiales peuvent être mal positionnées ou avoir une forme erronée.
- Un arc manquant ou un polygone mal fermé conduisent à un polygone à deux labels
- Un grand nombre de petits polygones allongés révèlent des arcs dupliqués.
- Des labels manquants correspondent à des données descriptives incomplètes ou à une erreur de codage.

Les SIG offrent tous les outils d'édition nécessaires pour résoudre facilement et rapidement ces problèmes. L'édition est une tâche interactive très coûteuse en temps.



II.4.5 Prétraitement des données spatiales

Avant d'être stockées définitivement dans la base et utilisées à des fins d'analyse, les données spatiales doivent subir un certain nombre d'opérations de prétraitement :

- Création de la topologie et affectation de centroïdes ou labels aux polygones (étape obligatoire).
- Vectorisation et nettoyage des données scannées.

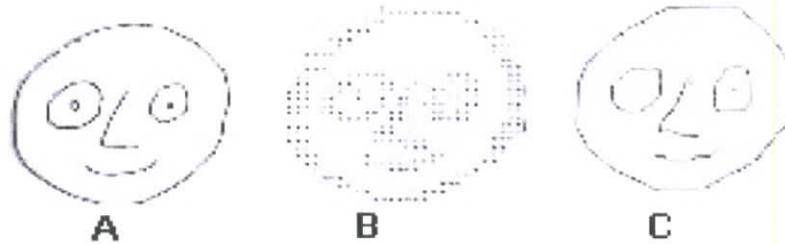


Figure II-11 : Vectorisation d'une image scannée (A) Image origine, (B) Matrice de pixels résultant du scannage, (C) Image vectorisée lissée
(D'après P.A Burrough. 1985).

- Conversion de structure de données : vecteur/raster ou raster/vecteur.
- Conversion de format : passage d'un format d'échange au format propre au logiciel.
- Opérations géométriques : Translation, rotation, changement d'échelle, changement de système de projection (figure 11) :

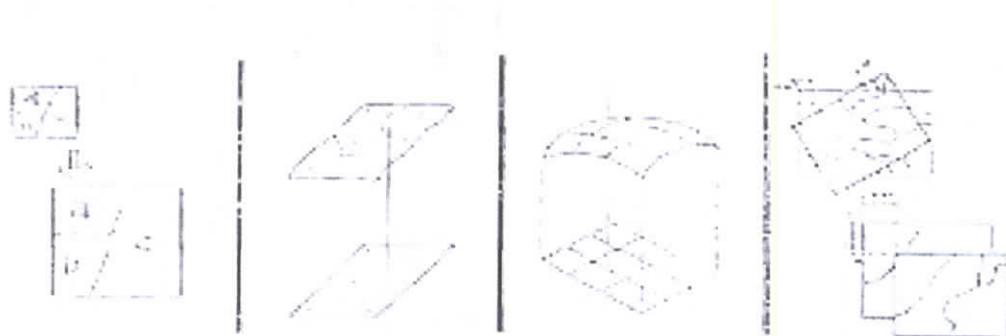


Figure II-12 : Exemples d'opérations géométriques éliminations des distorsions
(D'après Marble Calkins et Peuquet, 1984).

- Elimination des distorsions, en particulier pour ajuster des documents issus de photo-interprétation à un repère cartographique. Cette opération est connue sous le nom d'étirement élastique (en anglais : Rubber sheeting) (figure II.12)
- Assemblage de zones adjacentes et ajustement des bords.



II.5. GESTION DE DONNEES

Les fonctions de gestion de données d'un SIG sont fondamentalement celles d'un SGBD. Elles comprennent le stockage, l'édition, la mise à jour et l'extraction de données.

II.5.1. Fonctions générales de gestion de données

Gardarin (1988) résume les principaux objectifs d'un SGBD :

- *Indépendance physique* : La manière dont les données sont stockées, structurées et accédés par le système doit être indépendante de leur organisation dans le monde réel.
- *Indépendance logique* : Chaque classe d'utilisateur ou groupe de travail doit avoir de la base de données sa propre vue, indépendante de la structure globale de la base.
- *Manipulation des données par des non-informaticiens* : L'utilisation doit pouvoir décrire facilement les données et y accéder facilement grâce à une interface-utilisateur simple, par menus emboîtés ou langage de commandes naturel.
- *Efficacité des accès aux données* : Les algorithmes de recherche dans les fichiers doivent être efficaces afin de limiter les temps d'accès, en particulier les accès-disque.
- *Administration centralisée des données* : Certaines fonctions du SGBD, dites d'administration de la base, doivent être réservées à un groupe limité de personnes qualifiées.
- *Non-redondance des données* : Le SGBD doit autant que possible limiter des duplications inutiles de données qui alourdiraient les tâches de mise à jour et augmenteraient les risques d'erreurs et d'incohérences.
- *Cohérence des données* : Le SGBD doit veiller à ce que les données qu'il manipule respectent des règles de cohérence préalablement définies par l'utilisateur.
- *Partageabilité des données* : Le système doit permettre à des utilisateurs multiples d'accéder simultanément aux données et doit être en mesure de gérer les accès concurrents sans que cela se traduise par une lourdeur pour les utilisateurs.
- *Sécurité des données* : Les droits d'accès aux données (accès en lecture et en écriture, droit d'exécuter une commande) doivent être contrôlés et répartis entre différentes catégories d'utilisateurs.

II.5.2. Stockage des données

La taille de la plupart des bases de données géographique demande d'importants espace de stockage. Comme il est coûteux de maintenir une base de données sur disques magnétiques, les données sont habituellement stockées sur bandes magnétiques. Les disques optiques numériques (CD) sont un support idéal pour la distribution de vastes bases de données géographiques.

II.5.3. Edition de données

On a recours à l'édition lorsque les données entachées d'erreurs doivent être corrigées. Cette opération manuelle et interactive étant très fastidieuse, le module d'édition doit être très efficace et convivial.

Les principales opération d'édition sont les suivantes :

- Ajouter des entités.
- Détruire des entités.
- Déplacer des entités.
- Faire pivoter/changer d'échelle des entités.



- Fermer des polygones.
- Changer la forme d'un arc (le redigitaliser partiellement).
- Lisser un ensemble d'arcs.
- Généraliser un ensemble d'arcs en supprimant des points intermédiaire (dans le but d'une visualisation à plus petite échelle).
- Ajuster une entité sur une autre.
- Ajouter un attribut.
- Supprimer un attribut.
- Changer la valeur d'un attribut.

II.5.4. Mise à jour de données

Suivant la vitesse à laquelle les données spatiales changent et suivant l'importance des modifications, la mise à jour prendra la forme d'une simple édition ou d'une reprise complète du travail de terrain et des traitements suivants. L'utilisation de photographies aériennes ou d'images satellitaires peut être une aide précieuse dans le maintien d'une base de données fiable et à jour.

II.5.5. Extraction de données

L'extraction d'information peut se faire soit par consultation exhaustive des fichiers, soit en formulant des requêtes. Il existe deux principaux types de requêtes dans un SIG (figure II-13) :

- 1) Identifier un objet dont on connaît la localisation et donner ses caractéristiques (attributs).
- 2) Donner la liste des objets ayant certaines propriétés et visualiser leur localisation.

Ces « propriétés » peuvent être une valeur donnée ou un ensemble de valeurs d'un attribut mais aussi des propriétés spatiales du type à l'intérieur d'un cercle d'un rectangle ou d'un polygone ou à une distance inférieure à x mètres d'un objet donné. Les requêtes complexes exigent souvent qu'une opération d'analyse ait été préalablement effectuée. Le langage de requête peut être propre au logiciel utilisé. Mais, on s'oriente de plus en plus vers des langages d'interrogation standardisés (le plus répandu étant SQL dans le cas de bases de données relationnelles), dont les fonctionnalités doivent être étendues de bases de données à incorporer dans une même formule de requête des critères spatiaux et non spatiaux.

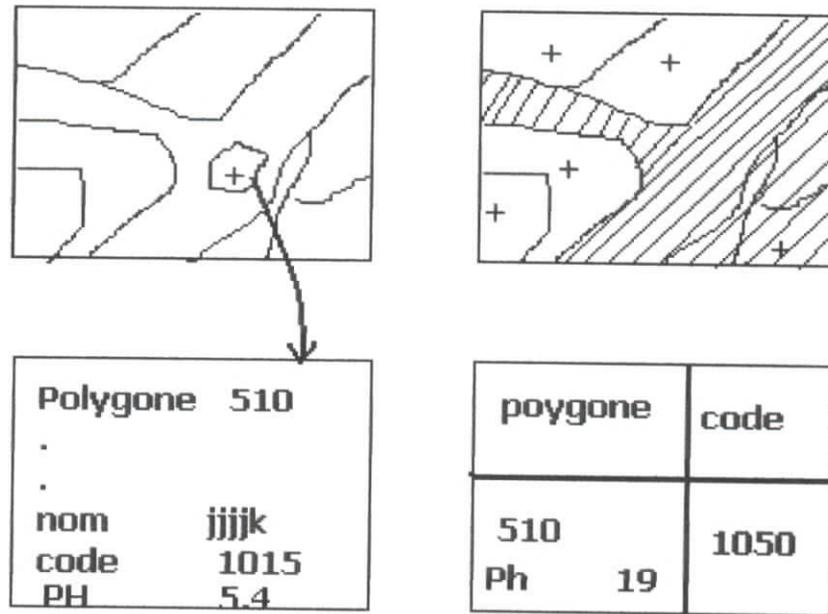


Figure II-13: Les deux catégories de requêtes formulables dans un SIG.

L'efficacité des opérations d'interrogation dépend largement du volume de la base de la méthode utilisée pour le codage des données spatiales et de la conception de la structure des fichiers. Des procédures de recherche efficaces existent pour les fichiers de données non localisées. La recherche d'entités spatiales, quant à elle, met en œuvre des procédures complexes, un index spatial peut être construit en divisant successivement la région en rectangles, en suivant la même procédure que pour les quad-trees. Cette partition de l'espace est cachée à l'utilisateur.

II.6. MANIPULATION ET ANALYSE DE DONNEES

La principale spécificité d'un SIG, par rapport aux systèmes de CAO/DAO et aux SGBD traditionnels, est la vaste gamme de possibilités de manipulation et d'analyse des données spatiales offerte par le SIG. Ce paragraphe se propose d'en recenser l'essentiel.

II.6.1. Mesures de l'espace

- Distance entre deux points.
- Distance le long d'un arc.
- Périmètre d'un polygone.
- Surface d'un polygone.
- Direction d'une droite.
- Angle entre deux droites.
- Variation d'une grandeur le long d'un arc.
- Calculs de volumes (remblais/ déblais).
- Nombre de points ou autres entités spatiales contenus dans un polygone ou à une certaine distance d'une autre entité.

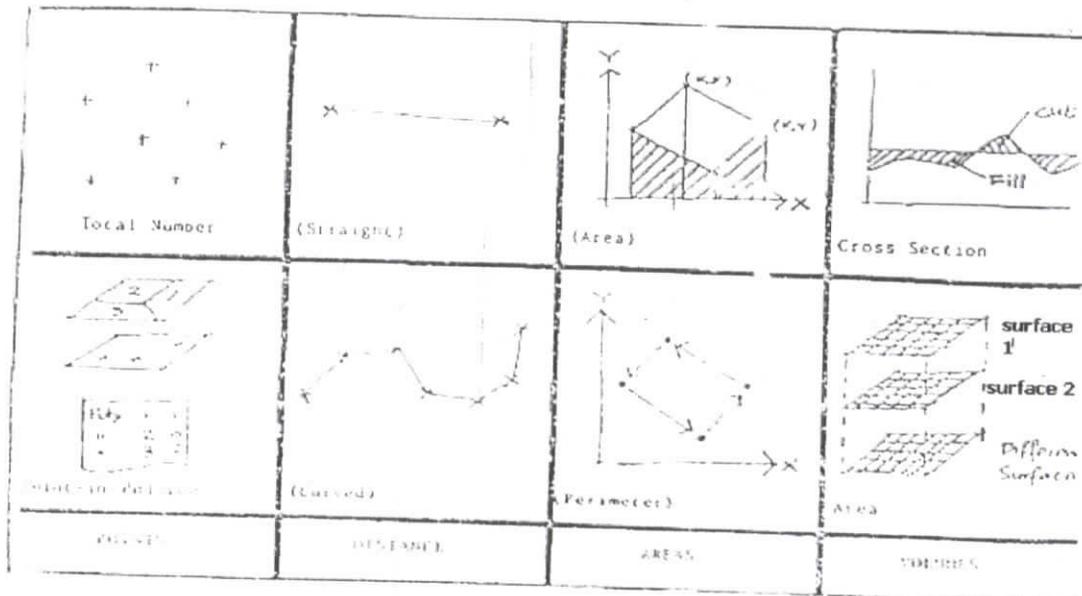


Figure II-14 : Quelques exemples de mesures de l'espace
(D'après Marble, calkins et Peuquet, 1984)

II.6.2. Reclassification agrégation

La reclassification est l'affectation d'une valeur à un attribut descriptif d'un polygone en fonction des valeurs prises par d'autres attributs. Cette opération peut être suivie d'une agrégation, qui consiste à fusionner les polygones voisins ayant une propriété commune, la même valeur pour un attribut, par exemple (figure II-15). L'agrégation implique la dissolution de limites polygones et la reconstruction du réseau topologique.

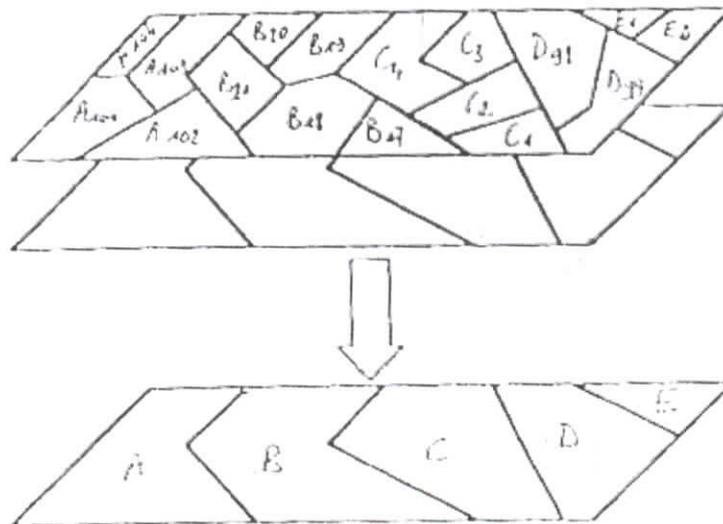


Figure II.15 : Reclassification agrégation
(D'après P.Langlois-Croswell, 1990).



II.6.3. Croisement de cartes

Il s'agit de la combinaison de deux ou plusieurs couches d'information :

a. En mode raster

Le mode raster se prête particulièrement au croisement, toutes les données étant ramenées à la même maille : Il permet notamment les combinaisons booléennes (ou, et, non ou exclusif) et les opérations numériques : opération de base, valeurs maximale, minimale, moyenne, médiane, autres fonctions mathématiques.

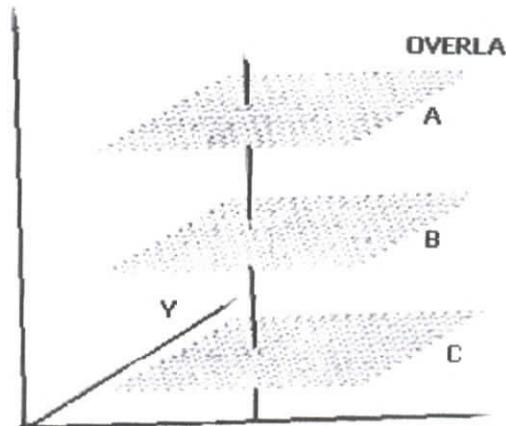


Figure II-16 : Croisement de cartes en mode raster
(D'après P.A Burrough, 1986)

b. En mode vecteur

Le croisement de deux réseaux topologiques de polygones est très comparable à l'opération de jointure de l'algèbre relationnelle. C'est pourquoi on parle parfois de jointure spatiale. A partir de l'intersection de deux couvertures, une troisième est créée, dont chaque polygone hérite de l'information des deux couches superposées. Le croisement ne peut être réalisé que si la topologie a été élaborée. Bien que cette opération paraisse évidente à un cerveau humain, elle fait appel à des algorithmes complexes et exige de lourds moyens de calcul.

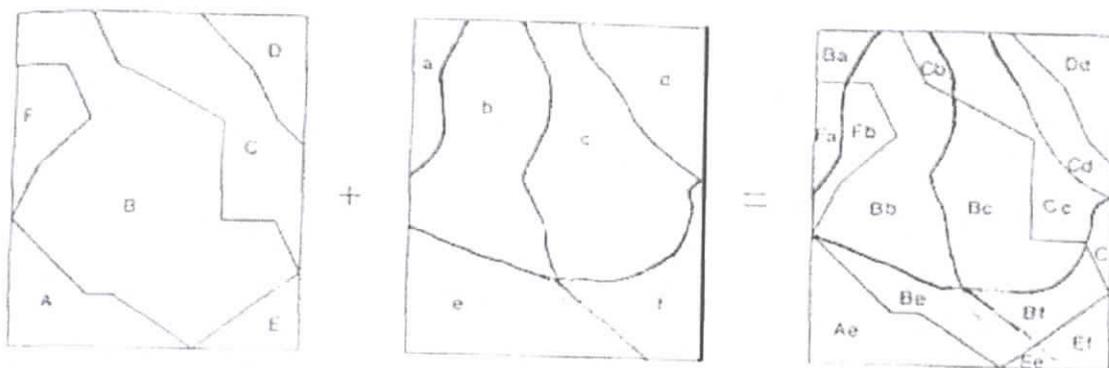


Figure II-17 : Croisement de cartes en mode vecteur
(D'après P.A. Burrough. 1986)



c. Interprétation du résultat d'un croisement

Le croisement de données soulève des problèmes fondamentaux quant à la qualité du résultat et son interprétation :

- Les données spatiales à croiser doivent être représentées dans le même référentiel.
- La qualité (précision, fiabilité) des données spatiales peut être très différente entre les deux ensembles de départ. Certains contours ont pu être placés de manière tout à fait arbitraire, et ne représentent que très imparfaitement des limites floues.
- Il résulte souvent du croisement de couvertures de polygones une multitude de petits polygones, apparemment insignifiants. L'utilisateur souhaitera généralement s'en débarrasser et tout le problème consistera à séparer les polygones porteurs d'une information thématique utile de ceux qui traduisent un effet de « bruit de fond ».

Il convient donc de préparer les croisements avec prudence et d'en interpréter le résultat avec circonspection, en particulier lorsque les données croisées sont très hétérogènes quant à leur niveau de précision, l'unité (agrégat) de base de leur représentation et leur nature même. Le cas se présente typiquement lorsque l'on souhaite confronter une réalité physique (sols, végétation) avec des données statistiques relatives au milieu humain (démographie, activités humaines).

II.6.4. Analyse statistique

Un bon système doit fournir des statistiques de base sur les données descriptives : moyennes, écarts-types, minimum, maximum, médiane, histogrammes. Il peut aussi mener des analyses plus poussées, comme des régressions, classifications, analyse en composantes principales, analyse multivariée. Certaines de ces méthodes sont courantes en traitement d'images, mais rarement mises en pratique dans les SIG. Un SIG ne doit pas d'ailleurs pas être un logiciel de statistiques mais il doit être facilement interfacé avec un tel outil.

Les opérations d'analyse suivantes sont souvent rassemblées sous le nom d'analyse de voisinage, car elles mettent en œuvre les relations spatiales existant entre objets plus ou moins éloignés.

II.6.5. Analyse de proximité

L'analyse de proximité consiste à déterminer l'ensemble des points situés à une distance maximale d'une entité spatiale donnée. Ces points définissent une zone circulaire autour d'un point isolé, un corridor ou couloir autour d'un arc, une zone-tampon autour d'un polygone.

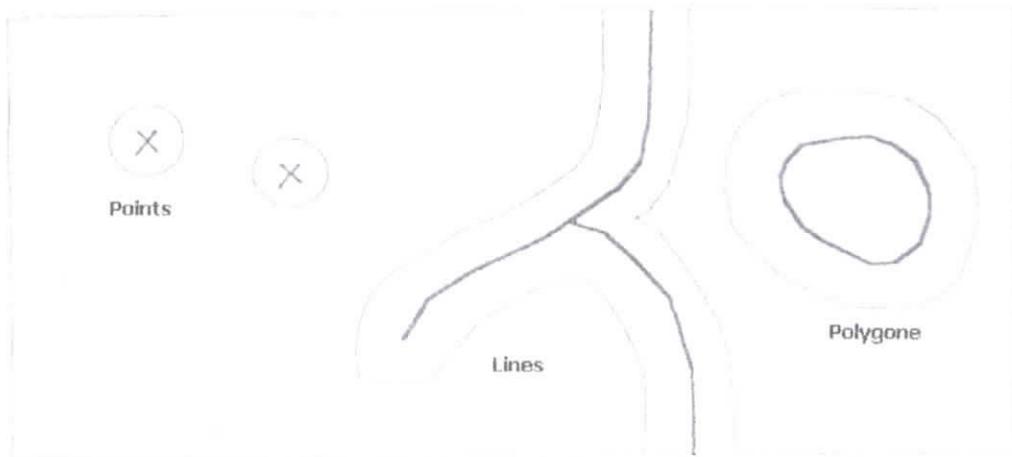


Figure II-18 : Analyse de proximité
(D'après P.Langlois-Croswell, 1990)

II.6.6. Analyse de contiguïté

L'analyse de contiguïté (figure II-19) est utilisée en mode raster. Elle consiste à affecter à un pixel une valeur dépendant de la valeur de ses voisins. Cette opération est connue en traitement d'image sous le nom de filtrage ou de convolution. On peut citer, à titre d'exemple, les filtres somme moyenne, médiane, majorité, indice de diversité, gradient, laplacien..... Une autre application importante est le calcul de la pente et de l'exposition, à partir d'un modèle numérique de terrain.

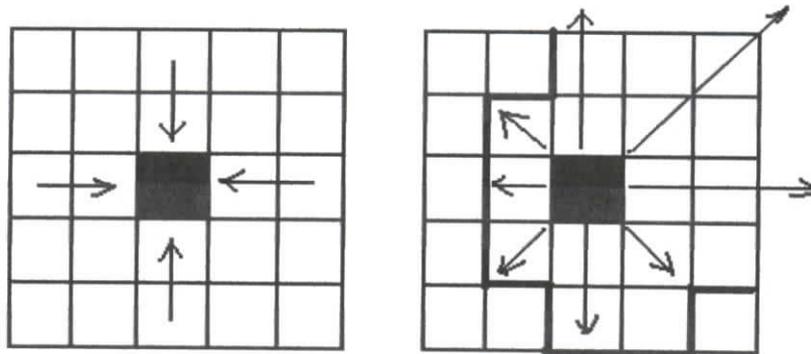


Figure II-19 : Principe des analyses de contiguïté (à gauche) et de connectivité (à droite).

II.6.7. Analyse de connectivité

L'analyse de connectivité (figure II-19) consiste à déterminer les limites d'une région en recherchant, à partir d'un point et dans toutes les directions de l'espace, le premier point vérifiant une propriété particulière. Les principales applications :

- La détermination des limites de bassins versants à partir d'un MNT et de la position de l'exutoire.
- La détermination, à l'aide d'un MNT, de la zone visible depuis un point donné (calcul de l'intervisibilité entre points).

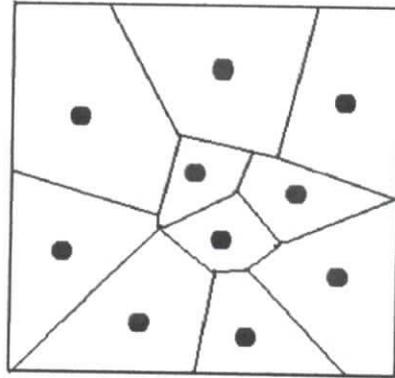


Figure II-21 : Polygone de Thiessen-Voronoi (D'après Burrough, 1986)

b. Interpolateurs locaux

Les interpolateurs locaux se comportent plutôt comme des fonctions de lissage :

- Les **fonctions spline** sont des fonctions mathématiques polynomiales utilisées pour ajuster localement une courbe ou une surface gauche sur un ensemble de points.
- La méthode des **moyennes mobiles pondérées** calcule une valeur moyenne en un point en fonction de l'éloignement et de la valeur de points pris dans une fenêtre environnante ou dans tout autre voisinage.

c. Méthodes globales d'interpolation

D'autres méthodes permettent de modéliser la distribution spatiale de données quantitatives sous forme de fonction $z = f(x, y)$:

- Les surfaces de tendance sont calculées par régression polynomiale (méthode des moindres carrés) : elle conduisent à un résultat satisfaisant mais passent rarement par des points de départ.
- La décomposition en **séries de Fourier** à deux dimensions peut être utilisée en vue d'obtenir une approximation de la variation spatiale de grandeurs continues, mais elle est rarement utilisée, essentiellement du fait que la plupart des entités à la surface de la terre sont trop complexes pour présenter des variations périodiques.

d. Méthodes optimales d'interpolation

Le krigeage est une méthode stochastique d'interpolation. Elle se fonde sur l'hypothèse que deux points proches l'un de l'autre ont plus de chance d'avoir des valeurs similaires pour une propriété que des points éloignés. Elle tient compte du fait que l'espace n'est pas nécessairement isotrope (ainsi les propriétés des sols ont plus de chance de varier perpendiculairement à l'axe d'une vallée que le long d'une rivière).

Cette technique élaborée, qui s'appuie sur la théorie statistique, est tenue pour l'interpolateur idéal. De plus, non seulement elle donne l'estimation des erreurs associées aux grandeurs interpolées, mais encore la méthode vise à minimiser ces erreurs. Le principal inconvénient du krigeage est qu'il requiert d'importants moyens de calcul.

e. Méthodes de stockage et de visualisation de données interpolées

Les principales structures de représentation de données interpolées sont les suivantes :

- Courbes d'égalité de valeur (iso contours).
- Grilles (exemple : MNT)



- Réseaux triangulaires irréguliers

Un bon SIG est capable de transformer des données interpolées d'une structure dans une autre, et de visualiser ces données sous forme de cartes à iso contours ou de vues en trois dimensions.

Un bon SIG devrait offrir à l'utilisateur plusieurs méthodes d'interpolation de manière à ce qu'il puisse choisir la plus appropriée pour ses besoins. Le krigeage et ses dérivées devraient être intégrés dans le système.

II.7. RESTITUTION DES DONNEES

La restitution des données est l'opération de présentation des résultats de l'extraction ou de l'analyse de données sous une forme qui soit compréhensible par l'utilisateur ou par un autre système informatique.

II.7.1 Produits fournis par un SIG

Les produits fournis en sortie par un SIG sont des documents dont l'utilisateur a besoin, soit pour un usage immédiat, soit à des fins de communication :

- des listes ou tableaux de données (par exemple une liste d'adresses pour un mailing, une liste de canalisations à remplacer ou à réparer, avec les caractéristiques des tuyaux).
- des figures ou des graphiques (par exemple un histogramme des surfaces des parcelles ayant fait l'objet d'une transaction foncière entre deux dates).
- des cartes imprimées résultant d'une opération d'analyse (par exemple une carte d'aptitude à la culture du coton).
- des images, en particulier spatiocartes, c'est-à-dire des images satellitaires habillées, sur lesquelles figurent les réseaux hydrographique et routier, les bâtiments, la toponymie.
- des visualisations en trois dimensions (par exemple une vue simulant l'effet visuel d'un reboisement dans une zone montagneuse).
- une séquence d'images constituant une animation, visant à montrer l'évolution spatiale d'un phénomène dans le temps (la dispersion d'un polluant dans une nappe ou un cours d'eau ou la croissance d'une agglomération, par exemple).

II.7.2 Composants d'un module de restitution d'un SIG

Pour élaborer des documents cartographiques, le module de restitution du SIG doit permettre à l'utilisateur de :

- Choisir la zone à représenter.
- Ajuster l'échelle.
- Créer et éditer des symboles graphiques.
- Choisir les couleurs et les symboles de représentation.
- Créer une légende (éventuellement automatiquement).
- Habiller la carte en y plaçant du texte, des annotations, un encadrement, des marges, des repères de positionnement, une flèche indiquant le Nord, une barre d'échelle, et toute information graphique utile à la compréhension de la carte.

L'utilisateur doit pouvoir disposer dans un SIG de tous les outils qu'il attendrait d'un logiciel spécialisé dans la production cartographique. Mais il faut également qu'il soit



parfaitement maître des techniques classiques de la cartographie et qu'il en connaisse les règles, afin que le document qu'il produira soit lisible et apporte une aide réelle à la prise de décisions.

II.7.3. Périphériques de sortie

Deux catégories de périphériques sont utilisés pour la visualisation :

- Les écrans, pour une visualisation temporaire : la gamme va des écrans basse résolution des micro-ordinateurs aux écrans haute résolution (1024 par 1024 pixels au moins) des stations de travail graphiques.
- Les imprimantes, pour l'élaboration de documents permanents. Il existe une grande variété d'imprimantes, en termes de prix, de qualité et de dimensions :
 - Les traceurs à plumes fonctionnent en mode vectoriel. Comme ils dessinent des traits très fins, ils sont adaptés au dessin de contours, mais non au coloriage de grandes surfaces. Ils disposent d'un nombre réduit de couleurs et le dessin d'une carte demande généralement un temps assez long (jusqu'à plusieurs heures pour des cartes complexes au format A0).
 - Les imprimantes laser donnent d'excellents résultats pour des graphiques en noir et blanc de petite taille.
 - Les imprimantes à jet d'encre (matricielles) fournissent des documents de qualité raisonnable, avec une résolution de 3-5 (basse résolution) ou 10-12 (résolution moyenne) points par millimètre et une gamme de 256 couleurs. Leur prix est modéré.
 - Les imprimantes électrostatiques sont des périphériques de qualité fonctionnant en mode raster, avec une résolution de 400 points par pouce (16,7 points/mm) et une gamme de 4096 couleurs. Elles peuvent imprimer des cartes en format A0. Leur principal avantage est leur rapidité. La durée d'impression ne dépend pas du niveau de détail et de complexité de la carte, à la différence du prétraitement.

Il existe un grand nombre de formats de transfert des données du logiciel à l'imprimante, dépendants du périphérique. Les fabricants de SIG développent les drivers nécessaires à l'utilisation du logiciel avec une large gamme de périphériques. Ils fournissent généralement la possibilité d'utiliser des standards répandus, comme Postscript, un langage de codage de données graphiques reconnu par la majorité des imprimantes de qualité.

II.8. APPLICATIONS DES SIG

Les SIG couvrent une large gamme de domaines d'application. Les types d'utilisateurs de SIG sont nombreux : Administration centrale et locale (Équipement, Agriculture, Défense, Finances), collectivités locales, entreprises privées, établissements d'enseignements et de recherche... Selon les usages, les données spatiales utilisées, la précision requise pour ces données et les types de traitements effectués, on peut répartir les SIG entre les classes suivantes :

-Systèmes d'ingénierie

Issue de la CAO/DAO, ces systèmes à vocation de conception et de gestion de projet sont utilisés surtout en urbanisme et travaux publics. Ils intéressent les géomètres, les services techniques des municipalités, les entreprises de travaux publics.

**-Systèmes à base cadastrale**

Ils couplent au plan cadastral numérisé une base de données concernant le propriétaire, la valeur foncière, l'usage des parcelles, les permis de construire, l'existence de servitudes. Ils intéressent essentiellement l'Administration des Finances et les municipalités.

-Systèmes orientés réseaux

Ils aident à la gestion de réseaux de distribution, d'eau, gaz, électricité, assainissement, services : transports, collectes, télécommunications. Ils intéressent les collectivités et les compagnies, publiques ou privées, gestionnaires de ces réseaux.

-Systèmes d'analyses statistique

Ils constituent un outil de représentation graphique de données socio-économiques obtenues par recensement ou par enquêtes. Ils ne sont bien souvent que le dernier maillon d'une chaîne de traitements statistiques, mais permettent de croiser des informations statistiques avec d'autres données.

-Systèmes régionaux

Ils sont utilisés essentiellement en aménagement rural, gestion de ressources naturelles, protection de l'environnement, aménagement régional.

Certains de ces systèmes assurent la gestion et le maintien de bases de données géographiques durables, pour la gestion globale d'un territoire (Parc National) ou le suivi à long terme de phénomènes touchant l'environnement (incendies de forêts, pollution, pluies acide). Ils peuvent aussi servir de source d'informations à d'autres types de systèmes, mis en place que dans le cadre d'applications particulières : élaboration de zonages (plans d'occupation des sols), opérations foncières (remembrements), choix de sites favorables à un usage donné (carrière dépôt de déchets toxiques), choix d'un tracé routier, études d'impact, modélisation de phénomènes naturels (crues, avalanches).

Les systèmes régionaux se caractérisent par le grand nombre et la variété des données qu'ils intègrent :

-Données topographiques de base : réseaux hydrographiques, routier et ferré, limites administratives, bâti, toponymie, relief.

-Données relatives au milieu rural et à l'environnement : usage du sol, ressources naturelles (sols, eaux, minerais, forêts, faune), qualité de l'air et des eaux.

-Données du milieu humain : zonages, localisation de services (commerces, écoles, hôpitaux), d'événements (incendies, accidents, délits), d'installations classées (industries et élevages polluants), données socio-économiques (structure d'âges, d'activités et de revenus de la population).

Les images satellitaires constituent pour ces systèmes une source d'information intéressante. Grâce à leurs possibilités d'analyse, les systèmes régionaux sont capables de produire des informations thématiques nouvelles (cartes d'aptitudes) à partir des données existantes. De plus, couplés à des agglomérations, pollution d'une nappe, impacts d'un aménagement), d'évaluer des risques (érosion, glissements de terrain), de prévoir et qualifier des récoltes, d'estimer des bénéfices financiers.



II.8. CONCLUSION : (COMMENT METTRE EN PLACE UN SYSTEME ?)

Ce chapitre a pour objet de définir la démarche à suivre par un organisme qui souhaite mettre en place un SIG.

II.8.1. Définition des besoins

-Catégories d'utilisateurs

Certains utilisateurs doivent accomplir des tâches parfaitement définies : c'est le cas d'organismes producteurs d'information géographique, chargés dans le cas des entreprises gestionnaires de réseaux. Les fabricants de logiciels ont pu facilement apporter des réponses adaptées aux besoins de ces utilisateurs. Ces logiciels étant conçus pour une application donnée, ils sont faciles à prendre en main par les spécialistes de cette application.

A l'opposé, les besoins des organismes d'enseignement et de recherche ne seront généralement pas clairement exprimés a priori, mais ils se manifesteront au coup par coup. Ces organismes seront donc plutôt demandeurs de logiciels ouverts, sortes de boîtes à outils leur offrant une multiplicité de fonctions qu'ils organiseront en fonction des applications et leur permettant des développements supplémentaires.

Une situation intermédiaire est souvent rencontrée : ils s'agit des organismes essentiellement chargés de la gestion globale d'un territoire (Wilaya par exemple), ce qui implique un certain nombre de tâches parfaitement définies. Mais ces organismes sont aussi fréquemment appelés à mener des projets spécifiques, à réaliser des études ponctuelles sur une partie du territoire, ce qui suppose de faire répondre efficacement aux opérations de routine, tout en restant ouvert à des utilisations nouvelles.

-Etendue des applications

Suivant que le SIG est développé pour mener des projets à court ou à long terme, des problèmes différents se poseront : pour un travail à court terme, l'essentiel est de pouvoir effectuer rapidement les tâches d'acquisition, d'analyse et de restitution de données. Les bases de données devant être maintenues sur de longues périodes demandent de fonctionnalités approfondies de gestion et de mise à jour. Le problème de la pérennité et de l'obsolescence tant du logiciel que du matériel devient alors crucial.

II.8.2. Choix techniques

-Type de logiciel

Le terme « SI » prend souvent chez les constructeurs de logiciels un sens très large, et l'acquéreur doit vérifier les fonctionnalités des produits qui lui sont proposés. La gamme de fonctionnalités est à peu près continue depuis les logiciels de DAO jusqu'aux authentiques SIG, et il est aussi irrationnel de vouloir utiliser à tout logiciel de CAO qu'il réalise des analyses spatiales.

PORNON (1990) distingue quatre grands groupes de produits, en fonction de leurs fonctionnalités :

-logiciels de DAO (dessin assisté par ordinateur) : outils de dessin, d'habillage de plans et de cartes.

-logiciels de CAO (conception assistée par ordinateur) : outils d'aide à la conception de projets (routes, bâtiments, réseaux...).

-SGBDL (systèmes de gestion de bases de données localisées) : outils de gestion, c'est-à-dire d'interrogation, d'édition et de mise à jour de bases de données.



-SIG (systèmes d'information géographiques) : outil de gestion et d'analyse spatiale.

-Structure de données

Raster ou vecteur ?

Le choix du mode raster ou vecteur a été discuté plus haut. Il dépend essentiellement de la structure même des données d'entrée et des traitements que les données auront à subir. Certains logiciels basés sur le mode vecteur acceptent de visualiser des données raster, et réciproquement ; d'autres vont plus loin en permettant la conversion d'une mode dans l'autre.

- La topologie

Une organisation topologique des données (en mode vecteur) est essentielle pour la plupart des opérations d'analyse spatiale. La construction de la topologie peut s'effectuer soit indépendamment de la numérisation (topologie, batch), soit simultanément (topologie interactive). Cette dernière solution ralentit considérablement la saisie et ne paraît pas encore très faible.

Modèle relationnel ou modèle objet ?

L'organisation de la base se conforme généralement au modèle relationnel en couches ou au modèle orienté objet. Ce dernier semble adapté dès lors que tous les objets sont facilement identifiables, que les relations entre objets sont simples à établir (comme c'est généralement le cas en milieu urbain), et que la structure de la base a peu de chances d'évoluer. Il offre l'avantage d'une base de données continue, à la fois thématiquement et géographiquement, mais souffre d'un manque de flexibilité. Certaines notions de l'approche orientée objet (propriétés, méthodes, messages, déclencheurs) paraissent ouvrir des horizons nouveaux. Le modèle relationnel, quant à lui, offre une souplesse d'utilisation remarquable, s'adapte à toutes les situations (en particulier à la complexité des milieux naturels) et autorise de riches fonctionnalités d'analyse.

Choix du SGBD

Outre la distinction entre modèle relationnel et modèle objet, il est important de connaître la manière dont s'articule la fonction gestion de données par rapport aux autres fonctions du SIG. Plusieurs cas de figures peuvent être rencontrés :

- SGBD interne et spécifique (exemple : ILWIS).
- SIG intégrant un SGBD commercial (exemples : ARC/INFO bâti autour d'INFO ARGIS 4 GE autour d'Oracle).
- SGBD externe, accédé au moyen d'interfaces (exemple : interfaces d'ARC/INFO avec Oracle, Ingres, DB2, SQL/DS...)

La solution interface ne devrait être envisagée que comme un complément permettant d'avoir accès à des bases de données préexistantes, les deux autres solutions offrant une bien meilleure synergie entre la gestion du graphique et des attributs.

II.8.3. Fonctions avancées

◆ Langage de requêtes

De nombreuses solutions sont adoptées par les constructeurs : langage propre au système, association d'un langage standard pour les données descriptives avec d'autres commandes pour les données graphiques, langage standard (bien souvent SQL) étendu de



manière à gérer également les entités graphiques (S9QL de SYSTEM 9, GQL d'ARGIS 4GE).

◆ Interface utilisateur

Le système doit être aussi conçu de manière à être manipulé aussi facilement par un utilisateur néophyte ou occasionnel (au moyen de menus déroulant explicites doublés d'une aide en ligne), que par un utilisateur averti (commandes paramétrées, commandes personnalisées).

◆ Outils de développement

Plusieurs types d'outils permettent à l'utilisateur d'adapter le logiciel à des applications spécifiques.

- Enchaînement de commandes.
- Langages de quatrième génération : ils permettent d'écrire des programmes enchaînant des fonctions (tests, boucles) comparables à celles de langages de programmation évolués (FORTRAN, PASCAL) et des commandes du logiciel (souvent paramétrées par des variables manipulées par le programmes).
- Bibliothèques de fonctions : paramétrées du logiciel, aux quelles il est possible d'accéder depuis un programme en FORTRAN ou en C.
- Licence code permettant d'accéder directement aux sources du logiciel, pour y apporter des modifications en profondeur.

◆ Aptitude à communiquer

Il est essentiel que le SIG soit capable de lire et d'intégrer des données fournies par d'autres logiciels (logiciels graphiques, SGBD, d'autre SIG), soit sur support magnétique soit par le biais de réseaux, et qu'il puisse en exporter les données qu'il produit. Les fabricants ont développé des formats d'échange dont certains font office de standard (DXF d'Autocad, SIF d'Intergraph). Des standards nationaux et internationaux existent également (nombre Edigéo du CNIG, Institut National de cartographie INC).

◆ Configuration matérielle

On trouve aujourd'hui des SIG sur tous types de matériels, depuis des micro ordinateurs jusqu'aux gros systèmes. Néanmoins les performances des micro ordinateurs ne permettent pas la gestion de bases de données spatiales complexes est surtout vrai en mode vecteur, mais beaucoup moins en mode raster).

D'autre part, les SIG ont besoins d'espaces disques volumineux et requièrent l'accès fréquents aux disques. Aussi les plate formes à temps partagé (en outre les gros systèmes) sont mal adaptées pour servir d'hôte à des SIG. Les outils performances sont obtenues sur des stations de travail, indépendantes ou réseau.

Les besoins exprimés d'information géographique numérisée et l'outils permettant de manipuler cette information augmentant à une rythme croissant, Une évolution des besoin se manifeste : Jusqu'à aujourd'hui, les SIG étaient essentiellement des bibliothèques cartographiques informatisées ou au mieux des outils de gestion d'un territoire. Aujourd'hui, ils sont de plus utilisés pour l'analyse spatiale et l'aide à la décision. Il est vraisemblable que les applications future s'orienteront davantage vers l'analyse et la modélisation. Ils sont appelés à gérer des bases de données de plus en plus volumineuses. Ce que rend possible l'amélioration continue des matériels et des logiciels.

Parmi les axes de recherche et de développement trois sont importants à mentionner :

- L'amélioration des interfaces homme/machine.



- La mise au point de logiciels intégrés manipulant des données aussi bien en mode raster qu'en mode vecteur et associant les fonctionnalités d'un logiciel de traitement d'images à celles d'un SIG.
- Enfin, l'introduction au sein de SIG de systèmes à base de connaissances (intelligence artificielle).

CHAPITRE III

ACQUISITION DES DONNEES



CHAPITRE III

ACQUISITION DES DONNEES DU BASSIN
VERSANT DE LA SOUMMAM

III.1 Présentation du bassin versant de la Soummam :

Le bassin versant de la Soummam, porte le N°15 selon la codification de l'ANRH. Il se situe dans la partie Nord-Est de l'Algérie (Figure III.1), entre les méridiens 3°38' et 5°38', et les parallèles de 35°45' et 36°45'. [ANRH].

Le bassin couvre une superficie de 9100 Km² de forme irrégulièrement étirée dans la direction Est-Ouest, accède à la méditerranée par le golf de Béjaia.

Dans la partie Nord, le bassin est délimité par la chaîne du Djurjura et ses contreforts qui s'étendent jusqu'à la mer.

La limite Est, pour sa plus grande part est constituée par des élévations de faible altitude qui séparent le bassin du plateau de Constantine.

La limite Sud-ouest est constituée d'une succession de petites crêtes :

- Dj Dira (1810 mètres).
- Dj Choukchot (1832 mètres).
- Dj Mansoura (1882 mètres)

D'après l'A.N.R.H la superficie et le périmètre du bassin versant sont respectivement:

- La superficie : 9100 Km²
- Le périmètre : 554 Km²

Ce bassin est composé de dix (10) sous bassin.



Figure III.1 : Situation géographique du bassin versant de La Soummam



III.2. Zone d'étude :

Des dix sous bassins versants, nous avons traité un sous bassin qui porte numéro 10 d'après l'ANRH, dont (tableau 1), donc le sous bassin se trouve sur les cartes, qui sont figurées dans le tableau suivant (Tableau synoptique de l'institut national de cartographie):

Tableau .1 : Les noms des cartes d'après INC

Djebba 31V 23ouest	Djebba 31V 23est	Djebba 31V 24ouest	Djebba 31V 24est	BejaiaBis 31VI 13Ouest	
SidiAicl 31V 41ouest	SidiAicl 31V 41est	SidiAicl 31V 42ouest	SidiAicl 31V 42est	Bejaia 31VI 31ouest	Bejaia 31VI 31est
SidiAicl 31V 43ouest	SidiAicl 31V 43est	SidiAicl 31V 44ouest	SidiAicl 31V 44est	Bejaia 31VI 33ouest	Bejaia 31VI 33est
Akbou 31 VI 61ouest	Akbou 31 VI 61est	Akbou 31 VI 62ouest	Akbou 31 VI 62est	Bougaa 31 VI 51ouest	Bougaa 31 VI 51est
Akbou 31 VI 63ouest	Akbou 31 VI 63est		Akbou 31 VI 64est		Bougaa 31 VI 53est

III.3. Scannérisation :

La première étape avant l'acquisition de données, est de scanner, les 25 cartes topographiques de sous bassin versant N°10 de la Soummam.

Il y a deux méthodes de scannérisation sont :

◆ Mode couleur : C'est un mode normale dont les buts sont : la précision de calage et mettre d'une couche raster pour l'aide dans la restitution des données. La résolution souhaitable est plus de 400dpi.

◆ Mode trait : ce mode est effectué pour la vectorisation par les méthodes semi-automatiques et automatiques. Quand la résolution est grande, la vectorisation est plus rapide, et les erreurs diminuent.

Nous avons utilisé les deux méthodes sur la carte de « Béjaia 31-VI- 31 ouest » Il s'est avéré à partir des résultats obtenus sur la carte « Béjaia 31-VI- 31 ouest » par le mode trait était beaucoup intéressant.

Ceci est du au fait que le mode couleur ne permet pas la vectorisation. Donc pour les restes les vingt-quatre cartes, on a opté pour un scannérisation mode trait.

Pour effectuer l'acquisition des données, on est appelé à passer par différentes étapes qui sont :

- ◆ Calage raster avec un logiciel de SIG.
- ◆ Vectorisation : Transformation raster à vecteur par un logiciel de vectorisation.
- ◆ Superposition du fichier calé et du fichier vectorisé.



III.4. Calage Raster

III.4.1. Les projections

a. La sphère

La Terre est un solide sphéroïde, c'est-à-dire dont la forme avoisine à la sphère, solide limité par une surface fermée dont tous les points sont à une distance (rayon) d'un point intérieur appelé « centre ».

Le premier objectif de la cartographie est de représenter en deux dimensions ce qui existe en trois dimensions, et cela en convertissant un certain nombre de données. La réalisation des cartes doit être précédée par des mesures précises destinées à doter le territoire étudié d'un réseau de références de points rigoureusement déterminés en position sur le géoïde : ce sont les opérations géodésiques.

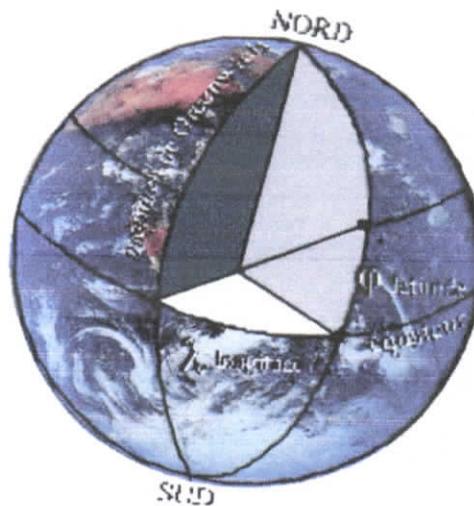


Figure III.2. Le système géographique

b. La mesure de la terre

La détermination de la forme et des dimensions de la terre est l'objet de la géodésie. La géodésie générale vise à une évaluation rigoureuse des relations géométriques entre les différents points de la surface terrestre. Les opérations géodésiques sont préliminaires à toute exécution d'une carte de bassin. Elles consistent à mettre en place, sur la surface à couvrir, des repères d'une grande précision, appelés points géodésiques, auxquels seront ensuite raccordés tous les autres points observés.

L'ellipsoïde utilisé à l'institut national de cartographie (INC) est celui de Clark établi en 1866 et 1880.

c. Les projections

Toute représentation sur une surface à deux dimensions de la Terre s'obtient par une projection, c'est une opération cartographique permettant de représenter l'ellipsoïde terrestre sur une surface plane, dite système de projection, suivant certaines règles géométriques.



Le fait de projeter une chose courbe sur un plan entraînant des déformations. Aucune représentation en plan n'est donc conforme à la réalité ; ainsi il existe deux (02) types de déformations.

- ◆ Celle des distances et des longueurs qui entraînent une variation de l'échelle de la carte d'un point à un autre,
- ◆ Celles des angles entraînant une déformation des angles, des formes, des surfaces et des directions.

Il existe 4 modèles de projections :

- ◆ Les projections coniques (figure III.3)
- ◆ Les projections cylindriques (figure III.4)
- ◆ Les projections azimutales (figure III.5)
- ◆ Les projections elliptiques.

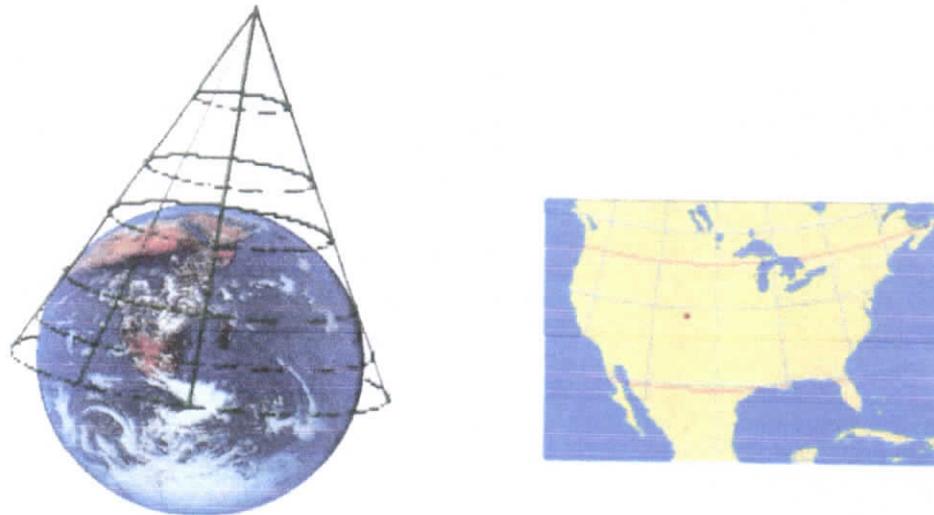


Figure.III.3 : Projection conique conforme de Lambert

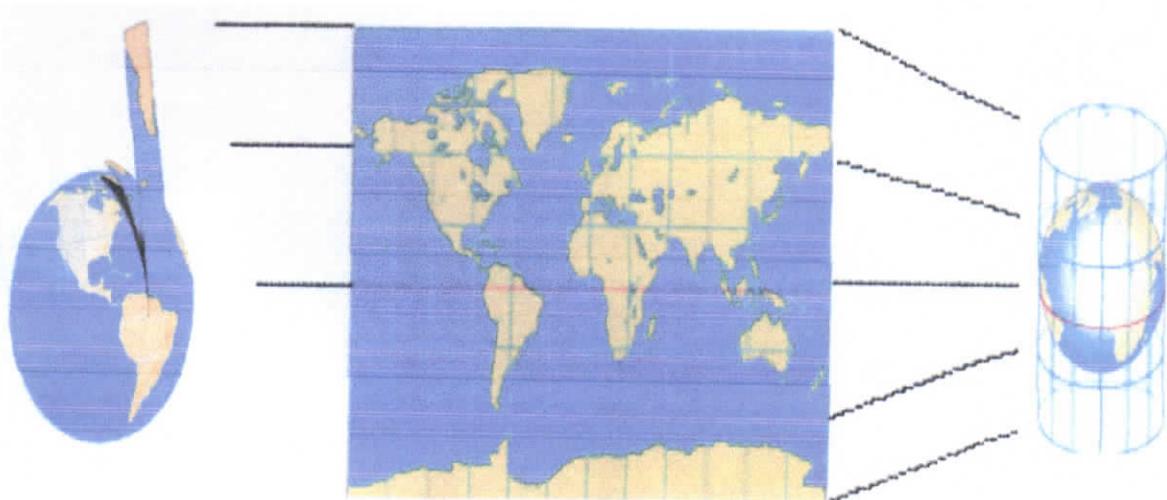


Figure.III.4 : Projection cylindrique de Mercator



Le fait de projeter une chose courbe sur un plan entraînant des déformations. Aucune représentation en plan n'est donc conforme à la réalité ; ainsi il existe deux (02) types de déformations.

- ◆ Celle des distances et des longueurs qui entraînent une variation de l'échelle de la carte d'un point à un autre,
- ◆ Celles des angles entraînant une déformation des angles, des formes, des surfaces et des directions.

Il existe 4 modèles de projections :

- ◆ Les projections coniques (figure III.3)
- ◆ Les projections cylindriques (figure III.4)
- ◆ Les projections azimutales (figure III.5)
- ◆ Les projections elliptiques.

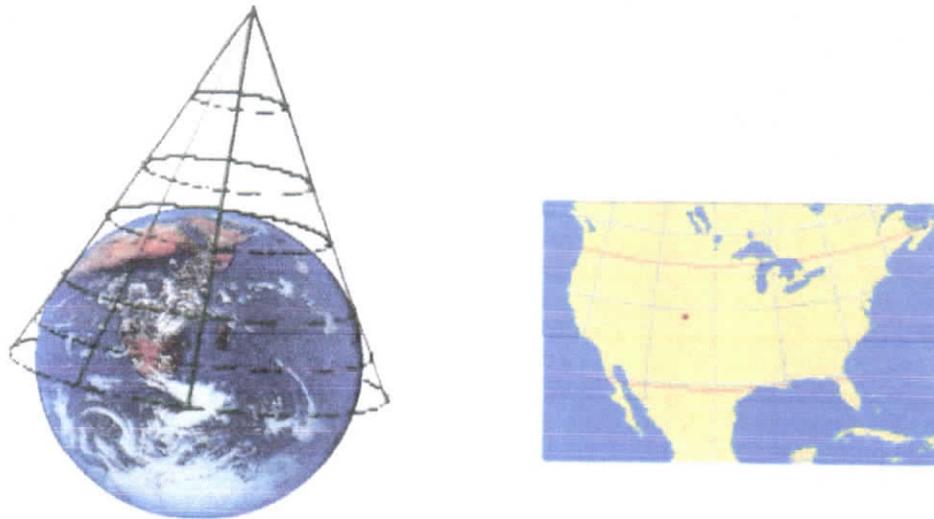


Figure.III.3 : Projection conique conforme de Lambert

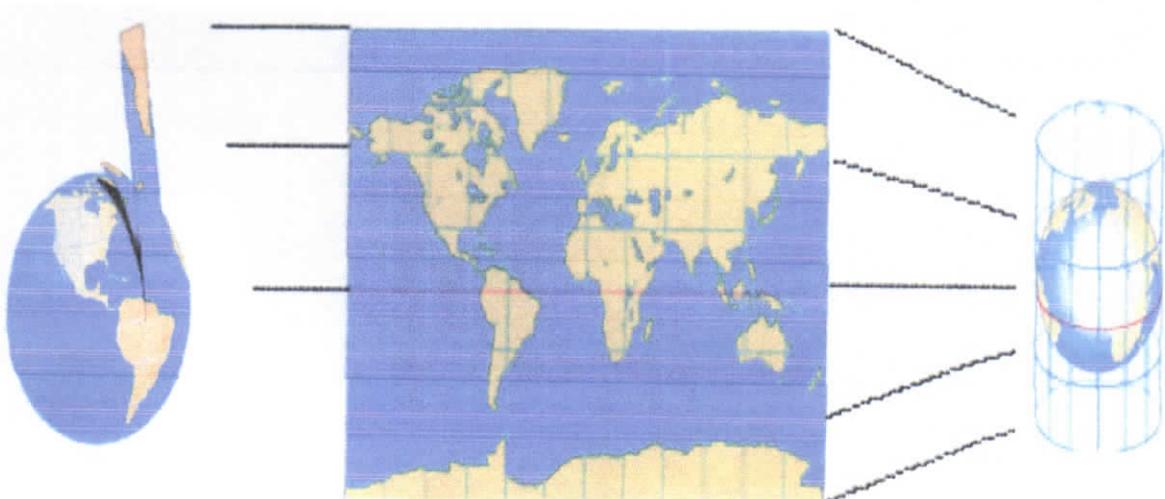


Figure.III.4 : Projection cylindrique de Mercator

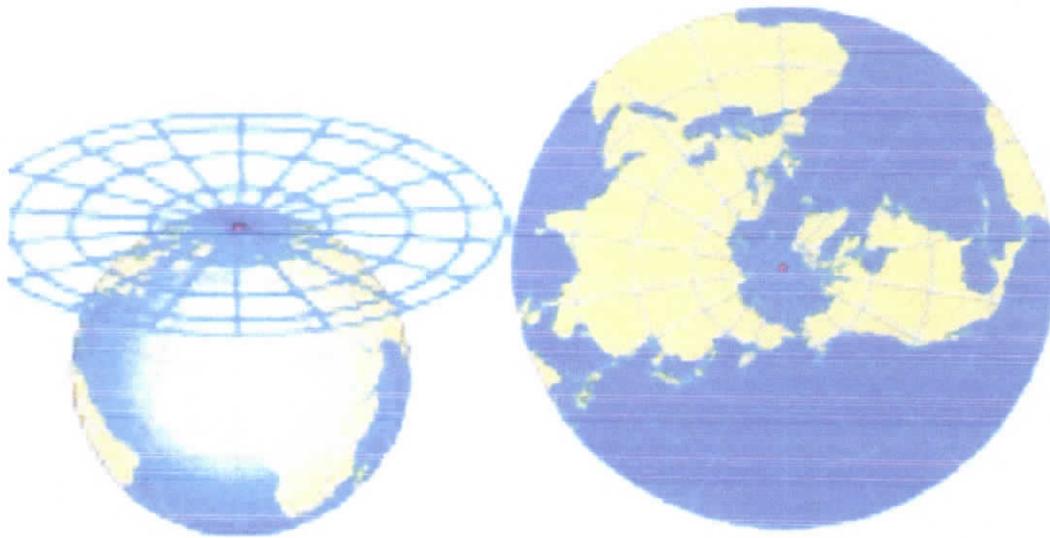


Figure.III.5. Projection azimutale

En plus à ces 4 modèles, il y a 3 types de projections par modèles :

- v Les projections conformes : respectant et conservant les angles entre les méridiens et les parallèles mais déformant les surfaces).
- v Les projections équivalentes : conservant les rapports de surface mais ne conservant pas les angles.
- v Les projections aphyllactiques : ne conservant ni les angles ni les surfaces.

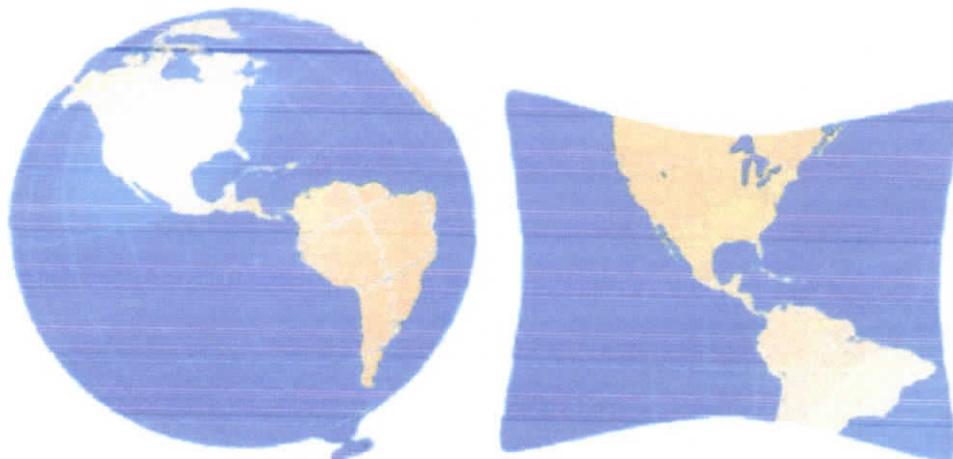


Figure.III.6. Déformation selon le type de projection



Bref, pour utiliser une image triviale, il conviendra de disposer des fondations (l'ellipsoïde de référence) et de la charpente (le système de projection) pour construire une carte.

La projection utilisée par l'INC est l'UTM d'après les cartes, le bassin versant de la Soummam se trouve dans le fuseau 31.

III.4.2. Utilisation des projections dans le GeoConcept

Etant donné que l'outil disponible au département hydraulique est le GéoConcept c'est le logiciel que nous avons utilisé pour le calage.

Tout espace, dans le GeoConcept, est projeté sur une carte, selon un système de projection. Tout objet de la carte dispose donc de coordonnées correspondant au système de projection choisi.

Les systèmes de projection correspondent à des formules mathématiques utilisant des paramètres variables. Un système de projection s'exprime par rapport à un système géodésique donné. Le système de coordonnées correspond à un système de projection accompagné des valeurs des paramètres. GeoConcept utilise des fichiers texte pour gérer les projections. Ces fichiers possèdent l'extension. GCP. La totalité des fichiers GCP présents dans le répertoire Wingeo de GeoConcept sont utilisés. Les fichiers contiennent la description des ellipsoïdes, des systèmes géodésiques (utilisés pour les changements de projection), des projections et des systèmes de coordonnées.

GeoConcept nous permet, de définir de nouveaux systèmes de coordonnées (Figure III.7).

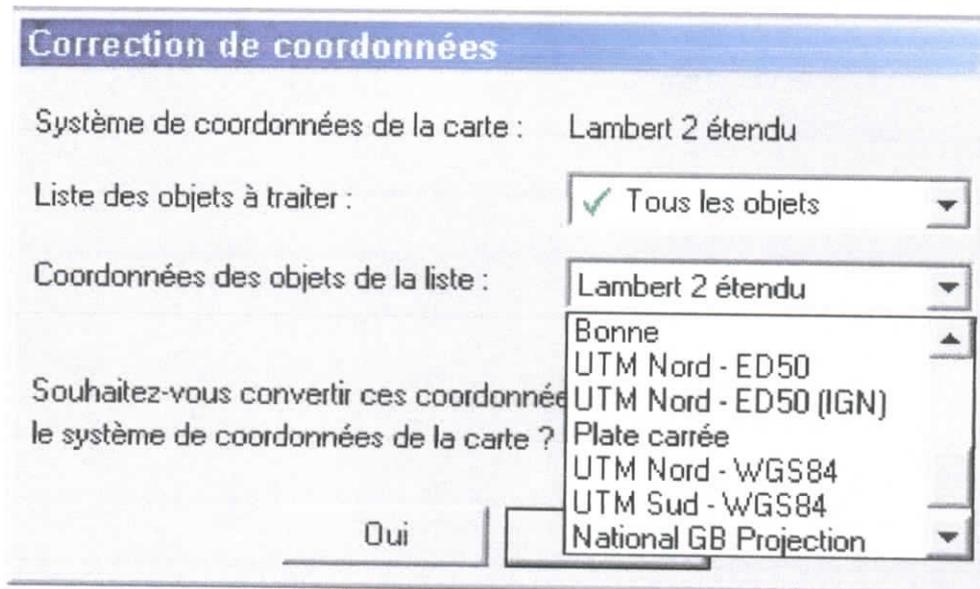


Figure III.7 : Correction de projection en GeoConcept

En standard, GeoConcept dispose d'un fichier des projections STANDARD. GCP installé dans le répertoire Wingeo du logiciel, rien ne nous empêche d'en constituer de nouveaux ayant l'extension. GCP est selon la syntaxe prévue à cet effet.



Les différents paramètres de l'ellipsoïde et du système de projection choisi sont consultables dans le module PREFERENCES du menu Edition (figure III.7). On ouvre le tiroir avancé et on clique sur l'onglet Projection.

A l'aide de l'ascenseur (figure III.7), nous découvrons les différents systèmes géodésiques, ainsi que les systèmes de projection. Les différents paramètres constitutifs des systèmes sont affichés en dessous. Par défaut, s'affichent ceux du système de projection du bassin de données géographiques ouvertes.

Il nous est alors possible de consulter les différents systèmes (figure III.7).

Le système de projection de la base de données en cours d'exploitation est également consultable dans la fenêtre Coordonnée du menu Fenêtres.

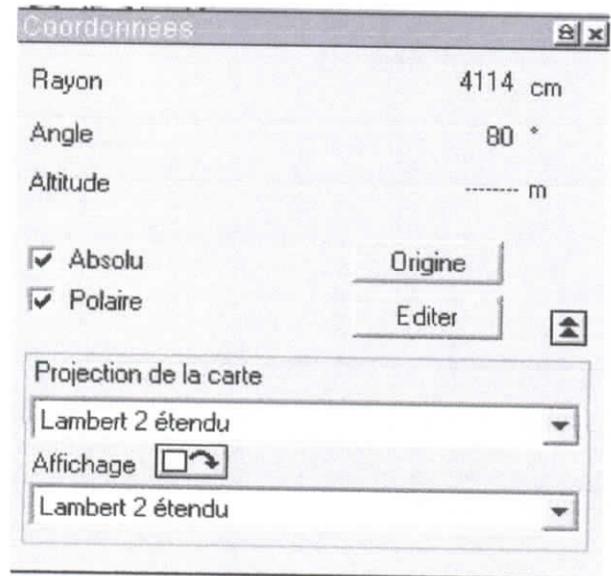
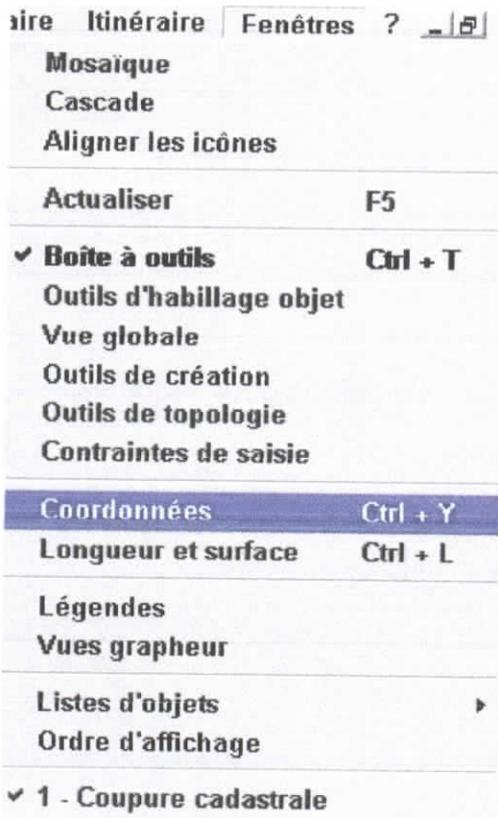
Pour plus de consultation, nous pouvons effectuer une transformation du système de projection de la base géographique sur laquelle nous travaillons.

III.4.3. Les coordonnées :

Absolues ou polaires

Située dans le menu **Fenêtres** (Figure III.8), cette palette permet d'afficher en mode cartésien **Absolu** ou **Polaire** les coordonnées X et Y de chacun des points des objets de la base.

En outre, la fenêtre affiche l'altitude d'un objet si l'on est en cours de saisie et si une contrainte de type Z est activée (Accrochage au Z, Saisie MNT, Partage de géométrie).



Coordonnées

Figure.III.8. Commande coordonnée du menu fenêtre



En choisissant le mode **Polaire** ou **Absolu**, le curseur sur la carte nous indique son déplacement en affichant les coordonnées X et Y.

En enroulant la palette flottante des coordonnées, la barre affiche en permanence les coordonnées géographiques du point sur lequel le curseur est posé (Figure III.9).

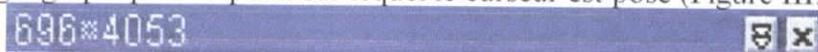


Figure.III.9.Consultation des coordonnées

a. Absolu

Si cette case est cochée, les coordonnées sont calculées à partir de l'origine et sont donc dans la projection de la carte les coordonnées sont alors cartésiennes, c'est-à-dire qu'elles sont constituées d'une distance horizontale (X) et d'une distance verticale (Y) affichées dans la fenêtre par rapport à l'origine variable en fonction du système de projection du sous bassin sur le quel nous travaillons.

Dans le cas contraire, elle l'est à partir du dernier point cliqué par le curseur. Ceci permet de saisir par points un tracé linéaire dont nous savons comment chaque point se situe par rapport au précédent. (Relevé de points sur le terrain par exemple).

b. Polaire

Habituellement, cette case n'est pas cochée. Dans le mode polaire, les points sont définis depuis l'origine de la carte par une distance (rayon) et un angle avec l'horizontale. Le mode polaire est conseillé lors de constructions géométriques.

III.5. CALAGE

GeoConcept propose un module d'intégration de documents cartographiques scannés, permettant à l'utilisateur d'intégrer lui-même ses propres fichiers raster.

Le principe en est simple : après scannérisation d'une carte papier, l'intégrer dans GéoConcept dans un système géoréférencé pour en disposer comme d'un calque sur lequel la base de données va être construite : création d'objets géographiques incrustés sur le fond de calque raster. GéoConcept accepte les fichiers image ou raster aux formats :

-BMP non compressé couleurs ou noir et blanc ;

-BIL (format SPOT Image) en 8 bits (niveaux de gris) et 24 bits (millions de couleurs).

Ce format peut être composé de 2 fichiers dont le fichier.HDR. En présence de ce fichier, aucun calage ne nous est demandé puisqu'il contient tous les paramètres d'échelle, de coordonnées...

-.TIF non compressé ou compressé.

-.GIF limité à 256 couleurs ou GPJ.

Les fichiers raster sont très volumineux en fonction de la résolution de scannérisation, GéoConcept accepte n'importe quel volume de fichiers. Toutefois, si la méthode de géoréférencement utilisée implique une rotation (Helmert, Helmert étendu), et donc une déformation, un nouveau fichier sera créé dont le volume dépassera le volume du fichier original.

Ce nouveau fichier ayant subi une rotation sera stockée au format BMP.



III.5.1. Méthode d'intégration fichier raster

Intégrer un fichier raster dans GeoConcept, c'est :

- Créer une couche virtuelle du genre raster associée à un sous-type d'objet ponctuel.
- Saisir au moins quatre points de référence, dont on connaît les coordonnées géographiques sur le papier.
- Choisir la méthode de calage et calculer les résidus des points de référence pour accepter ou rejeter le calage ;
- Lancer éventuellement une déformation de l'image originale pour optimiser le calage entraînant la génération d'un nouveau fichier.
- Valider et protéger le ou les fichiers raster afin de procéder à la création de la bassin de données avec la saisie d'objets vectoriels associés à des informations alphanumériques.

III.5.2. Utilisation du calage :

Pour intégrer des fichiers raster dans GéoConcept, nous devons obligatoirement connaître les coordonnées géographiques d'au moins 4 points qui constitueront la référence pour effectuer le géoréférencement dans la bassin de données.

Un soin tout particulier est apporté à la recherche de ces coordonnées sur des cartes papier dont le carroyage nous aidera dans la recherche de ces points. Nous choisissons, dans GeoConcept, le même système de projection que celui de la carte papier.

Dans GeoConcept, nous créons une nouvelle carte en choisissant **Nouveau** dans le menu **Fichier** (Figure III.10).

CREER UNE NOUVELLE BASSIN, on définit les limites de la taille de l'espace, on choisit le modèle qui servira à intégrer les fichiers raster et on précise l'unité de mesure ainsi que la précision (si les points de référence sont en mètres, on donne le mètre comme unité et précision).

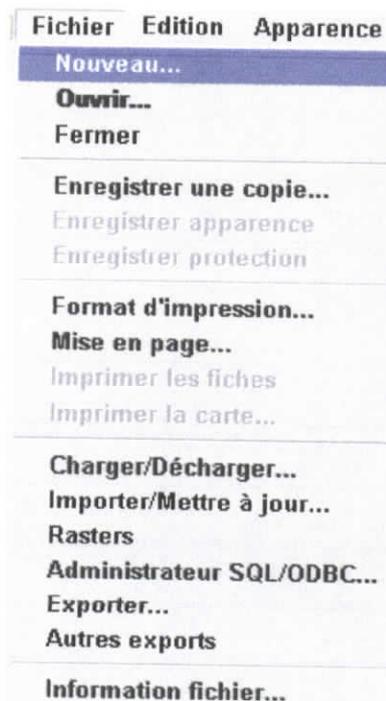


Figure.III.10 : Création une nouvelle carte



Avant l'intégration de fichiers image, notons les coordonnées géographiques X et Y d'au moins 4 points de référence de ceci dans le système de projection de la carte (projection suivant l'UTM clark).

Dans le menu Fichier, déroulons Raster pour Importer la figure suivante :

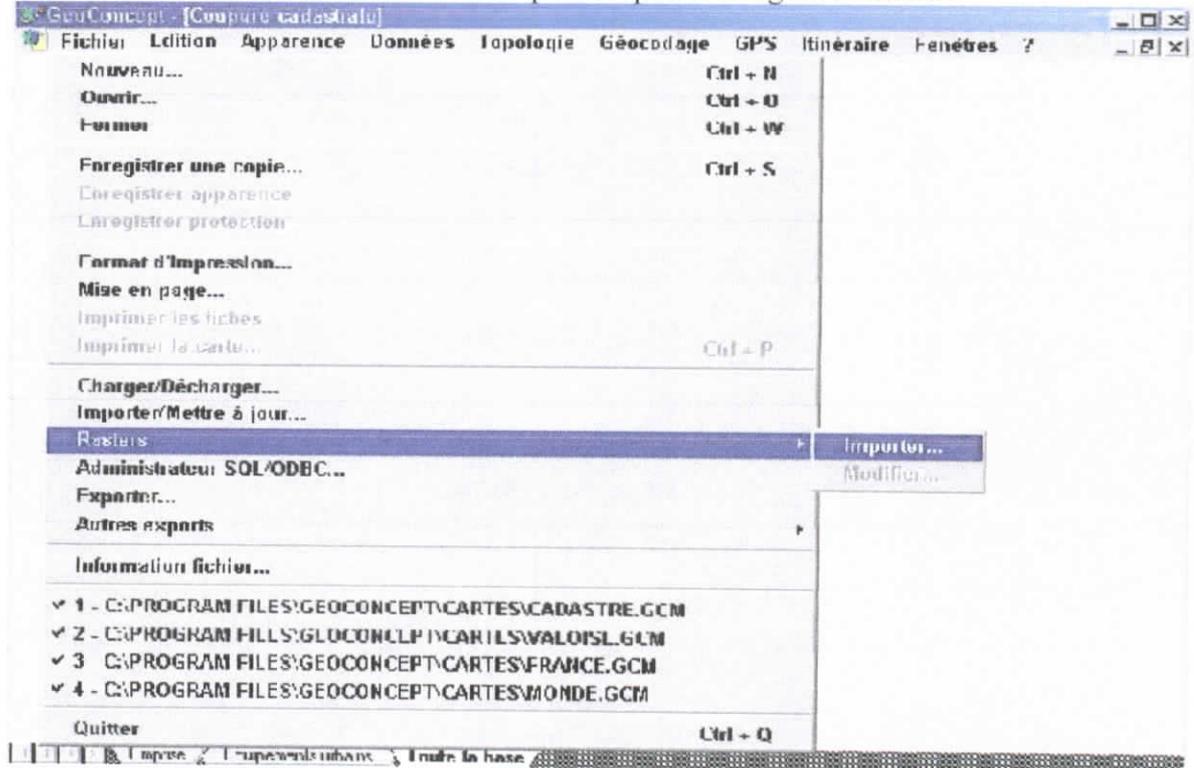


Figure.III.11 : Importation Raster dans le menu de GeoConcept

Un dialogue nous invite à choisir le répertoire puis les fichiers désirés. Spécifions au préalable le format raster du fichier que nous importons : Bitmap (.BMP), Sport WIE (.HDR et .BIL), GIF (.GIF), Tiff (.TIF), Spatiocarte Défense et Raster GeoConcept (.RGC).

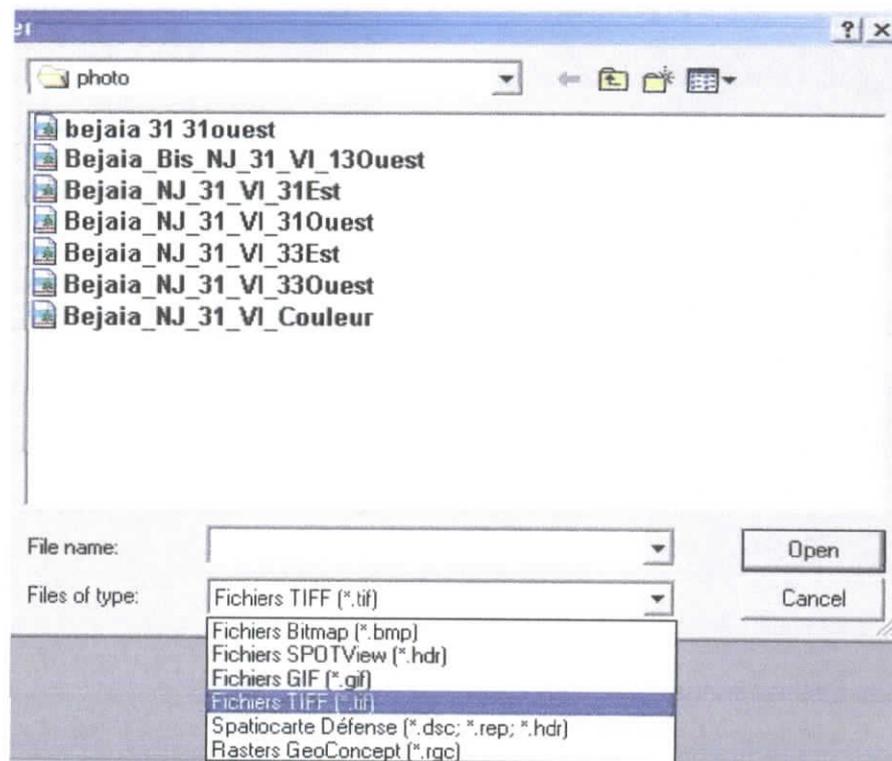


Figure.III.12. : Importation Raster dans le dialogue de Geoconcept

Validons par **Open**. La boîte de dialogue suivante affiché pleine la page du fichier image choisi.

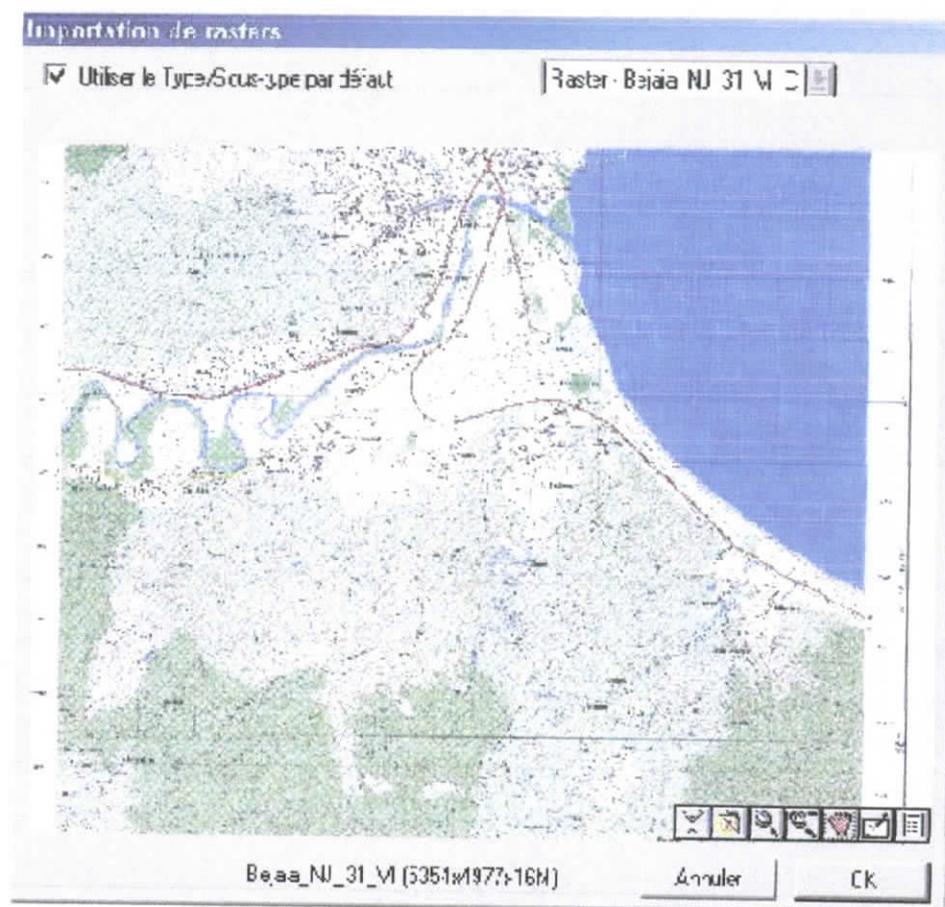


Figure III.13. : la fenêtre de calage

Intégrer un fichier raster dans GeoConcept, c'est créer une couche virtuelle que nous associons à un Sous-type d'objet de genre ponctuel. Sur le principe des couches virtuelles, GeoConcept nous invite à préciser à quel type et quel Sous-type d'objets nous associons le fichier image :

Utilisons le type par défaut. Cette case à cocher équivaut à créer un type du nom du fichier image et un sous-type du nom de bassin du fichier image.

L'autre possibilité à droite est de choisir parmi les Types et Sous-types ponctuels existants de configuration, celui qui servira à faire l'association.

A partir de l'image (figure III.13), nous allons devoir enregistrer les points de référence qui serviront au calage géographique du fichier. Pour ce faire, six boutons vont nous aider dans cette entreprise.

En cliquant sur ces boutons, nous obtenons :



La vue globale nous montre la totalité du fichier image avant de zoomer sur une partie dans laquelle se trouve un point de référence ;



Le zoom avant permet de se rapprocher sur une partie du fichier. Au fur et à mesure que nous nous rapprochons, nous découvrons les pixels



Le **zoom arrière** au contraire, permet de reculer pour voir l'image dans sa globalité,



La **main** permet de se déplacer dans l'image lorsque nous sommes en zoom ;



La **saisie des points**. Une fois un point de référence repéré sur l'image affichée, cliquons sur le pixel correspondant pour nous renseigner sur ses coordonnées.



Editer les points existants permet de consulter la liste des points existants pour les modifier, supprimer certains ou encore en rajouter d'autres.

En dessous de l'image, un rappel du nom du fichier ainsi que sa taille en pixels et le nombre de couleurs utilisées (Exemple. : 332 x 459 x 256 couleurs).

Une fois que nous avons cliqué sur le pixel du point de référence, la nouvelle fenêtre d'édition des points nous permet de nous renseigner sur la liste avec les coordonnées du point (figure III.14).

La liste des points nous renseigne sur le nombre de points de référence. Nous passons d'un point à l'autre à l'aide de l'ascenseur. Nous pouvons supprimer un point ou au contraire en créer un nouveau en cliquant sur bouton correspondant.

En cliquant sur un point de l'image, on obtient les coordonnées Bitamp. Pour ce point on injecte les coordonnées géographiques déterminées à partir de la carte topographique. On refait la même opération pour au moins les trois autres points.

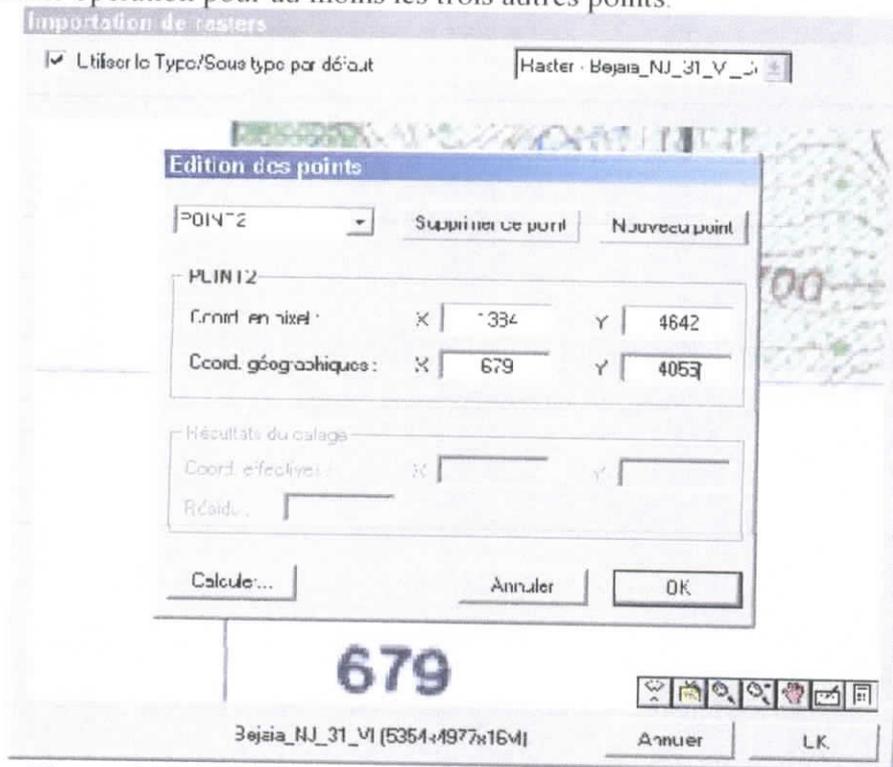


Figure.III.14. Saisie les quatre points de calage avec GeoConcept



Lorsque tous les points de référence sont enregistrés, cliquons sur la case **Calculer** du dialogue d'édition des points (figure III.14). Ceci nous permettra d'avoir de nouvelles coordonnées géographiques des différents points de référence.

La fenêtre **Transformation** (figure III.15) affiche alors un tableau avec la liste des points de référence saisis, leurs coordonnées Bitmap et géographique en X et en Y. Avant de lancer le calcul qui nous donnera les valeurs de coordonnées calculées ainsi que leur résidu, choisissons la méthode la plus appropriée pour effectuer un géoréférencement si non parfait (défaut de scannérisation, tremblement de main lors du choix du pixel référence, coordonnées papier imprécis), au moins optimal.

Trois méthodes de transformation permettent d'effectuer le calage :

▶ **Calage sans rotation** : effectue une translation et/ou changement d'échelles, le même en X et en Y (homothétie).

▶ **Helmert** : permet le déplacement des coordonnées, le chargement d'échelle identique dans les deux direction X et Y et une rotation. Ne corrige en revanche, les déformations du papier enregistrées sur le fichier scannérisé. N'autorise pas le changement d'axes.

▶ **Helmert Etendu** : autorise toutes les déformations sur le même principe que la méthode précédente, auxquelles s'ajoute un chargement d'orthogonalité des axes et des échelles différentes en X et Y.

Une fois la méthode choisie, on lance le **calcul** en cliquant sur le bouton correspondant. Les coordonnées calculées (X et Y) ainsi que leurs résidus apparaissent dans les colonnes réservées. Les résidus sont exprimés dans l'unité choisie se bassin.

Ce calcul permet d'assurer la qualité du calage. Les valeurs extrêmes des résidus sont [0. 1].

Point	X pixel	Y pixel	X réel	Y réel	X calculé	Y calculé	Résidu
POINT1	1472	554	679.00	4,060.00	679.00	4,067.00	0.004505
POINT2	1384	464.3	679.00	4,055.00	678.00	4,054.00	0.003989
POINT3	4536	4393	689.00	4,056.00	688.00	4,056.00	0.001839
POINT4	4615	619	689.00	4,068.00	688.00	4,068.00	0.002682

Figure.III.15. les résultats des quatre points de calage avec GeoConcept (carte Bejaia NJ 31-V-31-ouest)



Les résultats du calage d'autres cartes du sous bassin 10 de la Soummam comme suit :

Point	X pixel	Y pixel	X réel	Y réel	X calculé	Y calculé	Résidu
POINT1	2831	889	646.00	4,040.00	645.00	4,040.00	0.001585
POINT2	9134	1003	656.00	4,040.00	656.00	4,039.00	0.001586
POINT3	8988	9197	656.00	4,027.00	655.00	4,027.00	0.001586
POINT4	2685	9087	646.00	4,027.00	646.00	4,026.00	0.001586

AKBOU 31 VI 61 EST

Point	X pixel	Y pixel	X réel	Y réel	X calculé	Y calculé	Résidu
POINT5	3029	829	635.00	4,040.00	634.00	4,039.00	0.001123
POINT6	9327	939	645.00	4,040.00	645.00	4,040.00	0.001122
POINT7	9174	9120	645.00	4,027.00	644.00	4,026.00	0.001123
POINT8	2878	9008	635.00	4,027.00	635.00	4,027.00	0.001123

AKBOU 31 VI 61 OUEST

Point	X pixel	Y pixel	X réel	Y réel	X calculé	Y calculé	Résidu
POINT9	2567	1158	668.00	4,040.00	668.00	4,040.00	0.000755
POINT10	9499	1307	679.00	4,040.00	678.00	4,039.00	0.000824
POINT11	9334	8860	679.00	4,028.00	679.00	4,028.00	0.000899
POINT12	3018	9356	669.00	4,027.00	668.00	4,026.00	0.000830

AKBOU 31 VI 62 EST

Point	X pixel	Y pixel	X réel	Y réel	X calculé	Y calculé	Résidu
POINT13	2786	1036	657.00	4,040.00	657.00	4,039.00	0.001255
POINT14	9086	1091	667.00	4,040.00	666.00	4,040.00	0.001255
POINT15	9647	9279	668.00	4,027.00	668.00	4,026.00	0.001254
POINT16	3344	9223	658.00	4,027.00	657.00	4,027.00	0.001254

AKBOU 31 VI 62 OUEST

Point	X pixel	Y pixel	X réel	Y réel	X calculé	Y calculé	Résidu
POINT17	2630	995	646.00	4,026.00	646.00	4,026.00	0.000560
POINT18	3147	9194	647.00	4,013.00	646.00	4,012.00	0.000560
POINT19	8942	1079	656.00	4,026.00	655.00	4,025.00	0.000560
POINT20	9460	9277	657.00	4,013.00	657.00	4,013.00	0.000560

AKBOU 31 VI 63 EST

Point	X pixel	Y pixel	X réel	Y réel	X calculé	Y calculé	Résidu
POINT1	2876	909	635.00	4,026.00	634.00	4,025.00	0.000793
POINT2	2713	9098	635.00	4,013.00	635.00	4,013.00	0.000793
POINT3	9183	1034	645.00	4,026.00	645.00	4,026.00	0.000793
POINT4	9018	9223	645.00	4,013.00	644.00	4,012.00	0.000793

AKBOU 31 VI 63 EST



Point	X pixel	Y pixel	X réel	Y réel	X calculé	Y calculé	Résidu
POINT5	2881	1547	669.00	4,026.00	668.00	4,025.00	0.116251
POINT6	9269	668	679.00	4,027.00	679.00	4,027.00	0.103289
POINT7	8594	8851	678.00	4,014.00	677.00	4,013.00	0.116490
POINT8	2925	8821	669.00	4,014.00	669.00	4,014.00	0.129452

AKBOU 31 VI 64 EST

Point	X pixel	Y pixel	X réel	Y réel	X calculé	Y calculé	Résidu
POINT3	3225	2199	646.00	4,081.00	645.00	4,080.00	0.001251
POINT4	9515	2952	656.00	4,080.00	656.00	4,080.00	0.001364
POINT5	9371	9888	656.00	4,069.00	655.00	4,068.00	0.001365
POINT6	3071	9764	646.00	4,069.00	646.00	4,069.00	0.001252

DJEBLA 31 VI 23 EST

Point	X pixel	Y pixel	X réel	Y réel	X calculé	Y calculé	Résidu
POINT7	3257	10319	635.00	4,068.00	635.00	4,067.00	0.005061
POINT8	9569	9761	645.00	4,069.00	644.00	4,069.00	0.004086
POINT9	9016	3452	644.00	4,079.00	644.00	4,078.00	0.003982
POINT10	2681	5263	634.00	4,076.00	633.00	4,076.00	0.004958

DJEBLA 31 VI 23OUEST

Point	X pixel	Y pixel	X réel	Y réel	X calculé	Y calculé	Résidu
POINT11	3034	843	668.00	4,082.00	667.00	4,081.00	0.001429
POINT12	9345	945	678.00	4,082.00	678.00	4,082.00	0.001428
POINT13	9203	9131	678.00	4,069.00	677.00	4,068.00	0.001429
POINT14	2895	9027	668.00	4,069.00	668.00	4,069.00	0.001429

DJEBLA 31 VI 24EST

Point	X pixel	Y pixel	X réel	Y réel	X calculé	Y calculé	Résidu
POINT15	2964	10110	657.00	4,069.00	657.00	4,069.00	0.002510
POINT16	9260	10232	667.00	4,069.00	666.00	4,068.00	0.002509
POINT17	9424	2041	667.00	4,082.00	667.00	4,082.00	0.002508
POINT18	3126	1925	657.00	4,082.00	656.00	4,081.00	0.002510

DJEBLA 31 VI 24EST

Point	X pixel	Y pixel	X réel	Y réel	X calculé	Y calculé	Résidu
POINT1	3072	722	646.00	4,068.00	646.00	4,068.00	0.001774
POINT2	2935	8913	646.00	4,055.00	645.00	4,054.00	0.001773
POINT3	9370	823	656.00	4,068.00	655.00	4,067.00	0.001775
POINT4	9237	9012	656.00	4,055.00	656.00	4,055.00	0.001774

SIDI AICH 31 V 41EST



Point	X pixel	Y pixel	X réel	Y réel	X calculé	Y calculé	Résidu
POINT5	3188	1242	635.00	4,067.00	634.00	4,067.00	0.249909
POINT6	3059	8797	635.00	4,055.00	635.00	4,054.00	0.249989
POINT7	9489	1341	645.00	4,068.00	645.00	4,067.00	0.249908
POINT8	9358	8896	645.00	4,055.00	644.00	4,055.00	0.249988

SIDI AICH 31 V 41OUEST

Point	X pixel	Y pixel	X réel	Y réel	X calculé	Y calculé	Résidu
POINT9	2921	1042	668.00	4,068.00	668.00	4,068.00	0.003367
POINT10	2722	9225	668.00	4,055.00	667.00	4,054.00	0.003364
POINT11	9222	1193	678.00	4,068.00	677.00	4,067.00	0.003369
POINT12	9029	9370	678.00	4,055.00	678.00	4,055.00	0.003366

SIDI AICH 31 V 42EST

Point	X pixel	Y pixel	X réel	Y réel	X calculé	Y calculé	Résidu
POINT13	3017	871	657.00	4,068.00	656.00	4,067.00	0.001638
POINT14	2836	9049	657.00	4,055.00	657.00	4,055.00	0.001638
POINT15	9319	1005	667.00	4,068.00	667.00	4,068.00	0.001637
POINT16	9137	9187	667.00	4,055.00	666.00	4,054.00	0.001637

SIDI AICH 31 V 42OUEST

Point	X pixel	Y pixel	X réel	Y réel	X calculé	Y calculé	Résidu
POINT17	2939	781	646.00	4,054.00	645.00	4,054.00	0.001419
POINT18	9245	932	656.00	4,054.00	656.00	4,053.00	0.001310
POINT19	2751	8333	646.00	4,042.00	646.00	4,041.00	0.001420
POINT20	9038	9112	656.00	4,041.00	655.00	4,041.00	0.001311

SIDI AICH 31 V 43 EST

Point	X pixel	Y pixel	X réel	Y réel	X calculé	Y calculé	Résidu
POINT21	3045	769	635.00	4,054.00	635.00	4,054.00	0.000397
POINT22	3011	8956	635.00	4,041.00	634.00	4,040.00	0.000397
POINT23	9346	787	645.00	4,054.00	644.00	4,053.00	0.000397
POINT24	9313	8974	645.00	4,041.00	645.00	4,041.00	0.000397

SIDI AICH 31 V 43OUEST

Point	X pixel	Y pixel	X réel	Y réel	X calculé	Y calculé	Résidu
POINT1	2736	1051	668.00	4,054.00	667.00	4,054.00	0.012536
POINT2	2645	9235	668.00	4,041.00	668.00	4,040.00	0.012598
POINT3	9029	1139	678.00	4,054.00	678.00	4,053.00	0.012545
POINT5	8907	9317	678.00	4,041.00	677.00	4,041.00	0.012607

SIDI AICH 31 V 44EST



Point	X pixel	Y pixel	X réel	Y réel	X calculé	Y calculé	Résidu
POINT6	2833	894	657.00	4,054.00	656.00	4,053.00	0.000000
POINT7	2693	9076	657.00	4,041.00	657.00	4,040.00	0.000000
POINT8	9140	996	667.00	4,054.00	666.00	4,053.00	0.000000
POINT9	9000	9178	667.00	4,041.00	667.00	4,041.00	0.000000

SIDI AICH 31 V 44OUEST

Point	X pixel	Y pixel	X réel	Y réel	X calculé	Y calculé	Résidu
POINT10	2965	861	691.00	4,041.00	690.00	4,040.00	0.000397
POINT11	2756	9033	691.00	4,028.00	691.00	4,028.00	0.000397
POINT12	9056	9190	701.00	4,028.00	700.00	4,027.00	0.000397
POINT13	9266	1018	701.00	4,041.00	701.00	4,041.00	0.000397

BOUGAA 31 VI 51EST

Point	X pixel	Y pixel	X réel	Y réel	X calculé	Y calculé	Résidu
POINT19	3035	1357	680.00	4,040.00	680.00	4,039.00	0.001584
POINT20	9349	790	690.00	4,041.00	689.00	4,041.00	0.001462
POINT21	9263	8985	690.00	4,028.00	690.00	4,027.00	0.001461
POINT22	2953	8919	680.00	4,028.00	679.00	4,028.00	0.001584

BOUGAA 31 VI 51 OUEST

Point	X pixel	Y pixel	X réel	Y réel	X calculé	Y calculé	Résidu
POINT14	2742	913	691.00	4,027.00	690.00	4,026.00	0.001775
POINT16	3178	9107	692.00	4,014.00	692.00	4,014.00	0.001776
POINT17	9476	9255	702.00	4,014.00	701.00	4,013.00	0.001775
POINT18	9042	1057	701.00	4,027.00	701.00	4,027.00	0.001775

BOUGAA 31 VI 53EST

Point	X pixel	Y pixel	X réel	Y réel	X calculé	Y calculé	Résidu
POINT23	2664	1322	690.00	4,068.00	689.00	4,067.00	0.004195
POINT24	3117	8886	691.00	4,056.00	691.00	4,056.00	0.004234
POINT25	9411	9034	701.00	4,056.00	700.00	4,055.00	0.003910
POINT26	8983	838	700.00	4,069.00	700.00	4,069.00	0.003871

BEJAIA 31 VI 31EST

Point	X pixel	Y pixel	X réel	Y réel	X calculé	Y calculé	Résidu
POINT1	3131	811	691.00	4,055.00	691.00	4,054.00	0.001685
POINT2	2914	8988	691.00	4,042.00	690.00	4,042.00	0.001685
POINT3	9213	9154	701.00	4,042.00	701.00	4,041.00	0.001684
POINT4	9427	974	701.00	4,055.00	700.00	4,055.00	0.001685

BEJAIA 31 VI 33EST



Point	X pixel	Y pixel	X réel	Y réel	X calculé	Y calculé	Résidu
POINT5	2671	1328	679.00	4,054.00	678.00	4,054.00	0.005325
POINT6	9617	762	690.00	4,055.00	690.00	4,054.00	0.004922
POINT7	9539	8940	690.00	4,042.00	689.00	4,042.00	0.005462
POINT8	3237	8893	680.00	4,042.00	680.00	4,041.00	0.005864

BEJAIA 31 VI 33OUEST

Point	X pixel	Y pixel	X réel	Y réel	X calculé	Y calculé	Résidu
POINT9	3069	1086	679.00	4,082.00	679.00	4,081.00	0.001192
POINT10	2903	9262	679.00	4,069.00	678.00	4,069.00	0.001192
POINT11	9213	9385	689.00	4,069.00	689.00	4,068.00	0.001192
POINT12	9379	1206	689.00	4,082.00	688.00	4,082.00	0.001192

BEJAIA bis 31 VI 13OUEST

Figure III.16 : Les résultats du calage des cartes de sous bassin 10 de la Soummam par GeoConcept

III.6. LA VECTORISATION

Le transfert des données d'une carte sous forme numérique est l'une des étapes les plus longues et coûteuses pour la mise en place d'un SIG.

On utilise la méthode de scannérisation car elle représente une solution la plus rapide et moins coûteuse.

Pour traiter un document scanné dans un système de Dessin Assisté par Ordinateurs (D.A.O) qui ne reconnaît pas les fichiers raster, il est nécessaire de convertir le fichier document raster en un format lisible par le programme de D.A.O. Ce processus est appelé vectorisation. Il crée un ensemble de segments encore appelés vecteurs qui reconstituent l'image initiale.

L'image originale doit être de grande qualité pour avoir une description vectorielle de l'image acceptable. La vectorisation des petits graphismes est aussi meilleure que la résolution est élevée. C'est notamment le cas pour les écritures de petite taille. Pour augmenter l'efficacité des algorithmes de calcul, il est conseillé d'augmenter la résolution du document fichier raster avant la vectorisation, en la doublant par exemple, ou en la quadruplant. L'image raster garde la même qualité mais la vectorisation peut être nettement améliorée. Des essais sont conseillés.

Pour transférer raster à vecteur, il y a trois méthodes possibles qui sont :

- ▶ Vectorisation manuelle : C'est une méthode lente et coûteuse. On utilise pour cela les logiciels disponibles sur le marché comme MapInfo, AutoCadMap.....etc.

- ▶ Vectorisation semi-automatique : C'est une méthode plus rapide que la première. Cette méthode consiste en la vectorisation polygone après polygone. Il existe plusieurs types du logiciel par exemple : CadOverly.

- ▶ Vectorisation automatique : est une méthode très rapide mais a condition, d'avoir une qualité spéciale de scanner, c'est à dire un scanner à séparation des couleurs. Les logiciels sont très chers.



La méthode utilisée dans notre cas est la méthode semi-automatique. Pour cela les logiciels utilisés sont :Autocadmap2000i et Cadoverly2000i.

III.6.1. CadOverly

Quelles que soient les images raster contenues dans les projets (dessins sur papier numérisés, cartes, photos aériennes ou images par satellite), CadOverly est la solution pour l'intégration précise des données de nos images. Il nous permet de modifier des données raster, de convertir ces données en données vectorielles et d'associer de nouveaux plans à des images réelles, afin d'accélérer le processus d'approbation de nos projets. En outre, Autodesk Cad Overlay est intégré à l'AutoCad, facilitant ainsi le partage des fichiers et améliorant la collaboration sur Internet.

a. Principaux avantages

- Tirons parti des documents hérités grâce à la solution leader pour l'édition et la conversion des images raster.
- Obtenons la précision requise grâce à la conversion interactive raster en vectoriel et la vérification des géométries.
- Améliorons nos présentations en intégrant des images réelles aux nouvelles données de conception.
- Gagnons du temps en convertissant uniquement les entités raster requises et en travaillant en mode hybride (associant données raster et données vectorielles) au lieu de recréer le dessin de toutes pièces.
- Bénéficiions de l'intégration totale d'Autodesk Cad Overlay à AutoCAD et aux produits basés sur AutoCAD.

b- La convergence du raster et du vectoriel

L'optimisation grâce à l'association d'images raster riches en informations et de dessins vectoriels intelligents avec CAD Overlay. Ainsi, par exemple, nous pouvons mettre à jour des plans d'atelier, intégrer des photographies et des dessins existants dans de nouvelles conceptions architecturales et convertir des cartes et des plans sur papier numérisés en un bassin de données SIG, d'aménagement du territoire ou de cartographie.

c- L'édition raster simplifiée

CadOverlay offre des outils d'édition raster qui nous permettent de modifier les entités raster en un clin d'œil à l'aide des commandes d'édition vectorielle standard, par exemple Déplacer, Copier et Pivoter ou encore modifier la profondeur de couleur et la densité des images.

d- La précision recherchée

Nous avons parfois besoin d'un degré de précision très élevé lors de la conversion de données d'image, par exemple dans le cas de plans d'assemblage d'atelier. Grâce à la conversion interactive raster en vectoriel, nous avons un contrôle total de la conversion de nos données ; cette fonction nous permet en effet de sélectionner uniquement les éléments qui nous intéressent et d'en contrôler la géométrie.



e- Compatibilité et connectivité

CadOverlay offre une intégration transparente à AutoCAD et aux produits basés sur AutoCAD, garantissant ainsi une compatibilité DWG intégrale, une courbe d'apprentissage réduite et un partage des fichiers simplifié grâce aux nouveaux outils de collaboration sur Internet.

III.6.2. AutoCadMap2000i

L'AutoCADMap2000i permet les meilleures solutions pour créer, maintenir, analyser, et produire les cartes dans un environnement de DAO. L' AutoCadMap2000i contient les outils orientés objet du logiciel d'AutoCAD aussi bien que sa propre gestion de données spatiales uniques et les avantages de dessin d'accès multiples.

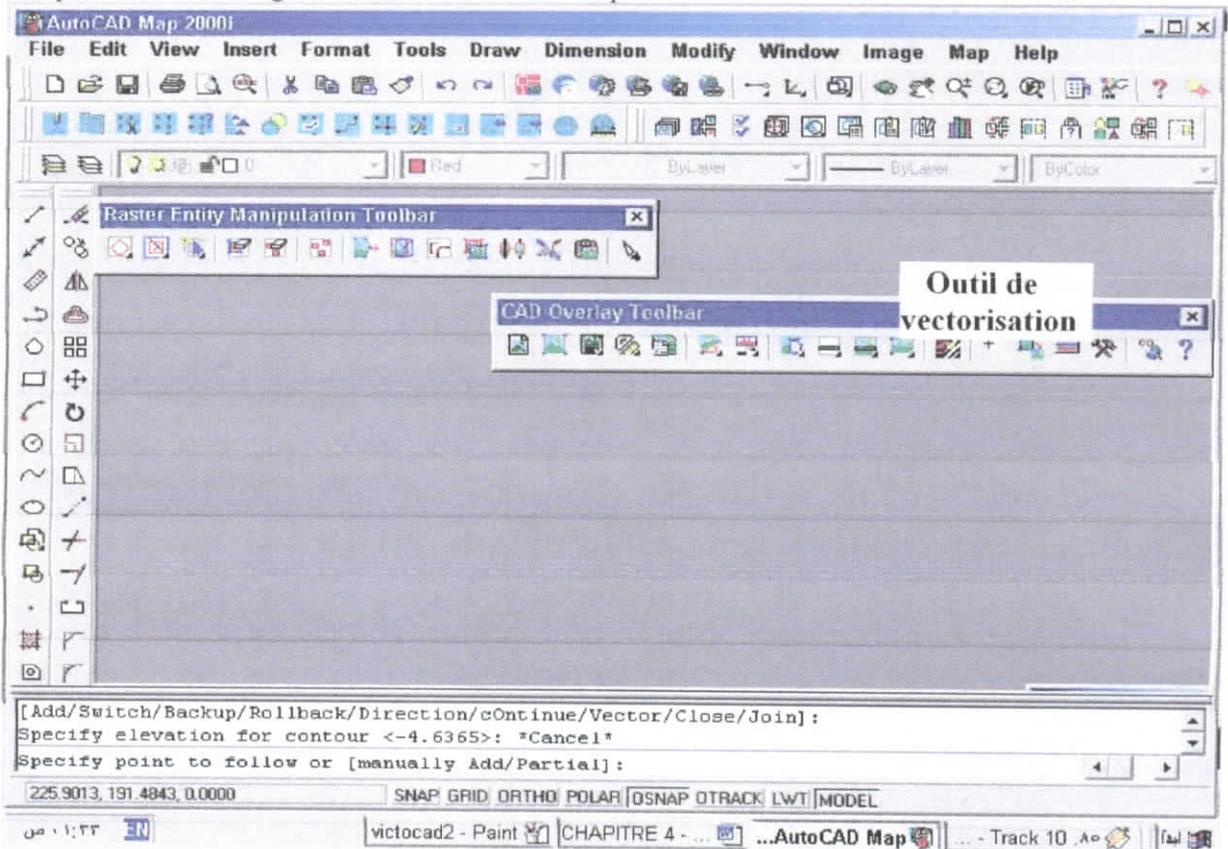


Figure.III.17. L'interface de AutoCadMap

Avec AutoCADMAP 2000i nous pouvons numériser, maintenir, analyser, et tracer nos propres cartes, et créer les cartes thématiques et les légendes. Nous pouvons travailler avec les schémas multiples et utiliser l'information des points de transmission extérieurs de données pour toutes nos tâches de tracer. En utilisant l'AutoCADMap2000i nous pouvons :

- ▶ Partager des dossiers avec d'autres utilisateurs.
- ▶ Contrôler, rechercher, et stocker les données graphiques et non-graphiques.
- ▶ Faire la Liaison les cartes avec les bases de données correspondant.
- ▶ Ajouter les données aux cartes et rendez-les plus intelligentes
- ▶ Nettoyer des cartes.
- ▶ Etablir le nœud, réseau, et les topologies de polygone pour l'analyse.
- ▶ Produire des cartes thématiques avec des légendes.



- ▶ Travailler avec des données spatiales existantes dans d'autres systèmes de coordonnées et d'autre format de fichiers.
- ▶ Importer les données d'autres systèmes de DAO et de SIG.
- ▶ Exporter des données à d'autres formats.
- ▶ Tracer des cartes facilement et efficacement.

III.6.3. La méthode de vectorisation :

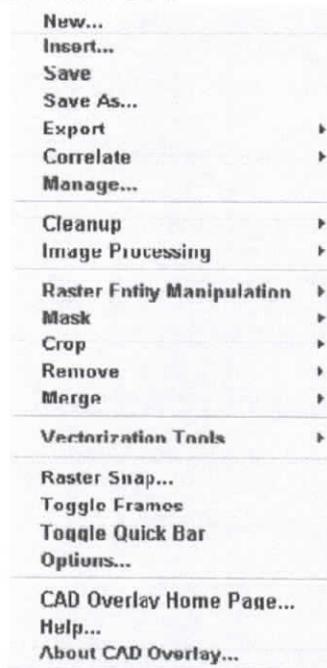


Figure.III.18. la fenêtre de vectorisation

L'outil de **Polyline** convertit les lignes de raster en polygones de vecteur. Le recouvrement de DAO crée une entité d'AutoCAD Polyline qui a la même position et dimensions comme une ligne de raster choisie. Une fois que le recouvrement de DAO a converti en vecteur une ligne, nous pouvons vérifier sa géométrie (angle et longueur). Il suffit de sélectionner le point de début et le point final, ou même faire tendre l'extrémité de la ligne à d'autres entités dans le schéma. Selon la configuration que nous avons indiquée sur la barre d'outils générale de VTools dans la boîte de dialogue d'options de recouvrement de DAO, l'outil de Polyline peut enlever le raster quand nous annulons la commande, donc il faut valider les polygones de vecteur pour se conformer aux arrangements de rédaction courants ou attribuer des couches aux vecteurs basés sur la largeur des lignes fondamentales de raster.

Quand nous utilisons l'outil de Polyline, nous pouvons choisir la ligne de raster pour la vectorisation en utilisant une méthode des deux qui suivent :

La première méthode consiste à la vectorisation d'une ligne de raster avec une clique simple. Le point final le plus près du point choisi est considéré le point de début. Selon la configuration d'AutoCAD active, **SmartCorrect** corrige automatiquement le polygone résultant pour se conformer aux configurations d'édition en cours. La deuxième méthode consiste à la sélection multiple de n'importe quelle ligne de raster que nous définissons en cliquant un point de début et un point final afin de le convertir en vecteur. Après que nous



choisissons le premier point de début, nous sommes alors incités à introduire des points finaux successifs pour créer un polyline simple avec des segments multiple.

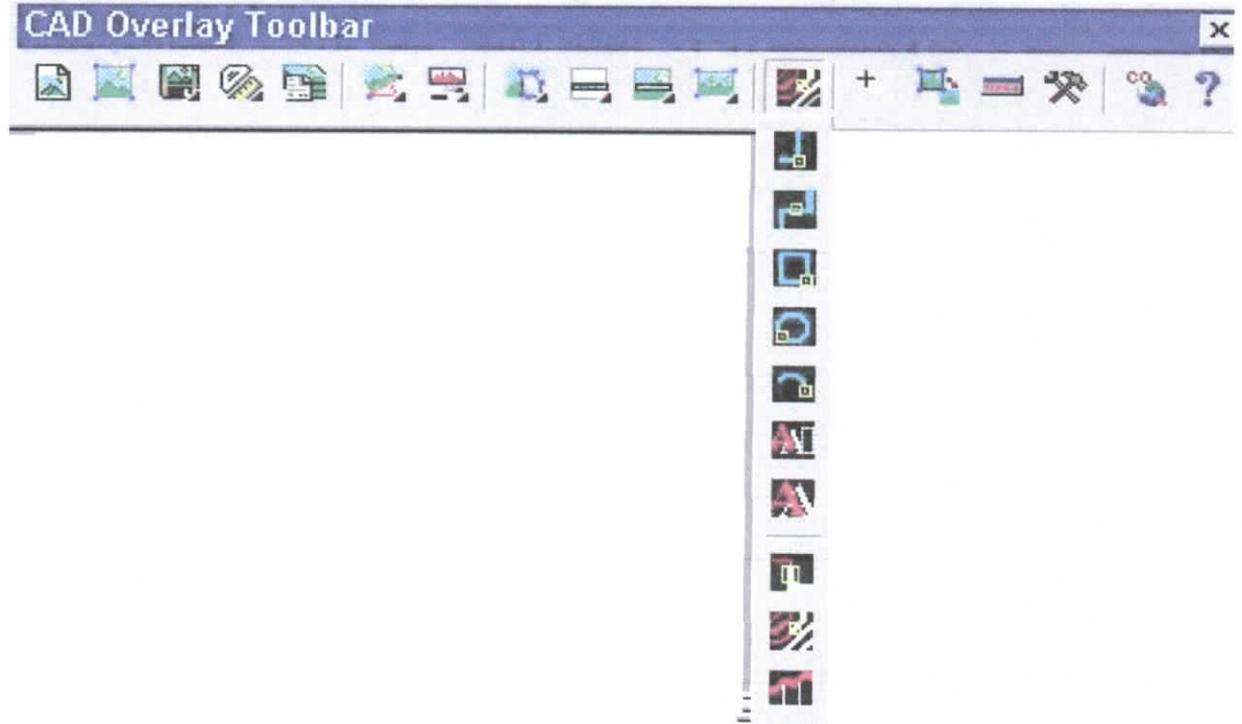


Figure.III.19 : Les choix de forme de vectorisation

Après que avoir choisis une ligne de raster de vectorisation, la ligne de commande d'AutoCAD montre un certain nombre de choix. Nous pouvons choisir une autre entité de vectorisation en utilisant la première méthode ou bien utiliser deux points pour choisir autre entité de la méthode de sélection multiple. Utiliser l'angle pour ajuster l'angle du segment de polyline de vecteur que nous avons juste créé. Nous pouvons changer l'angle en écrivant une nouvelle valeur, ou " en assortissant " l'angle d'une autre ligne de vecteur. Le recouvrement de DAO ajuste l'angle au sujet du point de début. Selon l'arrangement nous avons choisi dans la zone de dialogue d'options de recouvrement de DAO, nous pouvons cliquer_ droite choisir un angle à partir d'une liste le plus récemment utilisée ou d'une liste le plus fréquemment utilisée.

Utilisons la longueur pour ajuster la longueur du segment de polyline de vecteur que nous avons juste créé. Nous pouvons changer la longueur en écrivant une nouvelle valeur ou " en assortissant " la longueur d'un autre polyline de vecteur. Le recouvrement de DAO ajuste la longueur en déplaçant le point final. Selon la configuration que nous avons choisie dans la boîte de dialogue d'options de recouvrement de DAO, nous pouvons du menu contextuel du cliquer_ droite choisir une longueur à partir d'une liste, le plus récemment utilisée ou d'une autre liste le plus fréquemment utilisée. Si nous utilisons la méthode d'une simple sélection pour choisir la ligne de raster, utilisons le début pour changer le point de début du segment de polyline de vecteur que nous avons juste créé.

Si nous utilisons la méthode d'une simple sélection pour choisir la ligne de raster, utilisons l'extrémité pour changer le point final du segment de polyline de vecteur que nous avons juste créé. Si nous utilisons la méthode d'une simple sélection pour choisir la ligne de



Tip pour l'utilisation la plus efficace des outils de vectorisation, nous devons ajuster les configurations sur le menu général de VTools de la boîte de dialogue d'options de recouvrement de DAO.

III.7. Création d'altitude par AutoCadmap&CadOverly :

La création d'altitude obtenue par la fenêtre « les contraintes de saisie », elle est accessible à partir du menu **Fenêtres**, cette fenêtre flottante est enroulable et déroulante.

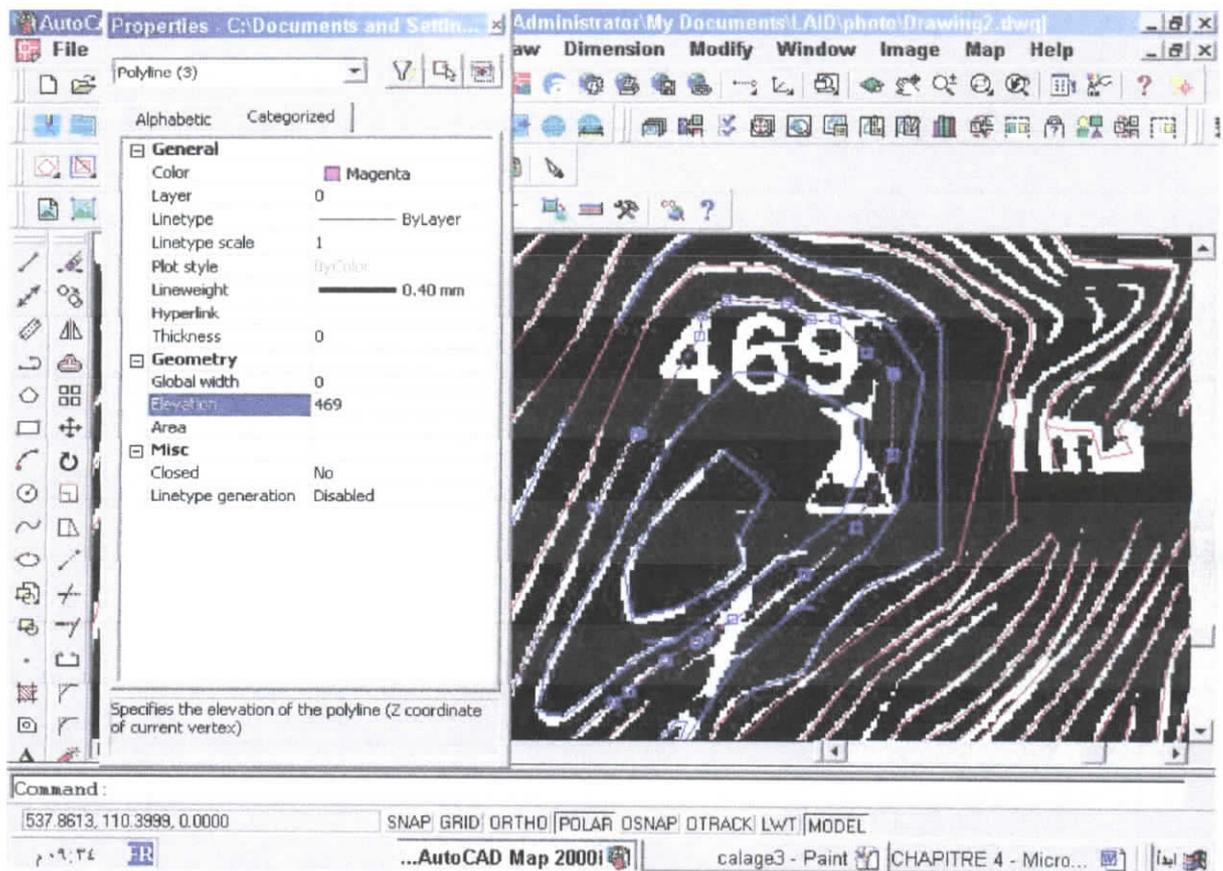


Figure III.21. Création l'altitude par AutoCadMap&CadOverly

III.8. Superposition des fichiers

Après le calage et la vectorisation on obtient deux fichiers :

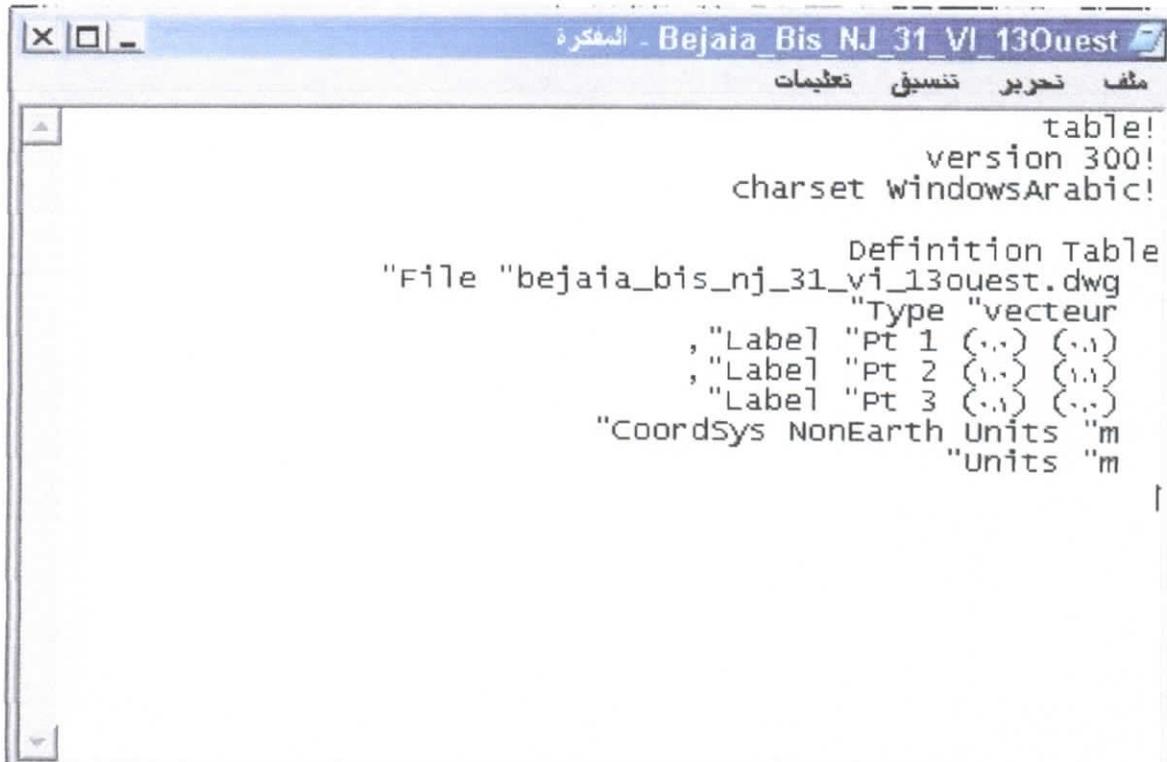
- Fichier raster calé (couleur où noir et blanc mode gris). Avec extension de GeoConcept est un fichier système annexe du fichier image (figure III.22), ce fichier contient le fichier image raster avec le mode de projection, les quatre points de calage avec des coordonnées unitaires et aussi l'unité de mesure.
- Fichier vecteur non calé (mode trait), extension AutoCad. Il contient toutes les données vectorielles (x , y , z).



```
table!  
version 300!  
charset windows!  
  
Definition Table  
"File "bejaia_bis_nj_31_vi_13ouest.tif  
  "Type "RASTER  
  , "Label "Pt 1 (.0) (.0)  
  , "Label "Pt 2 (.0) (.0)  
  , "Label "Pt 3 (.0) (.0)  
"CoordSys NonEarth Units "m  
  "Units "m
```

Figure.III.22 : Le contenu du fichier système (raster calé)

La superposition consiste sur le changement dans le texte du fichier système, on change le fichier raster par exemple fichier.tif par fichier.dwg le fichier vecteur. Donc finalement nous obtenons un seul fichier était calé et vectorisé.



```
table!  
version 300!  
charset windowsArabic!  
  
Definition Table  
"File "bejaia_bis_nj_31_vi_13ouest.dwg  
  "Type "vecteur  
  , "Label "Pt 1 (.0) (.0)  
  , "Label "Pt 2 (.0) (.0)  
  , "Label "Pt 3 (.0) (.0)  
"CoordSys NonEarth Units "m  
  "Units "m
```

Figure.III.23 : Le contenu du fichier système après la modification.



CONCLUSION

Conclusion

Le système d'information géographique est une nouvelle technique avancée dans le monde, Surtout en l'Algérie. L'indisponibilité des experts en SIG, posait-nous des obstacles pour le mettre en place.

Nous concluons à partir de ce mémoire, que l'acquisition des données géographiques est une opération délicate, pour cela, il faut choisir les méthodes et les outils efficaces surtout :

- Choix des cartes de bonne qualité d'impression de l'institut national de cartographie (INC). Aussi préalable d'obtenir une carte d'un seul thème par exemple topographique, administratif, les courts d'eau, les routes.....
- La scannérisation qui doit répondre à la configuration des logiciels de vectorisation. Dans notre travail, la scannérisation choisie avec aucune condition sans traitement des couleurs, aussi qui doit faire plusieurs essais pour obtenir un cas optimal, en utilisant deux facteurs, le volume de fichier et sa résolution.
- Pour l'acquisition des données d'une zone, il faut travailler sur un réseau, c'est à dire un groupe de travail puisque l'opération demande trois logiciels déferents, chaque logiciel avait des configurations de système spécifique, pour éviter les problèmes du système dans le cas mono poste, sans oublier les conditions techniques sur chaque poste, la haute fréquence plus 1Go et un grand mémoire plus 256Mo, surtout l'unité de graphisme (SVGA) plus de 32Mo. Un groupe de travail donc un avancement de travail permet de réduire les erreurs.
- Pour les logiciels utilisés, nous conseillons utilisées la famille de DAO (Dessin assisté par l'ordinateur), car elle est compatible avec tous les logiciels de SIG.

Pour mettre le système d'information géographique en place en Algérie, il faut une collaboration entre les différents organismes de l'état.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE :

[1] BARKER, G.R, (1988) : « Remote Sensing : The Unheralded Component of Geographic Information Systems ». Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, vol. Liv N°2, fév. 1988, pp. 195-199.

[2] BURROUGH, P.A,(1986) "Principle of geographical information systems for land resources Assesment". Monographs on soil and ressources survey N°12.
Oxford University Press. 194 p.

[3] DIDON,E. , (1990):Laboratoire Commun de Télédétection CEMAGREF/ENGREF Montpellier Edition 1990.

[4] PORNON,H,(1990) : "Du logiciel de DAO au système d'information géographique : comment choisir un système ? Evaluation technique des SIG existants ».
Séminaire SIG-GIS Europe 90. Paris, 19-22 juin 1990.

[5] RIPPLE,W, WANGS,J (1989) : "Quadtree structure for Geographic Information Systems". Canadian Journal of Remote Sensing. Vol. 15 n° 3. déc. 1989.

[6] Manuel d'utilisation GeoConcept (1999) : GeoConcept SA, décembre 1999.

[7] Manuel d'utilisation Autocad (2001) : Autodesk, 2001

[8] Manuel d'utilisation CadOverly (2000) : Auodesk, 2000.

[9] The GIS Sourceboook (1988) : Ed. GIS World Inc., Ft Collins, Colorabo.

[10] <http://www.call.com>

[11] <http://www.Geoconcept.com>

[12] <http://www.inra.fr>

[13] <http://www.techsoft.no>

[14] <http://www.uottawa.co/library/map/gis-f.html>

ANNEXES

LES ABREVIATIONS

SIG : SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE ;

INC : INSTITUT NATIONAL DE CARTOGRAPHIE ;

ANRH : AGENCE NATIONALE DES RESSOURCES HYDRIQUES ;

MNT : MODELE NUMERIQUE DE TERRAIN ;

SGBD : SYSTEME DE GESTION DE BASES DE DONNEES ;

C.A.O : CONCEPTION ASSISTEE PAR ORDINATEUR ;

D.A.O : DESSIN ASSISTE PAR ORDINATEUR ;

SGBDL : SYSTEME DE GESTION DE BASES DE DONNEES LOCALISEES ;

TIN : TRIANGULATED IRREGULAR NETWORK ;

RTI : RESEAU TRIANGULAIRE D'IRREGULARITE ;

EQM : L'ERREUR QUADRATIQUE MOYENNE ;

GCM : EXTENSION DE GEOCONCEPT DES FICHIERS CONTENANT LES DONNEES GRAPHIQUES ET BASE DES DONNEES ;

GCR : FICHIERS CONTENANT LES RESSOURCES (STRUCTURE, REQUETES ; FORMULES...).

LES FIGURES

- Figure II.1 : La structure d'un système d'information géographique*
- Figure II.2 : Modes de représentation vecteur (à gauche) et raster (à droite)*
- Figure II.3 : Région- Binary Image- Regional Quadtree*
- Figure II.4 : Codage de données en mode vecteur par paramètres*
- Figure II.5 : Codage de la topologie*
- Figure II.6 : Conversations de vecteur à raster et de raster à vecteur*
- Figure II.7 : Le concept des couches d'information*
- Figure II.8 : Table à numériser*
- Figure II.9 : Scanner format A0*
- Figure II.10 : Lien entre données spatiales et données descriptives*
- Figure II.11 : Vectorisation d'une image scannée (A) image origine, (B) matrice de pixels résultant du scannage, (C) image vectorisée lissée.*
- Figure II.12 : Exemples d'opérations géométriques éliminations des distorsions*
- Figure II.13 : Les deux catégories de requêtes formulables dans un SIG*
- Figure II.14 : Quelques exemples de mesures de l'espace*
- Figure II.15 : Reclassification agrégation*
- Figure II.16 : Croisement de cartes en mode raster*
- Figure II.17 : Croisement de cartes en mode vecteur*
- Figure II.18 : Analyse de proximité*
- Figure II.19 : Principe des analyses de contiguïté et de connectivité.*
- Figure II. 20 : Recherche de chemin optimal*
- Figure II.21 : Polygone de Thiessen-Voronoi*
- Figure III.1 : Situation géographique Du bassin versant De La Soummam*
- Figure III.2 : Le système géographique*
- Figure III.3 : Projection conique conforme de Lambert*
- Figure III.4 : Projection cylindrique de Mercator*
- Figure III.5 : Projection azimutale*
- Figure III.6 : Déformation selon le type de projection*
- Figure III.7 : Correction de projection par GeoConcept*
- Figure III.8 : Commande coordonnée du menu fenêtre*
- Figure III.9 : Consultation des coordonnées.*
- Figure III.10 : Création une nouvelle carte.*
- Figure III.11: Importation Raster dans le menu de Geoconcept.*
- Figure III.12 : Importation Raster dans le dialogue de Geoconcept*
- Figure III.13: La fenêtre de calage.*
- Figure III.14 : Saisie les quatre points de calage avec GeoConcept*
- Figure III.15 : Les résultats des quatre points de calage avec GeoConcept.*
- Figure III.16 : Les résultats du calage les cartes.*
- Figure III.17 : L'interface de AutoCadMap*
- Figure III.18 : La fenêtre de vectorisation*
- Figure III.19 : Les choix de forme de vectorisation.*
- Figure III.20 : La fenêtre de la vectorisation en AutoCadMap.*
- Figure III.21: Création l'altitude par AutoCadMap & CadOverly*
- Figure III.22 : Le contenu du fichier système (raster calé)*
- Figure III.23 : Le contenu du fichier système après la modification.*
- Tableau III.1 : Les noms des cartes d'après l'INC.*