

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N°Réf :.....

## Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf de Mila

Institut des Sciences et de Technologie

Département de sciences et Technique

**Projet de Fin d'Etude préparé En vue de l'obtention du diplôme  
LICENCE ACADEMIQUE  
En Hydraulique  
Spécialité : Sciences Hydrauliques**

**Thème :  
Apport des logiciels SIG dans la  
morphométrie des bassins versants - l'exemple  
d'ArcGIS**

**Préparé par :  
Rahal Massika  
Behloul Anwar  
Rzayki Yacine**

**Dirigé par :  
Mr : Koussa Miloud**

**Année Universitaire : 2014/2015**

# Remerciement

*Avant de commencer la présentation de ce travail, je profite de l'occasion pour remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la Réalisation de ce projet de fin d'études.*

*Je tiens à exprimer mes vifs remerciements pour mon grand et respectueux d'avoir accepté de m'encadrer pour mon projet de fin d'études, ainsi que pour son soutien, ses remarques pertinentes et son encouragement.*

*Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance et toutes mes pensées de gratitude qui m'a accompagné de près durant tout ce travail, pour sa disponibilité, pour la confiance qu'il a su m'accorder et les conseils précieux Qu'il m'a prodigués tout au long de la réalisation de ce projet.*

**Mr. Koussa Miloud**



# Dédicace

*A l'occasion de l'élaboration du mémoire de fin d'étude, je dédie ce modeste travaille :*

*A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; qui a été mon ombre durant toutes les années des études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger ; A Ma mère "Yamina" que j'adore : « Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études. Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance. »*

*A l'école de mon enfance, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir ; A mon chère père "Belkacem" « Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation. »*

*A celle qui sont partagés avec moi les meilleurs et les pires, celle qui sont toujours été là dans mes moments de détresse, mon inspiratrice depuis toujours, ma raison de vivre et les meilleures au monde, à celle que j'aimes plus que tout ; mon âmes frères : "Dada Abdel ghani, Dada Fouaz, Sidi Samir, Walid, Hamza" « Les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous. » A mes plus chère sœurs qui mes donne un grand bonheur dans ma vie : "Saliha (lala), Fairouz, Hayat, Nawel".*

*A la femme de mon frère "Zina".*

*A mes très petits enfants dans ma famille : "Maram, dhayae".*

*Et à toute ma famille que dieu vous protègent.*

*Et à tous ceux qui me connaissent.*

**Massika .R**



# Dédicace

JE COMMENCE PAR RENDRE GRACE À DIEU ET A SA BONTE, POUR LA PATIENCE, LA COMPETANCE ET LE COURAGE QU'IL M'ADONNE POUR ARRIVE À CE STADE.

Avec tout mon amour éternel et avec l'intensité de mes émotions. Je dédie ce modeste travail :

A mamère darben fairouzet mon père Mohamed pour l'éducation qu'ils m'ont prodigué; avec tous les moyens et au prix de toutes les sacrifices qu'ils ont consentis à mon égard, pour le sens du devoir qu'ils m'ont enseigné depuis mon enfance. Ce travail n'est que le fruit de votre soutien, de votre encouragement répété, de votre prière, de votre amour profond

A mes chers frères : Kenza, Oussama Imazouzi , farah, houda, saboula

A mes amis : pamidou don, izak blt, minou Igala, la3bidi, norigoujona ,

Wail tirigo, imad matilam, koukakou, mammeri katia, nina

A mes chers cousins : minou, mahdi, wail, sami, khalil

A mon groupe de mémoire rai et massika

A mon professeur qu'il m'encadré Kousa Miloud

A la mémoire de mes grands-parents,, à mon oncle abdelhamid, à mes tan et tantes : kamel, nasro, aziz, mohamed, hayat, adila, monira, samira, najet, wasila, sabrina

A ma grande famille que dieu vous protègent.

A ma meilleur professeur de français ali gachi

A tous mes collègues de la promotion.

A mon morire tonton morad Que Dieu bénisse son âme

**Anwar .b**

# Dédicace

## *Dédicaces*

*Que ce travail témoigne de mes respects :*

*A mes parents :*

*Grâce à leurs tendres encouragements et leurs grands sacrifices, ils ont pu  
Créer le climat affectueux et propice à la poursuite de mes études.*

*Aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma considération et  
mes profonds sentiments envers eux.*

*Je prie le bon Dieu des b nié, de veiller sur eux, en espérant qu'ils seront  
toujours fiers de moi.*

*A mes sœurs et à mes frères.*

*A la famille Rzayki.*

*Ils vont trouver ici l'expression de mes sentiments de respect et de  
reconnaissance pour le soutien qu'ils n'ont cessé de me porter.*

*A tous mes professeurs :*

*Leur gentillesse et leur soutien m'obligent de leur témoigner mon profond  
respect et ma loyale considération.*

*A tous mes amis et mes collègues :*

*Ils vont trouver ici le témoignage d'une fidélité et d'une amitié infinie.*

*Yassine. R*

## Sommaire

Dédicace

Remerciements

Introduction

### **Chapitre I : système d'information géographique**

Introduction.....	01
I 1 Notion de système d'information .....	03
I .1.1 Définition.....	03
I .1.2 synthèse.....	06
II Système d'information géographique.....	07
II .1 Définition.....	07
II.2 Historique.....	09
II.3 Les systèmes d'information géographique vous permettant.....	10
II.4 les fonctionnalités des logiciels de SIG.....	11
II.5 Rôle des logiciels de SIG.....	12
III Les modes de Représentation de l'information Géographique dans un SIG...13	
III.1 Le mode Raster.....	13
III.2 Le mode Vectorielle.....	14
III.2-1 LES POINTS.....	15
III.2-2 LES LIGNES.....	15
III.2-3 LES POLYGONES.....	15
IV Classification des applications par domaines Thématique.....	16
V Quelques concepts.....	20
V.1 Les composantes d'un SIG.....	20

V.1-1 Les logiciels.....	20
V.1.2 Les données.....	21
V.1.3 Les matériels informatiques.....	21
V.1.4 Les savoir-faire.....	22
V.1.5 : Les utilisateurs.....	22
VI Utilisations.....	23
VII Perspectives.....	24

**Chapitre II La méthode d'utilisation de SIG dans la morphométrie des bassins versant**

Avant-propos.....	25
A. Objectif du guide.....	25
B. Outils requis.....	25
C. Méthodologie.....	26
1. Géoréférencer et découper la carte MNT avec "Global Mapper".....	26
2. Conversion de la DEM découpée en image raster lisible par ArcGis.....	27
3. La fonction Fill (Comblé les puits).....	28
4. La fonction « Flow Direction » (Directions des écoulements).....	28
5. La fonction Flow accumulation(Accumulation des écoulements).....	28
6- La fonction Vectorisation du réseau hydrographique.....	29
7- Désigner un exutoire.....	30
8. La fonction Bassin versant.....	31
9. Attribuer la classification de straler au réseau hydrographique.....	33
10. Mesurer la surface du bassin versant.....	34
11. Créer la carte des pentes du bassin versant.....	35
12. Créer la carte la carte hypsométrique du bassin versant.....	36
13. La mise en page.....	38

## **Introduction**

Plusieurs ouvrages présentant les SIG ou Système d'Information Géographique ont été publiés, et beaucoup ont une idée, même vague de ce dont il s'agit. Sans revenir sur ce qui a été dit et souvent fort bien, nous souhaitons proposer un ouvrage introductif à l'usage des étudiants et stagiaires, mais aussi des autres interlocuteurs qui, n'ayant qu'une expérience pratique désirent acquérir les éléments formels et informels utiles pour l'élaboration d'une solution SIG.

Il y a maintenant quelque temps que ces outils existent. On analyse et exploite les résultats des premières applications. Avec le recul, on constate que certaines améliorations furent en fait de véritables mutations. Une offre de possibilités techniques toujours plus variés, permettent au domaine d'évoluer en même temps que les utilisateurs.

Les SIG restent fidèles à eux-mêmes, tout en n'étant plus ce qu'ils étaient.

C'est pourquoi, pour répondre à ceux qui souhaitent comprendre ce que sont les SIG et en quoi cela peut les concerner, il nous est apparu utile de les insérer dans une problématique plus large : celle de l'Information Géographique.

## **I. Introduction**

### **La géographie comme composante de nombreuses informations**

Beaucoup de personnes ignorent qu'elles travaillent sur des informations géographiques surtout quand leur domaine de compétences est très éloigné de la géographie ou des sciences de la terre. En effet, la plupart des informations qui sont aujourd'hui stockées et exploitées sont localisables, et donc potentiellement géographiques, puisqu'elles peuvent trouver une position sur une carte. Certains annoncent que 85 % des informations sont géographiques [MOL 93] ! Les communes, les cours d'eau, les routes sont des éléments usuellement contenus dans une carte. Mais le nombre d'habitants, le taux de concentration en nitrate, la date d'un revêtement peuvent aussi y trouver leur place. Par exemple on peut les associer respectivement à la commune qu'il concerne, au cours d'eau et au tronçon de route qu'ils qualifient. De la même façon, chacun d'entre nous est localisable et, qui plus est, de multiples façon : par son adresse, son lieu de travail, les magasins qu'il fréquente, son lieu de naissance, etc. Ainsi, dans le cadre de l'aménagement du territoire, l'analyse de notre double localisation (domicile/travail) fait l'objet d'études de déplacement utiles pour l'optimisation des transports.

L'information géographique a existé bien avant d'être appelée ainsi. L'une des premières apparitions connues de documents «cartographiques » remonte en effet au troisième millénaire avant Jésus-Christ. La production de carte demeure d'ailleurs encore de nos jours une utilisation importante des systèmes d'information géographique. Plus récemment, il s'est agi, au-delà des seules exploitations visuelles, d'étudier les relations spatiales pouvant exister entre des informations «voisines» et d'en déduire de nouvelles informations. Il est certain que l'avènement de l'informatique a participé à ce développement en permettant

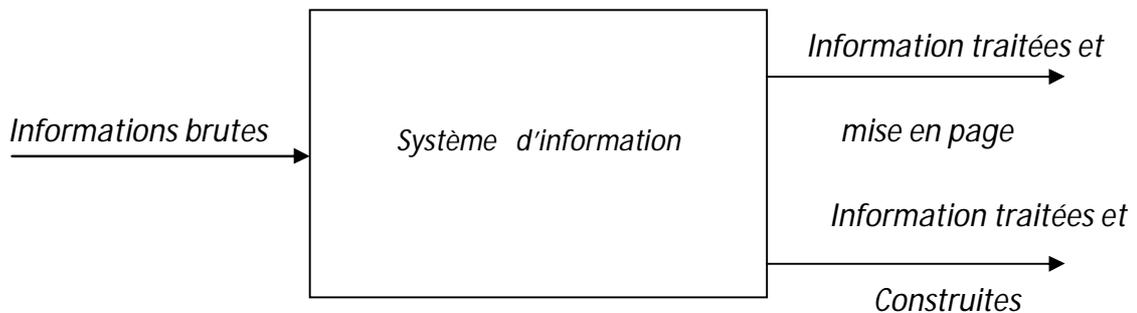
de travailler sur un nombre toujours plus important de données. Ce qui a donné naissance à une nouvelle discipline : la Géomatique.

Si la plupart des informations sont géographiques, il n'en est évidemment pas de même des traitements et analyses dont elles font l'objet. Beaucoup d'entre elles ne sont pas encore exploitées selon cet aspect. En effet, si l'aménageur recourt facilement à une analyse spatialisée pour étudier des phénomènes comme les inondations, les déviations, etc., il peut être moins naturel pour un banquier de cartographier sa clientèle. Or, gérer ses clients comme des points se répartissant de façon non aléatoire autour de sa succursale peut lui permettre d'étudier l'impact de l'implantation d'un concurrent dans son voisinage. De même, comme l'expliquait directeur d'une banque utilisant ces outils, la position géographique fait partie des critères intervenant dans la probabilité de souscrire à un compte épargne logement. C'est pourquoi dans les études existantes ou à venir, il peut être intéressant d'introduire et de mieux exploiter la composante spatiale dont nous verrons qu'elle comporte des spécificités. Ceci devrait permettre de mieux comprendre et gérer les phénomènes géographiques. Les outils spécifiquement dédiés à ces tâches sont les systèmes d'information géographique ou SIG.

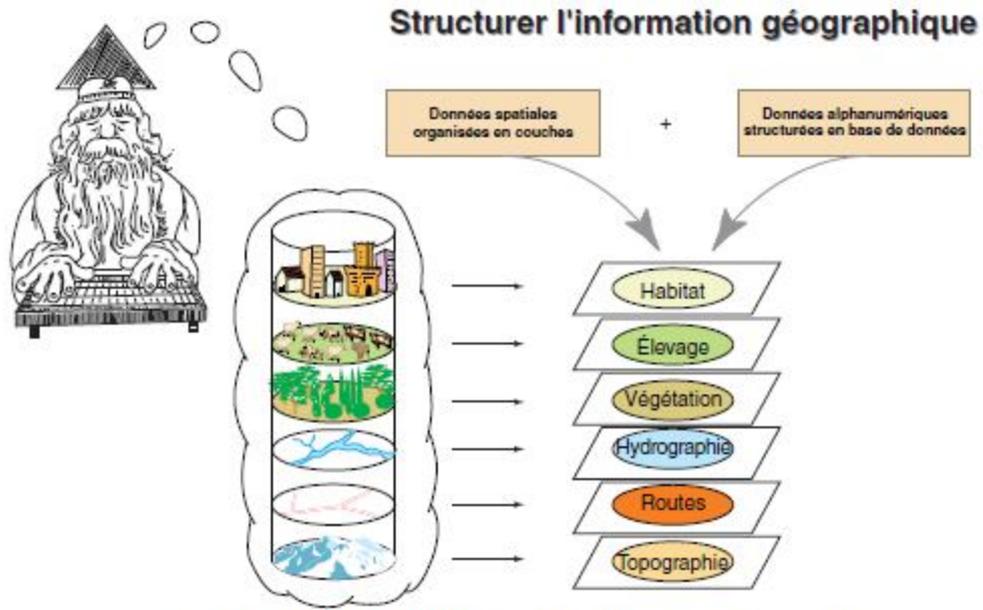
## **I. 1. Notion de système d'information :**

### **I. 1.1 Définition :**

Un système d'information géographique est déjà un système d'information (SI), à savoir «un système de communication permettant de communiquer et de traiter l'information » (Norme ISO 5127-1-1983). C'est donc par définition, un système permettant de communiquer et de traiter de l'information géographique dont on verra plus loin les caractéristiques, mais que l'on peut déjà décrire comme relative à un aspect spatial.

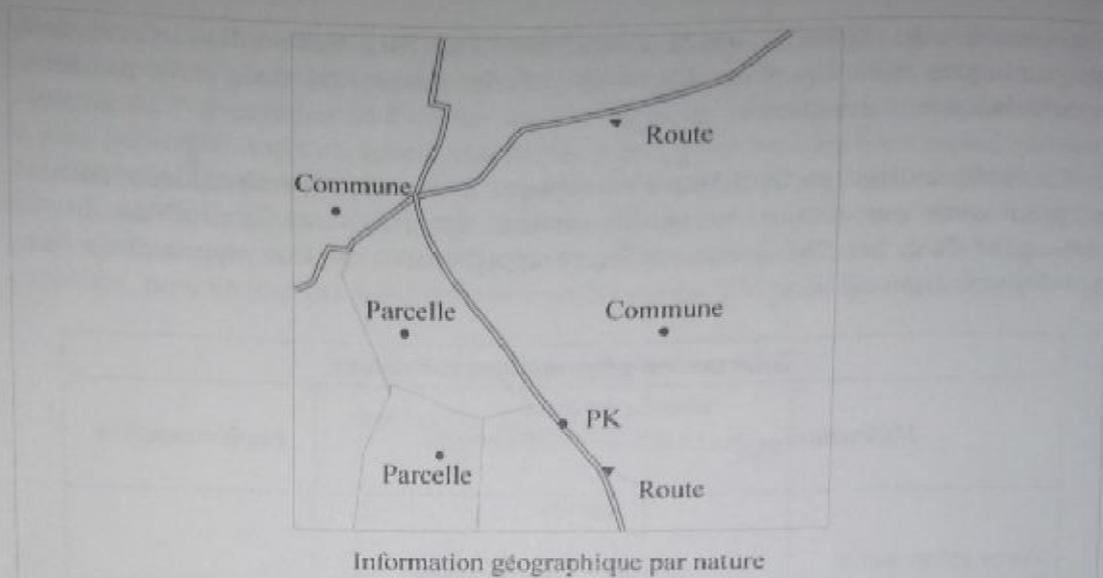


**Figure 1.** Définition d'un système d'information

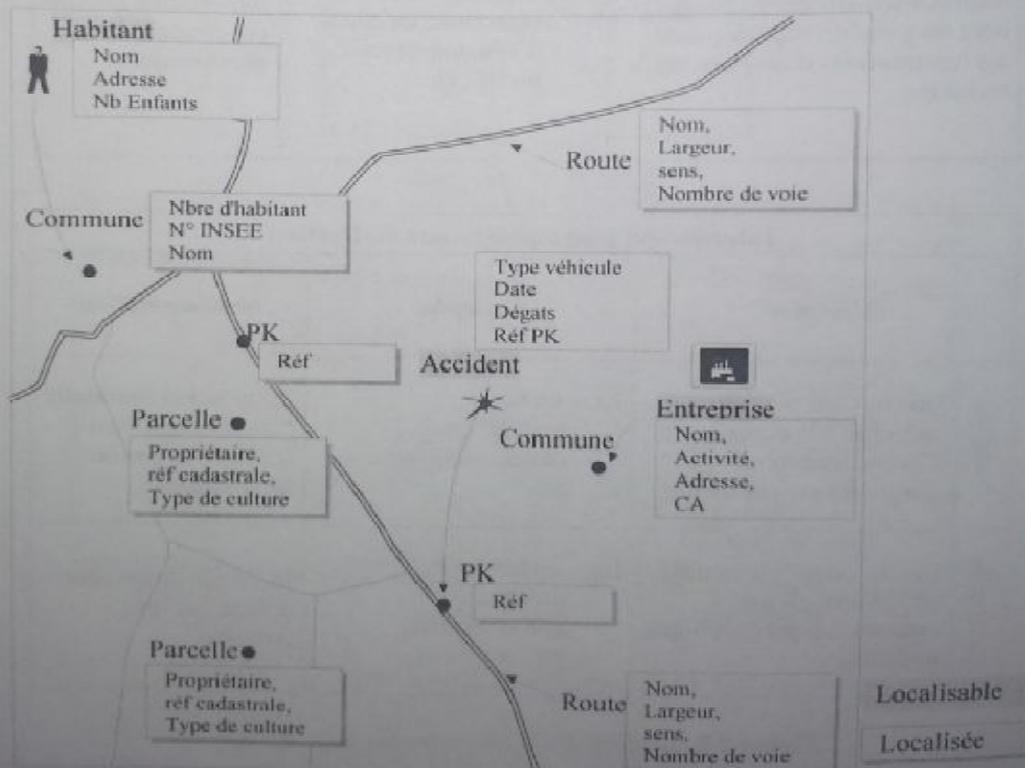


Base de données géographique = ensemble de couches superposables

46 Systeme d'information géographique



Information géographique par nature



Information géographique par destination

### I.1.2 Synthèse :

Les systèmes d'information géographique, comme tous les systèmes d'information ont une vocation d'aide à la décision ou du moins d'aide à la connaissance du domaine qu'ils concernent. Les SIG traitent les informations géographiques et spécifiques par les outils qu'elles nécessitent mais aussi par leurs caractéristiques techniques.

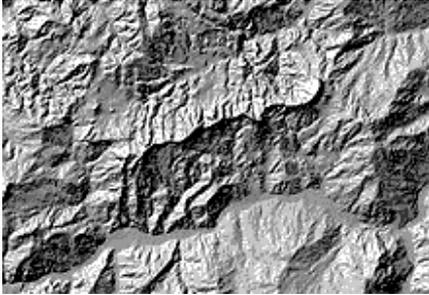
Informations géographique par nature ou par destination, localisées ou localisable, toutes participent dans les SIG à une meilleure appréhension de leur espace et de leur monde.

<b>Information géographique par nature</b>		
<b>Définition</b>	<b>Exemples</b>	<b>Implémentation</b>
Toute information Intrinsèquement géographique Dont on possède explicitement les Information décrite par des Les informations d'emprise sur Le territoire.	Ex. : une route, une commune une cour d'eau une parcelle un PK	Information décrire par des primitives géométrique

## **II. Système d'information géographique**

### **II.1 Définition**

☞ Pour les articles homonymes, voir SIG.



La bonne appréhension et représentation du relief est une valeur ajoutée de plus. Modélisation en fausse 3D avec ombrage (dérivée d'une base de données topographique)

(Région de Valsera, dans le nord des Apennins, Italie).

### **Un Système d'Information Géographique (SIG)**

Est un système d'information conçu pour recueillir, stocker, traiter, analyser, gérer et présenter tous les types de données spatiales et géographiques. L'acronyme SIG est parfois utilisé pour définir les « sciences de l'information géographique » ou « études sur l'information géospatiales ». Cela se réfère aux carrières ou aux métiers qui travaillent avec des systèmes d'information géographique et dans une plus large mesure avec les disciplines de la géo-informatique. Ce que l'on peut observer au-delà du simple concept de SIG a trait aux données de spatiale.

Dans un sens plus général, le terme de SIG décrit un système d'information qui intègre, stocke, analyse, et affiche l'information. Les applications liées aux SIG sont des outils qui permettent aux utilisateurs de créer des requêtes interactives, d'analyser l'information spatiale, de modifier et d'éditer des données au travers

de cartes et d'y répondre cartographiquement. La science de l'information géographique est la science qui sous-tend les applications, les concepts et les systèmes géographiques.

Le SIG est un terme général qui se réfère à un certain nombre de technologies, de processus et de méthodes. Celles-ci sont étroitement liées à l'am du territoire, la gestion des infrastructures et réseaux, le transport et la logistique, l'assurance, les télécommunications, , la planification, l'éducation et la recherche, etc. C'est pour cette raison que les SIG sont à l'origine de nombreux services de géolocalisation basés sur l'analyse des données et leur visualisation.

Les SIG permettent également une mise en relation de données qui peuvent sur le papier sembler très éloignées. Quelle que soit la façon d'identifier et de représenter les objets et événements qui illustrent notre environnement (coordonnées, latitude & longitude, adresse, altitude, temps, médias sociaux), les SIG permettent de réunir toutes ces dimensions autour d'un même référentiel, véritable colonne vertébrale du système d'information.

Cette caractéristique clé du SIG permet d'imaginer de nouvelles applications et de nouveaux débouchés en matière de recherche scientifique.

## II.2 Historique



's (1958) de la carte faite par John Snow en 1855 pour décrire l'épidémie de choléra de 1854 à Soho (Londres).

La première utilisation du terme « Système d'Information Géographique » a émergé grâce à Roger Tomlinson en 1968 dans son essai : « Un système d'information géographique pour l'aménagement du territoire »<sup>1</sup>. Roger Tomlinson est connu comme le père du Système d'Information Géographique. Auparavant, l'une des premières applications connues de l'analyse spatiale concerne le domaine de l'épidémiologie, en 1832, avec la publication du « Rapport sur la marche et les effets du choléra dans Paris et le département de la Seine » rédigé par le géographe français Charles Picquet<sup>2</sup>. Il représenta les 48 districts de la ville de Paris. Il utilisa un système de coloris dégradé en fonction du pourcentage de décès par le choléra pour 1000 habitants. Par la suite, en 1854, John Snow a dépeint une épidémie de choléra à Londres en utilisant des points pour représenter les emplacements de certains cas individuels. Ceci était l'une des premières réussites de l'utilisation d'un système d'information. Bien que les éléments basiques de topographie existaient avant la cartographie, la carte dépeinte par John Snow était unique, utilisant des méthodes novatrices de cartographie, non seulement pour décrire une situation

mais surtout pour analyser des groupes de phénomènes géo localisés et interdépendants.

Le début du xx<sup>e</sup> siècle voit le développement de la « Photo zincographie » qui permet la séparation de certaines cartes en couches (par exemple : une couche pour la végétation et une pour Cette technique a été particulièrement utilisée pour les contours des dessins. C'était un dur labeur pour les dessinateurs de l'époque mais le fait d'avoir des couches indépendantes permettait de travailler de manière plus efficace.

### **II.3 Les systèmes d'information géographique vous permettant**

- De disposer les objets dans un système de référence géoréférencé
- De convertir les objets graphiques d'un système à un autre
- De faciliter la superposition de cartes de source différents
- D'extraire tous les objets géographiques situés à une distance donnée d'une route
- De fusionner des objets ayant une caractéristique commune
- De déterminer l'itinéraire le plus court pour se rendre à un endroit précis
- De définir des Zones en combinant plusieurs critères

## **II.4 les fonctionnalités des logiciels de SIG**

Pour mieux définir ces quatre types de fonctionnalités, il faut détailler les diverses sous-fonctionnalités qu'elles regroupent et montrer l'étendue des solutions proposées. Les logiciels SIG du marché ont en effet adopté des configurations très variées, variées dans leur choix technique, leur complexité, leurs performances mais aussi leur forme. Ils développent des qualités propres sur certains aspects.

APIC est un des pionniers dans l'intégration d'informations temporelles avec la possibilité de gérer plusieurs états pour un même objet (traitement), ARC/INFO dès l'origine a offert une gestion élaborée de la topologie (acquisition/gestion), Ge Concept propose depuis ses débuts une ergonomie conviviale (communication), Ge media a mis en œuvre très tôt les concepts d'interopérabilité (gestion).

Beaucoup restent généralistes, tout en proposant des modules complémentaires de traitement et d'analyse qui leur permettent d'apporter des réponses spécifiques.

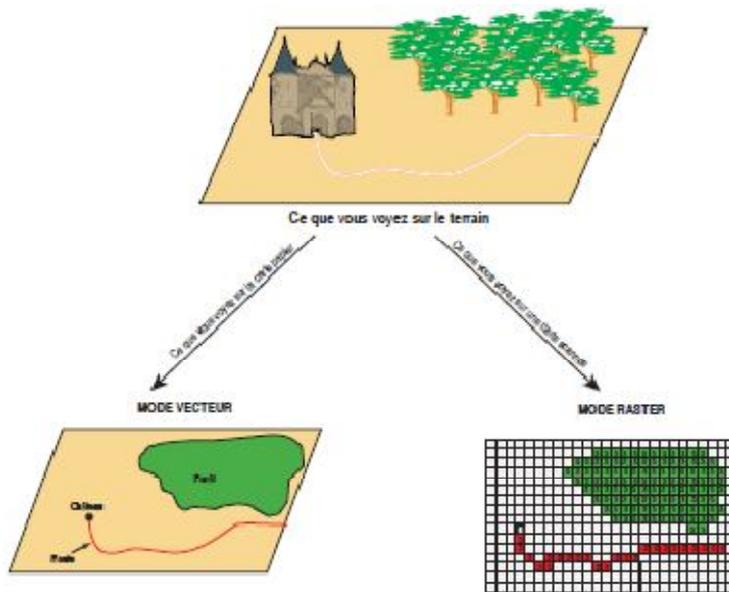
Ainsi, une même logicielle peut couvrir un large champ d'applications grâce à des configurations spécifiques, aux modules optionnels, à des développements particuliers ou aux produits de sociétés partenaires. Pour évaluer l'adéquation d'un outil, il importe d'étudier les solutions proposées, sans cesse en évaluation, à la lumière des contraintes spécifiques de l'application - contraintes Fonctionnalités mais aussi celles liées à l'existant (comme les relations avec des applications existantes ou encore les moyens financiers, humains).

## **II.5 Rôle des logiciels de SIG**

Les logiciels forment la dernière composante technique des SIG après les applications et les données. Ils jouent un rôle important puisqu'ils ont la charge de l'aspect opérationnel des applications. Ce rôle a évolué depuis leur début. Les utilisateurs de plus en plus nombreux envisagent maintenant rarement de développer leur propre logiciel de SIG. La partie conception peut même être inexistante lorsque l'application reste générale ou lorsqu'elle a déjà été mise au point. La plupart du temps cependant, quelques adaptations, voire des développements particuliers, doivent être effectués. Ils peuvent être réalisés en interne grâce aux modules de développements complémentaires aux noyaux SIG, ou sous-traités. Toutefois, la gamme des fonctions proposées, la variété des options techniques impliquent une définition élaborée de la solution logicielle et matérielle.

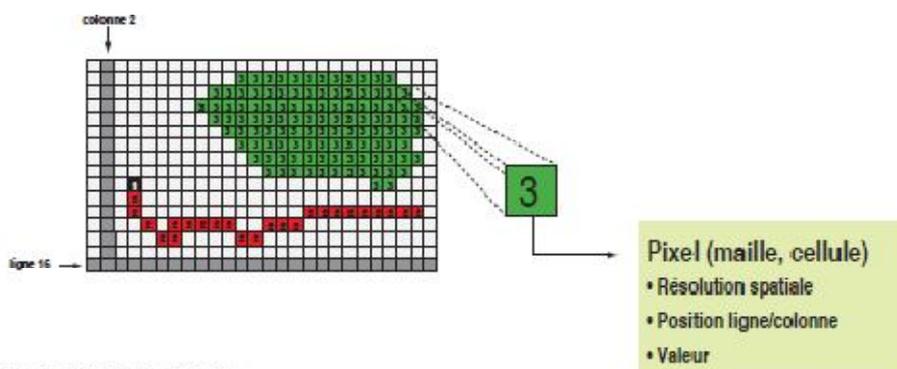
La définition d'un SIG par l'usage montre combien le SIG est lié à ce qu'il doit faire, à ce que le logiciel doit réaliser et donc à ses fonctionnalités.

### III. Les modes de Représentation de l'information Géographique dans un SIG



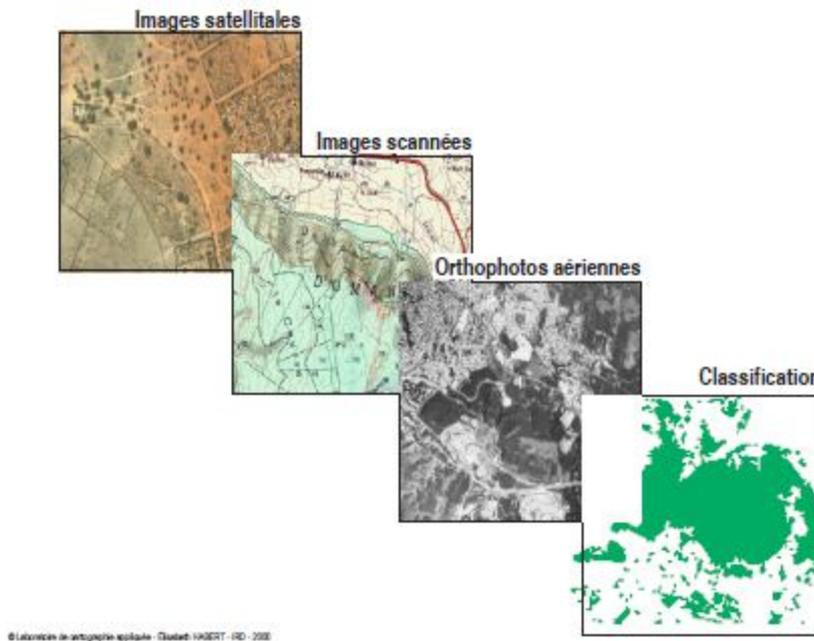
#### III.1 Le mode Raster

La réalité est décomposée en une grille régulière et rectangulaire, organisée en lignes et en colonnes, chaque maille de cette grille ayant une intensité de gris ou une couleur. La juxtaposition des points recrée l'apparence visuelle du plan et de chaque information. Une forêt sera "représentée" par un ensemble de points d'intensité identique.



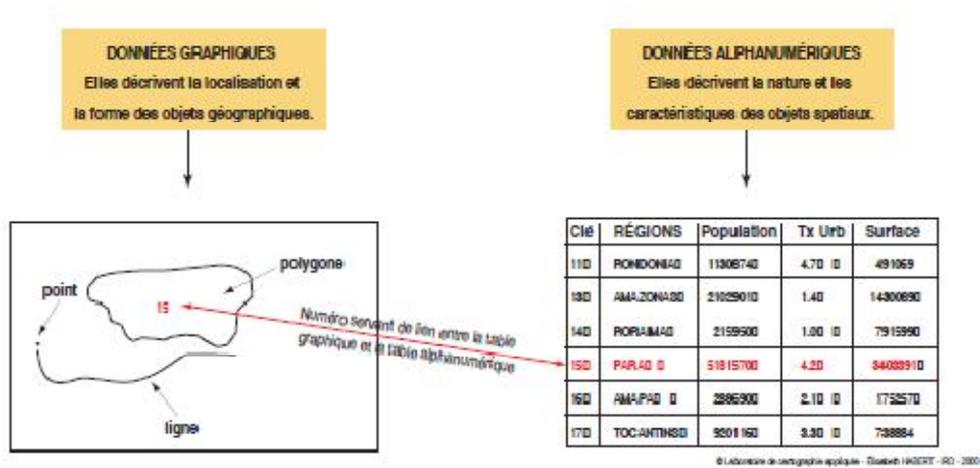
Annuaire de cartographie appliquée - Clément HADOT - IRD - 2000

### Données Raster : Exemple



### III.2 Le mode Vectorielle

Les limites des objets spatiaux sont décrites à travers leurs constituants élémentaires, à savoir les points, les arcs, et les arcs des polygones. Chaque objet spatial est doté d'un identifiant qui permet de le relier à une table attributaire.



### III.2-1 LES POINTS

Ils définissent des localisations d'éléments séparés pour des phénomènes géographiques trop petits pour être représentés par des lignes ou des surfaces qui n'ont pas de surface réelle comme les points cotés.

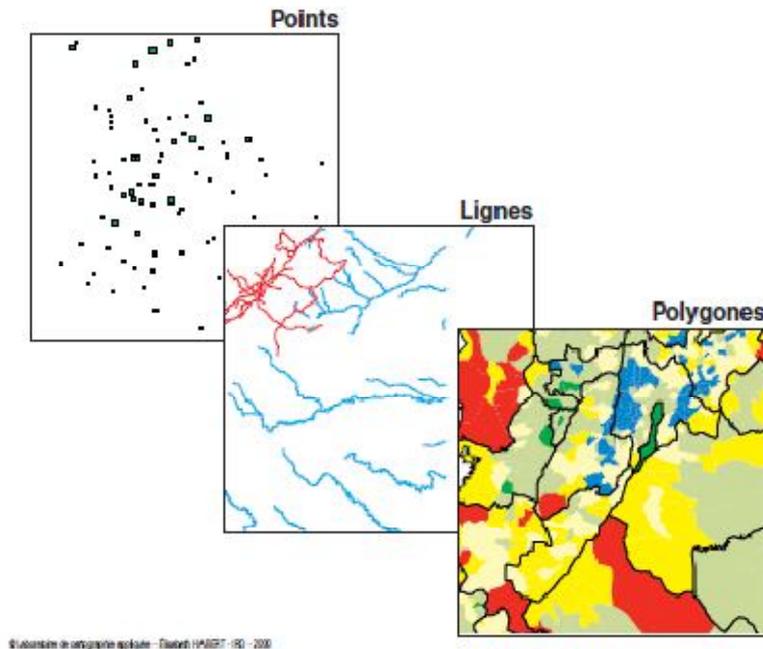
### III.2-2 LES LIGNES

Les lignes représentent les formes des objets géographiques trop étroits pour être décrits par des surfaces ou des objets linéaires qui ont une longueur mais pas de surface comme les courbes de niveau.

### III.2-3 LES POLYONES

Ils représentent la forme et la localisation d'objets homogènes comme des pays, des parcelles, des types de sols.

-Donnée Vecteur : Exemple :



## IV. Classification des applications par domaines Thématique

Il est délicat de donner une classification des applications par thèmes.

En effet, les thèmes ne correspondant pas forcément à des domaines équivalents. Certains regroupent une large gamme d'applications tandis que d'autres sont très spécialisés mais représentent un enjeu économique ou technique important pour la géomatique. On aboutit souvent à une énumération de domaines sous forme de liste qui témoigne de l'aspect généraliste de la localisation :

Citons cependant :

-Agriculture ;

-Aménagement ;

- Culture ;
- Défense ;
- Éducation ;
- Environnement ;
- Géologie et ressources minières (prospection minière) ;
- Géomarketing ou géomercatique (localisation des clients, analyse du site) ;
- Habitat ;
- Hydrographie et océanographie ;
- Réseau de distribution (eau, gaz, électricité, etc.) ;
- Risque naturels ou technologiques et sécurité civile, pollution ;
- Santé ;
- Services ;
- Socio-économie, démographie ;
- Télécommunications (implantation d'antennes pour les Téléphones mobiles) ;
- Tourisme (gestion des infrastructures, itinéraires touristiques) ;
- Transports et réseau routier, circulation automobile (planification des transports urbains, optimisation d'itinéraires) ;
- Urbanisme (cadastre, POS, voirie, réseaux assainissement) ; etc.
- Biologie (études du déplacement des populations animales).

- **Agriculture**

Le domaine de l'agriculture utilise un grand nombre d'outils pour le traitement de l'information géographique. Les SIG sont souvent couplés avec des techniques d'acquisition de données qu'ils intègrent, gèrent et exploitent.

- **Aménagement**

L'aménagement regroupe de nombreux sous-thèmes (aménagement rural ou urbain, aménagement du territoire ou d'un quartier). Chacun inclut de multiples applications. L'organisation des principaux acteurs territoriaux et l'emboîtement de leurs domaines d'intervention, caractéristique de ce thème, renvoient par ailleurs à une autre classification : la classification par type de territoire gérés.

- **Défense**

L'usage des informations géographiques dans le domaine de la défense a changé avec la nature des interventions militaires. Pendant longtemps, la défense du territoire national a dominé. Sur la France où l'on disposait d'une couverture cartographique exhaustive et de bonne qualité, on pouvait envisager un grand nombre d'études sur des thèmes variés. Cependant, lorsqu'il faut intervenir sur des territoires sur lesquels aucune information géographique n'est disponible, les utilisations ne peuvent être que différentes, tout comme les priorités. En l'occurrence, il s'agit souvent avant tout d'acquérir rapidement des informations et de mettre en relations des données hétérogènes.

- **Environnement**

Les éléments intervenant dans un phénomène environnement sont généralement localisés. Le recours à l'information géographique pour les modéliser et les étudier semble alors naturel. Pourtant, malgré son apport potentiel, l'utilisation de l'information géographique ne s'est développée dans ce domaine que tardivement. En effet la sensibilisation aux aspects de l'environnement que l'on connaît aujourd'hui est relativement récente. Ce ministère est encore «jeune». Faute de crédits suffisants, le coût global d'un projet de SIG a longtemps été un frein à leur exploitation. Toutefois, une certaine prise de conscience des enjeux de l'environnement et la recherche d'une plus grande protection de celui-ci ont entraîné la prise de mesure et la

commande d'étudier spécifique. Les moyens octroyés pour leur réalisation et la baisse des coûts de constitution ont alors favorisé l'usage des SIG comme outils d'étude et de gestion. Ils servent aussi à réaliser des simulations et des analyse sur les nuisances ou les risques, la demande d'informations dans ces domaines étant devenue forte.

- **Hydrographie et océanographie**

Il existe des analogies entre les domaines maritime et terrestre. Toutefois, le domaine maritime possède des spécificités importantes. Ainsi, pour l'application de navigation embarquée, l'ECDIS, les données de navigation élaborées en France par le SHOM, tiennent un rôle équivalent aux bases de données routières servent au guidage de véhicules. Cependant, s'il est facile à priori de déterminer ce qui se trouve à la surface de la terre, cela l'est moins au fond des mers.

- **Les réseaux de distribution (eau, gaz, électricité)**

Le domaine des réseaux en général (réseaux de distribution et réseaux de communication incluant les télécommunications et les transports) est l'un des domaines d'applications regroupant le plus d'utilisateurs. Ils renvoie également à une autre typologie (la classification par l'utilisation des SIG), en raison des outils mathématiques spécifiques requis pour l'analyse de ce type d'informations.

- **Télécommunications**

Ce domaine, comme celui du géomarketing, s'est beaucoup développé ces cinq dernières années. Les enjeux financiers, la forte concurrence mais aussi la composante technique, les études préalable moins coûteuses lorsqu'elles sont simulées, expliquent en grande partie cet essor.

- **Transport et réseau routier, circulation automobile**

La localisation est un aspect important des transports : localisation des points de départ, des points d'arrivée, des itinéraires, mais aussi des causes, des effets, des offres, des demandes. Cela explique probablement la diversité des applications SIG dans ce domaine.

- **géomarketing (ou géomercatique), socio-économie, démographie**

Le géomarketing peut être rapproché des applications sociologiques, économiques et démographiques. En effet, ils ont en commun le type de données traitées et les outils complémentaires aux SIG utilisés. Néanmoins, le géomarketing est généralement considéré de façon individuelle. Ceci s'explique par la différence de culture et d'objectifs de ses utilisateurs.

## **V. Quelques concepts**

### **V.1 Les composantes d'un SIG**

Un système d'information géographique est constitué de cinq composants majeurs :

#### **V.1-1 Les logiciels**

Ils assurent les six fonctions suivantes (parfois regroupées sous le terme des « 6A ») :

Saisie des informations géographiques sous forme numérique (Acquisition)

Gestion de base de données (Archivage)

Manipulation et interrogation des données géographiques (Analyse)

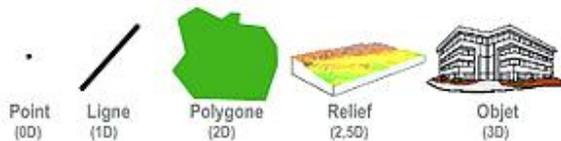
Mise en forme et visualisation (Affichage)

Représentation du monde réel (Abstraction)

La prospective (Anticipation).

Une liste des logiciels SIG, libres et propriétaires, est disponible.

### **V.1.2 Les données**



Taille/dimension de la représentation de la donnée

Les données géographiques sont importées à partir de fichiers ou saisies par un opérateur. Une donnée est dite « géographique » lorsqu'elle fait référence à un (ou plusieurs) objet(s) localisé(s) à la surface de la Terre. Ses coordonnées sont définies par un système géodésique (ou système de référence spatiale). Voir le paragraphe suivant.

### **V.1.3 Les matériels informatiques**

Le traitement des données se fait à l'aide des logiciels sur un ordinateur de bureau ou sur un ordinateur durci directement sur le terrain. L'ordinateur de terrain avec GPS et laser télémètre permet la cartographie et la collecte des données. La construction de la carte en temps réel et la visualisation de la carte sur le terrain augmente la productivité et la qualité du résultat. La tendance depuis les années 2000 est à une cartographie précise et interactive, où l'analyse des données se font de plus en plus in situ, sur le terrain, de même que la validation. Des systèmes client-serveur en intranet, extranet voire via Internet facilitent ensuite, et de plus en plus, la diffusion des résultats.

#### **V.1.4 Les savoir-faire**

Un système d'information géographique fait appel à une connaissance technique et à divers savoir-faire, et donc divers métiers, qui peuvent être effectués par une ou plusieurs personnes. Le spécialiste doit mobiliser des compétences en géodésie (connaissance des concepts de système de référence et de système de projection), en analyse des données, des processus et de modélisation (analyse Merise, langage UML par exemple), en traitement statistique, en sémiologie graphique et cartographique, en traitement graphique. Il doit savoir traduire en requêtes informatiques les questions qu'on lui pose. Toutes les compétences techniques se retrouvent dans le métier de géomaticien, compétences auxquelles viennent se greffer des compétences "métiers" thématiques.

#### **V.1.5 : Les utilisateurs**

Comme tous les utilisateurs de systèmes d'information géographique ne sont pas forcément des spécialistes, un tel système propose une série de boîtes à outils que l'utilisateur assemble pour réaliser son projet. N'importe qui peut, un jour ou l'autre, être amené à utiliser un SIG. Le niveau de compétences requis pour la conduite des opérations les plus basiques (voir géomatique), est généralement celui de technicien supérieur. Mais afin d'assurer une bonne qualité d'interprétation des résultats de l'analyse des données et des opérations avancées, celles-ci sont généralement confiées à un ingénieur disposant d'une bonne connaissance des données manipulées et de la nature des traitements effectués par les logiciels. Enfin, des spécialistes sont parfois amenés à intervenir sur des aspects techniques précis.

## **VI. Utilisations**

Article détaillé : Applications des systèmes d'information géographique.

Les SIG sont utilisés essentiellement pour :

l'analyse spatiale ;

La gestion de données et de bases de données géographiques ;

L'aide à la décision, notamment pour l'aménagement du territoire ;

Les définitions de zones de chalandise, implantations de points de vente, aides au mediaplanning notamment en affichage, optimisation de la distribution d'ISA (imprimés sans adresses) ;

la cartographie ;

La cartographie réglementaire, destinée à représenter et à rendre opposables les droits à construire sur un terrain particulier. En France, elle permet d'élaborer graphiquement les plan locaux d'urbanisme (PLU) et de les éditer sous forme de documents papiers ou informatiques. La cartographie réglementaire doit permettre de faire le lien entre les différents acteurs de l'immobilier en partant des collectivités publiques compétentes en matière d'urbanisme en passant par les professionnels de la construction (promoteurs immobiliers et sans oublier le public non professionnel.

## **VII. Perspectives**

Le monde des systèmes d'information géographique est en pleine évolution depuis les années 1970. Leur utilisation ne cesse de s'accroître tout comme le nombre de personnes qu'il emploie.

Même s'il manque encore une composante temporelle au SIG ; le « temps », encore difficile à gérer et représenter dynamiquement, les applications SIG / SIRS se développent et s'améliorent rapidement.

Une notion qui est en cours d'évolution dans les SIG est la 3D. La latitude est prise en compte depuis longtemps, avec les MNT (Modèles Numériques de Terrain) et TIN (Triangular irregular Network). Certains logiciels SIG 3D existent déjà, c'est le cas de SpaceEyes3D ou encore de Virtual Terrain Project (logiciel libre).

Les SIG tendent à une meilleure interopérabilité et accessibilité via le Web avec :

Serveurs cartographiques,

SIRS partagés sur le Web.

des outils SIG/SIRS nomades qui apparaissent grâce au PDA et tablette PC dans le monde de l'agriculture de précision ou de la sylviculture et de l'éco-socio certification forestière.

Une meilleure interopérabilité. Par exemple, l'Union européenne, avec la directive INSPIRE aide à harmoniser les informations géographiques entre les États membres, notamment par l'emploi de métadonnées.

Ceci devrait permettre des utilisations interdisciplinaires améliorées, par exemple dans le domaine santé-environnement et éco-épidémiologie, ou du développement durable ou de la prospective.

## **Avant-propos**

Les délimitations manuelles des bassins versants sur les cartes topographiques et les analyses morpho métriques Classiques ont été les toutes premières mesures quantitatives utilisées pour cerner la géomorphologie des bassins versants. Ces analyses sont le préambule à de nombreuses études hydrologiques. Aujourd'hui l'outil informatique permet d'entreprendre aisément ces différentes manipulations permettant la délimitation des bassins versants, la mesure de la géométrie, de l'hypsométrie, des pentes ou de l'organisation du réseau hydrographique. A cet effet, des logiciels des Systèmes d'Information Géographique, notamment ArcGIS, fournissent des outils intéressants de calculs et de mesures hydro morphologiques à partir des cartes MNT. Un Modèle Numérique de Terrain (MNT) est une représentation en trois dimensions de la surface de la terre, créée à partir des données d'altitudes du terrain. En 2009, un MNT a été mis gratuitement à disposition des internautes, offrant une résolution de 30 mètres, et couvrant 99 % de la surface du globe. Il a été créé par stéréoscopie à partir de couples de photos aériennes ASTER (Advanced Spacebone Thermal Emission and Reflection Radiomètre) par la NASA et le ministère de L'économie, du commerce et de l'industrie du Japon.

### **A. Objectif du guide**

Délimitation d'un bassin versant et déterminations de ses caractéristiques morpho métriques.

### **B. Outils requis**

Carte : MNT

Logiciels : Global Mapper & ArcGIS 9.3 ou ultérieur.

Fichiers & applications : Fichier de projection & l'application Esrihydrology.

## **C. Méthodologie**

### **1. Géoréférencer et découper la carte MNT avec "Global Mapper"**

Ouvrir Global Mapper puis Ouvrir votre carte MNT (fichier DEM).



Appliquer une projection à la carte MNT directement sous Global Mapper, cliquez sur l'icône « Configuration » puis sur la rubrique « Projection», et éventuellement sur « Load From File » pour chercher une projection à partir d'un fichier disponible. (Exemple Lambert Conforme Conique, Maroc zone1)

#### **-Pour découper la MNT :**

Le fichier DEM (Digital Elevation Mapou MNT) étant ouvert,

Cliquez sur « File » puis sur « Export Raster And Elevation Data» ensuite sur « Export DEM». Validez les OK.

Dans la fenêtre « DEM Export Options », cliquez sur la rubrique «Export Bounds» puis sur « Draw a Box».

Sélectionnez la zone à découper et validez deux fois par « OK».

Choisissez enfin un nom et un dossier d'enregistrement.

## **2. Conversion de la DEM découpée en image raster lisible par ArcGis**

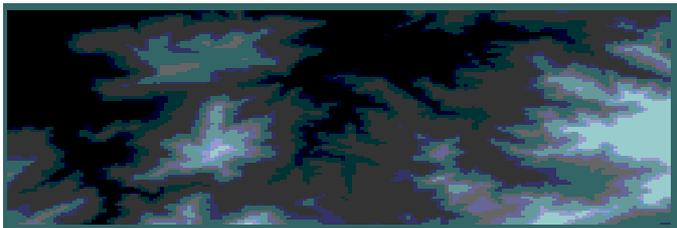
Ouvrir ArcMap puis convertir le fichier DEM en image Raster par l'outil ArcToolbox :

Développez ArcToolbox et allez à l'outil « Conversion Tools» puis à « To Raster» et enfin double-cliquez sur « DEM to Raster».

Renseignez le champ « Input Dem File» avec votre DEM découpée. Dans le champ « Output Raster» le logiciel spécifie le fichier raster de sortie et son emplacement. Validez par OK.

S'il n'y a pas d'erreur, la conversion s'effectue et l'image raster grisâtre s'affiche et une couche s'ajoute dans le menu à gauche des « Layers ».

S'il n'y a pas d'erreur, la conversion s'effectue et l'image raster grisâtre s'affiche et une couche s'ajoute dans le menu à gauche des « Layers ».



- Vérifiez que votre projection est appliquée, en apercevant les coordonnées Lambert sur la barre d'état (barre inférieure). Sinon appliquez la éventuellement par : ArcToolBox – Data Management Tools – Projection and Transformation – Define Projection. Sélectionnez votre raster et cherchez votre fichier de projection par le bouton « Select », ou importez le d'une couche préétablie (bouton « Import»). Validez par OK.

L'étude hydromorphologique d'un bassin versant par ArcGis s'effectue à l'aide de l'application hydrologique se trouve dans ArcToolBox – Spatial Analyst Tools.

### **3. La fonction Fill (Comblé les puits)**

Permet de combler des cellules identifiées comme étant des points bas (Par défaut la commande recherche la plus faible valeur voisine d'altitude et l'utilise pour combler la dépression). Cette fonction s'exécute sur votre couche raster (grisâtre) établie précédemment par :

ArcToolBox – Spatial Analyst Tools – hydrology – Fill

Après l'exécution de cette commande, une nouvelle couche est créée et ajoutée dans la zone des «layers».

### **4. La fonction « Flow Direction » (Directions des écoulements)**

Cette commande permet d'identifier les directions des écoulements dans la carte raster MNT. Cochez la case Force flow at edge; et dans input surface, votre carte raster à puits comblés doit être spécifiée.

En cliquant sur Ok, la fonction va créer et afficher une nouvelle couche (ici, Flow Direction1).



### **5. La fonction Flow accumulation(Accumulation des écoulements)**

Cette commande permet de calculer, pour chaque cellule, la quantité d'eau accumulée dans la cellule du fait des écoulements amont. Dans le champ Direction raster, spécifiez la couche nouvellement créée par la fonction Flow Direction. On obtient une nouvelle couche raster (exemple ici, Flow accumulation1).



## **6- La fonction Vectorisation du réseau hydrographique**

Cette commande permet de générer une couche correspondant au réseau hydrographique. Le niveau de détail du réseau peut être défini par l'utilisateur en nombre de cellules : 200, 300, 500, 1000...etc. dans fenêtre Expression. Ceci en y tapant  $value > nombre$  (Plus le nombre est petit, plus le détail est grand).

Dans le champ Input conditional raster mettez votre couche raster « Flow Accumulation », et Dans le champ Input true raster, mettez votre couche raster « Flow Direction ».

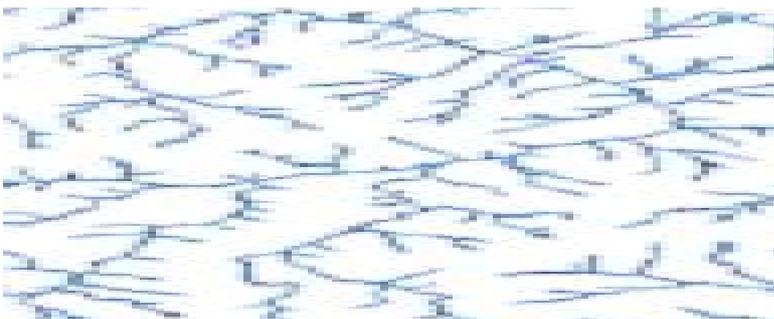
Validez par Ok pour obtenir une nouvelle couche raster du réseau hydrographique.

Pour convertir ce réseau en shapefile linéaire :

ArcToolbox – Spatial Analyst Tools – Hydrology – Stream to Feature

Remplissez les champs Input Stream raster et Input flow direction raster respectivement par la couche raster (du réseau hydrographique) qui vient d'être créée et la couche raster « Flow Direction ».

Vous obtiendrez une nouvelle couche de forme linéaire (shapefile) représentant le réseau hydrographique.



## **7- Désigner un exutoire**

Pour placer un exutoire particulier sur le cours d'eau et délimiter de bassin à cet exutoire :

Ouvrez (éventuellement) le fichier Excel contenant les coordonnées de l'exutoire. Ceci par le bouton « Add Data » et allez chercher votre fichier Excel et désignez y votre feuille (feuille1).

La couche du tableur Excel s'ouvre et se place en dessous de toutes les couches. Cliquez dessus avec le bouton droit puis Display XY Data. (Ou éventuellement Creat XY).

### **Remarque**

Vous pouvez aussi placer directement le point sur le cours principal, par le bouton Go to XY, et tapez les coordonnées dans les deux cases X et Y

Attribuez une projection à la nouvelle couche ponctuelle via le bouton Edit et importer (avec le bouton Import) le système de projection de l'une de vos couches (réseau hydrographique ou limite du bassin ... par exemple) Le Shapefile ponctuel est aussitôt créé et placé (cette fois) au dessus de toutes les couches.

### **- Projections d'objets ponctuels**

Pour projeter des stations de mesures par exemple, on procède de la même façon: Ouvrir un fichier Excel préétabli contenant ces stations et leurs coordonnées géographiques. Puis bouton droit et choisir Display XY Data et enfin attribuez une projection à la nouvelle couche ponctuelle en l'important d'une autre couche.

## **8. La fonction Bassin versant**

Cette fonction permet de créer une carte de délimitation d'un bassin versant. On peut procéder d'une façon de délimitation entièrement automatique, grâce à une application à ajouter à ArcGis. Il s'agit de l'application esrihydrology\_v2.dll (à télécharger éventuellement d'Internet).

### **Remarque**

Cette application ne fonctionnerait pas sous Windows 7 ou 8. Il faudrait passer par Démarrer – Tous les programmes – ARCGIS - Arc Map, puis bouton droit sur ArcMap et choisir Propriétés. Ensuite à la rubrique Compatibilité cochez la case : « Exécuter ce programme en mode de compatibilité pour Windows XP (pack3) ».

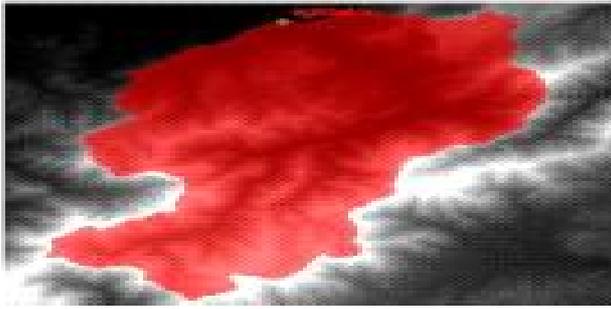
Enfin redémarrer ArcMap.

Pour intégrer cette fonction à ArcToolBox (rubrique Spatial Analyst Tools) : Menu Tools – Customise – Add From file. Allez chercher votre fichier (esrihydrology\_v2.dll) et cliquez sur ouvrir. La commande hydrologie modelings'ajoutera à votre ArcToolBox. Cochez-la pour l'ajouter à la barre d'outils visible d'ArcMap.

L'exutoire étant indiqué, il faut maintenant découper le bassin versant à la limite de cet exutoire. Pour cela, dans la nouvelle application ajoutée (hydrology modeling) allez à la fonction Interactive Properties... et renseignez les champs Flow direction et Flow accumulation.

Si vous validez, l'icône Water shed est activée.

Transforme en signe +. Vous pouvez alors cliquer directement sur votre exutoire. Le bassin versant fermé à cet exutoire est aussitôt affiché. Et sa couche raster est ajoutée à la table des matières. Il suffit alors la convertir en « shapefile » polygonal par : ArcToolbox - Conversion Tools - from Raster - Raster to polygon. Une nouvelle couche de forme polygonale est créée.



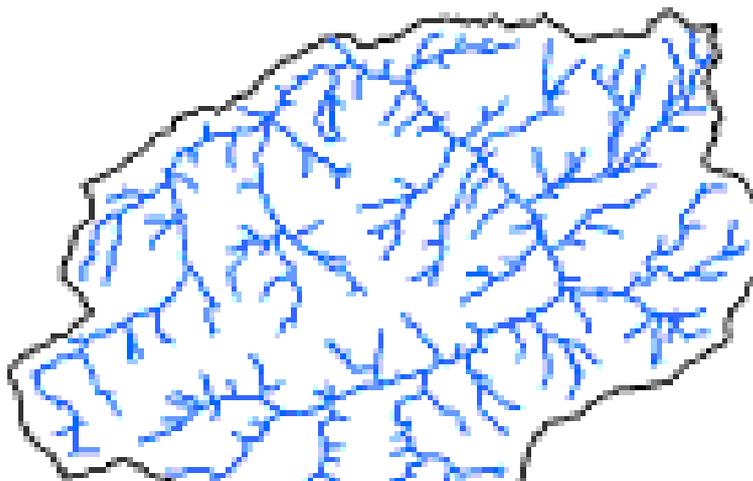
Maintenant pour découper le réseau hydrographique sur la limite finale du bassin versant : ArcToolbox – Analysis Tools – Extract – Clip

Renseignez les champs Input Featureset Clip Featuresr espectivement avec la couche à découper (le réseau hydrographique) et celle qui va servir de limite de découpe (le shapefile du bassin versant).

Vous pouvez aussi désigner le répertoire de sauvegarde et le nom de la nouvelle couche. Validez enfin par OK. Une nouvelle couche de réseau hydrographique limité au contour du bassin versant est créée. L'ancien réseau peut donc être supprimé.

### **Remarque**

Pour changer le dossier d'enregistrement des couches ou pour les renommer : Bouton droit dessus – Data – Export data.



## **9. Attribuer la classification de Strahler au réseau hydrographique**

La classification de Strahler permet d'attribuer des ordres aux branches du réseau hydrographique selon leur importance.

Pour l'effectuer : ArcToolbox – Spatial Analyst Tools – Hydrology – Stream Link Dans le champ “input stream raster” mettez votre couche raster du réseau hydrographique (obtenu précédemment avec la fonction Condu paragraphe 6) et dans le champ « Input flow direction raster» votre couche flow direction. Vous obtiendrez une nouvelle couche raster (à utiliser dans l'étape suivante).

Appliquez ensuite la fonction :

ArcToolbox – Spatial Analyst Tools – Hydrology – Stream Order Dans le champ “input stream raster” mettez la dernière couche raster que vous venez de créer et dans le champ « Input flow direction raster» toujours la couche flow direction.

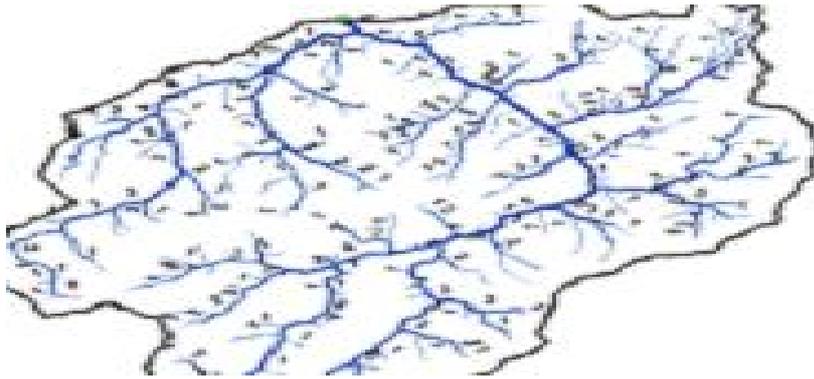
Vous obtiendrez une nouvelle couche raster du réseau hydrographique dont les branches sont différenciées par des couleurs. Il faut ensuite convertir cette couche en Sharpeville linéaire par :

ArcToolbox - Conversion Tools - from Raster - Raster to polyline. Le nouveau shapefile est ajouté à la table des matières. Cliquez droit dessus et choisissez Properties.

Allez à Symbology puis à la rubrique Quantities et ensuite Graduated Symbols. Dans le champ Value, spécifiez GRID\_CODE et choisissez le nombre de classes souhaité et validez par OK. Le résultat apparaît dans ArcMap.

Pour étiqueter les branches du réseau hydrographique avec leurs ordres respectifs : Clic droit sur la couche -Properties.. – Labels

Cochez la case : Labels features in this layer; et dans le champ Label field, spécifiez GRID\_CODE puis validez.



## **10. Mesurer la surface du bassin versant**

Pour effectuer des mesures géométriques du bassin versant (Surface, périmètre...), il faut ajouter des champs à la table attributaire de la couche du bassin pour y calculer le paramètre en question, la surface par exemple. Pour cela :

Clic du bouton droit sur la couche du bassin versant puis Open Attribute Table puis Options ensuite Add Field

Nommez votre champ : Surface (par exemple) et indiquez comme type, par exemple : Long Integer (entier long).

Pour calculer la surface dans ce nouveau champ :

Cliquez du droit sur le nom de ce champ et choisissez Calculate Geometry

-Choisissez Area comme propriété et km<sup>2</sup> (sq km) comme unités. En validant, la surface est calculée dans le champ créé à cet effet.

## **11. Créer la carte des pentes du bassin versant**

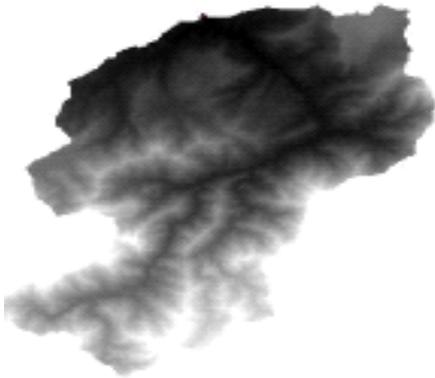
Pour créer la carte des pentes limitée au bassin versant, nous allons découper la carte DEM (à puits comblés par la fonction Fill- paragraphe 3) aux limites du bassin ; et appliquer la commande de la pente (Slope).

## **Chapitre 2 La méthode d'utilisation de SIG dans la morphométrie des bassins versant**

Affichez votre couche DEM avec la couche du bassin versant (délimité à l'exutoire), et extraire les limites du bassin de la DEM par :

ArcToolbox – Spatial Analyst Tools – Extraction – Extract By Mask(Ou bien : ArcToolbox –Data Management Tools – Raster – Rasterprocessing – Clip)  
Spécifiez bien dans Input rasteret dans featuremask respectivement la carte DEM globale précitée et la couche du bassin versant fermé à l'exutoire.

Une nouvelle couche DEM limité au bassin est créée.

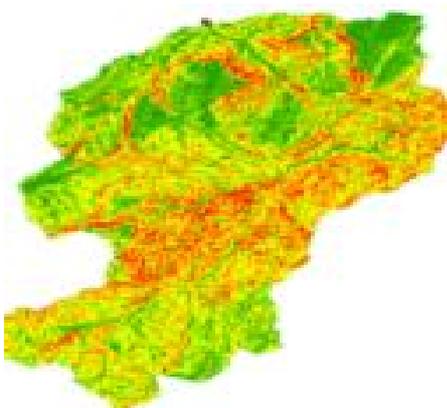


Maintenant, pour créer la carte des pentes :

Cliquez sur les boutons : ArcToolbox – 3D Analyst Tools – raster Surface – Slope.

Vous pouvez nommer votre nouvelle carte des pentes et indiquer le dossier d'enregistrement dans Output raster.

En validant Une nouvelle couche raster des pentes est créée.



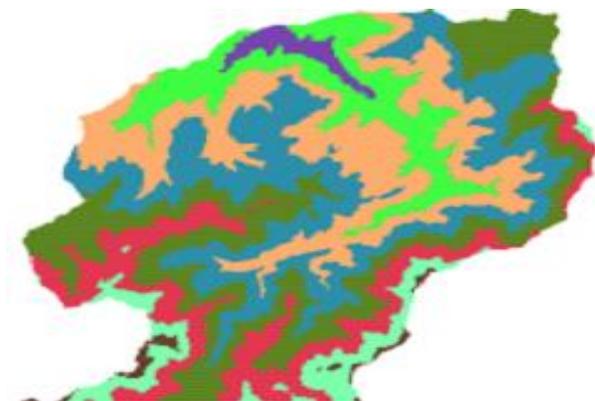
## **12. Créer la carte la carte hypsométrique du bassin versant**

Affichez votre carte raster DEM limitée au bassin versant.

Cliquez sur les boutons : 3D Analyst – Reclassify(ou bien SptialAnalysttools – Reclass – Reclassify)

Dans la fenêtre qui s'affiche indiquez votre couche raster DEM limitée au bassin versant et cliquez sur le bouton Classify.

Dans la fenêtre suivante, qui affiche les statistiques hypsométriques de votre bassin, choisissez la méthode Manual et indiquez le nombre de classes (correspondant aux tranches d'altitudes) que vous souhaitez avoir.



## **Chapitre 2 La méthode d'utilisation de SIG dans la morphométrie des bassins versant**

Vous pouvez forcer les limites des tranches en saisissant les chiffres au clavier dans le champ Break Value.

Le bouton Precision vous permet de spécifier le nombre de chiffres après la virgule (ici choisir zéro)

En validant par OK, vous aurez une nouvelle fenêtre avec le nombre de classes que vous avez spécifiées.

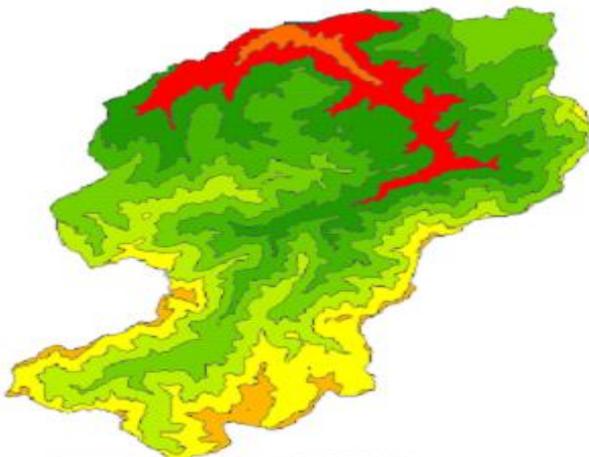
Choisissez votre dossier de travail ou d'enregistrement (dans output raster) et nommez votre future couche des tranches d'altitudes puis validez par OK. Il vous faut maintenant convertir votre nouvelle couche raster des tranches d'altitudes en fichier de forme (shapefile) polygonal : ArcToolbox- Conversion Tools - from Raster - Raster to polygon.

Vous pouvez différencier les couleurs des tranches d'altitudes en cliquant du droit sur le nom de votre nouvelle couche, puis Propriétés –Symbology – Categories (unique values).

Dans le champ Value Field, spécifiez GRIDCODE

Cliquez sur le bouton Add All Values, puis choisissez votre dégradé de couleur dans le champ colorramp. Sous la rubrique Label, vous pouvez ressaisir vos tranches d'altitudes telles que vous les avez définies précédemment. (Si une tranche est ajoutée, vous pouvez la supprimer avec le bouton Remove). Et Cliquez sur Appliquer pour visualiser le résultat sur la carte. Si ce résultat vous convient validez avec OK.

La nouvelle carte des tranches d'altitudes est affichée.



Pour calculer les surfaces élémentaires des tranches d'altitudes en vue de tracer la courbe hypsométrique, il faut ajouter un nouveau champ à la table attributaire de la couche et y calculer ces surfaces :

Clic droit sur le nom de la couche (dans la table des matières), puis Open Attribute Table – Options – Add Field

Nommez le nouveau champ *Surfaces* et spécifiez Long Integer dans le champ Type.

Le nouveau champ est ajouté, il faut maintenant y calculer les surfaces. A cet effet : Clic droit (sur le nom du champ) – Calculate Geometry

Choisissez area en property et l'unité m<sup>2</sup> ou km<sup>2</sup> et validez par OK.

Les surfaces sont aussitôt calculées et affichées.

Pour exporter le tableau vers Excel : Options – Select All – Export

Le tableau est exporté sous format dbf (base de données) lisible par Excel.

(Inutile d'ajouter la table à votre affichage si on vous le demande)

Ouvrez Excel puis le fichier dbf créé (et non pas xml) et rassemblez vos cellules par tranches (même GRIDCODE) pour les additionner. Vous aurez ainsi la surface totale de chaque tranche d'altitude. Ces surfaces partielles vous permettront ensuite de tracer la courbe hypsométrique.

### **13. La mise en page**

La mise en page permet d'éditer une carte complète pour l'imprimer ou l'exporter dans un format image (jpg, bmp, png...). C'est l'étape finale de l'élaboration des cartes thématiques. Elle consiste à mettre tous les éléments indispensables tels que la légende, le titre, l'orientation, l'échelle, ...etc. et Pour sélectionner la mise en page : View – LayoutView (affichage - mode mise en page) ou en cliquant sur le symbole "mode de mise en page" en bas de l'écran.

Pour ajouter des éléments à votre carte comme le titre, la flèche nord, l'échelle, la légende ou une image, allez dans le menu insert et sélectionnez l'élément désiré.

### **La grille des coordonnées**

Pour ajouter une grille ou un cadre de coordonnées à votre carte:

View – Data frame Properties...

Dans la fenêtre qui apparaît, cliquez sur Grid puis sur New Grid.

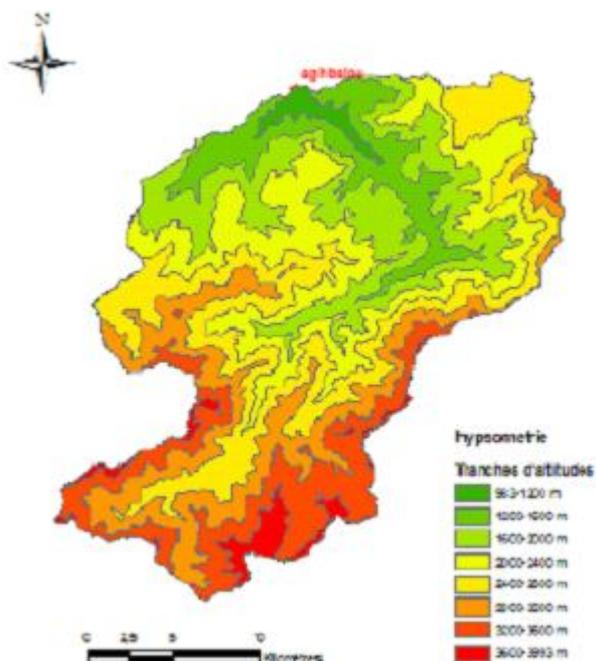
Choisissez : Measured Grid : Divides maps into a grid of map units

Choisissez un nom à la projection et cliquez sur Suivant.

Choisissez l'apparence qui vous convient (Étiquette uniquement par exemple) puis deux fois suivant et enfin Terminer.

Pour exporter la carte au format image : File – Export Map.

Choisissez un format d'image et enregistrer votre carte pour l'insérer dans un texte ou un exposé par exemple.



## **conclusion**

Avec les nouvelles technologies les nouveaux concepts, peut-être faut-il s'attendre aussi à de nouveaux usages. La notion de flou évoquée pour certains objets géographiques pourrait être reprise pour décrire la place future des SIG parmi les technologies de l'information. Dans un journal informatique récent on pouvait lire :<< la troisième génération (de produits à venir) est encore floue...Du côté des services, rien n'est encore bien défini. Mais on annonce déjà qu'ils seront variés, avec pour clés la localisation, la personnalisation et des développements spécifiques les champs d'applications seront variés, la localisation ouvrant la voie à de nombreux services, elle servira à rendre les informations contextuelles comme par exemple trouver une station d'essence pour laquelle le professionnel à un abonnement>>. Cet article<sup>4</sup> n'évoquait pas les futurs outils Sigillé parlait de la troisième génération de téléphones mobiles(UTMS).preuve si besoin est que l'information géographique UE de l'information localisée font parties des enjeux majeurs de l'avenir.

## Notes et références

Livre de SIG concept, outils et données écrite par patriciabordin N665597K juin 2006

« [HYPERLINK "http://www.esri.com/news/arcnews/fall12articles/the-fiftieth-anniversary-of-gis.html"](http://www.esri.com/news/arcnews/fall12articles/the-fiftieth-anniversary-of-gis.html)

[HYPERLINK "http://www.esri.com/news/arcnews/fall12articles/the-fiftieth-anniversary-of-gis.html"](http://www.esri.com/news/arcnews/fall12articles/the-fiftieth-anniversary-of-gis.html)

[HYPERLINK "http://www.esri.com/news/arcnews/fall12articles/the-fiftieth-anniversary-of-gis.html"](http://www.esri.com/news/arcnews/fall12articles/the-fiftieth-anniversary-of-gis.html)The

[HYPERLINK "http://www.esri.com/news/arcnews/fall12articles/the-fiftieth-anniversary-of-gis.html"](http://www.esri.com/news/arcnews/fall12articles/the-fiftieth-anniversary-of-gis.html)50

[HYPERLINK "http://www.esri.com/news/arcnews/fall12articles/the-fiftieth-anniversary-of-gis.html"](http://www.esri.com/news/arcnews/fall12articles/the-fiftieth-anniversary-of-gis.html)th

[HYPERLINK "http://www.esri.com/news/arcnews/fall12articles/the-fiftieth-anniversary-of-gis.html"](http://www.esri.com/news/arcnews/fall12articles/the-fiftieth-anniversary-of-gis.html)

[HYPERLINK "http://www.esri.com/news/arcnews/fall12articles/the-fiftieth-anniversary-of-gis.html"](http://www.esri.com/news/arcnews/fall12articles/the-fiftieth-anniversary-of-gis.html)

[HYPERLINK "http://www.esri.com/news/arcnews/fall12articles/the-fiftieth-anniversary-of-gis.html"](http://www.esri.com/news/arcnews/fall12articles/the-fiftieth-anniversary-of-gis.html) of GIS

[HYPERLINK "http://www.esri.com/news/arcnews/fall12articles/the-fiftieth-anniversary-of-gis.html"](http://www.esri.com/news/arcnews/fall12articles/the-fiftieth-anniversary-of-gis.html)

[HYPERLINK "http://www.esri.com/news/arcnews/fall12articles/the-fiftieth-anniversary-of-gis.html"](http://www.esri.com/news/arcnews/fall12articles/the-fiftieth-anniversary-of-gis.html)

[HYPERLINK "http://www.esri.com/news/arcnews/fall12articles/the-fiftieth-anniversary-of-gis.html"](http://www.esri.com/news/arcnews/fall12articles/the-fiftieth-anniversary-of-gis.html) »

[archive], ESRI (consulté le 18 avril 2013)

↑ <http://ucgis.org/ucgis-fellow/roger-tomlinson> [archive]

↑ « HYPERLINK "<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k842918/f353.image>"

HYPERLINK "<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k842918/f353.image>"

HYPERLINK

"<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k842918/f353.image>"Rapport sur la marche

et les effets du choléra dans Paris et le département de la Seine. Année

HYPERLINK "<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k842918/f353.image>"1832

HYPERLINK "<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k842918/f353.image>"

HYPERLINK "<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k842918/f353.image>"

HYPERLINK "<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k842918/f353.image>"

HYPERLINK

"<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k842918/f353.image>"» [archive],

Gallica (consulté le 10 mai 2012)

↑ Joseph H. Fitzgerald,

ncée par la communauté européenne.