

Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

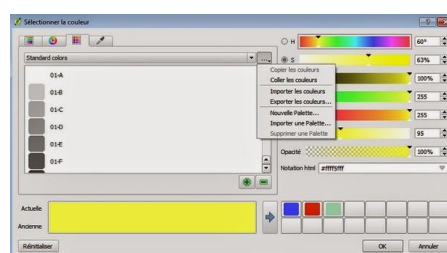
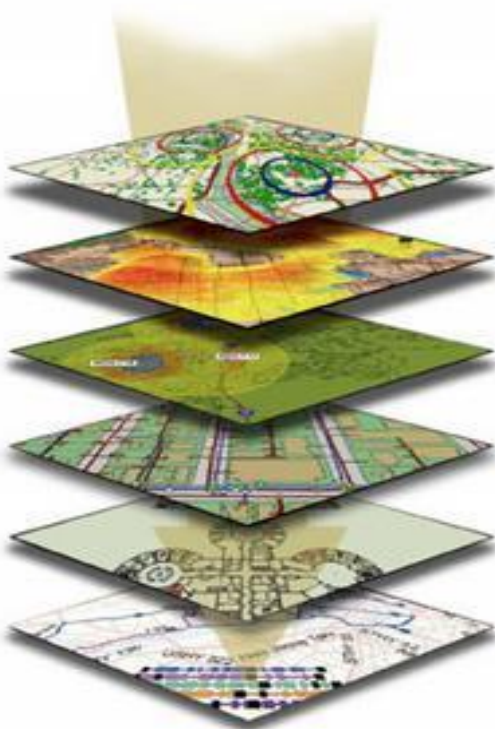
Département des Sciences Agronomiques



Systeme d'Information Géographique

SIG

Master1_Aménagement hydro-agricole



1. Introduction

Les années 1960-1970 : les débuts
Les années 1980 : le développement
Les années 1990 : consolidation et diffusion
Les années 2000

2. Concept fondamentaux des systèmes d'informations géographiques

Un système d'information géographique (SIG) est un système informatique permettant à partir de diverses sources, de rassembler et organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement contribuant notamment à la gestion de l'espace.

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

3. Les composantes des SIG

Un SIG possède cinq composantes principales : le matériel, les données, les utilisateurs, les logiciels et les méthodes.

- 3.1. Le matériel**
- 3.2. Les données**
- 3.3. Les utilisateurs**
- 3.4. Les logiciels**

Panorama des logiciels SIG :

Les logiciels « commerciaux » les plus courant :

- ArcView (thème : .shp), ArcGis et ArcInfo (couche : .shp ou GéoDataBase)
- MapInfo (Table : .tab) - GéoConcept - Géomédia - APIC

Les logiciels « gratuits » : - ArcReader et ArcExplorer - GRASS GIS - GMT - Quantum GIS - gvSIG

3.5. Les méthodes ou savoir-faire

4. Les fonctions d'un SIG

Un SIG répond à 5 fonctionnalités

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

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

5. Les modes de représentation des SIG vecteur et maillé (Raster)

5.1 Mode vecteur

Ce mode répond au souci de représenter un objet de manière aussi exacte que possible. Pour transformer un objet réel en une donnée à référence spatiale, on décompose le territoire en couches thématiques (relief, routes, bâtiments...) structurées dans des bases de données numériques.

Une couche réunit généralement des éléments géographiques de même type.

Les éléments géographiques (objets spatiaux) peuvent être représentés sur une carte par des points, des lignes ou des polygones.

Les avantages du mode vecteur sont :

- Une meilleure adaptation à la description des entités ponctuelles et linéaires.
- Une facilité d'extraction de détails.
- Une simplicité dans la transformation de coordonnées.
- Les inconvénients du mode vecteur sont :
- Les croisements de couches d'information sont délicats et nécessitent une topologie parfaite.

5.2 Mode raster

Le mode trame ou raster est également appelé modèle matriciel. Contrairement au mode vecteur qui ne décrit que les contours, le mode raster décrit la totalité de la surface cartographique point par point. Il est utilisé principalement dans les systèmes à balayage (scanners, capteurs en télédétection ...)

Les avantages du mode raster sont :

- Meilleure adaptation à la représentation des détails surfaciques.
- Acquisition des données à partir d'un scanner à balayage.
- Meilleure adaptation à certains types de traitements numériques : filtres, classifications

Les inconvénients du mode raster sont :

- Mauvaise adaptation à la représentation des détails linéaires.
- Obligation de parcourir toute la surface pour extraire un détail
- Impossibilité de réaliser certaines opérations topologiques, la recherche du plus court chemin dans un réseau par exemple.

Ces deux modes sont complémentaires. Le raster est mieux adapté à certains types d'applications (télédétection) et apporte une réponse économique à certains besoins.

L'exploitant d'un réseau pourrait par exemple se contenter de scanner des fonds de plans en les conservant au format raster et on numérise par-dessus son réseau en mode vecteur (qui nécessite une définition par formes géométriques). Le vecteur correspond à l'ensemble des besoins courants en gestion de données localisées.

6. Structure générale des bases de données géographiques

6.1. Types de données dans un SIG

Généralement pour qu'un objet spatial soit bien décrit et prêt à être utilisé par un SIG, trois informations doivent être fournies:

- sa position géographique dans l'espace
- sa relation spatiale avec les autres objets spatiaux : topologie
- son attribut, c'est à dire ce qu'est l'objet avec un caractère d'identification (code)

Les systèmes d'information géographique permettent de traiter les données spatiales et associées.

6.2. Base de données dans un SIG

Base de données : Une base de données est un ensemble structuré d'informations, stocké sur un support informatique, conçu et réalisé pour que sa consultation et sa modification soient aisées, rapides et sûres, même par plusieurs utilisateurs concurrents. Une base de données est constituée de blocs élémentaires de données homogènes, regroupés sous forme d'enregistrements correspondant à des entités de même nature.

SGBD : Un Système de Gestion de Base de Données permet de gérer toutes les informations stockées (Description, Consultation, Adjunction, Modification, Suppression, Autorisations) en toute sécurité dans un contexte multi-utilisateurs.

SGBD : A l'origine, un SGBD est un logiciel dédié à la gestion des données alphanumériques de type attributaire stockées dans des tables et organisées en bases de données structurées. Grâce à un logiciel standardisé de requêtes attributaires (SQL = Standard Query Language), un SGBD permet d'interroger les tables, de procéder à des jointures ou à des synthèses. Les logiciels SIG proposent tous un module de

Base de données spatiales : est une base de données optimisée pour stocker et requêter des données reliées à des objets référencés géographiquement, y compris des points, les lignes et des polygones.

Alors que les bases de données classiques peuvent comprendre différents types de données numériques et caractères, des fonctions additionnelles ont besoin d'être ajoutées pour traiter les types de données spatiales.

Bases de données géographiques : C'est un ensemble des données spatiales et non spatiales structurées et organisées de manière à être interrogeables et analysables de façon interactive ou automatique. Une base de données géographique concerne habituellement une zone définie. Elle est gérée par un logiciel SIG. Elle intègre les données elles-mêmes ainsi que leurs **métadonnées**.

Base de données géographiques : Base de données constituée de données géographiques.

7/8. Acquisition des données graphiques (digitalisation) et descriptives (thématiques)

L'acquisition de données comprend la collecte, le stockage et l'analyse des données. Les systèmes d'acquisition de données surveillent généralement un événement ou traitent un intervalle de temps en utilisant des capteurs connectés à un ordinateur ou un appareil.

L'acquisition de données comprend généralement trois étapes :

*Prévision : tentative de déterminer le résultat ou l'issue d'un processus ou d'un événement.

*Collecte : collecte de données durant l'expérience ou l'événement

*Analyse : examen des données collectées, ainsi que comparaison avec le résultat prédit.

Digitalisation : vient du mot anglais digit (chiffre) ; la digitalisation est donc synonyme de numérisation, c'est à dire le passage d'une information d'un support quelconque (analogique, électrique, ...) vers un support informatique, c'est à dire sous forme de bit (qui vient de binary digit, en passant). Pour nous, par exemple, la scanerisation de cartes papier est une digitalisation. Le résultat est une image raster.

Vectorisation : du mot français vecteur. C'est le passage d'un format raster à un format vecteur.

9. Topologie

La **topologie** exprime les relations spatiales entre des entités vectorielles (points, polygones, polygones) connectées ou adjacentes dans un SIG. Des données topologiques ou basées sur une topologie sont utiles pour détecter et corriger les erreurs de numérisation (par ex. deux lignes sur une couche vectorielle de routes qui ne se croisent pas parfaitement à une intersection). La topologie est nécessaire pour effectuer certains types d'analyse spatiale, comme l'analyse de réseau.

La topologie désigne l'expression des relations entre les objets. Tous les logiciels SIG ne gèrent pas la topologie, dans ce cas on parle de SIG "en mode objet" (ou non topologiques).

10. Liens entre les données graphiques et thématiques

La grande majorité des couches vectorielles sont dotées d'une table attributaire. Chaque **entité** spatiale correspond à une ligne dans la **table attributaire**, et les **champs** (les **colonnes**) contiennent des attributs qui décrivent les entités spatiales.

11. Gestion des bases de données

La base de données est une plateforme nécessaire au bon fonctionnement de la plupart des applications digitales. Elle a pour mission de récolter, traiter et analyser rapidement les données des sites web, d'outils internes de reporting ou encore d'outils marketing.

11.1/ Identifier le besoin

Cette étape peut paraître élémentaire mais est souvent trop négligée. On ne s'en rend souvent compte qu'une fois la base de données en production. L'objectif ici est de bien identifier son besoin. Un cahier des charges sera nécessaire pour présenter son projet aux différents prestataires (auditeurs, éditeurs de logiciels, hébergeurs, etc.). Il s'agit de définir l'utilisation, les niveaux de sécurité et de disponibilité souhaités, d'identifier le type d'application qui se connectera à la base (site Magento, *Commerce server*, logiciel Cognos, Stambia, etc.) mais aussi de se projeter pour évaluer la volumétrie et prévoir la croissance de la plateforme (*capacity planning*).

11.2/ Définir le modèle de base de données

On identifie deux grands modèles de base de données : le modèle transactionnel et le modèle multidimensionnel. Le premier est généralement utilisé pour les applications web et le second davantage pour les bases de données décisionnelles (BI). Pour les plateformes de type CRM, le modèle dépendra notamment du besoin et des fonctionnalités recherchées.

Le modèle transactionnel permettra globalement de répondre à des requêtes élémentaires en croisant plusieurs tables pour présenter, par exemple, l'ensemble des produits qui correspondent aux critères indiqués par le client. Le modèle décisionnel (ou multidimensionnel), quant à lui, exécute des requêtes plus complexes basées sur l'historique et les données externes (Facebook, Twitter, etc.) pour éventuellement tendre vers le Big Data. Ses schémas en étoile ou en flocon permettent de croiser plusieurs dimensions (date, lieu, articles,...) pour générer un rapport de suivi d'activité ou pour définir la stratégie future à adopter.

11.3/ Choisir le système de gestion de base de données (SGBD)

Selon le modèle de base de données, on est souvent amené à choisir entre un éditeur open source et un éditeur avec support. Le choix d'une de ces solutions dépendra notamment du budget, du niveau de support souhaité, des compétences internes dans la technologie et de l'expertise du prestataire. Le système choisi doit répondre à l'ensemble des besoins et des contraintes (sécurité, disponibilité). Certains SGBD ont, par exemple, des mécanismes de sécurité déjà intégrés et proposent des bascules automatiques répondant à une contrainte de PRA (Plan de reprise d'activité) ou de PCA (Plan de continuité d'activité). Cela permettra de gagner du temps sur la mise en place de telles actions et d'éviter d'éventuels coûts de maintenance sur des solutions développées en interne.

11.4/ Prévoir son infrastructure

On s'attarde ensuite sur l'infrastructure qui supportera cette plateforme. Faut-il l'héberger en interne ou externaliser cette partie ? Dans le cas d'un hébergement interne, on doit s'assurer que l'on dispose des compétences pour l'*infogérer* surtout pour les bases de données à fortes volumétries qui nécessitent un entretien régulier. Si on fait le choix d'une externalisation, il est nécessaire bien choisir son prestataire. Pour cela, il faut définir le mode d'hébergement (cloud, physique,...) et le niveau d'accompagnement souhaité. Un hébergement dit *low cost* ou dans une solution cloud basique sans support est souvent conseillé pour des petites volumétries où la base de données ne nécessite pas un haut niveau de sécurité et de performance. A l'inverse un hébergeur spécialisé proposera un accompagnement spécifique, le client pourra alors être conseillé dans le choix de sa solution d'hébergement (nombre de machines, hardware, virtualisation,...) et bénéficier d'une infogérance adaptée.

11.5/ Optimiser sa base de données

Avant sa mise en production, il est indispensable de tester sa base de données pour s'assurer que le système reste réactif et supporte la charge. On vérifiera l'architecture pendant une activité normale et on simulera des périodes de fortes charges pour connaître précisément les limites de la solution. Les résultats permettront de valider et d'ajuster plusieurs points : le dimensionnement de l'infrastructure, la nécessité de *tuning* des logiciels, la bonne indexation de la base, etc.

11.6/ Suivre et maintenir la plateforme

Une fois la base de données en production, il est important de la suivre quotidiennement. Un contact régulier avec le client est primordial pour avoir le ressenti utilisateur. La supervision remonte, quant à elle, des données objectives sur la performance de la plateforme. Cela permet d'engager ensuite des actions de maintenance (mise à jour logicielle, de plateforme,...) et d'assurer la sécurité et la disponibilité de l'application.

11.7/ Anticiper l'évolution de la plateforme

Quelques temps après la mise en production, on vérifie que les prévisions de croissance étaient correctes et on anticipe l'évolution en fonction de l'historique réel de la plateforme mais aussi du contexte de la société. Le besoin tel qu'il avait été défini évolue. La sécurité peut devenir un critère essentiel suite à une nécessité de certification PCI DSS par exemple. La décision de faire évoluer la plateforme voire de changer de système de gestion peut alors s'imposer.

❖ Exemple de Base de données pour SIG

A. Acces : ESRI, Géomédia et d'autres proposent de gérer les données spatiales dans une base Access. La base n'a rien pour gérer l'aspect SIG, ce sont les logiciels qui se chargent de faire le travail. La base Access ne sert que pour le stockage.

B. MySQL : MySQL aussi dispose d'une cartouche spatiale. Celle-ci est très pauvre en fonctions mais devrait s'améliorer.

C. Oracl : Oracle peut être étendu à une utilisation SIG grâce à sa cartouche spatiale. Il s'agit de la base de données qui offre le plus de fonctions pour les SIG mais ne respecte pas pleinement les normes de l'OGC.

D. PostgreSQL : PostgreSQL est déjà connu comme une base de données fiable et bien plus complète que MySQL. Son avantage grandit encore quand on la couple avec PostGIS, sa cartouche spatiale. Celle-ci respecte les normes de l'OGC et s'avère même plus exacte dans ces calculs que Oracle spatiale.

12. Manipulation et analyse des données

12.1. Manipulation des données

Les données sont le capital du SIG, il faut :

- Bien les ranger : par projet, par type de données (raster, vecteur, tables..) par version (données de base, données une fois les traitements subis...) d'où l'importance de créer des dictionnaires de données.
- Les protéger : mode de stockage stable (ordi, serveur), gestion des droits d'accès, réalisation de sauvegarde, gestion de l'historique...
- Mettre à jour les données : définir qui réalise ces mises à jour, le rythme des mises à jour, quelles informations intégrer, vérifier leur intégrité...
- Archiver les données : en fin de projet décider de ce que l'on garde, choisir le support...
- D'où la nécessité d'un administrateur de données

12.2. Analyse des données

L'analyse des données est spatiale, quantitative et/ou qualitative. La pertinence du traitement est conditionnée par la précision, la qualité de la donnée et l'échelle d'analyse souhaitée.

La représentation de l'analyse prend le plus souvent la forme d'une carte (carte d'inventaire, carte statistique, carte thématique,...), d'un tableau ou d'un graphique (histogrammes,...)

L'**analyse spatiale** est le processus de manipulation de l'information spatiale pour extraire une nouvelle information et la signification des données originales. le SIG fournit généralement des outils d'analyses spatiales pour le calcul des entités statistiques et la réalisation des activités de géotraitement comme interpolation des données. En hydrologie, les utilisateurs souligneront probablement l'importance de l'analyse de terrain et de la modélisation hydrologique (modélisation de la circulation de l'eau en surface et en profondeur de la terre).

13. Conversion des données (raster / vecteur et vecteur/raster)

La conversion entre les formats raster et vecteur vous permet d'utiliser des données raster et vectorielles lors de la résolution d'un problème de SIG, aussi bien que l'utilisation des différentes méthodes d'analyse propres à ces deux formes de données géographiques. Cela augmente la flexibilité que vous avez lors de l'examen des sources de données et méthodes de traitement pour résoudre un problème de SIG.

Pour combiner une analyse raster et vectorielle, vous devez convertir un type de données à l'autre. Convertissons le résultat raster de la précédente leçon en un vecteur.

La conversion entre les formats raster et vecteur vous permet d'accroître l'applicabilité des données, et ne doit pas conduire à la dégradation des données.

NB : les données rasters haute résolution peuvent nécessiter une grande quantité de stockage informatique.

14. Les systèmes de coordonnées et de projection

Un **système géodésique** est un système de référence permettant d'exprimer les positions au voisinage de la Terre.

Un système géodésique se caractérise par la définition de l'ellipsoïde de révolution et du système de référence altimétrique (= géoïde) :

- Ellipsoïde : approximation mathématique de la Terre

- Géoïde : représentation de la surface terrestre plus précise que l'approximation sphérique ou ellipsoïdale. Il correspond à une surface équipotentielle de forme irrégulière et est défini de manière à coller au plus près à la « surface réelle ».

14.1. Les systèmes de coordonnées

Définition : Grâce aux systèmes de coordonnées de référence (SCR), chaque point de la terre peut être spécifié par un ensemble de trois nombres, appelés coordonnées. En général, les SCR se divisent en **systèmes de coordonnées de référence projetées** (aussi appelés systèmes de coordonnées de référence cartésiennes ou rectangulaires) et **systèmes de coordonnées de référence géographique**.

A- Systèmes de Coordonnées Géographiques

L'utilisation des Systèmes de Coordonnées Géographique est très courante. Pour définir un point à la surface de la Terre, ils utilisent la Latitude et la Longitude qui s'expriment en degrés, et parfois une valeur de hauteur est donnée en plus. Le plus connu et le plus utilisé est le **WGS 84**.

WGS 84, World Geodetic System : *ellipsoïde WGS 84* : est le système géodésique défini par le département de la défense américain associé au système GPS. Il s'est rapidement imposé comme la référence universelle pour la cartographie (en marine comme en terrestre).

Les **Lignes de latitude** courent parallèlement à l'équateur et divisent la terre en 180 sections séparées de manière égale du Nord au Sud (ou du Sud au Nord). La ligne de référence pour la latitude est l'équateur et chaque **hémisphère** est divisé en quatre-vingt-dix sections, chacune représentant un degré de latitude. Dans l'hémisphère nord, les degrés de latitude sont mesurés depuis zéro à l'équateur jusqu'à quatre-vingt-dix au pôle nord. Dans l'hémisphère sud, les degrés de latitude sont mesurés depuis zéro à l'équateur jusqu'à quatre-vingt-dix au pôle sud. Pour simplifier la digitalisation des cartes, les degrés de latitude dans l'hémisphère sud sont souvent assignés à des valeurs négatives (0 à -90°). Peu importe où vous vous trouvez sur la surface terrestre, la distance entre les lignes de latitude est la même (60 miles nautiques).

Les **Lignes de longitude**, d'autre part, ne résistent pas aussi bien à la norme d'uniformité. Les lignes de longitude courent perpendiculairement à l'équateur et convergent aux pôles. La ligne de référence pour la longitude (le méridien) court du Pôle Nord au Pôle Sud via Greenwich, Angleterre. Les lignes ultérieures de longitude sont mesurées depuis zéro jusqu'à 180 degrés à l'Est ou à l'Ouest du méridien. Notez que les valeurs à l'Ouest du méridien sont assignées à des valeurs négatives à utiliser dans des applications de cartographie digitale.

B- Système de Coordonnées de Référence Projeté

Un système de coordonnées de référence à deux dimensions est communément défini par deux axes. À angle droit l'un de l'autre, ils forment ce qu'on appelle un **plan XY**. Dans un système de coordonnées de référence à trois dimensions, un autre axe, normalement étiqueté **Z**, est ajouté. L'axe **Z** fournit la troisième dimension de l'espace. Chaque point est exprimé en coordonnées sphériques **X Y Z**.

14.2. Les systèmes de projection

Définition : On appelle projection cartographique le système de correspondance entre les coordonnées géographiques et les points du plan de projection.

14.2.1. Classification des projections

Les projections sont couramment classées selon la surface géométrique qu'elles dérivent: conique, cylindrique, et plane (azimutale ou zénithale).

- **Les trois familles de projections cartographiques**

Les trois familles de projections cartographiques sont :

- a) **projections cylindriques** : Il existe deux types :

Mercator : C'est le système de projection le plus ancien. Il s'agit de la projection du globe terrestre sur un cylindre tangent à l'équateur. C'est la projection utilisée pour les planisphères. Elle ne représente pas fidèlement les proportions des terres. Remarquez la taille du Groenland par rapport à l'Australie. La projection Mercator met l'emphase sur l'hémisphère Nord au détriment de l'hémisphère Sud.

Transverse Mercator : Pour corriger les erreurs liées à la projection de Mercator, on utilise une variante. On projette le globe terrestre sur un cylindre tangent à un méridien particulier, tous les 6° de longitude, ce qui divise le globe en 60 fuseaux.

- b) **projections coniques**

Lambert : Pour minimiser encore plus les déformations, cette représentation utilise une projection sur un cône d'axe polaire tangent à un parallèle particulier. Elle déforme peu, mais son quadrillage est moins commode, car la loxodromie n'y est pas droite. Ce type de projection est surtout utilisé pour les fonctions où la consultation prime sur le tracé. (Loxodromie : Courbe qui coupe les méridiens sous un angle constant).

- c) **projections planes ou azimutales.**

Polaire : Mathématiquement, c'est un cas particulier de la projection de Lambert avec un cône d'angle plat. Il s'agit donc d'un plan tangent au pôle. Cette représentation n'est utile que dans l'océan Arctique et sur le continent Antarctique.

15. Géoréférencement

Le géoréférencement, attribution d'une géoréférence à un objet, est l'opération qui consiste à passer d'une localisation relative des **entités** géographiques à leur localisation absolue dans un système de **coordonnées** géographiques reconnu.

16. Conversion inter SIG et interlogiciels

- Conversion interSIG : au sein d'un même logiciel.
- Conversion interlogiciels : entre plusieurs logiciels des SIG par exemple entre des données issues du logiciel Qgis vers Arcgis ou Arcview.

17. Restitution des données

La restitution se fait par la production de données quantitatives et qualitatives produites par exemple durant la phase de traitement, mais elle se fait aussi et surtout par la production de cartes.

Les logiciels SIG payants ont normalement de bons modules de restitution cartographique qui permettent de produire de très bons documents cartographiques sans avoir à passer par un logiciel de dessin.

⇒ **Les variables visuelles dans la construction d'une carte**

Quatre d'entre elles sont des variables de séparation (elles permettent de différencier les objets représentés) :

- **L'orientation** : elle permet de changer l'angle des figurés de cinq manières différentes.
- **La forme** : elle permet de changer la structure externe des figurés ponctuels et linéaires et la structure interne des figurés surfaciques.
- **La couleur**
- **Le grain** : c'est la quantité de tâches que l'on peut percevoir sur une surface uniforme.

Les deux autres variables visuelles sont des variables d'ordre (elles hiérarchisent un phénomène) :

- **La valeur** : il s'agit de la relation entre la quantité de noir et de blanc sur une surface donnée.
- **La taille** : elle permet de changer la superficie du figuré.

18. Application des SIG

Les domaines d'application des SIG sont aussi nombreux que variés. Citons cependant :

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

⇒ **Les utilisateurs des SIG font plutôt :**

- de la gestion
- de l'aménagement
- de la recherche

⇒ **Sources d'informations** : Les données agricoles destinées aux bases pour les SIG peuvent provenir :

- des GPS (Global Positioning System)
- d'images satellites
- de photographies aériennes
- de cartographies existantes
- de données recueillies sur le terrain (observées par l'exploitant par exemple)

19. Ateliers, Démonstrations

Présentation des travaux multiples concernant l'utilisation des SIG dans le domaine d'Agronomie et/ou Aménagement et/ou Hydraulique.

Exemple :

1. Utilisation des SIG pour l'aménagement du bassin-versant de l'Isser (Algérie)
2. Le SIG, un outil de gestion de l'eau dans un périmètre irrigué: cas du secteur S7 au Gharb, Maroc