

N° Ref :.....

Centre Universitaire 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

Contribution d'un SIG à la gestion des ressources hydriques

Préparé par :

MEKMOUCHE Ilham
MERDAS Imane
KECHOUD Sabrina
AOUFI Hanane

Dirigé par :

Mr KABOUR Abdeslam

Année universitaire :2013/2014

Remerciements

En premier nous tenons à remercier dieu le tout puissant, notre créateur de nous avoir donné la force d'accomplir ce travail.

Nos remerciements à notre encadreur Mr. KABOUR Abdelslam pour ses efforts et son suivi de ce mémoire.

Merdas Imane

Mekmouche Ilham

Aoufi Hanane

Kechoud Sabrina

Sommaire :

Introduction générale.....	01
-----------------------------------	-----------

Chapitre 01 : Généralité sur le SIG (système d'information géographique).

Introduction	03
Définition du SIG	03
Quelques fonctions de base des SIG	03
Les principales composantes d'un SIG	05
Le matériel informatique du SIG	05
Les logiciels du SIG.....	05
Ressources humaines et organisât	07

Chapitre02 : Contribution d'un SIG à la gestion des ressources hydrique.

I. Eau de surface	10
1. Matériels utilisés et méthode.....	10
Données de télédétection	10
Données auxiliaires	10
Méthode	11
2. Analyse de résultats	11
3. Discussion	11
Conclusion	11
II .Eau souterraine	12
Collecte de données.....	12
Création de la base de données descriptive	12
Développement de la base de données cartographique.....	13

Géométrie de l'aquifère.....	13
III. Réseau d'AEP.....	14
Un SIG pour l'aide à la décision appliquée à la réalité Algérienne.....	15
IV. Réseau d'irrigation.....	16
Matériel et méthode	17
Traitements des données et résultats	19
Conclusion	22
V. L'eau et l'assainissement.....	23
Conclusion générale.....	24

LISTE DES FIGURES

Figure 01 : représentation des couches	03
Figure 02: Illustration simple de la fonction de croisement.....	04
Figure 03: La représentation en trois dimensions à partir d'un modèle numérique de données.	07
Figure 04: l'ensemble des objets sont représentés à partir de points, de ligne ou de surface.....	08
Figure 05: Représentation en Modèle raster ou Maillé.....	09
Figure 06 : capacité de transformer les données d'un format à par SIG.....	09
Figure 07 : Exemple de Corrélation litho stratigraphique de direction NE-SW.....	14
Figure 08 : des cartes thématiques.....	22

Résumé :

La gestion des ressources hydriques s'effectue au fil de décisions qui dans de nombreux des reposent sur des critères géographiques et portent sur des enjeux territoriaux. La surexploitation et la dégradation de la qualité des eaux souterraines, demandent des interventions, parfois très urgentes pour préserver ces ressources.

Il est donc logique d'avoir recours à l'information géographique, sous forme de cartes thématiques numériques, afin d'éclairer la prise de décision en matière de gestion intégrée.

Dans l'optique d'une meilleure gestion des sources hydriques, le recours à l'utilisation des systèmes d'informations géographiques. Procurent une aide déterminante à travers les diverses possibilités des bases de données, de visualisation unique et d'analyse géographique propre aux cartes.

Au fur et à mesure qu'elles se raréfient, les ressources en eau requièrent une gestion toujours plus précise qui réduise au minimum les pertes et les usages non productifs de l'eau. Une telle gestion nécessite une connaissance toujours plus détaillée des différents éléments du bilan d'eau et des processus hydrogéologiques: la ressource et la demande, leur distribution spatiale et temporelle et leur qualité, les pertes, leur impact sur la qualité de l'eau.

Introduction générale

Introduction générale:

La première application d'un SIG (système d'information géographique) est citée en épidémiologie, et l'étude menée avec succès par le docteur John Snow .il s'agit de l'épidémie de choléra dans le quartier de Soho à Londres en 1854.

Ayant représenté sur un plan la localisation des malades et endroit où ils puisaient leur eau, il parvint à déterminer que c'était l'eau d'un certain puits qui était le foyer de contamination.

Dans les années 60, les cartes de l'Afrique de l'EST, trop nombreuses pour permettre de localiser les meilleurs endroits pour créer de nouvelles implantations forestières, font naître l'idée d'utiliser l'informatique pour traiter les données géographiques.

-Fin des années 1950-milieu des années 1970 : début de l'informatique, premières cartographies automatiques.

-Milieu des années 1970-début des années 1980 : diffusion des outils de cartographie automatique.

-Depuis les années 1980 : croissance du marché des logiciels SIG, développements des applications SIG, mise en réseau.

-avec depuis les années 1990, des applications de l'usage de l'information géographique.

Les SIG sont apparus suite à l'information de la production cartographique qui avait commencé à la fin des années 60, cette informatisation a donné lieu à l'avènement d'une nouvelle technologie, dénommée géomatique.

Progressivement, les données cartographiques nécessaires à la géomatique ont dû, pour être pleinement exploitables, s'organiser en base de données, ainsi, l'exploitation combinée de plusieurs bases de données a conduit à la notion de système informatique capable d'en assurer la synthèse, la gestion et l'archivage.

Ce n'est que progressivement, au cours des années 80, que la notion de SIG s'est imposée comme l'objectif général de la géomatique.

L'objectif premier de l'usage des technologies de la géo-information pendant le processus de planification est de gérer et transmettre l'information pour améliorer le processus décisionnel, les SIG sont parmi les outils les plus élémentaires pour les organismes de planification spatiale publics et privés, ils servent d'outil de soutien à la décision aussi bien pour les experts techniques que pour les décideurs, la quantité de données spatiales disponibles est toujours plus grande, l'usage des SIG se répand, et progressivement les organismes s'intéressent de plus en plus au partage de données aussi bien en interne qu'avec d'autres organismes, c'est cette tendance qui a amené au développement de structures de données spatiales qui s'appuient sur la technologie des

Introduction générale

« web services » et sur les formats de données standardisés pour permettre aux usagers d'accéder à des données distribuées à travers divers organismes.

Dans la matière de la gestion des ressources, les systèmes d'information géographique se présentent comme des technologies

Efficientes, ayant un large champ d'application, ils ont montré un large champ d'application, ils ont montré une grande efficacité dans la matière de la gestion des ressources grâce à leur performance dans la géoréférencement, ils offrent des outils appropriés pour les combinaisons de données spatiales ainsi que des modèles sur un même support graphique, ce permettra une communication entre les intervenants afin d'assurer, une bonne coordination des activités.

L'appauvrissement des ressources qu'utilisent l'être humain est sujet d'actualité et plusieurs acteurs d'y trouver des solutions pour arriver à une gestion durable, les SIG sont un des outils qui marquent un grand pas en avant dans le domaine, par exemple, les applications des systèmes d'information géographique aux ressources sont multiples.

CHAPITRE 1

Généralités sur le SIG

Introduction :

Un Système d'Information Géographique est un outil qui permet de maîtriser, localiser, analyser et de combiner des éléments géographiques divers dans un territoire bien défini.

L'information géographique devient alors le substrat pertinent permettant au SIG de disposer de données aussi bien qualitatives que quantitatives dans le souci de comprendre et d'analyser les dynamiques spatiales sempiternelles.

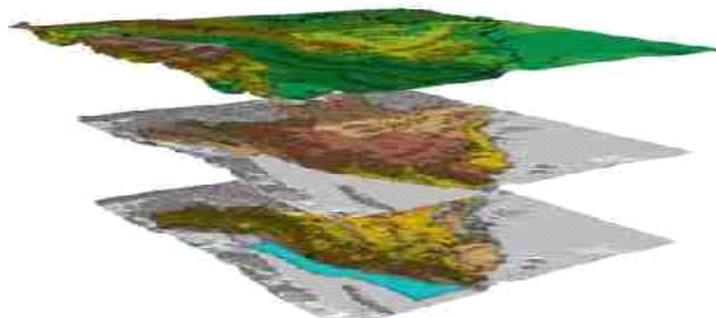
- **Définition de SIG :**

Est un outil informatique permettant de représenter et d'analyser toutes les choses qui existent sur terre ainsi que tous les Evénement qui s'y produisent ; c'est donc un système permettant de communiquer et de traiter l'information géographique : un SIG a ainsi pour vaction d'informes l'utilisateur sur l'élément d'un territoire (objet ou phénomènes physiques, être vivants...) ou sur territoire lui-même, le paramètre essentiel étant la localisation (tel objet est voisine de tel autre...).

Un SIG est à la fois un outil de la gestion de l'espace (gestion de bases de données pour la saisie, le stockage, l'interrogation, l'analysées et l'affichage de données localisées) est un outil d'aide à la décision. « Un SIG est l'ensemble de structures, des méthodes, des outils et des donnés constitué pour rendre compte les phénomènes localisés dans un espaces spécifique et faciliter les décisions à prendre sur cet espace >>. (T Joliveau CRENAM).

- **Quelques fonctions de base des SIG**

Le SIG est essentiellement un outil qui facilite l'intégration de données diverses, et qui permet de les transformer Selon des formats compatibles, de les croiser, de les



analyser.

Figure01 : représentation des couches.

Et enfin d'afficher la résultats de ces analyses sous forme cartographique. Les fonctionnalités de base des SIG sont les suivantes:

Production de cartes synthétiques, à différentes échelles, et selon différents

Systèmes de projections Changement d'échelle, de projections, de légendes, d'annotations, etc. Extractions de cartes issues du croisement de plusieurs informations et qui représente l'ensemble des attributs issus des cartes de base. Cette fonction est illustrée par le schéma, ci-dessous. La carte de la page précédente fournit un exemple de résultat de ce croisement: cette carte de synthèse illustre conjointement les zones climatiques du golfe du Bengale, ainsi que les périodes de croissance végétative. Elle fournit de ce fait une carte d'aptitude des terroirs au développement d'une culture donnée.

Création de zones tampon ou de proximité, correspondant à la distance par rapport à des objets graphiques de type linéaire ou surfacique. Cette technique est utilisée notamment pour la recherche de zones favorables à une distance donnée de réseaux de communication (voies ferrées, autoroutes, routes, etc.) ou de ressources hydriques (fleuves, canaux d'irrigation). Ces zones tampons peuvent alors être utilisées dans de nouveaux croisements.

Requête de type spatiale ou attributaire, ou conjointe (quels sont les parcelles présentant une aptitude au développement d'une culture X, qui sont situées à moins de Y kilomètres d'une ressource en eau, et qui possèdent un ensoleillement supérieur à Z heures par jour en moyenne).

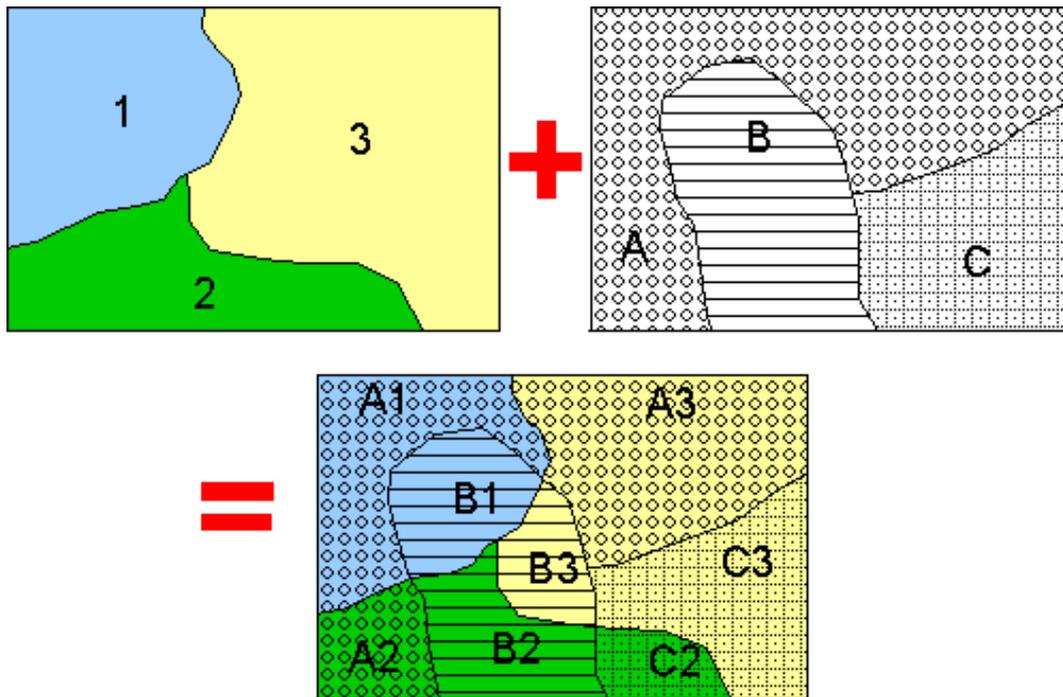


Figure0 2: Illustration simple de la fonction de croisement

Une carte avec trois polygones (zones) et 3 classes, à savoir 1, 2 et 3 est recouverte avec une autre carte contenant, elle aussi, 3 polygones et 3 classes A, B et C. La couche résultante de croisement contient 8 polygones avec les noms de classe suivants: A1, A2, A3, B1, B2, B3, C2 et C3.

- **Les principales composantes d'un SIG**

Les systèmes d'information géographique sont composés de trois éléments: l'ordinateur, les logiciels, et la composante humaine (personnel et organisation) qui font fonctionner le système.

a) Le matériel informatique du SIG

Le matériel informatique nécessaire pour faire tourner un SIG inclue des unités communes à n'importe quel système de gestion automatisé de base de données, un ordinateur central, plusieurs unités de disques pour enregistrer des données et des programmes, un système de bandes magnétiques pour la sauvegarde de données, des unités de visualisation de graphique en couleur, et autres éléments périphériques commun aux ordinateurs.

Un SIG possède, en outre, plusieurs composantes spécifiques, incluant: un convertisseur analogique/numérique ou un scanner, qui est employé pour convertir l'information géographique des cartes sous forme numérique; un traceur, qui imprime les cartes et d'autres sorties graphiques du système, et pour finir, une table à digitaliser à option.

b) Les logiciels du SIG

Les logiciels assurent les suivantes fonctions principales:

- Entrée de données: numérisation ou numérisation et enregistrement de données attributaires à partir du clavier.
- Gestion de base de données.
- Analyse et traitement de données.
- Interaction avec l'utilisateur (correction cartographique).
- Sortie de données et présentation (traçage).
- L'entrée de données implique la conversion des données cartographiques d'observations terrestres, d'images satellitaires ou bien encore de photographies aériennes dans des formats numériques compatibles avec le système.

La plupart de SIG est équipés de tables numériques qui permettent à l'aide d'un curseur, de créer directement de nouveaux plans d'information à partir de cartes papiers. Ce travail nécessite une certaine expérience et requiert parfois un travail ultérieur de structuration et/ou de nettoyage des fichiers résultants (pour fermer par exemple les surfaces ou résoudre des intersections erronées).

L'utilisation de scanner est un moyen de plus en plus utilisé pour automatiser la numérisation de grandes quantités d'information. Ce système élimine le travail de digitalisation manuelle des lignes et assure une bonne qualité géométrique. Bien que cette méthode soit plus rapide que la digitalisation manuelle, elle n'est pas adaptée à tous les cas de figure et nécessite d'une carte d'origine peu chargée, au risque de numériser une partie des informations toponymique ou d'un long travail de nettoyage des fichiers scannés.

La qualité des sources des données et la méthode d'intégration choisie pour ces données, affecteront la qualité des produits finaux issus du SIG; et ceci quel que soit la sophistication du matériel ou des logiciels utilisés. Il est fréquent que les inventaires des ressources naturelles soient incomplets ou anciens, il est alors préférable de mettre à jour cet inventaire avant de commencer toute la phase de numérisation de ces données.

- La gestion de base de données comprend principalement les fonctions suivantes: structuration, requête, analyse et enregistrement des données attributaires.
- Le traitement des données couvre deux types d'exécution:
- La préparation des données par l'élimination d'erreurs ou la mise à jour.
- L'analyse des données pour fournir des réponses aux questions que l'utilisateur pose au SIG.

Le traitement, selon sa nature, peut opérer conjointement sur les données spatiales et attributaires ou sur seulement l'un des types de données. On peut citer quelques traitements classiques tels que le croisement de différentes cartes thématiques, traitement des superficies et des distances, acquisition d'information statistique à partir de données attributaires; changement des légendes, le changement d'échelle et de projection, la création d'une zone tampon, ou bien encore la représentation en trois dimensions à partir d'un modèle numérique de données d'élévation de terrain tel que celui de la figure à droite.

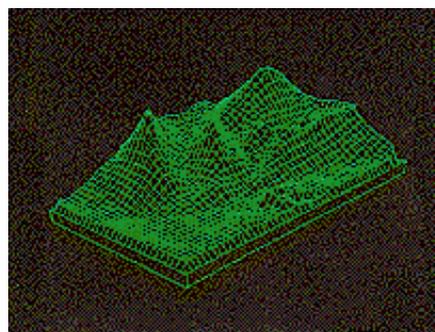


Figure03 : La représentation en trois dimensions à partir d'un modèle numérique de données.

- La restitution des données et leur présentation peut être sous forme d'affichage écran par l'intermédiaire d'un moniteur couleur, cette visualisation pouvant elle-même être exportée sous forme de fichiers graphiques, soit sous forme de sortie cartographique papier.

c) Ressources humaines et organisât :

Il est courant de présenter un SIG en ne décrivant que les aspects logiciels et matériels de celui-ci. On oublie alors l'une des composante essentielle: la composante humaine, la seule à même de faire fonctionner et de piloter le système de manière pertinente et efficace.

Le SIG ne doit être perçu comme un "outil miracle" par le gestionnaire de ressources. La qualité des données qu'il produit sera à la hauteur de la qualité des données sources et de leur pertinence vis à vis de la problématique posée. Le résultat sera donc à l'image de la maîtrise des outils et concepts des SIG et de leur bonne application dans un cadre thématique donné, et cela quel que soit le niveau de complexité des outils utilisés.

Comme pour tout travail cartographique, la collecte de données et la création de nouvelles bases de données géo référencées, exigent des niveaux de compétence pointus, une formation adaptée des personnels chargés de cette collecte et de la saisie, et un contrôle qualité à toutes les étapes. En d'autres termes, outre la qualité du matériel et des logiciels acquis, l'utilisation pertinente d'un SIG requiert un effort en matière de formation, de planification, d'organisation et de suivi afin d'assurer une bonne qualité et l'intégrité du produit final.

La coordination entre des spécialistes d'horizons divers est également un des éléments clés de cette réussite. L'expertise spécifique, apportée par des thématiques (ex: production vivrière, gestion de forêt, aquaculture) devra être mise à profit tout au long du développement d'applicatifs "métiers" et permettra aux informaticiens et spécialistes de base de données, de construire un modèle de données adapté à ces contraintes thématiques. Les cartographes et spécialistes en télédétection peuvent être également associés à certaines phases de développement.

Dans la plupart des pays en voie de développement, la collecte d'information sur les ressources naturelles et le recensement des systèmes de traitement existant, restent toujours relativement peu développés. Par conséquent, le développement d'une nouvelle application à un niveau national ou régional requiert, dans bien des cas, l'amélioration des systèmes existants de collecte, voir la création de nouveaux réseaux de collecte. La FAO, comme les autres agences d'assistance technique, se doit donc de développer sa propre compétence en matière de SIG, ainsi que dans les domaines associés (télédétection, cartographie), afin de fournir l'expertise technique requise au niveau national.

Formats ou modèles de données: vecteurs et rasters Au sein d'un SIG, le monde réel est représenté généralement à partir de l'un des deux grands modèles de données suivants:

Le modèle vecteur ou le modèle raster.

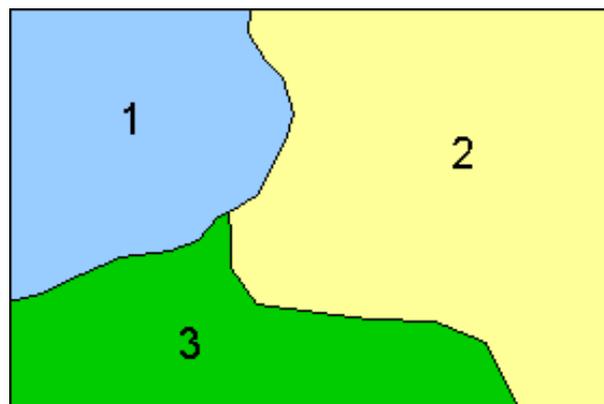


Figure04 : l'ensemble des objets sont représentés à partir de points, de ligne ou de surface.

Modèle vecteur : l'ensemble des objets sont représentés à partir de points, lignes ou surfaces, définies en coordonnées réelles (X, Y). Chaque ligne étant définie par une succession de points appelés vecteurs, et chaque surface étant définis par les arcs qui tracent ses limites.

Modèle raster ou maillé : le monde réel est représenté par une succession régulière de cellules, selon un maillage défini. A chaque cellule est associée une valeur donnée.

La plupart des SIG ont la capacité de transformer les données d'un format à l'autre. Les figures suivantes illustrent le passage d'une représentation selon le modèle vecteur, vers le modèle raster :

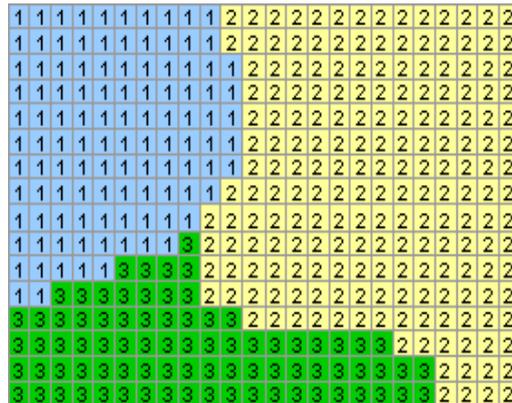


Figure 05 : Représentation en Modèle raster ou maillé

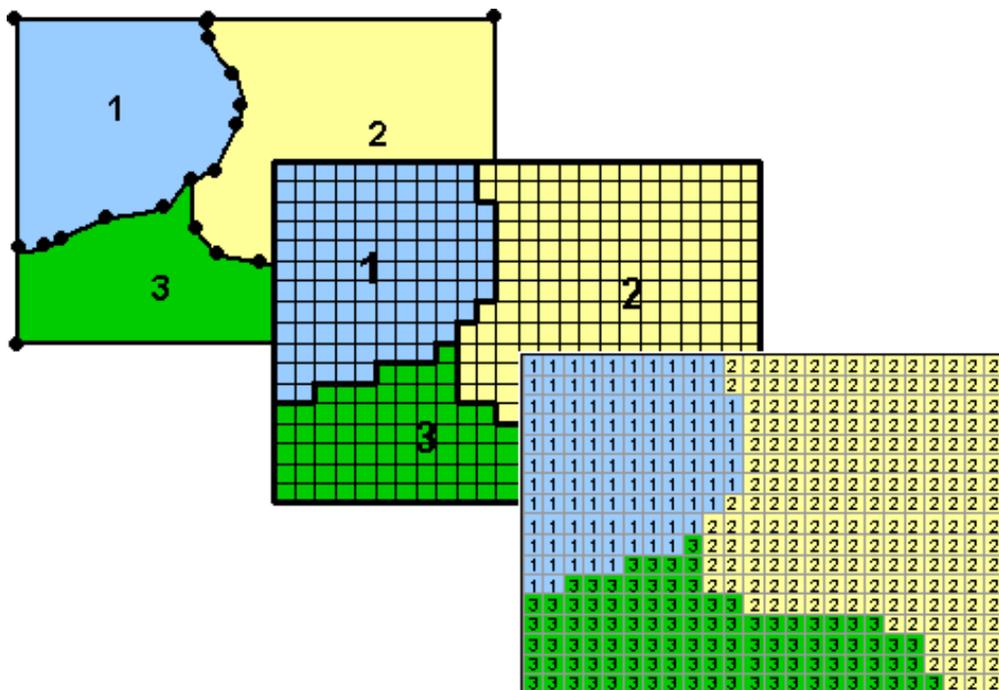


Figure 06 : la capacité de transformer les données d'un format à par SIG.

la gestion des ressources
hydrauliques
à contribution d'un sig

CHAPITRE 2

Chapitre 02 :

Contribution d'un SIG à la gestion des ressources hydrique

Le traitement de l'information assisté par ordinateur rend possible l'association d'information de divers types (géographiques, techniques économique) nécessaires pour la gestion du réseau d'adduction d'eau d'une ville donnée. L'utilisation d'un SIG permet d'accéder en temps et en lieu à l'information sur la situation du réseau évitant ainsi une gestion événementielle de celui. <<De l'eau pour tous à tout moment et pour toujours>> (CRIPIN, 2009).

I. Eau de surface :

L'objectif principal de la présente étude est donc d'élaborer une approche méthodologique et opérationnelle qui puisse permettre dans un premier temps et à partir de la télédétection de maîtriser les informations spatiales et géo référencées relative aux caractéristiques morpho dynamiques ,morphologiques et hydrologiques du bassin versant ,pour une gestion rationnelle des eaux stockées dans le barrage pour l'irrigation et dans un second temps d'intégrer ces informations dans un SIG pour mettre en place une base de données référentielles pour le suivi de la gestion des ressources en eau et des parcelles irriguées. Cette étude a surtout montré qu'à partir de la télédétection aérospatiale, il est possible d'appréhender les paramètres dynamiques de fonctionnement d'un barrage et de disposer d'informations fiables permettant de connaître la situation des ressources en eau et les causes de dégradation d'un bassin versant pour la mise en place de dispositifs de suivi (JASZO 2009) .

1. Matériels utilisés et méthode :

- **Données de télédétection :**

Les images satellites ont été exploitées pour la carte d'occupation des terres autour du barrage et la délimitation du bassin versant tandis que les photographies aériennes ont servi à interpréter les paramètres d'évaluation des dépôts solides dans la retenue d'une part et à analyser la dynamique de remplissage du barrage d'autre part.

- **Données auxiliaires :**

Les données auxiliaires utilisées sont données pluviométriques, hydrométriques, et les besoins en eau des cultures ; ces données ont servi à mesurer la validité des résultats obtenus par télédétection ii) la carte topographique de la zone d'étude à l'échelle 1 /200 000 de l'institut Géographique et un stéréoscope à miroir.

Chapitre 02 :

Contribution d'un SIG à la gestion des ressources hydrique

- **Méthode :**

La méthodologie utilisée est basée d'abord sur le choix des images et des dates de prises de vue et ensuite sur le mode de traitement des données qui répondent au mieux aux objectifs de la recherche.

2. Analyse des résultats :

Ils sont sous formes cartographiques (carte des limites du bassin versant de la retenue et carte d'occupation des terres) et statistiques.

3. Discussion :

La présente étude sur le barrage a montré les possibilités qu'offre la télédétection aérospatiale dans l'appréhension des paramètres hydrologique, écologique et dynamique de la retenue. En ce qui concerne la dynamique du plan d'eau et de certaines unités d'occupation des terres, bien que le suivi hydrologique soit l'une des applications les plus faciles en télédétection spatiale, dans la pratique, elle n'est pas exempte d'un certain nombre de difficultés dans la mesure où la matrice de confusion obtenue a fait apparaître une confusion de l'eau avec la végétation aquatique, les butes cuirassées et le sol hydro morphe. Pour minimiser ces confusions on pourrait procéder à une classification supervisée multi date qui consiste à interpréter de façon itérative deux images de périodes différentes (sèche et pluvieuse) afin de mieux apprécier la séparation des unités susceptibles d'être confondues.

Conclusion :

La gestion des ressources en eau restera aussi long temps un des axes prioritaires pour un développement humain durable et la sécurité alimentaire dans les pays en voie de développement. Aussi la présente étude vient-elle montrer qu'avec la télédétection, il est possible d'appréhender les paramètres hydrologiques et écologiques d'un aménagement hydro agricole aux fins d'une gestion rationnelle des ressources naturelles.

Chapitre 02 :

Contribution d'un SIG à la gestion des ressources hydrique

II .Eau souterraine :

Dans le but d'une gestion optimale et dynamique de ces ressources hydriques, il est primordial pour les acteurs de la gestion de disposer de l'information complète et fiable sur l'état de l'environnement hydrogéologique. En effet les données constituent la clé de voûte pour toute possibilité de prise de décision (Trabelsi, 2003).

L'objectif essentiel de notre étude est la création d'un système d'information géographique réunissant et conservant un large ensemble de données quantitatives et qualitatives relatives aux eaux souterraines de la nappe profonde et dont l'exploitation permettra :

- une caractérisation hydraulique de l'aquifère ;
- une meilleure définition de la géométrie de l'aquifère ;
- un suivi spatial et temporel des paramètres hydrodynamiques, de la qualité et de la quantité des eaux de l'aquifère

1. Collecte de données :

L'acquisition des données constitue l'étape primordiale dans la réalisation d'un SIG. Ces données sont recueillies à partir d'un inventaire systématique des différents forages profonds de la zone d'étude. Il s'agit d'un relevé des différentes caractéristiques du point d'eau (régime exploitation, niveau piézométrique, température, pH des eaux...). Cet inventaire est complété par une récolte de données auprès des services responsables de la gestion des ressources à l'échelle régionale et nationale. Il s'agit de données géophysiques, isotopiques géochimiques et données historiques.

2-Création de la base de données descriptive :

A partir de la compilation des données géologiques et hydrogéologiques, une base de données pour gérer et tenir à jour les informations descriptives de l'aquifère profond en utilisant le logiciel « Rock Works » est réalisée. Elle a intéressé les données des forages d'eau. En effet vu la multiplicité des sources d'informations, une certaine redondance serait possible. Il est important d'avoir une harmonisation dans la manière de les mesurer, les collecter et les organiser.

Chapitre 02 :

Contribution d'un SIG à la gestion des ressources hydrique

Ainsi, la structuration des données assurera la cohérence et la capacité d'échange indispensables aux acteurs de la gestion. Une fois recueillis, ces données sont agencées à travers les deux sous programmes du logiciel «Rock Works » : « utilités géologiques » et celui de la « gestion des données de forages ».

Ainsi la base des données descriptives créée sera mise en relation avec une base de données cartographiques obtenue à partir d'une numérisation sur Arc-Info de diverses couvertures (géologie, topographie, l'hydrographie...).

3-Développement de la base de données cartographique :

La base de données cartographique a été construite sous Arc-Info et un import des entités digitalisées vers le Rock Works est possible avec la fonction « import E00 ».

La digitalisation constitue une étape capitale dans un projet SIG. Il s'agit d'une conversion des données cartographiques en forme numérique, c'est-à-dire tout élément de la carte sera simulé à une entité.

Les cartes topographiques à l'échelle 1/50000, couvrant la zone d'étude, sont numérisées sous Arc-Info et les couvertures concernées par cette digitalisation sont :

- La géologie.
- La topographie.
- L'hydrographie.
- Le réseau routier.

L'habillage de ces couvertures est réalisé en utilisant le logiciel Arc View : il s'agit d'attribuer à chaque entité une table attributaire renfermant les différentes informations. Un export de ces couvertures peut se faire vers le Rock Works à partir de la fonction « ESRI Shape File ».

Ce système d'informations géographiques a permis l'établissement des corrélations hydrogéologiques, l'édition des cartes thématiques et la sortie des diagrammes chimiques.

4- géométrie de l'aquifère :

Pour établir la géométrie de l'aquifère, des sections et des blocs diagrammes hydrogéologiques ont été réalisées à l'aide du logiciel RockWorks après saisie des données lithologiques et reconnaissance du niveau aquifère pour chaque forage profond. Il montre la continuité de la série

Chapitre 02 : Contribution d'un SIG à la gestion des ressources hydrique

sableuse depuis le NE vers le SW. La série miocène garde une épaisseur homogène (à peu près 150m) tout au long de la section avec un amincissement vers la côte au niveau du forage.

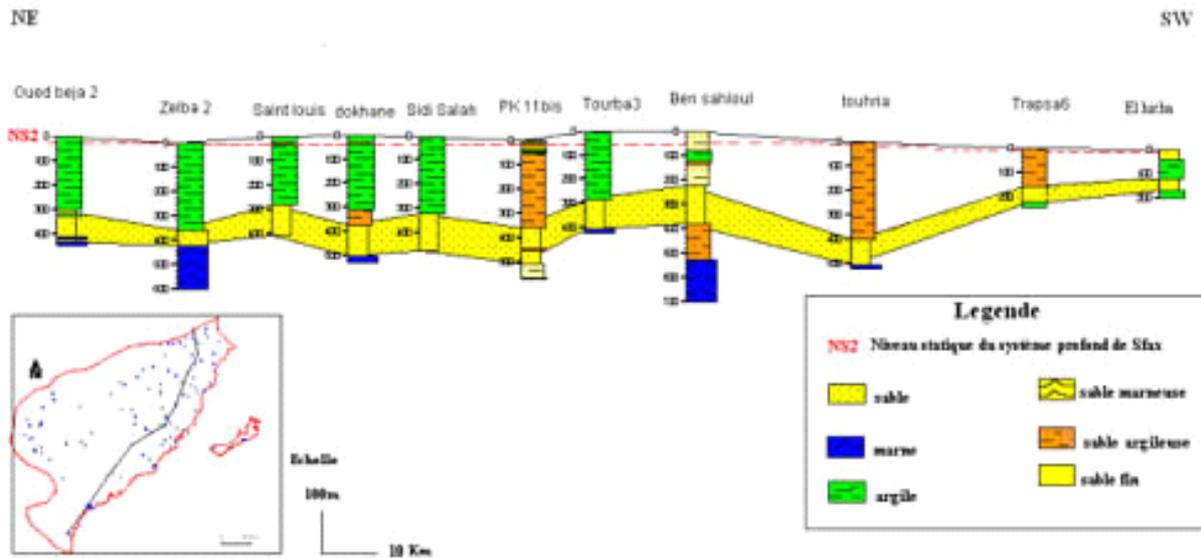


Figure 07: Exemple de Corrélation litho stratigraphique de direction NE-SW

De forages et ce chiffre ne cesse d'augmenter). Leurs débits d'exploitation sont en général très variables.

Afin de mieux comprendre les grands traits de fonctionnement hydrodynamique de la nappe, une connaissance des divers paramètres hydrodynamiques ainsi que leur répartition spatiale s'avère indispensable.

III) : Réseau d'AEP:

L'eau potable est une ressource limitée coûteuse à produire et à distribuer les développements durables d'un service de distribution d'eau passe par conséquent par une gestion quotidienne performante est pourquoi il est impératif d'obtenir, de maintenir, et souvent de restaurer un rendement élève du système de distribution par une gestion adaptée, et de pratiquer une gestion efficace de l'eau facteur au client (Xavier CRIPIN, Gestion des réseaux page 70).

La wilaya d'Alger compte quelques 3,5 millions d'habitants répartis sur 53 communes regroupées en 11 centres de gestion.

L'alimentation en eau potable de cette population est assurée au moyen de deux sources principales: les eaux de surface et les eaux de nappes phréatiques.

Chapitre 02 :

Contribution d'un SIG à la gestion des ressources hydrique

Ces eaux sont collectées par des barrages de forages, acheminées jusqu'aux abords des villes, traitées pour être ensuite distribuées à la majorité de la population. La distribution aux consommateurs est assurée par un réseau maillé et matériaux représentant un linéaire de 2000 Km environ sur un territoire de 750Km.

• **Un SIG pour l'aide à la décision appliquée à la réalité Algérienne:**

Un Système d'Informatique Géographique est ensemble interactif de données géographiques, alphanumériques et multimédias organisées et traitées par un logiciel de cartographie numérique, associé à des bases de données, implanté sur une plateforme informatique. Il permet d'avoir à tout instant l'état de santé de réseau ainsi ou comportement futur pour peu que l'on y associe un logiciel de simulation hydraulique.

Dans le cas d'adduction d'eau potable, s'agit d'affecter des données attributaires alphanumériques ou multimédias à des données graphiques Gee-référencées représentant le réseau hydraulique, au moyen d'éléments tels que des segments pour la représentation des canalisations, et des éléments ponctuels pour les appareils et ouvrages hydraulique. L'ensemble est complété paré d'un fond car topographique et/ou topographique ainsi que par des commentaires pour faciliter la compréhension, la représentation et le repérage du réseau.

Plus précisément, il s'agit d'associer grâce au logiciel, des informations telles que l'âge de la conduite, son diamètre, l'entreprise qui a fait les travaux de pose, la date de son renouvellement et bien d'autres informations sur son passé, son présent et quelquefois son avenir

Afin de donner toute sa valeur à ces informations. Il est nécessaire rajouter les outilles d'analyse et d'édition qui permettront de trier, synthétiser et visualiser les résultats. Les fonctionnalités d'analyse thématique, associées à un module cartographique puissant et zymologie dynamique, permettent l'édition de cartes thématique.

Pour répondre à une demande réhabilitation du réseau de la ville d'Alger, préoccupée par la problématique de la gestion d'eau potable, BRLi et Eaux de Marseille, ont été chargés de la mise en place d'un SIG qui permet d'intégrer diverses techniques (Maintenance, réparation, extension...), administratives, consommation, contrat...) et économiques (facturation, recouvrements...).

Chapitre 02 :

Contribution d'un SIG à la gestion des ressources hydrique

Afin, de ne pas multiplier les applications et assurer l'efficacité et la cohérence d'utilisation de l'outil, il était essentiel d'associer les informations (géographiques, techniques et économiques) par le biais du traitement de l'information assisté par ordinateur rendu possible grâce à un ensemble informatique doté des logiciels idoines.

Le SIG permet par conséquent:

- d'avoir une réaction rapide pour la maintenance ou les réparations du réseau hydraulique grâce à une parfaite connaissance de l'information;
- d'apporter une réponse aux extensions et autres évaluations nécessaires du réseau grâce aux prévisions qu'il permet de réaliser avec les analyses thématiques et hydrauliques;
- d'augmenter la réactivité des décisions face aux évènements de la gestion des déficits de la ressource et des périodes de crise.

En outre, le suivi rigoureux de la consommation, dès lors rendu aisé et possible, permet de modéliser et de prévoir les futures consommations qui, croisées avec des données démographiques, permettront de planifier les extensions ou renforcements futurs et éviter une gestion événementielle du réseau.

IV) : réseau d'irrigation :

Exploitant les données physico climatiques relatives à un périmètre d'irrigation, ce travail a pour objectif d'apprécier l'apport d'un Système d'information géographique (SIG), un puissant outil d'aide à la gestion et à la prise de décision, à la planification et la gestion de l'irrigation à l'échelle du périmètre. S'appuyant sur les capacités de stockage, traitement, analyse et de visualisation des SIG, il s'agit, en premier lieu, de situer les zones les plus favorables à la mise en place de l'irrigation et de déterminer l'amplitude de ces projets grâce à la connaissance des superficies irrigables, en fonction de l'eau disponible.

Le système mis en place permet de répondre aux différentes requêtes des utilisateurs potentiels à l'échelle d'un périmètre d'irrigation. Une application est réalisée sur le périmètre d'irrigation à l'aide du SIG Arc Info PC

L'irrigation représente un facteur essentiel du développement agricole. Compte tenu de la place qu'occupe l'agriculture et du poids de la facture alimentaire, la recherche des terres pès à

Chapitre 02 :

Contribution d'un SIG à la gestion des ressources hydrique

l'irrigation, des eaux nécessaires à cette opération et leur meilleure gestion restera une préoccupation constante des services techniques. De ce fait, les gestionnaires du secteur ont besoin de disposer d'informations actuelles et fiables, notamment sur le sol, l'eau, la plante et le climat. Ces études nécessitent une approche multidisciplinaire, faisant intervenir la topographie, la pédologie, la géologie, la géomorphologie, l'agronomie, l'écologie, l'économie, etc.

La diversité et la quantité des données nécessaires imposent de les organiser en un système approprié pour assurer leur gestion et leur traitement. Face à la multiplication des moyens de collecte de données, qui génèrent des volumes de données de plus en plus importants, les méthodes classiques de gestion deviennent inadaptées. De nouvelles méthodes reposant sur la technologie des systèmes d'information géographique (SIG) s'avèrent particulièrement bien adaptées aux problèmes de l'irrigation puisqu'elles consistent notamment en :

- la prise en compte de données multiples ;
- la mise en évidence des relations existantes entre les différentes données ;
- la détermination des conséquences des différentes opérations d'aménagement.

Les principales opérations que subiront les données spatiales relatives à la thématique d'étude sont de type agrégation, discrétisation et analyse spatiale.

Ainsi, les SIG seront exploités pour les capacités d'organisation des données qu'ils offrent dans la perspective de leur traitement, de leur visualisation et de représentation. Mais ce sont surtout les possibilités d'analyse et de modélisation des processus spatiaux et décisionnels tels qu'ils se présentent dans les problématiques de gestion des ressources naturelles en général et dans l'irrigation en particulier, qui seront explorées.

• **Matériel et méthode :**

À partir des données météorologiques, d'une carte numérisée des sols, des données topographiques (courbes de niveau et points cotés) et des informations régionales sur l'agriculture, on vise à établir un plan d'irrigation local reposant sur :

- la délimitation des zones irrigables, selon les facteurs climatiques et physiques ;
- l'estimation des ressources en eau disponibles, superficielles et souterraines ;
- la détermination des besoins en eau du périmètre en passant par la détermination des périodes au cours desquelles l'irrigation est nécessaire ;

Chapitre 02 :

Contribution d'un SIG à la gestion des ressources hydrique

- l'estimation des besoins en eau des cultures puis les besoins en eau du périmètre ;
- et enfin la confrontation entre les besoins et les disponibilités.

La méthodologie générale adoptée dans cette étude repose sur l'utilisation d'un logiciel de détermination des besoins en eau des cultures (BEC) et d'un SIG pour la manipulation des différentes informations relatives au périmètre d'irrigation, organisées en base de données.

Au regard de la problématique de notre travail, il apparaît que l'un des critères fondamentaux de choix de l'outil SIG approprié doit être la richesse des opérations d'analyse spatiale qu'il peut permettre. Il doit également pouvoir supporter une base de données relationnelle. Dans cette application, c'est le SIG Arc/Info d'ESRI qui a été utilisé.

Pour la détermination des BEC, c'est le logiciel CROPWAT (version 5.7, 1991) qui a été utilisé. Ses programmes sont réalisés par AGLW/FAO et fonctionnent sur PC.

L'intégration des données collectées dans le SIG retenu a nécessité :

- la digitalisation des données géométriques ;
- la correction des erreurs résiduelles de numérisation pour chaque couche et l'établissement de la cohérence entre couches ;
- la construction de la topologie ;
- la création de liens entre les données géométriques et les tables d'attributs correspondantes.

Pour le cas qui nous concerne, nous avons identifié les composantes de base de l'information nécessaires à l'étude du périmètre d'irrigation. Sept couches d'information de base ont été choisies :

1. Une couche des limites de la zone pilote ;
2. Une couche du réseau hydrographique ;
3. Une couche des puits situés à l'intérieur du périmètre ;
4. Une couche des courbes de niveau et un semis de points cotés ;
5. Une couche des réseaux linéaires, comprenant les routes et les voies ferrées ;
6. Une couche contenant le contour des différentes agglomérations situées à l'intérieur de la plaine ;

Chapitre 02 :

Contribution d'un SIG à la gestion des ressources hydrique

7. Une couche des sols comprenant les caractéristiques pédologiques des sols de la zone. Elle permet d'établir une carte d'aptitude culturale, d'indiquer la nature et l'importance des aménagements hydro agricoles souhaitables pour que les sols soient aptes aux cultures indiquées et de définir sommairement des zones de priorité de mise en valeur.

L'information climatique fait certainement partie des composantes de base et devrait figurer dans cette liste, mais compte tenu de la dimension de la zone d'étude et du fait que celle-ci n'est couverte que par une seule station météorologique, nous avons la même valeur pour chaque paramètre climatique pour toute la zone.

Au niveau de la zone d'étude, les différentes couches du SIG peuvent être complétées par des données locales plus détaillées.

Pour chacune des couches de base, la topologie a été créée. Celle-ci a généré des tables attributaires internes de points pour les puits et le semis de points côtés, d'arcs pour le réseau routier, les courbes de niveau et le réseau hydrographique et de polygones pour les unités des sols.

Le système de codage permet de mettre en relation les identifiants des entités graphiques (points, arcs et polygones) avec les données descriptives :

- pour les puits : nom, qualité et quantité d'eau...
- pour le réseau hydrographique : nom, régime, qualité d'eau...
- pour le réseau routier : catégorie, état...
- pour les sols : caractéristiques pédologiques du sol...
- pour les courbes de niveau et le semis de points : cotes
- Pour les agglomérations : nom de l'agglomération...

• **Traitements des données et résultats :**

La délimitation des zones à irriguer se fait à partir des conditions climatiques et des conditions physiques. Les types de paramètres les plus importants sont relatifs aux aspects pédologique et topographique.

Chapitre 02 :

Contribution d'un SIG à la gestion des ressources hydrique

Suivant ces facteurs, le sol irrigable peut être hiérarchisé en plusieurs classes, en tenant compte des contraintes dues à la topographie, au sol et à l'eau, et normalisées en fonction des cultures, des modes d'irrigation et des aménagements fonciers.

La synthèse des analyses utilise à la fois les données spatiales, les données descriptives et les données concernant les normes à respecter.

Le modèle numérique de terrain (MNT) est calculé à partir des couvertures des courbes de niveau, et d'un semis de points, auxquels est appliqué le module TIN d'Arc Info.

Ce dernier repose sur la triangulation de Delaunay et utilise deux modes d'interpolation « LINEAR » et « QUINTIC » (appliqué dans cette étude). Afin de mieux caler le MNT, a été pris en considération les lignes de cassure telles que le réseau hydrographique, les routes et le bâti. Enfin, le TIN a été vérifié, puis nettoyé des Flat triangles et des Thin-long triangles.

Dans cette application, la constitution d'un MNT a pour objectif, d'une part, de disposer d'une valeur altimétrique en tout point du domaine d'étude et, d'autre part, d'en dériver les paramètres de la morphométrie nécessaires pour les étapes ultérieures de ce travail.

C'est en particulier le cas pour les deux sous-produits les plus intéressants, le gradient de la pente et l'orientation de la pente. Les produits dérivés du MNT réalisés dans le cadre de cette application sont les suivants :

- une carte des pentes par classe ;
- une carte d'orientation par secteurs de 90° ;
- et une vue en perspective du terrain.

À ce stade, nous disposons d'une carte des sols, obtenue par numérisation de la carte thématique pédologique et complétée par des informations sur les caractéristiques physiques et chimiques. Nous disposons aussi d'un MNT et de ses produits (carte des pentes, carte d'orientation) relatifs à la même zone.

La confrontation de la carte des sols avec celle des pentes permet de dégager une quantité importante d'informations sur la répartition des terres. Dans ce sens, disposant des données nécessaires et bénéficiant des facilités offertes par l'outil SIG, nous avons pu réaliser plusieurs types d'opérations et particulièrement l'étude de la répartition des terres irrigables selon les facteurs sol-pentes.

Chapitre 02 :

Contribution d'un SIG à la gestion des ressources hydrique

Ainsi, en considérant la carte des sols et celles des pentes, l'opération d'intersection consiste à ressortir l'utilisation du sol couvrant certaines pentes et certaines caractéristiques des sols spécifiés.

Connaissant les besoins unitaires de chaque culture, il convient de déterminer les besoins globaux du périmètre.

Dans cette estimation interviennent l'efficience du système d'irrigation, les superficies mises en jeu par l'irrigation et la répartition relative des différentes cultures.

Représente la répartition des différentes cultures.

Si le planificateur dispose de la localisation des zones irrigables, de la période au cours de laquelle il faut les irriguer et des quantités d'eau requises à leur mise en valeur agricole, il pense à quantifier ou à découvrir les sources d'alimentation en eau susceptibles de couvrir les besoins.

La première option, à long terme, nécessite un investissement financier très important et la deuxième, à court terme, permet une intervention rapide et nécessite de faibles investissements.

Reposant sur les travaux l'application de la méthode de Thiessen disponible dans le SIG Arc/Info, a permis l'estimation des réserves en eau souterraine de la région. Connaissant la localisation, les besoins en eau des zones irrigables et la quantité des eaux disponibles, le planificateur peut faire une confrontation, une sélection par priorité des zones à mettre en irrigation et la mise en place de projets particuliers. Les résultats des besoins en eau du projet pour le plan de culture donné peuvent être comparés à la réserve en eau disponible à la dérivation, au barrage de prise ou au réservoir.

Chapitre 02 : Contribution d'un SIG à la gestion des ressources hydrique

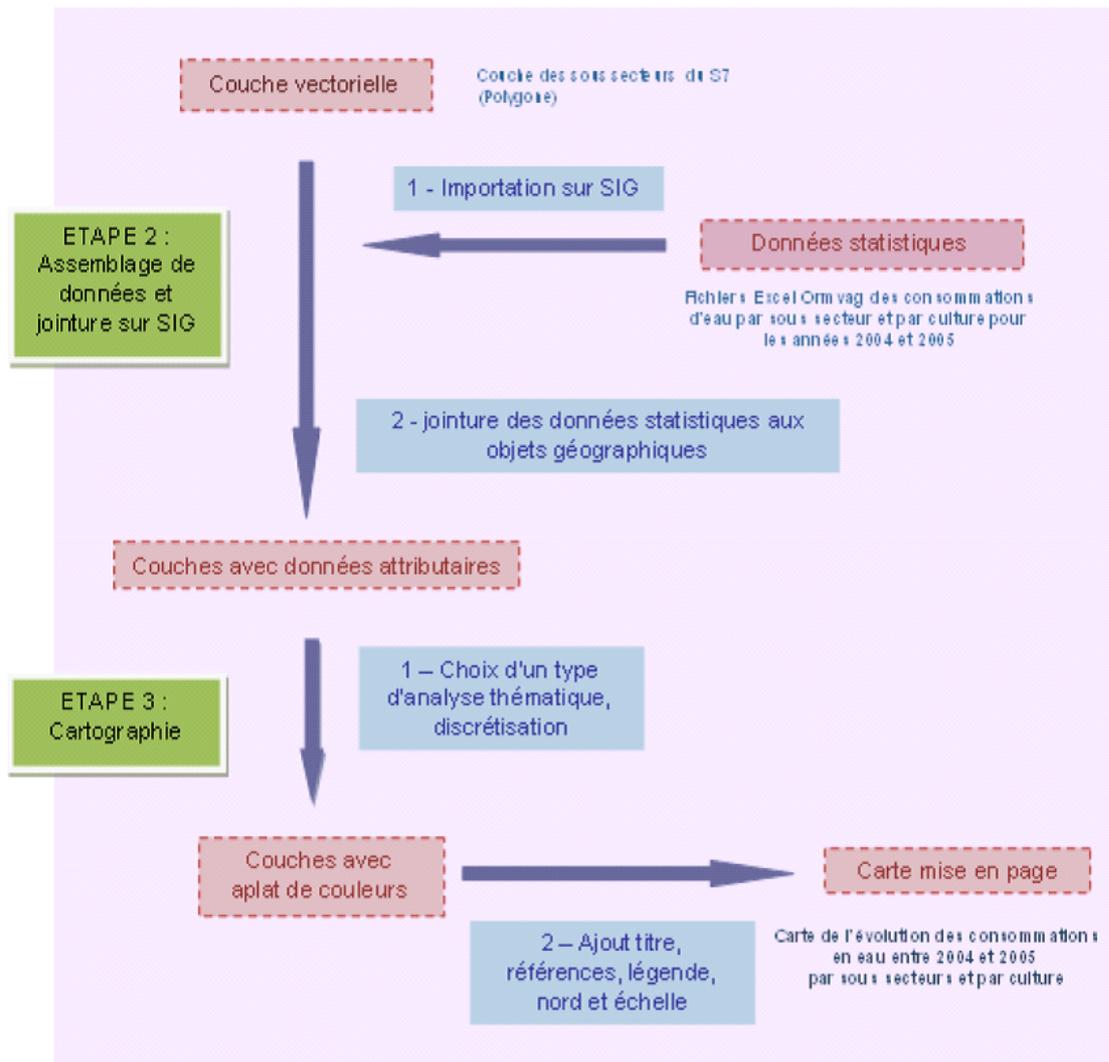


Figure 08 : des cartes thématiques.

Conclusion :

L'utilisation des SIG pour la planification de l'irrigation requiert dès le début la définition d'une méthodologie dont les objectifs doivent être définis avec précision, avant toute manipulation de logiciel.

La confrontation entre ressources potentielles en eau et en sols et leur usage actuel permet d'ores et déjà au planificateur de préparer les diverses étapes chronologiques d'un plan d'irrigation orienté vers la mise en valeur des terres irrigables.

Le traitement numérique des données dans les SIG pourrait aider à maintenir à jour les informations concernant les terres irrigables et/ou irriguées et par conséquent, la précision du

Chapitre 02 :

Contribution d'un SIG à la gestion des ressources hydrique

bilan hydrique. En effet, l'utilisateur disposant des données estimatives suffisantes peut aboutir à une meilleure aptitude culturale puis réaliser une planification harmonieuse et rationnelle de l'irrigation.

En combinant le logiciel CROPWAT muni d'une banque de données climatiques et culturales réalisée par la FAO, et le SIG Arc/Info qui permet des opérations spatiales puissantes pouvant prendre en compte plusieurs facteurs limitant, les résultats quantitatifs sont plus réalistes que les résultats obtenus par les méthodes traditionnelles et peuvent être extrêmement variés.

V) : L'eau et l'assainissement:

Le contrat de gestion des services d'eau dans Soit habitants, (a conduit à dresser un état des lieux complet à l'aide d'un SIG pour:

- la réalisation de plans de réseaux d'eau et assainissement avec repérage de tous les ouvrages;
- l'inventaire des usagers, des branchements, de compteurs.

La levée des plans réseaux potable (de réseau eau potable) et d'assainissement (de réseau unitaire) et les éléments du réseau (vannes et regards, accessoires) ont été transférés, après repérage sur le terrain, sur un Système d'information Géographique.

L'exploitation des fichiers permet de :

- trier les informations sur l'état des canalisations de différents diamètres avec possibilité de classement par nature, âge, quartier, etc.,
- calculer des statistiques et des rations d'exploitations ;
- étudier le comportement du réseau par modélisation pour définir le diamètre d'une canalisation projetée, ou étudier les effets de l'évolution des consommations;

Conclusion générale

Conclusion générale:

Conclusion générale:

Les usages et les potentialités d'application des SIG sont diverses et variés:

Un SIG est un outil efficace pour étudier tout phénomène urbain, pour accompagner toute action urbanistique et prévoir l'organisation territoriale d'une ville.

Les SIG peuvent notamment être utilisés dans le cadre de la gestion de l'occupation des sols (POS, PLU, PLH) ou de l'observation des territoires urbains (politique de la ville: CUCS, ZRU, ZFU, ZUS etc.).

L'environnement reste l'un des principaux domaines d'application des Systèmes d'Information Géographiques, avec de nombreux exemples d'utilisation qui s'étendent de la surveillance de la qualité des eaux, la prévision du risque incendie, la localisation et le suivi de l'évolution d'espèces animales et/ou végétales, l'étude de l'anthropisation d'un milieu ou bien l'étude d'un couvert végétal. Les SIG sont, entre autres, beaucoup utilisés dans le domaine de l'agriculture (contrôle et prévision de la production agricole, érosion), la foresterie (gestion des ressources forestières) ou l'océanographie (observation des ressources halieutiques, gestion des espèces).

Les SIG sont utilisés dans le cadre de la gestion de réseaux de gaz et d'électricité et permettent, par exemple, de connaître à tout moment les caractéristiques de chaque tronçon d'un réseau de distribution ou du réseau entier d'acheminement (permettant ainsi une intervention rapide et efficace sur le réseau). Les SIG permettant ainsi de cataloguer et de géo localisé toute conduite de gaz et/ou d'électricité dans un tissu urbain.

Dans le cadre de l'exploration minière, les SIG vont permettre une connaissance précise de la structure géologique des sols, la prospection minière, la contrainte des terrains, les caractéristiques des tracés d'cheminement de la ressource (localisation des pipelines), l'implantation et les caractéristiques des concessions exploitées (on shore/offshore).

L'utilisation de l'information géographique par un transporteur va permettre à ce dernier de gérer sa flotte de véhicules en fonction de zones de desserte, du trafic ou des perturbations de l'infrastructure (bouchons etc.). Les SIG va par ailleurs permettre une optimisation des tournées (calcul du plus court chemin, prise en compte des gabarits du matériel roulant en fonction des caractéristiques techniques de la voie etc.). Un SIG va donc permettre de gérer, d'analyser et de planifier l'utilisation d'un réseau

Les SIG sont très utilisés dans le domaine de la cartographie et la gestion des ressources en eau, dans un cadre de préservation. Ils sont notamment utilisés par les Syndicats d'Aménagement

Conclusion générale:

des Eaux, les services Assainissement des collectivités ou les Parcs Naturels afin de localiser les caractéristiques d'un bassin versant, les caractéristiques morphologiques d'un cours d'eau, de recenser les aménagements humains ou de prévoir l'évolution de celui-ci, en prenant compte la faune et la flore s'y trouvant.

Les SIG sont très utilisés dans le domaine militaire ou dans un contexte de sécurité/défense (grands groupes spécialisés). Dans un contexte d'opérations et d'interventions, la connaissance du territoire est primordial voir déterminante. Les SIG sont donc très utile dans ce cadre, car utilisant des données diverses tels que les photos satellitaires ou les renseignements terrains stockés dans des bases de données (permettant l'organisation logistique de missions). Les SIG sont également très utilisés dans le cadre de veilles stratégiques.

L'apport de la géomatique est notable dans le monde de l'action humanitaire. Comment trouver le meilleur acheminement d'une aide alimentaire d'un aéroport à l'autre extrémité d'un pays en prenant en compte les zones de rébellion, l'éboulement de terrain ou les ravages d'une inondation ? Comment planifier de manière rapide et efficace des populations sinistrées ou en proie au danger dans des zones de refuges proches ? Comment établir une cartographie précise de l'implantation des mines antipersonnel lés ? Qu'il s'agisse de l'aide directe aux victimes, des opérations logistiques ou d'aides plus générales aux zones sinistrées (reconstruction, reconstruction des territoires etc.), les SIG se révèlent plus qu'utiles.

Les SIG peuvent également être utilisés dans le secteur de la santé publique. De la surveillance des eaux de baignade selon des critères physico-chimiques à la cartographie de l'offre de soins dans une région, la connaissance territoriale par les SIG permettant ainsi des décisions et des actions précises sur les zones concernées. Les SIG permettent également, en temps réel, d'organiser les secours: trouver l'hôpital le plus proche d'un lieu d'accident de la route, de trouver le chemin le plus rapide pour l'acheminement d'organes (prise en compte des embouteillages, des sens de circulation etc.).

Les SIG sont un outil efficace en matière de gestion des infrastructures sportives ou concernant la connaissance des pratiques sportives. Du recensement des clubs de football à la localisation des lieux de pratiques sportives de pleine nature, de la localisation des personnes pratiquants la randonnée à l'étude des temps de parcours domicile-lieu de pratique, de la recherche du meilleur emplacement d'un nouveau gymnase à des études d'accessibilité, les SIG permettent une connaissance pratique des pratiques sportives. Sans parler du suivi de grands événements, tels que le Tour de France, le Paris Dakar ou des grandes expéditions de découverte, dans lesquelles un SIG demeure un outil pertinent et efficace de suivi en temps réel.

Conclusion générale:

Les SIG vont permettre à de nombreuses infrastructures et sociétés de télécommunications (téléphonie par exemple) de connaître à tout moment l'état de leur réseau, la zone de couverture de leur service, de localiser les incidents et prévoir des interventions (acheminement d'équipes etc.). Sans parler d'un impératif commercial passant par la connaissance précise de la localisation de potentiels clients ou d'abonnés.

Utiliser l'information géographique va être essentiel pour une entreprise soucieuse de son développement. Cette dernière va pouvoir définir son offre de services ou de produits en fonction, entre autres, de la localisation de ses clients et prospects. La géo localisation va donc se révéler essentielle, qu'il s'agisse de l'implantation d'un nouveau magasin et la conquête de nouveaux marchés (implantation de la concurrence, étude de zones de chalandise, analyse du profit en fonction de critères sociodémographiques d'un territoire etc.).

Tous ces domaines ne sont pas bien entendu les seuls à faire appel aux SIG. Comme le démontre si bien une étude récente, près de 80% des données statistiques sont des données territoriales et donc cartographiables. Les SIG sont également très utilisés dans le monde de la recherche (universités, académies etc.), dans le domaine de l'architecture, des études statistiques pures et/ou démographiques, de la télédétection, de la climatologie etc.

Bibliographie

- AABAD M., 2008. Stratégies d'amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'eau d'irrigation Par la canne à Sucre au Gharb-Maroc. : Approches par expérimentations "in situ" et par adaptation et utilisation du modèle "MOSICAS". Doctorat en sciences agronomiques et ingénierie biologique. FUSAX Gembloux, Belgique.
- Abdelkader Mendas, Mohamed Abdelhak Trache, Okacha Talbi(2013) Contribution des systèmes d'information géographique à la planification de l'irrigation - Application au périmètre de Zriga (Ouest algérien) .John libbey EUROTEXT
- BOUAZIZ A., BELABBES K., 2002. Efficacité productive de l'eau en irrigué au Maroc. Hommes, Terre &Eaux ,32 (124) :57-72.
- BOUDERBALA N., 1984. L'aménagement des grands périmètres irrigués L'expérience marocaine. Cahiers Options Méditerranéennes, vol. 36
- JOERIN F., NEMBRINI A., REY M.C., 2001. Information et participation pour l'aménagement du territoire Potentiels des instruments d'aide à la décision. Revue internationale de géomatique, 11, (3-4), 309-332.
- JOUVE P., 1966. Un modèle d'aménagement à l'épreuve du temps : le cas des grands périmètres d'irrigation Au Maroc. In : Aménagement hydro-agricoles et systèmes de production. Cirad. Montpellier
- LOUBIER S., 2003. Gestion durable des aménagements d'hydraulique agricole : conséquences sur la Tarification et les politiques publiques en hydraulique agricole. Thèse d'économie du développement Agricole, agro-alimentaire et rural. Université de Montpellier I, Cemagref Montpellier, 338 p.
- Si HAMMOU K., 2004. Diagnostic de la conduite technique de la canne à sucre et valorisation de l'eau par Les cultures dans le périmètre irrigué du Gharb. Mémoire de 3^e cycle de l'IAV Hassan II.
- Trabelsi N. (2003). Apport des systèmes d'informations géographiques pour l'étude et la gestion des ressources en eaux de la nappe profonde de Sfax. Mémoire de Mastère. Fac. Sc. Sfax. 113p