



UNIVERSITE ABDELHAMID IBN BADIS DE MOSTAGANEM

FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

N° D'ORDRE/2012

MEMOIRE

PRESENTE POUR OBTENIR

LE DIPLOME DE MAGISTER

SPECIALITE : GENIE CIVIL

OPTION : GESTION DES RISQUES MAJEURS

Systemes d'infomations géographiques en santé publique : Application aux maladies à transmission hydriques

PAR

SI MOHAMMED NASR EDDINE

DEVANT LE JURY COMPOSE DE :

Président :	BENDANI Karim	MCA	UMAB Mostaganem
Examineur :	MOUFOK Benali	Pr	U Djillali Liabes SBA
Examineur :	BRADAI Seouci	MCA	U Djillali Liabes SBA
Rapporteur :	AYADI Hakim	Directeur de Recherche	CRAAG Alger
Rapporteur :	HIMOURI Slimane	Pr	UMAB Mostaganem

Soutenu : janvier 2012

Dédicaces

Je dédie ce travail à mon père et à ma mère pour l'intérêt qu'ils ont toujours porté à mon bien être et qui continuent à le faire de la même manière que quand j'étais enfant (que Dieu me les garde).

Je le dédie aussi à ma bien aimée femme, à ma fille Manel et à mes enfants Imad, Chakib et Yacine.

Je le dédie aussi à tous ceux qui me sont chers.

Remerciements

Je souhaiterais manifester ma reconnaissance à M. **Dr Ayadi Abdelhakim** (Directeur de Recherche au Département de Sismologie du CRAAG) :

- D'une part pour m'avoir donné l'opportunité d'entamer ce projet et
- D'autre part d'avoir accepté d'être mon encadreur, avec un suivi constant et un intérêt démontré tout au long de mon travail.

Mes remerciements à M. **Dr Slimane HIMOURI** (Maître de Conférences Classe A au Département d'Architecture à l'Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem) qui a accepté d'être mon co-encadreur, pour sa disponibilité et sa gentillesse.

Mes remerciements à Dr Bendani Karim d'avoir accepté de juger ce travail et de m'honorer de sa présidence du jury.

Mes remerciements aussi au Professeur Bradai Senouci et au Professeur Mouffok Benali d'avoir accepté de juger ce travail.

Mes remerciements vont aussi à mon ami et collègue, Djamel Aini pour ses précieux conseils.

Mes remerciements aussi à tout l'encadrement pédagogique et administratif du département de Génie Civil de l'Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem.

Que tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin, trouvent ici l'expression de ma gratitude.

Sommaire

Introduction	6
Santé publique et épidémiologie	8
1. La santé	8
2. Le concept de santé publique	10
• Définitions	
• démarche de santé publique	
• Exemples	
Systèmes d'Informations Géographiques(S.I.G) :	14
1. SIG : Définitions et principales fonctionnalités	15
2. Historique	21
3. Les domaines d'application	22
4. La théorie de l'information géographique	26
5. Bases de données	31
6. Méthodes d'analyse	34
7. La cartographie et la représentation graphique	35
8. Organisation	36
SIG en Santé publique	37
1. Introduction	38
2. Les principales sources d'information	39
3. Mises en garde sur les données	39
4. La mise en forme des informations	40
5. Les opérations sur les données	42
6. Epidémiologie et environnement	43
7. Planification sanitaire	43
8. Les SIG et l'hôpital	44
9. SIG et l'organisation des soins	44
Risques et vulnérabilité	47
Application des SIG aux Maladies à Transmission Hydrique (MTH)	50
A. Introduction	51
B. Principales Causes	53
• Contamination	

o cross-connexion	
o Les inondations	
• La pauvreté	
C. Maladies à déclaration obligatoire	54
D. Données utilisées	54
• Réseaux d'eau potable et d'eaux usées et Sources d'eau	
• Inondations	
• Pauvreté	
• Structures de santé	
• Temps	
E. Représentation des données dans le SIG	56
F. Bases de données	65
• Quartier	
• Secteur administratif	
• Réseau eau potable	
• Réseau eaux usées	
• Zone inondable	
• Cabinet Médical	
• Centre de santé ou CHU	
• Malade	
• Pauvreté	
• Insuffisances constatées et recommandations	
G. Saisie des données	65
H. Interrogation de la base	67
I. Alerte	81
Conclusion	84
Bibliographie	84

Introduction

En 1854, John Snow a établi une carte sur l'écllosion du choléra à Londres en Angleterre dans le quartier de Soho à Londres en 1954.

A travers cette carte, il a pu donner une information visuelle sur la distribution des malades et l'endroit où ils puisaient leur eau, il détermina que c'était l'eau d'un certain puits qui était le foyer de contamination.

C'était le début de l'utilisation des **S**ystèmes d'**I**nformations **G**éographiques (**S.I.G**) en épidémiologie.

Les **S.I.G** aujourd'hui connaissent un développement sans précédent et permettent de localiser avec une grande précision et d'avoir une grande puissance d'analyse.

Ils permettent de créer, entreposer, analyser et afficher des données dont une composante est géographique (qui est une information sur leur localisation).

Ces dernières années, l'utilisation des SIG, par les professionnels de la santé publique, s'est répandue rapidement, du fait que :

1. La majorité des données sur la santé ont une composante géographique,

Les adresses du malade, des hôpitaux, des cliniques, des sources de contamination, ect...

2. Les représentations géographiques, en particulier les cartes, donnent énormément d'informations sur divers aspects de la santé publique,

Concentrations des cas de contamination, comparaison entre différents quartiers d'une ville, ect...

3. Il est très intéressant d'associer les données sur la santé à d'autres données

(p. ex. données de recensement, données environnementales, etc.).

Comment peut-on représenter sur une carte toutes les données qui concernent d'une manière ou d'une autre, la santé publique (même de nature très différente) et de pouvoir faire des requêtes pour les extraire, faire des analyses et tirer des conclusions dans le but d'améliorer la gestion ?

Comment peut-on gérer un risque majeur en santé publique sachant qu'on dispose de toutes les données nécessaires, et d'être alerté dès qu'un seuil de concentration de malades atteints d'une maladie donnée est dépassé?

Nous essayerons de voir à travers ce travail comment ceci est possible et à travers quelle méthodologie.

Pour cela, nous détaillerons les aspects suivants :

- Les Systèmes d'informations Géographiques (**SIG**)
- La santé publique et l'Epidémiologie
- L'application des **SIG** en santé publique
- Application aux maladies à Transmission Hydrique

Santé publique et épidémiologie:

1. La santé
2. Le concept de santé publique
 - Définitions
 - démarche de santé publique
 - Exemples

1. La santé

1.1. Qu'est ce que la santé ?

Il n'est pas aisé de définir la santé. Les définitions diffèrent selon le regard que l'on adopte.

La santé est « *l'état de quelqu'un dont l'organisme fonctionne normalement* » (dictionnaire Larousse en cinq volumes).

Pour le Dr Leriche (chirurgien), en 1936, « *La santé, c'est la vie dans le silence des organes.* »

Et selon Georges Canguilhem, la santé « *C'est la capacité de surmonter les crises* ». *C'est une vision dynamique de la santé.*

En 1946, pour l'Organisation mondiale de la santé (OMS) :

«La santé est un état de complet bien-être physique, mental et social, et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité».

La santé est un concept neutre que chacun est appelé à définir et il n'est pas possible de définir la santé d'une seule manière, valable pour tous, en tout lieu et en tout temps. La définition proposée par l'OMS a le mérite de décrire les différentes composantes d'un état de santé et d'avoir contribué à l'évolution du concept de santé vers une représentation positive de la santé.

1.2. L'état de « bonne santé » et les besoins fondamentaux

L'OMS fait référence à la notion de bien-être pour définir la santé. Le bien-être, selon l'OMS, peut être considéré comme la satisfaction des besoins et l'accomplissement des capacités physiques, intellectuelles et spirituelles. Ainsi, pour être en « *bonne santé* », les besoins fondamentaux doivent être satisfaits.

Il s'agit, par exemple, des besoins :

1. Nutritionnels : pouvoir manger et boire en quantité suffisante
2. Sanitaires : propreté et hygiène
3. Éducatifs : instruction et éducation en lien avec notre culture
4. Sociaux : être en phase dans la société dans laquelle on vit.
5. Affectifs

Pour **Abraham Maslow**, l'être humain est un tout présentant des aspects physiologiques, psychologiques, sociologiques et spirituels. Il a ainsi déterminé une hiérarchie des besoins, classés en cinq grandes catégories, connue sous le nom de « Pyramide de Maslow ».

1. Besoins de réalisation de soi, de dépassement
2. Besoins d'estime (reconnaissance, sentiment d'être utile)
3. Besoins sociaux (d'amour, d'appartenance)
4. Besoins de protection et de sécurité
5. Besoins physiologiques, de maintien de la vie

Il considère que l'individu ne peut passer à un besoin d'ordre supérieur que quand le besoin de niveau immédiatement inférieur est satisfait. Quant à Virginia Henderson, pour définir sa conception du rôle infirmier, elle a identifié quatorze besoins fondamentaux de tout être humain. La satisfaction de tous ces besoins permet à la personne d'être indépendante, entière. Les quatorze besoins identifiés par V. Henderson entrent dans les cinq catégories de Maslow car chaque besoin est dépendant de facteurs physiologiques, psychologiques, sociaux ou culturels.

1.3. Les dimensions de la santé

L'être humain est un être :

1. Biologique (biologique, physiologique, vivant, dynamique, unique)
2. Social (en interaction constante avec d'autres individus, situé dans le temps et dans l'espace, dépendant de son environnement et agissant sur l'environnement),

3. D'émotions (émotions, sensations, intentions) et de connaissances (connaissance, rationalité, réflexions)

La santé s'exprime et s'exerce donc dans chacune de ces dimensions, biologique, sociale et psychologique. Mais la notion de santé varie également selon le moment, la façon dont l'individu se perçoit et s'analyse (la perspective). La notion de santé dépend aussi des groupes d'appartenances, de la société et de la culture de l'individu. Par exemple, la notion de santé n'est pas la même dans les pays en voie de développement et dans les pays développés.

2. Le concept de santé publique

Aujourd'hui, le concept de santé publique regroupe toutes ces notions et s'appuie sur différentes disciplines (savoir individuel et collectif, sciences humaines, sciences biomédicales)

2.1. Définitions de la santé publique ?

La santé publique prend en compte les dimensions d'organisation administrative, politique et économique. La santé publique aborde l'organisation de la santé pour une collectivité, une population à un niveau individuel et à un niveau collectif.

L'OMS, en 1952, en donne la définition suivante :

« La santé publique est la science et l'art de prévenir les maladies, de prolonger la vie et d'améliorer la santé et la vitalité mentale et physique des individus, par le moyen d'une action collective concertée visant à :

1. *assainir le milieu ;*
2. *lutter contre les maladies ;*
3. *enseigner les règles d'hygiène personnelle ;*
4. *organiser des services médicaux et infirmiers en vue d'un diagnostic précoce et du traitement préventif des maladies ;*
5. *mettre en œuvre des mesures sociales propres à assurer à chaque membre de la collectivité un niveau de vie compatible avec le maintien de la santé ».*

La santé publique est aujourd'hui une discipline autonome qui s'occupe de l'état sanitaire d'une collectivité, de la santé globale des populations sous tous ces aspects: curatif, préventif, éducatif et social. La santé publique peut être aussi considérée comme une institution sociale, une discipline et une pratique.

Son champ d'action est vaste couvre tous les efforts sociaux, politiques, organisationnels qui sont destinés à améliorer la santé de groupes ou de populations entières. Ceci inclut toutes les approches organisées, tous les systèmes de promotion de la santé, de prévention des maladies, de lutte contre la maladie, de réadaptation ou de soins orientés en ce sens.

2.2. Qu'est ce qu'une démarche de santé publique

La santé publique fait appel à un ensemble de disciplines variés et complémentaires: la médecine épidémiologique, sociale et économique et intègre diverses notions telles que l'environnement, l'histoire, la culture. Elle concerne toutes les dimensions de soins : préventive, curative, éducative, et de réhabilitation.

Une politique de santé publique est l'ensemble des choix stratégiques des pouvoirs publics pour choisir les champs d'intervention, les objectifs généraux à atteindre et les moyens qui seront engagés. Elle correspond au terme anglais « Politics ». Il s'agit de maintenir ou d'améliorer l'état de santé d'une population.

Un plan de santé publique est un ensemble de dispositions arrêtées en vue de l'exécution d'un projet et comporte une série de programmes d'actions. Il opère des choix stratégiques en retenant certains types d'intervention plutôt que d'autres et fixe les priorités de son action en les hiérarchisant. Il correspond au terme anglais « Policy ».

Un programme de santé publique est un ensemble cohérent d'actions pour atteindre des objectifs précis (ex : programme tuberculose).

Une action de santé publique est la composante opérationnelle d'un programme ; elle s'inscrit dans les objectifs du programme en définissant un mode d'intervention particulier.

Au plan pratique la santé publique consiste en la mise en oeuvre:

- D'actions de santé publique (composante opérationnelle d'un programme sur le terrain auprès d'une partie d'une population)
- De programmes de santé publique (ensemble cohérent d'actions) pour atteindre des objectifs précis sur un thème précis dans toute une population (programme prévention VIH; dépistage cancer du sein, tuberculose)

- De politiques de santé publique: ensemble des choix stratégiques des pouvoirs publics pour choisir les champs d'intervention, les objectifs généraux à atteindre et les moyens qui seront engagés.

Exemple de programme de santé publique: la prévention

La prévention est une attitude et/ou l'ensemble de mesures à prendre pour éviter qu'une situation ne se dégrade, ou qu'un accident, une épidémie ou une maladie ne survienne. Elle consiste :

- A limiter le risque: mesures visant à prévenir un risque en supprimant ou en réduisant la probabilité d'occurrence du phénomène dangereux ;
- A prévoir des mesures pour se protéger du risque
- À mettre en place des actions pour dépister la maladie en situation de risque.

Exemples de programmes de prévention

En prévention primaire

Eviter la survenue de maladie, ensemble des actes destinés à diminuer l'incidence d'une maladie, donc à réduire l'apparition des nouveaux cas.

- La promotion de bonnes conditions alimentaires et nutritionnelles, hygiène de vie tabac, alcool ;
- Un approvisionnement suffisant en eau saine ;
- La protection maternelle et infantile et la planification familiale
- La vaccination contre les maladies infectieuses ;

En dépistage

Repérer la maladie pour la prendre en charge précocement et en diminuer la gravité et la mortalité.

- Cancer du colon
- Cancer du sein
- Tuberculose

En prévention secondaire

Ensemble d'actes destinés à diminuer la durée d'évolution de la maladie, sa gravité, ses complications, sa récurrence.

1. Suite à un accident coronarien (infarctus du myocarde)
2. Suite à la découverte d'un diabète

La prévention va cibler les maladies les plus fréquentes et graves

Autre exemples qui recourent les données précédentes en fonction du facteur de risque:

- l'obésité cause un nombre considérable de morts par an, ce qui en ferait l'une des premières causes de décès ;
- la cigarette cause des morts à 90 % des cancers du poumon et le reste par bronchites chroniques (bronchopneumopathie chronique obstructive ou BPCO) et des cancers des lèvres et de la bouche
- l'alcoolisme cause des milliers de décès par an : de plus, tous les ans des bébés naissent avec des malformations graves en raison de l'alcoolisme de la mère. L'alcool est un cancérigène reconnu (plus encore s'il est associé au tabac), et en tant que désinhibiteur, il favorise de nombreuses conduites à risque (dont par exemple actes violents, rapports sexuels non protégés, conduite dangereuse...).

Les maladies à transmission hydrique (**MTH**) : elles sont à l'origine de la mortalité très élevée des populations des pays en voie de développement. La raison principale de ces maladies est la **pauvreté**. Nombre de populations ne disposent pas d'**eau potable**, les aménagements indispensables aux traitements des **eaux usées** et à la fabrication d'**eau potable** étant trop coûteux, ni même des **soins que ces affections nécessitent, les infrastructures médicales n'étant pas suffisantes**.

Systemes d'Informations Géographiques(S.I.G) :

1. SIG : Définitions et principales fonctionnalités
2. Historique
3. Les domaines d'application
4. La théorie de l'information géographique
5. Bases de données
6. Méthodes d'analyse
7. La cartographie et la représentation graphique
8. Organisation

SIG : Définitions et principales fonctionnalités

1. SIG : définitions et principales fonctions

Différentes définitions peuvent être utilisées pour définir un Système d'informations géographiques. Elles utilisent toute la notion d'information géographique. Nous en citerons quelques unes :

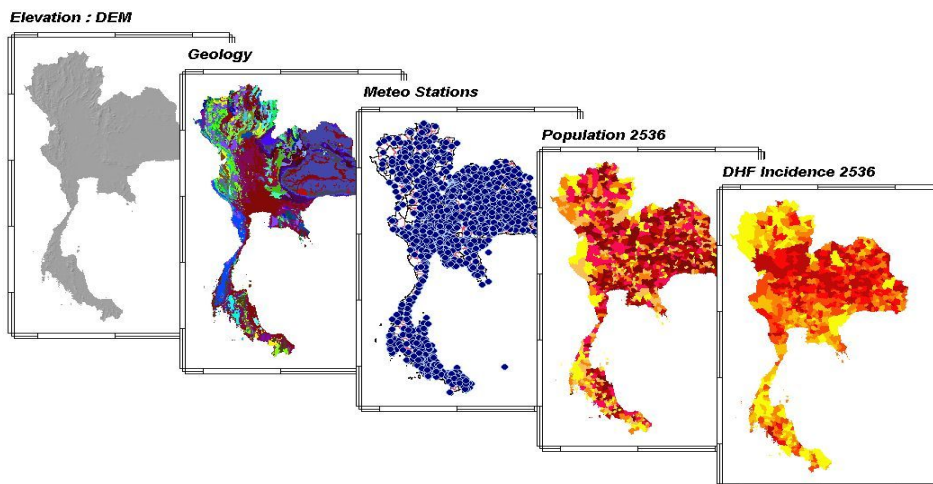
- Un type particulier de base de données permettant de gérer des objets associant des données descriptives à une entité physique localisée
- un outil de stockage, de gestion et d'exploitation des informations spatialisées
- un outil informatique permettant la production de cartographie à partir d'une base de données spatialisées
- une approche intégrant un ensemble technologique (logiciel), informatif (données géographiques) et une méthodologie précise

-SIG : principales fonctionnalités

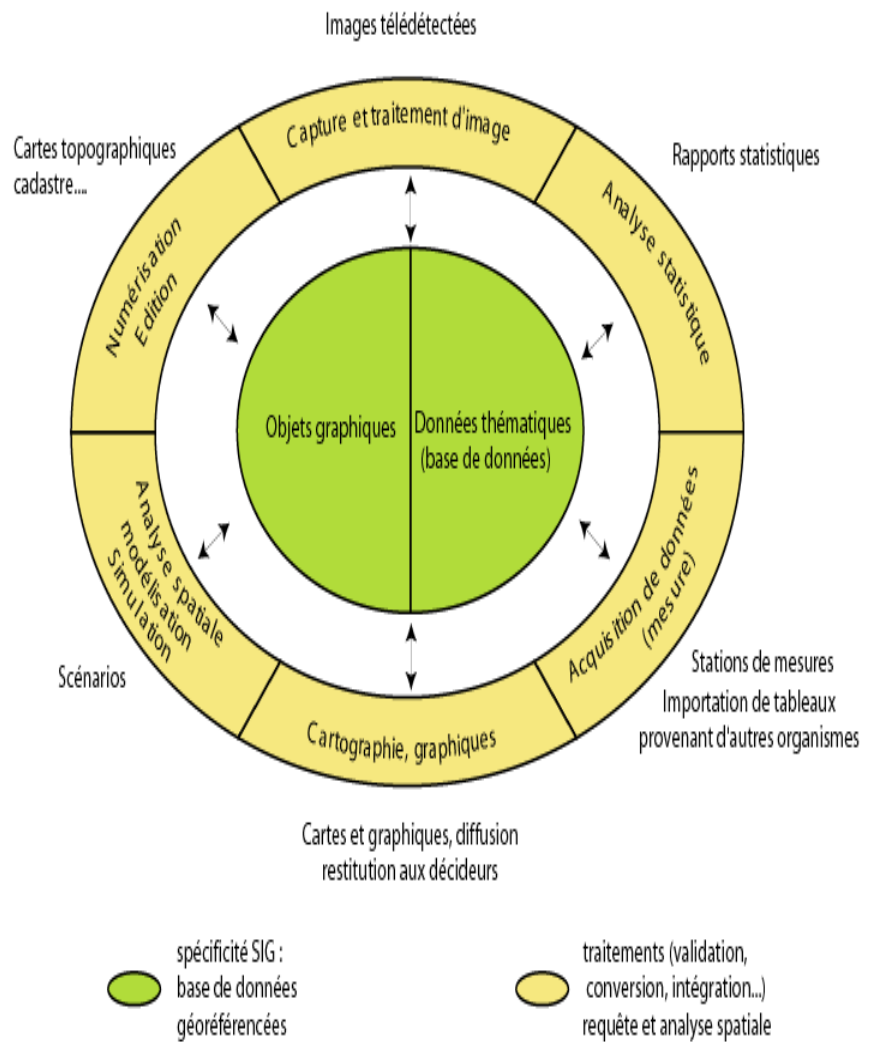
Un système d'information géographique a comme principales fonctionnalités :

- Saisie et stockage de plans et de cartes numérisés : Ces plans et cartes devront être calibrés pour pouvoir y référencer des objets avec précision.
- Schématisation, organisation, structuration, archivage de l'information géographique : plusieurs couches peuvent être utilisées et chacune contient des informations géographiques de natures différentes.
- Gestion de collections d'objets localisés et non localisés : Les objets localisés (contenant une adresse) peuvent être mêlés à des objets non localisés.
- Gestion administrative (ex: cadastre) et partage de données entre utilisateurs
- Calculs métriques (distances, surfaces, périmètres, volumes), positionnement et projections géographiques
- Calculs techniques et d'ingénierie (visibilité, parcours optimaux, etc.)
- Analyse spatiale, statistique et classifications, géostatistique

- Télédétection aérienne et spatiale
- Géo-référencement, gestion et traitement d'images
- Simulation et modélisation
- Modèles numériques de terrain, géomorphologie, hydrologie, écoulements
- Édition cartographique, cartographie automatique, cartographie statistique
- Internet et interrogation distante
- Un atout principal : en regroupant dans un même ensemble différentes collections d'objets localisés, un SIG permet la mise en relation d'objets de collections différentes mais se trouvant « au même endroit ». D'une manière générale, un SIG utilise la localisation pour mettre des objets en relation
- Facilite les réponses à des questions du type « pourquoi ici et pas ailleurs »



Le SIG fait partie des disciplines de la *geomatique*, il s'appuie sur d'autres composantes comme la télédétection, le traitement de données, la cartographie informatique.



SIG : Données dans un SIG

Les **données géographiques** possèdent quatre composantes :

1. les **données géométriques** renvoient à la forme et à la localisation des objets ou phénomènes ;
2. les **données descriptives** (qui font partie des données attributaires) renvoient à l'ensemble des attributs descriptifs des objets et phénomènes à l'exception de la forme et de la localisation ;
3. les **données graphiques** renvoient aux paramètres d'affichage des objets (type de trait, couleur...) ;
4. les **métadonnées associées**, c'est-à-dire les données sur les données (date d'acquisition, nom du propriétaire, méthodes d'acquisition...).

Les données attributaires

Il s'agit de données associées à un objet ou une localisation géographique, soit pour décrire un objet géographique, soit pour localiser des informations : nom d'une route, type d'un bâtiment localisé par son adresse, nombre d'habitants d'un immeuble localisé par ses coordonnées Lambert, débit d'un cours d'eau, tension d'une ligne de transport d'énergie, type d'arbres dans un verger localisé par sa parcelle, etc. Les données attributaires sont reliées à la géométrie de l'objet.

Les objets géographiques

Trois types d'entités géographiques peuvent être représentés :

1. le point (x,y) ou *ponctuel* ;
2. la ligne ((x1,y1), ..., (xn, yn)) ou *linéaire* ;
3. le polygone.

Relation Objets/Données attributaires

Le géo-référencement est la technique de mise en relation organisée des objets géographiques et des données attributaires. Il suppose la mise en place dans le SIG d'un système de repérants normés, dont le rôle est l'équivalent des dépendances fonctionnelles dans les bases de données relationnelles. Ainsi des données alphanumériques, issues de fichiers externes au SIG lui-même, pourront être croisées avec les informations géographiques du SIG, donnant lieu à des usages de géo-analyse.

Les métadonnées

Les données manipulées par un SIG viennent de sources et bases de données diverses. Une organisation qui se dote d'un tel système doit maîtriser ces sources, de façon à s'assurer :

- qu'elle est bien au fait de l'ensemble des couches de données disponibles dans l'organisation,
- qu'elle peut se fier aux résultats obtenus lors de leur utilisation,
- qu'elle en maîtrise la gestion interne,
- qu'elle en maîtrise les coûts d'acquisition et de mise à jour
- qu'elle est en mesure, le cas échéant, de fournir tout ou partie de ses données à des tiers, en donnant une visibilité suffisante sur la qualité de la fourniture.

C'est pourquoi toute source de données géographiques ne se limite pas à son contenu attributaire et géographique, mais est accompagnée d'informations caractérisant la source elle-même, c'est à dire de données sur les données (on les appelle métadonnées).

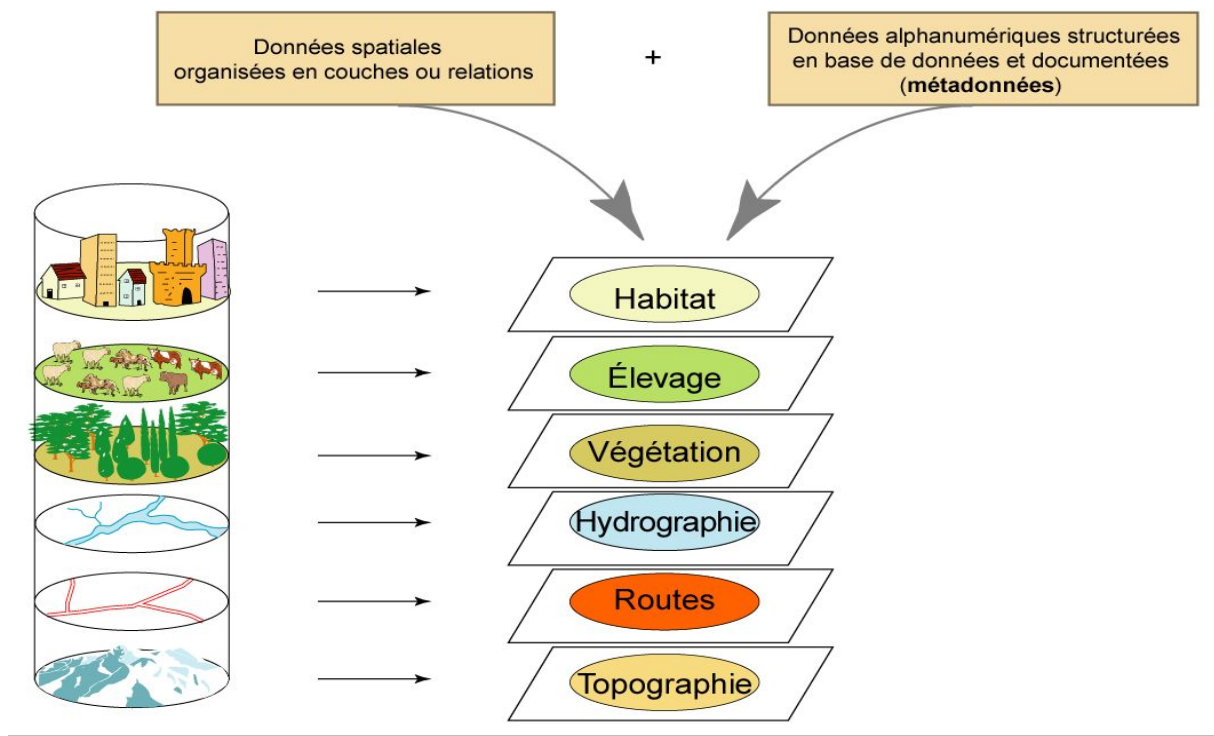
Quelques exemples de métadonnées (parmi beaucoup d'autres) :

- Description générale :
 1. description et nature des données
 2. système de projection et étendue géographique
 3. organisme producteur

- Qualité des données :

1. date de saisie ou de validité - si une donnée est ancienne par rapport aux évolutions des entités qu'elle représente, on peut toujours la faire intervenir dans des calculs, mais les résultats seront à interpréter avec prudence ;
2. précision de la saisie - croiser des données de qualité centimétrique avec des données de qualité hectométrique ne donne jamais que des résultats d'une précision hectométrique !

L'ensemble de ces informations doit pouvoir être facilement accessible et partageable par tous les acteurs intervenant à quelque niveau que ce soit dans le cycle de vie des données au sein de l'organisation.



2. Historique:

Depuis la première application, souvent citée, de l'analyse spatiale en épidémiologie, le développement vertigineux de l'informatique a permis un développement continu des systèmes d'informations géographique :

Les années 1960-1970 : les débuts

- Applications militaires, études des ressources naturelles, systèmes d'information urbains
- Développement de systèmes en mode raster
- Développement de la géométrie algorithmique
- Montée en puissance des ordinateurs
- Systèmes de dessin industriel en mode vecteur
- Développement de systèmes de cartographie automatique
- Développement de la télédétection spatiale

Les années 1980 : la consolidation

- Larges bases de données et développement de la théorie des bases de données (modèle relationnel)
- Développement de l'interactivité graphique et des stations de travail (SUN, APOLLO)
- Développement des SIG (vecteur-raster, statistique, cartographie, etc)

Les années 1990 : la diffusion

- Industrialisation et diffusion de la technologie SIG
- Les micro-ordinateurs remplacent les stations
- Développement du matériel graphique à bas prix
- Intégration de données de sources différentes (télédétection aérienne et spatiale, GPS)
- Applications dans tous les domaines ayant des liens avec la localisation

Aujourd'hui :

- Logiciels légers sur ordinateurs personnels : cartographie statistique, systèmes raster, cartographie automatique élémentaire
- Systèmes plus sophistiqués dédiés à l'édition cartographique (Intergraph, MicroStation, Autocad...)
- SIG généralistes (Mapinfo, ArcGIS, Arc/Info, SavGIS, Illwis,...)

- SIG spécialisés dans un domaine (géologie, hydrologie, océanographie, télédétection...)

L'ordinateur personnel et la saisie sur écran ont remplacé les stations de travail et les tables à digitaliser

3. Les domaines d'application

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

- **Santé**

Toute gestion de services de soins et de santé qui se veut efficace fait appel à un SIG non seulement pour indiquer quelles ressources et quels besoins existent, mais également où les trouver. En outre, les experts de la santé se sont équipés de SIG pour surveiller l'épidémiologie et la santé publique. Ils peuvent suivre géographiquement les indicateurs de santé à différentes échelles (Monde, Continent, Région, Pays, Région d'un pays, Wilaya, Commune, Quartier) , identifier les sites épidémiologiques et rechercher les sites à risques écologiques.

- **Prévention / Sécurité**

Un SIG est un outil efficace dans la lutte contre la criminalité. Il permet la planification et la modélisation d'événements, la planification tactique et stratégique et la cartographie des lieux d'incidents. Des programmes dirigés par des services de police offrent à tous leurs officiers un accès aux informations sur les délits commis dans toute la ville et déterminer les quartiers à forte criminalité par exemple et par type de criminalité.

- **Incendies/Services médicaux d'urgence/Désastre**

Un SIG permet aux responsables chargés de la sécurité publique de planifier efficacement les interventions d'urgence, de déterminer les

priorités, d'analyser les événements passés et de prévoir les événements futurs. De nombreux services d'incendie ont adopté un SIG pour fournir des informations critiques aux équipes d'intervention, dès le départ des véhicules ou pendant le trajet jusqu'aux lieux de l'urgence, afin d'apporter une assistance dans la planification tactique en éclairant entre autres une description détaillée du terrain.

- **Commerce/Finance**

Les analystes financiers ont recours à des SIG pour cibler leurs marchés en visualisant les besoins en services financiers.

- **Défense**

La défense utilise les SIG pour les services de renseignements, l'analyse de terrain, la planification de mission et la gestion d'infrastructures.

- **Océans**

Un SIG marin utilise des données sur les océans et les mers pour représenter des phénomènes survenant dans les eaux littorales et des grands fonds, comme les courants, la salinité, la température, la masse biologique et écologique et la densité.

- **Terres et sols**

Des informations précises sur le paysage local sont indispensables dans la prise de décision sur ce qu'il faut protéger et comment le protéger. Les cartes numériques de sites peuvent être liées à des bases de données relationnelles qui stockent des données topographiques, à des données de base, de la documentation sur les sites et à des photographies numériques aériennes.

- **Faune**

Un SIG est un outil important dans la gestion et la protection des habitats et des espèces. Un SIG permet d'étudier les populations animales à diverses échelles et fournit des outils analytiques pour étudier les corridors d'habitats, les schémas de migration et l'influence des parcs et réserves naturelles sur la préservation de la faune.

- **Végétation**

Un SIG représente l'outil idéal pour cartographier et inventorier la végétation et mieux comprendre pourquoi certaines espèces sont elles menacées ou en danger.

- **Sécurité civile**

Un SIG est utilisé aux niveaux local, régional et national, pour les interventions d'urgence dans les domaines suivants : la détection, l'évaluation des risques, la prévention et l'aide à la décision en contexte de crise. Exploité à la fois dans le cadre d'événements naturels ou provoqués par l'homme, le SIG fait désormais partie des procédures communes dans les activités de sécurité civile et d'intervention d'urgence. Les communes et l'Etat ont recours à un SIG qui leur sert de cadre de travail commun pour organiser et partager les données dans un monde numérique.

- **Transports**

En ce qui concerne les transports, un SIG répond à trois besoins différents, la gestion des infrastructures, la gestion des parcs et de la logistique et la gestion des transits. Un SIG fournit des informations sur l'analyse et la planification des réseaux, le suivi et l'acheminement des véhicules, le suivi des stocks et l'analyse de la planification des itinéraires.

- **Télécommunications**

Un SIG offre aux sociétés de télécommunications un éventail de solutions, qui permettent l'analyse des relations entre la couverture des signaux, l'édition de résultats de tests, la gestion des dossiers d'incidents et le suivi des requêtes clients.

- **Agriculture**

Un SIG fournit des capacités analytiques qui sont au cœur de tout système agricole de précision réussi. Un SIG permet aux agriculteurs d'effectuer des analyses spatiales, propres aux sites, sur des données agronomiques.

- **Assurances**

Un grand nombre de compagnies d'assurance ont fait de leur SIG l'élément central de leurs activités en l'utilisant pour visualiser, analyser et répartir les risques.

- **Commerce de détail**

Les entreprises conservent des informations sur les ventes, les clients, les stocks, les profils démographiques et les listes de diffusion, qui sont autant d'éléments associés à des localisations géographiques. De ce fait, les directeurs, stratèges marketing, analystes financiers et gestionnaires utilisent de plus en plus des SIG pour organiser, analyser et présenter leurs données d'entreprise.

- **Gestion de l'énergie**

Le processus d'acheminement de l'énergie repose largement sur des informations géographiques. De la conception des réseaux à la gestion des interruptions de service, plus de 80 % de la gestion des données réalisée par les services publics porte sur des composants spatiaux et profitent donc pleinement des potentialités des SIG.

- **Eau et eaux usées**

Dans des services ressources hydrauliques, les cartes de haute résolution détaillent la localisation géographique des pipelines souterrains, bassins versants, réservoirs et installations hydroélectriques.

La base de données d'informations permet au service d'évaluer les possibilités de développement.

- **Foresterie**

Les services de foresterie se servent d'un SIG comme composant clé permettant de gérer les ressources de gros bois d'œuvre et de maintenir une gestion durable des forêts.

Ces organismes tirent partie des fonctionnalités SIG pour des applications très diverses : estimation des sols, analyse du marché de gros bois d'œuvre, planification des itinéraires des récoltes et visualisation du paysage rural.

- **Eau**

Un SIG est utilisé à l'échelle mondiale dans les laboratoires d'écologie, les services de planification, les parcs, les agences et les organismes à but non lucratif pour promouvoir un développement durable.

Des comités sur les bassins versants ont recours à un SIG pour la mise en carte et la planification des habitats, des terrains marécageux et de la qualité de l'eau.

Ils exploitent un SIG pour cartographier les eaux, y compris les bassins versants en amont, les caractéristiques des canaux, le flux saisonnier, l'utilisation des terres adjacentes et les caractéristiques naturelles de l'habitat existant.

4.La théorie de l'information géographique

L'information géographique :

- **L'information**

En acquérant des **données**, on acquit des **informations** qui nous permettent des **connaissances**. Les données sont faciles à partager, un peu moins les informations et encore plus difficiles les connaissances. On les définit comme suit :

- **Données** : Ce sont les nombres, les textes, et les symboles et qui sont en général indépendants du contexte (mesures brutes sans interprétation)
- **Information**: Elle est différenciée des données car elle est dédiée à un sujet ou soumise à un certain degré d'interprétation
- **Connaissance** : C'est l'information interprétée par rapport à un contexte particulier, à l'expérience, ou à un objectif donné

- **Données ou information ?**

Comme l'ordinateur traite et partage des données, il est impératif de pouvoir transformer des informations en données. Nous devons alors répondre aux points suivants :

- Comment appréhender et représenter la réalité pour la traiter avec un ordinateur ?
- Vision universelle ou vision contextuelle ?
- Comment définir les critères de description de la réalité sans problème spécifique posé au départ ?

- Précision, échelle et description, modélisation de la réalité :
l'approche du géographe

- **Modèles de données**

Un modèle de données, c'est un ensemble de règles pour représenter des objets et des comportements du monde réel dans le cadre logique d'un ordinateur.

On distingue quatre niveaux d'abstraction de la réalité :

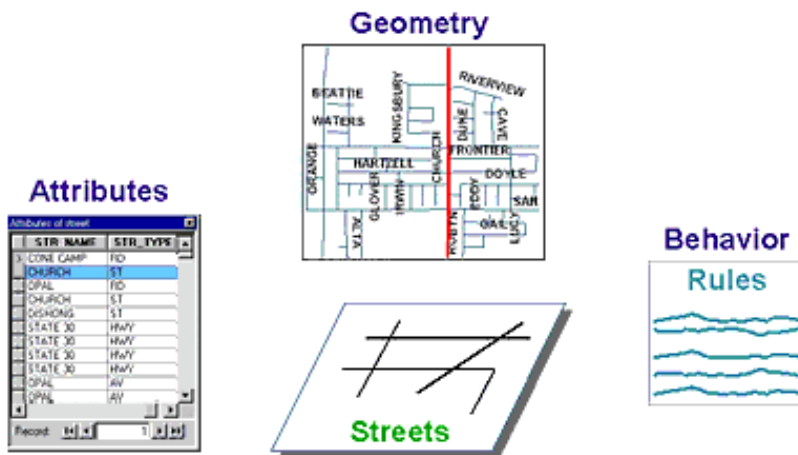
- Le monde réel (aucune abstraction)
- Le modèle conceptuel (modélisation conceptuelle de la réalité)
- Le modèle logique (organisation du modèle liée à l'informatique)
- Le modèle physique (organisation interne à l'application)

- **La donnée géographique**

- Enregistrement de mesures prises à un certain endroit à un certain moment dans le monde réel
- Associe lieu, instant, et attributs descriptifs
- Difficile à manipuler dans les systèmes classiques de gestion de données, qui ne sont pas outillés pour les données de dimension supérieure à 1

- **L'objet géographique**

- Un objet en théorie de l'information, c'est un ensemble encapsulé d'attributs et de méthodes, permettant de décrire la connaissance et le comportement pour une vision contextuelle de la réalité.
- Un objet géographique a trois composantes principales :
localisation, description, comportement



- **La modélisation du monde réel : de la réalité à la géographie**
 - Description et précision de localisation, méthodes, attributs, pour la définition d'un objet géographique.
 - Liens entre attributs descriptifs et précision de l'attribut de localisation pour la définition de l'objet géographique. Exemple : la généralisation cartographique ?
 - L'objet géographique : relation entre définition sémantique (attributs descriptifs) et précision de la description de la géométrie de la localisation.
- **De la géographie à la géométrie : schématiser la localisation**
 - Le modèle de schématisation cartographique classique en zones, lignes, points (dans un espace continu, 2D ou 3D).
 - Le pixel : une zone ou un point ?

Les limites du modèle cartographique

Les limites de la géométrie et du modèle cartographique :

- On suppose que la géométrie classique permet de décrire la localisation des objets géographiques. On introduit donc des discontinuités dans la réalité en utilisant la schématisation en zone, ligne, point pour définir les

objets géographiques. La précision ou l'incertitude ne sont pas traitées par ces modèles de description. L'espace n'est pas traité de façon continue, la définition géographique des objets est discontinue et simplifie fortement la réalité.

- La description géométrique en zone, ligne, point est-elle suffisante pour décrire de manière satisfaisante les objets géographiques ?

Représentation Raster :

Le format raster des données représente la réalité par des cellules de grille uniformes d'une résolution spécifique. Chaque carré (ou cellule de grille) couvre une aire géographique donnée et une valeur d'attribut est assignée à la cellule. La cellule de grille est la plus petite unité géographique dans un SIG raster, elle est connue comme 'l'unité cartographique minimale'. La résolution dépend de la taille de la cellule de la grille, Plus la cellule est grande, moins l'information est précise, plus la grille est petite, plus la résolution est grande et plus la base de données est grande parce qu'il y a plus de détails.

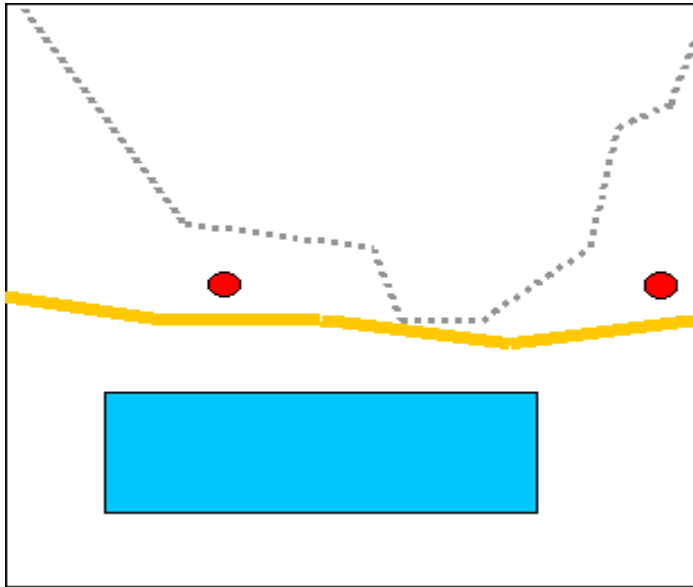
Visuellement, les formes et objets géographiques sont représentés par la combinaison de cellule de grille. Ceci signifie que les formes complexes (limites administratives) ou les objets linéaires (traits de côtes) peuvent apparaître non naturel. La plupart des données de télédétection sont collectées dans le format raster, ce qui veut dire qu'on n'a pas besoin de les convertir avant de les utiliser dans un SIG en format raster.

R	L	L	L	L	L	L	R
L	R	L	L	L	L	R	R
L	L	R	R	R	L	R	L
L	L	H	L	L	R	L	H
B	B	B	B	B	B	B	B
S	C	C	C	C	C	S	S
S	C	C	C	C	C	S	S
S	S	S	S	S	S	S	S

R = Route, L = Terre, H = Maison, B = plage,
C = zone de conservation, S = mer

Représentation Vecteur :

Un système basé sur le mode vectoriel affiche les données graphiques comme étant des points, des lignes, des courbes, ou des surfaces (aires) avec des attributs. Ceci voudrait dire qu'il est plus facile de représenter les formes complexes ou linéaires dans le format vectoriel. La plupart des cartes produites à partir des SIG le sont dans le format vectoriel. Les données de télédétection doivent être converties avant utilisation dans un SIG en format vectoriel.



Les modèles internes

Un modèle interne est la manière de stocker de façon interne, dans des fichiers, la description logique d'un ensemble d'objets géométriques, en assurant une certaine cohérence.

Par exemple, pour un modèle logique vecteur, un ensemble de zones peut être stocké de plusieurs façons :

- En décrivant les coordonnées du contour pour chaque zone
- En décrivant un ensemble d'arcs par leurs coordonnées et par leurs relations frontalières avec les zones dont elles forment le contour

Les principales sources de données

- Acquisition de l'information par création de données
- Acquisition de l'information par importation de données
- Relevés de terrain ou levés topographiques, GPS
- Enquêtes et recensements, registres administratifs, état civil
- Photographies aériennes et photogrammétrie
- Télédétection spatiale
- Cartes scannées et/ou vectorisées
- Modèles numériques de terrain

L'acquisition de données peut représenter plus de 80% du coût d'un projet SIG

5.Bases de données :

De l'objet à la collection d'objets : les bases de données

1. La schématisation du réel a ici pour but de décrire non pas un seul objet, mais un **ensemble d'objets**. Elle est donc encore **plus réductrice** puisque le contexte est celui d'une collection. Les attributs doivent donc être communs à tous les objets de la collection.
2. Une base de données est l'association entre une schématisation de la réalité et les objets décrivant la réalité suivant ce schéma.
3. La nécessité de la **gestion informatique** est évidente, pour gérer l'ensemble des objets par rapport aux descripteurs (attributs), pour gérer les liens entre les objets et pour mettre les objets en relation les uns avec les autres. Cette gestion est assurée par un **système de gestion de base de données** (SGBD).

Systèmes de gestion de bases de données : objectifs

- Indépendance physique et logique entre les données et les programmes d'application
- Persistance des objets
- Administration centralisée des données
- Gestion optimale de la mémoire informatique et efficacité de l'accès aux données
- Partage des données entre utilisateurs et gestion des accès concurrents
- Fiabilité, intégrité et cohérence des données
- Sécurité des données
- Interrogations interactives, consultation déclarative des données, accès à des non-informaticiens

Les tuples sont manipulés grâce aux opérateurs de l'algèbre relationnelle, formalisme qui permet d'interroger le contenu de la base de données :

- union
- produit cartésien
- projection
- sélection
- jointure

L'algèbre relationnelle permet d'exprimer des **requêtes** par enchaînement des opérateurs. Exprimée en langage de haut niveau, la requête permet d'assurer l'objectif d'indépendance physique entre données et programme d'application (langages de type SQL).

Contraintes d'intégrité spatiale

Certaines contraintes géométriques ou topologiques devront toujours être vérifiées (par exemple, une zone doit toujours être fermée), car elles dépendent du modèle logique ou du modèle

interne de description. Par contre, d'autres dépendent de la définition sémantique de la collection (un réseau routier doit toujours être connexe, mais un réseau téléphonique peut ne pas l'être)

Les contraintes géométriques sur les arcs

1. Simplicité (recoupement d'un arc sur lui-même)
2. Extra-simplicité (intersection ou duplication d'arcs)
3. Inclusion
4. Fermeture
5. Connexité

Les contraintes topologiques de type (zone, ligne, point)

1. Fermeture des zones
2. Appartenance du centroïde à sa zone
3. Connexité des zones ou des réseaux

Les contraintes relationnelles

1. Contrainte d'unicité de clé
2. Contrainte d'appartenance à un domaine
3. Contrainte de voisinage
4. Contraintes métriques

Les contraintes de jointures

1. Contraintes géométriques de jointure : appartenance géométrique, inclusion (jonction des frontières et hiérarchie de relation), partage (partage d'arcs entre collections),
2. Contraintes descriptives de jointure

6.Méthodes d'analyse dans un SIG

L'analyse des données a pour but de les interpréter pour élaborer de nouvelles informations sur la zone traitée. Elle met en oeuvre des méthodes quantitatives, souvent statistiques, d'interprétation des données.

Les logiciels peuvent utiliser le langage SQL (Structured Query Language) qui est un langage de requête permettant de rechercher dans une base de données des informations répondant à des critères spécifiques. L'analyse thématique aboutit souvent à de la cartographie thématique.

Il existe un grand nombre de fonctions qui permettent d'analyser un ensemble de données géographiques.

1. Requêtes et interrogation

Interrogation, exploration, statistique

2. Mesures et calculs métriques

- Propriétés métriques des objets : longueur ou périmètre, surface, etc.
- Relations entre objets : distance, orientation

3. Transformation de données

- Création de nouveaux attributs descriptifs
- Basée sur des règles arithmétiques, logiques, géométriques

4. Synthèse de l'information

- Transferts d'échelle
- Géostatistique et interpolation
- Changements d'implantation spatiale

5. Techniques d'optimisation

- Localisations optimales
- Plus courts chemins, recherche opérationnelle

7. Cartographie :

La carte est document graphique basé sur la communication par les signes. Elle relève du langage visuel. A ce titre, et même si sa construction doit suivre les règles de la perception graphique, elle reste un outil formidable de communication et de information qui ne doit pas restreindre son champ d'actions aux seuls géographes.

Le langage visuel est spécifique car il est l'inverse du langage écrit ou parlé : l'œil perçoit d'abord un ensemble, il généralise, puis cherche le détail. La perception visuelle est universelle.

C'est un système spatial où trois variables sont mises en relation : les deux dimensions orthogonales du plan et les taches.

Il doit transmettre une information.

On doit retrouver particulièrement les signes graphiques élémentaires (point, trait, tâche), le figuré cartographique (construit à partir des signes élémentaires), l'implantation graphique (ponctuel, linéaire, zonal), les variables visuelles (forme, taille, couleur, valeur, orientation, texture-structure, grain).

SIG et cartographie

A travers un SIG, nous pouvons :

- Afficher une carte qui est le résultat d'une requête
Exemple : Afficher tous les quartiers de la ville de Mostaganem qui sont inondables et connaissent une forte concentration de malades atteints de diarrhées.
- Choisir une projection cartographique
Exemple : projection UTM
- Définir l'association attribut descriptif - attribut graphique (figuré, implantation, variables visuelles)
Exemple : Pour chaque symbole représentant un cabinet médical, on lui fait correspondre des informations textuelles (nom, adresse, ect..).

8.Organisation:

Un projet SIG nécessite, pour sa réussite, de s'assurer de l'existence de suffisamment de données géo-localisées pour pouvoir exploiter la dimension de l'espace. Il faudrait définir le projet et détailler son organisation et son fonctionnement.

- **Définition du projet et étude de faisabilité**
 1. Rédaction d'un cahier des charges décrivant les objectifs et les besoins de l'application.
 2. Évaluation des données nécessaires et des flux d'acquisition.
 3. Évaluation des spécifications du système et de ses objectifs en fonction des systèmes existants sur le marché, pour évaluer la faisabilité de l'opération et les coûts qu'elle implique.
 4. Évaluation finale des différents choix possibles en termes de bénéfices et de coûts.

- **Organisation logique et mise en place fonctionnelle**
 1. Organe de mise en place et d'administration générale (besoins humains et financiers, plans de formation et d'assistance aux utilisateurs, gestion de l'évolution future du système en fonction des résultats d'exploitation)
 2. Organe d'acquisition de données pour gérer les divers flux d'information (flux réguliers ou propres à une application). Cet organe est chargé d'évaluer et de décrire les sources d'information, les modalités d'accès et les procédures d'acquisition.
 3. Organe de saisie et d'intégration des données : structuration, homogénéisation, validation, codage, saisie, contrôle, correction et intégration des données suivant les techniques requises par le système d'information.
 4. Organe d'exploitation et d'analyse des données assurant les réponses aux demandes des utilisateurs et aux besoins de l'application en fonction du cahier des charges.

SIG en Santé publique

1. Introduction
2. Les principales sources d'information
3. Mises en garde sur les données
4. La mise en forme des informations
5. Les opérations sur les données
6. Epidémiologie et environnement
7. Planification sanitaire
8. Les SIG et l'hôpital
9. SIG et l'organisation des soins

1. Introduction

Les **SIG** ajoutent une dimension graphique et analytique très importante à la santé publique, en assemblant la triade fondamentale de l'épidémiologie, à savoir :

- La personne,
- Le moment,
- L'endroit qui est souvent négligé dans les dossiers des malades.

L'analyse et le mappage des données à l'aide du SIG de la santé publique, incluent :

- La propagation des maladies dans le temps
- Schémas géographiques des épidémies
- Groupes de population à risque
- Disponibilité et accessibilité des soins de santé
- Planification et évaluation des programmes d'évaluation

Les SIG ont de grands axes d'application en santé publique. Nous les résumons dans les points suivants :

- La géographie de la santé et l'étude spatiale des relations société-santé
- L'épidémiologie spatiale et les rapports santé-environnement, l'étude des facteurs de risque et de vulnérabilité (analyse spatio-temporelle, agrégats)
- La mise en évidence et la modélisation des évolutions spatio-temporelles des phénomènes de santé (émergences, processus de diffusion, endémies, épidémies)
- La préparation et l'évaluation des sondages sur bases spatiales

Citons quelques exemples d'application :

- Analyser les relations santé-environnement, pour comprendre les conditions d'émergence et de diffusion des maladies

- Analyser les systèmes de surveillance et de lutte sanitaire (contrôles, confinements, ...)
- Adapter le système de soin et de secours aux effectifs de population
- Améliorer la signalisation et la gestion du trafic routier

2. Les principales sources d'information

Comme les paramètres intervenant dans la gestion de la santé publique proviennent de structures très variées, il est important d'inclure des canaux d'informations très régulièrement mises à jour. Nous en citons les principaux :

1. Déterminants de l'état de santé, au niveau individuel ou agrégé, émanant de différents organismes publics (ministère de la santé, hôpitaux, bureau des statistiques, direction des recensements, office de météorologie, chambre d'agriculture...)
2. Données environnementales sur les facteurs de risques
 - Pollution de l'air, qualité de l'eau, nuisances sonores
 - Climat
 - Activités économiques
 - Relevés et mesures de terrain (observation, inventaire, capture, prélèvement...)
 - Interprétation d'images satellitaires, de photos aériennes

3. Des mises en garde sur les données :

Les données utilisées doivent être considérées avec beaucoup de précaution. Chaque erreur quantitative ou qualitative ou d'interprétation peut avoir une incidence sur les résultats escomptés. Notons les principales précautions à prendre :

- En épidémiologie, lorsque l'on travaille à partir d'échantillons, il faut s'assurer de leur représentativité. La représentativité spatiale implique l'utilisation de méthodes adaptées à auto-corrélation spatiale

- Attention particulière à l'interprétation des agrégats de données
- Attention particulière à l'adéquation entre la résolution des images satellites et l'échelle du phénomène étudié

4. La mise en forme des informations

Un SIG comprend deux types de bases de données : la base de données spatiale, qui décrit les coordonnées et la forme géographiques des éléments de la base, et la base de données des attributs, qui comprend les caractéristiques diverses de ces éléments. Ces deux bases peuvent être distinctes, ou intégrées dans une même entité, ce qui a des conséquences dans la gestion des données, notamment les tris ou les requêtes.

Pour la représentation des données, deux types fondamentalement différents sont retrouvés, dont le choix conditionne les possibilités du logiciel:

1. **Le mode "vecteur"** : les données y sont représentées sous forme d'objets géographiques - point, ligne ou polygone - et stockées dans la base de données spatiale par leurs limites ou leur direction. A chacun de ces objets, seront reliés leurs attributs. Ainsi, à l'objet "commune de Mostaganem" pourront être affectés la population de cette commune, le pourcentage de chômeurs, le nombre de cas incidents de grippe, etc.
2. **Le mode "point" ou "maille"** (raster pour les anglo-saxons) est un mode où toute la zone géographique étudiée est partagée en cellules d'égales tailles, à chacune desquelles correspond un ou plusieurs attributs. La résolution de la représentation est conditionnée par la taille des cellules (par exemple, une cellule peut représenter un carré de 50m sur 50m). Les données affectées dans ce type de représentation prendront une valeur différente dans chaque cellule en fonction de la zone homogène qu'elles représentent.

Les deux modes ne sont pas directement compatibles, et certains logiciels n'en proposent qu'un seul. Cependant, il existe des possibilités de transfert de l'un à l'autre.

Le choix du mode dépendra des données disponibles :

Le *mode "maille"* est bien adapté aux données continues, pour lesquelles on dispose en chaque point de la carte de la valeur de l'attribut (type de végétation : culture, forêt, prairie...) ou bien de données modélisables à partir de sources discontinues (épidémies, données météorologiques ou de pollution...). Ce mode est celui qui correspond le mieux au fonctionnement des ordinateurs, et il se prête naturellement aux analyses statistiques en raison de l'homogénéité spatiale de la distribution des données. Enfin, il permet d'intégrer directement les informations satellitaires. Par contre, il nécessite la connaissance en chaque point de tous les attributs ce qui n'est pas souvent possible dans le domaine de la santé.

Le *mode "vecteur"* est idéal pour la gestion des attributs, et notamment toutes les opérations sur leur base de données. Il correspond plus naturellement aux informations dans le domaine de la santé, ces dernières étant souvent disponibles pour des secteurs administratifs donnés.

Le nombre d'informations à manipuler est beaucoup moins important, puisque chaque objet n'a qu'une seule valeur pour un attribut donné. Par exemple, si on veut étudier une maladie donnée, en mode "maille", il faudra connaître le nombre de patients par cellule (pour chaque carré de 1km sur 1 km par exemple) et donc connaître leur localisation exacte sur la carte. Par contre, en mode "vecteur", il suffira de connaître le nombre de malades par commune ou par canton, données beaucoup plus facilement disponibles dans les systèmes d'informations médicales. Le mode "vecteur" est bien adapté à la production de cartes thématiques. Il donne une représentation "attendue" des données, puisque les objets correspondent souvent aux limites administratives ou naturelles connues. De plus, il permet facilement des requêtes sur les objets, par exemple "afficher l'incidence des cancers ORL dans les communes situées à moins de 20 km d'un incinérateur", ou bien "afficher les communes du département situées à plus de 35 mn de temps d'accès d'une maternité".

En définitive, le mode vecteur est le plus utilisé dans le domaine médical à cause d'une gestion de données plus naturelle, mais également parce que les limites administratives sont celles des décideurs, et l'information disponible (démographique, sanitaire, socio-économique...) l'est d'abord pour eux. Par contre, pour toutes les informations dont les attributs spatiaux sont continus, soit directement, soit par modélisation, on gagnera en richesse d'analyse et en rapidité d'évaluation, d'autant plus que les sources de données sont multiples.

5. Les opérations sur les données

Voici de façon très générale quelques possibilités d'opération possibles avec les SIG. Leur variété et leur facilité de mise en oeuvre varie beaucoup selon les logiciels, et d'eux dépend en grande partie l'intérêt que peut en attendre.

Les requêtes sur les bases de données

C'est un des outils fondamentaux des SIG. Leur capacité à gérer la mise en correspondance des attributs et des données spatiales en fait tout l'intérêt. Grâce à des opérateurs de type "et", "ou", l'information disponible peut rapidement prendre un sens. Les questions seront du type : "Quelles sont les zones où les maladies pulmonaires chroniques sont significativement plus élevées, et où la pollution dépasse un certain seuil", ou bien "Représenter simultanément les services à fort taux de staphylocoque méthi-résistant et ceux à forte prescription d'antibiotiques de dernière génération".

Les opérations sur les données spatiales

Ces opérations sont nécessaires pour pouvoir modéliser des phénomènes, et tester ces modèles. Des opérations arithmétiques sur les coordonnées spatiales, des pondérations ou des combinaisons (addition, soustraction, intersection pour obtenir des zones composites) sont généralement disponibles.

Les opérateurs spatiaux

On utilise généralement des opérateurs de distance, pondérée ou non (en fonction de l'accessibilité par exemple), des opérateurs de surface, de contiguïté...

6. Epidémiologie et environnement

Les données de pollution se prêtent particulièrement à l'analyse par les SIG, en raison de la diversité des sources.

On peut ainsi mettre en évidence des relations entre certains polluants, certaines sources polluantes et certaines maladies, en tenant compte de facteurs météorologiques (vents dominants, précipitations, température, humidité...), topologiques (altitude, exposition dominante), d'habitat, socio-économiques...

Les anglo-saxons mènent ainsi un certain nombre d'études, mettant à profit leur système de code postal, dont la précision géographique est un atout certain. Il permet en Grande Bretagne de situer chaque habitant à 100 mètres près grâce à son code postal.

Gatrell, en 1990, a pu évoquer la responsabilité de la proximité d'incinérateurs dans la survenue des cancers des voies aériennes grâce à une analyse statistique originale, mettant à profit la capacité de calcul de proximité et de surface d'un SIG.

Les variations des grands fléaux infectieux, notamment parasitaires, sont liées fortement à l'environnement. La lutte à grande échelle contre les vecteurs de ces maladies ne peut passer que par la connaissance de ces facteurs.

Aussi, les SIG sont ici mis à contribution pour traiter des données de provenance fort différentes, afin de mieux connaître les conditions de transmission et de diffusion de ces épidémies, et donc de mieux les prévenir. Roger (1993) a ainsi utilisé un SIG pour étudier l'influence des variations météorologiques et de végétations sur la diffusion de la trypanosomiase. L'idée était de déterminer la part respective des facteurs biotiques (variations du nombre de vecteurs, immunité de l'hôte, virulence du parasite), abiotiques (variations météorologiques) et historiques (mouvements de population) dans l'extension de la maladie et la survenue d'éventuelles épidémies.

La bilharziose, pour laquelle existe un atlas de répartition mondiale, bénéficie actuellement grâce à l'OMS de ce type d'approche, afin de déterminer les conséquences éventuelles de changement de l'écosystème (déforestation, construction d'un barrage) sur l'incidence de la maladie.

7. Planification sanitaire

L'intérêt des SIG est ici immédiat, tant les techniques d'analyse se rapprochent de celles déjà utilisées en marketing. On définit les caractéristiques principales d'une population cible (âge de la population, degré de dépendance, niveau socio-économique), celles de l'offre de soins (soins à domicile, médecins généralistes, centres de soins communautaire, secteurs d'assistants sociaux, pharmacies), celles du milieu (transports en commun, frontières naturelles ou artificielles, temps de déplacement entre les différents endroits).

On peut ainsi déterminer des zones homogènes de besoins de santé, après avoir validé ces différents indicateurs, et permettre une adéquation optimale entre l'offre et

la demande. L'évolutivité en temps réel de tels systèmes, à condition qu'ils soient renseignés en permanence, est également un atout de poids. Un exemple en est donné par Twigg (1990), qui a identifié en Grande-Bretagne des "zones de soins de santé primaire".

8. Les SIG et l'hôpital

On le voit, à l'heure actuelle, les SIG sont surtout utilisés dans le domaine de la recherche. C'est assez paradoxal quand on sait que leur essor est surtout lié aux possibilités d'aide à la décision qu'il apporte par l'intégration immédiate de données très diverses. Ainsi, le marketing, la gestion de réseaux de distribution complexes, l'administration urbaine, l'aménagement du territoire ne peuvent plus se passer de cet outil. On comprend donc que les décideurs, même dans un hôpital, puisse tirer parti de tels systèmes.

L'hôpital est une entité spatiale, avec ses zones propres (pavillons, services) et leurs relations. Sans parler de la gestion quotidienne des réseaux électriques ou de fluide, ou bien de la disponibilité de lits de malade, les SIG peuvent rendre de grands services pour la surveillance de certains problèmes médicaux internes à l'établissement comme la surveillance des infections nosocomiales. Couplé à un système d'information intégré, il permet de disposer de données beaucoup plus riches que les informations de surveillance classique, puisqu'il est possible d'intégrer à la simple observation de cas groupés dans le temps la notion de "flux" de malades, en tenant compte des mouvements antérieurs, du bloc opératoire utilisé, des salles d'exams complémentaires fréquentées... La diffusion des épidémies ou bien des résistances aux antibiotiques peut être étudiée plus finement, et ainsi permettre une prévention mieux ciblée.

9. Pour l'avenir : le SIG et l'organisation des soins

L'unité de soins du futur devra nécessairement utiliser les possibilités des SIG.

En effet, la mise en place de structures coordonnées entre un centre hospitalier de référence et des réseaux locaux de soins devra intégrer une masse

d'informations sur le système de santé. Ces données devront être analysées et présentées de manière à permettre que ces structures soient adaptées en permanence aux populations à qui elles sont proposées, et mises à jour en permanence. Des systèmes d'informations géographiques spécifiques pourront être l'extension naturelle de réseaux de type "télémédecine", permettant en temps réel à la fois de répondre aux besoins des usagers, et de connaître l'état de santé de la population grâce à des indicateurs spécifiques.

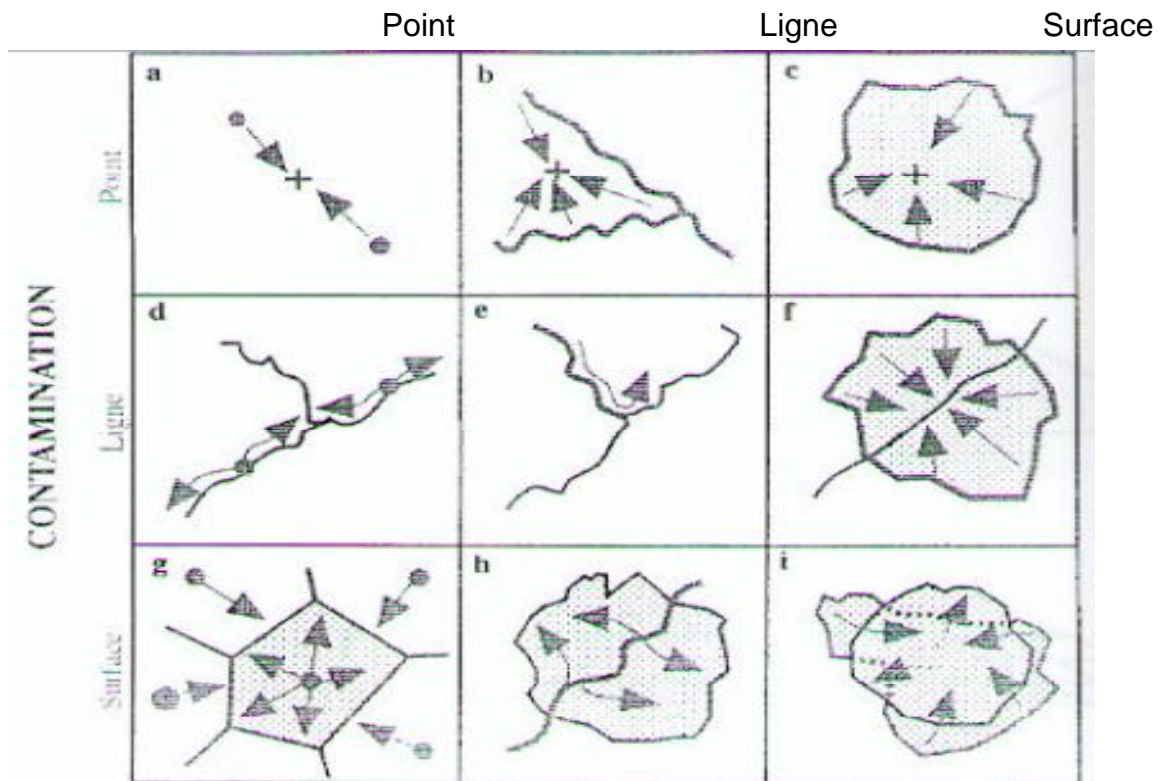
Une des limitations actuelles de l'utilisation des SIG est le temps nécessaire au recueil des données. Cette opération coûteuse et fastidieuse n'est pas rentable immédiatement, et il est difficile de provoquer de tels investissements à long terme.

Cependant, le recueil automatique des données médicales grâce à des systèmes d'information ou à des réseaux de télémédecine permettront la disponibilité permanente de ces données. Les utilisateurs de tels systèmes pourront se consacrer à l'analyse et l'élaboration d'indicateurs spécifiques, et permettront que l'information médicale ne guise pas dans de profonds cimetières de données, mais accomplisse sa vocation première : permettre de mieux comprendre et améliorer la prise en charge de la santé de la population.

Les systèmes d'information géographiques de santé peuvent dès maintenant apporter l'outil d'aide à l'organisation des soins de demain. Leurs dangers ne doivent pas être négligés, et la réflexion sur la confidentialité des données que provoque tout système de partage de l'information devra être approfondi. En effet, la connaissance des références spatiales élargit la notion d'anonymat : il n'est pas besoin de savoir le nom d'un homme, âgé de 36 ans, boulanger dans telle commune contenant 6000 habitants- pour l'identifier et connaître ses problèmes de santé. Ce problème majeur devra être strictement réglé avant d'envisager l'utilisation routinière de ces systèmes.

D'aujourd'hui, où ces outils sont utilisés quasi exclusivement par des chercheurs, à demain, où ils deviendront incontournables pour l'organisation et l'analyse du système de soins, se dessine une période intermédiaire où les apports possibles et les limites souhaitables devront être définis.

SOURCE



Exemples de calculs sur des objets géographiques en santé et environnement

- (a) Impact du niveau de pollution en un point en fonction de deux capteurs
- (b) Impact du niveau de pollution en un point en fonction du réseau routier
- (c) Impact du niveau de pollution en un point en fonction d'une zone contaminée
- (d) Impact du niveau de pollution d'un cours d'eau en fonction de capteurs
- (e) Interpolation de la pollution d'un cours d'eau en fonction des informations sur certains de ses affluents
- (f) Estimation de la pollution d'un cours d'eau traversant une zone contaminée
- (g) Estimation de la contamination d'une zone en fonction d'échantillons recueillis ponctuellement
- (h) Estimation de la pollution d'une zone autour d'un cours d'eau contaminé
- (i) Impact de la pollution par zone administrative en fonction de données sur une zone polluée fournies par satellite

Risques et vulnérabilité :

Durant les dernières décennies, de nombreuses études épidémiologiques ont été menées pour décrire l'étendue, la nature et la distribution des problèmes de santé des populations urbaines et de définir les facteurs qui ont un impact sur la santé.

Ces études portent généralement autour du concept de risque. Elles font une description qualitative et une analyse quantitative des facteurs de risque pour fournir une base à la planification et aux interventions en santé publique.

Les risques urbains de santé concernent particulièrement les aspects relatifs à la ville et particulièrement la qualité de l'eau et de l'habitat, la gestion des déchets et la qualité du sol.

La pauvreté est considéré comme un facteur ayant un impact important sur les risques en santé publique au point où dans les études sur le développement, le concept de vulnérabilité a été introduit comme substitut de "pauvreté".

La "Vulnérabilité" représente l'état sans défense, sans sécurité, et exposition aux risques entre autres de santé.

Ainsi pour Pigeon et D'Ercole (1999) « *la vulnérabilité traduit la fragilité d'un système dans son ensemble et de manière indirecte sa capacité à surmonter la crise provoquée par l'aléa* ».

D'un côté, les gens qui vivent dans des environnements défavorables sont exposés aux risques et de l'autre côté, ils n'ont pas les moyens de surmonter les risques sans dommages.

Les dommages peuvent être diverses : devenir plus faible physiquement, économiquement, ou même humilié socialement. La vulnérabilité dans ce sens est alors l'opposé de la sécurité.

On pourrait dire que plus le niveau du revenu est bas, plus on a des difficultés à obtenir l'accès aux nécessités de base, et plus haut est le risque affectant la santé publique. Les aléas environnementaux principaux sont la précarité de l'habitat, l'approvisionnement inadéquat en eau potable, ainsi que des réseaux d'eaux usées défectueux ou inexistantes.

Nous incluons pour ces raisons, dans notre étude, la notion de **pauvreté** ou **vulnérabilité**.

Evaluation du risque:

L'évaluation des risques sanitaires est une méthode développée pour définir les effets sur la santé d'une exposition d'individus ou de populations à des matériaux ou à des situations dangereuses en utilisant les faits scientifiques.

Elle est présentée ci-dessous en prenant l'exemple des Maladies à Transmission Hydrique.

L'évaluation des risques sanitaires comporte 4 phases :

1. L'identification des dangers,
2. La définition de relations dose-réponse,
3. L'évaluation de l'exposition humaine,
4. La caractérisation des risques sanitaires.

1. L'identification des dangers

Un danger est un effet sanitaire indésirable tel que, par exemple, un asthme, un cancer ou une MTH. Sa survenue dépend du niveau et de la durée d'exposition, de la voie d'entrée dans l'organisme mais également des caractéristiques du sujet exposé (facteurs génétiques, âge, immunité, etc.).

Le danger est identifié à partir d'études ayant permis d'établir une relation de cause à effet entre la survenue d'un ou plusieurs effets toxiques sur un organisme vivant et l'exposition à la substance chimique, selon le type de contact (voie d'exposition, intensité, durée), considérée dans l'évaluation.

Les informations utilisées à ce stade sont issues d'expérimentations animales ou d'études épidémiologiques réalisées chez l'homme.

2. La définition de relations dose-réponse

La relation dose-réponse est la relation qui établit un lien entre la dose de substance mise en contact avec l'organisme et le risque de survenue d'un effet sanitaire.

Cette relation est habituellement traduite par la valeur toxicologique de référence (VTR) spécifique de la voie d'exposition (ingestion, inhalation, cutanée).

3. L'évaluation de l'exposition humaine

Cette étape a pour objectif de déterminer les doses de polluants auxquels les groupes de population sont soumis par ingestion, inhalation ou contamination cutanée.

Dans certains cas, celles-ci peuvent être évaluées de façon directe, par exemple, par des mesures individuelles (prélèvements de sang, d'urines...)

Les méthodes indirectes s'appuient sur des données statistiques existantes et sont donc plus approximatives que les précédentes.

Les transferts d'une substance chimique depuis une source de pollution vers les milieux (air, sol, poussière, eau, chaîne alimentaire...) sont fréquemment déterminés par des modélisations mathématiques.

4. La caractérisation des risques sanitaires

Le rapport entre la dose moyenne journalière totale mesurée ou estimée pour la population considérée et la valeur toxicologique de référence est calculé : si ce rapport est inférieur à 1, cela signifie que la population exposée est théoriquement hors de danger alors qu'un quotient supérieur à 1 signifie que l'effet toxique est possible ou probable.

Application des SIG aux Maladies à Transmission Hydrique (MTH):

- A. Introduction :
- B. Principales Causes
 - Contamination
 - cross-connexion
 - Les inondations
 - La pauvreté
- C. Maladies à déclaration obligatoire
- D. Données utilisées
 - Réseaux d'eau potable et d'eaux usées et Sources d'eau
 - Inondations
 - Pauvreté
 - Structures de santé
 - Temps
- E. Représentation des données dans le SIG
- F. Bases de données
 - Quartier
 - Secteur administratif
 - Réseau eau potable
 - Réseau eaux usées
 - Zone inondable
 - Cabinet Médical
 - Centre de santé ou CHU
 - Malade
 - Pauvreté
 - Insuffisances constatées et recommandations
- G. Saisie des données
- H. Interrogation de la base
- I. Alerte

A. Introduction :

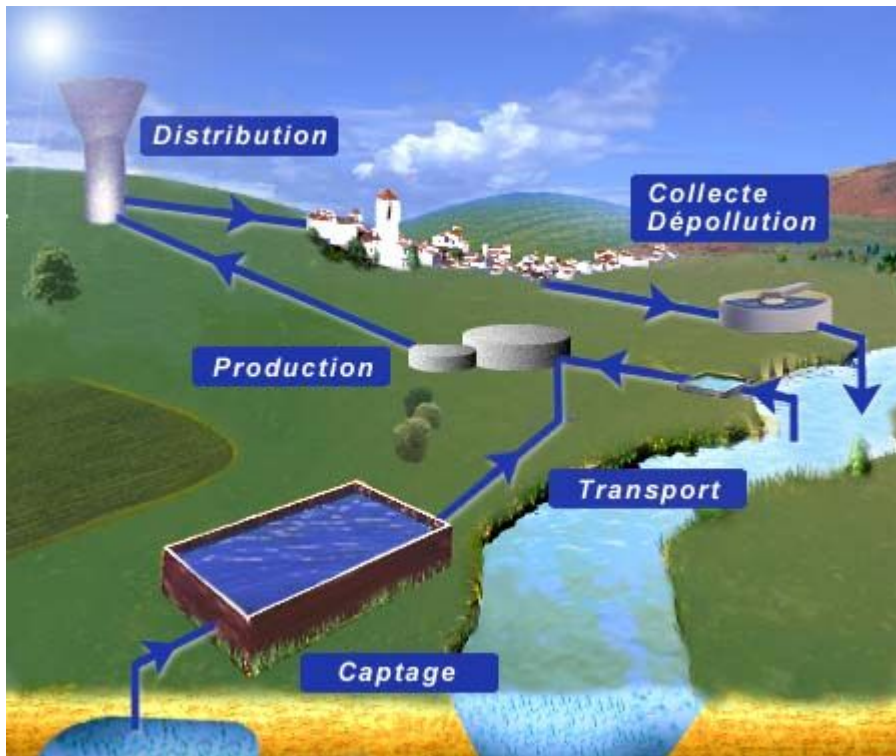
Dans la nature, l'eau n'est pas toujours source de vie, loin s'en faut. Elle véhicule en particulier nombre de micro-organismes, bactéries, virus et protistes en tout genre, qui y vivent et s'y développent, ainsi que nombre de parasites dont les hôtes ont besoin d'eau pour vivre ou se reproduire. Or de tels organismes peuvent engendrer des maladies parfois graves lorsqu'ils pénètrent dans le corps humain. L'eau est ainsi le vecteur de transmission privilégié de ces maladies que l'on dit hydriques.

Les micro-organismes abondent dans les eaux souillées par les déjections animales et humaines, et leur transmission à l'homme se fait par simple ingestion d'eau infectée. Ils se propagent donc rapidement dans les pays qui ne disposent pas de bonnes conditions d'hygiène.

Aujourd'hui, ces maladies hydriques sont à l'origine de la mortalité très élevée des populations des pays en voie de développement. Dans le monde, environ 6 millions d'enfants meurent chaque année des suites de gastro-entérites, 100 millions de personnes souffrent en permanence de gastro-entérites hydriques, 260 millions d'individus sont atteints de bilharziose, 2 à 3 millions de décès sont observés chaque année parmi les 700 et 800 millions de sujets impaludés et 30 millions d'onchocercose sont dénombrés. La raison principale de cette situation catastrophique est la pauvreté. Nombre de populations ne disposent pas d'eau potable, les aménagements indispensables aux traitements des eaux usées et à la fabrication d'eau potable étant trop coûteux, ni même des soins que ces affections nécessitent, les infrastructures médicales n'étant pas suffisantes.

L'eau brute destinée à la consommation humaine est prélevée dans un cours d'eau ou une nappe d'eaux souterraines. Elle est ensuite acheminée vers une usine de production d'eau potable où elle subit divers traitements physiques, chimiques et biologiques. Rendue potable, elle est distribuée aux consommateurs. Après usage, elle est recueillie pour être conduite vers les usines de dépollution des eaux usées, avant d'être enfin rendue à la nature.

Ce cycle subi par l'eau du fait de son usage par les sociétés humaines se décompose en cinq grandes étapes : le captage, le transport, la production d'eau potable, la distribution, puis la collecte et la dépollution des eaux usées.



Ce cycle de l'eau de consommation nécessite d'énormes infrastructures.

On citera notamment les captages, les dizaines de kilomètres de réseaux de distribution et des dizaines de réseaux d'eaux usées ainsi que des usines de dépollution.

Même les villes, dotées déjà de réseaux d'eaux usées et d'eau potable, sont contraintes d'entretenir ces réseaux d'une manière continue, au point d'être obligées de refaire les parties vétustes des réseaux.

À chaque étape de ce cycle, la qualité de l'eau est contrôlée par les traitiers d'eau et les pouvoirs publics : l'eau brute prélevée et celle effectivement fournie aux usagers après traitement doivent toutes deux être conformes aux normes en vigueur.

La fréquence des contrôles est réglementée par les pouvoirs publics de chaque pays.

En principe, ces contrôles sont d'autant plus fréquents que les volumes d'eau distribués sont grands.

Les épidémiologistes sont en mesure de retracer la propagation d'une maladie lorsqu'ils étudient ses flambées au moyen de l'heure, de l'emplacement et de la population. En reportant sur une carte l'emplacement d'une population ou d'un sous-groupe et en examinant la présence d'une morbidité dans la population au fil du temps, il est possible d'identifier la source d'une maladie et la manière dont elle se

propage. L'identification de ces éléments peut aider les autorités nationales dans le cadre du système de santé à créer un plan de lutte contre la propagation de la maladie.

Nous devons alors inclure dans notre système toute information qui peut intervenir dans la détermination de la cause directe ou indirecte de la maladie et de sa propagation.

B. Principales Causes :

B.1 Contamination :

La contamination de l'**eau potable** porte particulièrement sur les maladies suivantes :

- **Fièvre typhoïde**
- **Hépatite virale**
- **Choléra**
- **Dysenteries**

Elle est due essentiellement à :

B.1.1 L'infiltration des eaux usées (cross-connexion) :

C'est l'infiltration des eaux usées au niveau des conduites de l'eau potable et la contamination des nappes d'eau souterraines ainsi que l'irrigation des cultures maraîchères par les eaux usées.

B.1.2 Les inondations :

L'impact des inondations sur la transmission des maladies transmissibles est réel. Il existe incontestablement un risque accru de maladies à transmission hydrique ou vectorielle. La contamination porte sur la nappe des eaux, sur les réseaux vétustes et sur les puits publics ou privés.

B.2 La pauvreté :

Comme il existe une relation entre l'hygiène et le niveau de vie, nous pensons qu'il serait intéressant d'inclure le niveau de pauvreté du quartier dans notre système afin de pouvoir confirmer ce lien ou l'infirmier.

La pauvreté étant difficile à quantifier, nous sommes obligés de découper la ville en un ensemble de classes de pauvreté.

C. Déclarations des « Maladies à déclaration obligatoire »

Parmi les pathologies avec une possible transmission par l'eau de consommation, la surveillance épidémiologique repose sur la déclaration obligatoire (DO) pour les pathologies et événements suivants : **Fièvre typhoïde, Hépatite virale, Choléra et Dysenteries.**

Chaque structure médicale (Centre Hospitalo-Universitaire, Centre de santé ou cabinet médical privé) est tenue de communiquer le nombre de cas diagnostiqués ainsi que des informations médicales (signes cliniques, examens complémentaires) et d'état civil (sexe, âge) et adresse pour chaque patient atteint d'une des maladies surveillées.

Cela permet d'étudier les tendances spatiales et, éventuellement temporelles, de ces maladies.

Cependant, plus les adresses sont précises, plus cela permet de détecter des cas groupés ou des épidémies localisées.

D. Données utilisées :

Réseaux d'eau potable et eaux usées et Sources d'eau :

La quantité et la qualité des approvisionnements en eau ont un impact direct sur la santé des populations. La première application de cartographie sanitaire connue concernait les ressources hydriques, lorsque Johan Snow a établi la cartographie des cas de choléra durant une flambée à

Londres en 1854 et les a associés à une source d'eau spécifique.

Cartographier l'emplacement des sources d'eau et les saisons d'inondation liées à ces emplacements facilite la lutte contre des maladies à transmission hydrique.

Inondations :

L'impact des inondations sur la santé publique est énorme estime l'Organisation mondiale de la santé (OMS). Les consultations médicales après des inondations révèlent, selon l'OMS, que la plupart des personnes touchées souffrent des maladies de la peau ainsi que des maladies diarrhéiques et respiratoires aiguës. Les inondations peuvent, en effet, contaminer les puits quand il y a absence de périmètre de protection, ou être à l'origine des infiltrations des eaux usées de canalisations d'eau potable.

Pauvreté :

Comme le niveau de vie et qualité d'hygiène sont souvent liés, nous incluons dans notre système la cartographie de la pauvreté au niveau de la ville.

Pour réaliser les objectifs, il faudra identifier les populations cibles et leurs emplacements géographiques d'une manière détaillée. La cartographie de la pauvreté implique une enquête dans les ménages et un recensement démographique comme sources de données.

Les cartes de la pauvreté permettent de comparer facilement les indicateurs de pauvreté et de bien-être avec les données d'autres évaluations. De même, en montrant la distribution spatiale de la pauvreté, les cartes fournissent des bases factuelles pour le ciblage des projets d'intervention ou de développement. L'information cartographiée concernant les niveaux de pauvreté et sa distribution facilite la communication des résultats, ce qui aide grandement à la mise en oeuvre des projets de développement. Ces cartes de la pauvreté peuvent aussi être porteuses de la promesse de produire des données utiles concernant la pauvreté et l'inégalité au niveau local, des informations ayant des applications potentielles à la fois dans le domaine politique et de la recherche.

Pour notre cas, elle peut nous indiquer s'il y a relation entre pauvreté et existence de MTH.

Nous classifions les zones (secteurs) de la ville en cinq (05) taux de pauvreté:

1. Moins de 10%
2. Entre 10% à moins de 20%
3. Entre 20% à moins de 30%
4. Entre 30% à moins de 40%
5. Entre 40% et plus

Structures de santé :

Toutes les structures de santé situées ou concernées par la partie de la ville prise comme exemple sont utilisées.

Nous en citerons le Centre Hospitalo-Universitaire, les Centres de santé publics et les cabinets privés.

Temps :

Le regroupement inhabituel dans une période donnée de maladies ou de symptômes, au sein d'une population précise, nous permet de pousser les investigations pour confirmer ou non le rôle du paramètre temps.

Cela pourrait, pour le cas des MTH, être du aux températures élevées de l'été.

E. Représentation des données dans le SIG

Nous utilisons une partie du centre ville de Sidi Bel-Abbes. La cartographie de la ville de Sidi Bel-Abbes a été réalisée et calibrée en utilisant Google Earth.

Cela représente la première couche du système SIG.



Nous procédons ensuite à l'introduction des réseaux d'eau potable, des sources d'eau et des eaux usées.

Ensuite, nous introduisons l'ensemble des structures médicales d'où les déclarations des cas de malades atteints de MTH peuvent provenir. Nous prenons pour cela :

- Le Centre Hospitalo-Universitaire (C.H.U),
- Les centres de santé
- La Direction de Wilaya de la santé (D.D.S)
- Les cabinets médicaux privés.

Pour la partie saisie des données, il est impératif de préciser pour chaque cas déclaré, son adresse exacte.

Notons que nous avons constaté que très souvent, l'adresse du malade n'est pas mentionnée. On ne trouve que la commune de résidence. Ce manque de précision de l'adresse exacte ne permet pas d'exploiter la position géographique à l'intérieur d'une commune pour analyser l'épidémie.

L'unité géographique pour notre cas doit être au maximum un quartier (Ilot de préférence).

Base des données :

Quartier

La ville est découpée en quartiers. Un quartier étant l'élément élémentaire, chaque analyse se fait par quartier ou par ensemble de quartiers. Ce découpage permet d'éviter l'utilisation difficile des adresses, rues et numéros de rue. Un quartier étant évidemment de type zone ou polygone.

Désignation

Secteur administratif:

La ville est découpée en secteurs administratifs. Cela suppose qu'il existe à la tête de chaque secteur, une structure administrative.

Chaque secteur est composé de un ou plusieurs Quartiers et un quartier ne peut être à cheval entre deux secteurs administratifs.

Le découpage par secteurs administratifs permet d'évaluer chaque structure administrative.

Un Secteur administratif étant évidemment de type zone ou polygone.

Désignation

Réseau eau potable

Le réseau de l'eau potable est essentiel dans la recherche de la cause d'une maladie à transmission hydrique. En cas d'infiltration dans le réseau, le S.I.G nous permet de délimiter la zone de recherche de cette infiltration.

Réseau eaux usées

Le réseau des eaux usées est essentiel dans la recherche de la cause d'une maladie à transmission hydrique. En cas d'infiltration dans le réseau de l'eau potable, le S.I.G nous permet de délimiter la zone de recherche de la fuite du réseau des eaux usées.

Zone inondable

La connaissance des zones inondables est utile dans la détermination des causes d'une maladie à transmission hydrique. Une inondation peut affecter des sources d'eau (puits publics ou privés par exemple).

Désignation

Cabinet Médical

Dr

Adresse

Centre de santé ou CHU ou DDS

Désignation

Adresse

Malade

Nom

Prénom

Age

Adresse

Maladie

Date de déclaration

Pauvreté

Classe de pauvreté

Insuffisances constatées et recommandations :

Adresse :

Nous avons, lors de notre étude constaté deux insuffisances majeures qui empêchent l'efficacité dans le suivi de l'épidémiologie d'une ville :

Le manque de précision dans l'expression de l'adresse du malade. Dans la majorité des cas, il n'y a que la commune de résidence qui est mentionnée. Cela a pour conséquence directe de ne pouvoir exploiter les liens géographiques entre toutes les données épidémiologiques.

La déclaration doit se faire au moins par quartier.

Fréquence et moyens de transmission des déclarations :

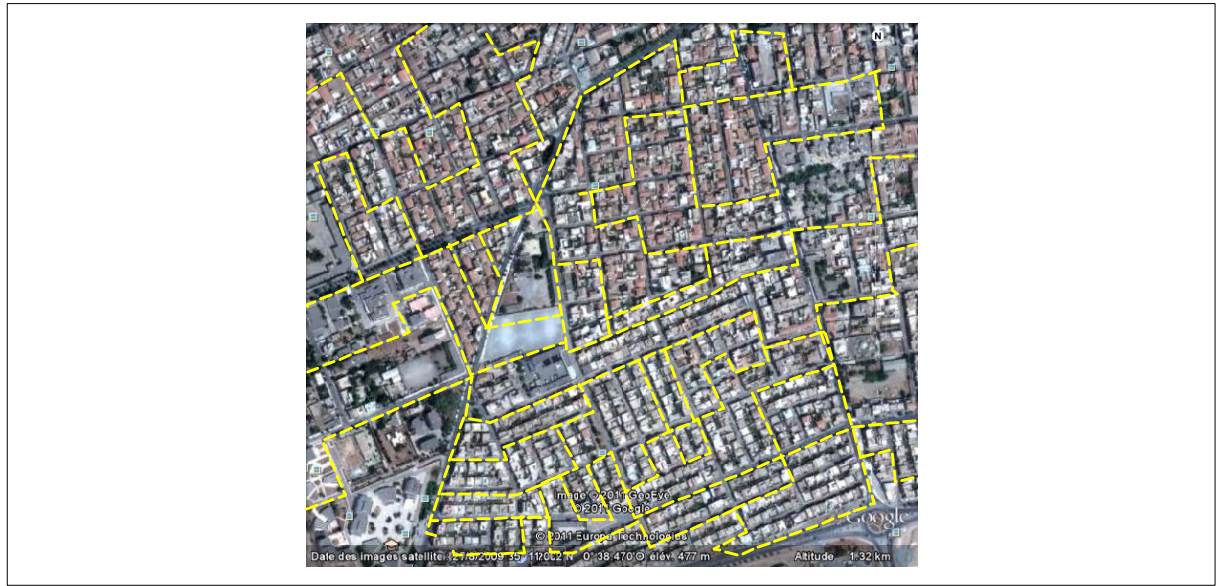
L'analyse ou la surveillance de l'état sanitaire d'une agglomération doit se faire à une fréquence assez importante pour pouvoir détecter, alerter et intervenir le plus tôt possible après le début de l'épidémie.

A l'ère des nouvelles technologies de l'information, il serait judicieux que toutes les structures sanitaires puissent envoyer leurs déclarations en temps réel.

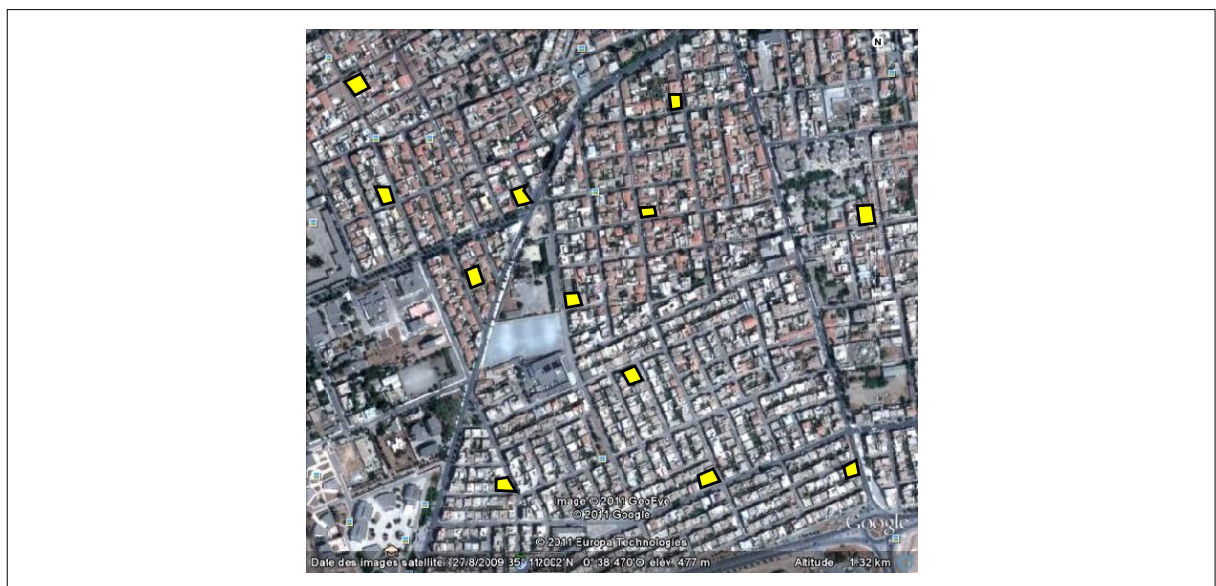
Nous pensons aux fax, internet (au moins par email) ou par SMS.

Cette rapidité, permet d'avoir à jour, les données utilisées par le S.I.G.

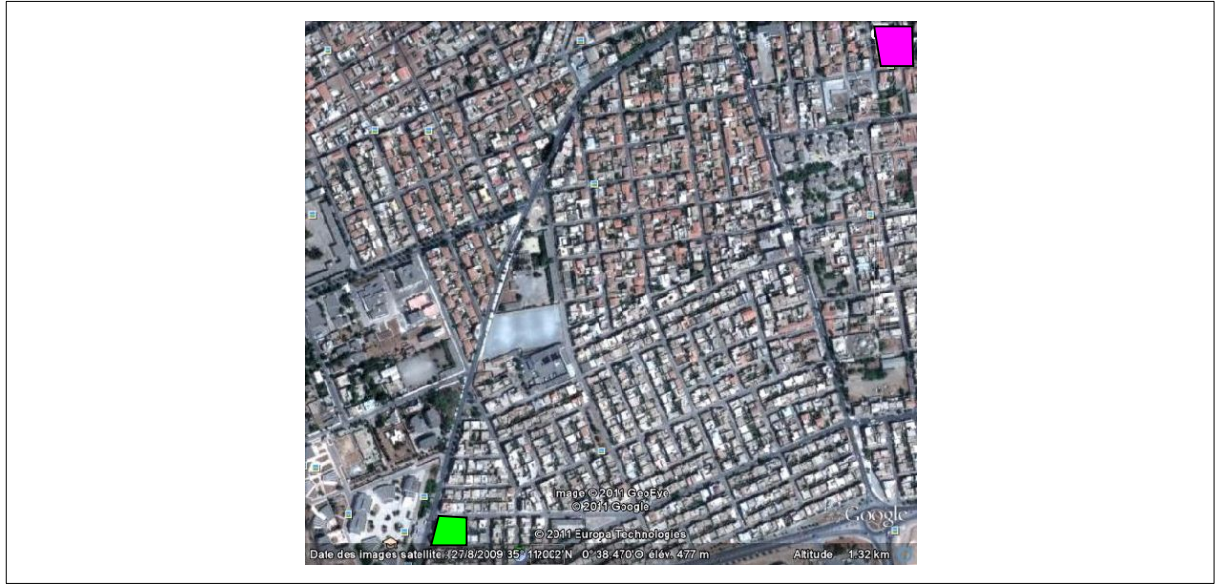
RESEAU Assainissement Eau Potable



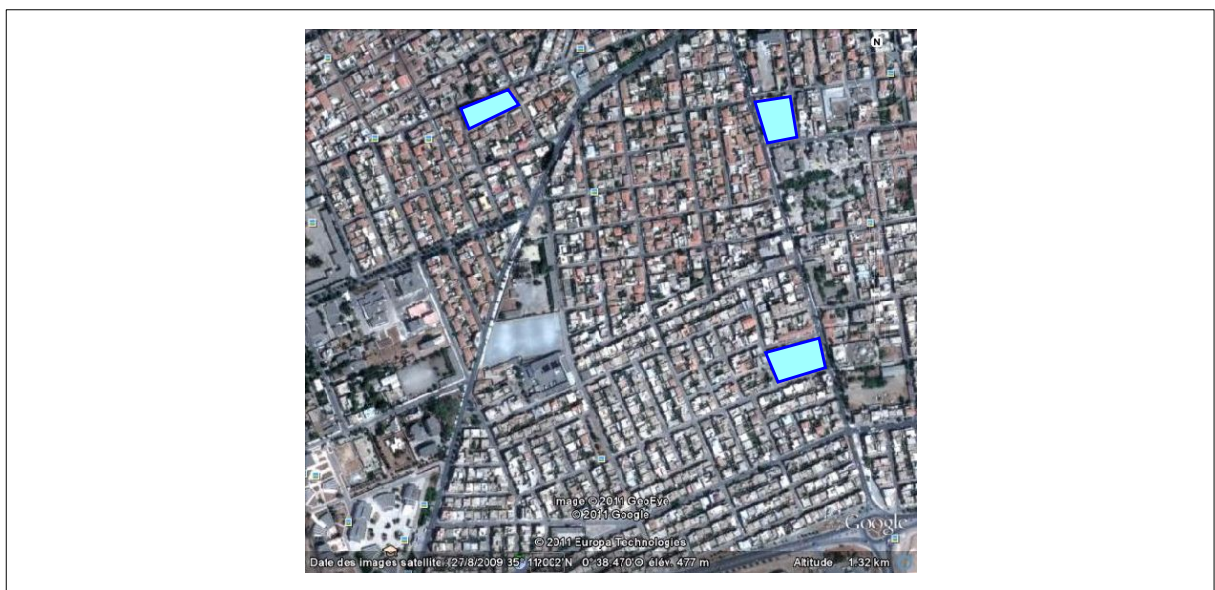
Cabinets médicaux



Château d'eau



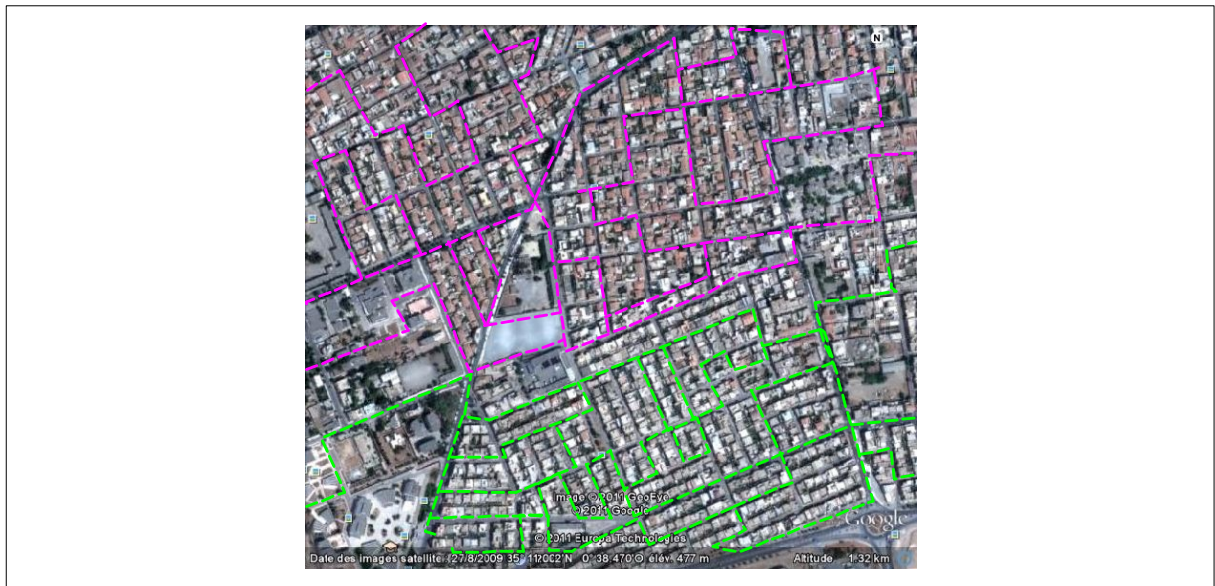
Centres de santé



Ilots



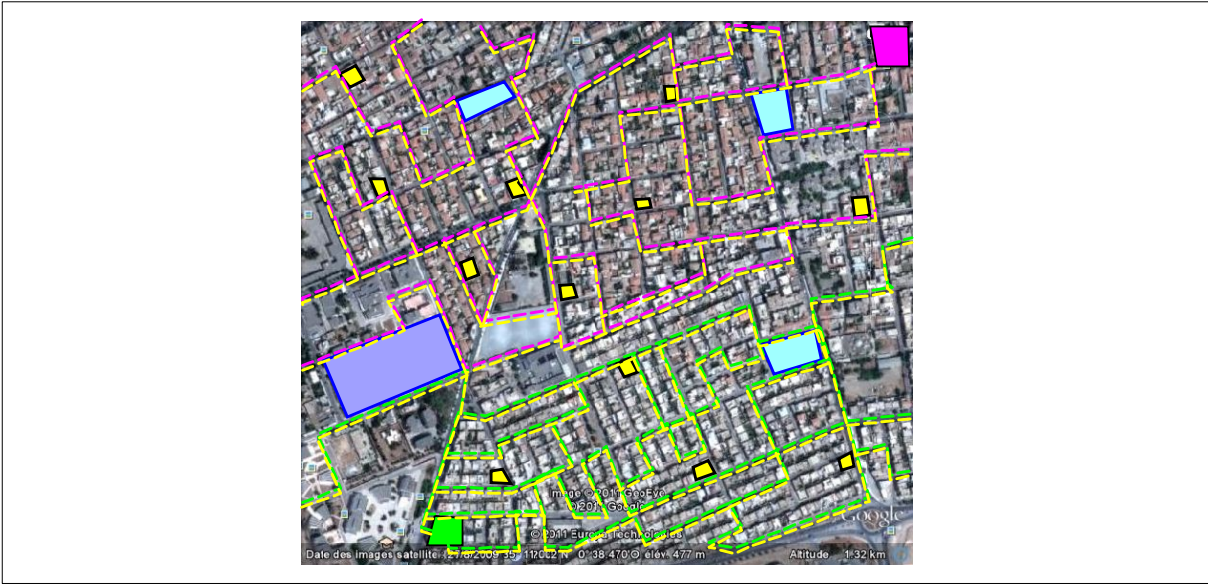
Réseau Eau potable



Centre Hospitalo-Universitaire



Carte complète :



F. Saisie des données :

A partir du moment où l'on a défini les informations nécessaires à notre système, il reste à régler la question du choix du mode d'acquisition des données : si les données existent déjà, les importer ou dans le cas contraire, les saisir.

L'acquisition des données est la phase la plus coûteuse dans la mise en place d'un projet SIG. Il y a donc tout intérêt à bien définir ses besoins et à comparer l'ensemble des données disponibles.

L'objectif principal étant la mise en place d'un système de détection rapide d'épidémies qui permet d'intervenir le plus rapidement possible, il est indispensable d'améliorer les fonctions habituelles suivantes :

Déclaration rapide :

Trois solutions sont envisageables :

1. Saisie à distance :

Pour cette solution, chaque structure sanitaire doit être équipée d'un ordinateur et d'une liaison internet (ADSL ou GSM-GPRS).

- **Avantages:**

Les données au niveau du SIG sont à jour en temps réel.

Gain de temps de travail de saisie des données au niveau du SIG

Disponibilité de l'internet même dans les endroits reculés

- **Inconvénient :**

L'investissement en terme d'achat d'ordinateur et d'abonnement à internet.

2. Envoi par fax :

Pour cette solution, cela suppose que chaque structure doit communiquer ses données au gestionnaire du SIG sur papier (fax ou courrier).

- **Avantage :**

Investissement presque nul

- **Inconvénients :**

Données n'existent pas en temps réel dans le SIG

Risques d'omission ou d'erreur lors de la saisie

3. Envoi par SMS :

Pour cette solution, cela suppose que le message à envoyer doit être structuré de la même manière, comme par exemple (Nom, Prénom, Age, Adresse, Commune et Maladie), séparés par un caractère spécial.

- **Avantages:**

Tout le monde dispose actuellement d'un téléphone mobile

Coût d'un SMS pas cher

Données au niveau du SIG en temps réel

Gain de temps de travail de saisie des données au niveau du SIG

- **Inconvénients :**

Syntaxe du message assez contraignante

Investissement supplémentaire au niveau du SIG (Modem GSM et Logiciel de capture des SMS)

Analyse thématique des données :

Une base de données peut être analysée graphiquement par la mise en place de légendes, de deux types :

1. la légende non attributaire : aucune relation n'est entretenue avec la table associée
2. les légendes thématiques qui ont un lien dynamique avec la table. L'avantage majeur tient dans le fait qu'une mise à jour de la table entraîne une mise à jour automatique de la carte.

Ce qui permet de voir par exemple dans notre cas, une couleur d'une zone de la carte très claire à très foncée, et ce en fonction de la faible ou forte concentration des MTH dans cette zone de la ville.

G. L'interrogation de la base

On peut interroger le SIG de 2 façons :

1. Sélections attributaires :

Les questions adressées reposent sur la construction d'une phrase logique ou requêtes SQL (Structural Query Language) qui sélectionne tous les objets graphiques répondant aux critères définis dans cette expression. Le résultat est visualisable graphiquement et dans la table associée.

Ex. : recenser les communes dont la population dépassait 2000 h en 1995.

Il est possible de faire des requêtes plus complexes (multi-critère) avec les opérateurs logiques comme ET/OU.

2. Sélections spatiales

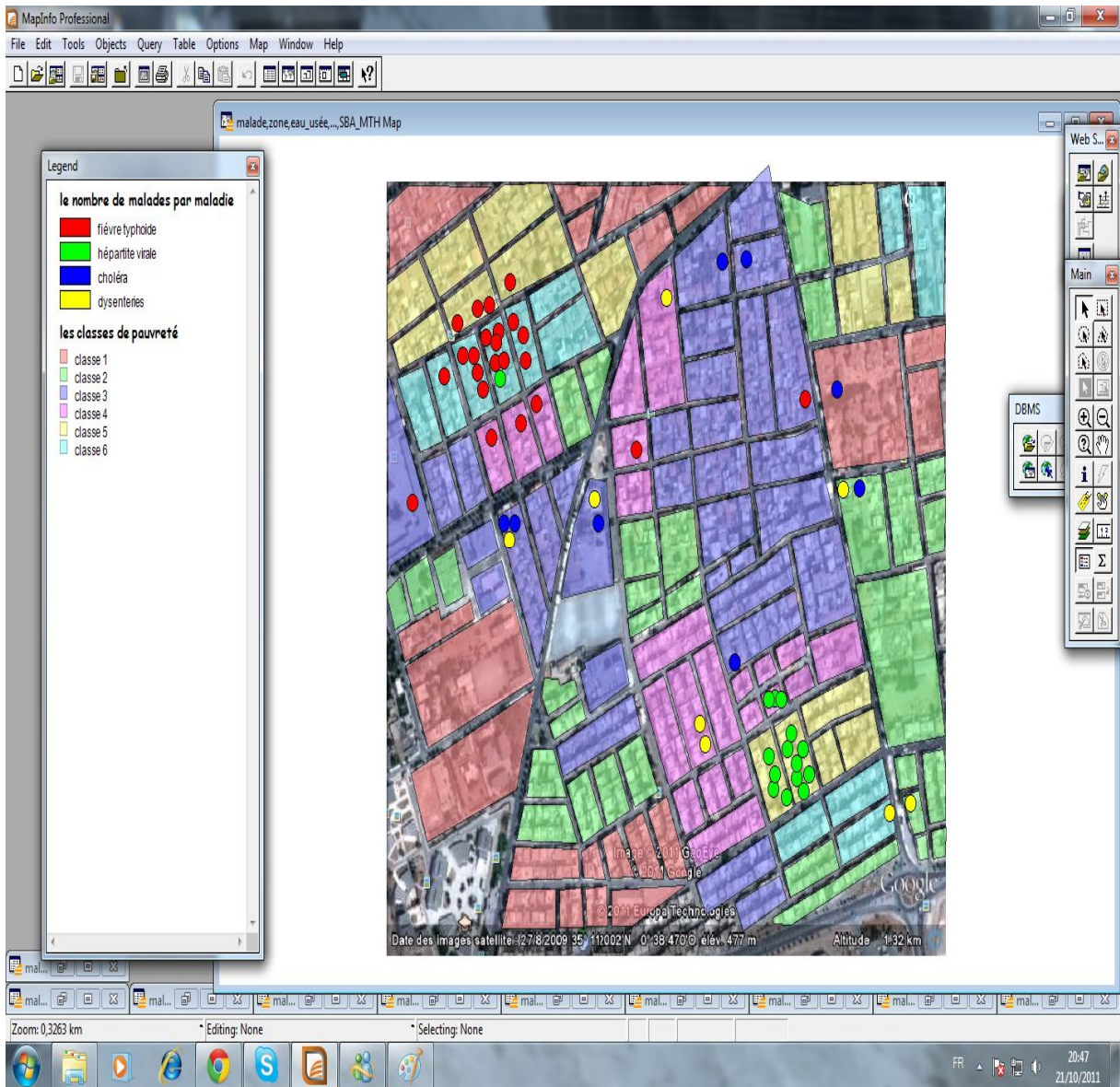
On construit des requêtes topologiques répondant à des critères spatiaux. Ces questions se font par un opérateur spatial qui s'appuie sur des notions de proximité ("distant de", "inclus dans", "contient").

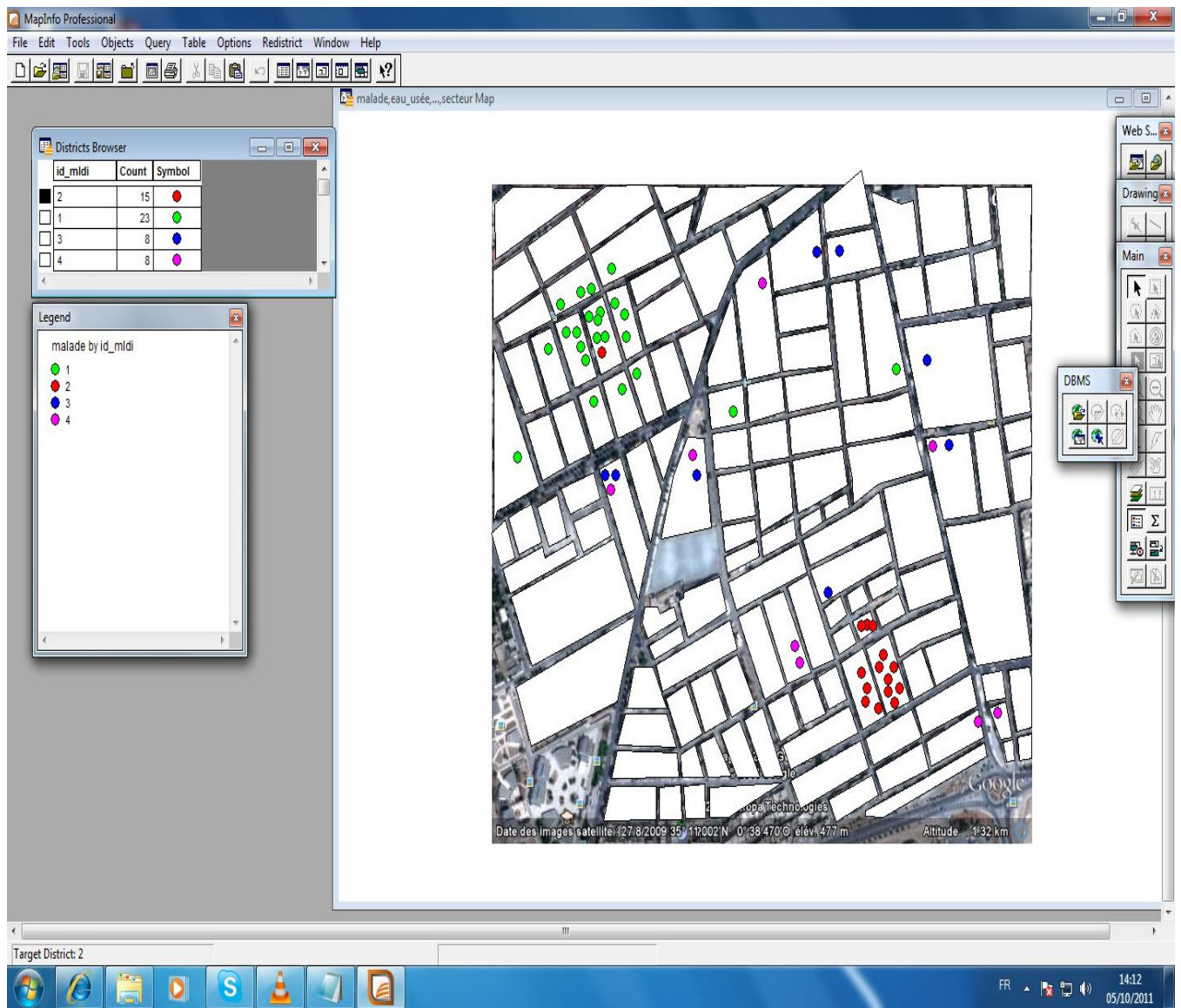
Il est possible de faire des requêtes sur une ou plusieurs couches. Ex. : recenser les ilots qui sont traversés par le réseau des eaux usées et dont le nombre de cas déclarés de MTH est supérieur à 20 et dont la commune est traversée par Oued Mekerra.

Dans le cas de notre étude, nous avons utilisé les requêtes suivantes qui permettent d'avoir des informations en fonction de nombreux paramètres, comme par exemple :

- **Nombre de malades par maladie :**

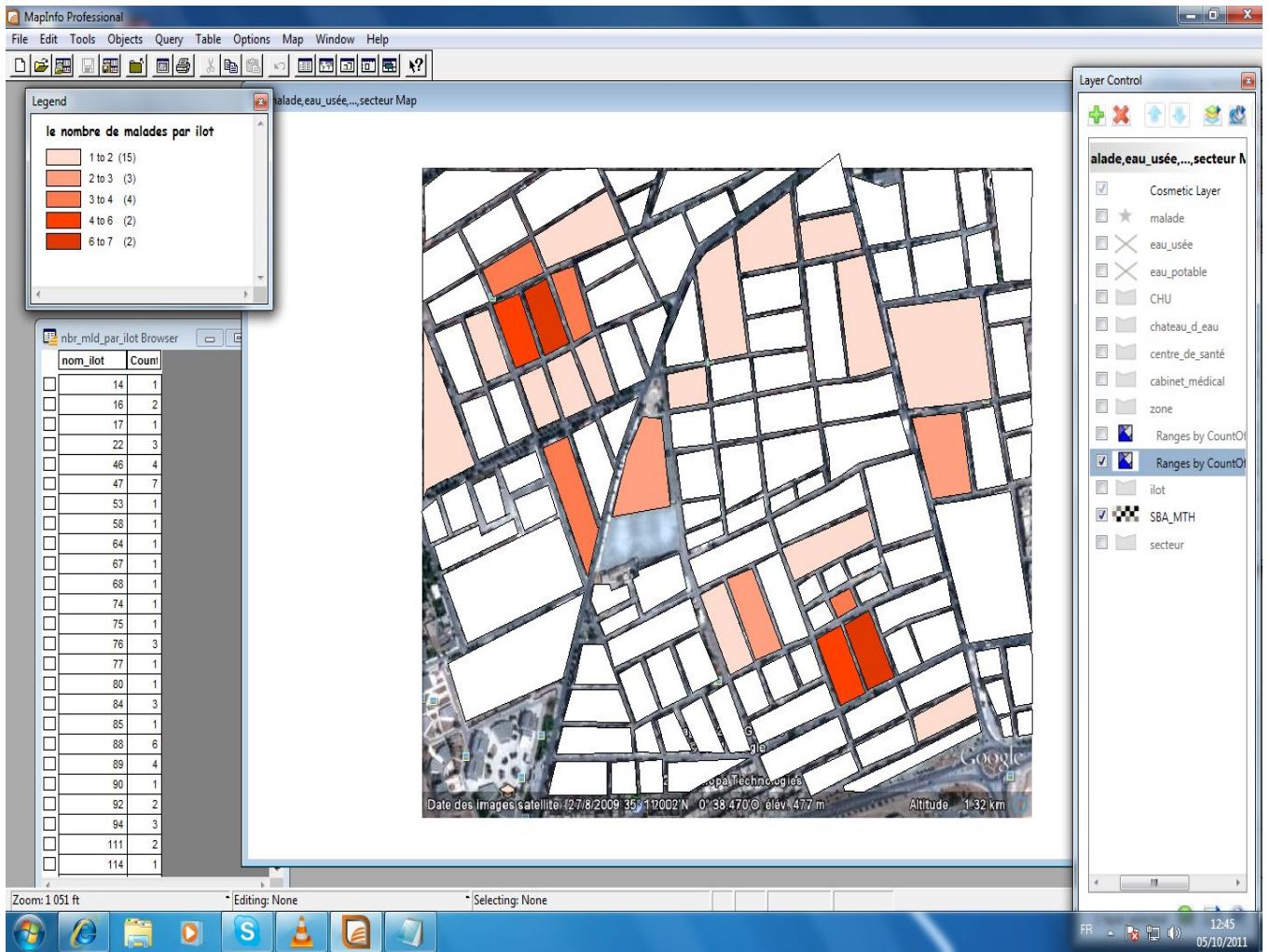
Cette information peut nous classer les maladies de la plus fréquente à la moins fréquente.

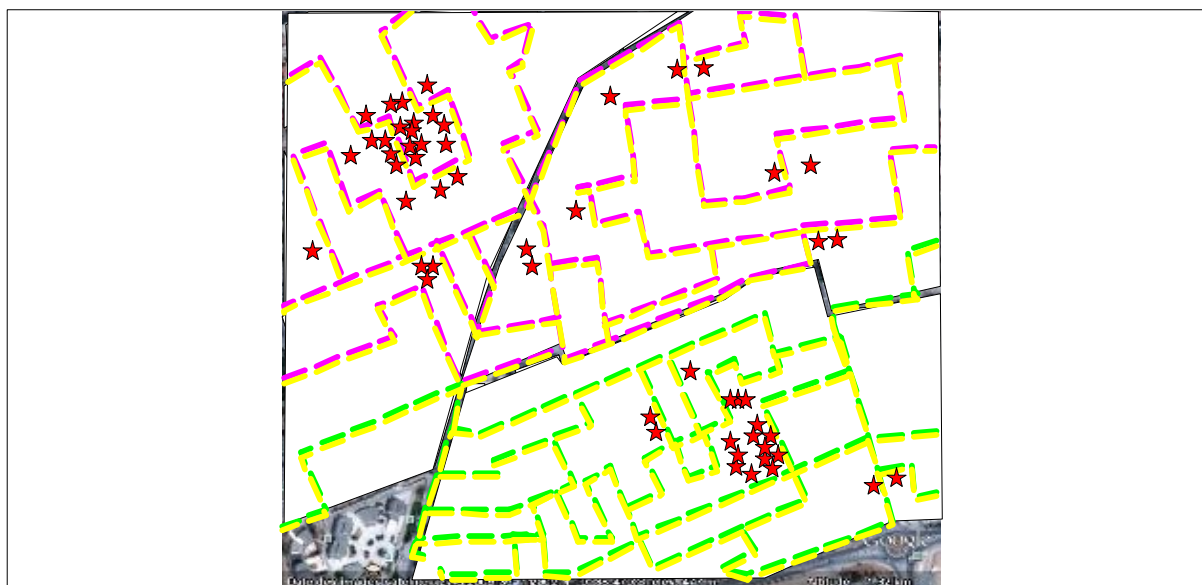
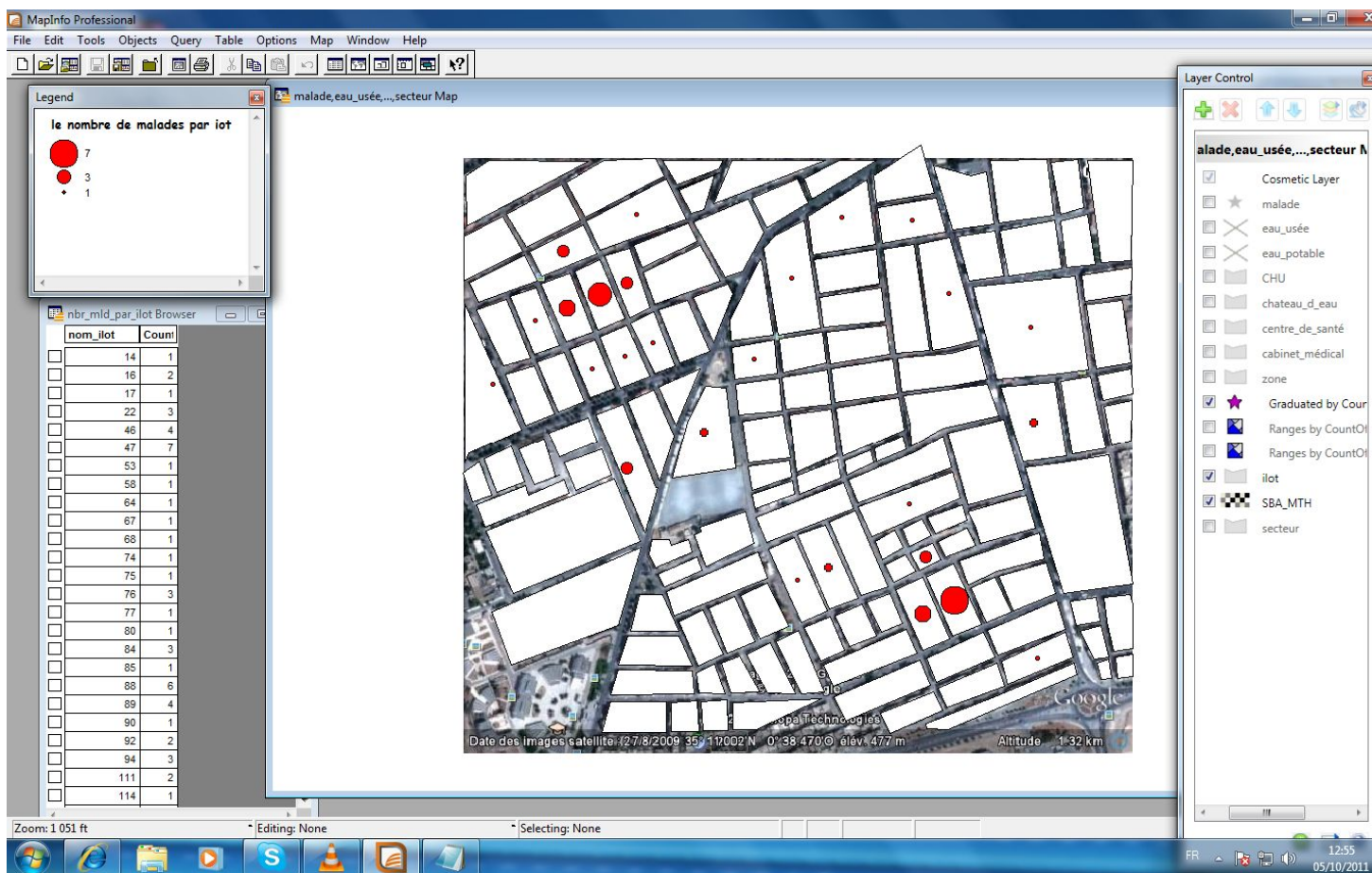




- **Nombre de malades par maladie et par ilot :**

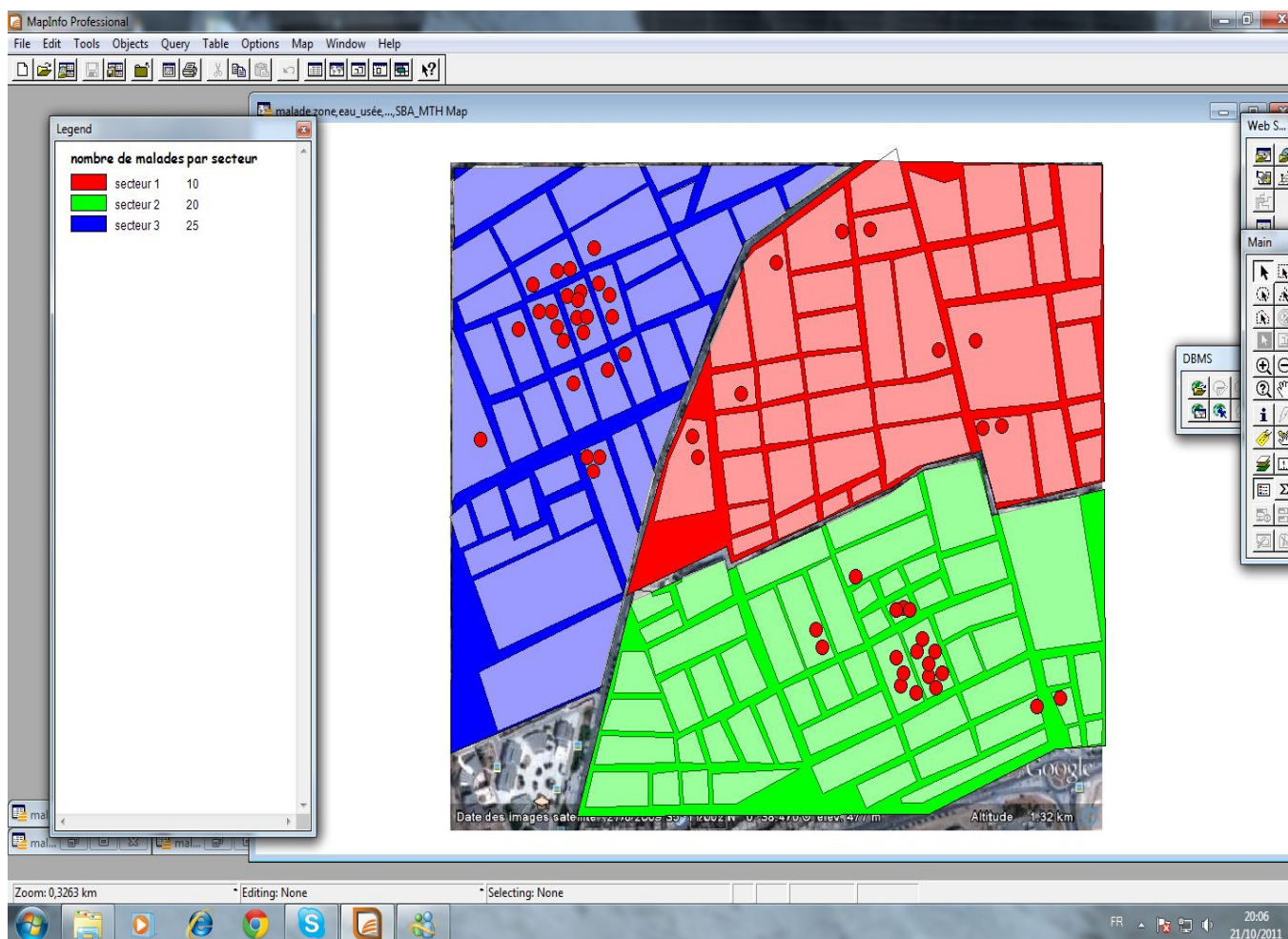
Cette information nous permet de déterminer, pour une maladie donnée, les ilots de la ville les plus touchés





- **Nombre de malades par maladie et par secteur :**

Cette information nous permet de déterminer, pour une maladie donnée, les secteurs de la ville les plus touchés.



MapInfo Professional

File Edit Tools Objects Query Table Options Redistrict Window Help

Map

Districts Browser

sec_admin	Fill	Sum(CountOfmalade)	Pct(CountOfmalade)
secteur 2	Red	10	18,5185
secteur 3	Green	19	35,1852
secteur 1	Blue	25	46,2963
*****		0	0

Legend

ilot by sec_admin

- secteur 1 (Blue)
- secteur 2 (Red)
- secteur 3 (Green)

Layer Control

alade.eau_usée....secteur Ma

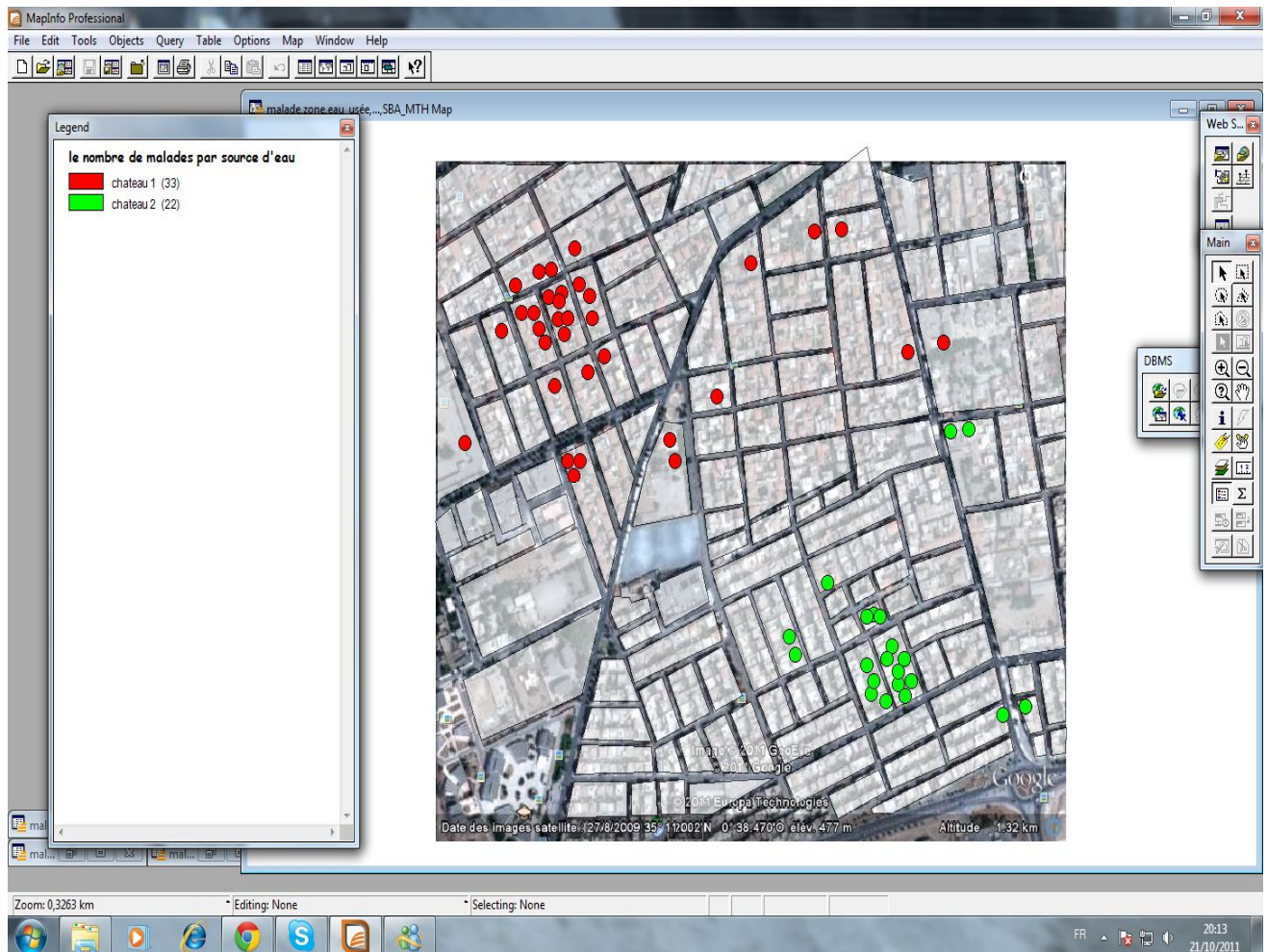
Target District: secteur 2

Date des Images satellite: 12/7/8/2009 35° 11'2002" N 0° 38'470" O elev: 477 m Altitude: 1.32 km

FR 13:01 05/10/2011

- **Nombre de malades par château d'eau**

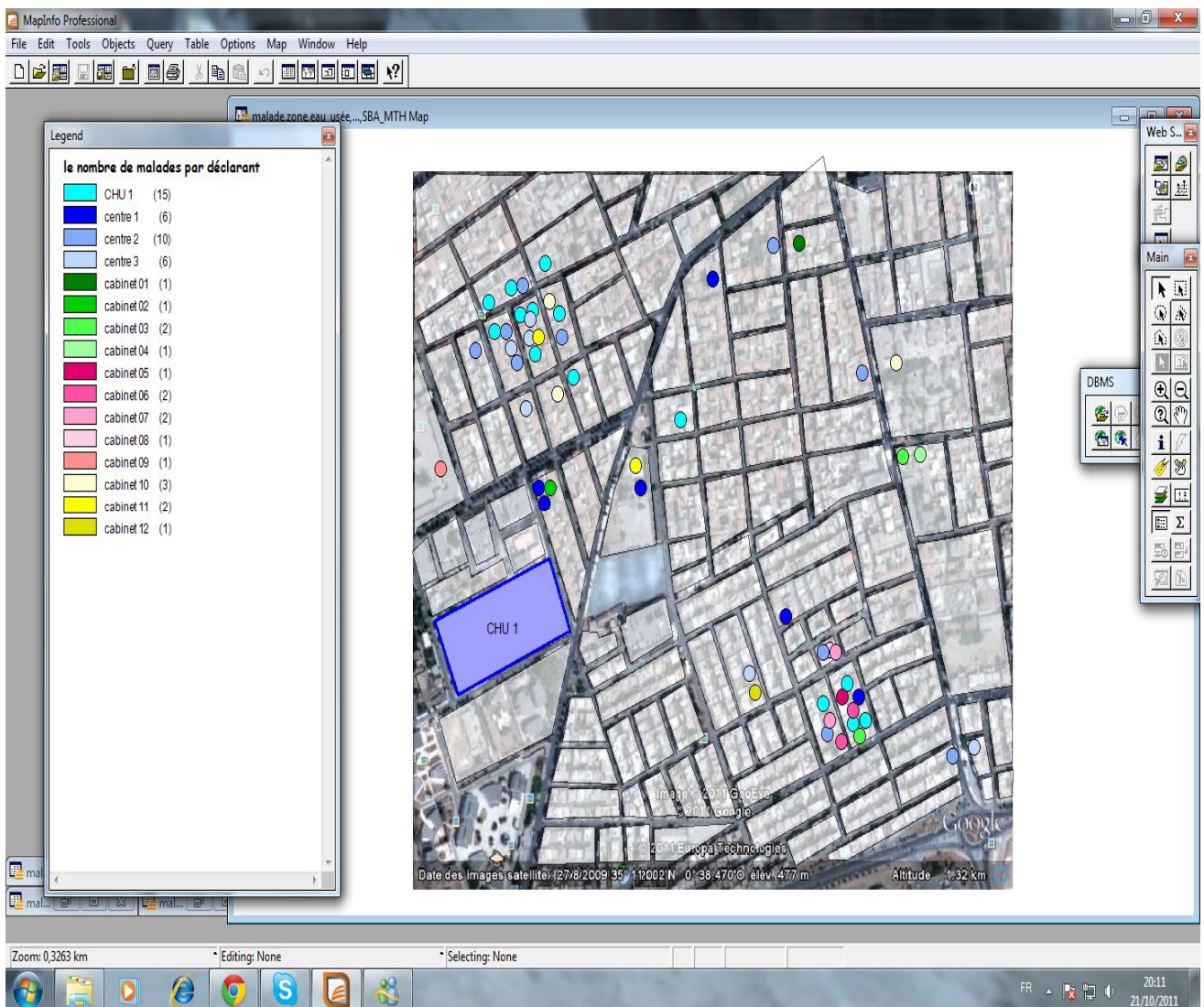
Cette information nous permet de déterminer, pour une maladie donnée, le château d'eau qui alimente la partie de la ville la plus touchée.



- **Nombre de malades par maladie et par structure de santé (chu, centre de santé, cabinet)**

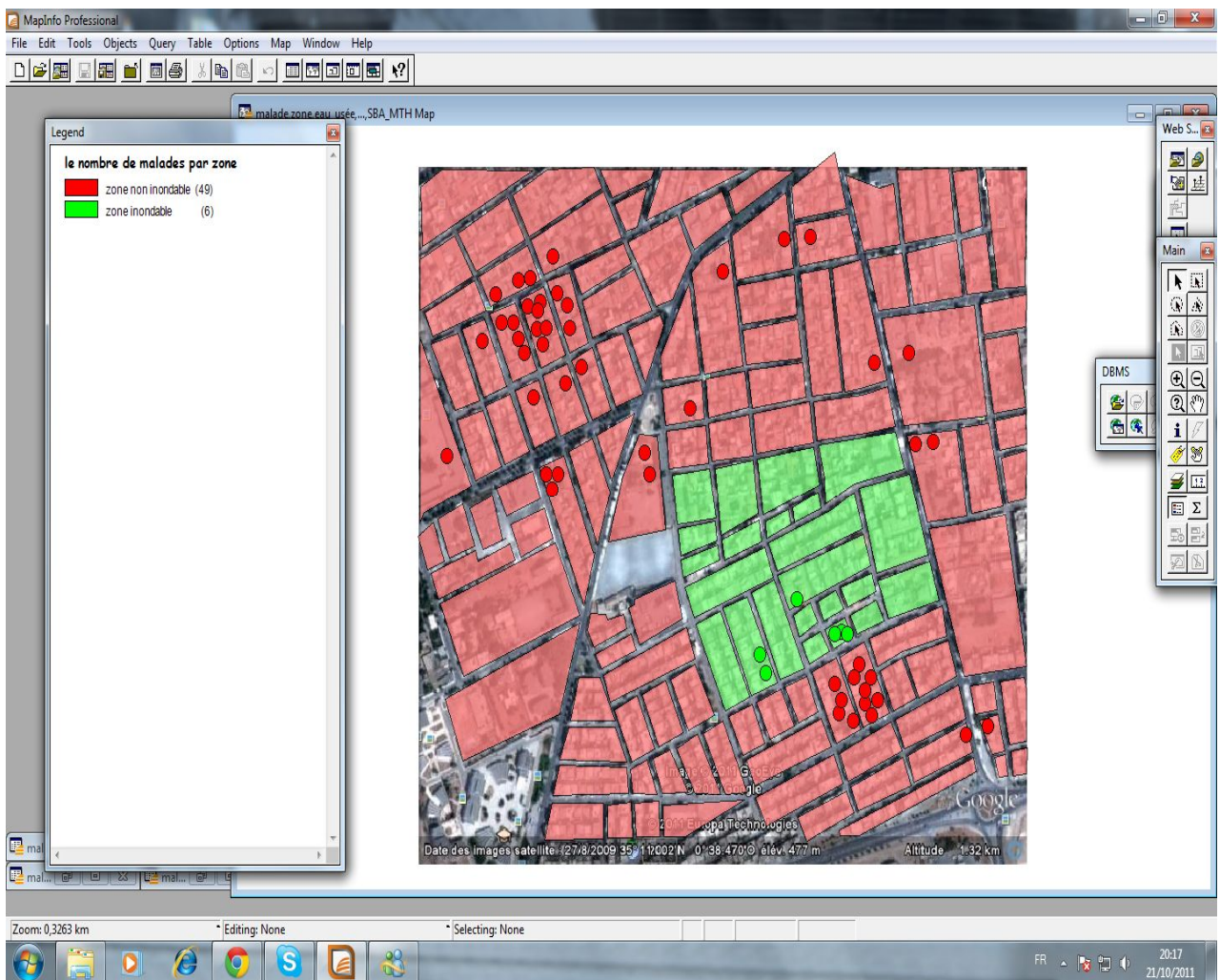
Cette information nous permet de déterminer, pour une maladie donnée, les structures de santé qui déclarent le plus de malades.

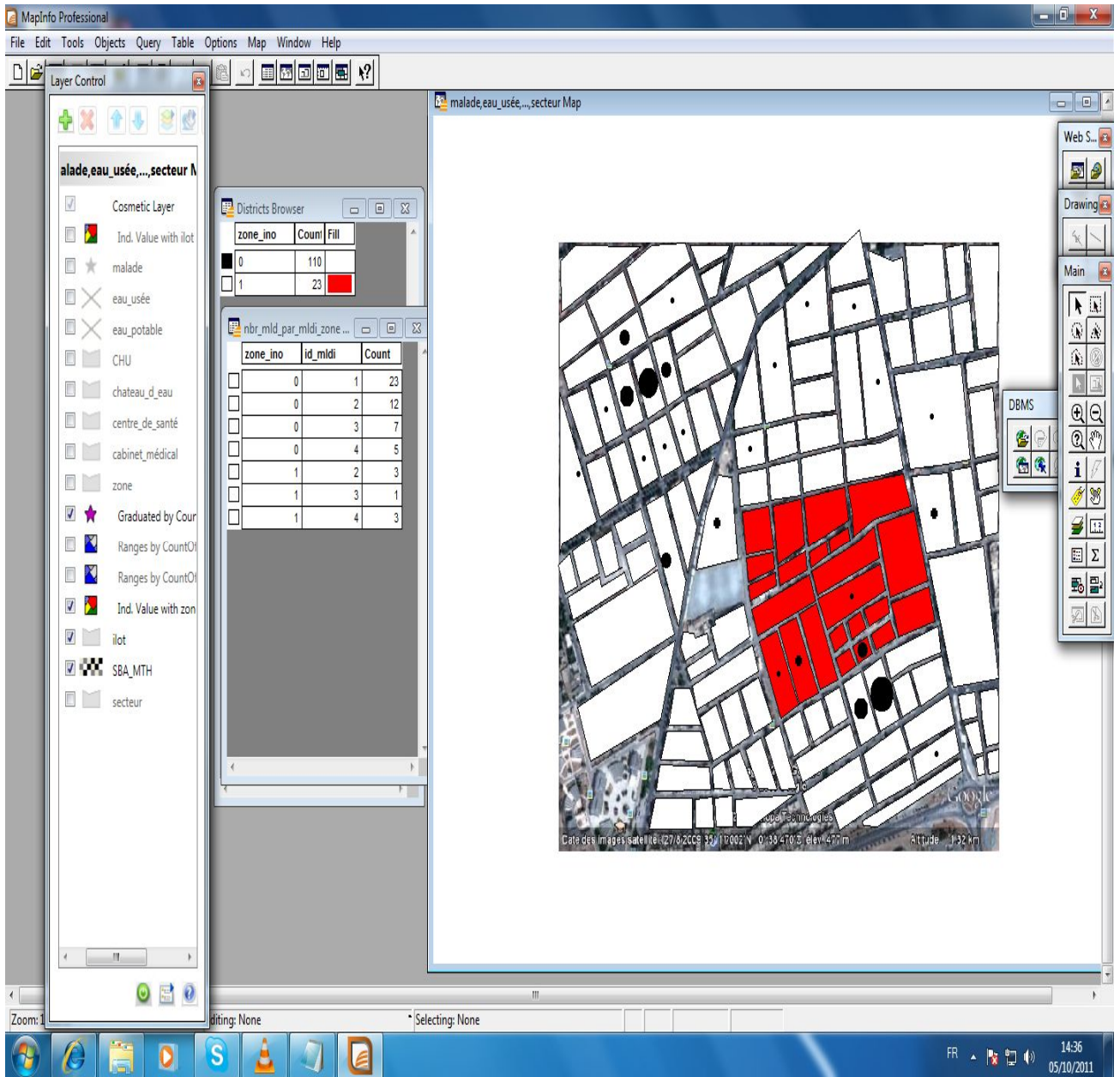
Cela peut nous indiquer par exemple, si des structures sont plus chargées que d'autres en termes de nombre de malades MHT, et si les malades s'orientent vers les structures les plus proches.



- **Nombre de malades pour zone inondable**

Cette information nous permet de déterminer, pour une maladie donnée, s'il y a une forte concentration de malades dans la partie inondable de la ville. Les inondations peuvent alors être considérées comme très probablement à l'origine de l'épidémie.





Nombre de malades par ilot par zone inondable.

- **Nombre de malades par maladie pour zone non inondable**

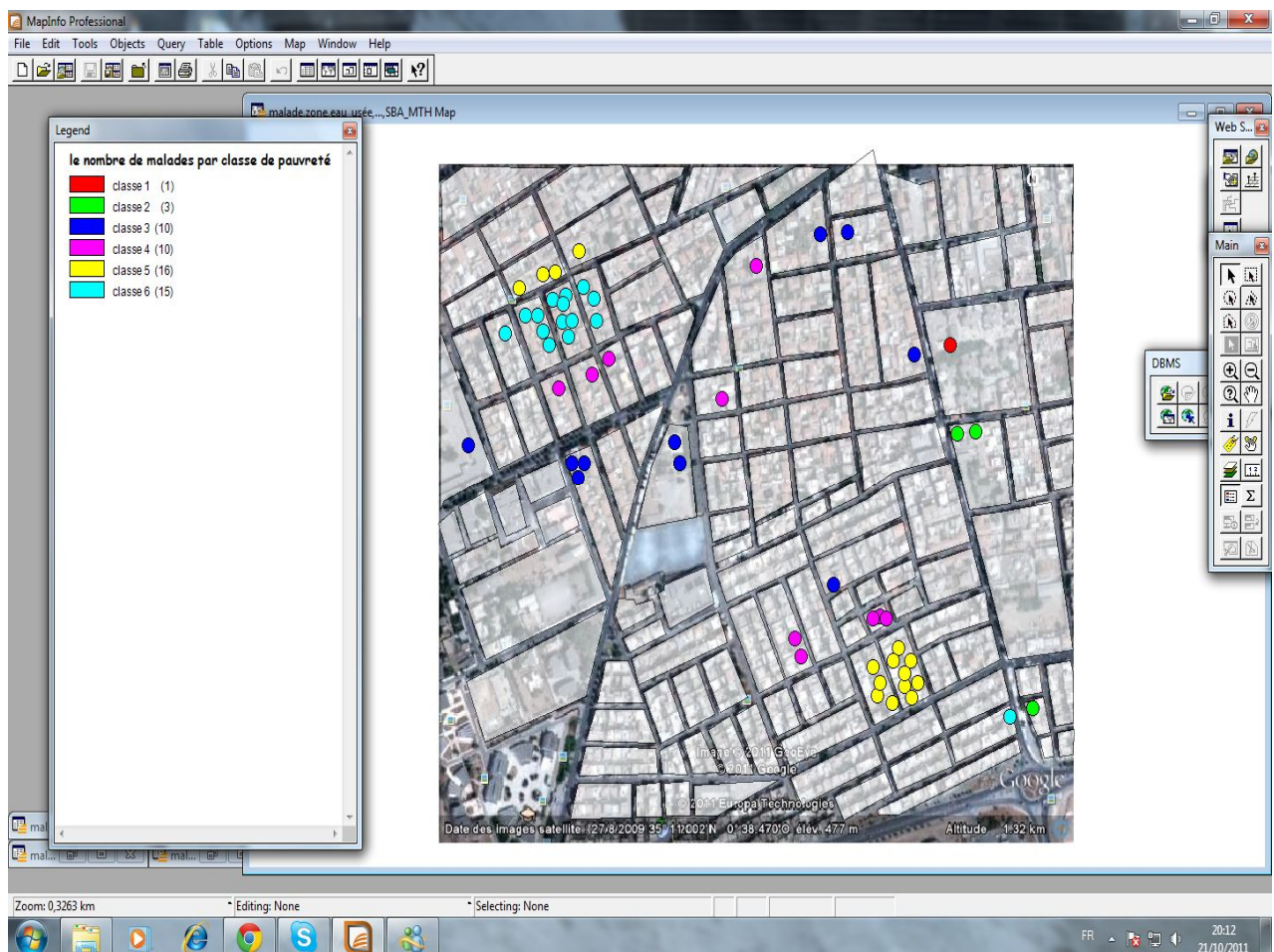
Cette information nous permet de déterminer, pour une maladie donnée, s'il n'y a pas ou peu de malades dans la partie non inondable de la ville.

Nous prévoyons aussi les mêmes requêtes, mais pour toutes maladies MTH confondues.

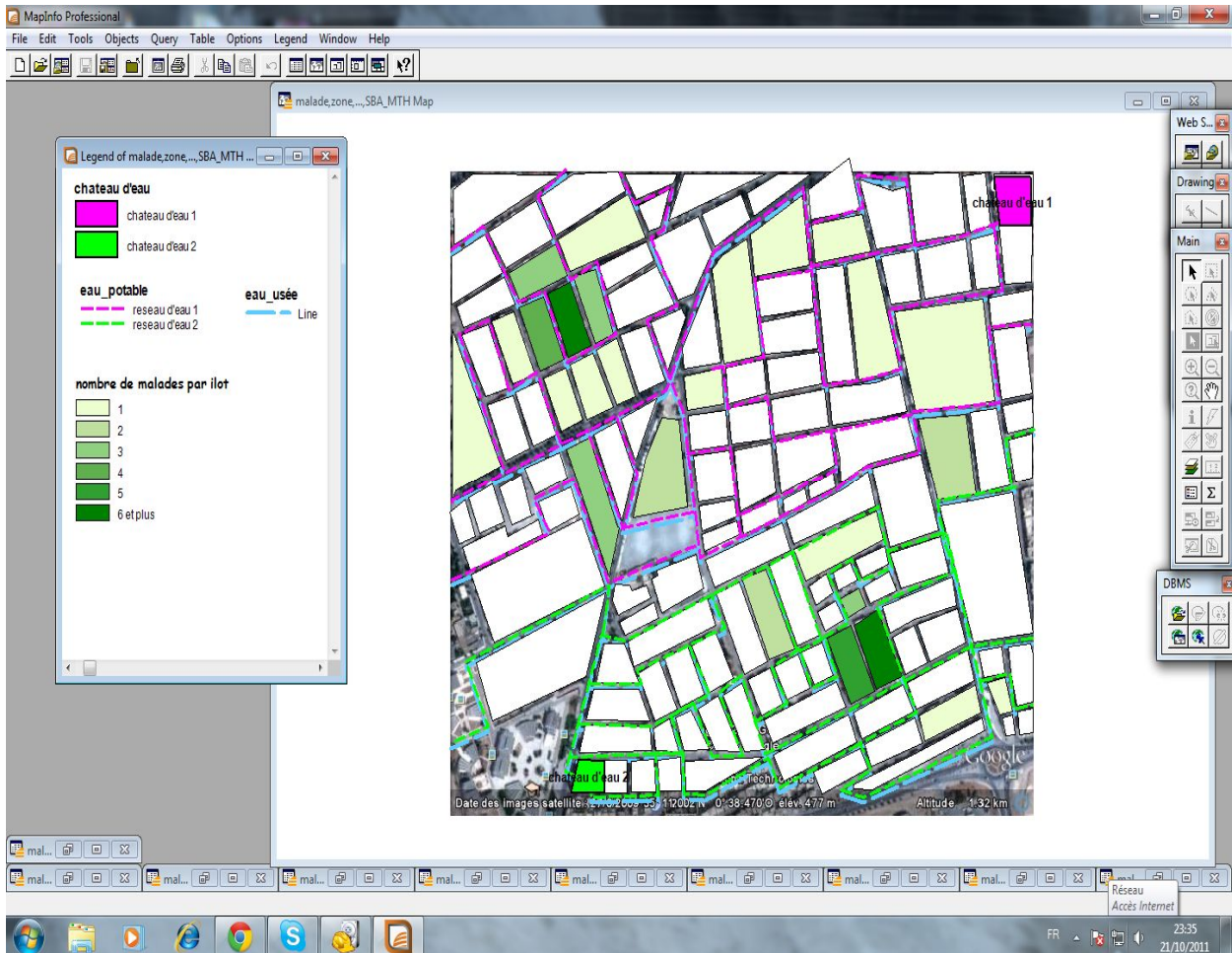
- **Nombre de malades et classes de pauvreté**

Dans cette carte, nous pouvons facilement déduire si la situation sociale du quartier peut avoir un impact sur l'apparition des maladies à transmission hydrique.

Nous pouvons faire cette constatation soit pour une maladie, soit pour toutes maladies confondues.



Nombre de malades avec détails des réseaux :



Sur cette carte, nous avons la possibilité de déterminer l'endroit d'une probable Cross-connexion entre les réseaux d'eaux potables et d'eaux usées.

Cela peut réduire énormément la surface de recherche pour les services des eaux.

H. Alerte :

Le système d'alerte à prévoir, doit être déclenché en cas de concentration de cas dans une zone donnée. Cette concentration est considérée comme un début d'épidémie, et la cause doit être cherchée en priorité, à l'intérieur de la zone concernée (en priorité les ilots à plus forte concentration qu'on voit avec la couleur la plus foncée).

Souvent dans le cas des Maladies à Transmission Hydrique, c'est la contamination entre les réseaux des eaux usées et ceux de l'eau potable (par infiltration), ou bien la contamination d'un château d'eau.

En fonction de l'endroit de la concentration, et du nombre de zones (ilots) concernés, on peut d'ores et déjà savoir si c'est le château d'eau par exemple, ou bien si c'est une contamination entre les réseaux.

La différence entre ces deux cas est l'ampleur de la propagation.

La contamination du château d'eau se répand d'une manière plus importante et souvent c'est tout autour du château d'eau lui-même.

Par contre, pour une contamination par infiltration dans le réseau, la propagation suit le sens de la distribution de l'eau.

Le déclenchement de l'alerte est sous la responsabilité du service ayant réalisé l'évaluation de la menace.

L'alerte doit être notifiée aux autorités en charge de la réponse à apporter.

Pour informer le maximum de personnes concernées par la gestion du risque des maladies MTH (Epidémiologues, Bureau d'Hygiène Communal, DSPS et éventuellement aussi les services des eaux et ceux de l'assainissement), nous pouvons prévoir :

- Un message sonore et visuel sur les ordinateurs des personnes concernées
- Des messages SMS pour les responsables concernés
- Des Emails
- Des Fax

Tous ces types de messages peuvent être déclenchés de manière manuelle ou automatique.

Envoi manuel :

Dans ce cas, le responsable du SIG doit consulter les cartes avec les différentes requêtes d'une manière régulière.

En fonction de sa propre constatation (concentration de couleurs par exemple), il procède au déclenchement de l'alerte en envoyant un des types de messages su-cités.

Envoi automatique :

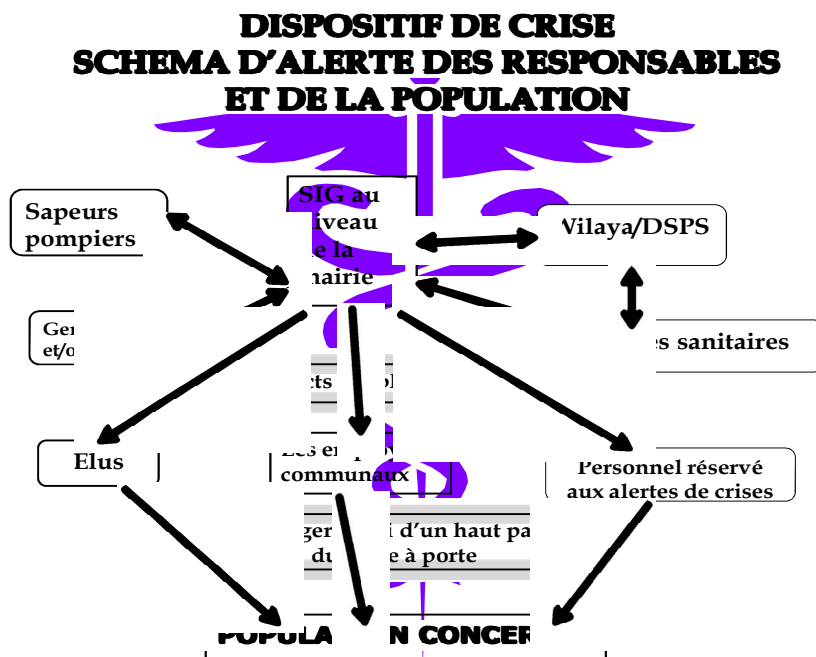
Dans ce cas, on prévoit dans le logiciel un test régulier de quelques données (ex : comparaison du nombre de malades par rapports à un seuil, et dès que ce dernier est dépassé, le logiciel déclenche une alarme en envoyant des seuils un des types de messages.

Le logiciel devra pouvoir gérer les différents types de message su-cités.

Dans le message d'alerte, il est préférable d'être le plus explicite possible. On doit prévoir par exemple :

- Le nom de la maladie
- Adresses approximatives des fortes concentrations (nom des quartiers)
- Cause éventuelles (Château d'eau, Infiltration ou Inondation)
- Structures sanitaires déclarantes
- Date

Nous donnons à titre d'exemple un modèle d'outil permettant de savoir si on se trouve devant le cas d'une alerte ?



Exemple d'outil d'évaluation des menaces de santé publique

Exemple inspiré d'un document de l'Institut Français de veille sanitaire

Question 1 : s'agit-il d'un évènement inhabituel ou inattendu ?

- Le nombre de cas est-il élevé pour la période et le lieu (phénomène épidémique) ?
- S'agit-il d'une maladie ou d'une exposition inhabituelle pour la saison ou le lieu ?
- S'agit-il d'une exposition de cause inconnue ?
- S'agit-il d'un phénomène épidémique de cause inconnue ?
- La gravité est-elle inattendue ?
- Y a-t-il une absence d'identification d'une origine naturelle à la contamination environnementale ou à la survenue de cas (suspicion d'acte de malveillance) ?

Répondre "oui" à l'un de ces critères équivaut à répondre "oui" à la question 1 et **justifier la transmission de l'alerte.**

Question 2 : s'agit-il d'un évènement susceptible d'avoir un impact important sur la santé de la population ?

- Le nombre de cas, de décès ou de personnes exposées est-il élevé ?
- L'évènement est-il associé à un pathogène ou un toxique à fort potentiel épidémique ou à fort risque de diffusion (transmissibilité élevée, voies de transmission multiples) ou associé à une létalité élevée ?
- Y a-t-il des conditions pouvant accroître le potentiel épidémique ou toxique de l'évènement (inondations, catastrophes naturelles, etc.) ?
- La population à risque est-elle spécialement vulnérable (personnes âgées, personnes en maison de cures, prématurés, immunodéprimés, etc.) ?
- L'évènement survient-il dans une zone à forte densité de population ?
- Y a-t-il échec des mesures de contrôle ou est-on en incapacité de déployer des mesures de contrôle ?

Répondre "oui" à l'un de ces critères équivaut à répondre "oui" à la question 2 et **justifie la transmission de l'alerte.**

Question 3 : y a-t-il un risque de diffusion et de propagation hors de la Wilaya ou d'implication d'autres Wilayas ?

- Les sujets ont-ils été exposés ou contaminés hors de la région ?
- Evènement s'est-il produit dans une zone de tourisme ou de rassemblement ?
- Sait-on ou soupçonne-t-on qu'un véhicule de transmission (aliments, médicaments, objet, etc.) ou une exposition en cause pourrait circuler ou diffuser hors de la région ?
- L'évènement s'est-il produit dans une zone avoisinant d'autres régions ?

Exemple de message d'alerte destiné à la population:

- ATTENTION, ALERTE SANS EVACUATION DES POPULATIONS
- Un risque de maladie due à la consommation de l'eau menace votre quartier.
- Ne buvez pas l'eau du robinet.
- Nos agents procèdent à la distribution de l'eau minérale à chaque foyer.
- Au moindre signe (vomissement, diarrhées, fièvre), veuillez vous présenter sans hésiter au centre de santé le plus proche

Conclusion :

Cette étude relative à l'utilisation des systèmes d'information géographique a été suivie d'une simulation dans une partie de la ville de Sidi Bel-Abbes. Ce travail est un exemple que nous exposons afin de le reproduire sur l'ensemble de la wilaya de Sidi Belabbes et même sur l'ensemble du territoire national. Il montre comment on peut gérer d'une manière efficace le risque sur la santé humaine en prenant comme exemple les maladies à transmission hydrique. Il va de soit qu'un SIG dédié à la gestion des risques sur la santé humaine doit intégrer l'ensemble des maladies qui peuvent menacer la santé.

Les objectifs étaient de comprendre et de montrer comment on peut sur une carte avoir toutes données relatives, d'une manière directe ou d'une manière indirecte, à la santé d'une population d'un quartier donné, et pouvoir faire des analyses et tirer des conclusions.

La même méthodologie peut être pratiquée sur n'importe qu'elle ville. Quelques contraintes sont rencontrées durant cette étude et qui rendent difficile le suivi de l'évolution de la maladie. On peut citer une contrainte majeure rencontrée qui est l'absence d'adresses précises des patients. Cette donnée est très importante dans la prise en charge de l'évolution de la maladie et sa transmission vers d'autres sujets. Comme, en général, c'est la commune de résidence qui est précisée, on peut utiliser cette méthodologie, telle qu'elle est, pour étudier les MHT pour une échelle plus grande (par commune, par Wilaya ou par région).

L'utilisation du SIG met en avant les difficultés inhérentes au recueil de données à distance et à la véracité et l'exactitude des données collectées.

Cette étude a pour but de convaincre les autorités, en charge de la santé publique, de l'utilité prouvée des SIG dans la gestion de la santé publique. On montre l'importance des SIG dans la visibilité qu'elle confère en matière de suivi des situations à risque et la prise de décision. Les SIG permettent aux décideurs de :

- Déterminer les risques en matière de MTH et qui peut concerner un endroit donné et surtout une période donnée de l'année
- Déterminer la vulnérabilité des populations aux maladies. Nous avons vu que les habitants des quartiers pauvres peuvent être plus vulnérables que d'autres moins pauvres.

C'est un exemple concret d'exploitation de données provenant de domaines complètement indépendant les uns des autres (Santé, Hydraulique, Commune, Social) et qui permettent de cibler les causes qui peuvent être hors secteur.

En fin nous recommandons la mise en place d'un Schéma National de Gestion du Risques sur la Santé Humaine par l'introduction des technologies nouvelles (internet et téléphonie mobile (sms) dans la gestion de ces risques. Nous recommandons à ce titre de :

- 1- Raccorder toutes les structures de santé et cabinets de médecine privé au réseau local, régional et national de gestion des risque sur la santé humaine.
- 2- Instaurer une base de données nationale pour la gestion des risques sanitaires.
- 3- Mise en place d'un logiciel dédié à la gestion de la base de données nationale des risques sur la santé humaine.
- 4- Mise à jour de la base de données.
- 5- Introduire les nouvelles technologies de communication (internet et SMS) dans la transmission des données à partir des structures et unités de santé vers le serveur local, régionale et national. Ces moyens de communication nous permettrons d'avoir une circulation rapide des informations et une mise à jour de la base de données. Ainsi le diagnostique et la prise de décision se fera avec des précisions optimales.
- 6- Mise en place de plans d'intervention en cas de survenance d'épidémie ou de pandémie.
- 7- Assurer une veille préventive et continue des différents risques sur la santé humaine.

Si on arrive à mettre en place cette organisation au niveau du secteur de la santé nous arriverons à circonscrire les épidémie et éviter leur propagation vers des secteurs sains. Nous réduirons ainsi le risque à ces niveaux les plus bas. Ceci est la mission que doit avoir un bon gestionnaire du risque.

Bibliographie :

Institut de recherche pour le développement (IRD) 2000
QU'EST CE QU'UN SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE?

Geomatys 2009
INTRODUCTION AUX SIG

Michael Black, Steeve Ebener, Patricia Najera Aguilar, Manuel Vidaurre & Zine El Morjani (OMS-2009)
Using GIS to Measure Physical Accessibility to Health Care

Rolf A. de By 2001
Principles of Geographic Information Systems

Queensland Government
CONSULTATION DRAFT 10 OCTOBER 2008
Human Health Risk Assessment Methodology

PUBLIC HEALTH GIS NEWS AND INFORMATION
May 2006 (No. 70)

National Association of County and City Health Officials (1998)
GIS, Pollution Prevention and Public Health

Dr. C.P. Johnson, Dr. Jasmin Johnson
GIS: A Tool for Monitoring and Management of Epidemics
Map India 2001 Conference, New Delhi, February 2001

Professor Mark W. Rosenberg **Old & New Medical Geography: A Shift to Health Geography?** Queen's University (2006)

Dr. Ming-Hsiang Tsou (2008)
Geographic Information Systems (GIS) for Epidemiology and Public Health
Les SIG au service de la santé
Groupement Régional de Santé Publique Auvergne 2008

Sitthisak Moukomla, Siam Lawawirojwong,
Wijitr Fungladda, Jaranit Kaewkungwal , Kamolnetr Okanurak (2006)
Use of GIS to Find the Risk Area of Leptospirosis, Nakornratchasima, Thailand

John M. Morgan (2009) **GEOGRAPHY, GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS,
AND ENVIRONMENTAL HEALTH**