



**ENSP**  
ÉCOLE NATIONALE DE  
LA SANTÉ PUBLIQUE

**RENNES**

**Ingénieur du Génie sanitaire**

**Promotion 2004**

**Utilisation d'un système d'information géographique comme outil de compréhension des épidémies d'origine hydrique et comme outil d'aide à la décision: étude dans un contexte urbain (Ouagadougou, BURKINA FASO).**

---

Présenté par:

**Stéphanie LEDEUR**

Ingénieur diplômé de l'École Nationale Supérieure de Chimie de Rennes dans la spécialisation Génie Environnemental

Lieu de stage:

**Organisation Mondiale de la Santé  
Genève, Suisse**

Référent professionnel:  
M. Jean-Pierre MEERT

Référent pédagogique:  
Dr Denis BARD

---

# Remerciements

---

J'aimerais remercier l'ensemble des personnes qui m'ont aidé à réaliser cette étude en particulier:

- **Monsieur Jean Pierre MEERT** pour ses conseils et pour m'avoir accueilli au sein de l'équipe Public Health Mapping & GIS,
- **Docteur Sylvie BRIAND** pour m'avoir permis d'effectuer ce mémoire a sein de l'OMS et pour m'avoir conseillé tout au long de ces 4 mois de stage,
- **Monsieur Flavien AKE** du bureau de l'OMS au BURKINA FASO, **Docteur Mohamed MAHMOUD** du ministère de la Santé du BURKINA FASO, et **Monsieur Yamba OUIBIGA** de l'ONEA.

Je tiens également à remercier:

- **Docteur Gwénaél RODIER** directeur du département des Maladies Transmissibles - Surveillance et Action (CSR), qui a rendu possible la collaboration entre l'ENSP et l'OMS,
- **Docteur Denis BARD**, enseignant à l'ENSP, qui m'a conseillé en tant que référent pédagogique,
- **Madame Michèle LEGEAS**, enseignante à l'ENSP pour son soutien et sa détermination dans la recherche de supports financiers.

---

# Sommaire

---

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>1 MALADIES D'ORIGINE HYDRIQUE: UN IMPORTANT PROBLEME DE SANTE PUBLIQUE.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Trois catégories de maladies induites par l'eau.....</b>	<b>3</b>
1.1.1 Maladies d'origine hydrique.....	3
1.1.2 Maladies à support hydrique .....	4
1.1.3 Maladies transmises par des vecteurs liés à l'eau .....	4
<b>1.2 Maladies d'origine hydrique: Solutions et préventions.....</b>	<b>8</b>
1.2.1 Activités de riposte recommandées .....	8
1.2.2 Actions spécifiques.....	8
<b>1.3 Urbanisation galopante des pays en développement.....</b>	<b>10</b>
<b>2 PROBLEMATIQUE .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1 Problématique de l'étude... ..</b>	<b>11</b>
<b>2.2 Mais une étude soumise à des aléas ... ..</b>	<b>11</b>
2.2.1 Phase préliminaire: connaître la disponibilité des données de Ouagadougou .....	11
2.2.2 Changement de site pilote au profit de Casablanca.....	11
2.2.3 A la recherche d'un nouveau site pilote et de nouveaux partenaires.....	12
2.2.4 Renforcement des relations avec les acteurs Burkinabés .....	12
<b>2.3 Présentation du pays pilote .....</b>	<b>12</b>
<b>3 MATERIEL.....</b>	<b>15</b>
<b>3.1 Outil cartographique de l'OMS: HealthMapper.....</b>	<b>15</b>
3.1.1 Idées à la source de HealthMapper .....	15
3.1.2 Composants et éléments clé de HealthMapper.....	15
3.1.3 Autres outils nécessaires à la cartographie .....	17
<b>3.2 Analyse préliminaire des bases de données disponibles à l'OMS.....</b>	<b>18</b>
3.2.1 Banque de données sanitaires des épidémies .....	18
3.2.2 Base de donnée contenue dans le HealthMapper .....	21
<b>4 METHODOLOGIE DE TRAVAIL .....</b>	<b>24</b>
<b>4.1 Élaboration de la méthode de travail.....</b>	<b>24</b>
<b>4.2 Hypothèses sur les facteur de risque.....</b>	<b>24</b>

4.2.1	Facteurs de risque liés aux manque d'accès aux soins.....	24
4.2.2	Facteurs de risque liés aux caractéristiques de l'urbanisme.....	25
4.2.3	Facteurs de risque liés à l'environnement.....	26
<b>4.3</b>	<b>La contribution de chaque acteur dans l'étude .....</b>	<b>26</b>
<b>5</b>	<b>ANALYSE D'UN SCENARIO CARTOGRAPHIQUE .....</b>	<b>27</b>
<b>5.1</b>	<b>Détermination du scénario .....</b>	<b>29</b>
5.1.1	Définition de la population vulnérable et des zones sensibles .....	30
5.1.2	Définition des facteurs de risque .....	30
5.1.3	Exploitation du scénario cartographique au cours des mois de juillet 2002-2003 (saison des pluies).....	30
5.1.4	Exploitation du scénario cartographique au cours des mois de février 2002- 2003 (saison sèche).....	32
5.1.5	Autre type de représentation cartographique .....	34
<b>5.2</b>	<b>Analyse qualitative du scénario.....</b>	<b>36</b>
<b>5.3</b>	<b>Mais une analyse statistique délicate.....</b>	<b>37</b>
<b>6</b>	<b>PERTINENCE DU SIG DANS L'ETUDE DES EPIDEMIES D'ORIGINE HYDRIQUE.....</b>	<b>39</b>
<b>6.1</b>	<b>Limites du système d'information géographique.....</b>	<b>39</b>
6.1.1	L'acquisition des données, un défi majeur .....	39
6.1.2	Fiabilité des données .....	40
6.1.3	Mise à jour des données.....	40
6.1.4	Cartographie de maladie multifactorielle.....	40
6.1.5	Renforcement de la qualité des données par un questionnaire .....	41
<b>6.2</b>	<b>Atouts de cet outil.....</b>	<b>42</b>
6.2.1	Outil de géotraitement.....	42
6.2.2	Outil de visualisation et de cartographie .....	42
6.2.3	Outil d'aide à la décision .....	42
6.2.4	Outil de communication vers le public et vers les professionnels .....	42
6.2.5	Technologie simple et à moindre coût.....	43
	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>45</b>
	<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>47</b>
	<b>LISTE DES ANNEXES.....</b>	<b>I</b>

---

## Liste des sigles utilisés

---

<b>OMS:</b>	Organisation Mondiale de la Santé
<b>WHO:</b>	World Health Organization
<b>SIG:</b>	Système d'Information Géographique
<b>GIS:</b>	Geographic Information System
<b>ONEA:</b>	Office National des Eaux et de l'Assainissement
<b>IGS:</b>	Ingénieur du Génie Sanitaire
<b>DRASS:</b>	Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales
<b>SIG ICPE:</b>	SIG pour les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement
<b>UNICEF:</b>	United Nations Children's Fund
<b>PCIME:</b>	Prise en Charge Intégrée des Maladies de l'Enfant
<b>AFRO:</b>	Région Africaine de l'OMS
<b>AMRO:</b>	Région Américaine de l'OMS
<b>EMRO:</b>	Région Est Méditerranéenne de l'OMS
<b>EURO:</b>	Région Europe de l'OMS
<b>SEARO:</b>	Région Sud Est de l'Asie de l'OMS
<b>WPRO:</b>	Région du Pacifique Ouest de l'OMS
<b>EPS:</b>	EPidemiology Strenghtening Team
<b>REH:</b>	Relevé Epidémiologique Hebdomadaire
<b>GPHIN:</b>	Global Public Health Intelligent Network
<b>CSPS:</b>	Centre de Santé et de Promotion Sociale
<b>IRD:</b>	Institut de Recherche et de Développement
<b>GPS:</b>	Global Positioning System
<b>DFID:</b>	Department For International Development
<b>CIEH:</b>	Comité interafricain d'études hydrauliques

## INTRODUCTION

L'augmentation des épidémies d'origine hydrique telles que le choléra, la fièvre typhoïde, ou encore la shigellose, est observée dans de nombreuses villes du monde. Elle est en partie liée à l'urbanisation et à l'augmentation des populations des zones urbaines: ces populations vivant dans des conditions difficiles, ont peu ou pas accès aux services de base (santé, eau et assainissement).

Au cours des dernières discussions informelles sur la prévention et le contrôle des épidémies liées à l'eau, de nombreux professionnels ont soulevés le réel intérêt d'utiliser l'outil cartographique comme outil de soutien technique dans la politique d'accès à ces services de base auprès des plus démunis. Suite à ces discussions, des membres OMS de l'équipe Choléra et de l'équipe Public Health Mapping & GIS ont souhaités qu'une étude cartographique soit réalisée pour la ville de Ouagadougou, BURKINA FASO.

Ce mémoire présente dans une première partie l'ampleur sanitaire des maladies d'origine hydrique, la deuxième, la troisième et la quatrième partie précise la problématique, le matériel employé et décrit la méthode mise en œuvre. Un scénario cartographique est présenté et analysé dans la cinquième partie. Un dernier volet est consacré à la faisabilité de l'utilisation du Système d'Information Géographique (SIG) pour gérer et comprendre la répartition géographique de telles épidémies.

# 1 MALADIES D'ORIGINE HYDRIQUE: UN IMPORTANT PROBLEME DE SANTE PUBLIQUE

Cette première partie a pour objectif de définir ce que sont les maladies d'origine hydrique et de comprendre le fléau qu'elles représentent dans les pays en développement. En effet, selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), chaque année, plus de 5 millions d'enfants de moins de 14 ans perdent la vie des suites de maladies liées à leur environnement. Environ 2,3 milliards de personnes souffrent de maladies dues à une mauvaise qualité de l'eau et environ 60% de la mortalité infantile dans le monde est due à des maladies infectieuses ou parasitaires, la plupart liées à l'eau [1].

## 1.1 Trois catégories de maladies induites par l'eau

Les maladies liées à l'eau présentent des variations considérables sur le plan de leur nature, de leur transmission, de leurs effets et de leur gestion (voir Tableau 1); on peut cependant répartir en trois catégories les conséquences qu'exercent sur la santé des éléments liés à l'eau : les maladies d'origine hydrique, les maladies à support hydrique, et les maladies transmises par des vecteurs liés à l'eau [2,3]

### 1.1.1 Maladies d'origine hydrique

Les maladies d'origine hydrique sont des maladies «de l'eau sale» causées par une eau qui a été contaminée par des déchets humains, animaux ou chimiques. Des millions d'individus n'ont guère accès, pour leur hygiène personnelle, à une évacuation contrôlée des eaux usées ou à une eau salubre. On estime que 3 milliards d'êtres humains, par exemple, n'ont pas de toilette sanitaire. Plus de 1,2 milliard de personnes courent des risques parce qu'ils n'ont pas accès à de l'eau salubre [4, 5, 6]

Les maladies d'origine hydrique englobent entre autre le choléra, la typhoïde, le shigella, la polio, la méningite et l'hépatite A et B, voir tableau 1. Les êtres humains et les animaux peuvent être les hôtes des bactéries, des virus et des protozoaires qui causent ces maladies.

Quand il n'y a pas d'installations sanitaires appropriées, les maladies d'origine hydrique peuvent se répandre rapidement. Des excréments non traités qui contiennent des organismes vecteurs de maladies sont transportés par ruissellement ou par infiltration dans des sources d'eau douce, contaminant ainsi l'eau potable et les aliments. La présence d'organismes vecteurs de maladies dans telle ou telle source d'eau douce est fonction de la concentration en éléments pathogènes contenus dans les excréments humains et animaux qu'elle contient [7].

Les maladies diarrhéiques, qui sont les principales maladies d'origine hydrique, sont prévalentes dans de nombreux pays où l'épuration des eaux usées est insuffisante: 88% des maladies diarrhéiques sont imputables à la mauvaise qualité de l'eau, à un assainissement insuffisant et à une hygiène défectueuse.

En pareil cas, les déchets humains sont évacués à ciel ouvert dans des latrines, des fossés, des canaux et des cours d'eau, ou sont épandus dans les champs. On estime qu'il y a chaque année 4 milliards de cas de maladies diarrhéiques qui causent entre 3 et 4 millions de morts, surtout parmi les enfants [8,9,10, 11]

Hormis la contamination microbiologique de l'eau, les maladies d'origine hydrique peuvent être induites par une pollution chimique... Mais cette fois c'est à faible concentration que ces produits chimiques pourront finir par s'accumuler et causer des maladies chroniques. [12]

### **1.1.2 Maladies à support hydrique**

Les maladies à support hydrique sont causées par des organismes aquatiques qui passent une partie de leur cycle de vie dans l'eau et une autre partie comme parasites d'animaux. Ces organismes peuvent prospérer, que l'eau soit polluée ou non. A l'état de parasites, ils prennent en général la forme de vers vivant dans des vecteurs animaux intermédiaires, et infectent alors directement les humains soit en perçant leur peau soit par ingestion [13].

Parmi les maladies à support hydrique, on peut citer le ver de Guinée (dracunculose), la paragonimiose, la clonorchiose et la schistosomiase (bilharziose) voir tableau 1. Ces maladies sont causées par une variété de douves, ténias, ascaris et nématodes, souvent groupés sous le nom d'helminthes, qui infectent les êtres humains [14].

Bien qu'elles n'entraînent généralement pas la mort, elles peuvent être douloureuses à l'extrême, empêcher les malades de travailler et parfois même rendre tout mouvement impossible.

Souvent, la prévalence de maladies à support hydrique augmente quand on construit des barrages : en effet, l'eau stagnante qui s'accumule derrière un barrage offre des conditions idéales à certains intermédiaires comme par exemple les escargots, qui sont les hôtes intermédiaires de nombreux types de vers.

### **1.1.3 Maladies transmises par des vecteurs liés à l'eau**

Des millions de personnes ont des infections qui leur ont été transmises par des vecteurs: insectes ou autres animaux capables de transmettre une infection (moustiques, mouches,...) qui se reproduisent et vivent dans ou près de l'eau, polluée ou non. Ces vecteurs infectent les humains avec entre autre le paludisme, la fièvre jaune, la dengue, la maladie du sommeil et la filariose. Le paludisme, qui est la maladie la plus répandue, est endémique dans une centaine de pays en développement, où quelques 2 milliards d'habitants sont à risques [15, 16]

L'incidence de maladies transmises par des vecteurs liés à l'eau semble être en augmentation [17]

Beaucoup de raisons expliquent cet état de fait : les hommes acquièrent de la résistance aux médicaments anti-paludiques ; les moustiques deviennent résistants aux pesticides, les changements apportés à l'environnement créent de nouveaux gîtes de ponte ; la migration ; l'évolution du climat et la création de nouveaux habitats signifient qu'il y a moins d'habitants dotés d'une immunité naturelle contre la maladie.

Souvent, les travaux de construction font augmenter la population de moustiques : en effet, même si elles ont une existence éphémère, les flaques d'eau stagnante deviennent des gîtes de ponte [18]

<b>Tableau 1. Principales maladies liées à l'eau</b>				
<b>Maladie</b>	<b>Cause et voie de transmission</b>	<b>Aire géographique</b>	<b>Nombre de cas/an</b>	<b>Morts par an</b>
<b>Principales maladies d'origine hydrique</b>				
<b>Dysenterie amibienne</b>	Les protozoaires suivent la voie fécale-orale par l'intermédiaire d'eau contaminée, d'aliments, de contact de personne à personne.	Monde entier	500 millions par an	*
<b>Dysenterie bacillaire</b>	Les bactéries suivent la voie fécale-orale par l'intermédiaire d'eau contaminée, d'aliments, de contact de personne à personne.	Monde entier	*	*
<b>Maladie diarrhéique (y compris dysenterie amibienne et bacillaire)</b>	Des bactéries, virus et protozoaires divers suivent la voie fécale-orale par l'intermédiaire d'eau contaminée, d'aliments, de contact de personne à personne.	Monde entier	Actuellement 4 milliards	3-4 millions
<b>Choléra</b>	Les bactéries suivent la voie fécale-orale par l'intermédiaire d'eau contaminée, d'aliments, de contact de personne à personne.	Amérique du Sud, Afrique, Asie	384.000 par an	20.000
<b>Hépatite A</b>	Le virus suit la voie fécale-orale par l'intermédiaire d'eau contaminée, d'aliments, de contact de personne à personne.	Monde entier	600.000 à 3 millions par an	2.400 à 12.000
<b>Paratyphoïde et typhoïde</b>	Les bactéries suivent la voie fécale-orale par l'intermédiaire d'eau contaminée, d'aliments, de contact de personne à personne.	80 % en Asie, 20 % en Amérique latine, Afrique	Actuellement 16 millions	600.000
<b>Polio</b>	Le virus suit la voie fécale-orale par l'intermédiaire d'eau contaminée, d'aliments, de contact de personne à personne.	66 % en Inde, 34 % dans Proche-Orient, Asie, Afrique	Actuellement 82.000	9.000
<b>Principales maladies à support hydrique</b>				
<b>Ascariase</b>	Les oeufs fécondés sont transmis par les fèces humaines. Les larves qui contiennent les oeufs se développent dans un sol chaud. Les humains ingèrent le sol qui contient les aliments. Les larves écloses pénètrent dans la paroi intestinale, où elles parviennent à maturité.	Afrique, Asie, Amérique latine	Actuellement 250 millions	60.000
<b>Maladie</b>	<b>Cause et voie de transmission</b>	<b>Aire géographique</b>	<b>Nombre de cas/an</b>	<b>Morts par an</b>
<b>Principales maladies à support hydrique</b>				

<b>Clonorchiose</b>	Les vers se reproduisent dans des escargots gastropodes, puis sont avalés par des poissons d'eau douce ou par d'autres escargots. Quand des humains mangent du poisson cru ou pas assez cuit, les vers émigrent vers les canaux cholédoques et y pondent.	Asie du Sud-Est	28 millions	Non signalées
<b>Draconculose (ver de Guinée)</b>	Le ver <i>Dracunculus</i> est ingéré par un crustacé, le Cyclops. Quand des humains digèrent le Cyclops, les larves du ver sont libérées dans l'estomac. Les larves pénètrent dans la paroi intestinale, puis deviennent des vers qui traversent les tissus. Au bout d'un an, le ver adulte atteint la surface de la peau des extrémités inférieures. La femelle entre en contact avec l'eau, puis décharge les larves dans l'eau.	78 % au Soudan, 22 % dans d'autres pays d'Afrique sub-saharienne et quelques cas en Inde et au Yemen	153.000	Non signalées
<b>Paragonimiose</b>	Les vers qui vivent dans des kystes pulmonaires pondent leurs oeufs dans les poumons de l'homme, ils sont ensuite expectorés, puis avalés. Les oeufs des vers sont emportés par les fèces et éclosent en contact avec de l'eau douce. Les larves trouvent l'escargot hôte, dans lequel elles se répliquent, puis passent dans un crabe ou une écrevisse. Les humains mangent des poissons crus. Les vers émigrent par paires, sortent de l'estomac, traversent la paroi intestinale et le diaphragme pour arriver dans les poumons, où ils s'accouplent.	Extrême Orient, Amérique latine	5 millions	Non signalées
<b>Schistosomiase (bilharzia)</b>	Les oeufs du ver schistosome sont transportés par les fèces humaines. Les oeufs éclosent au contact de l'eau, libérant le parasite miracidium. Le parasite se loge dans un escargot d'eau douce, dans lequel il se réplique. Il est libéré dans l'eau, puis pénètre dans la peau de l'homme et, quelques secondes après, dans les vaisseaux sanguins. Au bout de 30 à 45 jours, miracidium devient un ver, qui peut pondre de 200 à 2.000 oeufs par jour pendant une moyenne de 5 ans.	Afrique, Proche-Orient, zone de forêts ombreuses d'Afrique centrale, Pacifique occidental, Kampuchéa, Laos	200 millions	20.000
<b>Maladie</b>	<b>Cause et voie de transmission</b>	<b>Aire géographique</b>	<b>Nombre de cas /an</b>	<b>Morts par an</b>
<b>Maladies transmises par des vecteurs liés à l'eau</b>				

<b>Dengue</b>	Le virus est prélevé par un moustique sur un humain ou un animal infecté. Le virus incube pendant 8 à 12 jours et se réplique. Quand le moustique prélève ensuite du sang, il injecte alors le virus dans le sang d'un humain.	Tous les milieux tropicaux, surtout en Asie, en Amérique centrale et méridionale	50-100 millions	24.000
<b>Filariose (y compris éléphantiasis)</b>	Les larves du ver sont ingérées par un moustique et se développent. Quand le moustique infecté pique un humain, les larves pénètrent dans la blessure et atteignent les ganglions lymphatiques, où elles se reproduisent.	Afrique, Méditerranée orientale, Asie, Amérique du Sud	120 millions	Non signalées
<b>Paludisme</b>	Les protozoaires se développent dans l'intestin d'un moustique et sont transmis par sa salive chaque fois qu'il prélève du sang. Les parasites sont alors transportés par le sang jusqu'au foie de l'homme, qu'ils envahissent et où ils se reproduisent.	Afrique, Asie du Sud-Est, Inde, Amérique du Sud	300-500 millions	2 millions
<b>Onchocercose (cécité des rivières)</b>	Les embryons des vers sont ingérés par des mouches noires. Les embryons se développent alors dans le corps des mouches, qui injectent les larves dans les humains qu'elles piquent.	Afrique sub-saharienne, Amérique latine	18 millions	Non signalées**
<b>Fièvre de la vallée du Rift (RVF)</b>	Le virus existe en général chez des hôtes animaux. Le virus est prélevé par des moustiques et autres insectes suceurs de sang, puis injecté dans le sang d'humains. Les humains sont aussi infectés en travaillant avec des liquides corporels d'animaux morts.	Afrique sub-saharienne	Non disponible	1 % des cas

\*Englobé dans la maladie diarrhéique

\*\*Aucune mort mais cause 270.000 cas de cécité signalés par an

Source : [19, 20,21]

## 1.2 Maladies d'origine hydrique: Solutions et préventions

L'annexe 1 présente les facteurs de risque, la surveillance et la réponse à une flambée de choléra (annexe1.1), de diarrhée sanguinolente (annexe1.2), et de diarrhée avec déshydratation chez les enfants de moins de 5 ans (annexe1.3).

### 1.2.1 Activités de riposte recommandées

#### a. Renforcement de la prise en charge de cas

Prendre des mesures pour appuyer l'adoption de pratiques cliniques améliorées, notamment:

- en vérifiant, en collaboration avec la formation sanitaire, si le personnel de santé connaît et utilise les protocoles recommandés pour la prise en charge des cas liés aux maladies épidémiques,
- en veillant à la prise en charge précoce des cas,
- en demandant lors d'une épidémie, au médecin responsable de chaque formation sanitaire d'identifier un lieu pouvant accueillir un nombre élevé de patients,
- en rendant disponibles et accessibles les médicaments et consommables nécessaires,

#### b. Mise à niveau des compétences du personnel de santé

Pour ce faire, il est important de mettre à la disposition des agents de santé des directives claires et concises et de former ces agents aux soins spécifiques des maladies hydriques.

#### c. Renforcement de la surveillance pendant l'activité de riposte

Ces actions de ripostes consistent à être vigilant dans la surveillance de la maladie. Des actions pourront consister entre autre à rechercher les personnes ayant été en contact avec les facteurs de risque environnementaux (consommation d'eau contaminée, contamination d'aliment, ...) et les orienter vers un centre de soin pour leur traitement.

Une autre action consiste à mettre à jour les listes descriptives des cas et transmettre régulièrement les données collectées.

#### d. Information et éducation de la population

Il est important de fournir à la population un message éducatif visant à informer sur les symptômes de la maladie, la manière de prévenir sa transmission, et de la traiter.

### 1.2.2 Actions spécifiques

#### a. Mise en œuvre de campagne de vaccination d'urgence

En collaboration avec le district sanitaire, une activité de vaccination d'urgence peut être effectuée chez les enfants considérés comme étant la population à risque. La planification de cette activité doit se faire le plus rapidement possible car il faut du temps pour obtenir et distribuer les vaccins.

#### b. Amélioration de l'accès à l'eau potable

S'assurer que la population a accès à des quantités d'eau potable suffisantes pour la boisson et d'autres usages. Le tableau 2 ci après présente les besoins quotidiens en eau par personne pour les maladies diarrhéiques [22].

Tableau 2: Besoin quotidien en eau/ personne

	Dans une situation non épidémique	Pendant une flambée de maladie diarrhéique
A domicile	20 litres/jours	50 litres/jours
Dans un centre de santé	40 à 60 litres/jours	50 litres en salle d'hospitalisation par jours 10 litres en cuisine par jour

De manière générale, les eaux que les habitants d'Afrique consomment sont les eaux courantes chlorées, les sources d'eaux exposées (rivières, puits couverts), sources d'eaux protégées (puits fermés avec couvercle), eaux bouillies provenant de n'importe quelles sources.

Si pendant une épidémie, aucune source d'eau potable n'est disponible localement, on peut alors faire venir de l'eau par camion, bien que cette mesure soit coûteuse et difficile à maintenir.

Il est crucial que les familles disposent à domicile (ou à une distance acceptable) d'eau de boisson saine, pour ce faire, il est important de:

- Éduquer la population sur la manière de conserver à domicile l'eau potable dans des conditions sûres,
- Utiliser des récipients permettant d'éviter la contamination de l'eau, notamment des récipients dans lesquels il est impossible d'introduire la main,
- Éloigner les points de défécation des sources d'eau,
- Éduquer la population à éviter autant que possible le péril fécal.

#### c. Amélioration des pratiques d'évacuation des excréta de l'Homme

Pour s'assurer que les excréta d'origine humaine sont éliminés de manière sûres, il convient d'affecter des équipes à l'inspection de certaines localités pour évaluer la sécurité des pratiques d'élimination. En outre, il faudra s'assurer que les latrines ou enfouissement s'utilisent à une distance de plus de 15 mètres de la source d'eau. Une bonne gestion des déchets et l'éloignement des décharges des lieux d'habitation protègent les enfants des risques liés à la récupération des déchets.

De même, il convient d'informer la population sur leur comportement à risque et de faire construire des latrines adaptées aux conditions locales en collaboration avec la population. Par exemple, le fait de se laver les mains à l'eau et au savon avant chaque repas et après la défécation réduit sensiblement le risque de maladie diarrhéique. [23]

Un grand nombre d'études relie les améliorations de l'hygiène et la fourniture d'eau potable à des réductions spectaculaires de la morbidité et de la mortalité imputables à des maladies liées à l'eau [24,25, 26, 27]

S'il est vrai que la construction de réseaux d'adduction d'eau et d'assainissement peut coûter cher, il est vrai aussi que l'absence de mesure de ce genre peut entraîner des coûts énormes. A Karachi, au Pakistan, une étude a constaté par exemple que la population pauvre qui vivait dans des quartiers dépourvus de toute installation d'assainissement ou ne recevant aucune éducation en matière d'hygiène dépensait six fois plus pour recevoir des soins médicaux que la population vivant dans des quartiers qui avaient accès à des installations d'assainissement ou possédant des rudiments d'hygiène domestique [28]

#### d. Amélioration des pratiques d'hygiène alimentaire

Il convient de s'assurer qu'à domicile, dans les restaurants, sur les marchés publics et dans les rues (vendeurs ambulants de sachets d'eau), les aliments sont manipulés conformément aux règles d'hygiène. Pour la manipulation et la transformation d'aliment, il conviendra de se reporter aux normes et procédures de contrôles nationales.

### 1.3 Urbanisation galopante des pays en développement.

L'accroissement démographique rapide dans les zones urbaines puis périurbaines est à l'origine de changements urbanistiques, environnementaux, culturels et sanitaires. Cette transformation de la société a entraîné l'abandon dans la nature des rejets constitués d'eaux résiduaires et de matières solides nuisibles à la vie et à la nature. Longtemps avant que le phénomène d'urbanisation ne prenne une ampleur, ces rejets n'ont posés aucun problème majeur, car la population était très dispersée sur l'étendue du territoire. Tous ces rejets, dus à l'activité humaine en milieu urbain, engendrent, des pollutions de l'eau avec tous les risques que cela comporte sur le plan de l'hygiène, de la vie biologique et de la protection de l'environnement.

L'urbanisation rapide et incontrôlée pose un problème de production d'eau potable pour les pouvoirs publics ou les exploitants. Leur production est insuffisante par rapport à la demande totale en eau. La densification et l'augmentation du pourtour de la ville ne se traduit pas toujours par la construction ou le prolongement des réseaux d'eau potable vers ces zones peu ou pas desservies par les services de base du type eau potable et assainissement.

Il est crucial d'identifier ces problèmes liés à la maîtrise et à la gestion des excréta et eaux usées dans la mesure où la santé des populations urbaines en dépendent. En effet, dans de nombreuses villes en développement, une proportion importante de la population se livre à la défécation en plein air ou dans des sachets ou autres emballages jetés ultérieurement. Les enfants sont les premiers et les plus durement touchés: les taux de mortalité infantile dans les villes bénéficiant de services d'approvisionnement en eau et d'assainissement appropriés se situent généralement autour de 10 pour 1000. Dans les villes qui ne disposent pas de services d'approvisionnement appropriés, les taux de mortalité infantile sont 10 à 20 fois supérieurs.

Les maladies hydrique, et notamment diarrhéique constituent toujours la principale cause de mortalité infantile parmi les populations urbaines de la planète.

Jusqu'à présent, pour évaluer les services d'approvisionnement et d'assainissement dans les zones rurales et urbaines, les évaluations au plan mondial utilisaient toujours les mêmes normes. La principale caractéristique de la "norme" du service d'approvisionnement concerne la distance entre le service et l'habitation: il est considéré que les personnes vivant à moins d'un kilomètre d'une conduite d'eau ont accès au service d'approvisionnement. Pour l'assainissement, elle concerne le raccordement des toilettes à un égout public ou à une fosse septique.

Mais aujourd'hui, les bidonvilles regroupent un nombre tellement important de personnes sur des zones de dimensions relativement réduites que ces normes ne sont plus pertinentes. Dans de nombreuses villes des pays en développement, les habitants des bidonvilles doivent faire la queue pendant des heures pour s'approvisionner auprès d'une conduite.

#### EN RESUME,

Toutes les huit secondes, dans un pays en développement, un enfant meurt d'une maladie hydrique, dont les principales victimes sont les enfants de moins de cinq ans.

Stratégie de lutte: Il existe toute une gamme d'interventions efficaces via l'éducation, la sensibilisation, la mise au point de techniques et des changements de comportement. Ces interventions qui peuvent avoir un excellent rapport coût/efficacité peuvent être mise en œuvre par une multitude d'acteurs allant de l'individu lambda aux preneurs de décisions.

## **2 PROBLEMATIQUE**

Cette partie est consacrée à la présentation de la problématique et décrit le contexte particulier dans laquelle elle a été menée.

### **2.1 Problématique de l'étude... .**

Les 15 et 16 décembre 2003 à Genève, une réunion a été organisée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) au sujet des outils utilisés pour la prévention et la maîtrise des épidémies d'origine hydrique. Cette réunion a mobilisé des membres de 4 départements de l'OMS, des représentants de 6 pays, dont le BURKINA FASO, et d'autres représentants d'associations professionnelles tel que Res' Eaux. Ces participants s'accordent à penser du réel intérêt d'utiliser l'outil cartographique pour réduire l'incidence des pathologies d'origine hydrique. L'un des enjeux majeurs soulevé lors de cette réunion, est de permettre de soutenir les autorités locales dans la politique d'accès aux services de base (santé, eau et assainissement) des plus démunis.

Pour renforcer les opérations transversales entre les domaines de la santé, de l'environnement et du développement urbain, l'OMS a proposé un projet basé sur l'utilisation d'un système d'information géographique comme outil de compréhension des épidémies d'origine hydrique et comme outil d'aide à la décision auprès des décideurs dans un contexte urbain (Ouagadougou, BURKINA FASO).

### **2.2 Mais une étude soumise à des aléas ... .**

#### **2.2.1 Phase préliminaire: connaître la disponibilité des données de Ouagadougou**

Jusqu'à mon arrivée à l'OMS, il avait été prévu de travailler en collaboration avec des acteurs locaux du BURKINA FASO dans les domaines de la santé, de l'eau et de l'assainissement.

Une note de cadrage a donc été envoyée 2 mois avant le début officiel du mémoire au responsable de l'équipe de cartographie de l'OMS et à un autre membre basé au BURKINA FASO, directement en lien avec les exploitants locaux en eau et assainissement. Après plusieurs échanges, il s'est avéré que la plupart des données n'étaient pas disponibles, ainsi il a été envisagé de planifier mon départ sur le terrain pour collecter les renseignements qui m'auraient été nécessaires pour le bon déroulement de cette étude.

#### **2.2.2 Changement de site pilote au profit de Casablanca**

A mon arrivée à l'OMS, pour des raisons de proximité géographique et de coûts financiers (billet d'avion), le choix de la ville étudiée a changé au profit de Casablanca au MAROC.

Mon référent professionnel constate que mon statut de stagiaire ne me permet pas de me rendre sur place. Par conséquent, le recueil doit se faire à distance par des points focaux sur le terrain. Un accord a donc été établi entre le Ministère de la Santé du Maroc et l'OMS, de nouveaux acteurs y ont été associés: la Lyonnaise des Eaux de Casablanca, et la Direction Régionale du Grand Casablanca.

Un mois et demi après le début de l'étude sur Casablanca, le manque de retour d'information a conduit à une remise en question de la cartographie de ce site. La réticence observée pour le transfert d'information a conduit à abandonner ce site pilote.

### 2.2.3 A la recherche d'un nouveau site pilote et de nouveaux partenaires

Pour analyser les avantages et les limites de l'outil cartographique, il me fallait un site pilote de substitution à partir duquel je pourrais réaliser une analyse géographique en adéquation avec la problématique sanitaire de ce nouveau site. Un site à proximité de Genève me permettrait de me déplacer et de collecter plus facilement les données nécessaires à la réalisation des cartographies désirées.

C'est en discutant avec le précédent IGS de la DRASS de Besançon que j'ai appris l'existence d'un projet cartographique pour les installations classées de type Seveso sur la ville de Besançon. La DRASS de Besançon a réservé un accueil favorable quant à ma proposition de cartographier les zones d'impact sanitaire des sites Seveso.

Mais il s'est avéré que même en transposant ma problématique vers le risque chimique, à ce jour, le projet cartographique SIG ICPE de Besançon n'est pas encore suffisamment développé pour me permettre de répondre efficacement à mon objectif. De plus, la DRASS n'ayant pas planifiée de prendre un stagiaire sur cette problématique, elle ne disposait alors pas des agents impliqués dans l'étude SIG-ICPE sur le reste de la période impartie pour la réalisation du mémoire.

### 2.2.4 Renforcement des relations avec les acteurs Burkinabés

En s'appuyant sur les relations du groupe Public Health Mapping & GIS, de nouveaux contacts ont été pris vers la mi juin pour la ville de Ouagadougou suite à un nouvel intérêt exprimé par la direction de l'ONEA (Office public qui se charge de l'eau et de l'assainissement pour la ville de Ouagadougou). Finalement, les différents acteurs impliqués sont l'ONEA, le Ministère de la santé du BURKINA FASO, et le bureau de l'OMS au BURKINA FASO ainsi que l'unité Public Health Mapping & GIS de l'OMS de Genève.

Malgré mes relances auprès de nos partenaires et le suivi quotidien du recueil des données tant attendues, ces dernières ne pourront être obtenues dans des délais acceptables.

D'un point de vue chronologique, ces différentes étapes se sont succédées de la façon suivante:

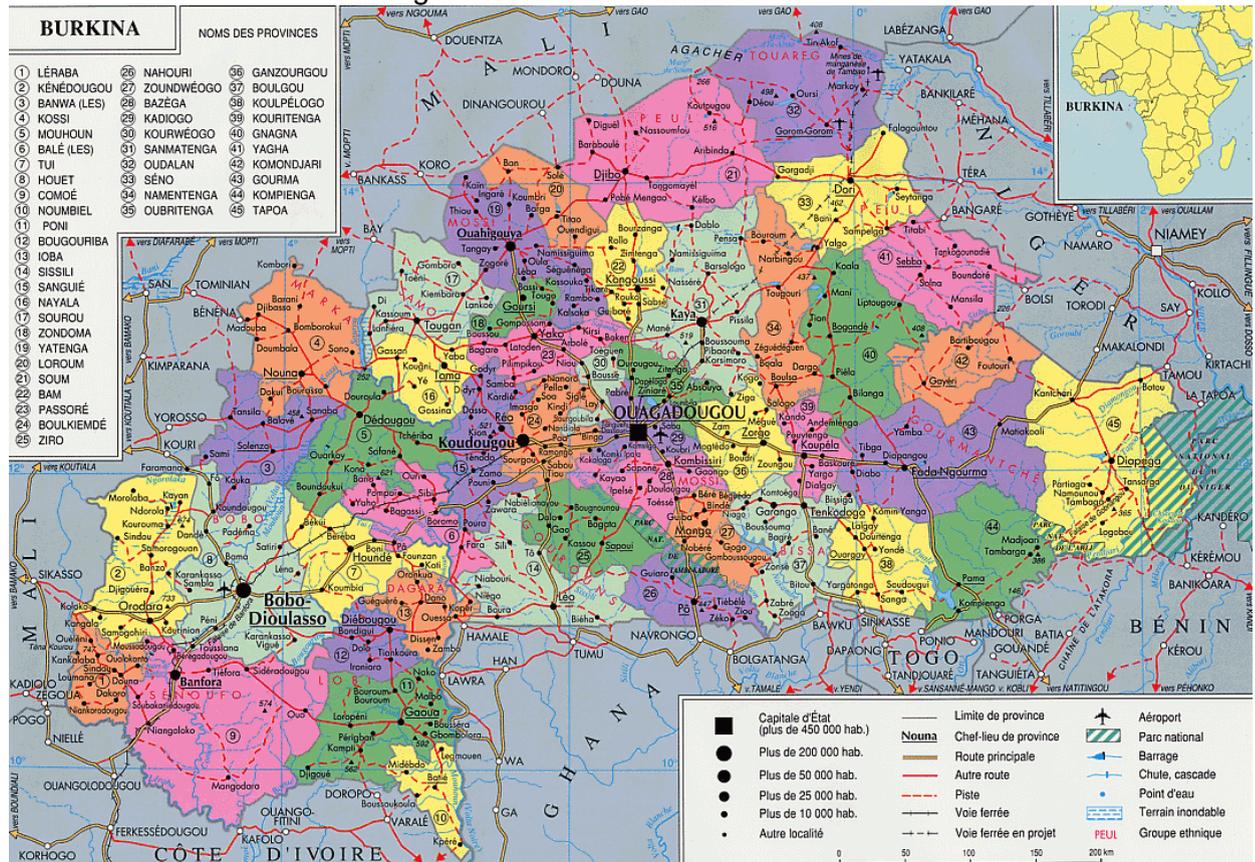
	Mars/Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
Envoi de la liste de renseignements à fournir pour cartographier Ouagadougou: ☞ OMS Genève: groupe public Health Mapping ☞ OMS Burkina: correspondant local à <b>Ouagadougou</b>					
Changement de lieu de projet: <b>Casablanca</b>					
Tentative de cartographie pour la DRASS de Besançon					
Changement de projet: <b>Ouagadougou</b>					
Rédaction du rapport					

## 2.3 Présentation du pays pilote

Le lieu du stage se déroule à l'OMS de Genève, et le pays étudié dans ce mémoire est le Burkina Faso. Faute d'une expérience de terrain dans ce type de pays en voie de développement, une documentation et une description s'avère indispensable pour appréhender le contexte local qu'il soit géographique, politique, ou sanitaire.

Le Burkina Faso, « Pays des Hommes Intègres » en langue moré, est un pays continental d'Afrique saharienne situé entre les parallèles 9°20' et 15°20' de latitude Nord et les méridiens 5°30' Ouest et 2°30' Est. Par sa latitude, le Burkina Faso est sous un climat tropical de type soudanien dans lequel alternent deux saisons de longueurs inégales. Une longue saison sèche (octobre à avril), due au passage d'un flux d'air sec, suivie d'une courte saison humide (mai à septembre) due au flux provenant des hautes pressions océaniques de l'hémisphère sud qui déclenche la saison des pluies. Les précipitations sont faibles et conditionnées par la montée du Front Inter Tropical, en moyenne il tombe 708 mm d'eau par an. La superficie du Burkina Faso est de 274 200 km<sup>2</sup>, il comptait 11,94 millions d'habitants en 2000, avec un taux de croissance annuel de 2.7%. La durée de vie moyenne des Burkinabé est de 45 ans et le taux de mortalité des enfants de moins de 5 ans en 2000 est de 207 morts/1000 naissances. [29]

Figure 1: carte du Burkina Faso



La ville de Ouagadougou, la capitale compte presque 1 million d'habitant avec un taux de croissance de 5% par an. La ville est un pôle d'attraction pour la population jeune des villages environnants espérant y trouver un travail.

Suite au phénomène d'urbanisation en Afrique, les populations citadines se retrouvent dans des milieux nouveaux, denses et hétérogènes où les disparités socio-spatiales sont accrues. Sur le plan sanitaire, les problèmes relèvent aussi bien des pathologies qui affectent les populations que des équipements et des soins. On dit souvent que l'offre de soins est meilleure en ville qu'à la campagne mais encore faut-il que les populations accèdent à cette offre et surtout, que celle-ci soit en mesure de prendre en charge les maladies qu'elle dépiste. A Ouagadougou, la situation sanitaire est dominée par les problèmes d'approvisionnement en eau potable et d'assainissement accompagnés d'une pollution atmosphérique très importante. [30]

Des normes nationales sur la qualité de l'eau existent et sont les mêmes que les valeurs guides de l'OMS. En générale, la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine est mieux respectée dans les systèmes de production d'eau urbaine que dans les systèmes ruraux.

Cette ville est constituée de 5 communes organisées sur une trentaine de secteurs. Le découpage de ces secteurs en quartier existe, mais reste difficile à localiser.

Figure 2: photographie d'une partie de la ville de Ouagadougou

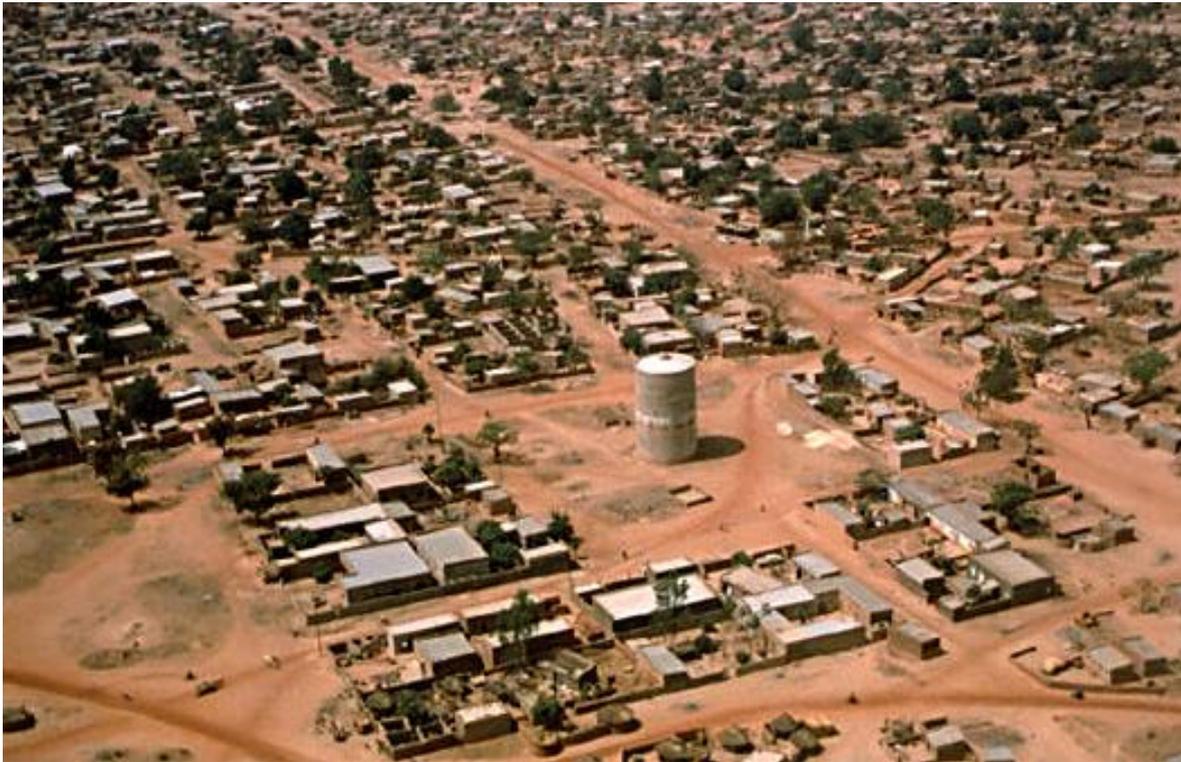


Figure 3: dépôts sauvages de déchets à proximité d'une zone facilement inondable



**EN RESUME:**

Le travail de cartographie repose sur le recueil des données mises à disposition par les partenaires de l'étude. Sans ces données il n'y a pas de cartographie possible!

### 3 MATERIEL

Pour étudier l'apparition d'épidémie à travers les combinaisons de plusieurs composantes géographique, sanitaire, urbaine, environnementale, le SIG permet le passage de la **donnée** à **l'information**.

Quel est le système d'information cartographique développé et utilisé par l'OMS et quelles sont les bases de données épidémiologiques qui sont déjà disponibles à l'Organisation Mondiale de la Santé?

#### 3.1 Outil cartographique de l'OMS: HealthMapper

##### 3.1.1 Idées à la source de HealthMapper

La cartographie sanitaire est aussi ancienne que l'épidémiologie, remontant aux premières cartes établies par un pionnier, le Dr. John SNOW. En 1854 pour tracer l'origine de l'épidémie de choléra à Londres, il fit l'hypothèse que le choléra était transmis par l'eau de distribution. Il étudia précisément les distributions d'eau respectives entre deux compagnies productrices d'eau. Il fit le descriptif des populations ainsi desservies, ce qui lui permit d'établir une carte de la fréquence et de la distribution du choléra. Il établit ainsi le facteur responsable de l'épidémie de choléra: elle était liée à la distribution d'une des deux compagnies. En effet, il montra que lorsque la compagnie Lambeth changea le lieu de captage de son eau de distribution à un lieu de la Tamise non encore contaminée par les égouts, l'eau de cette compagnie semblait sûre, alors que celle de l'autre compagnie (Southwark and Vauxhall) était captée à un endroit de la Tamise fortement contaminée. [31]

Depuis, des cartes simples ont été utilisées pour suivre la propagation de maladies, identifier leurs origines, déterminer les endroits impactés ainsi qu'estimer le risque épidémique.

L'OMS a créé en 1997 "HealthMapper", il s'agit d'un système d'information géographique (SIG), c'est-à-dire un logiciel qui combine un système de gestion de base de données et des applications géographiques. Les idées qui ont menées à la création de HealthMapper sont les suivantes:

Donner aux utilisateurs de la santé publique une base standardisée de données, contenant des informations sur les limites administratives (régions, départements, communes), les routes (principales et secondaires), les villes et les villages, les centres de soin, les écoles et les points d'eaux potables, les facteurs environnementaux (lac, rivière, relief, parc) ainsi que les informations de base sur la population (densité de population, taux de mortalité,...). L'ensemble de ces données cartographiées permet de mettre en avant des tendances qu'il serait beaucoup plus difficile d'établir par des tableaux de données. [32]

En offrant gratuitement le HealthMapper, l'utilisateur du pays va pouvoir créer lui-même ses cartes, tableaux, graphiques à partir des données initialement contenues dans HealthMapper et y combiner ses propres données.

La cartographie permet de cartographier les problèmes de santé publique en relation avec le milieu environnant. Une planification des actions à mener est directement visualisable.

##### 3.1.2 Composants et éléments clé de HealthMapper

Le système est basé sur le même moteur cartographique (Map Object 2<sup>®</sup>) que celui utilisé par ArcView<sup>®</sup> de la compagnie ESRI. Ainsi, le HealthMapper est compatible avec ArcView<sup>®</sup>, ce qui signifie que les données ainsi que les cartes de base digitalisées du HealthMapper (format Shapefile, ArcView<sup>®</sup>) peuvent être exportées et utilisées séparément dans Arcview<sup>®</sup>.

Arcview<sup>®</sup> fonctionne sous Windows<sup>®</sup>, ce qui permet sa diffusion dans les pays partenaires du programme. Les bases de données sont lisibles avec Access<sup>®</sup> et Excel<sup>®</sup>.

Le HealthMapper se compose d'une base de données géographique standardisée, une interface cartographique, un gestionnaire de données. [33]

#### a. Base de données du HealthMapper

L'un des éléments essentiels du HealthMapper est sa base centrale de données géographiques. Elle repose sur le recueil et la standardisation de données de chaque pays et est composée des éléments développés dans la partie 3.2.2.

#### b. Interface cartographique

L'interface cartographique permet aux utilisateurs de créer des cartes interactives et des graphiques, leur permettant ainsi de visualiser et d'analyser leurs données.

Les différents composants de l'interface cartographique permettent à l'utilisateur de:

☞ Créer des cartes thématiques de:

- ◆ Couleurs graduées;
- ◆ Symboles proportionnels;
- ◆ Valeur unique;
- ◆ Densité de points.

☞ Créer des graphiques interactifs (histogrammes).

☞ Créer, sauvegarder et réutiliser un ensemble de « favoris »

☞ Sélectionner des éléments puis facilement les localiser sur la carte, mesurer les distances, faire des zooms et bouger (pan) le fond de carte.

☞ Surimposer des couches additionnelles telles que le relief, les routes, les rivières les centres de santé et les écoles.

☞ Créer des zones d'attraction (buffers) autour d'éléments sélectionnés (autour des centres de santé, des écoles, des villages, des points d'eau potable).

☞ Calculer des taux spécifiques (p.ex. calculer la population, les nombres de cas au sein d'une zone d'attraction).

☞ Créer des graphiques interactifs à partir des cartes pour estimer les tendances à travers le temps ou comparer les indicateurs entre différentes zones géographiques.

#### c. Gestionnaire de données (DataManager)

Le gestionnaire de données a été conçu et développé pour faciliter l'utilisation de fonctions classiques de gestion des données dans le domaine de la santé publique.

Le gestionnaire de données est une interface permettant aux utilisateurs de lier les indicateurs utilisés par leur programme à la base centrale de données géographiques, afin de pouvoir ultérieurement cartographier et analyser ces données.

Exemple d'indicateur: taux brut de mortalité par province du Burkina Faso en 2001

Ainsi, les utilisateurs peuvent entrer leurs données à différents niveaux géographiques sanitaires (les centres de santé, district sanitaire, région sanitaire) et administratifs (pays,

province, département, ville, village). Le gestionnaire de données leur permet également de mettre facilement à jour leurs données.

### 3.1.3 Autres outils nécessaires à la cartographie

#### a. GPS: Outil de collecte de données sur le terrain

Lors de la collecte de donnée géographique (village, école, centre de santé, point d'eau,...) il est important de connaître et positionner aussi précisément que possible la latitude et longitude de ces diverses informations.

C'est le GPS (Global Positioning System) qui va nous permettre de connaître la latitude et longitude de chacun des points que l'on cherche à mesurer.

Le GPS est un système de localisation par satellites, développé par le Service de défense des États Unis (US Department of Defense). Le GPS est un récepteur qui fonctionne grâce à 24 satellites qui tournent constamment autour de la terre et qui émettent des signaux. Lorsque ces signaux sont reçus par l'utilisateur d'un GPS, ils lui permettent de se situer sur la terre. Toutes les données géocodées pourront ensuite être transférées directement dans le HealthMapper. [34]

#### b. Fond de plan: Carte satellitaire

Pour toute cartographie, un fond de plan servant de support au SIG est nécessaire.

Il a été prévu qu'une image du satellite SPOT 5 serve de fond de plan à la cartographie de la ville de Ouagadougou. Cette image doit permettre de superposer quelques informations clés visualisées depuis le satellite: la délimitation de la ville, les routes principales et secondaires, les parcs, les lacs et les différentes lignes d'eau.

C'est Jena-Optronik, une entreprise allemande spécialisée dans les systèmes optiques et les applications aérospatiales, qui se charge de nous fournir cette image satellite retravaillée et orthorectifiée (chaque point de la carte est représenté par des coordonnées géographiques). Cette image sera directement intégrée dans le HealthMapper sous format jpeg.

Malheureusement, l'acquisition de cette image satellite n'a pas pu se faire sur la période de la réalisation de ce mémoire. L'annexe 2 présente une image satellitaire brute (sans le traçage des routes ou la délimitation de la ville, etc.) donc non exploitable directement comme fond de plan.

Une alternative pour me permettre de continuer à travailler sur cette étude a été de trouver des images sur des sites spécialisés d'Internet. L'objectif étant d'obtenir au moins une carte géoréférencée lisible de la ville de Ouagadougou.

Pour connaître les coordonnées géographiques de la ville de Ouagadougou, un site spécialisé est utilisable à l'adresse suivante:

[http://www.getty.edu/research/conducting\\_research/vocabularies/tgn/](http://www.getty.edu/research/conducting_research/vocabularies/tgn/)

Une fois la latitude et la longitude connues pour la ville de Ouagadougou, le site Internet suivant <http://qlcf.umiacs.umd.edu/index.shtml>, nous permet de télécharger gratuitement des cartes. Or, les cartes de la ville de Ouagadougou disponibles sur ce site, n'étaient pas assez précises et lisibles pour être exploitables.

Contre toute attente, ce sont les images extraites d'une publication sur l'évaluation du potentiel d'information géographique des images satellites de SPOT5, trouvées sur Internet qui serviront de fond de plan cartographique. Les images extraites de cette publication sont claires et lisibles, mais pas géoréférencées. L'annexe 2 est un exemple d'image trouvée dans cette publication. [35]

## 3.2 Analyse préliminaire des bases de données disponibles à l'OMS

La réalisation de la cartographie de la ville de Ouagadougou nécessite de disposer de multitude de données, dont les données des cas épidémiques. L'OMS dispose d'une banque de données épidémiques. Nous allons la passer en revue pour voir si elle peut correspondre aux exigences de notre étude. Si ce n'est pas le cas, nous verrons pourquoi.

### 3.2.1 Banque de données sanitaires des épidémies

L'OMS dispose de banque de données épidémiques pays par pays pour toutes les maladies transmissibles. Une équipe Epidemiology Strengthening Team (EPS), est chargée quotidiennement de faire remonter les problèmes épidémiques recensés dans tous les pays du monde. Hormis l'ensemble de ces informations pouvant être communiquées par le ministère de la Santé, le logiciel GPHIN (Global Public Health Intelligent Network) permet également de détecter des épidémies à l'échelle de la planète. Ce réseau d'information sélectionne par mots clés (liés au jargon des maladies infectieuses) des articles parus sur le Net, écrit par les journaux, les médias, les ONG. Une fois ces articles sélectionnés, la véracité de chacune de ces informations épidémiques est vérifiée, via la confirmation de plusieurs acteurs: acteurs locaux en santé publique, bureaux régionaux de l'OMS (bureau régional de l'OMS en Afrique:AFRO, bureau régional en Amérique:AMRO, bureau régional Est Méditerranéen: EMRO, bureau régional en Europe: EURO, bureau régional Sud Est Asiatique: SEARO, bureau régional du Pacifique Ouest: WPRO) et chacun des bureaux nationaux disposant d'information, les ONG, les centres collaborateurs de l'OMS.

Puis l'ensemble des informations est publié hebdomadairement dans le relevé épidémiologique hebdomadaire (REH) avant d'être stocké dans une banque de données épidémiques, facilement consultable sous Excel. [36]

Le Relevé épidémiologique hebdomadaire (REH) et la base de données informatisée permettent de diffuser de façon précise et rapide des informations épidémiologiques sur les cas et les flambées régies par le Règlement sanitaire international.

#### a. Définition d'une épidémie

Seul, les cas correspondants à des flambées suspectes sont notifiés. Si un soignant constate que le nombre de cas ou de décès augmente pendant une période donnée, dans un lieu donné, et pour une saison climatique donnée, alors le problème sera notifié à un échelon supérieur.

Pour savoir quand notifier le cas, les agents sanitaires se servent de tableaux récapitulatifs sur les directives relatives aux maladies et affections prioritaires spécifiques. Se reporter à l'annexe 1.1 pour le choléra, l'annexe 1.2 pour la diarrhée sanguinolente (Shigellose), et l'annexe 1.3 pour la diarrhée avec déshydratation chez les enfants de moins de 5 ans.

Quand un cas est constaté, un ensemble d'information est notifié: l'identification du patient, la date de début de maladie, la date d'arrivée dans l'établissement, la date de sortie, la ville ou le village, l'âge, le sexe, le diagnostic, le traitement et le devenir du malade.

#### b. Notification des épidémies

Une fois par semaine, au niveau des centres de santé et de promotion sociale (CSPS), une synthèse des données relatives aux cas et aux décès est communiquée aux districts sanitaires.

La figure 4 présente la circulation de l'information pour la déclaration des cas épidémiques de maladies infectieuses.

Ce Processus de remontée d'information du patient jusqu'à l'OMS de Genève ne retranscrit pas la toute la réalité épidémique.

En effet, une requête a été effectuée dans cette base de données, pour la période de 1998 à 2003 au Burkina Faso et pour différents types d'épidémies recensés (choléra, syndrome aigu

diarrhéique, fièvre typhoïde). Seule 3 épidémies correspondaient à notre requête, mais aucune d'entre elles n'étaient localisées à Ouagadougou! Or, sur 6 ans, il n'est pas vraisemblable de trouver que 3 épidémies d'origine hydrique sur tous le pays du Burkina Faso...malheureusement!!

Même en considérant que la requête nous ait indiqué des épidémies sur la ville de Ouagadougou, ces données n'auraient pas pu être exploitables: la seule localisation géographique précisée dans la requête est celle du district sanitaire (or, sur toute la ville de Ouagadougou, il y a 4 districts sanitaires, les informations fournies par district sanitaire ne sont donc pas suffisamment fines pour réaliser une cartographie étiologique des facteurs de risque/épidémie).

### c. Performance de cette base de données

Suite à plusieurs interviews avec des membres de Epidemiology Strengthening Team, plusieurs raisons ont été mise en avant pour expliquer l'écart de cette faible notification avec ce qui peut se passer sur le terrain:

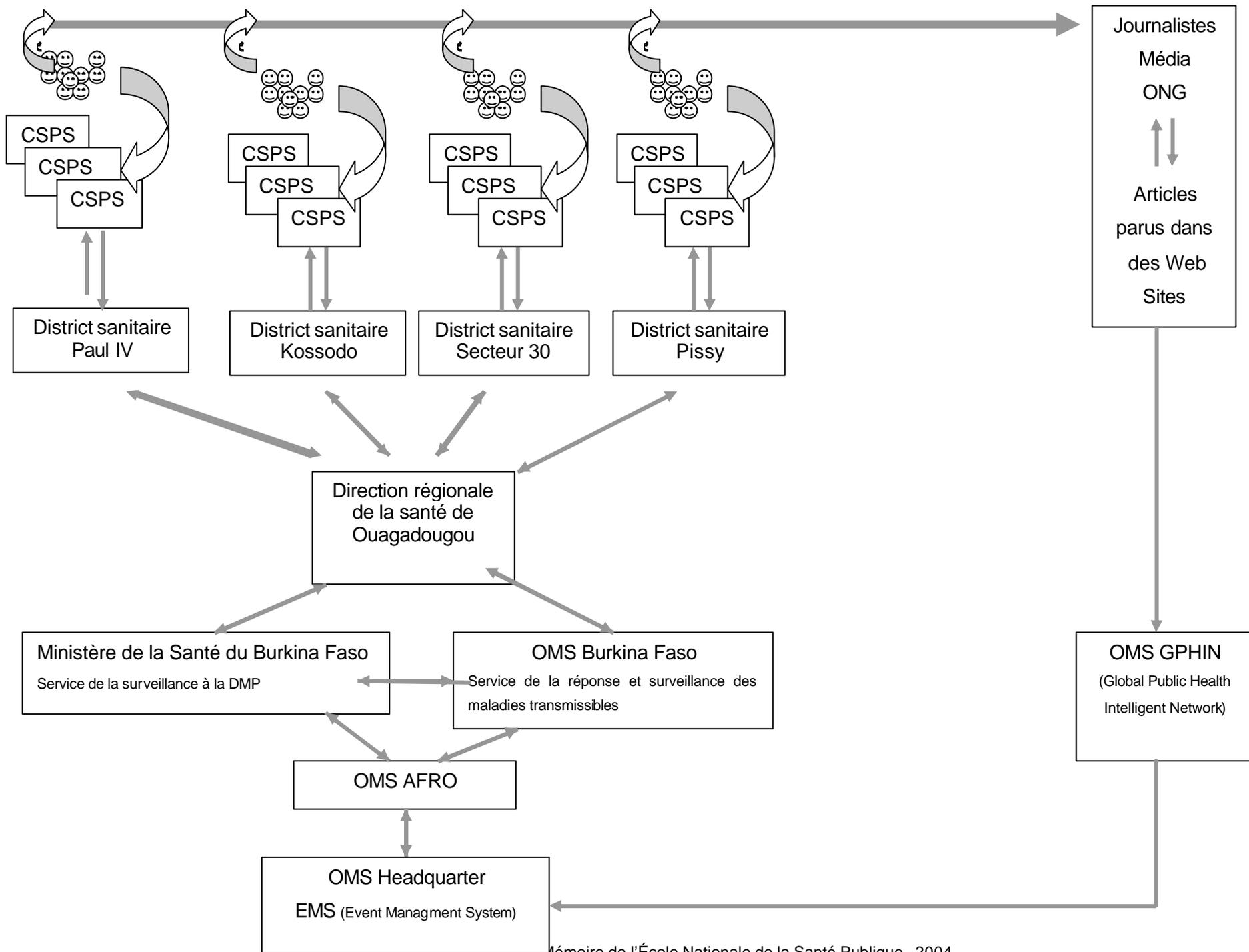
En considérant que les malades se font soigner dans des centres de soins, **la non notification de cas** sur le terrain, peut être liée à :

- La connaissance de la juste limite entre seuil épidémique et endémique. La difficulté consiste à notifier les cas épidémiques quand ils le sont vraiment, en évitant la sous notification,
- L'auto-médicamentation de nombreuses personnes malades qui ne vont pas se faire soigner dans un centre de santé.
- La transmission des données à un échelon supérieur se fait généralement par les structures publiques et plus rarement par les structures privées.
- La notification paraît rébarbative aux yeux des soignants de terrain. Cette tâche administrative supplémentaire n'est pas motivée par une contribution salariale supplémentaire.
- La sensibilisation des agents à cette notification, n'est pas initiée par une formation spécifique.
- Les réticences politiques des centres de santé les conduisent à une non-divulgaration de leur situation sanitaire par peur de la comparaison de performance entre les différents centres.
- Des problèmes matériels (cahier, crayon, ...) peuvent empêcher, plus rarement, la notification de cas.
- L'agrégation et la simplification des données au moment où elles doivent passer à un échelon supérieur conduisent à une perte d'information. C'est pour cette raison qu'à l'échelon national, les cas épidémiques ne sont plus référencés par l'adresse du patient mais par le nom du district sanitaire ayant accueilli le patient malade.

Malgré ces quelques remarques, il est très important de souligner que ces données épidémiques ont le mérite d'exister et que ce système de surveillance permet chaque année d'éviter la propagation de centaines de foyers épidémiques. C'est précisément à ce niveau que le Healthmapper devrait s'imposer, car il permettrait de standardiser et d'automatiser les données.

Vu que pour cette étude nous désirons obtenir des informations plus précises qu'à l'échelle du district sanitaire, une demande préalable doit être effectuée auprès du ministère de la santé du Burkina Faso. Par voie hiérarchique, c'est le ministère de la santé qui doit se charger de demander aux 4 districts sanitaires de la ville de Ouagadougou de collecter les différentes informations relatives aux épidémies d'origine hydrique.

Figure 4: Remontée de l'information concernant les épidémies d'origine hydrique de Ouagadougou



### 3.2.2 Base de donnée contenue dans le HealthMapper

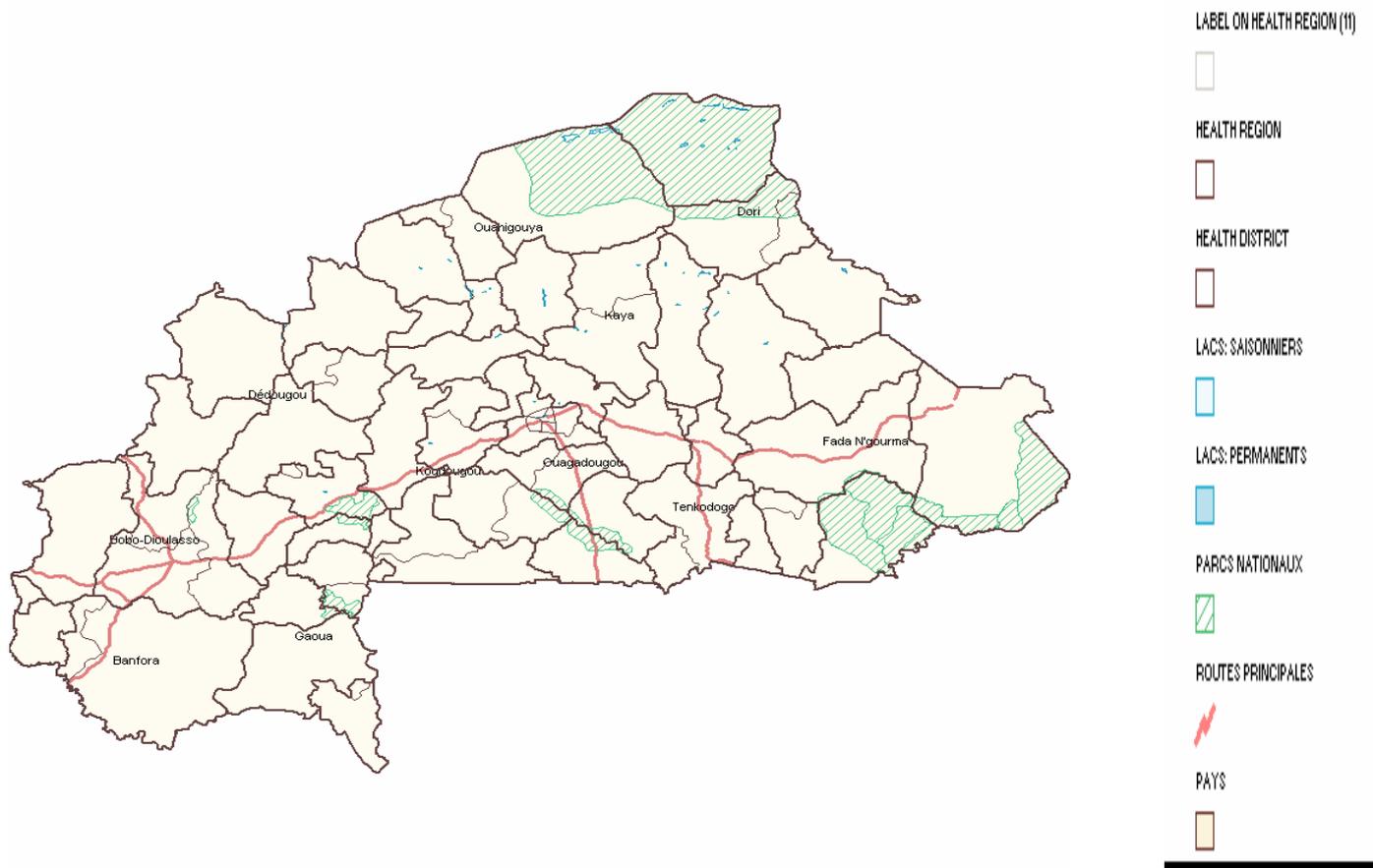
Le HealthMapper est actuellement utilisé pour aider différents programmes en santé publique, dans plus d'une soixantaine de pays membres à l'OMS. [37]

L'ensemble des éléments de chacune de ces 60 bases de données doit être géoréférencés (latitude, longitude) pour pouvoir être positionnées sur une carte. Cette base repose sur le recueil de données mis à jour en continu et est composée des éléments suivants,

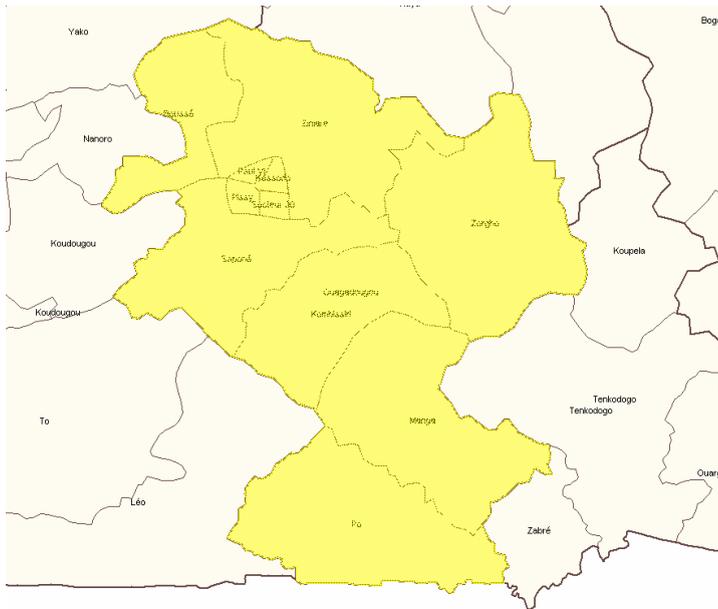
A l'échelon national, en choisissant parmi l'un des pays proposé, on peut avoir accès aux:

- limites géographiques administratives (pays, province, département, ville, village),
- limites géographiques sanitaires (district sanitaire, région sanitaire),
- routes, rivières, forêts et relief,
- infrastructures sanitaires,
- points d'eau potable,
- densité de population : par niveaux administratifs,

Figure 3 Exemple de carte donnée par HealthMapper: à l'échelle nationale du BURKINA FASO



A titre d'exemple, sur cette carte on a visualisé les principales routes qui traversent le pays et qui passent par la capitale, Ouagadougou. En vert hachuré sont représentés les parcs nationaux, en bleu l'ensemble des lacs. Les régions de santé sont marquées d'un contour épais marron, les districts sanitaires sont présentés en marron moins épais.



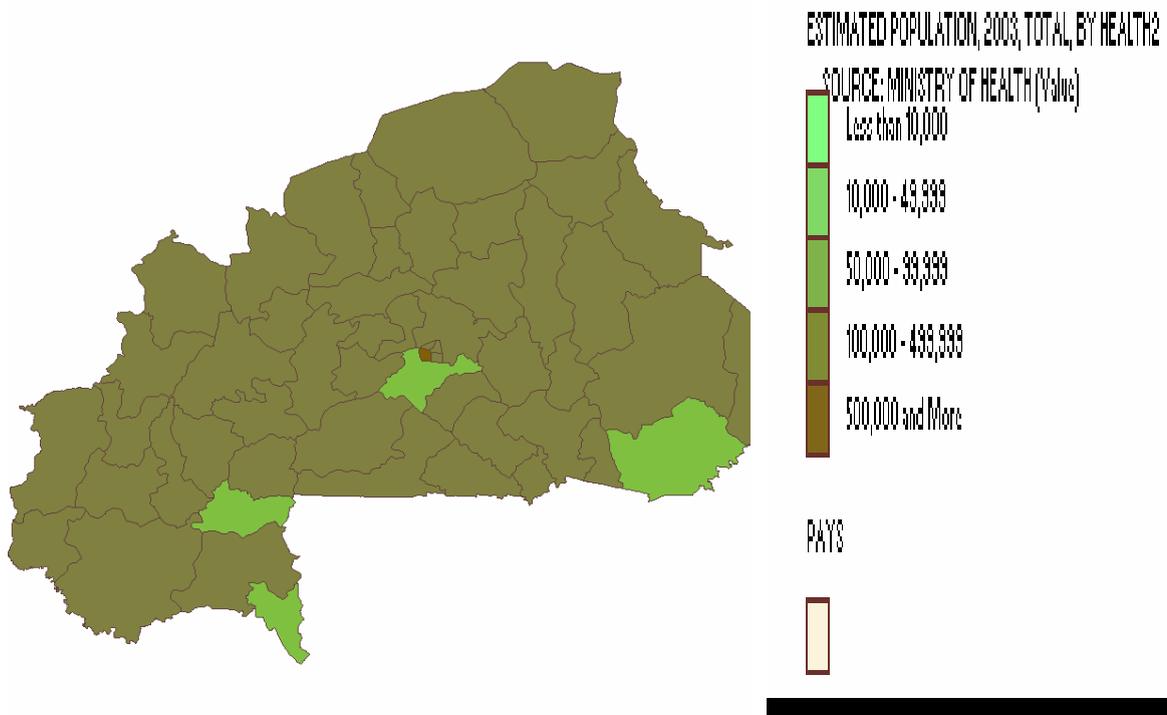
Le HealthMapper permet de sélectionner un ou plusieurs éléments. Ici est représenté la région sanitaire de Ouagadougou, dans lequel on voit se dessiner 11 districts sanitaires dont 4 sont localisés dans l'espace urbain et périurbain de la ville de Ouagadougou (Paul VI, Kossodo, Pissy, Secteur30).

Figure 4: Région sanitaire de Ouagadougou et ses 11 districts sanitaires.

D'autres données thématiques contenues dans le HealthMapper permettent de créer des cartes avec des couleurs graduées suivant les niveaux administratifs (province, département) ou les niveaux de santé (région sanitaire, district sanitaire).

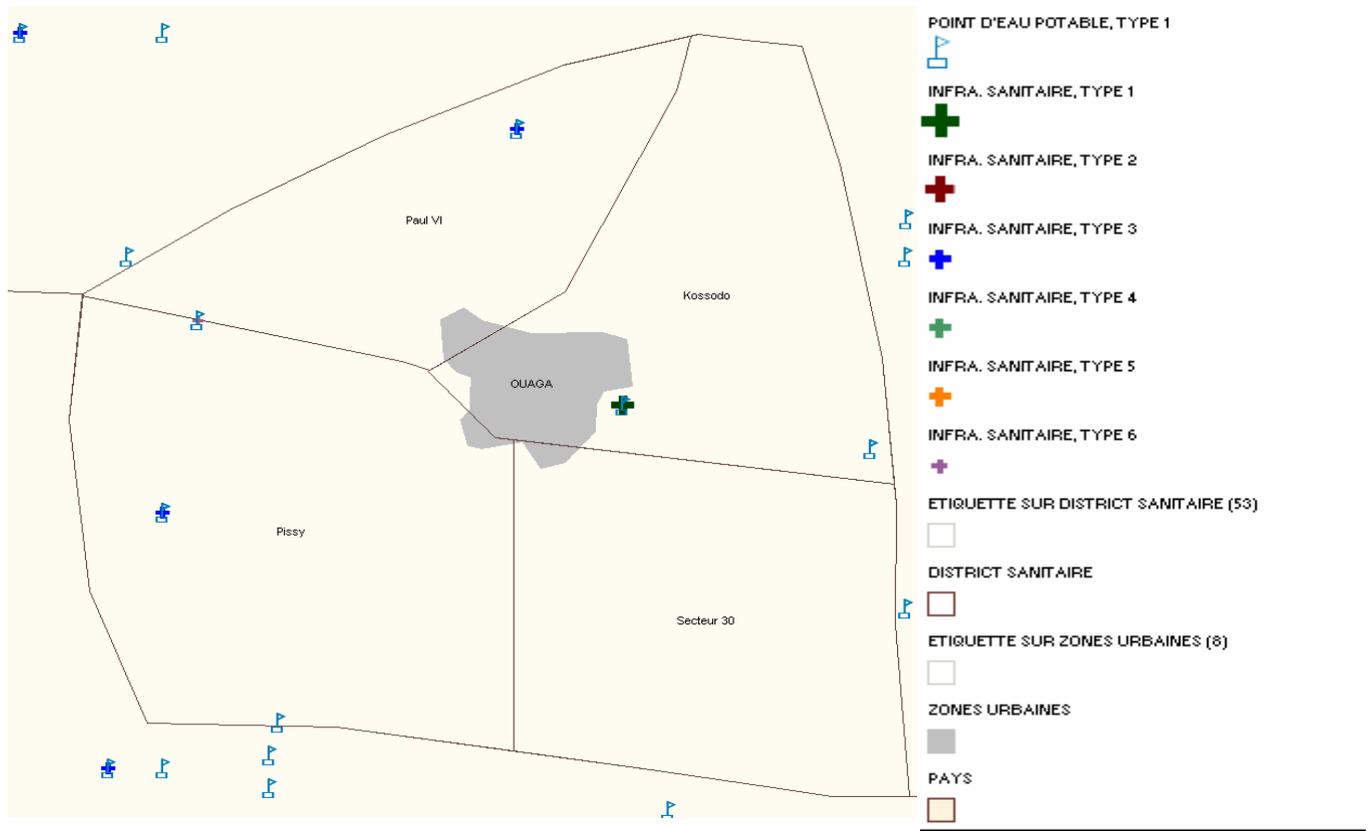
La carte thématique de la figure 5 présente la population estimée par district sanitaire. Alors que la circonférence des 4 districts sanitaires de Ouagadougou ne représente même pas 85 km, ces districts comptent entre 100 000 à 499 999 habitants, le district sanitaire de Pissy compte même une population supérieure à 500 000 habitants.

Figure 5. Carte thématique de la population estimée par district sanitaire en 2003.



En zoomant sur la zone urbaine de Ouagadougou, zone grisée de la figure 6, on s'aperçoit qu'aucune donnée n'est disponible, que ce soit au niveau des centres de soins, des points d'eau ou tous autres paramètres.

Figure 6: Carte de la ville de Ouagadougou et de ses districts sanitaires



Pour obtenir des informations à l'échelle de la ville, nos partenaires devront nous fournir des renseignements suffisamment précis pour nous permettre de comprendre la répartition géographique d'épidémies dans la ville.

Toutes les données qui seront susceptibles de nous être utiles devront être soit construites si elles n'existent pas encore, ou soit être recueillies auprès des acteurs concernés (OMS du BURKINA, Ministère de la santé du BURKINA, ONEA) si ces données existent.

#### EN RESUME:

HealthMapper est un outil cartographique qui exploite les données pour les convertir en information directement exploitable pour le décideur. Pour travailler à un échelon national et régional, HealthMapper est un outil très riche d'information, mais pour une étude à l'échelle de la ville, cette base de donnée est insuffisante et nécessite d'être complétée.

L'analyse préliminaire des données épidémiologiques de EPS ne révèle aucune trace d'épidémie à Ouagadougou de 1998 à 2003.

Toutes les données relatives à la ville de Ouagadougou devront être construites ou répertoriées assez rapidement par nos partenaires de terrain, puis ces données nous seront relayées pour leur insertion dans le SIG. La construction de cette base étant le pilier de l'étude, un renforcement des relations avec le Ministère de la santé et l'ONEA s'impose.

## 4 METHODOLOGIE DE TRAVAIL

### 4.1 Élaboration de la méthode de travail

Comprendre la répartition géographique des épidémies d'origine hydrique et utiliser le SIG comme outil d'aide de décision nécessitent de passer par certaines étapes:

① Définir les données à cartographier:

- ☞ Quels sont les facteurs de risque à l'origine de l'apparition d'épidémies liées à l'eau?
- ☞ Quelles sont les données rétrospectives sur les épidémies hydriques?

Nous avons analysé quelles sont les données déjà disponibles dans les bases de données de Health Mapper et dans la banque de données des épidémies sanitaires de l'OMS. Comme nous l'avons constaté dans les parties 3.2.1 et 3.2.2, aucune information n'est directement disponible à cette échelle de précision. Toutes les bases de données nécessaires à ce travail devront donc être construites ou relayées (Annexe 5).

② Recueillir des données jugées nécessaires sur la ville de Ouagadougou.

- ☞ Quels seront les acteurs relais de l'information?

③ Exploitation et analyse des données via le SIG

- ☞ Où est localisée la population sensible et vulnérable?
- ☞ Où sont les épidémies et les facteurs de risques?
- ➡ Où sont les zones à risque?

④ Évaluer l'intérêt et les limites de l'outil cartographique dans la prise de décision du décideur.

### 4.2 Hypothèses sur les facteur de risque

Les épidémies d'origine hydrique sont complexes car multifactorielles, elles dépendent aussi bien de l'état de santé de l'individu, des conditions d'hygiène, de l'environnement (salubrité de l'habitat, accès aux services de base, ...), de la politique du pays (guerre, malnutrition, ...). Il n'est donc pas envisageable de cartographier tous les facteurs favorisant le déclenchement de ce type d'épidémie. L'analyse spatiale et temporelle des cas et des décès devra être associée à la présence ou à l'absence de ces hypothèses de risque. Une partie de l'annexe 3.1 récapitule les données épidémiques rétrospectives (3 ans) demandées auprès du ministère de la Santé du BURKINA FASO.

A l'issu des divers entretiens avec des membres de l'OMS, les facteurs de risque gérables par l'Homme retenus pour cette cartographie sont les suivants:

#### 4.2.1 Facteurs de risque liés aux manque d'accès aux soins

a. L'offre de soins

L'offre de soins offre une large gamme d'infrastructures sanitaires et de soignants, on peut citer les pharmacies, les officines privées, les structures de soins privées et publiques, ...). Est-ce que ces infrastructures sont à des distances accessibles pour tous? Y at-il une disparité importante par secteur pour le ratio densité de population/offre de soins? Est-ce que la non accessibilité se retranscrit en terme d'excès de cas?

b. Les campagnes de vaccination

Qui sont les cibles de ces campagnes? Quelles zones géographiques bénéficient de vaccination et quand ont-elles eu lieu? Tire t'on un bénéfice de ces campagnes?

L'annexe 31 récapitule les données qui ont été demandées au ministère de la santé et à l'OMS du Burkina Faso. Par souci de simplification du recueil de données, seules les maladies d'origine hydrique bactérienne (choléra, shigellose, fièvre typhoïde,...) sont considérées pour le recueil des épidémies.

#### **4.2.2 Facteurs de risque liés aux caractéristiques de l'urbanisme**

L'état de santé d'une population découle en particulier des modes de mises en valeur du milieu, des formes d'agencement de l'espace et des processus de contrôle du territoire. L'espace urbain sera donc décrit du point de vue des faits de santé en montrant les combinaisons spatiales de facteurs de risque (densité de population, habitat, promiscuité...).

##### **a. Indicateurs socioéconomiques**

Pour faire face au taux de croissance galopant de 5%/an dans la ville de Ouagadougou, de nombreux logements informels ont vu le jour. Où sont situés ces habitats précaires? La pauvreté peut être le reflet d'un sous investissement de l'infrastructure sociale et économique. La pauvreté se traduit par un manque de ressource, telles que l'accès à l'éducation, aux loisirs et à l'emploi, qui à son tour peut entraîner une dégradation et une fragmentation du tissu socioéconomique de la société.

Ces désavantages socioéconomiques comprennent en outre, le développement malsain des enfants. Deux chercheurs canadiens, Karen Hayward et Ronald Colman, ont montré que les inégalités sociales et économiques entraînent une augmentation de la prévalence des risques pour la santé. [38].

Quel est le pourcentage de population illettrée par secteur ou commune?

La population qui vit en dessous du seuil de pauvreté est-elle confinée dans une zone géographique spécifique? Est-ce que la zone de pauvreté correspond aux habitats informels?

##### **b. Indicateurs démographiques**

Ce type d'indicateur caractérise la population et permet de comparer par secteur ou par commune le taux de croissance annuel (%), l'espérance de vie, le taux moyen d'enfant par femme. Y'a-t-il une tendance générale qui pourrait ressortir entre ces indicateurs et la fréquence d'apparition d'épidémie?

##### **c. Salubrité**

Dans l'optique de cartographier l'état de salubrité de la ville, il serait intéressant de savoir où sont localisées et voir s'il est possible de recenser les décharges légales d'ordures ménagères et celles qui sont sauvages (illégales, et souvent source d'insalubrité). Le manque d'hygiène et les odeurs associées à ces types d'endroits font que l'on peut y rencontrer des mouches, rats, moustiques et agents principaux de transmission de maladie. Le climat et la saison des pluies sont des facteurs aggravants à cette source de contamination potentielle.

Les tas d'ordures jonchant sur les trottoirs sont des obstacles à l'écoulement normal des eaux pluviales dans les caniveaux.

##### **d. Autres caractéristiques**

En trop grande ou en trop faible quantité, l'eau est le plus souvent corrélée à l'état de santé de l'Homme. Y'a-t-il déjà eu des inondations de certains secteurs de la ville de Ouagadougou qui serait responsable de l'augmentation de cas de maladies recensées? A l'inverse, y'a-t-il des points d'alimentation en eau qui sont marqués périodiquement par des pénuries en eau? Et dans ce cas, quelle est la population qui est touchée?

L'annexe 3.2 récapitule les données relatives à ces questions d'urbanisation.

### **4.2.3 Facteurs de risque liés à l'environnement**

#### **a. L'assainissement**

A l'heure actuelle, il n'existe aucun réseau d'évacuation des eaux usées, sauf dans une partie du cœur de la ville où l'ONEA y travaille actuellement, mais malheureusement cela reste dérisoire par rapport à l'ensemble de la ville. Où sont localisés les autres ouvrages d'assainissement (latrines et autres zones de défécation)? La distance moyenne entre l'ouvrage d'assainissement et les puits doivent être situées à plus de 15 m (norme minimale prescrite par l'OMS). Une distance plus courte est plus propice à une contamination des eaux (puits: souvent peux ou pas protégés) par les ouvrages d'assainissement. L'idéal serait de connaître la localisation et la distance de ces ouvrages d'assainissement. Mais en pratique, il s'avère très difficile de les recenser.

#### **b. Eaux destinées à la consommation humaine**

Les informations du SIG doivent nous permettrent de localiser les différents modes d'approvisionnement en eau potable de la ville de Ouagadougou: puits, forages, abonnés au réseau d'eau potable, bornes fontaines.

En revanche il ne sera pas possible de répondre à des questions plus qualitatives qui sont plutôt du ressort d'un questionnaire: Quelle en est leur utilisation (consommation, cuisson, lessive,...)? Quels sont les traitements effectués avant consommation (filtre, faire bouillir l'eau, désinfectant...)? Quelle est la raison qui pousse les habitants à ne pas utiliser l'eau du réseau (prix, problème d'accès, perception d'une eau contaminée, ...)? Quels sont les prix appliqués au m<sup>3</sup> ? Y a-t-il des problèmes liés aux ouvrages: problème d'accès, problème de gestion des ouvrages (entretien, maintenance), problème de la qualité de l'eau en sortie du réseau: qualité microbiologique? Temps de séjour ?

Ces différents aspects sont concentrés dans un questionnaire situé à l'Annexe 4 Cette annexe n'a pas été diffusée car les différents aspects évoqués ne peuvent pas être pris en compte vu le temps imparti par ce mémoire.

L'annexe 3.3 récapitule les données sur l'eau et l'assainissement qui ont été demandées à l'ONEA.

### **4.3 La contribution de chaque acteur dans l'étude**

L'annexe 5 présente l'intérêt de chacun de nos partenaires à contribuer à cette étude, et le rôle de chacun d'entre nous pour le bon déroulement de ce projet.

L'un des rôles de l'OMS de Genève est d'encourager l'obtention rapide des données et de trouver de nouveaux partenaires qui seraient susceptibles de collaborer et de nous fournir les informations dont ils disposent.

C'est au cours de cette phase préliminaire d'identification et de localisation des informations nécessaire à notre étude cartographique, que j'ai eu l'occasion de discuter avec une membre de l'Institut de Recherche et de Développement (IRD) qui a travaillé pendant plusieurs années sur un programme au Burkina Faso centré sur les disparités spatiales de santé dans la ville de Ouagadougou.

Cette rencontre a été l'occasion d'avoir des conseils sur ma problématique de mémoire, mais les informations issues de cette étude de l'IRD sont en phase de publication donc elles ne peuvent pas encore être exploitées par des personnes externes à leurs études.

D'autres organismes basés à Ouagadougou ont menés des études sur l'alimentation de l'eau potable et l'assainissement. Jusqu'en 1994, Ouagadougou a été le siège pendant de nombreuses années du CIEH (Comité Interafricain d'Études Hydrauliques), par conséquent cette ville a fait réaliser de nombreuses études dans ces domaines. Qui dispose des informations issues de leurs différentes investigations dans la ville de Ouagadougou? Ces informations existent t'elles encore? Comment y accéder?

Une autre étude sur les facteurs de risque liés à l'eau et l'assainissement va être réalisée en 2005 par l'université de Loughborough qui est financée par le DFID (Department For International Development).

Bien d'autres études en adéquation avec notre problématique existent, mais la diffusion de leur information reste très limitée.

#### EN RESUME:

L'émission d'hypothèses va permettre de choisir les bases de données à recueillir pour les facteurs de risques à cartographier. Les facteurs de risques principaux à étudier sont les suivants:

- ☞ Le risque lié au manque d'accès aux services de soins
- ☞ Le risque lié à la pauvreté
- ☞ Le risque lié à l'eau (qualité, accès, inondation, précipitation)

Le recueil des données épidémiologique est rétrospectif, il devra être fourni par le ministère de la Santé du BURKINA.

Toutes les données nécessaires à notre étude existent, reste à y avoir accès...

## 5 ANALYSE D'UN SCENARIO CARTOGRAPHIQUE

Par manque de temps, de priorité, ou de disponibilité, tous les acteurs partenaires de cette étude n'ont pas pu nous envoyer une seule des données attendues. De même le fond de plan géoréférencé n'a pas été livré à temps.

**Pour continuer cette étude, un scénario constitué de valeurs fictives devra donc être mis en place, et des cartes non géoréférencées trouvées sur Internet serviront de support cartographique.**

Comment montrer les liens entre les maladies d'origine hydrique et l'environnement urbain ? Comment mettre en évidence les liens entre les disparités spatiales et la répartition des maladies dans l'espace urbain? Existents-ils des espaces à risques sanitaires ?

Avant toute chose, le choix du fond de plan est très important. Cartographier directement sur une image de la taille de celle de la figure 7 est trop imprécise pour distinguer des zones à risques. Notre travail d'analyse va donc se faire dans la zone cerclée de rouge. Le choix de cette zone a été réalisé ainsi, car c'est la seule carte que j'ai trouvé à une échelle aussi précise. [33].

**On supposera que la zone d'étude est composée de 6 quartiers de taille et de population sensiblement identiques.** Ces quartiers sont plus ou moins proches de la zone industrielle.

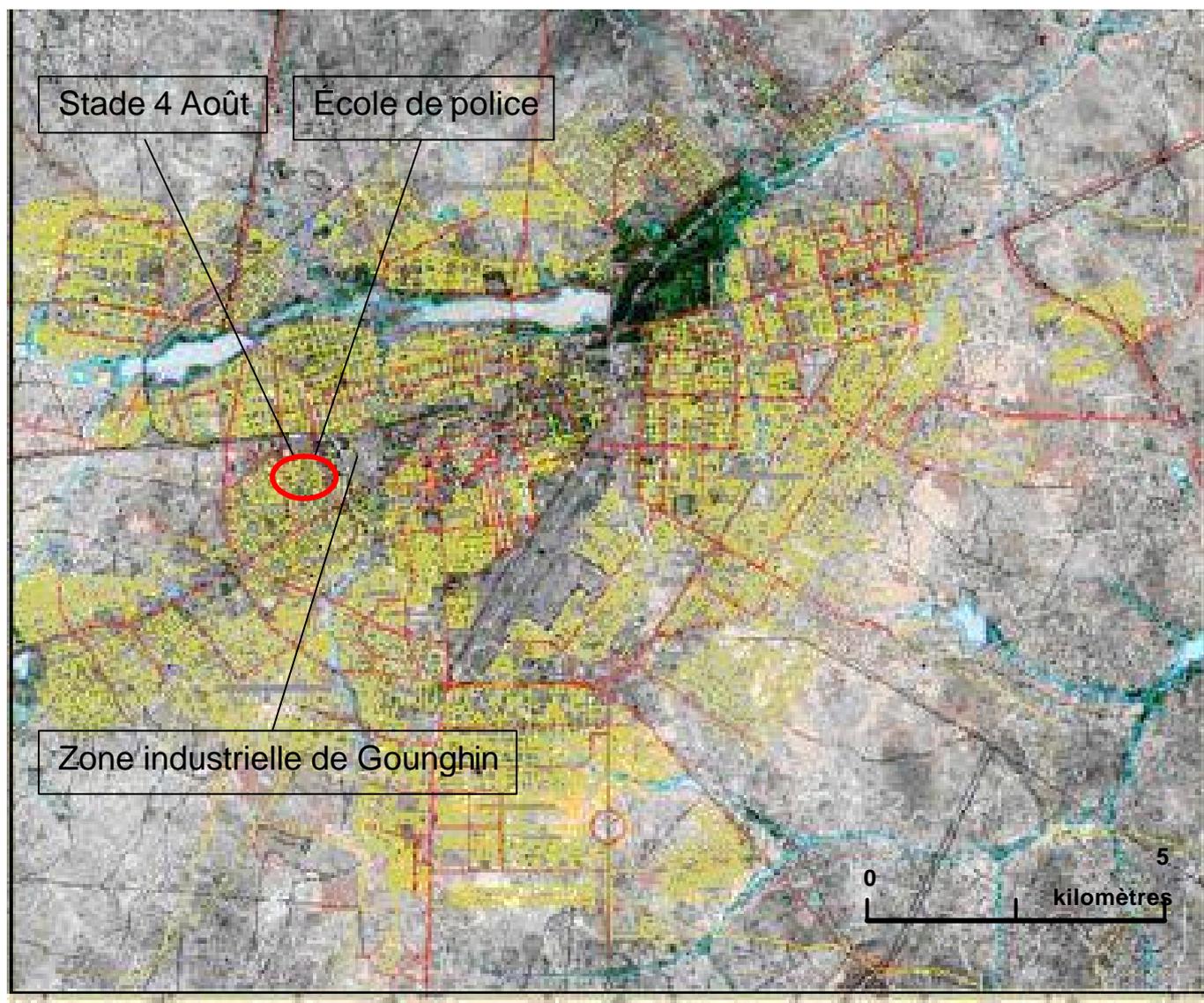


Figure 7: Image satellite SPOT5 de la ville de Ouagadougou et localisation de la zone d'étude [31]

Pour rendre le scénario le plus réel possible, seules les données qui auraient pu être cartographiées avec un peu plus de temps vont réellement être localisées sur cette carte. L'équipe GIS du bureau de l'OMS du Burkina Faso est actuellement en phase de répertorier l'ensemble des centres de santé (hôpitaux privés, publics, officines) pour la cartographie des infrastructures de santé. Donc on peut considérer qu'avec un peu plus de temps ces données auraient été disponibles.

En ce qui concerne les écoles, les zones inondables et les zones insalubres, ces types de données sont facilement localisables sur le terrain avec un GPS.

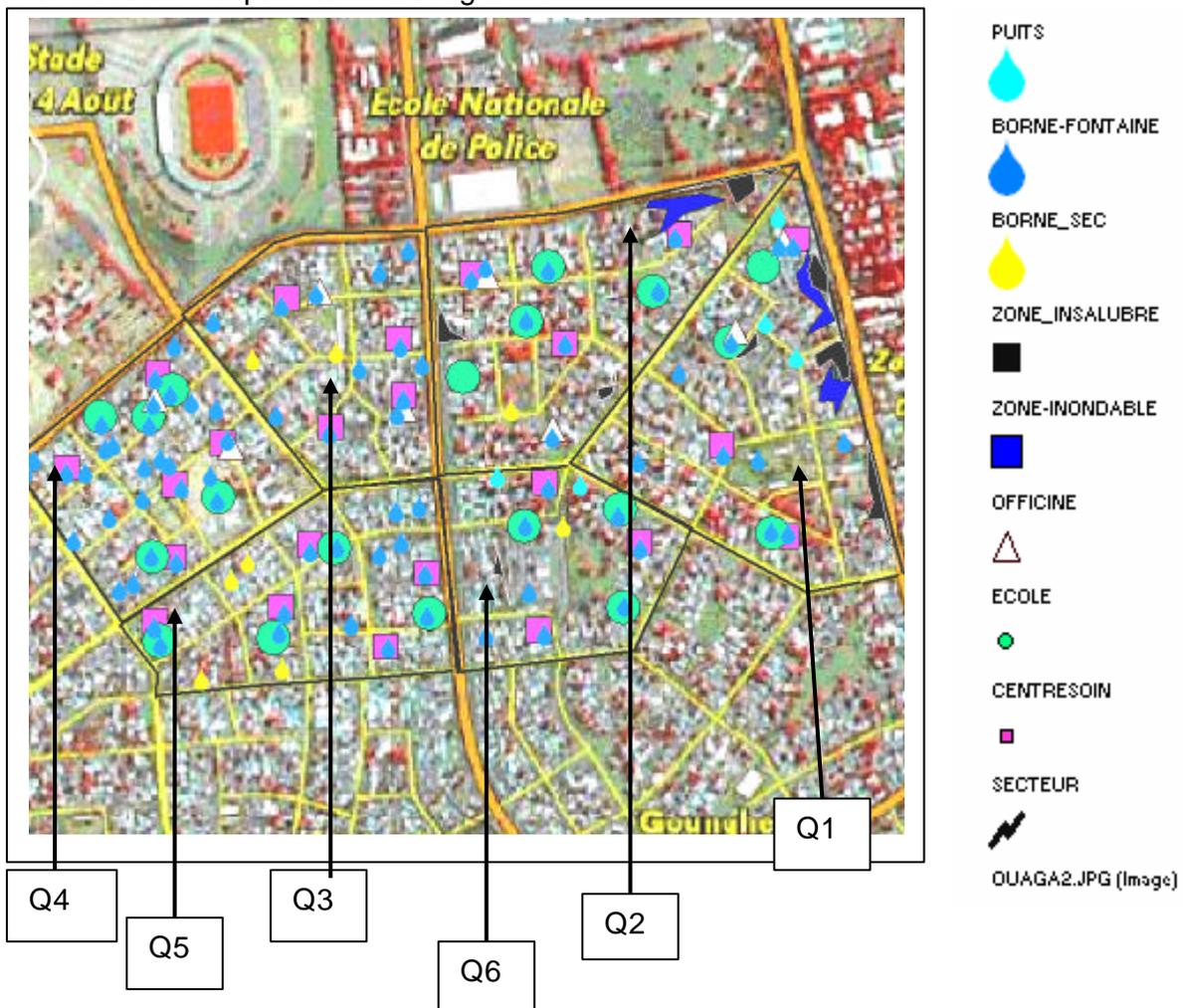
Enfin, les données reposant sur la localisation des points d'eau (borne fontaine, puits, borne d'eau à sec en saison sèche) sont déjà cartographiées par une équipe de l'Institut de Recherche et de Développement (IRD) du Burkina Faso, ce travail de longue haleine est en phase de publication [30, 39]. Pour cette raison, leurs données ne sont pas encore relayables. Dans l'avenir, le travail de cartographie de l'IRD pourrait être utilisé dans le HealthMapper. Une entente préalable est en cours entre certains partenaires de l'IRD qui ont participé à l'étude de l'IRD (Direction Régionale de la Santé, et la Direction des Études et de la Planification) et l'OMS.

Malheureusement les données relatives aux indicateurs de pauvreté s'avèrent être difficile à déterminer, de même que la plupart des données socioéconomiques.

Pour les données épidémiques, on considère que le ministère de la santé nous a juste fourni le nombre de cas sans nous fournir le nombre de décès associés.

## 5.1 Détermination du scénario

Un scénario est représenté sur la figure 8.



On appelle Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6, les six quartiers de l'étude. Les infrastructures de santé, les écoles, ont été positionnées respectivement par des carrés roses, ronds verts. Les points d'eau sont indiqués par des gouttes d'eau. Les gouttes sont bleues claires pour les puits,

bleues foncées pour les bornes fontaines du réseau d'eau public, et jaune pour les points d'eau à sec en période sèche.

Les zones insalubres ont été positionnées par des polygones noirs et les zones d'inondation par des polygones bleus.

Au regard de l'importance des deux saisons du Burkina Faso, 2 scénarii d'épidémie ont été établis sur les années 2002 et 2003 pour les mois de juillet (saison humide) et de février (saison sèche).

A première vue, les 2 quartiers limitrophes de la zone industrielle semblent accumuler plusieurs facteurs de risque:

Tout deux comportent des zones dites insalubres de par l'aspect général de ces zones et de par la présence d'ordures ménagères sauvages.

### **5.1.1 Définition de la population vulnérable et des zones sensibles**

La population cible vulnérable aux épidémies d'origine hydrique est constituée des personnes âgées et des enfants de moins de 5 ans.

La contamination étant oro-fécale, les zones sensibles à surveiller sont les chaînes de production alimentaire (abattoir, industriel agroalimentaire, ...), les lieux recevant du public comme les écoles, les cantines scolaires, et les centres de soin qui accueillent des personnes plus fragilisées et donc plus sensibles aux infections microbiologiques.

### **5.1.2 Définition des facteurs de risque**

Les zones à risques sont identifiées comme étant des zones propices au déclenchement de maladies d'origine hydrique du fait de l'accumulation de facteurs de risque.

Les facteurs de risque identifiés pour les 6 quartiers sont les suivants:

☞ Clients avec un comportement à risques et connectés au réseau d'eau potable

Ces clients sont classés à risques car ils sont susceptibles de dégrader la qualité de l'eau potable du réseau. Ce sont pour la majorité des industriels insuffisamment protégés, ils peuvent ainsi faire courir un risque de siphonage du réseau.

Généralement, la pression à l'intérieur du réseau d'eau des industriels est supérieure à la pression des réseaux d'eau publique, sans clapet anti-retour, le risque de retour d'eau dans le réseau public n'est pas négligeable. La localisation des industriels insuffisamment protégés est délicate.

- Les autres facteurs de risque sont liés à:

☞ La présence de puits: la qualité bactériologique des puits est peu ou pas contrôlée. Leur qualité bactériologique peut être rapidement altérée par les différentes activités (agricole ou non) des utilisateurs de ces puits. Cf 4.2.3.b

☞ La présence de zone non salubre: décharges sauvages Cf 4.2.2.c

☞ La présence de zone inondable non drainée Cf 4.2.2.d

☞ L'absence ou l'accès difficile aux services de base: centre de santé et à l'eau potable

### **5.1.3 Exploitation du scénario cartographique au cours des mois de juillet 2002-2003 (saison des pluies)**

L'observation de l'évolution des épidémies dans le temps et l'espace peut se représenter sur des cartes thématiques de couleurs graduées pour chaque quartier ou par des disques de différents rayons centrés sur les centres de santé.

Lors de la saison des pluies, l'inondation des terrains peut entraîner des contaminations ponctuelles des puits à proximité, si ils ne le sont pas déjà. Cette cartographie superpose les cas épidémiques recensés pour chacun des centres de soins avec l'ensemble des données déjà mentionnées dans les paragraphes précédents. Ces cas épidémiques centrés sur les centres de soin, sont représentés par des disques d'un diamètre variant suivant le nombre de cas notifié.

Figure 9: Cas épidémiques notifiés par centre de soin sur le mois de juillet 2002



Figure 10: Cas épidémiques notifiés par centre de soin sur le mois de juillet 2003



Sur les deux mois de juillet consécutifs, on observe que pendant cette période des pluies, les problèmes épidémiques se situent dans les 2 centres de soin en bordure de la zone industrielle (quartiers Q1 et Q2)  
 Dans le quartier Q6, des épidémies sont notifiées majoritairement dans le même centre de soin. Au cours du mois de juillet 2002, le centre de santé du quartier Q4, à proximité de 3 écoles, est en proie à de nombreux cas épidémiques.

#### 5.1.4 Exploitation du scénario cartographique au cours des mois de février 2002-2003 (saison sèche)

Figure 11: Cas épidémiques notifiés par centre de soin sur le mois de février 2002

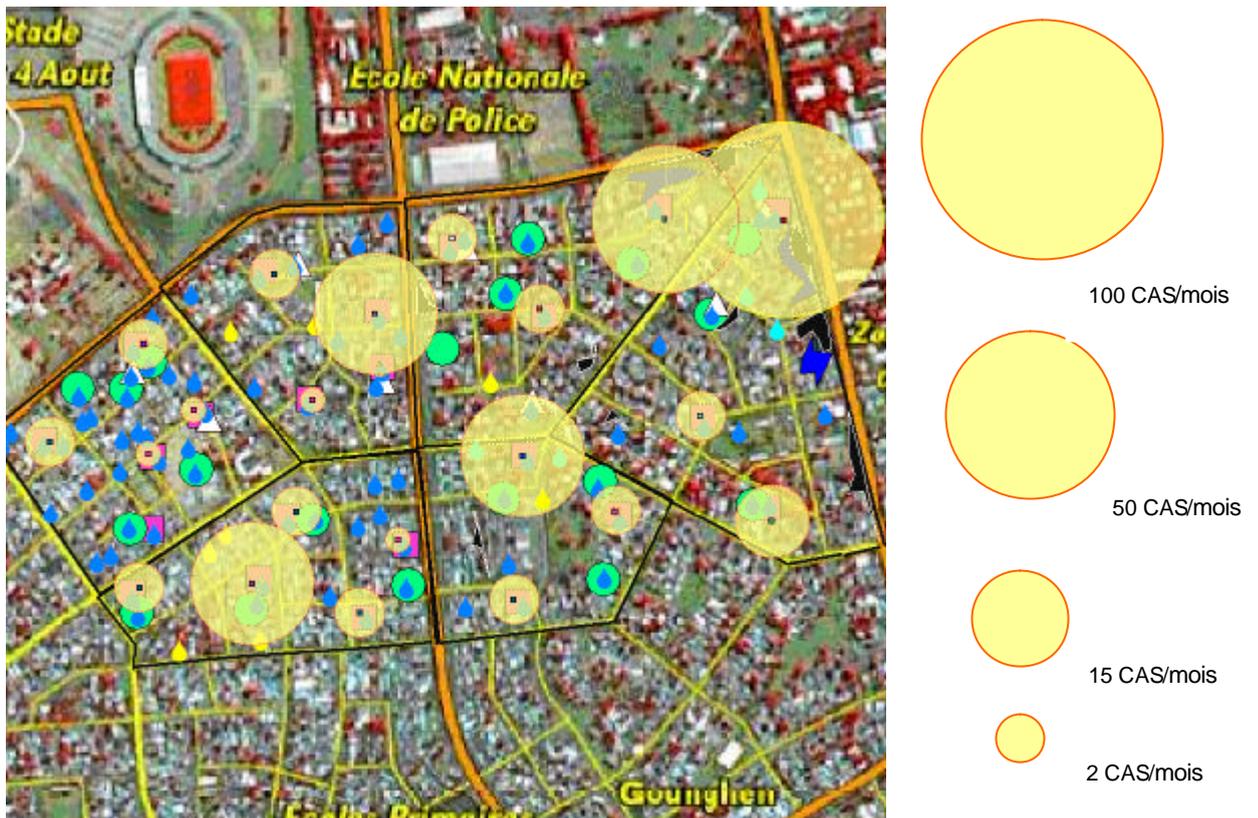
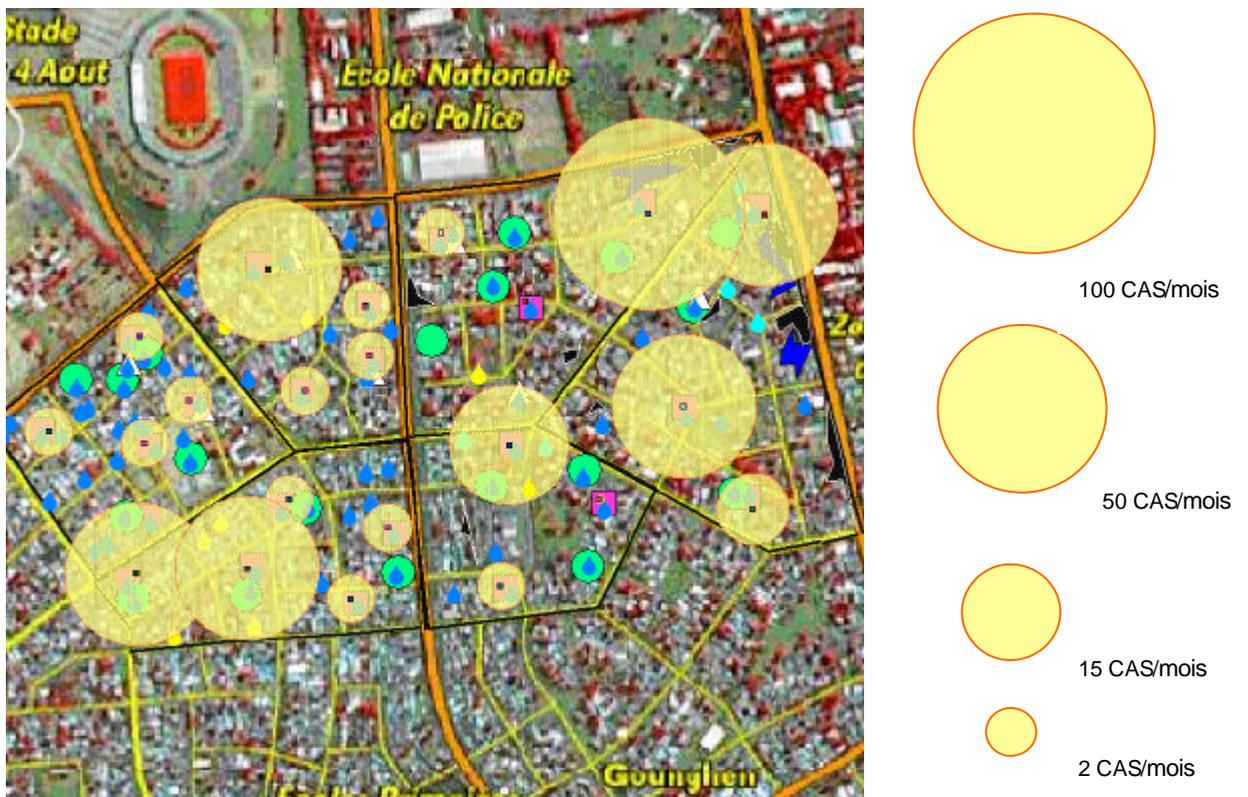


Figure 12: Cas épidémiques notifiés par centre de soin sur le mois de février 2003



En saison sèche, il y a toujours des épidémies importantes dans les quartiers Q1 et Q2, mais beaucoup moins conséquentes qu'en saison humide. Les zones inondables se sont probablement asséchées et ont disparues.

On retrouve toujours la même rémanence de problème épidémique dans le même centre de soin du quartier Q6. Dans les quartiers Q3 et Q5, on voit apparaître beaucoup plus de cas, en comparaison à la saison humide. Ces cas sont probablement liés au fait qu'il y a moins d'eau disponible dans ces quartiers du fait du tarissement de certaines bornes fontaines. Lors de la saison sèche, certaines bornes fontaines ne délivrent plus d'eau. Seul le quartier Q4 n'a pas de réel gros problème épidémique. On note que ce quartier comporte de nombreuses bornes fontaines.

### 5.1.5 Autre type de représentation cartographique

Une autre représentation, plus simple, permet au lecteur d'avoir en un seul coup d'oeil, une connaissance du nombre de cas épidémique par quartier. La lecture est très claire, mais il est plus difficile d'associer une cause aux cas épidémiques observés.

Figure 13: Cas épidémiques notifiés par quartier sur le mois de juillet 2002

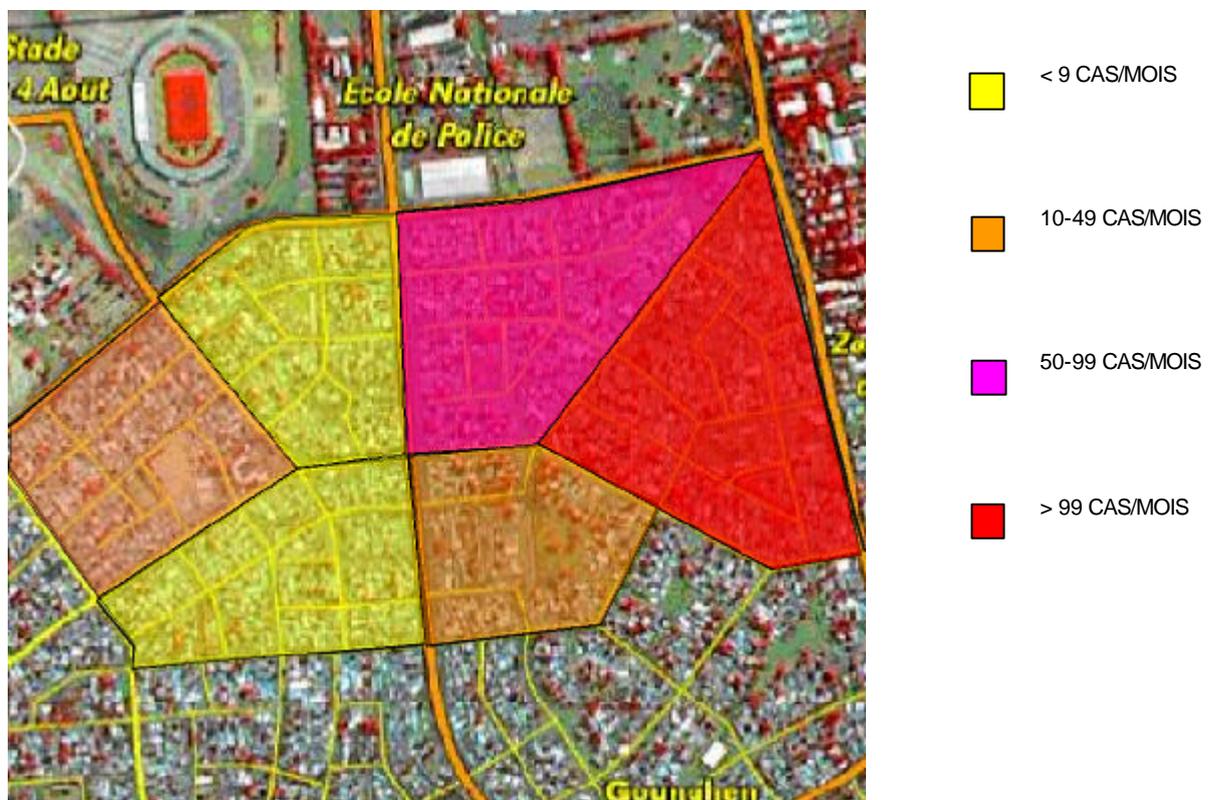


Figure 14: Cas épidémiques notifiés par quartier sur le mois de juillet 2003

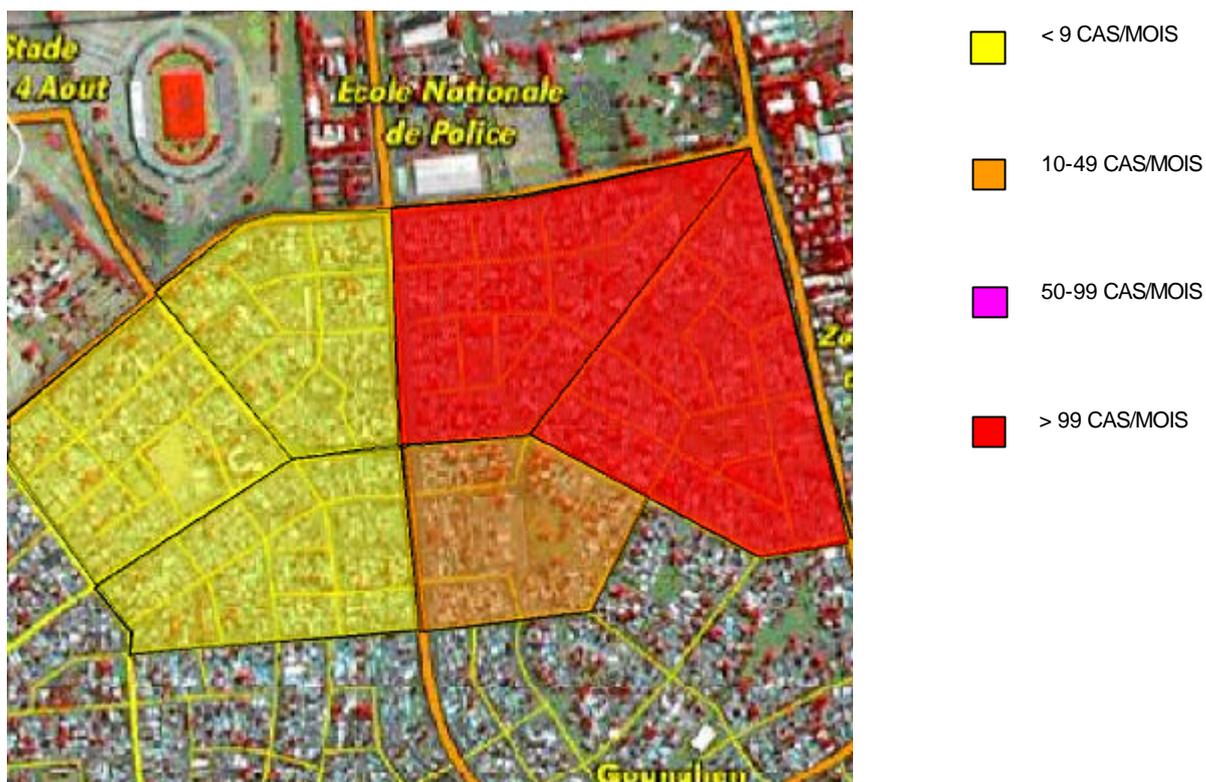


Figure 15: Cas épidémiques notifiés par quartier sur les mois de février 2002 et 2003



En revanche, ce type de représentation permet de mettre en avant les quartiers qui sont les plus touchés, et facilitera la prise de décision en faveur de l'action. Cette représentation permet d'effectuer facilement des comparaisons inter quartiers. Elle permet également de présenter des cartes thématiques comparatives entre par exemple, un quartier qui a bénéficié d'actions pour endiguer les épidémies et ceux qui n'en n'ont pas eu. A l'aide de cette représentation, il est facile de montrer l'impact de l'amélioration de l'accès à l'eau auprès des décideurs, en comparant la situation épidémique avant et quelques mois après la décision de rajouter des accès à l'eau supplémentaires.

## 5.2 Analyse qualitative du scénario

L'organisation de l'espace à travers différentes composantes (géographique, environnementale, sanitaire) permet de mettre en avant certaines disparités spatiales. A l'échelle du quartier, les combinaisons spécifiques entre la population vulnérable, les facteurs de risque et la localisation des épidémies permettent de mettre en avant les zones à risques. Ces zones sont propices aux déclenchements de maladies d'origine hydrique.

Figure 16: Identification des zones à risque pour les saisons sèches et saisons des pluies



En priorité des actions pourraient être engagées dans ces zones cerclées de noires. L'identification des zones les plus à risques doit permettre d'éclairer la décision des responsables de Santé Publique en localisant les besoins sanitaires, en identifiant l'accès aux services et infrastructures de base et en soulignant les disparités spatiales.

En période de pluie, pour réduire le nombre d'épidémie, les puits devraient être aménagés de façon à ce qu'ils ne soient plus contaminés par le ruissellement des eaux provenant des zones insalubres. L'absence de mesure élémentaire de protection des puits fait qu'ils sont des réservoirs potentiels de pathogènes fécaux: la margelle (lorsqu'elle existe) est toujours très réduite, les couvercles sont rares et l'aménagement autour des puits fait bien souvent défaut.

De nombreux tas d'ordures jonchent les rues de certains quartiers, en particulier autour des marchés et dans les quartiers défavorisés. Dans ces zones dites insalubres, ces déchets représentent une source de contamination potentielle permanente: outre la contamination des eaux par ruissellement et infiltration, on trouve une contamination directe des enfants qui jouent au milieu des dépôts... Au regard des conséquences sanitaires de ces zones insalubres, il est crucial de les identifier dans la cartographie des zones à risque.

Enfin, pour que la population puisse disposer d'eau en quantité suffisante toute l'année, il est important de réaménager les points d'eau qui sont à sec en été. Disposer d'eau en quantité suffisante permet d'éviter des épidémies.

L'identification de ces zones permettra de dégager des priorités d'action auprès des décideurs. Bien évidemment dans le cas d'une cartographie avec de "vraies" données, la densité de population est l'un des premiers éléments à vérifier, de même la connaissance des données socio-économiques serait un plus dans la prise de décision.

Chacun des facteurs de risque cartographié n'a pas le même poids de responsabilité dans l'apparition des épidémies. Ces facteurs connus et isolés peuvent être statistiquement corrélés à l'apparition d'épidémies. Suivant le degré de signification statistique entre facteur de risque et la maladie, il est possible de quantifier le lien entre les 2 variables.

### 5.3 Mais une analyse statistique délicate...

Pour obtenir une interprétation fiable, il faut se demander s'il existe une association statistique valable entre l'hypothèse posée et les effets observés. Les statistiques permettent de dire si cette association est le fruit du hasard, cependant l'association peut contenir un biais ou un facteur de confusion (un élément causatif dont on a mal tenu compte par exemple). Une autre question à soulever, une fois l'association obtenue, est de savoir si cette même association peut être considérée comme une relation de dose à effet. Il faut alors analyser la puissance de l'association. Ensuite vérifier si l'hypothèse est biologiquement crédible.

La mesure de l'association entre facteurs de risque et la présence d'épidémies peut être calculée à l'aide d'Odds Ratio (OR). La puissance du test est donnée par le calcul du degré de signification (p) de Fisher. Le test de Fisher est employé pour de petits échantillons, dans notre exemple, on ne teste que 6 quartiers.

Quand une maladie est rare (c'est-à-dire quand sa prévalence est inférieure à 5%), l'Odds Ratio calculé dans l'étude cas-témoins est une bonne approximation du risque relatif que donnerait une étude de cohorte dans la même population.

A titre d'exemple, illustrons cette analyse statistique pour tester l'association de la maladie avec la consommation de l'eau du puits.

Tableau 3: Tableau de contingence pour juillet 2003

Présence de puits dans le quartier	Cas d'épidémie dans le quartier > 50 cas/mois	
	OUI	NON
OUI	1	1
NON	1	5

L'Odds Ratio vaut,  $OR=0.96$ , la probabilité de se tromper en rejetant  $H_0$  est  $p<0.46$  (test de Fisher). Il est difficile de rejeter l'hypothèse nulle au vu de cette très faible confiance au résultat, le risque d'erreur est de 46%. On ne peut donc pas conclure quant à l'impact de la consommation de l'eau des puits sur l'épidémie.

Exploiter ces résultats du point de vue statistique s'avère également difficile pour d'autres raisons:

En effet, tester la force d'association risque/maladie, nécessite de définir un découpage cartographique. Ici l'unité de référence est le quartier. Or, ces unités élémentaires peuvent présenter une grande variabilité au niveau de la superficie de chacun des quartiers, ainsi que la densité de population. Comment tenir compte de la densité de population dans ce test statistique en gardant comme unité surfacique le quartier?

Les effets de bord sont très importants et ils ne sont pas pris en compte par cette représentation. Si une décharge est proche de la limite administrative d'un autre quartier elle

aura une influence directe sur le quartier mitoyen, et pourtant elle n'est statistiquement prise en compte que par l'unité surfacique sur laquelle elle est localisée. Il existe cependant des techniques statistiques qui proposent d'utiliser le SIG en intégrant un modèle d'interpolation par krigeage pour tenir compte de ces effets de bords, mais cet aspect relève encore de la recherche.

Lors du remplissage du tableau statistique mesurant l'association risque/maladie, on ne tient pas compte du fait qu'il peut y avoir plusieurs décharges ou plusieurs puits par quartier! De même vu que chaque quartier présente des cas épidémiques, ce type de test statistique va imposer de fixer une valeur de cas épidémique par mois au dessus duquel s'il est dépassé, il sera associé à la présence de l'épidémie. Ici on a un seuil à 50 cas épidémiques/mois par quartier. Pourquoi pas 20 cas/ quartier ou même 1 cas/quartier, ce choix reste subjectif!

L'intercausalité est une caractéristique des maladies hydriques. Les tests statistiques tentent d'isoler un facteur de risque parmi un ensemble de risques, en lui attribuant une certaine part de responsabilité dans l'apparition de l'épidémie. Si on prend l'exemple des puits et des décharges sauvages: la consommation de l'eau de puits sera d'autant plus un facteur de risque sur l'apparition d'épidémies que des décharges seront proches. Donc la proximité des décharges est un facteur aggravant à prendre en compte sur la consommation des eaux de puits. En revanche, d'un point de vue plus visuel et qualitatif, il est facile pour le HealthMapper de mettre en évidence une distance entre un facteur aggravant et une zone de population sensible. Sur l'interface cartographique il est possible de créer une zone d'attraction autour d'un élément sélectionné et de calculer sa distance par rapport à un point de notre choix.

D'autres variabilités doivent être prise en compte:

La variabilité définie par l'hétérogénéité des risques d'une zone à l'autre. Une décharge sauvage pourra être d'autant plus à risque qu'elle est étendue, qu'elle est située en plein cœur d'une zone d'habitat, ou encore que la nature de ses déchets comporte des risques microbiologiques et sanitaires.

Une autre variabilité concerne la population. Tous les habitants n'ont pas le même risque devant la maladie, l'apparition de la maladie d'origine hydrique varie notamment suivant l'âge et l'état de santé de l'individu. Le nombre d'école et de centre de santé va donc caractériser l'hétérogénéité des risques des habitants de la zone d'étude.

Comme il a été précisé dans la partie 3.2.1 la notification des épidémies n'est pas encore très bien établie. Par conséquent les données épidémiques seront peu sensibles (capacité de pouvoir dépister les vrais cas d'épidémies hydriques) et peu spécifiques (capacité à reconnaître les non malades des malades).

Ici la puissance est très faible. Une étude quantitative n'est donc pas envisageable avec ce scénario à 6 quartiers.

Vouloir faire des associations statistiques pour déterminer les facteurs de risque des épidémies hydriques ne semble pas pertinent, il y a trop de questions sans réponse.

Le message clé des cartographies est de fournir des cartes aux décideurs pour qu'ils puissent plaider un accès aux services de base pour tous. Le message nécessite d'être claire et d'être facilement compréhensible, il ne doit donc pas être décrédibilisé par des valeurs chiffrées comportant trop d'incertitudes et de biais ou encore de facteurs de confusion non pris en compte.

## EN RESUME.

Le SIG permet de spatialiser l'offre (offre en nombre d'infrastructure, en nombre de point d'eau) et la demande (densité de population/quartier, les quantités d'eau disponibles/quartier,...), ainsi que les facteurs de risque potentiellement imputables à l'apparition d'une épidémie. A l'issue de l'analyse du scénario, on peut mettre en avant les niveaux de vulnérabilité qui permettent de comprendre la répartition spatiale de ces épidémies (notamment proche de la zone industrielle).

La représentation des épidémies par des symboles proportionnels autour des centres de santé facilite l'identification des zones à risques et la planification des services à installer. La représentation des informations sous la forme de couleurs graduées par quartier montre plus un constat par quartier sans en chercher leurs origines. Cette représentation permettra entre autre de suivre les améliorations de la déserte des quartiers à risques et de comparer par quartiers les bénéfices d'actions mise en place.

Avec les données dont on dispose pour la cartographie, le qualitatif s'avère plus pertinent que le quantitatif.

## 6 PERTINENCE DU SIG DANS L'ETUDE DES EPIDEMIES D'ORIGINE HYDRIQUE

Comment le SIG peut il être un outil d'aide à la décision? Quelle est la faisabilité de son utilisation au travers son acceptabilité et sa mise en œuvre (technique, financière, humaine)?

### 6.1 Limites du système d'information géographique

#### 6.1.1 L'acquisition des données, un défi majeur

La première contrainte concerne l'acquisition de données, le cartographe est tributaire des différents acteurs qui détiennent l'information. Comme il a été vu précédemment, toutes les données nécessaires à cette étude nécessitent d'être collectées à distance: données épidémiologique et de santé, données environnementales (eau & assainissement), données urbanistiques, et fond de plan satellitaire. Or, pour les pays en voie de développement comme le Burkina Faso, les communications à distance ne sont pas idéales étant donné les fréquentes coupures de leur réseau de communication (téléphone et mail)...

En ce qui concerne les données terrain, la collecte des informations sur la santé, l'eau ou l'urbanisme, a été vaine. Et pourtant ce travail bénéficiait d'un partenariat et l'un des membres de l'OMS, de surcroît ancien membre de l'équipe Public Health Mapping & GIS était basé à l'OMS du Burkina à Ouagadougou. Aucun des acteurs n'a pu me relayer une seule des données précisées dans les annexes 1.1, 1.2, 1.3 pendant ces 4 mois de mémoire.

La matérialisation des données collectées s'effectue sur un fond de plan. Il n'est pas non plus aisé de trouver un fond de plan, si possible géoréférencé, de la ville de Ouagadougou. Travailler à l'échelle de la ville, suppose une précision que l'on doit retrouver dans la carte que l'on va utiliser ultérieurement comme fond de plan cartographique. Pour y parvenir, plusieurs mois avant mon arrivée, un accord avait été passé entre Jenaoptronik et l'OMS pour nous fournir des images satellites de la ville de Ouagadougou. L'acquisition de ces images n'a pas pu se faire en temps voulu.

Par conséquent, forte de cette expérience, je peux affirmer que le travail de cartographie **nécessite d'être sur le terrain** pour collecter les données qui nous sont nécessaires, en expliquant les enjeux de l'étude à nos partenaires locaux, et surtout en échangeant directement face à face pour partager des expériences et des points de vue. La collecte des données sur place aurait été l'occasion de prendre des renseignements auprès de professionnels sur notamment les améliorations qui pourraient être apportées dans leurs domaines respectifs.

Ce travail a été rendu d'autant plus difficile qu'il s'agissait de cartographier un milieu urbain en Afrique et qu'en tant qu'occidentale n'ayant jamais travaillé sur le terrain en Afrique, il peut y avoir un certain décalage entre ma perception et la réalité du terrain.

### **6.1.2 Fiabilité des données**

Le travail à distance pose le problème de savoir comment s'est organisé et déroulé la collecte des données. Que penser de la véracité des renseignements fournis ?

Les collectes doivent être effectuées par une tierce personne. L'ONEA et le ministère de la santé se voient attribuer un budget annuel (par l'État, les organisations non gouvernementales, ...) en fonction des besoins identifiés. Si la cartographie montre que les demandes en eau/assainissement/ santé rencontrent l'offre locale proposée, alors les budgets alloués à cette ville pourraient s'en trouver réduits. Donc il est légitime de savoir si il est vraiment pertinent de faire faire la collecte des données cartographiques par les acteurs qui sont directement tributaires de cette politique de financement?

Au niveau de la notification des épidémies d'origine hydrique, on a constaté un écart avec ce qui se passe réellement sur le terrain. Comme il a été vu dans la partie 3.2.1.c, plusieurs raisons ont été mises en avant pour expliquer ces écarts. En outre, on peut citer que le recensement des cas épidémiques dans les structures privées n'est pas un automatisme. Politiquement, des réticences conduisent les centres de santé à ne pas divulguer leur situation sanitaire par peur de la comparaison de performance entre différents centres.

Donc faisant faire la collecte de données directement par les professionnels du secteur impliqués, on court le risque de ne pas obtenir les renseignements désirés ou d'obtenir des données qui ne reflètent pas totalement la réalité.

Le travail à distance ne s'avère pas pertinent d'un point de vue qualitatif et surtout quantitatif!

### **6.1.3 Mise à jour des données**

Utiliser un SIG consiste à conceptualiser, acquérir, saisir, intégrer, gérer, stocker, analyser, mettre à jour, éditer et communiquer des données pluridisciplinaires de l'ensemble de la zone d'étude. Or, les bases de données sont multiples. Assurer leur mise à jour nécessite qu'elles soient homogènes et complémentaires des autres bases de données déjà existantes que l'on soit au niveau du quartier, du district, du département, de la région, ou du pays. Cette condition garantit la pertinence des données via le SIG dans une perspective à long terme.

### **6.1.4 Cartographie de maladie multifactorielle**

Comme on a pu le voir dans la partie 1, les maladies d'origine hydrique sont caractérisées comme étant "multifactorielles", c'est à dire qu'il existe un nombre plus ou moins grand de relations hiérarchiques entre elles. Par voie de conséquence, il est difficile de cartographier tous les facteurs de risque.

A titre d'exemple le tableau 4 explicite les différentes causes possibles d'apparition d'épidémie diarrhéique et de choléra.

Tableau 4: Facteurs de risque associés aux diarrhées et choléra

	Diarrhées	Choléra
Assainissement & hygiène insuffisants		
Sous-alimentation et malnutrition		
Illettrisme		
Condition féminine laissant à désirer		
Pénurie de logements convenables		
Accroissement des voyages et des migrations		
Pas de système de surveillance		
Insuffisance des prestations de santé		
Pas d'outil ni de stratégie de prévention		
Pas de recours aux stratégies de prévention		
Pas de recours à des stratégies thérapeutiques		
Pas de vaccin efficace		
Guerre ou troubles politiques		

Facteur mineur, indirect ou inexistant

Facteur important

Facteur très important



On voit que ces facteurs de risque sont nombreux et que l'accès à toutes ces données semble délicat.

Au vu de cet exemple, il paraît réducteur de cartographier quelques facteurs de risque en espérant déterminer la cause des épidémies recensées.

### 6.1.5 Renforcement de la qualité des données par un questionnaire

Un questionnaire permet de mieux appréhender le comportement de la population et d'être au plus proche de leur mode de vie au regard des facteurs de risque qui les environnent. L'eau des puits est-elle vraiment utilisée comme eau de boisson? Quelles sont les conditions de stockage de l'eau? Les eaux de diverse origine sont-elles traitées avant d'être consommées? Qui consomme réellement l'eau des puits sans traitement? Le questionnaire situé en annexe 4 aurait pu être présenté à un échantillon de population localisé sur une dizaine de quartiers. Complétant les couches cartographiques existantes ou en cours de développement, ces informations permettent de réfléchir à la pertinence d'une intervention, en ciblant mieux les besoins. Rien ne sert de réaménager un puits si personne ne consomme l'eau son eau. De même, il n'est pas pertinent d'ajouter des bornes fontaines supplémentaires, si les habitants ne font pas confiance à la qualité bactériologique de l'eau du réseau... de surcroît payante!

## 6.2 Atouts de cet outil

### 6.2.1 Outil de géotraitement

Parmi les nombreuses options présentes dans le HealthMapper, il est possible de mesurer des distances entre 2 points, étiqueter des éléments cartographiés sur la carte, faire des zooms, surimposer des couches additionnelles telles les reliefs, les routes, centre de santé,...ce qui est très utile pour l'analyse des résultats. L'analyse géographique des cartes permet de nombreuses applications sur le plan de la santé publique, allant de la production de données administratives ( limite administrative entre 2 quartiers, 2 secteurs; caractéristique de la population et de leur recours au soins; localisation des structures de soins existantes; etc....) à la génération d'hypothèses (identification des clusters; hypothèse sur un modèle de propagation de maladies infectieuses; ou sur les causes possibles des variations géographiques observées pour les maladies transmissibles).

### 6.2.2 Outil de visualisation et de cartographie

Le SIG repose sur la superposition d'un ensemble de couches cartographiques qui va permettre de passer du monde réel par nature complexe à un extrait de sa réalité correspondant à la problématique posée dans l'étude. On va essayer de "rendre plus simple" sans la caricaturer, cette réalité observable complexe en la décomposant. [28]

Le rendu cartographique de cette analyse multicritère est illustré au moyen d'un nuancier chromatique développé. Le large panel des résultats observables permet de minimiser le risque de simplification des enjeux sur le territoire et de conserver une pertinence de l'outil lors des phases d'analyse décisionnelle et de concertation. L'emploi d'un code couleur, d'une police d'écriture, et d'une mise en page assure une certaine homogénéité dans l'exploitation et la communication des cartes. Cette démarche est garante de la traçabilité des données permettant d'assurer une compilation et des échanges de données entre différents acteurs du territoire à court, moyen et long terme.

Cette démarche permet d'isoler les phénomènes, définir les liens et les relations qui existent entre eux. Des visualisations spatiales mais aussi temporelles (carte de fréquence temporelle, ou à des dates différentes et puis comparaison) des phénomènes de santé permettent de faire émerger des espaces à risques sanitaires.

### 6.2.3 Outil d'aide à la décision

Cette vision précise du territoire identifie et spatialise l'emplacement optimal des infrastructures par rapport à l'identification des besoins et de la densité de population. Munis des ces informations, les animateurs et décideurs peuvent sélectionner les variables qui leur semblent pertinentes et localiser rapidement les zones à risque. Ils peuvent dès lors proposer des mesures de gestion telles que la réalisation d'aménagement pour la mise en place d'infrastructures de santé et des points d'eau supplémentaires.

### 6.2.4 Outil de communication vers le public et vers les professionnels

**Vers le public:** Une image contient plus d'informations qu'un tableau statistique. Les journalistes qui emploient infographie et photo le savent bien. La recherche du soutien et de l'implication de la population dans la résolution des problèmes tient d'abord à son information. Une réunion de quartier assistée par la cartographie permet de focaliser les échanges sur les aspects importants et de réduire les pollutions du débat dus à l'émotion, la frustration, la revendication politique, ...

**Vers les professionnels:** Le partage de l'information et de sa représentation devrait aboutir à une synergie du partenariat telle que le processus de décision et d'évaluation soit réellement

commun. Les opérateurs de terrain disposeront d'une information plus claire, plus précise avec des objectifs quantifiés visualisés. Ils pourront dès lors défendre plus efficacement les projets auprès des autorités locales et des bailleurs de fonds en utilisant cet outil d'information comme un plaidoyer pour l'action.

### **6.2.5 Technologie simple et à moindre coût**

Le logiciel développé par l'OMS est offert à ses partenaires. Il est possible de disposer de carte à moindre coût sur Internet, ou de recevoir des fonds de plan de partenaire de travail. Mais il arrive aussi qu'aucune carte ne soit disponible et qu'il soit nécessaire d'acheter une carte satellitaire. Il en va de même pour certaines données difficiles à se procurer, comme les données topographiques, dans ce cas, l'accès à ces informations peut être vendu à des prix exorbitants.

Au niveau du siège de l'OMS et dans chacune des régions de l'OMS (AFRO, AMRO, EMRO, EURO, SEARO, WPRO) ont pu trouver une équipe compétente dans le domaine du SIG. Dans la plupart des bureaux nationaux, il est possible de s'adresser à des "points focaux" support technique dans ce domaine cartographique. L'apprentissage à l'utilisation de cette technologie est facilité par l'utilisation de guide de l'utilisateur, disponible en plusieurs langues, et diffusé par l'OMS. Toutefois, la formation à l'utilisation du HealthMapper et divers soutiens techniques peuvent être conduits par l'ensemble de ces professionnels.

#### **EN RESUME:**

Le SIG guide le décideur dans sa prise de décision, en

- Gérant la multiplicité des informations,
- Inventoriant: stockage de façon claire et en continu,
- Localisant dans l'espace mais aussi dans le temps (carte de fréquence temporelle), ce qui permet de comprendre la répartition de problème sanitaire,
- Permettant la planification d'interventions,
- Associant un plus grand nombre de partenaires aux choix de l'aménagement,
- Améliorant les suivis de l'impact des actions mises en jeu (suivi des maladies et des interventions effectuées),

Le potentiel technique du SIG se heurte à l'acquisition très difficile des données, paralysant ainsi l'exploitation d'un tel outil...

## CONCLUSION

Cette étude cartographique du BURKINA FASO a été réalisée sur les maladies d'origine hydrique. Les résultats obtenus seraient probablement similaires dans d'autres pays épidémiques de la zone sahélienne.

L'utilisation du système d'information géographique met en avant les difficultés inhérentes:

- à la mise en place d'un recueil de données à distance,
- à la véracité des données collectées,
- à la complexité de maladies au déterminisme multifactoriel,

Cet outil dispose d'atouts certains dans la prise de décision et la communication en santé publique. Le décideur peut établir des liens entre les populations, les problèmes spécifiques (sanitaires, environnementaux et urbains) et les ressources disponibles (centre de santé, ressource en eau potable, campagne de vaccination, ...). Les ressources sanitaires, parfois rares, peuvent ainsi être gérées et utilisées de façon plus rationnelle, afin de répondre aux mieux aux besoins des communautés.

Il faudra ainsi disposer d'une vision à long terme, de nombreuses collaborations et de solides partenariats pour arriver à mettre en valeur le plein potentiel des technologies de pointe de l'information dans les activités en santé environnementale de ces pays.

---

## Bibliographie

---

- [1] **Organisation Mondiale de la Santé**, *Journée mondiale de la Santé 2003*, <http://www.who.int/fr/>
- [2] **BRADLEY, D.** 1994- Health, environment, and tropical development. In: Cartledge, B., ed. *Health and the environment: The Linacre lectures 1992-3*. Oxford, Oxford University Press, p.126
- [3] **KJELLÉN, M. AND MCGRANAHAN G.** 1997 - Urban water—Towards health and sustainability. Stockholm, Stockholm Environmental Institute, p. 1-54.
- [4]. **KHAN, A.H.** 1997- The sanitation gap: Development's deadly menace. In: *The progress of nations*. New York, UNICEF, p. 5-13.
- [5] **UNITED NATIONS (UN). DEPARTMENT FOR POLICY COORDINATION AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT.** 1997- Critical trends—Global change and sustainable development. New York, UN p. 43-56.
- [6] **WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO).** 1997- Health and environment in sustainable development five years after the earth summit. Geneva, WHO. p. 19-133.
- [7] **BOWMAN, J.** 1994- Water is best': Would Pindar still think so? In: Cartledge, B., ed. *Health and the environment: The Linacre lectures 1992-3*. Oxford, Oxford University Press, p. 85-125.
- [8] **OLSHANSKY, S.J.**, Jul. 1997- **CARNES, B., ROGERS, R., and SMITH, L.** Infectious diseases—New and ancient threats to world health. *Population Bulletin* 52(2): 2-43.
- [9] **UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND.** Water and sanitation progress and disparity. Online: <http://www.unicef.org/pon97/p12b.htm>
- [10] **WARNER, D.** 1998- Drinking water supply and environmental sanitation for health. Presented at the International Conference of Water and Sustainable Development, Paris, Mar. 19-21 p.1-10.
- [11] **WORLD BANK (WB).** 1993- Water resources management: A World Bank policy paper. Washington, D.C., WB, 140 p.
- [12]**SILFVERBERG, P.** 1994- Environmental health hazards. In: Lankinen, K.S., Berström, S., Mäkelä, P.H., and Peltomaa, M., eds. *Health and disease in developing countries*. London, Macmillan Press, p. 67-78.
- [13] **BRADLEY, D.** 1994- Health, environment, and tropical development. In: Cartledge, B., ed. *Health and the environment: The Linacre lectures 1992-3*. Oxford, Oxford University Press p.126-149.
- [14] **MULLER, R. and MORERA, P.** 1994- Helminthoses. In: Lankinen, K.S., Berström, S., Mäkelä, P.H., and Peltomaa, M., eds. *Health and disease in developing countries*. London, Macmillan Press, p 195-209.

- [15] **CHATTERJEE, A.** Jul.-Aug. 1995- Communicating health. *Health for the Millions*, p2-4.
- [16] **WORLD BANK (WB).** 1993- Water resources management: A World Bank policy paper. Washington, p. 140
- [17]. **WORLD HEALTH ORGANIZATION**, 1997- Health and environment in sustainable development five years after the earth summit. Geneva, WHO, p. 19-133.
- [18] **HUNTER, J.M., REY, L., CHU, K.Y., ADEKOLU-JOHN, E.O., and MOTT, K.E.** Parasitic diseases in water resources development: The need for intersectoral negotiation. Geneva, World Health.
- [19] **WORLD HEALTH ORGANIZATION**, 1996- The world health report 1996: Fighting disease, fostering development. Geneva, WHO,. 143 p.
- [20] **WORLD HEALTH ORGANIZATION**, Feb.1998- Division of Control of Tropical Disease homepage. Online: <http://www.who.ch/ctd/>
- [21]**RASKIN, P., GLEICK, P., KIRSHEN, P., PONTIUS, R.G., AND STRZEPEK, K.** 1997- Water futures: Assessment of long-range patterns and problems. Stockholm, Stockholm Environmental Institute
- [22] **MacMillan**, 1997- Refugee Health: an approach to emergency situations, Médecins sans frontières
- [23] **Agence Française de Développement**, Mars 2004- Revue mensuelle des publications sur le développement- RGS/AGC Numéro 12
- [24] **VANDERSLICE, J. and BRISCOE, J.** Environment interventions in developing countries: Interactions and their implications. *American Journal of Epidemiology* 141(2): 135-144.
- [25] **CDC and CCHI Systemes** d'eau salubre pour le monde en développement: Manuel pour la mise en oeuvre de projets de traitement et d'emmagasinement de l'eau à domicile.
- [26] **ESREY, S.A., POTASH, J.B., ROBERTS, L, and SHIFF, C.** 1991- Effects of improved water supply and sanitation on ascariasis, diarrhoea, dracunculiasis, hookworm infection, schistosomiasis, and trachoma. *Bulletin of the World Health Organization* 69(5): 609-621.
- [27] **ESREY, S.A. and HABICHT, J.-P.** 1986- Epidemiologic evidence for health benefits from improved water and sanitation in developing countries. *Epidemiologic Reviews* 8: 117-128.
- [28] **KHAN, A.H.** 1997- The sanitation gap: Development's deadly menace. In: *The progress of nations*. New York, UNICEF, p. 5-13.
- [29] Water supply and sanitation sector assessment 2000
- [30] **Florence FOURNET, Maud HARANG, Pierre MEYER, Benoît VARENNE, Jean GARY**, 2004- unité de recherche PERSAN UR 93 de l'IRD: "Populations et Espaces à Risques SANitaires", en cours de publication

- [31] **Pr. C. DE BROUWER**, Février 2002- Pathologies Humaines et Environnement, première partie:Introduction à l'épidémiologie
- [32] **Public Health Mapping group**, HealthMapper 4.1- Guide de l'Utilisateur - Volet1- Introduction et installation, p7
- [33] **Public Health Mapping group**, HealthMapper 4.1- Guide de l'Utilisateur - Volet1- Introduction et installation, p11
- [34] **Public Health Mapping group**, Guide pratique d'utilisation du GPS Garmin e Trex sur le terrain
- [35] **D LASSELIN, E BRETON, JP SEMPERE, J.Ph CANTOU**, Evaluation of the Geographic information potential of SPOT5 images.
- [36] **T.GREIN, KB. KAMARA, G. RODIER, A PLANT, P. BOVIER, M. RYAN, T. OHYAMA, D. HEYMANN**, March-April 2000- WHO, Switzerland, Rumors of disease in the Global village: Outbreak verification, Vol 6
- [37] [www.who.int/emc/healthmap/](http://www.who.int/emc/healthmap/)
- [38] **Karen HAYWARD, Ronald COLMANONT**, Direction générale de la santé de la population et de la santé publique, Région de l'Atlantique Une vague de changement Iniquités et maladies chroniques au Canada atlantique.
- [39] **Françoise PIROT, Jean Christophe ERNOULD, Florence FOURNET**, 2004- Disparités spatiales de santé dans la ville de Ouagadougou (Burkina Faso) Une modélisation d'une genèse des espaces à risques sanitaires selon la méthode hypergraphique H.B.D.S, en cours de publication?

---

## Liste des annexes

---

### **ANNEXE 1: Directives relatives à quelques maladies prioritaires retenues par le BURKINA FASO**

ANNEXE 1.1: Choléra

ANNEXE 1.2: Diarrhée sanguinolente (Shigellose)

ANNEXE 1.3: Diarrhée avec déshydratation chez les enfants de moins de 5ans

### **ANNEXE 2: Image satellitaire de la ville de Ouagadougou (Satellite SPOT 5)**

### **ANNEXE 3: Liste des données à recueillir auprès de nos partenaires locaux**

ANNEXE 3.1: Données sur la santé à compléter par le ministère de la santé et l'OMS du Burkina Faso

ANNEXE 3.2: Données relatives aux questions d'urbanisation

ANNEXE 3.3: Données sur l'eau et l'assainissement à compléter par l'ONEA.

### **ANNEXE 4: Questionnaire à compléter par la population burkinabé**

### **ANNEXE 5: Contributions et attentes de chacun des acteurs impliqués dans l'étude**

## ANNEXE 1: Directives relatives à quelques maladies prioritaires retenues par le BURKINA FASO

### ANNEXE 1.1: Choléra

Présentation	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Maladie grave caractérisée par des diarrhées liquides abondantes, causée par <i>Vibrio cholerae</i> de groupes sérologiques O1 ou O139. La maladie se contracte principalement lorsque l'on consomme des aliments ou de l'eau contaminée, autrement dit la contamination du <i>vibrio cholerae</i> est oro-fécale.</li> <li>◆ Le choléra cause environ 20 000 décès par an. Il peut provoquer des épidémies à évolution rapide ou des pandémies. Des cas sporadiques (moins de 5% de tous les cas de diarrhée non liées aux épidémies) et de petites flambées peuvent être observées dans les régions endémiques.</li> <li>◆ La période d'incubation varie de quelques heures à 5 jours, et dure très souvent de 2 à 3 jours,</li> <li>◆ Il y a eu à partir des années 1980 une résurgence de choléra en Afrique, ou sont apparus 80% de l'ensemble des cas en 1999. Au Burkina Faso les épidémies surviennent le plus souvent en hivernage entre juin et décembre.</li> <li>◆ Le cholera peut provoquer une déshydratation grave en quelques heures seulement. Le taux de létalité peut dépasser 50% chez les malades non traités présentant une déshydratation grave. En cas de traitement correct utilisant à temps les services de santé, le taux de létalité est généralement inférieur à 1%. Au moins 90% des cas de choléra sont bénins et passent inaperçus.</li> <li>◆ Facteurs de risque: Consommation d'aliments contaminés tels que les fruits crus ou des crustacés provenant des estuaires, manque d'accès permanent à l'eau de boisson et à des denrées alimentaires saines, participation à de grands rassemblements, y compris des cérémonies telles que mariage et enterrements, contact physique avec des personnes décédées de choléra, le péril fécal,</li> <li>◆ D'autres diarrhées entériques peuvent provoquer des diarrhées liquides, surtout chez les enfants de moins de 5 ans.</li> </ul>
But de la surveillance	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Détecter les cas et flambées de diarrhée liquide afin d'y répondre rapidement et correctement. Pour confirmer une flambée, recueillir des échantillons de selles à transporter dans un milieu Cary-Blair.</li> <li>◆ Notifier immédiatement chaque cas et décès lorsqu'une flambée est suspectée.</li> </ul>
Définition de cas recommandée	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ <b>Cas suspect:</b> Chez un malade âgé de 5 ans et plus, déshydratation grave ou décès des suites de diarrhée aqueuse aigue. En cas d'épidémie de choléra, toute personne âgée de 5 ans ou plus présentant une diarrhée aqueuse aigue, avec ou sans vomissement constitue un cas suspect.</li> <li>◆ <b>Cas confirmé:</b> Cas suspect dont le <i>vibrio Cholerae</i> O1 ou O139 a été isolé dans les selles.</li> </ul>
Répondre au seuil d'alerte pour les maladies à	<p>Si un seul cas est suspecté:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Notifier immédiatement en donnant des renseignements détaillés sur le cas,</li> </ul>

<p>potentiel épidémique</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Prendre en charge et traiter le cas conformément aux directives nationales,</li> <li>◆ Appliquer des mesures strictes de lavage de mains et d'isolement,</li> <li>◆ Mener des investigations pour rechercher des cas similaires insoupçonnés, et confirmer l'épidémie,</li> <li>◆ Recueillir des échantillons de selles chez 5 malades dans les 5 jours qui suivent l'apparition de la diarrhée aqueuse aiguë, et avant l'administration du traitement antibiotique. Consulter les directives du laboratoire pour savoir comment préparer, stocker et expédier des prélèvements.</li> </ul>
<p>Répondre au seuil d'action pour les maladies à potentiel épidémique</p>	<p>Si un cas suspect est confirmé:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Mettre en place un centre de traitement dans la localité où les cas sont observés. Traiter les cas sur place, plutôt que d'envoyer les malades dans des centres permanents situés ailleurs.</li> <li>◆ Renforcer la prise en charge et le traitement des cas,</li> <li>◆ Mobiliser rapidement la communauté pour une détection et un traitement rapide des cas. Faire une enquête de salubrité du milieu et des eaux consommées,</li> <li>◆ Collaborer avec les dirigeants des communautés en vue de contrôler les enterrements ou autres grands rassemblements à l'occasion des cérémonies ou pour d'autres raisons, surtout pendant une épidémie.</li> <li>◆ Réduire les cas sporadiques et ceux liés aux épidémies en assurant un accès (notamment les fruits de mer, les fruits et les légumes). Promouvoir l'hygiène et l'assainissement du milieu (évacuation sans risque des déchets humains, désinfection des puits).</li> </ul>
<p>Analyser et interpréter les données</p>	<p><b>Temps:</b> Tracer un graphe des décès quotidiens et tracer une courbe épidémique pendant les flambées. Notifier immédiatement les données sur chaque cas et chaque mois pour la surveillance de routine.</p> <p><b>Lieu:</b> Établir une carte de l'emplacement des cas</p> <p><b>Personne:</b> Faire le décompte des cas et décès pour les cas sporadiques et les cas liés aux flambées. Analyser la répartition par âge, la distribution selon l'eau de boisson consommée, évaluer les facteurs de risque pour améliorer la lutte contre les cas sporadiques et les flambées.</p>

## ANNEXE 1.2: Diarrhée sanguinolente (Shigellose)

Présentation	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ <i>Shigella dysenteriae</i> est la cause la plus courante des infections entériques et sa transmission est oro-fécale,</li> <li>◆ <i>Shigella dysenteriae</i> type 1 (SD1) peut être à l'origine de grandes épidémies, avec jusqu'à 30% des sujets infectés. Le taux de létalité peut approcher 20% chez les jeunes enfants et les personnes âgées présentant une déshydratation grave.</li> <li>◆ La période d'incubation dure de 1 à 4 jours,</li> <li>◆ La maladie clinique est caractérisée par une fièvre grave et des diarrhées sanguinolentes, et peut s'accompagner également de symptômes et de signes systémiques ainsi que de déshydratation, particulièrement chez les petits enfants.</li> <li>◆ Facteurs de risque: lieux surpeuplés ne disposant pas d'eau saine et d'un bon système d'assainissement (par exemple population de réfugiés et celles victimes de la famine).</li> <li>◆ SD1 résiste très souvent à de multiples antibiotiques y compris le triméthoprim-sulfaméthoxazole.</li> <li>◆ Le colibacille <i>E.coli</i> entérohémorragique et entéroinvasif et d'autres bactéries ou parasites tels qu' <i>Entamoeba histolytica</i> peuvent aussi provoquer la diarrhée sanguinolente.</li> </ul>
But de la surveillance	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Détecter et répondre rapidement aux flambées de shigellose.</li> <li>◆ Améliorer le pourcentage de cas confirmés en laboratoire et évaluer la proportion vérifiée comme appartenant au type 1 (SD1)</li> <li>◆ Déterminer la courbe de sensibilité des agents isolés (surtout SD1) aux antibiotiques, tant pour la surveillance de routine que pendant les flambées.</li> </ul>
Définition de cas recommandée	<p><b>Cas suspect:</b> Toute personne présentant une diarrhée avec du sang visible dans les selles.</p> <p><b>Cas confirmé:</b> Cas suspect dont la culture des selles révèle la présence de <i>Shigella dysenteriae</i> 1</p>
Répondre à une flambée suspecte	<p><b>Si un seul cas est suspect ou si un adulte qui présentait une diarrhée sanguinolente décède:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Notifier le cas suspect au niveau supérieur du système de santé</li> <li>◆ Traiter les cas suspects par la réhydratation orale et les antibiotiques sur la base de résultats de sensibilité récents, s'il en existe.</li> <li>◆ Recueillir un échantillon de selles ou faire un prélèvement rectal pour confirmer l'épidémie,</li> <li>◆ Faire des investigations sur le cas pour déterminer les facteurs de risque qui favorisent la transmission.</li> </ul>
Lutter contre une épidémie suspecte	<p><b>Si le cas suspect est confirmé:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Rechercher d'autres cas dans la localité ou le cas a été confirmé,</li> <li>◆ Renforcer la prise en charge et le traitement des cas,</li> <li>◆ Mobiliser la communauté en vue de la détection et du traitement rapide des cas,</li> <li>◆ Identifier les populations à haut risque grâce aux données personne, lieu et temps.</li> </ul> <p>Réduire les cas sporadiques et ceux liés aux flambées en</p>

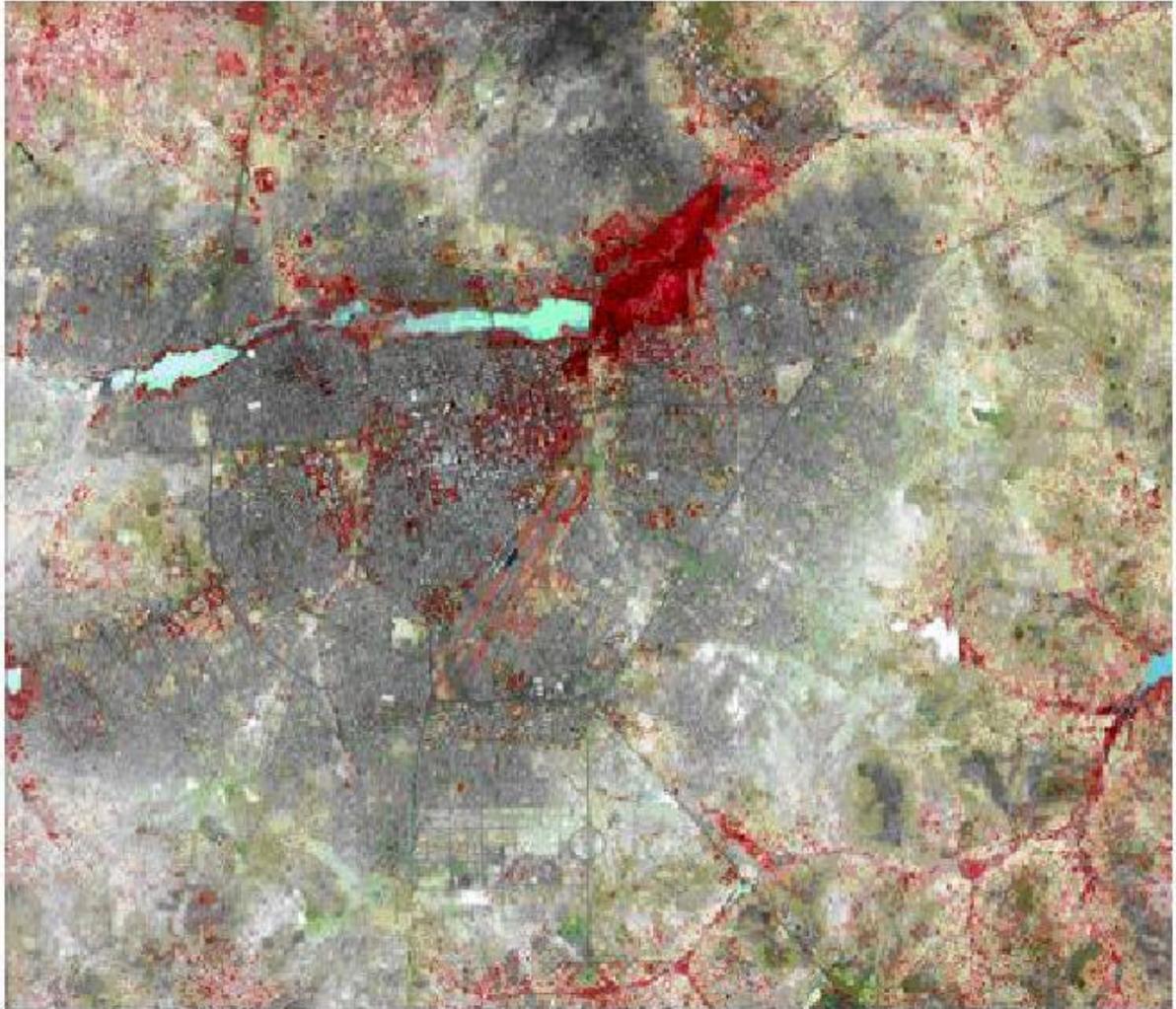
		encourageant le lavage des mains au savon ou à la cendre et à l'eau après avoir déféqué et avant de manipuler des aliments, en renforçant l'accès à une eau saine, l'utilisation des latrines et l'évacuation sans risque des déchets humains.
Analyser interpréter données	et les	<p><b>Temps:</b> Tracer une courbe épidémique des cas et des décès.</p> <p><b>Lieu:</b> Matérialiser sur une carte l'emplacement des cas.</p> <p><b>Personne:</b> Tracer chaque mois le décompte des cas et des décès. Pendant une flambée, faire périodiquement le décompte des cas liés à la flambée par semaine. Analyser régulièrement la répartition par âge. Évaluer les facteurs de risque pour améliorer la prévention et la lutte contre les maladies sporadiques et les flambées.</p>

## ANNEXE 1.3: Diarrhée avec déshydratation chez les enfants de moins de 5ans

Présentation	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ La diarrhée avec déshydratation chez les enfants de moins de 5 ans Est due a des infections de l'appareil gastro-intestinal causées par des virus (notamment les rotavirus), des bactéries (<i>E.Coli</i>, <i>Salmonellae</i>, <i>Shigellae</i>, <i>Campylobacter</i>, <i>Yersinia</i> et autres), et des parasites (<i>Giardia</i>, <i>Entamoeba</i>, <i>Cryptosporidia</i>, <i>Cyclospora</i>). Ces maladies se transmettent lorsque l'on consomme des aliments ou de l'eau contaminés, autrement dit la contamination du <i>vibrio cholerae</i> est oro-fécale,</li> <li>◆ Les maladies diarrhéiques constituent la deuxième cause majeure de décès chez les enfants de moins de 5 ans dans de nombreux pays africains, avec plus de 3 millions de décès par an.</li> <li>◆ Différents profils épidémiologiques (par exemple la saisonnalité) sont observés pour différents agents pathogènes</li> <li>◆ L'OMS et l'UNICEF recommandent que chaque équipe de district utilise la stratégie de la prise en charge intégrée des maladies de l'enfant (PCIME) pour réduire la morbidité et la mortalité des diarrhées de l'enfant.</li> </ul>
But de la surveillance	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Détecter rapidement les épidémies de diarrhée. La confirmation de laboratoire peut permettre de confirmer une flambée d'agents pathogènes spécifiques, mais elle n'est pas nécessaire pour la surveillance de routine de la diarrhée accompagnée de déshydratation.</li> <li>◆ Surveiller la résistance microbienne lors des flambées d'origine bactérienne.</li> </ul>
Définition de cas recommandée	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ <b>Cas suspect:</b> Émission d'au moins 3 selles molles ou liquides au cours des dernières 24 heures avec ou sans déshydratation. <ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Déshydratation modérée: au moins deux des signes suivants: agitation, irritabilité, yeux enfoncés, soif, peau qui se détend lentement après pincement</li> <li>☞ Déshydratation grave: au moins deux des signes cliniques suivants: léthargie ou perte de connaissance, yeux enfoncés, incapacité de boire ou maladresse à boire, peau qui se détend lentement après pincement</li> </ul> </li> <li>◆ <b>Cas confirmé:</b> Cas suspect avec culture de selles révélant la présence d'un agent pathogène entérique connu. NB: La confirmation en laboratoire de l'agent spécifique à l'origine de l'épidémie n'est pas souvent recommandée dans le cadre de la surveillance.</li> </ul>
Réagir à une flambée suspecte pour d'autres maladies importantes pour la santé publique	<p>Si vous constatez que le nombre des cas ou de décès augmente pendant une période donnée:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Notifier le problème au niveau supérieur,</li> <li>◆ Rechercher la cause de l'accroissement des cas ou des décès et identifier le problème,</li> <li>◆ Vérifier que les cas sont pris en charge conformément aux directives de la PCIME,</li> <li>◆ Encourager la réhydratation orale à domicile.</li> </ul>

<p>Répondre à une épidémie confirmée en cas d'autres maladies importantes au plan de la santé publique</p>	<p><b>Si le nombre de cas ou de décès atteint deux fois le nombre habituellement observé au cours des périodes antérieures semblables:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>♦ Évaluer l'application par les agents de santé des directives PCIME dans la prise en charge de cas et améliorer la performance en matière de classification de la diarrhée avec déshydratation chez les enfants de moins de 5 ans.</li> <li>♦ Familiariser les mères au traitement à domicile grâce à la réhydratation orale.</li> <li>♦ Assurer l'éducation communautaire au sujet des mesures consistant à bouillir et à chlorer l'eau, du stockage de l'eau saine et de la préparation des aliments.</li> </ul>
<p>Analyser et interpréter les données</p>	<p><b>Temps:</b> Tracer un graphe des cas et des décès pour les comparer aux périodes similaires précédentes d'une part, d'autre part à la même période des années précédentes si possible. Préparer des graphiques pour les malades externes présentant une diarrhée avec déshydratation modérée et pour ceux qui présentent une diarrhée avec déshydratation grave. Tracer une courbe épidémique lorsque les flambées sont détectées.</p> <p><b>Lieu:</b> Matérialiser sur une carte l'emplacement des cas.</p> <p><b>Personne:</b> Notifier, pour les services de consultation externe, les totaux mensuels des cas de diarrhée avec déshydratation légère et ceux relatifs à la diarrhée avec déshydratation grave. Notifier également le total mensuel des cas et de décès dus à la diarrhée avec déshydratation grave.</p>

**ANNEXE 2: Image satellitaire de la ville de Ouagadougou (Satellite SPOT 5)**



## ANNEXE 3: liste des données à recueillir auprès de nos partenaires locaux

### ANNEXE3.1: Données sur la santé à compléter par le ministère de la santé et l'OMS du Burkina Faso

#### Recueil de données sur la santé

Date de réactualisation du document 1 juin 2004  
 Dr Mohamed MAHMOUD: Ministère de la Santé du Burkina Faso  
 Nom du contact M. Flavien AKE: OMS du Burkina Faso  
 Zone d'étude Ouagadougou: zone urbaine et périurbaine  
 Maladie hydrique notamment Maladie bactérienne: Diarrhées bactériennes, Choléra, Shigellose, Fièvre Typhoïde, Méningite bactérienne

#### 1. Localisation des centres de soins/médecins

Nom et adresse	Lat/Long	Type (gouvernemental/privé)	Quelle est sa zone d'influence géographique?	Combien de personnes vivent dans la zone de couverture de ce centre?	Taille (Nbre de lit)	Nombre de personnel soignant et qui sont t'ils (médecin, infirmière,...)?

#### 2. Recensement des cas de maladies transmises par l'eau: étude rétrospective (3 ans)

Adresse du malade	Localisation du centre de soin consulté	Quand?	Combien de cas ?	Moins de 5 ans: "-" ou Plus de 5 ans "+"	Guérison: "G" ou Mort: "M"	Quelle maladie?

#### 3. Programme de vaccination (couverture par centre de soin et par quartier)

##### Politique de vaccination

Quelle zone géographique a été bénéficiaire du vaccin?	Par quel centre de soin?	Quand?	Qui est vacciné? (enfant de - 5 ans? + de 5 ans? ...)	Contre quelle maladie?

## Annexe3.2: Données relatives aux questions d'urbanisation

### Données liées à l'urbanisme

#### 1. Périmètre de l'étude

Dans quelle province se trouve la zone périurbaine de Ouagadougou  
Dans quelle commune se trouve Ouagadougou (urbain + périurbain)  
Délimitation de la zone urbaine et périurbaine  
Nom des quartiers et des rues

#### 2. Habitats-constructions

Localiser les décharges des ordures ménagères  
Localiser les décharges sauvages (illégales, et souvent source d'insalubrité)

#### 3. Indicateurs démographiques

Taux de croissance annuel(%) par quartier  
L'espérance de vie/quartier  
Le taux moyen d'enfant par femme/quartier

#### 3. Indicateurs socioéconomiques

Identifier la population la plus démunie (en dessous du seuil de pauvreté) / quartier  
Identifier la population illettrée/quartier  
Localiser les logements informels (non déclaré, habitat précaire), et la surface qu'ils représentent/ quartier

#### 4. Caractéristiques

Densité de population dans chaque quartier  
Localiser les zones d'inondation  
Localiser les zones où il apparaît des pénuries d'eau en été  
Localiser les précipitations des pluies (mm/mois)  
Connaitre la topographie  
Avoir accès aux différents types de couches géologiques  
Connaitre les différentes profondeurs de la nappe d'eau souterraine

## Annexe3.3: Données sur l'eau et l'assainissement à compléter par l'ONEA.

## Recueil d'informations sur l'eau et l'assainissement

Nom du contact

M. OUIBIGA: ONEA

Date de création du doc

18 Mai 2004

### 1. Assainissement

Quel type de contrat? (affermage,...) et sa durée?

Existe t'il un réseau de collecte des eaux usées?

à localiser

Où sont les points de rejets de l'eau usée traitée?

à localiser

La concentration en germes au niveau de ces points de rejets est t'elle mesurée?

Localisation (lat, long) des zones de baignades à proximité

à localiser

Localisation (lat, long) des gisements de coquillages à proximité

à localiser

Ouvrage d'assainissement : à localiser

Où sont localisés les latrines ou les zones de défécation

Qui construit et raccorde les latrines/WC

Qui vide les fosses/ fréquence

Quel est le devenir de ces déchets solides (EU + ceux des latrines)

### 2. Eaux destinées à la consommation humaine

Quel type de contrat? (affermage,...), durée du contrat

Nature du/des captage(s): quelle eau est captée?

à localiser

Usine d'eau potable

quels traitements y sont appliqués

Réseaux d'eau

Combien y a t'il d'unité de distribution et quel sont leur recouvrement

Combien y a t'il d'unité de distribution et quel sont leur recouvrement

Contrôles non conforme (microbiologiques et physiques), Ou et quand

Caractéristique du réseau (âge, taux de fuite, protection des événements)

Puits et autres sources

à localiser et quelle sont leur qualité

Est ce qu'il arrive des pénuries d'eau en été: Ou, quand

à localiser

### 3. Coût

Coût du m3 d'eau

Coût pour construire une borne fontaine

Coût pour prolonger 10 mètres de canalisation

Coût pour aménager un puits

Coût d'un bassin de stockage

Coût pour aménager une latrine

Coût pour construire une latrine/WC

## Annexe 4: Questionnaire à compléter par la population burkinabé

### Questionnaire d'enquête destiné à la population

Date de la réponse au questionnaire

Nom du quartier

Latitude

Nom de la rue

Longitude

#### 1 Information sur l'eau destinée à la consommation humaine:

	Eau du réseau de distribution	Puits protégé	Puits non protégé	Source	Borne fontaine	Autr
Origine et état physique de l'ouvrage						
Quantité: Consommation moyenne individuelle (L)						
Usage (conso, cuisine, vaisselle, hygiène, ...)						
Temps et condition de stockage						
Distance au point d'eau						

Traitement individuel	NON
	OUI

Désinfection de l'eau  
filtre  
Faire bouillir l'eau


Raison de la population  
à ne pas s'alimenter en eau du réseau

Prix  
Accès  
problème technique (coupure fréquente, manque de pression, ...)  
File d'attente/embouteillage au point d'eau  
Perception d'une eau contaminée


## 2. Assainissement

	WC	Latrine améliorée	Latrine
Type d'ouvrage utilisé			
Salubrité (odeur, ouvrage envahi par des nuisibles, ...)			
Nombre de famille/ouvrage			
Distance au point d'eau			

## 3. santé

Avez vous déjà été contaminé par une maladie diarrhéique?	OUI NON
En cas de contamination, maladie ...	Automédication Consultation dans un centre de soin? Lesquel?
Les enfants de la personne sondée sont ils vaccinés, contre quoi et combien d'entre eux	OUI ? NON?
Distance par rapport au centre de santé	

## 4. Habitat

Nombre de personne/habitat	
Surface (m2)	

## Annexe 5: Contributions et attentes de chacun des acteurs impliqués dans l'étude

Acteur	Enjeux de l'étude pour chacun des acteurs	Contribution à l'étude	Moyen
OMS, Genève Groupe: Public Health Mapping & GIS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Étudier rétrospectivement des épidémies hydriques,</li> <li>- Renforcer l'approche transversale entre les données de santé, environnementale et le développement urbain afin d'évaluer les facteurs de risque,</li> <li>- Visualiser les zones à risque et la population sensible (conditions d'accès à l'eau potable et un assainissement décent).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Informer et échanger avec nos partenaires sur les données à recueillir</li> <li>- Stimuler la recherche du recueil de données et favoriser les échanges avec d'autres partenaires,</li> <li>- Recueillir et exploiter les données sous forme de différentes cartographies,</li> <li>- Identifier les zones à risques et les populations vulnérables,</li> <li>- Discuter des résultats avec nos différents partenaires et valider</li> </ul>	<p><b>Moyen matériel:</b> SIG (HealthMapper),</p> <p><b>Moyen Humain:</b> stagiaire à plein temps sur ce projet pendant 4 mois</p>
Office National de l'Eau et de l'Assainissement Ouagadougou	<p><b>EAU ET ASSAINISSEMENT</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Localiser les besoins en eaux et mesurer le bénéfice de l'approvisionnement en eau,</li> <li>- Améliorer les connaissances du réseau en localisant les dysfonctionnements qui peuvent impacter sur la qualité de l'eau,</li> <li>- Décrire des niveaux de vulnérabilité pour établir des priorités d'intervention sur le réseau,</li> <li>- Plaidoyer l'investissement pour la maintenance et le renouvellement du réseau et des bornes fontaines</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Définir ses objectifs et attentes avec l'OMS,</li> <li>- Identifier un interlocuteur adéquat pour optimiser la collecte d'information,</li> <li>- Transmettre les données de l'annexe 3.3</li> <li>- Discuter des résultats.</li> </ul>	<p><b>Moyen humain:</b> pour recueillir et transférer les données</p>
	<p><b>URBANISME:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Décrire des niveaux de vulnérabilité (population vulnérable, zone à risque) pour établir des priorités d'intervention,</li> <li>- Planifier et plaidoyer pour les services de base à installer dans les zones à risque,</li> <li>- Suivre les améliorations de la déserte des quartiers à risque,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Définir ses objectifs et attentes avec l'OMS,</li> <li>- Identifier un interlocuteur adéquat pour optimiser la collecte d'information,</li> <li>- Transmettre les données présentées dans l'annexe 3.2,</li> <li>- Discuter des résultats.</li> </ul>	<p><b>Moyen humain:</b> pour recueillir et transférer les données</p>
Le Ministère de la Santé du Burkina Faso	<p><b>SANTE - EPIDEMIOLOGIE:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Décrire des niveaux de vulnérabilité pour établir des priorités d'intervention: population vulnérable et à risque,</li> <li>- Cartographier la demande et l'offre de soins (infrastructure),</li> <li>- Bénéficier d'un outil de surveillance des épidémies : outil simple et fournissant des informations et résultats visualisables,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Définir ses objectifs et attentes avec l'OMS,</li> <li>- Identifier un interlocuteur adéquat pour optimiser la collecte d'information,</li> <li>- Transmettre les données détaillées dans l'annexe 3.1,</li> <li>- Discuter des résultats.</li> </ul>	<p><b>Moyen humain:</b> pour recueillir et transférer les données</p>
OMS, Burkina Faso, Ouagadougou WHO/Multi Disease Surveillance Centre	<p><b>SANTE:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Décrire des niveaux de vulnérabilité pour établir des priorités d'intervention,</li> <li>- Cartographier les infrastructures de santé existantes dans la ville de Ouagadougou,</li> <li>- Promouvoir l'utilisation du HealthMapper auprès des différents partenaires de cette étude, promouvoir la mise à jour des données</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Définir ses objectifs et attentes avec l'OMS de Genève,</li> <li>- Faciliter et stimuler le recueil des données en rencontrant les autres acteurs de terrain</li> <li>- Identifier un interlocuteur adéquat pour optimiser la collecte d'information,</li> <li>- Transmettre les données concernant la localisation des infrastructures de santé,</li> <li>- Discuter des résultats.</li> </ul>	<p>Moyen matériel: GPS pour déterminer les coordonnées géographiques des infrastructures de soin</p> <p><b>Moyen humain:</b> pour recueillir et transférer les données</p>