

## Mémoire de fin d'étude en master spécialisé Génie Sanitaire et Environnement



Analyse comparée des qualités microbiologique et physico-chimique des eaux de pluie stockées dans des citernes en Ferro ciment : Cas des impluviums de DORI

Présenté et soutenu le 20 Septembre 2010 par :

Boris Bérenger BENGAIBONA

### Membres du jury

Franck LALANNE

Ynoussa MAIGA

SOSSOU SEYRAM

### Encadreurs

Adama KONE Ing. GR, Directeur  
Résident de la RN CREPA/BF



## DEDICACE

Je dédie ce mémoire à :

✚ Ma grand-mère HOWASSAI Marie.

## REMERCIEMENTS

Gloire à Dieu le Tout puissant qui m'a orienté dans le choix de cette filière de Génie Sanitaire Environnement et qui a assuré ma protection durant mon séjour au Burkina Faso, loin de mes parents et ma famille.

J'exprime ma gratitude à toutes personnes qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce document. Tout particulièrement, je tiens à remercier :

- ✚ L'ensemble des enseignants de la fondation 2iE pour la qualité de la formation reçue.
- ✚ J'exprime mes remerciement à l'endroit du Directeur Résident de la Représentation Nationale du CREPA au Burkina Faso, Monsieur Adama KONE de nous avoir accepté dans sa structure pour le stage ;
- ✚ Je remercie mon encadreur technique monsieur Anicet KYANSEM pour sa disponibilité, ses conseils prodigués et son soutien ;
- ✚ Ma femme chérie NDEDJIBE Emilienne, pour son endurance, son soutien inlassable et son encouragement permanent, son encadrement des enfants pendant toute mon absence. Qu'elle trouve ici la joie et la récompense de ses multiples sacrifices ;
- ✚ Mes filles bien-aimées Fortune, Espérance, Zara. Vous qui avez pu supporter mon absence durant cette période, que mon exemple de courage et de pragmatisme vous serve d'exemple et de guide pour votre vie ;
- ✚ Mes amis MEWANE Rufin, FEIZOKAZOUI Martial, ZANRE Batetim et tous les autres pour leur encouragement et soutient multiformes pendant ma formation ;
- ✚ Mes frères NAMKIANGA Didace, NGAÏBONA Martial pour leur soutien financier ;

A tous, je formule ma profonde gratitude pour les multiples peines que vous avez endurées pour moi.

## LISTE DES ABREVIATIONS

AFNOR	: Association française de normalisation
°C	: degré Celsius
Ca <sup>2+</sup>	: ion calcium
CaCO <sub>3</sub>	: carbonate de calcium
CEP	: Collecte des eaux de pluie
CECEP	: Centre d'expertise pour la collecte des eaux de pluie
cm	: centimètre
CREPA	: Centre Régional pour l'Eau potable et l'assainissement à faible coût
<i>E. coli</i>	: <i>Escherichia coli</i>
g	: gramme
g/L	: gramme par litre
h	: heure
m	: mètre
m <sup>3</sup>	: mètre cube
M.E.S	: matières en suspension
mg	: milligramme
mg/L	: milligramme par litre
ml	: millilitre
m <sup>3</sup> /j	: mètre cube par jour
mn	: minute
m <sup>3</sup> /s	: mètre cube par seconde

Na <sup>+</sup>	: ion sodium
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	: Nitrate
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	: Nitrites
OMS/WHO	: Organisation mondiale de la santé/ <i>World Health Organization</i>
ONEA	: Office National de l'Eau et de L'Assainissement.
ONATEL	: Office National des Télécommunications
pH	: potentiel d'Hydrogène
ppm	: partie par million
SONABEL	: Société Nationale Burkinabé d'Electricité
T°C	: Température en degré Celsius
UNICEF	: United Nations Children's Fund (Organisation des Nations Unies pour l'enfance)
UFC	: Unité Formatrice de Colonie
µm	: micromètre
µS/cm	: micro siemens par centimètre

## LISTE DES ILLUSTRATIONS

### Table des figures

<b>Figure 1</b> : Répartition des ressource en eau dans le monde.....	16
<b>Figure 2</b> : Cycle de l'eau.....	20
<b>Figure 3</b> : Origine des différentes pollutions rencontrées dans le monde.....	22
<b>Figure 4</b> : amibe <i>Eentamoeba hystolitica</i> , forme végétative (1) et la forme kystique(2).....	27
<b>Figure 5</b> : <i>Giardia lamblia</i> , forme végétative(1) forme kystique(2).....	28
<b>Figure 6</b> : kyste de <i>crypto sporidium parvum</i> .....	29
<b>Figure 7</b> : citerne en ferrociment.....	44
<b>Figure 8</b> : système de puisage.....	44
<b>Figure 9</b> : Carte de la situation géographique de la commune de Dori.....	45
<b>Figure 10</b> : Production et consommation d'eau dans la commune de Dori.....	47
<b>Figure 11</b> : Usage de l'eau.....	51
<b>Figure 12</b> : qualité de l'eau dans quelques impluviums.....	52
<b>Figure 13</b> : insectes et crapauds au niveau du regard de puisage.....	52
<b>Figure 14</b> : moustiquaire déchirée au niveau du trop plein.....	53
<b>Figure 15</b> : filtre endommagé au niveau de l'entonnoir.....	53
<b>Figure 16</b> : colonies des coliformes totaux et coliformes thermotolérants sur le milieu de culture Chomocult Es.....	55
<b>Figure 17</b> : Variation du pH des échantillons.....	55
<b>Figure 18</b> : Variation de la température dans les échantillons.....	56
<b>Figure 19</b> : Variation de la conductibilité des échantillons.....	57
<b>Figure 20</b> : Variation de la turbidité des échantillons.....	58
<b>Figure 21</b> : Variation du TAC et du TA par rapport à l'augmentation du pH.....	59
<b>Figure 22</b> : Teneur de la dureté des échantillons.....	6
<b>Figure 23</b> : Teneur des nitrates dans les échantillons.....	61
<b>Figure 24</b> : Teneur en ammonium des échantillons.....	61



## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> : Exemples de pathogènes.....	25
<b>Tableau 2</b> : Normes de l’OMS pour les critères physico-chimique de l’eau de boisson.....	34
<b>Tableau 3</b> : Normes de l’OMS pour les critères micro-biologiques de l’eau de boisson.....	34
<b>Tableau 4</b> : Mesure des paramètres physico-chimiques de l’eau.....	43
<b>Tableau 5</b> : Production et consommation d’eau à Dori.....	46
<b>Tableau 6</b> : Pluviométrie en millimètre (mm) de la commune de Dori.....	48
<b>Tableau 7</b> : Evolution de la population de le commune de Dori avant 2006.....	49
<b>Tableau 8</b> : Evolution future de la population de la commune de Dori.....	50
<b>Tableau 9</b> : Résultats microbiologiques de l’eau.....	54

## RESUME

Le développement de la collecte des eaux de pluie en vue de satisfaire les besoins en eau de boisson se répand de plus en plus dans les ménages au Burkina Faso plus précisément dans la province du Seno. Les dispositifs installés et les conditions d'utilisation peuvent varier d'un ménage à un autre. De plus, l'usage de cette eau est laissé à l'appréciation des bénéficiaires. Vingt six (26) impluviums ont fait l'objet d'une analyse permettant de décrire la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau stockée, le mode de fonctionnement et de traitement de l'eau, les usages effectifs et les pratiques. Des enquêtes menées auprès des ménages ont été complétées par une campagne d'analyse. Les enquêtes menées auprès des ménages ont montré que la qualité de l'eau est appréciée par les bénéficiaires mais de quantité insuffisante et que divers usages sont assurés, boisson, cuisson, mais malgré tout les bénéficiaires continuent à utiliser l'eau de puits et des marres pour d'autres usages domestiques (vaisselles, lessives). Les valeurs obtenues pour les différents échantillons analysés dans les eaux stockées dans 26 impluviums ont été les suivantes : pH (8,9 à 10,6), la température (31,1 à 35,5°C), la conductivité (86,2 à 225µs/cm) ; la turbidité (0 à 86 NTU) , titre alcalimétrique compris entre (0,6 à 4,1°F),

Le titre alcalimétrique complet (4,5 à 6,5°F), ammonium (0 à 1,36 mg/l). Tous les échantillons (100%) ne sont pas contaminés par *Escherichia coli*. 100% sont contaminés par des coliformes totaux et 58% par les coliformes thermotolérants.

De cette analyse, nous avons conclu que l'eau de pluie stockée dans les impluviums en Ferrociment dans le village de KRYOLLO à Dori, présente des caractéristiques physico chimique et microbiologique non-conformes aux normes de l'OMS sur l'eau de boisson, donc impropre à la consommation. Toutefois, au regard de la difficulté d'accès de ces zones aux sources d'eau potable, des mesures adéquates de prévention des pollutions et autres sources de contamination, ainsi que le traitement de ces eaux doivent être observées. Nous conseillons fortement un traitement préalable au chlore des eaux des impluviums avant leur consommation. Le revêtement intérieur des parois des impluviums peut être envisagé pour étirer les effets de la carbonatation, et réduire ainsi les risques de contamination de l'eau, tant chimique que microbiologique.

**Mots clés** : Impluvium, ferrociment, qualité de l'eau, risque sanitaire.

## ABSTRACT

The development of the collection of the rainwaters in order to satisfy the drinking water spills more and more precisely in the dwellings to Burkina in the province of the Seno. The devices installed and the conditions of use can vary from a household to another. Besides the use of this water is let to the appreciation of the recipients, 26 impluviums was the subject of an analysis permitting to describe the physico-chemical and microbiological quality of water stocked the fashion of working and treatment of water, the efficient uses and the practices. Investigations led by the households have been completed by a campaign of analysis. The investigations led by the households showed that the quality of water is appreciated by the beneficiaries but of quantity insufficient and that various uses are assured: Drink, cooking but in spite of all the recipients continue to use the water of well and of laugh them for other domestic uses (dishes, laundries). The values gotten for the different samples analyzed in waters stocked in 26 impluviums were the following. PH (8,9 à 10,6), the temperature (31,1 to 35,5°C), the conductivity (86,2 to 225  $\mu$ s/cm); the turbidity (0 in 86 NTU), title alcalimétrique (0,6 to 4,1°F),

The title complete alcalimétrique (4,5 to 6,5°F), ammonium (0 to 1,36 mg/l). All samples (100%) don't contain Escherichia coli. 100% contain the total coliformes and 58% by the coliformes thermotolérants.

Of this analysis, we concluded that the rainwater stocked in the impluviums made of ferro cement in the village of KRYOLLO in present Dori of the characteristic chemical and microbiological physico non compliant to the norms of the WHO on the water of drink, therefore unfit to the consumption. However, to the look of the difficulty of access of these zones to the sources of drinking water, of the adequate measures of prevention of the pollutions and other sources of contamination, as well as the treatment of these waters must be observed. We advise a previous treatment the chlorine of the waters of the impluviums strongly before their consumption. The interior coating of the partitions of the impluviums can be considered for éiter the effects of the carbonizations, and to reduce the risks of water contamination thus, so much chemical that microbiological.

**Key words:** Impluvium, ferrociment, quality of water, sanitary risk

# SOMMAIRE

DEDICACE.....	ii
REMERCIEMENTS .....	iii
LISTE DES ILLUSTRATIONS.....	vi
INTRODUCTION.....	1
1.1 Aspect mondial des problèmes de l'eau .....	3
1.1.1 Ressources en eau dans le monde.....	3
1.1.2 Gestion des ressources en eau et objectifs du millénaire.....	4
1.1.3 Situation de l'accès à l'eau au Burkina Faso, les ressources en eau et la zone d'étude. ....	5
1.5 Le cycle de l'eau de pluie.....	7
1.5.1 Définition.....	7
1.5.2 Formation .....	7
1.5.3 Mesure .....	7
1.5.4 Répartition des pluies à la surface de la terre : .....	8
1.6 Notion de pollution.....	9
1.6.1 Pollution biologique. ....	10
1.6.2 Pollution chimique .....	10
1.6.3 Contaminations physiques.....	11
1.7 Maladies Hydriques.....	12
1.7.1 Maladies diarrhéiques hydriques d'origine bactérienne .....	13
1.7.2 Maladies diarrhéiques d'origine parasitaire : .....	15
1.8 Qualité d'un bon indicateur .....	18
II.HYPOTHESE ET OBJECTIFS DU TRAVAIL .....	19
2.1 Objectif global.....	19
2.2 Objectifs spécifiques .....	19
III. MATERIELS ET METHODE .....	20
3.1 Méthode d'analyse .....	20
3.2 Choix de la méthode.....	20
3.3.1 Qualité microbiologique.....	23
3.3.3 Prélèvement des échantillons et analyse.....	25
3.3.4 Qualité physico-chimique.....	26
3.3.5 Méthodes d'analyses .....	30
Paramètres physico-chimiques .....	30
3.3.6 Présentation de la zone d'étude .....	33
3.3.6.1 Voie d'accès et communication.....	33

3.3.6.2 Infrastructure, services publics, urbanisme et l’habitat .....	33
3.3.6.3 Alimentation en eau potable .....	34
3.3.6.4 Production et consommation d’eau à Dori .....	34
3.3.6.3 Climatologie .....	35
3.3.6.3.1 Données climatiques de la ville de Dori .....	36
3.3.6.3.2 Topographie.....	36
3.3.6.3.3 Géologie .....	36
3.3.6.4 Situation socio-économique .....	36
3.3.6.4.1 Secteur primaire.....	36
3.3.6.4.3 Secteur tertiaire.....	37
3.3.6.4.4 Démographie .....	37
3.3.6.4.5 Population récente .....	37
IV. RESULTATS .....	38
4.1 Analyse et interprétation des résultats .....	38
4.2 Résultats de l’enquête.....	39
4.3 Analyse de la qualité microbiologique .....	41
4.4 Analyse des caractéristiques physico-chimiques.....	43
V. ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS .....	51
VI. CONCLUSION ET PERSPECTIVES .....	53
VII. REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE .....	54
VIII. ANNEXES .....	1

## INTRODUCTION

L'eau potable n'est pas disponible pour la majorité de la population mondiale, surtout en Afrique et en Asie dans les villes secondaires et en milieu rural (Rao, 2002). Selon l'OMS(2004), 1,1milliards de personnes dans le monde n'ont pas accès à une eau saine, 2,4 milliards n'ont pas accès aux infrastructures d'assainissement de base. En conséquence, ces conditions de vies désastreuses provoquent la mort de près de 10000 personnes par jour, dont une forte majorité sont des enfants de moins de cinq ans. Comme l'a rappelé le Conseil Mondial de l'Eau à Mexico en 2006 : « l'absence d'eau ou sa mauvaise qualité tue chaque année dix fois plus que toutes les guerres réunies ». De plus, du fait de la pollution de la nappe phréatique, des eaux de surface ainsi que l'augmentation de la demande en eau liée à la croissance de la population, de nombreuses communautés dans le monde ont atteint la limite de leur ressource traditionnelle en eau. « L'eau c'est la vie » a-t-on coutume de dire. Et pourtant, elle est bien souvent aussi cause des décès, voire de désastres.

En effet, source naturelle indispensable à la vie, la qualité de l'eau se trouve aussi être, de manière directe ou indirecte, la première cause de maladie et de mortalité. L'OMS(2005) a estimé que 1,6 millions de personnes meurent chaque année de ces déterminants de santé. De même des centaines de millions de personnes de part le monde souffrent de la schistosomiase, du choléra, de la typhoïde, de l'onchocercose, des vers responsables de divers troubles de la santé et d'autres maladies infectieuses (Alcamo, 1984 ; UNESCO, 1992). Une étude réalisée à Vancouver (Canada) a démontré le lien de cause à effet entre la qualité de l'eau et la gastroentérite (Aramini *et al* ; 2000). Plus de 150 espèces virales pathogènes transmises par voie fécaux-orale sont responsables de diarrhées, de la poliomyélite et des hépatites aiguës. Des protozoaires entériques comme *Giardia sp.* et *Cryptosporidium sp.* sont des parasites intestinaux et peuvent causer des gastroentérites chez l'homme quand ils sont ingérés. Ces virus et protozoaires ont en commun un cycle de transmission impliquant l'homme et les animaux et l'environnement aquatique. Ils ont une grande stabilité dans le milieu naturel et une certaine résistance aux agents de dénaturation physico-chimique (Anonyme 1, 1982 ; UNESCO, 1982 ; Shin & Sobsey, 1998 ; Abbaszadegan ,2001).

De ce fait une eau saine est nécessaire à la vie, à l'hygiène, à la prévention de la diarrhée et d'autres maladies d'origine hydrique. Elle constitue aussi un patrimoine de la nation car les besoins en eau varient considérablement en fonction de la situation de la ville mais aussi du niveau de développement. L'eau est une préoccupation de tous les temps et de tous les lieux.

Assez souvent, quand il y a excès dans le cas d'une inondation ou pénurie en période de sécheresse, l'eau devient une question de vie ou de mort. L'un des plus grands défis du 21<sup>e</sup> siècle sera de maîtriser le manque d'eau croissant. Ainsi l'approvisionnement en eau des populations en quantité suffisante en toute saison demeure l'un des soucis majeurs du gouvernement du Burkina Faso. C'est ainsi que des projets ont été initiés au Centre Régional pour l'Eau Potable et l'Assainissement à faible coût (CREPA) en collaboration avec la Fondation RAIN sur la collecte des eaux de pluie dans trois régions (Est, Nord, Sahel)<sup>1</sup> du Burkina Faso à stress hydrique élevée (pluviométrie déficitaire, eau souterraine polluée par l'arsenic, forages improductifs etc.). La collecte des eaux de pluie (CEP) a retrouvé son importance en tant que source d'eau alternative ou complémentaire appréciée, au même titre que des technologies d'alimentation en eau. Le développement de la collecte des eaux de pluie fournirait une solution à de nombreuses pénuries en eau actuelle. On récupère et on conserve l'eau de pluie dans des réservoirs en Ferro ciment, des bassins et des puits, c'est une pratique qui existe depuis des siècles et est mis en œuvre au Burkina Faso depuis 2006 financé par la FONDATION RAIN au Pays-Bas, et coordonné par WaterAid et la Représentation Nationale du CREPA (RN/CREPA) En vue de positionner cet ouvrage dans la gamme des options disponibles pour assurer l'accès à l'eau potable, les autorités Burkinabé en charge des questions d'eau et la FONDATION RAIN s'interrogent sur la pureté microbiologique des eaux. De nos jours on s'inquiète non seulement de sa qualité microbiologique mais aussi de ses caractéristiques physico-chimiques

Les études antérieures de la qualité des eaux consommées au Burkina Faso n'abordent pas la problématique de la qualité de toutes les eaux de consommation et comme un certain nombre des problèmes de santé publique sont liés à la contamination de l'eau et aux pratiques hygiéniques, l'accès à une eau de bonne qualité est un des facteurs déterminants pour améliorer la santé publique. C'est pour cette raison que la RN/CREPA en collaboration avec RAIN FOUNDATION et le laboratoire d'analyse des eaux de consommation de la Fondation 2iE se sont intéressés aux analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux météoriques et des eaux de pluie stockées dans des citernes en Ferro ciment destinées à la consommation dans la ville de Dori car une eau polluée au départ ne peut qu'entraîner une eau polluée à l'arrivée.

---

<sup>1</sup> Régions de l'Est, du Nord et le Sahel.

La commune de Dori, chef lieu de la région du sahel et de la province du Séno, notamment dans sa partie péri urbaine, représente un cas particulier où le manque d'assainissement a un impact négatif sur l'environnement et sur la santé des habitants. Le faible niveau de raccordement au réseau d'eau potable et les mauvaises conditions d'évacuation des excréta et des eaux usées sont à l'origine des maladies hydriques qui affectent presque la moitié de la population.

Le contenu de ce mémoire se structure en cinq parties :

- 1 La première partie présente la revue de la littérature, la situation de l'accès à l'eau au Burkina Faso, la présentation de notre zone d'étude le cycle de l'eau, les polluants et maladies d'origine hydrique.
- 2 La deuxième partie présente la méthodologie d'analyse utilisée.
- 3 La troisième partie les résultats de l'analyse au laboratoire.
- 4 La quatrième partie les analyse et discussions.
- 5 La cinquième partie, la conclusion et les recommandations.

## **I BIBLIOGRAPHIE**

### **1.1 Aspect mondial des problèmes de l'eau**

#### **1.1.1 Ressources en eau dans le monde**

La terre est souvent appelée « la planète bleu » parce que l'eau recouvre la majorité de la surface de la terre (environ 71% de la surface). Le volume d'eau sur terre est estimé à environ 1,4 milliard de km<sup>3</sup>. L'eau salée des mers et des océans constitue 97% des ressources en eau sur terre. Des 3% d'eau douce restante, 2,6% sont sous forme de glaciers des régions polaires, d'iceberg, de vapeurs d'eau atmosphérique, et d'eau souterraine inaccessible, à la population mondiale (fig.1) (Nebel et Right, 1996, Encarta, 2009) laissant ainsi seulement 0,4% comme eau douce, accessible à la population mondiale.

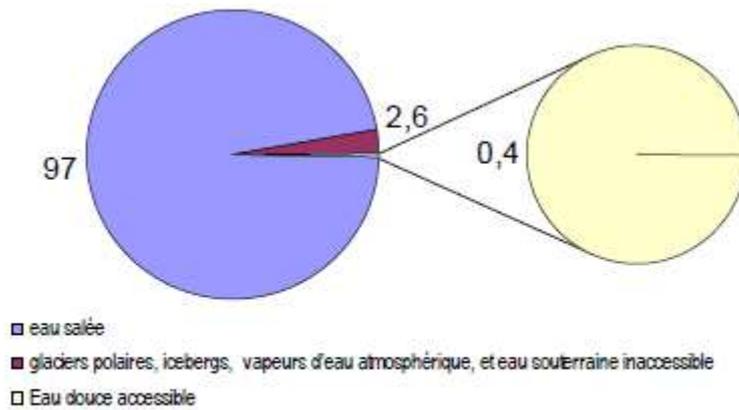


Figure 1: Répartition des ressources en eau dans le monde  
(Nebel & Wright, 1996)

### 1.1.2 Gestion des ressources en eau et objectifs du millénaire

Le programme des Nations Unies pour l'Enfance (UNICEF) en matière d'eau et assainissement a conçu pour contribuer à la réalisation des Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD) lié à l'eau et à l'assainissement à savoir :

-Avoir réduit à moitié d'ici 2015 la proportion de la population qui n'a pas accès de façon durable à l'eau potable.

D'autres OMD portent sur la mortalité maternelle, la mortalité infantile, les maladies principales et la durabilité de l'environnement. L'accès à une eau propre réduit les risques pour la mère et l'enfant. Une meilleure gestion en eau peut en outre réduire la propagation des maladies comme la malaria et la vulnérabilité au VIH/SIDA. L'UNICEF accorde une place importante à l'élaboration de normes et des lois nationales relatives à la qualité de l'eau, et la mise en œuvre de la surveillance de la qualité de l'eau au niveau des collectivités locales. Dans les régions du Bangladesh, du Vietnam et d'autres pays touchés par l'arsenic, on procède à des essais grandeur nature de technologie basées sur les filtres domestiques et mets au point des sources de substitution sans arsenic, telles que les système de captage des eaux de pluie, les puits de surface et les systèmes de filtration des étangs (Rashid et MRidha,1998 ;Camdessus et *al.*,2004 ; Torkil,2004 ; UNICEF, 2005 ).

### **1.1.3 Situation de l'accès à l'eau au Burkina Faso, les ressources en eau et la zone d'étude.**

Le Burkina Faso est un pays sub-saharien, enclavé, avec près de 14 millions d'habitants et des ressources naturelles limitées. Son économie est fortement tributaire de l'agriculture (80% de la population).

Du point de vue administratif, le pays est divisé en 13 régions et subdivisé en 45 provinces, 351 communes de plein exercice dirigées par les maires élus et 8000 villages environ. Son climat tropical est de type soudano-sahélien (caractérisé par des variations pluviométriques considérables allant d'une moyenne de 350 mm au nord à plus de 1000 mm au sud-ouest) avec deux saisons contrastées : la saison de pluie avec des précipitations comprises entre 300 mm à 1200 mm, et la saison sèche durant laquelle souffle l'harmattan, un vent chaud et sec originaire du Sahara. La saison de pluie dure environ 4 mois, entre Mai/Juin et Septembre, sa durée est courte au nord du pays.

C'est aussi un pays pauvre qui bénéficie beaucoup des programmes d'aides au développement qui contribuent à soutenir le gouvernement Burkinabé dans ses efforts pour l'atteinte des Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD). Au regard de l'objectif 7 (réduire de moitié le nombre des personnes n'ayant pas accès à une source d'eau potable améliorée et à un assainissement de base adéquat), la volonté politique se manifeste par l'élaboration et l'adoption d'un Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable et d'Assainissement (PN-AEPA) dont l'horizon est 2015. L'un des principes retenus dans la politique nationale du Burkina Faso en matière d'eau est l'approche par bassin hydrographique dans la planification, la mobilisation, l'exploitation et la protection des ressources en eau.

Le Burkina Faso dispose de quelques cours d'eau dont deux à savoir le Mouhoun au centre et la Comoé à l'Ouest, à écoulement permanent toute l'année et coulant dans le même sens du Nord au Sud.

L'écoulement moyen annuel des eaux de surface a été estimé en 1993 à 8 milliards de m<sup>3</sup>. L'ensemble des eaux de surface (cours d'eau, retenue d'eau, mares) couvrent une superficie de 100.000 ha pour une superficie de 274000 km<sup>2</sup> pour le pays.

Les principaux bassins sont :

-Le bassin de la Volta (178.000 km<sup>2</sup>, 66% des apports superficiels) dans le centre et le nord (régions hydrauliques du centre-Nord, du Nord, de la Boucle du Mouhoun). Ce bassin versant est drainé par le Mouhoun. (94m<sup>3</sup>/s en moyenne), le Nakambé (39m<sup>3</sup>/s) et d'autres cours d'eau de moindre importance (le Nazinon, le Pendiari, la Sissili) ;

-le bassin de la Comoé (17.000 km<sup>2</sup>, 7% des apports) à l'Ouest du pays (région des Hauts Bassins, région du Sud-ouest). Il est drainé par la Comoé (21 m<sup>3</sup>/s) et ses affluents ;

-le bassin du Niger (79.000 km<sup>2</sup>, 27% des apports superficiels) dans le Nord et l'Est (région du Nord, Sahel, Est). Il est drainé par plusieurs rivières d'écoulement temporaire et les affluents du Niger.

Les ressources en eau exploitable sont très importantes dans l'Est, l'Ouest et le Sud (Hauts Bassins : 2,2 milliards de m<sup>3</sup> ; Centre-Nord 0,25 ; Sahel :0.31). Par contre elle est de plus en plus rare dans les autres régions.

Pour faire face à la rareté de l'eau, le Burkina Faso a très vite développé une politique de mobilisation de ses ressources en eau de surface en réalisant des barrages de retenue d'eau dans tout le pays.

En 1993, ont été recensés environ 2100 barrages parmi lesquels 380 créent des plans d'eau permanents. Ces retenues d'eau sont utilisées dans l'approvisionnement en eau potable des populations, l'agriculture, et l'abreuvement du bétail.

Les retenues d'eau contribuent aussi à la recharge des nappes souterraines.

Par ailleurs il convient cependant de signaler que les eaux de surface ne sont que très peu utilisées pour la production d'eau potable à cause des coûts liés aux investissements et à l'exploitation pour le captage, le transport et le traitement. Seuls six (6) centres urbains dont la taille et la proximité par rapport à la ressource le justifient sont ravitaillés en eau potable à partir d'eau de surface : Ouagadougou, Banfora, Pouytenga, Poura, Koudougou et Kompienga.(direction générale de l'agriculture, de l'hydraulique et des ressources halieutiques).

Pour les eaux souterraines les études hydrogéologiques menées au Burkina Faso font apparaître 2 grandes formations aquifères :

-Le socle cristallin qui occupe 80% du territoire avec essentiellement des roches granitiques altérées recouvertes de sols ferrugineux à différents stades de dégradation.

Les débits exploitables obtenus par forage sont généralement très faibles. Ils dépassent rarement  $20 \text{ m}^3/\text{h}$  ;

-les zones sédimentaires constituées de bandes allant du Sud-ouest au Nord et qu'on rencontre aussi dans le Sud-est. Elles sont généralement très faibles. Ces débits dépassent rarement  $20 \text{ m}^3/\text{h}$  ;

-les zones sédimentaires constituées de bandes allant du Sud-ouest au Nord et qu'on rencontre aussi dans le Sud-est. Elles sont généralement assez riches en eau avec des débits par forages pouvant aller jusqu'à  $100 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Les ressources en eau souterraine sont évaluées à 113 milliards de  $\text{m}^3$  dont 9,5 milliards sont potentiellement renouvelables.

## **1.5 Le cycle de l'eau de pluie**

### **1.5.1 Définition**

L'eau de pluie est la source primaire de toute eau douce sur terre ;

La pluie correspond à des précipitations sous forme de gouttelettes d'eau liquide.

Le diamètre de ces gouttes d'eau est généralement supérieur à 0,5 mm (millimètre) et peut atteindre jusqu'à 3 mm. La vitesse de la pluie qui tombe est proportionnelle à la taille des gouttes d'eau de pluie ; elle peut atteindre 30 km/h.

### **1.5.2 Formation**

L'eau de pluie provient des nuages. La vapeur d'eau des nuages se transforme en gouttelettes d'eau liquide (phénomène de condensation) lorsque les masses d'air se refroidissent en s'élevant dans l'atmosphère de manière naturelle. Le soulèvement de masse d'air se déroule dans les deux cas principaux : l'élévation d'une masse d'air chaud par rapport à de l'air froid (phénomène de convection), et l'élévation forcée par le relief terrestre (soulèvement orographique).

### **1.5.3 Mesure**

La pluie se mesure à la surface de la terre à l'aide de pluviomètres. La hauteur des pluies recueillies s'exprime en mm : 1 mm d'eau correspond à 1L d'eau sur une surface de  $1 \text{ m}^2$ .

L'intensité de la pluie est considérée comme faible si elle est inférieure à 2,5 mm /h, modérée si elle est comprise entre 2,5 et 7,5 mm/h, et forte si supérieure à 7,5mm.

#### 1.5.4 Répartition des pluies à la surface de la terre :

La répartition de la pluie est très inégale à la surface du globe terrestre. La pluie tombe d'avantage au niveau de l'équateur (sur la zone de convergence intertropicale), principalement sous forme d'averses de forte intensité. C'est sur cette zone que l'on rencontre des grandes forêts tropicales (la forêt amazonienne, par exemple).

Dans les pays tempérés les pluies sont principalement liées aux déplacements des zones cycloniques (zone de basse pression) et anticycloniques (zones de hautes pressions), en fonction des saisons.

A la surface du globe, les quantités de pluie sur une année entière varient de seulement quelques mm dans les déserts secs (le désert du Sahara, par exemple) à plus de trente mètres dans les régions soumises à des moussons.



Figure2 : Cycle de l'eau. **Source** : Bruno Curis et Joanna Relander (HUQ 2008)

Entre les quatre grands réservoirs d'eau de l'hydrosphère que sont les mers et océans, les eaux continentales (superficielles et souterraines), l'atmosphère et la biosphère, l'échange d'eau est permanent et forme ce qu'on appelle le cycle externe de l'eau. Le volume d'eau sur terre est toujours constant. Le moteur de ce cycle est le soleil : grâce à l'énergie thermique qu'il rayonne, il active et maintient constamment les masses d'eau en mouvement.

Ce cycle se divise en deux parties intimement liées :

-Une partie atmosphérique qui concerne la circulation de l'eau dans l'atmosphère, sous forme de vapeur d'eau essentiellement.

-Une partie terrestre qui concerne l'écoulement de l'eau sur les continents, qu'il soit superficiel ou souterrain ([www.cap-sciences.net](http://www.cap-sciences.net)).

Le cycle de l'eau est à deux vitesses. Cycle long dans les océans, rapide sur terre. Sur les océans, il pleut moins d'eau (390.000 km<sup>3</sup> d'eau par an) ; l'équilibre est maintenu par les 40.000 km<sup>3</sup> qu'apportent les fleuves. Sur les terres, il pleut 110.000 km<sup>3</sup> d'eau.

L'eau qu'elle soit, douce, salée, de l'eau de pluie, de l'eau souterraine ou de l'eau superficielle, peut être souillée par des matières qui peuvent la rendre nocive. Polluée, elle peut être à l'origine de différente maladie et peut altérer gravement la santé. Tout d'abord, en suivant la directive de Rain water pour la qualité de l'eau de pluie récupérée et ses risques de contamination, on peut retenir comme type de pollution, les polluants biologiques, microbiologiques, physiques et chimiques.

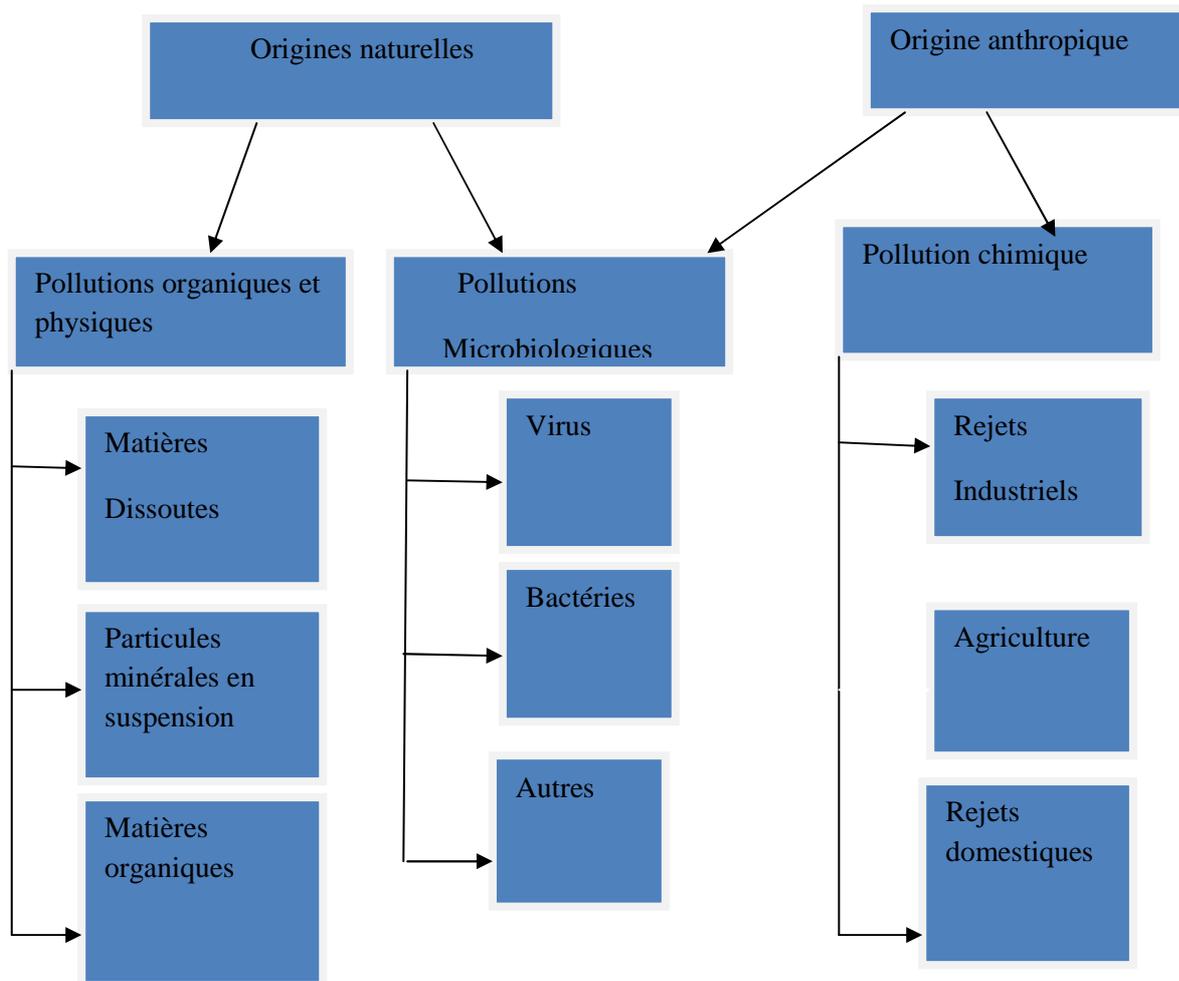
### **1.6 Notion de pollution**

La pollution des eaux est définie comme « tout changement défavorable des caractéristiques naturelles (biologiques ou physico-chimiques) dont les causes sont directement ou indirectement en relation avec les activités humaines ». La mauvaise qualité de l'eau peut être induite par des activités anthropiques ou par des phénomènes naturels. Dans la plupart des cas la pollution apparait comme un dépassement aux normes définie en fonction des usages de l'eau.

Selon leur origine et du fait que la formation de la pluie résulte de la condensation de l'eau contenu dans l'air mais l'air contient aussi des particules et des gaz d'origine naturelle et/ou d'origine humaine qui se dispersent, circulent dans l'atmosphère et vont se déposer au sol soit par temps sec soit par temps humide, au contact de l'eau, les gaz peuvent se transformer en acides. La pluie va donc naturellement se charger d'acides et de particules. Il y'a un lien naturel entre pollution atmosphérique et pollution de la pluie.

Contenu de tous ces facteurs on en distingue 4 groupes de pollutions : La pollution organique, la pollution biologique (les microorganismes), la pollution physique, la pollution chimique. Le digramme ci-dessous a été construit à partir des directives de Rain water sur les différents types de pollution susceptible de contaminer l'eau :

### Origine des différentes pollutions rencontrées dans l'eau



**Figure 3 :** Origine des différentes pollutions rencontrées dans l'eau

#### **1.6.1 Pollution biologique.**

La pollution est définie comme la présence des agents pathogènes (microorganismes) bactérie, virus, les protozoaires et autres champignons et des macro- organismes (visible à l'œil nu/avec microscope). Le risque le plus important pour l'eau récupérée à partir des toitures ou d'écoulement au sol est la contamination microbienne (biologique ou microbiologique), en particulier par les pathogènes intestinaux. La grande majorité des problèmes de santé liés à l'eau et, surtout les plus graves résultent d'une contamination microbiologique. Le risque microbiologique est majoritairement associé à l'ingestion d'eau contaminée avec les matières fécales humaines ou animales (OMS, 2006) ou par des insectes et d'autres animaux morts (en Health, 2004).

#### **1.6.2 Pollution chimique**

La pollution chimique est définie comme la présence des substances dissoutes indésirables ou dangereuses. Ce sont des corps dépourvus de vie qui peuvent être nuisibles à l'homme. L'eau

Contient naturellement des composés chimiques. C'est quand ils sont en excès (par rapport à une norme) ou qu'ils apparaissent là où ils ne devaient pas qu'ils causent la pollution (Lanvegin et al,2001). Par rapport à la santé, la plupart des éléments chimiques dans l'eau de boisson ont un effet sur celle-ci, surtout après une consommation à long terme (WHO, 2006 :). La contamination chimique de l'eau de pluie est causée par la pollution de l'air (émission industrielle des voitures, etc.), l'écoulement ou l'extraction de matières chimiques (en provenance de l'agriculture ou d'autres activités humaines) et l'utilisation des matériaux toxiques.

Les pluies acides représentent une forme de pollution de l'atmosphère qui intervient au niveau du sol lors des précipitations (pluie, neige). Cette pollution atmosphérique se forme lorsque des oxydes de soufre (SO<sub>2</sub>) et d'azote (NO<sub>x</sub>) se combinent avec l'humidité de l'air pour créer respectivement de l'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) et de l'acide nitrique (HNO<sub>3</sub>) (*Encarta Junior, 2009*).

Les oxydes de soufres sont produits naturellement par des éruptions volcaniques, et artificiellement par l'industrie chimique ou lors de la combustion du pétrole et du charbon. Les oxydes d'azote proviennent le plus souvent des centrales thermiques (qui fonctionnent au fioul, au charbon ou au gaz) et de la combustion des carburants des véhicules. Sous l'action des vents, cette pollution est transportée loin de sa zone de formation, où elle précipite le plus souvent sous forme liquide ou solide (pluie, neige, brouillard). La pollution par les pluies acides est particulièrement importante en Europe du Nord, aux Etats-Unis et au Canada. L'impact de cette pollution est considérable car elle touche l'ensemble de l'environnement. Cependant dans les zones rurales de pays en voie de développement, ces activités sont pour la plupart absents ou à très petite échelle (par exemple : des cheminées peuvent causer un dépôt de saute sur la toiture). Il est donc improbable que ces activités puissent avoir un impact significatif sur la qualité de l'eau de pluie récupérée. (*enHealth, 2004*).

### **1.6.3 Contaminations physiques**

La contamination physique est causée par des matières (inorganiques) telles que le sable, le limon, l'argile ou de la matière végétale. La contamination physique affecte la couleur, l'odeur ou le goût de l'eau. Cependant il est possible que les usagers refusent d'utiliser l'eau s'ils se trouvent que la couleur, l'odeur ou le goût ne sont pas satisfaisants. Outre ces risques un autre risque important est la reproduction des moustiques dans ou près des CEP. Les moustiques peuvent se développer dans un réservoir de stockage, mais aussi dans des

gouttières bouchées, dans des flaques d'eau autour des réservoirs, à cause de l'utilisation inappropriée du système CEP ou à cause de défauts de construction. Les espèces de moustiques qui peuvent transmettre des maladies sont les problèmes principaux, par exemple aedes aegypti responsable de la dengue (en Health, 2004), l'anophèle femelle responsable de la Malaria, aedes responsable de la fièvre jaune etc. Il y'a une liaison apparente entre la présence de larve de moustiques et l'absence de couvertures appropriées pour les réservoirs de stockage d'eau de pluie (Kolsky, 1997).

### **1.7 Maladies Hydriques**

« Nous buvons 90% de nos maladies », disait Louis Pasteur à la fin du XIX<sup>e</sup>. Ainsi l'eau peut être le vecteur de nombreuses maladies du siècle (qu'elles soient bactériennes, virales ou parasitaires), d'intoxication, de trouble sur la santé. L'eau et l'assainissement sont indispensables à la santé publique. « Je dis souvent qu'ils en constituent la base, car lorsqu'on aura garanti à tout un chacun, quelques soient ses conditions de vie l'accès à une eau salubre et à un assainissement correct, la lutte contre un grand nombre de maladies aura fait un bond énorme » (Dr LEE Jong-Wook, Directeur général de l'OMS, 2006).

Les maladies hydriques sont des maladies causées par une eau contaminée par des déchets humains, animaux ou chimiques. Parmi elles on distingue entre autres : Les maladies diarrhéiques hydriques bactériennes d'origine les maladies hydriques d'origine parasitaire (protozoaires, helminthes), les maladies hydriques d'origine virale. Le tableau suivant montre quelques pathogènes qu'on peut retrouver dans l'eau.

**Tableau 1 :** Exemple des pathogènes

Pathogènes	Exemple	Maladies engendrées
Bactéries	<i>Salmonella</i> spp.	Fièvre typhoïde, salmonellose
	<i>Shigella</i> spp.	Dysenterie bactérienne
	<i>Vibrio cholerae</i>	Choléra
	<i>Escherichia coli</i> (souches pathogènes)	Diarrhées
	<i>Campylobacter</i> spp.	Campylobactériose
	<i>Yersinia enterocolitica</i>	Gastroentérite aigüe
	<i>Leptospira</i>	Leptospirose
Virus	Poliovirus	Poliomyélite, méningite
	Entérovirus	Méningite, infection respiratoire
	Virus de l'hépatite A	Hépatite
	Norwalk	Gastroentérites
	Rotavirus	Gastroentérites et dysenterie
Protozoaires parasites	<i>Giardia</i> spp.	Giardiase
	<i>Cryptosporidium</i> spp.	Cryptosporidiose
	<i>Entamoeba</i> spp.	Dysenterie amibienne
Vers parasites (helminthes)	Vers plats ou plathelminthes ( <i>Taenia</i> spp., <i>Schistosoma haematobium</i> , <i>S. mansoni</i> , <i>Fasciola hepatica</i> )	Parasitisme
	Vers ronds ou Némathelminthes ( <i>Ascaris</i> spp., <i>Trichuris trichiura</i> , <i>Necator americanus</i> ,	

### 1.7.1 Maladies diarrhéiques hydriques d'origine bactérienne

Les maladies diarrhéiques hydriques sont causées par des bactéries telles que :

*Vibrio cholerae* responsable du choléra, *Shigella flexnerie* et *Sh. Paradyserteriae* responsable de la dysenterie bacillaire, les salmonelloses ou fièvres typhoïdes et paratyphoïdes causées par *Salmonella typhi* et *para typhi*, la gastroentérique infantile par *Staphylococcus aureus*, l'entérite par *Pseudomonas aeruginosa*, la diarrhée infantile par *Proteus*, Entérite à *Campylobacter jejuni*, la diarrhée à bactéries opportunistes par *Streptococcus fecalis*, et *Clostridium perfringens*, la diarrhée sanglante par *Escherichia coli* entéro-invasifs (EIEC) et entéro-hémorragique (EHEC) *E. coli*.0157 :H7

### **Le choléra :**

Le choléra est une maladie à incubation courte (quelques heures à 5 jours) due à une bactérie *Vibrio cholerae* dont le principal vecteur est l'homme.

La maladie résulte de l'absorption d'eau ou aliments contaminés. Une fois dans l'intestin, les vibrions sécrètent notamment la toxine cholérique, principal responsable d'une importante déshydratation avec une évolution mortelle sans réhydratation et antibiothérapie. L'homme joue à la fois le rôle de milieu de culture et de moyen de transport pour le vibron cholérique. Les selles diarrhéiques libérées en grande quantité sont responsables de la propagation des bacilles dans l'environnement et de transmission oro-fécale. Les matières fécales émises contiennent  $10^8$  à  $10^9$  vibrions par ml soit  $10^{12}$  à  $10^{13}$  agents pathogènes par personnes/jours (Bernadette PICOT, 2010).

La chloration des eaux est un moyen de traitement efficace.

### **La salmonellose ou fièvre typhoïde :**

La contamination se fait par voie digestive à partir d'eaux contaminées par des matières fécales, d'aliments avariés (coquillage, lait etc....) ou encore par des mains sales.

La fièvre accompagnée d'un abattement extrême (tuphos), complication : Hémorragique intestinale, collapsus cardiovasculaire.

La bactérie (salmonelle) traverse la barrière intestinale et se fixe dans les ganglions mésentériques ; après incubation, elle se répand dans la circulation sanguine (septicémie).

La chloration de l'eau est efficace pour le traitement.

### **La Shigellose ou Dysenterie bacillaire :**

Elle est due à *Shyella Dysenterae serotype 1*. C'est un immense problème de santé publique dans tous les pays en voie de développement (PVD) en particulier du fait de la multi résistance croissance des shigelles aux antibiotiques. La contamination est féco-orale, direct par contact interhumain avec des malades ou des porteurs asymptomatiques, en particulier par manu portage, ou par ingestion d'eau ou d'aliments contaminés par les selles.

La cible principale est l'enfant de moins de 5 ans, rarement atteint avant 6 mois s'il est nourri au lait maternel, le vieillard, la femme enceinte et le sujet immunodéprimé. L'incubation est de 1 à 3 jours, diarrhée hydrique puis dysenterie fébrile glairo-sanglante.

La Shigellose est transmise à l'homme par, les mains sales, l'eau de boisson contaminée, les mauvaises conditions d'assainissement et une hygiène inadéquate à la toilette.

### **1.7.2 Maladies diarrhéiques d'origine parasitaire :**

#### **Les protozoaires :**

Ce sont des micro-organismes unicellulaires eucaryotes appartenant au règne des protistes. Ils se multiplient par mitose ou par reproduction sexuée. Les formes infectantes des protozoaires passent souvent sous forme de kystes dans les matières fécales. L'espèce pathogène la plus fréquente en Afrique subtropicale est, *Entamoeba histolytica*. C'est la forme la plus virulente, responsable des formes cliniques graves (dysenterie amibienne et abcès hépatite). La contamination se fait par l'ingestion des kystes (eau, aliments souillés, maladies des mains sales). Le kyste survit au minimum 15 jours dans l'eau à 18°C, 10 jours dans les selles, 24h à sec. Il résiste bien aux agents chimiques. La forme végétative est trop fragile pour survivre dans la nature et jouer un rôle épidémiologique. Sa taille est relativement grande (25-120µm) et ses kystes sont de la forme sphérique de 45 à 65 µm de diamètre (OMS, 1998).

#### **Amibe : *Entamoeba histolytica***



Figure 4: photo représentant la forme végétative (1) et la Forme kystique (2)

**Giardia (Giardia lamblia) :**



**Figure 5** : Forme végétative de *Giardia intestinalis* (1) et Forme kystique (2)

C'est le protozoaire flagellé qu'on retrouve dans les fèces des hommes et des animaux, qui provoque la diarrhée. L'infection se fait par voie oro-fécale par ingestion de kystes. Après enkystement les trophozoïtes infectent la partie supérieure de l'intestin grêle. La prévalence est de 2 à 5% dans les pays industrialisés et de 20% dans les PVD.

-Forme végétative est la forme infectante.

-La forme kystique : C'est la forme de dissémination dans l'environnement. Elle est rejetée en grand nombre dans les matières fécales. Les kystes peuvent résister plus de 16 jours dans l'eau de boisson à 8°C. La contamination de l'eau par les fèces d'une personne infectée peut donc entraîner directement la transmission de la giardase par voie hydrique.

Les formes kystiques des parasites résistent à la Chloration (*Bernadette PICOT, 2009*)

### *Cryptosporidium Parvum*

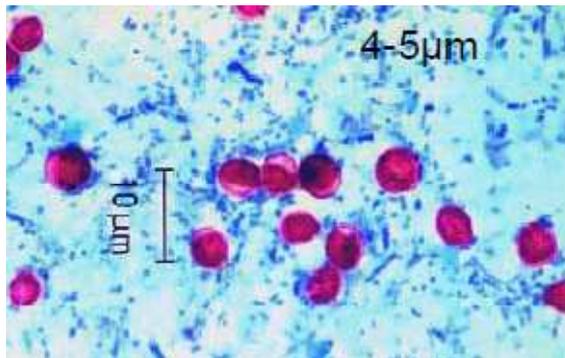


Figure 6 : Kyste de *Cryptosporidium parvum*

L'ingestion d'oocystes avec eau et aliments. La prévalence est de 1 à 3% en Europe et aux USA. Elle est responsable de 20% de diarrhée chez les immunodéprimés (VIH).

Les formes kystiques des parasites sont résistantes à la chloration.

### Les helminthes :

Tous les helminthes ne sont pas véhiculés par l'eau ; aussi il n'est pas recommandé de les surveiller de façon continue.

Les helminthes pouvant être transmis par l'eau de boisson sont regroupés en trois grande catégories : Les trématodes, les cestodes (ténias), et les nématodes (vers ronds).

L'eau est un milieu favorable pour le développement de nombreux vers parasites de l'homme ou des animaux (ténia, bilharzies, ascaris etc....).

Les helminthes, leurs œufs et leurs larves ne sont pas éliminés par la désinfection, par contre ils le sont par la filtration (Bega, 2006, cours AEP).

### Les virus :

Les virus sont des micro-organismes invisibles au microscope ordinaire. Les particules virales ne possèdent pas les organites des bactéries (ribosome par exemple) et n'ont pas de métabolisme propre. Leur reproduction a lieu dans des cellules vivantes et elles sont des parasites intracellulaires obligatoires.

Leur taille est inférieure à 0,3µm leur permet de traverser les filtres qui arrêtent habituellement les bactéries

De nombreux virus peuvent infecter une personne et être transmis à de nouveaux hôtes à travers les fèces par voie digestive. Un gramme de fèces peut contenir  $10^9$  particules virales infectieuses (Kalidi, 1993).

Cinq groupes de virus pathogènes sont particulièrement importants sur le plan sanitaire. Ce sont :

Les poliovirus, les entérovirus, les virus de l'hépatite A, les rotavirus et les virus Norwalk et sont responsables de maladies telles que la poliomyélite, la méningite, l'hépatite infectieuse, etc.

Outre ces risques de contamination, un autre risque important est la reproduction dans ou près des systèmes de REP. Les moustiques peuvent se reproduire dans un réservoir de stockage, mais aussi dans des gouttières bouchées. Dans des flaques d'eau autour des réservoirs, à cause de l'utilisation inappropriée du système de REP ou à cause des défauts de construction. Il y a une liaison apparente entre la présence des larves de moustique et l'absence de couvertures

### **1.8 Qualité d'un bon indicateur**

La législation en vigueur dans la plupart des pays de l'OMS recommande de rechercher et de dénombrer quatre indicateurs bactériens :

- Les coliformes fécaux ;
- Les coliformes totaux ;
- Les streptocoques fécaux ;
- Les Clostridium sulfo-réducteurs.

En fait, on distingue deux types principaux d'indicateurs :

**-Les indicateurs de contamination** qui permettent d'apprécier avec plus ou moins de sûreté ou de précocité le risque d'une contamination éventuelle par les micro-organismes pathogènes ;

**-Les indicateurs d'efficacité de traitement** qui permettent d'évaluer la qualité d'un traitement vis-à-vis d'un micro-organisme ou de plusieurs micro-organismes pathogènes dont la présence peut être redoutée.

Il en résulte que pour servir d'indicateur de contamination fécale, un organisme doit présenter un certain nombre de caractéristiques :

- Il doit être présent en même temps que les pathogènes et l'être en plus grand nombre qu'eux afin de faciliter l'analyse des échantillons. En principe, le nombre de micro-organismes indicateurs devraient être proportionnel au taux de pollution fécale.
- Il doit avoir une croissance supérieure à celle des pathogènes éventuellement présent dans l'échantillon et présenter des propriétés culturales et biochimiques uniformes et stables ; de plus, il doit être facile à isoler, à identifier, et à énumérer en analyse de routine.
- Enfin, il est souhaitable qu'il soit plus résistant aux agents de désinfection et au milieu aquatique que les pathogènes afin que sa destruction marque avec certitude celles des pathogènes (Rodier, 1996).

ropriées pour les réservoirs de stockage d'eau de pluie (Kolsky, 1997).

## **II.HYPOTHESE ET OBJECTIFS DU TRAVAIL**

Compte tenu de toutes ces conditions, nous nous sommes fixés les objectifs suivants :

### **2.1 Objectif global**

L'objectif global de cette étude est d'apprécier les qualités physico-chimique et microbiologique des eaux de pluie recueillies et stockées dans les impluviums en ferrociment ;

### **2.2 Objectifs spécifiques**

Il s'agit plus spécifiquement de :

- Déterminer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de pluie stockées dans les impluviums et en faire la comparaison avec les normes de l'OMS et celles de la Fondation RAIN.
- Déterminer les éléments présentant des risques de pollution des eaux de pluie stockée dans les impluviums et destinées à la consommation.
- Proposer des actions de traitement nécessaires en vue de ramener ces valeurs vers les chiffres de référence de potabilité.

### **III. MATERIELS ET METHODE**

#### **3.1 Méthode d'analyse**

Pour atteindre ces objectifs, une démarche méthodologique de travail a été adoptée. Elle établit une démarche à suivre depuis l'acquisition de TDR jusqu'à l'élaboration des résultats de l'étude. Cette démarche suit la chronologie suivante :

##### a. Phase préparatoire

Cette phase a une durée totale d'un mois et a été consacrée à la recherche bibliographique, de documents (rapport d'étude mémoire), sur le thème et la zone d'étude. Une partie de ces documents a été obtenue à la bibliothèque du CREPA, le centre de documentation de la Fondation 2iE, sur internet et une autre sur des rapports et mémoires.

##### b. Visite de terrain

Cette visite a eu pour but de prendre connaissance de la zone d'étude afin d'établir un planning de travail et faire le recensement des impluviums sélectionnés pour « subir » des différentes analyses au cours de la campagne de mesure et l'élaboration d'une fiche d'enquête. La campagne a été effectuée sur les citernes sélectionnées, pendant la période du 15 au 17 Novembre 2010.

##### c. Enquête sanitaire auprès des ménages bénéficiaires des impluviums

L'enquête sanitaire offre une approche plus globale, donc plus significative de la situation. Elle permet de révéler la vulnérabilité de l'eau par rapport à la pollution et garde sa valeur dans le temps car dans la plupart des temps, une enquête de terrain peut à elle seule donner une idée juste de la qualité bactériologique de l'eau et de sa vulnérabilité vis-à-vis de la pollution.

Il s'agit de faire le bilan de toutes les situations qui permettent aux excréta d'être en contact avec l'eau et cela de façon directe comme la défécation dans l'eau ou indirecte par le non respect des méthodes et dispositions recommandées pour garantir et améliorer la qualité de l'eau. Cette enquête a été menée suite à un entretien avec les usagers et aussi une inspection des impluviums.

#### **3.2 Choix de la méthode**

Le choix de la méthode s'effectue en fonction des objectifs poursuivis :

Ainsi, les prélèvements des eaux destinées aux différentes analyses ont été effectués suivant les procédures décrites par Rodier (1996) et les analyses ont été effectuées au laboratoire de contrôle des pollutions et de procédés de traitement des eaux de la Fondation 2iE. Cette étude a été réalisée au mois de décembre, et la population d'étude a été portée sur 26 impluviums repartis dans le village de Kryollo à Dori.

### **3.3 Normes de qualité de l'eau**

Une eau de consommation ne doit pas contenir de germes des maladies, des substances toxiques ni de quantité excessive de matières minérales et organiques. Elle doit par ailleurs, être limpide, incolore et ne posséder aucun goût ou odeur désagréable. En outre l'eau potable ne doit contenir aucun excès d'un certain nombre d'éléments minéraux dont la présence lui confère une saveur agréable à l'exclusion de ceux qui serait l'indice d'une contamination ainsi que toute substance toxique.

Il convient de rappeler que pour l'instant sont pratiquées au Burkina Faso, les recommandations de l'OMS relatives à la qualité de l'eau de boisson (voir les fiches en annexe). Ainsi pour notre étude nous nous référons aux normes de l'OMS dans les tableaux suivants :

**Extrait des valeurs guides de l’OMS et de RAIN pour les principales valeurs caractérisant l’eau de consommation**

**Tableau 2 :** Normes de l’OMS et de RAIN pour les critères physico-chimiques de l’eau boisson

<b>Normes Paramètres</b>	<b>Normes de potabilité OMS</b>	<b>Les critères de RAIN sur la qualité de l’eau basés sur l’OMS</b>
<b>pH</b>	<b>6,5≤pH≤8,5</b>	<b>6,5≤pH≤8,5</b>
<b>Température (°C)</b>	<b>aucune mention</b>	<b>aucune mention</b>
<b>Turbidité (NTU)</b>	<b>&lt;5</b>	<b>&lt;5NTU</b>
<b>Conductivité (µS/cm)</b>	<b>aucune mention</b>	<b>Non considéré</b>
<b>Dureté totale (°F)</b>	<b>aucune mention</b>	<b>Non considéré</b>
<b>Carbonates (mg/l CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>)</b>	<b>aucune mention</b>	<b>Non considéré</b>
<b>Bicarbonates (mg/l HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)</b>	<b>aucune mention</b>	<b>Non considéré</b>
<b>Chlorures (mg/l Cl<sup>-</sup>)</b>	<b>&lt;250</b>	<b>Non considéré</b>
<b>Ammonium (mg/l N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)</b>	<b>&lt;1,5</b>	<b>&lt;1,5</b>
<b>Nitrites (mg/l N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)</b>	<b>&lt;3</b>	<b>&lt;3</b>
<b>Nitrates (mg/l N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)</b>	<b>≤ 50</b>	<b>≤50mg/L</b>
<b>Calcium (mg/l Ca<sup>2+</sup>)</b>	<b>&lt;50</b>	<b>&lt;50</b>
<b>Magnesium (mg/l Mg<sup>2+</sup>)</b>	<b>&lt;100</b>	<b>&lt;100</b>
<b>TAC</b>	<b>&lt; 0,05</b>	<b>&lt;0,05</b>
<b>TA</b>	<b>Aucune mention</b>	<b>Aucune mention</b>
<b>TH</b>	<b>≤ 200</b>	<b>≤ 200</b>

**Tableau 3 :** Normes de l’OMS et de RAIN pour les critères microbiologiques de l’eau de boisson

<b>E. coli</b>	<b>0 UFC /100ml</b>	<b>≤10 UFC/100ml</b>
<b>Coliformes thermotolérants</b>	<b>0 UFC /100ml</b>	<b>Non considéré</b>
<b>Coliformes totaux</b>	<b>0 UFC /100ml</b>	<b>Non considéré</b>
<b>Streptocoques fécaux</b>	<b>Aucune mention</b>	<b>Non considéré</b>

### 3.3.1 Qualité microbiologique

La qualité microbiologique de l'eau est évaluée par la recherche des bactéries témoins de la contamination fécale. Ces germes, peu dangereux par eux-mêmes excepté *E. coli*, montrent que des micro-organismes pathogènes peuvent s'introduire dans le réseau. Leur présence dans l'eau révèle donc un manque de fiabilité des équipements (défaut de captage, dysfonctionnement ou absence des installations de traitement, insuffisance dans l'entretien des ouvrages). C'est ainsi que la détection des coliformes fécaux dans une eau traitée doit faire sérieusement soupçonner une contamination d'origine fécale (Elmund et al., 1999 ; Santé Canada, 1991).

Le groupe des coliformes totaux est utilisé depuis la fin du 19<sup>e</sup> siècle comme un indicateur de pollution d'origine fécale. La présence de coliformes fécaux dans l'eau traitée, ou le dépassement des normes réglementaires, n'implique pas nécessairement un risque pour la santé publique car le risque sanitaire relié directement à la présence des bactéries du groupe des coliformes totaux est donc faible à l'exception de certaines souches d'*E. coli* et de certaines bactéries opportunistes qui peuvent causer des graves maladies chez les patients débilisés. C'est le cas de *Klebsiella pneumoniae*,. En effet, la plupart des espèces de ce groupe se retrouve naturellement dans le sol ou la végétation (Edberg et al. 2000) et certaines espèces qui se retrouvent rarement dans les fèces peuvent se multiplier dans l'eau de consommation comme *Serratia fonticola*(OMS, 2000).

**-Les coliformes totaux :** Les coliformes totaux sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent indirectement associés à une pollution d'origine fécale. Les coliformes fécaux sont définis comme étant des bactéries en forme de bâtonnet, aérobies ou anaérobies facultatives, possédant l'enzyme  $\beta$ -galactosidase permettant l'hydrolyse du lactose à 35°C afin de produire des colonies rouges avec reflet métallique sur un milieu gélosé approprié (Archibald, 2000 ; CEAEQ, 2000 ; Edberg et al., 2000 ; Santé Canada, 1991). Les principaux genres inclus dans les groupes : *Citrobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella* et *Serratia* (CEAEQ, 2000). La presque totalité des espèces sont non pathogènes et ne représente pas de risque direct pour la santé (Edberg et al., 2000 ; OMS, 2000), à l'exception de certaines souches d'*E. coli*.

### **Les coliformes fécaux :**

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermotolérants, sont un sous-groupe de coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44,5°C. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est l'*Escherichia coli* et, dans une moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella* (Elmund *et al.*, 1999 ; Santé Canada, 1991 ; Edberg *et al.*, 2000). La bactérie *E. coli* représente 80 à 90% des coliformes thermotolérants détectés (Barthe *et al.*, 1998 ; Edberg *et al.*, 2000). Bien que la présence des coliformes fécaux témoigne la présence habituellement d'une contamination d'origine fécale, plusieurs coliformes fécaux ne sont pas d'origine fécale, provenant plutôt d'eaux enrichies en matières organiques, tels les effluents industriels du secteur des pâtes des papiers et papiers ou de la transformation alimentaire (Barthe *et al.*, 1998 ; OMS 2000). C'est pourquoi il serait plus approprié d'utiliser le terme générique « coliformes thermotolérants » plutôt que celui de « coliformes fécaux » (OMS, 1994 ; Robertson, 1995). L'intérêt de la détection de ces coliformes, à titre d'organisme indicateurs, réside dans le fait que leur survie dans l'environnement est généralement équivalente à celle des bactéries pathogènes et que leur densité est généralement proportionnelle au degré de pollution produite par les matières fécales (CEAQUE, 2000). Par ailleurs, les coliformes fécaux ne prolifèrent pas habituellement dans un réseau de distribution, ils sont utiles pour vérifier son étanchéité, permettant de déterminer une contamination fécale découlant par exemple d'infiltration d'eau polluée dans les canalisations (AWWA, 1990). Ils sont aussi des bons indicateurs de l'efficacité du traitement de l'eau, mais comme leur nombre est moins élevé que celui des coliformes totaux, ces derniers sont préférables pour cette fonction (Robertson, 1995).

Le risque sanitaire est que la présence des coliformes fécaux peut être une indication de la présence de micro-organismes entéropathogènes (Zmirou *et al.*, 1987), comme les salmonelles (Santé Canada, 1991), et le virus de Norwalk (Craun, 1986 ; Fattal *et al.*, 1983 ; Goodman *et al.*, 1982).

### **Les streptocoques fécaux**

La persistance entérocoques dans divers types d'eau peut être supérieure à celle des autres organismes indicateurs (Clausen *et al.*, 1977 ; Edbert *et al.*, 1997, OMS 2000), notamment cause de leur résistance notoire aux agents désinfectants (Haslay et Leclerc, 1993), ce qui fait d'eux des indicateurs privilégiés pour évaluer l'efficacité du traitement de l'eau (OMS 2000).

De plus leur résistance à la dessiccation fait des entérocoques des indicateurs pour le contrôle lors des réparations de réseau de distribution nécessitant un assèchement (WHO ,1993)

### **Examen Bactériologique**

Plusieurs méthodes d'analyse bactériologique sont couramment utilisées. L'emploi de chacune de ces méthodes dépend du but poursuivi et des moyens mis en œuvre pour effectuer l'analyse. Pendant notre étude nous avons effectué la recherche systématique de trois germes qui sont des indices de contamination fécale qui sont :

- les coliformes totaux ;
- Coliformes thermotolérants ;
- les streptocoques fécaux

### **Matériels utilisés**

Les matériels utilisés pour les analyses bactériologiques sont les suivant : des pipettes Pasteurs, des pipettes graduées, des tube à essai, des portoirs des tubes, des flacons stériles pour le prélèvement des échantillons, des boîtes de pétri stérile, des pinces stériles, une anse de platine, un bec –bunsen, une étuve

### **Milieu de culture**

Le milieu utilisé pour la recherche des coliformes est le Chromocult ES. C'est un milieu sélectif qui permet la recherche des coliformes totaux, des coliformes fécaux et *E. coli*. C'est un milieu lyophilisé à base de lactose. En culture, les colonies des coliformes totaux et fécaux apparaissent rouges, tandis que les colonies *E. coli* sont colorées en bleu ou violettes.

#### **3.3.3 Prélèvement des échantillons et analyse**

Les études de la qualité de l'eau comportent trois étapes à savoir :

- L'échantillonnage,
- L'analyse,
- L'interprétation

Les échantillons d'eau prélevés ont été à la fois soumis à des analyses bactériologiques et à des analyses physico-chimiques en suivant la chronologie suivante :

- Prélèvement des échantillons ;

- Mesure des paramètres in situ ;
- Acheminement des échantillons au laboratoire ;
- Ensemencement des milieux de culture et l'analyse des paramètres physico-chimique ;
- Dénombrement des bactéries ;
- Interprétation des résultats.

Avant le prélèvement on procède d'abord le matériel : Les flacons en verre de 100ml et de 250ml, stérilisés sont mises dans une glacière munie de carboglaces ou accumulateur de froid. Les accumulateurs de froid permettent d'inhiber la croissance des microorganismes dans les échantillons prélevés, pour ne pas modifier leur état par rapport à l'eau des impluviums au moment du prélèvement.

On associe aux flacons du matériel de mesure in situ : pH mètre avec thermomètre incorporé, conductimètre et de l'eau distillée. Les flacons devant servir de prélèvement ont été numérotés au moment du prélèvement pour éviter toute confusion.

Au total 26 échantillons ont été prélevés dans 26 impluviums. Le prélèvement (mode opératoire) a été effectué au niveau des regards de puisage constitué d'un robinet. Les échantillons ont été prélevés dans des flacons de 100ml et de 250ml de telle sorte qu'ils n'entraînent aucune modification des caractéristiques de l'eau prélevée dans les impluviums. Dès que l'eau prélevée atteint la limite indiquée sur le flacon, on referme aussitôt le bouchon du flacon. Les flacons sont ensuite étiqueter à l'aide des rubans adhésifs portant les inscriptions suivantes : la date, l'heure du prélèvement, le lieu, et l'origine de l'échantillon. Les échantillons sont ensuite mises dans une glacière muni des carboglaces ou accumulateur de froid puis sont acheminés au laboratoire dans délai de moins de 24 heures. Certains paramètres comme le pH, la température, la conductivité ont été dosées « in situ »

### **3.3.4 Qualité physico-chimique**

Bien que les plus grands problèmes de santé publique d'origine hydrique soient dus à la qualité microbiologique de l'eau, les propriétés physiques et chimiques de l'eau sont aussi très importantes. En effet certaines substances sont toxiques et les caractéristiques physiques de l'eau peuvent influencer son acceptabilité en affectant son goût, son odeur ou son apparence. Certains de ces paramètres sont : La turbidité, le pH, la conductivité, le titre alcalimétrique, le titre alcalimétrique complet, la dureté.

### **Paramètres organoleptiques :**

Les paramètres organoleptiques sont : l'odeur, la saveur, et la transparence de l'eau perceptibles par le consommateur. Ils n'ont pas de signification sanitaire précise, mais l'altération de l'un peut impliquer une pollution ou un mauvais fonctionnement du circuit alimentaire en eau (Rodier, 1996).

### **Paramètres à prendre en compte dans l'analyse**

Il a été choisi de rechercher les paramètres suivants :

- Le pH
- Température
- La turbidité
- La conductivité
- La dureté
- Le titre hydrotimétrique
- Le titre alcalimétrique
- Le Titre alcalimétrique complet(TAC)
- Les chlorures
- Le chlore libre

### **Le pH:**

Le pH (potentiel d'hydrogène) mesure la concentration en ion  $H^+$  de l'eau. Il mesure l'acidité ou la basicité sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend juste de la température.

### **La température :**

La température de l'eau est un paramètre de confort pour les usagers. Elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment) et le pH.

### **La conductivité**

La conductivité électrique de l'eau est sa capacité à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet d'apprécier rapidement mais très approximativement la minéralisation d'en suivre l'évolution. La conductivité est également fonction de la température de l'eau, elle est plus importante lorsque la température augmente.

### **La turbidité :**

La turbidité est un paramètre organoleptique qui mesure le trouble de l'eau. La turbidité d'une eau caractérise sa teneur en matières en suspensions. Elle est due aux particules colloïdales ou en suspension dans l'eau. Elle est mesurée ici par un spectrophotomètre DR/2000. La turbidité est un masque qui rend les tests de contaminations microbiologiques aveugles et inopérants car elle peut bloquer le développement des germes indicateurs de pollution. Elle réduit également l'efficacité des désinfectants et accroît la consommation du chlore (principal désinfectant utilisé).

### **Le titre hydrotimétrique OU dureté totale : TH**

Le titre hydrotimétrique ou dureté totale est relatif à l'ensemble des cations métalliques présents, à l'exception des ions alcalins. Il renseigne sur la teneur en  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Fe}^{++}$  etc.

En général le TH est assimilé à la teneur en calcium et magnésium, éléments dominants dans les eaux naturelles. Les eaux dures s'opposent à la cuisson des aliments et se prêtent mal à la lessive : elles empêchent le savon de mousser.

Le TH ne présente aucun risque pour la santé, mais peut provoquer l'entartrage des installations de chauffage, des fers à repasser ou des cafetières électriques. Sa grandeur dépend de la géologie du sol qu'elle traverse et en général elle varie très peu dans le temps. Une eau dure consommera plus de détergents et d'adoucissant dont les rejets sont indésirables dans l'environnement.

### **Le titre alcalimétrique :**

L'alcalinité de l'eau est due à la présence d'un certain nombre d'ions. Ce sont des hydroxydes ( $\text{OH}^-$ ), les carbonates ( $\text{CO}_3^{--}$ ) et les bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ). Le TA et le TAC traduisent

l'alcalinité d'une eau. La connaissance de ces deux valeurs est essentielle pour l'étude de l'agressivité d'une eau puisqu'ils dépendent de l'équilibre calco-carbonique.

### **Le titre alcalimétrique complet(TAC) :**

Le TAC mesure les espèces basique dans l'eau (ions hydroxydes  $\text{OH}^-$ , ions carbonates  $\text{CO}_3^{2-}$  et ions hydrogénocarbonates (ou bicarbonate  $\text{HCO}_3^-$ ).

Le TAC est un indice de pouvoir tampon de l'eau face aux substances acides. Il s'exprime en degré français. Il existe une corrélation entre le pH et le TAC, En pratique pour une eau dont le PH est inférieur à 8,3 (cas général), le TAC correspond à la concentration des ions bicarbonates  $\text{HCO}_3^-$ . La connaissance de cette valeur est essentielle pour l'étude de l'agressivité d'une eau puisque qu'elle dépend de l'équilibre calco-carbonique. Au cours de la mesure si le pH et le TAC augmente, l'eau est agressive et inversement. S'ils diminuent, l'eau est entartant. L'eau ne doit pas être agressive au carbonate de calcium. L'optimum pour la consommation humaine se situe entre 10 et 20°F soit entre 2 et 5 méq/l.

### **Le chlore résiduel :**

Le chlore est un produit qui est utilisé pour désinfecter l'eau avant de la mettre dans le système de distribution. Il est employé pour s'assurer de la qualité de l'eau depuis la source d'eau jusqu'au point de consommation. Le chlore une fois introduit dans l'eau, neutralise le fer, le manganèse, ou le sulfure d'hydrogène qui peut être présent. S'il reste du chlore (résiduel), il réagira avec les matériaux organiques présents, y compris les bactéries. Lorsque la demande en chlore aura été satisfaite le chlore pourra jouer son rôle de désinfectant. Celui-ci confère à l'eau un pouvoir désinfectant rémanent et atteste que l'eau a été convenablement traitée. La croissance des bactéries se produit dans des systèmes de distribution quand les niveaux de chlore sont très bas. Par conséquent il est important de s'assurer qu'il y'a assez de chlore pour désinfecter l'eau

La réglementation habituelle admise en la matière stipule que les eaux de consommation doivent laisser apparaître des traces du chlore libre 30mn après injection du produit chloré. Il faut qu'il y ait assez de chlore pour s'assurer de la qualité de l'eau, et un niveau excessif de chlore n'est pas nécessaire et peut provoquer un taux élevé de trihalométhanes, et peut donc avoir un impact négatif sur la santé. La recommandation de l'OMS stipule qu'on doit avoir un niveau de chlore résiduel de 0,6 à 1mg/L.

### **Les chlorures :**

Les chlorures interviennent dans la désinfection de l'eau. Ils ne présentent aucun risque pour la santé mais donnent à l'eau un goût fort et désagréable d'eau de Javel. Les chlorures rendent l'eau corrosive et peuvent attaquer le béton et charger l'eau en trace des métaux indésirables. Le rôle des roches cristallines dans la minéralisation en chlorures est faible. L'apport par la précipitation est d'autant plus important que la distance à la mer est plus faible.

### **Les nitrates :**

Les nitrates sont présents dans l'eau par lessivage des produits azotés dans le sol, par décomposition des matières organiques ou, des engrais de synthèse ou naturels.

Les nitrates proviennent aussi de l'oxydation de l'azote organique et de l'oxydation de l'azote inorganique (ammonium). Des teneurs élevées favorisent la croissance des algues et favorisant l'eutrophisation.

### **Les nitrites :**

Les nitrites proviennent d'une oxydation incomplète des matières organiques. Comme les nitrates, les nitrites sont répandus dans l'environnement, les uns et les autres se retrouvent dans la plupart des produits alimentaires, dans l'atmosphère et dans une grande partie des eaux. Les nitrites résultent de la réaction de nitrification des nitrates. Une fois dans l'organisme, les nitrites peuvent réagir avec le fer de l'hémoglobine des globules rouges et entraîner la formation subséquente de méthémoglobine. Les nitrites sont également soupçonnés de réagir dans l'organisme avec certains composés aminés. C'est le cas par exemple des amides, des amines pour former des composés N-nitrosés dont certains pourraient être cancérigènes.

## **3.3.5 Méthodes d'analyses**

### **Paramètres physico-chimiques**

Les analyses physico-chimiques ont été effectuées au Laboratoire Eau, Dépollution, Ecosystèmes et Santé (LEDES) de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE). Les paramètres mesurés sont :

- le pH a été mesuré avec un pH mètre WTW 315i ;

- la turbidité est déterminée avec un spectrophotomètre d'absorption DR/2000 de marque HACH ;

- la conductivité électrique et les solides totaux dissous (TDS), sont déterminés par le conductimètre WTW 315i ;

-le Titre Alcalimétrique Simple (TA) et le Titre Alcalimétrique Complet (TAC) sont déterminés par Alcalimétrie ;

- la dureté totale ou Titre Hydrotimétrique (TH) et le calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) sont déterminés par complexométrie ;

-les Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ), les Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ), l'Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), et les Phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) sont déterminés à l'aide d'un spectrophotomètre DR/2000 de marque HACH ;

-les carbonates ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) et les Bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) sont déterminés par alcalimétrie ; Les méthodes d'analyses physico-chimiques utilisées pour les échantillons d'eaux des impluviums, sont consignées dans le tableau ci-après

**Tableau 4 :** Mesure des paramètres physico-chimiques

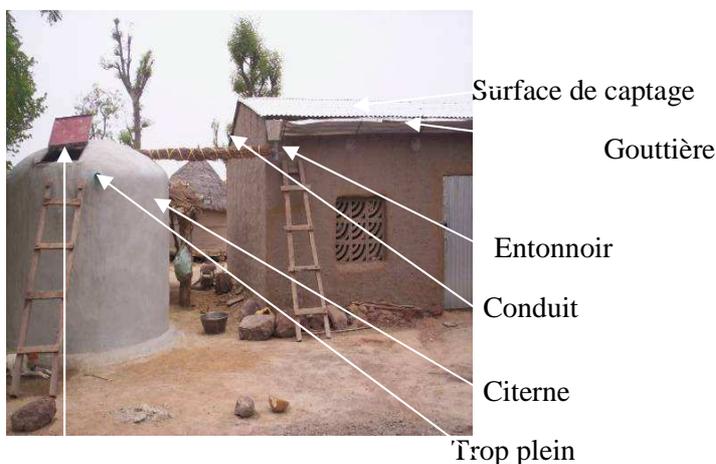
Paramètres	Unités	Méthodes d'analyse
<b>pH</b>	-	pH mètre WTW 315i
<b>Turbidité</b>	(NTU)	Spectrophotomètre DR/2000
<b>Conductivité</b>	( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Conductimètre WTW 315i
<b>Solides totaux dissous(TDS)</b>	mg/l	Conductimètre WTW 315i
<b>Titre Alcalimétrique Simple (TA), Titre Alcalimétrique Complet (TAC)</b>	$^\circ\text{F}$	Alcalimétrie
<b>Dureté totale (ou Titre Hydrotimétrique : TH)</b>	$^\circ\text{F}$	Complexométrie
<b>Nitrates (<math>\text{NO}_3^-</math>), Nitrites (<math>\text{NO}_2^-</math>), Phosphates (<math>\text{PO}_4^{3-}</math>), Ammonium (<math>\text{NH}_4^+</math>)</b>	mg/l	Spectrophotomètre DR/2000
<b>carbonates(<math>\text{CO}_3^-</math>), Bicarbonates(<math>\text{HCO}_3^-</math>)</b>	mg/l	Alcalimétrie
<b>chlorures (<math>\text{Cl}^-</math>)</b>	mg/l	Argentimétrie
<b>Calcium (<math>\text{Ca}^{2+}</math>)</b>	mg/l	Complexométrie
<b>le Potassium (<math>\text{K}^+</math>), Sodium (<math>\text{Na}^+</math>)</b>	mg/l	Spectrophotomètre d'émission de flamme

Il s'agit des représentants des indicateurs de contamination fécale : les coliformes totaux, les coliformes thermotolérants, *Escherichia coli* et les streptocoques fécaux. Ces paramètres ont été mesurés à l'aide des méthodes normalisées de routine dont la technique de filtration sur membrane. Le milieu de culture utilisé est le milieu sélectif Chromocult ES agar pour les coliformes totaux, les coliformes thermo tolérants et *Escherichia coli* et celui de Slanetz Bartley pour les Streptocoques fécaux. L'incubation a été faite d'une part à 37°C pour les coliformes totaux et les streptocoques fécaux, et d'autre part à 44°C pour les coliformes thermo tolérants et *Escherichia coli*.

### **Les inspections des impluviums :**

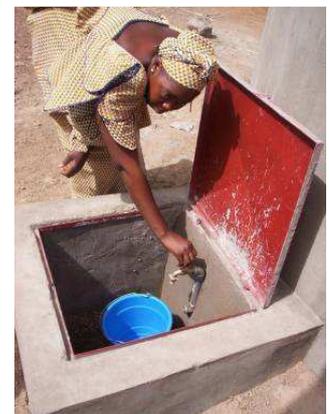
Un impluvium est un système de captage des eaux de pluie, composé de :

- une toiture ou une surface de captage ;
- un système de gouttière collectant les eaux de pluie ;
- un conduit drainant les eaux de pluie vers la citerne ;
- un réservoir d'eau ou une citerne pour le stockage des eaux de pluie.



Trou d'homme

**Figure 7 :** Citerne en ferrociment



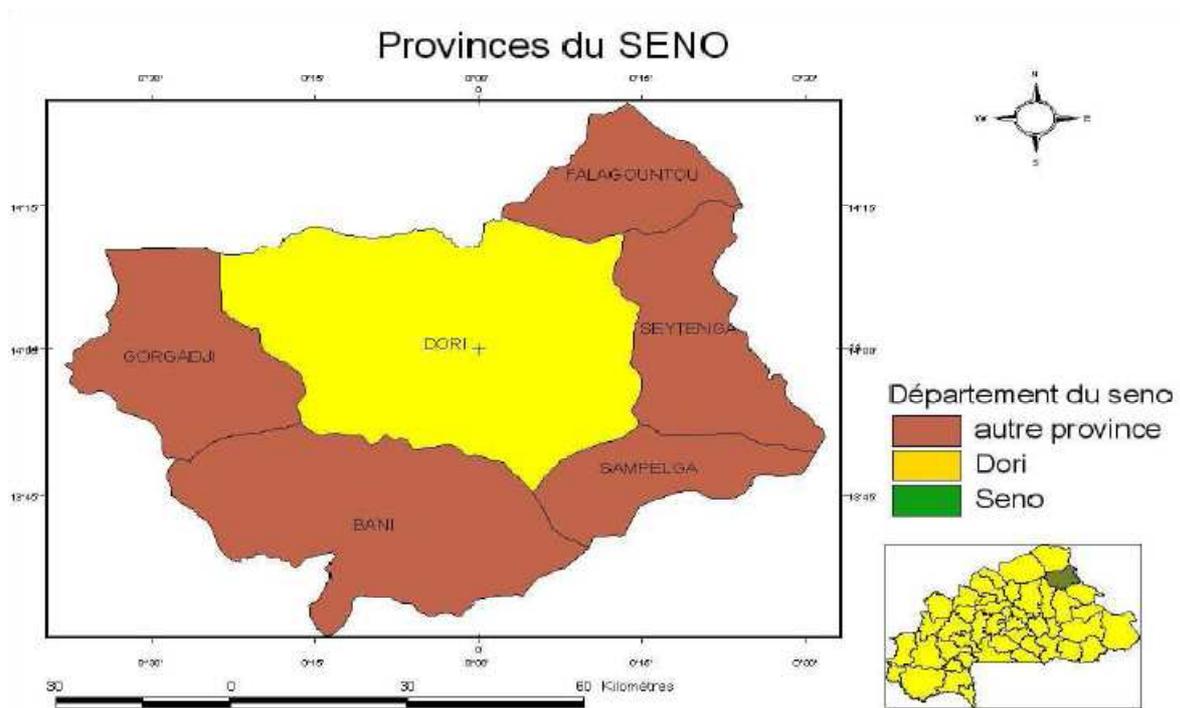
**Figure 8 :** Le système de puisage

Il est à noter que certain dispositif comporte un système de dégrillage qui permet de retenir certains déchets grossier.

### 3.3.6 Présentation de la zone d'étude

La ville de Dori choisie comme zone d'étude mérite d'être présentée. Sa description dans ce chapitre se fera tour à tour sur sa localisation, voies d'accès et communication, les infrastructures, les services publics, urbanisme et habitat, alimentation en eau potable, climatologie, topographie, géologie, situation socio-économique démographique.

La ville de Dori est située dans la province de SENO, région du SAHEL au Nord-est du pays. Ses coordonnées géographiques sont : 0°02 longitude Ouest, 14°02 latitude Nord avec une altitude de 276 m



**Figure 9 :** Carte de la situation géographique de Dori, SIG Burkina, 2010

#### 3.3.6.1 Voie d'accès et communication

La ville est accessible par voie routière à partir de Ouagadougou et dotée d'un petit aéroport qui le relie à la ville de Ouagadougou et les autres villes importantes du pays.

#### 3.3.6.2 Infrastructure, services publics, urbanisme et l'habitat

Dans la ville de Dori on trouve des infrastructures socio-éducatives, des infrastructures de santé (hôpitaux, centres de santé), toutes les stations de téléphonies mobiles, des hôtels et deux chaînes radio locales ainsi que des infrastructures sportives.

Les services publics sont présents à Dori à travers la SONABEL, l'ONEA, l'ONATEL et l'administration territoriale (mairie, représentation des ministères).

Les constructions réalisées ont respecté un plan d'urbanisation. Les maisons sont pour la plupart en terre et il y'a présence remarquable de quelques maisons en matériaux durables avec toiture en tôle galvanisée.

### 3.3.6.3 Alimentation en eau potable

Le recueil statistique de la région du Sahel (1997-2006) de la Direction Régionale du Sahel de l'institut national de la statistique et de la démographie (INSD) relève que depuis 2006, la ville de Dori est dotée de deux barrages dont le volume d'eau de stockage atteint 27.395.000m<sup>3</sup>. L'évaporation est très importante et ces barrages s'assèchent dès le mois de février.

La ville est alimentée en eau potable via le barrage de Yakouta depuis 2008 et d'une autre adduction d'eau potable simplifiée constituée des 285 barrages avec 6 points d'eau autonomes.

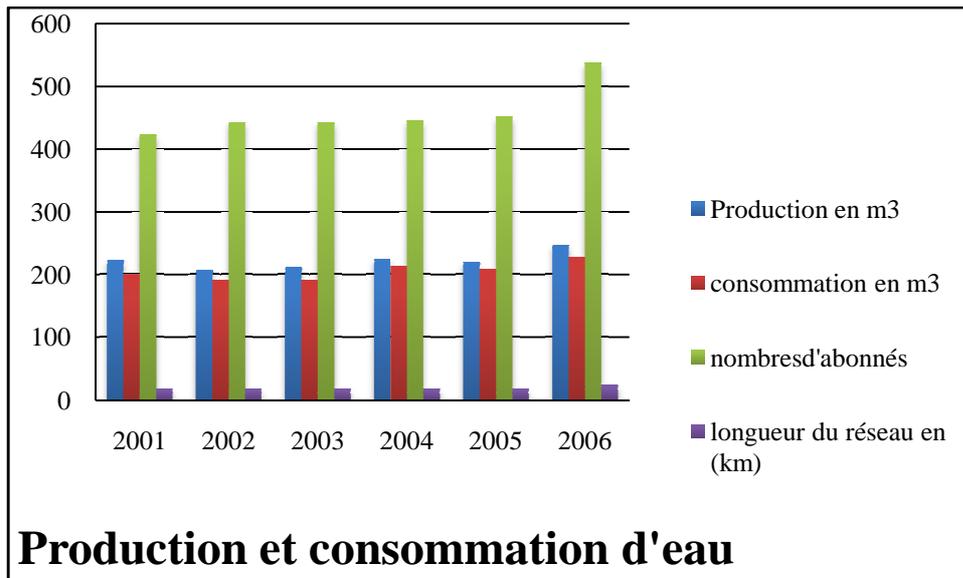
La production d'eau en 2006 était de 247,43m<sup>3</sup> et la consommation estimée à 227,44m<sup>3</sup> pour un nombre total de 538 abonnés. Le tableau suivant montre l'augmentation de la consommation en eau à Dori.

### 3.3.6.4 Production et consommation d'eau à Dori

**Tableau 5 :** Production et consommation d'eau à Dori

LIBELLE	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Production (en m <sup>3</sup> )	222,96	207,18	212,16	225,27	220,25	247,43
Consommation en m <sup>3</sup>	200,62	191,70	190,60	214,10	208,08	227,44
Nombre d'abonnés	423	443	442	445	452	538
Longueur du réseau (en km)	18,27	18,27	18,27	18,27	18,27	23,39

**Source :** ONEA/DORI



**Figure 10 :** production et consommation d'eau à Dori

### 3.3.6.3 Climatologie

La ville de Dori jouit d'un climat sahélien dont la température maximale est de 42°C observée en Avril et la température minimale de 14°C en Janvier.

La pluviométrie observée entre 1983 et 1992 varie entre une minimale de 323,6 mm et un maximum de 599,4 mm dont la moyenne est de 432 mm d'eau tel indiqué dans le tableau suivant :

### 3.3.6.3.1 Données climatiques de la ville de Dori

**Tableau 6:** Pluviométrie en millimètre (mm) de la commune de Dori

19	PLUVIOMETRIE (mm) POUR DORI													
20														
21	Année	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aoû	Sep	Oct	Nov	déc	TOTAL
22														
23	1983	0	0	0	0	11,8	33	94,5	189,3	25,8	2	0	0	356,4
24	1984	0	0	0	0	27,5	23,8	45,8	49,2	177,3	0	0	0	323,6
25	1985	0	0	0	0	10,6	34,2	60,5	300	50,3	0	0	0	471,6
26	1986	0	0	0	0,4	19,4	49,4	63,8	151,9	44,8	0	0	0	329,7
27	1987	0	0	0	0	0	43,7	118,6	29,5	66,9	0,4	0	0	259,1
28	1988	0	0	0,3	25,1	0	71,3	162,8	292,7	47,2	0	0	0	599,4
29	1989	0	0	2,1	0	0	18,5	129,6	251,5	56	13,7	0	0,6	472
30	1990	0	0	0	0	29,1	65,4	122,7	182,8	57,1	1,3	0	0	458,4
31	1991	0	0	8,6	11,1	77,7	83,3	74,6	211,5	61	0,4	0	0	528,2
32	1992	0	0	0	0	36	84	65,1	290,7	41,6	4,2	0	0	521,6
33		Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aoû	Sep	Oct	Nov	déc	
34	MOY	0	0	1,1	3,7	22	50,7	93,8	194,9	63,6	2,2	0	0,1	432

**Source:** Météo Burkina Faso

### 3.3.6.3.2 Topographie

La ville de Dori est globalement plate avec une très faible pente d'environ 0,12 dirigé vers la marre située au Nord-ouest de la ville.

### 3.3.6.3.3 Géologie

Les types de sol rencontrés sont des sols sur sables éoliens, les sols profonds argileux ou sols bruns eutrophes, les sols profonds alluviaux et les sols à profondeur moyenne ou faible.

La nature du terrain influencera le type de travaux de génie civil pour le terrassement et les fondations.

### 3.3.6.4 Situation socio-économique

#### 3.3.6.4.1 Secteur primaire

Dans la ville de Dori et villages environnants, le secteur primaire est dominé par l'agriculture et l'élevage. Les principales activités agricoles sont celles liées à la production du mil du sorgho, du maïs, du riz et du niébé.

L'élevage concerne principalement des bétails tels que les bovins, les ovins, les caprins, les arkins, les équins, les camelins et les volailles qui sont destinés à l'exportation.

### 3.3.6.4.2 Secteur secondaire

Le secteur secondaire est quasi inexistant à Dori.

### 3.3.6.4.3 Secteur tertiaire

Les activités du secteur tertiaire dominent la vie économique de la ville du Dori car on note la présence de :

- 56 écoles primaires depuis 2006 ;
- 15 centres de santé de promotion sociale et un centre hospitalier régional depuis 2006 ;
- Marché, quelques pharmacies, boutiques magasins, hôtels et pâtisserie.

### 3.3.6.4.4 Démographie

#### 3.3.6.4.5 Population récente

La population récente en 2006 s'élève à 30.973 habitants. Ce chiffre est tiré du Recueil de Statistiques de la région du Sahel (1997-2006) de l'INSD de la direction régionale du Sahel.

L'évolution de cette population se présente comme indiquée dans le tableau suivant avec un taux d'accroissement de 2,68%.

**Tableau 7 : Evolution de la population de DORI avant 2006**

Année	Population de DORI (habitant)	Taux de croissance annuelle (%)
1985	10 956	
1996	23 768	
2000	-	
2004	29 376	2,68
2005	30 164	2,68
2006	30 973	2,68

**Sources :** *Institut National de la Statistique et de la Démographie (INSD 2006)*

**Tableau 8 :** Evolution future de la population de DORI

<b>Année</b>	<b>Taux de croissance annuelle</b>	<b>Population de DORI</b>
	<b>(%)</b>	<b>(habitant)</b>
2010	2,68	34432
2015	2,68	39304
2020	2,68	44865
2025	2,68	51212
2030	2,68	58458
2035	2,68	66730
2040	2,68	76171
2045	2,68	86949
2050	2,68	99251

## **IV. RESULTATS**

### **4.1 Analyse et interprétation des résultats**

Les résultats s'articulent autour de :

-Enquêtes auprès des ménages au sujet de la gestion et de l'entretien des impluviums, description du système de récupération, les mesures d'amélioration de la qualité de l'eau, et le remplissage du réservoir ;

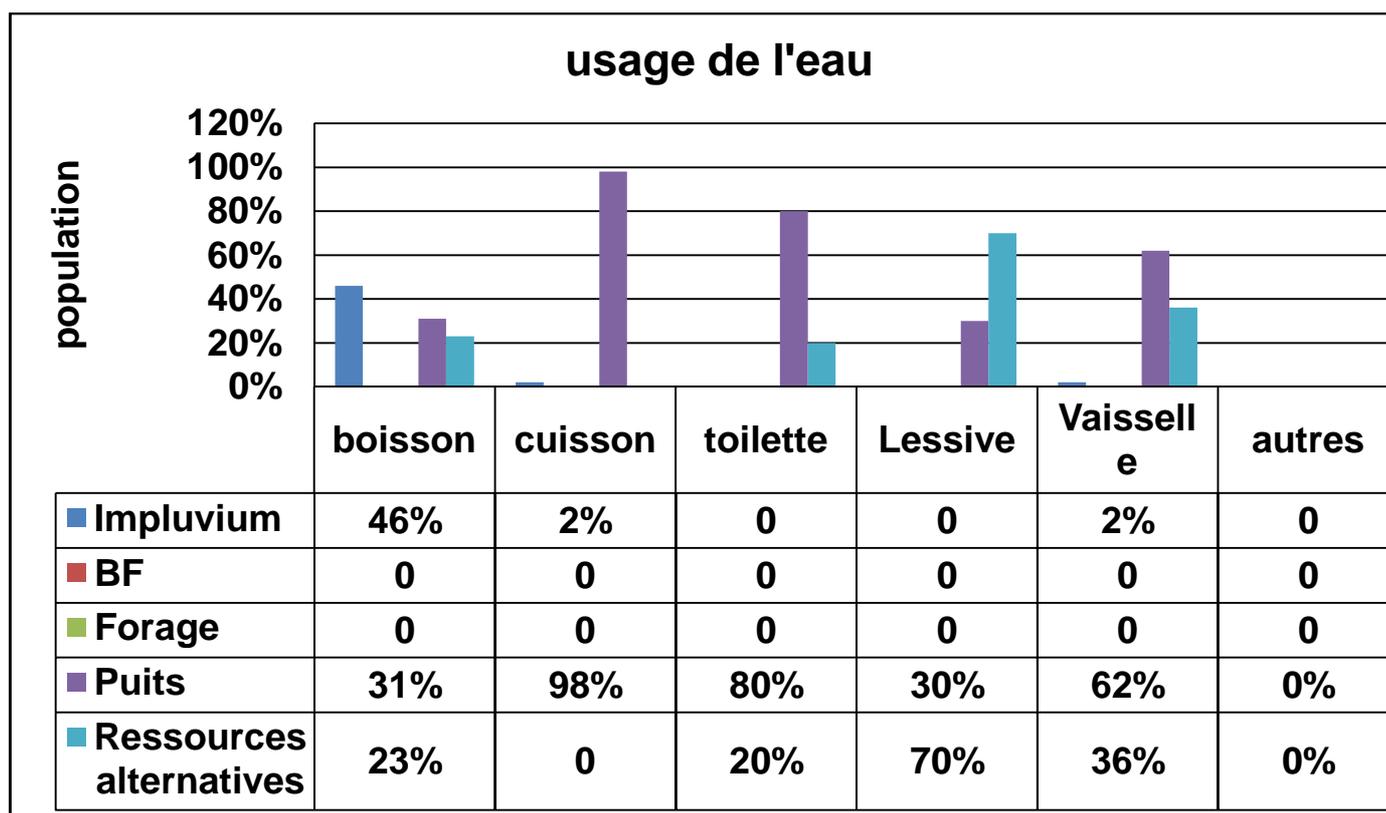
-les analyses microbiologiques de l'eau ;

-analyses physico-chimiques de l'eau.

## 4.2 Résultats de l'enquête

Tous les habitats sont de types traditionnels et les zones sont non urbanisés. Vingt six impluviums ont été visités avec une capacité chacune de 12 m<sup>3</sup>. Tous les impluviums visités sont de bonne qualité, le système de captage dans 100% des cas est bien entretenu et aussi 100% des eaux stockées n'ont pas subi une chloration et 7% dont les filtres sont endommagés. Les réservoirs n'étaient pas remplis, 12 impluviums étaient rempli au demi, 9 au 3/4 de leur volume et 5 au 1/4. 90% des personnes étaient de sexe masculin et 10% féminin. Un seul ménage qui a égaré sa clé, utilise une puisette pour recueillir l'eau. Il n'existe pas des branches d'arbres en surplomb. L'utilisation pour les activités domestiques est consignée dans le graphique suivant. 100% des bénéficiaires ont donné leur satisfaction de la qualité de l'eau mais seulement la quantité ne suffit pas pour couvrir tous les besoins.

**Figure 11** : usage de l'eau



Les Photo ci-dessous montrent l'état de l'eau stockée dans 25% des cas après examen macroscopique.



**Figure 12:** Qualité de l'eau dans quelques impluviums

L'eau est incolore, des matières en suspension tels que la poussière, des insectes et des cadavres des crapauds sont cependant observables. Cette poussière aurait probablement été emportée par le vent au niveau des orifices qui drainent l'eau jusqu'au niveau des impluviums car les filtre utilisés ne permettent pas de retenir les fines particules. Ce phénomène risque de s'aggraver en saison sèche avec l'harmattan qui souffle pendant la saison sèche si les orifices ne sont pas fermés. La présence des cadavres de crapauds selon les résultats des enquêtes ménages serait due au fait que lors de la conception, les vannes ne sont pas installés au même moment et que le crapaud aurait pu rentrer par le trou initialement prévu pour l'installation de la vanne au niveau du système de puisage tels que présenter dans les photos ci-dessous



**Figure 13:** insectes et crapauds au niveau du regard de puisage

Deux impluviums dont les filtres au niveau de l'entonnoir sont endommagés et un impluvium dont la moustiquaire installée, pour empêcher l'entrée des insectes au niveau du trop plein est endommagée tel que présenté sur la photo suivante.



**Figure 14** : Moustiquaire déchirée au niveau du trop plein



**Figure 15** : filtre endommagé au niveau de l'entonnoir

Il ressort de cette enquête que les habitants du village continuent à utiliser l'eau de puits pour la cuisson (98%) et la boisson malgré l'installation des impluviums suivie des eaux de marres. Cette situation serait due à une gestion rigoureuse par les chefs de ménages et aussi à une couverture insuffisante par le fait que les ouvrages ont été dimensionnés à une consommation de 3L/jour/habitant. Nous sommes au début de la saison sèche et certains impluviums sont déjà au  $\frac{1}{4}$  de leur volume donc il y'a risque que ces citernes deviennent vide avant la fin de la saison sèche. Beaucoup d'entre eux disent que cette diminution rapide de la quantité d'eau serait due à la non étanchéité des ouvrages et aussi à des phénomènes d'évaporations. Il est à noter que tous les bénéficiaires maîtrisent la notion de la précaution à prendre pour éviter toutes contaminations mais seulement quelques contraintes environnementales seraient dues à l'origine de certaines pollutions. Il est à noter que pendant la période de collectes, le regard de puisage est fermé à clé et ne fait pas l'objet d'une surveillance et c'est ce qui serait à l'origine de la prolifération des insectes et un abri pour les crapauds.

#### **4.3 Analyse de la qualité microbiologique**

La recherche des paramètres de contamination fécale est l'application générale pour le contrôle de la qualité bactériologique de l'eau. Il est à noter que depuis l'installation des ouvrages, les eaux d'impluviums n'ont subi aucun traitement de chloration. Les résultats de l'analyse sont exprimés en Unité Formant Colonie (UFC)/ml et sont consignés dans le tableau suivant :

**Tableau 9:** résultats microbiologiques (pour un échantillon de 100 ml d'eau)

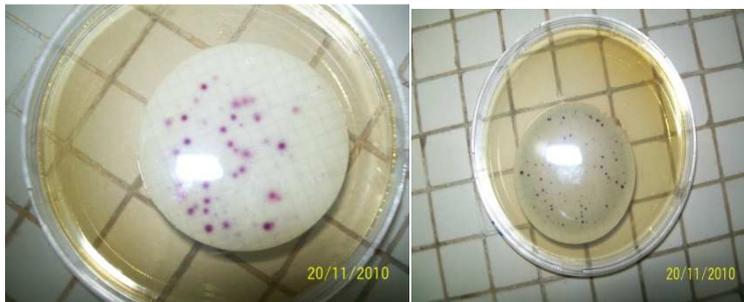
Echantillon/Germes	Coliformes totaux	Coliformes thermotolérants	<i>E. coli</i>	Streptocoques fécaux
i1	32	0	0	0
i2	156	0	0	0
i3	64	0	0	0
i4	260	08	0	0
5	37	0	0	0
i6	410	05	0	0
i7	9*10 <sup>3</sup>	32	0	0
i8	53	03	0	0
i9	28	0	0	0
i10	610	13	0	0
i11	42	0	0	0
i12	76	02	0	0
i13	18*10 <sup>3</sup>	28	0	0
i14	110	03	0	0
i15	75	0	0	0
i16	5*10 <sup>3</sup>	27	0	0
i17	18	0	0	0
i18	760	16	0	0
i19	173	04	0	0
i20	13*10 <sup>3</sup>	41	0	0
i21	320	0	0	0
i22	160	12	0	0
i23	217	02	0	0
i24	182	11	0	0
i25	54	0	0	0
i26	66	07	0	0

Les résultats montrent que 100% des échantillons d'eaux ne contiennent ni d'*Escherichia coli* ni de Streptocoques fécaux. Ils sont par contre contaminés à 100% par les coliformes totaux (18 à 13x10<sup>3</sup> UFC/ml) et à 61% par les coliformes thermotolérants (0 à 41 UFC/100 ml).

La présence de coliformes totaux et de coliformes thermotolérants montre que ces eaux sont soit polluées par les matières fécales ou par l'environnement des systèmes de récupération de ces eaux. Cependant l'absence d'*Escherichia coli* dans les eaux analysées permet d'écartier une contamination d'origine fécale de ces eaux. Les facteurs environnementaux tel que la poussière, les facteurs de l'assainissement du milieu (non surveillance du regard de puisage), les cadavres des insectes et d'animaux. Certains bénéficiaires après avoir égaré la clé utilisent

des puisettes sales pour recueillir l'eau. Il est à noter que l'augmentation du pH pourrait aussi être à l'origine de l'absence d'*E. coli* dans les échantillons.

L'appréciation de la qualité bactériologique de ces eaux selon les critères RAIN révèle que tout les échantillons d'eaux sont de qualité satisfaisante alors qu'ils sont de qualité non satisfaisante par rapport aux critères de l'OMS. La difficulté d'accès des populations qui bénéficient des systèmes de récupération d'eau ont conduit un établissement des critères RAIN moins sévères que ceux de l'OMS. Ceci nous conduit à conclure que les eaux d'impluviums analysés peuvent être consommés après une désinfection au chlore avant toute utilisation afin de permettre l'élimination de ces germes et de conférer à l'eau une protection rémanente du à la présence du chlore résiduel contenu dans l'eau.

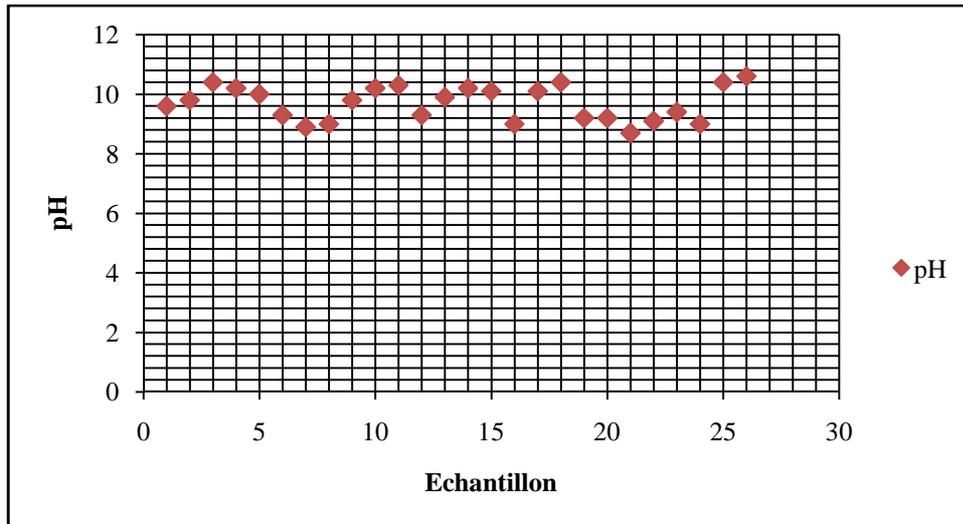


**Figure 16 :** colonies des coliformes totaux et coliformes thermotolérants sur milieu de culture Chromocult Es

#### **4.4 Analyse des caractéristiques physico-chimiques**

##### **Le pH :**

Le graphique suivant montre la variation des différentes valeurs du pH mesuré pour chaque impluvium numéroté de 1 à 26.



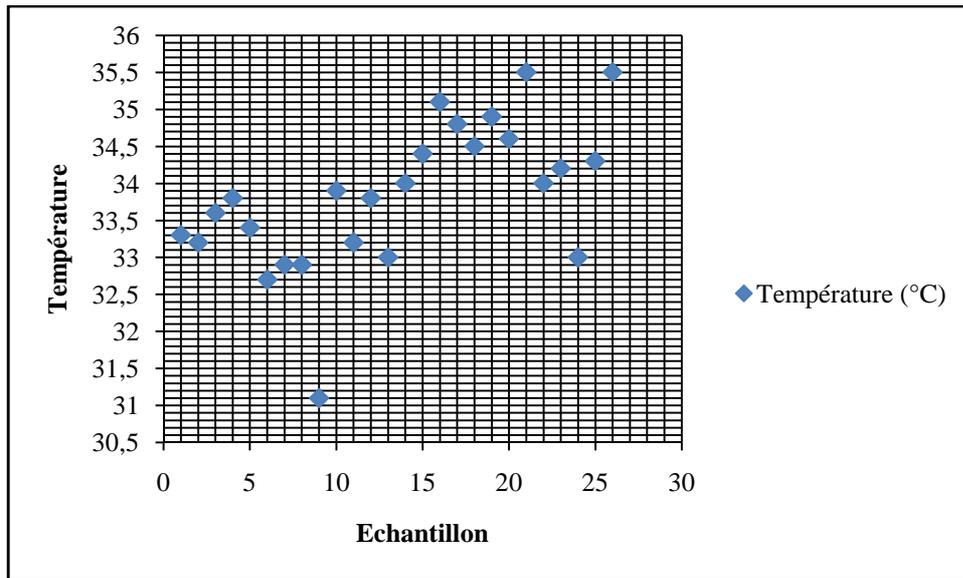
**Figure 17 :** Variation du pH

Le pH des différents échantillons d'eau stockée dans les impluviums mesurés présentent un minimum de 8,9 et un maximum de 10,6. Ces valeurs sont plus élevées que les normes de l'OMS et Rain qui se situent entre 6,5 à 8,5. L'élévation des valeurs de pH (basique) serait due au phénomène de l'équilibre calco-carbonique résultant du phénomène de carbonatation au niveau du béton.

La carbonatation est un phénomène chimique présent dans l'épiderme du béton tout au long de sa vie. La combinaison de l'hydrate de chaux (contenu dans le ciment) et de l'acide carbonique de l'air forme du calcaire en libérant de l'eau ; le pH du béton baisse et la corrosion des aciers commence. Donc l'eau des impluviums au contact du béton avec un pH supérieur à 11 va augmenter.

Le moyen pour empêcher l'élévation du pH est d'utiliser de la peinture alimentaire pour le revêtement de la paroi des impluviums pour empêcher les matériaux d'être en contact avec l'eau et aussi empêcher l'infiltration et la percolation de l'eau à travers le béton. Ce revêtement avec la peinture alimentaire pourra aussi régler le problème de la rugosité car lors de la chloration les germes peuvent s'infiltrer et se cacher à travers les pores du béton.

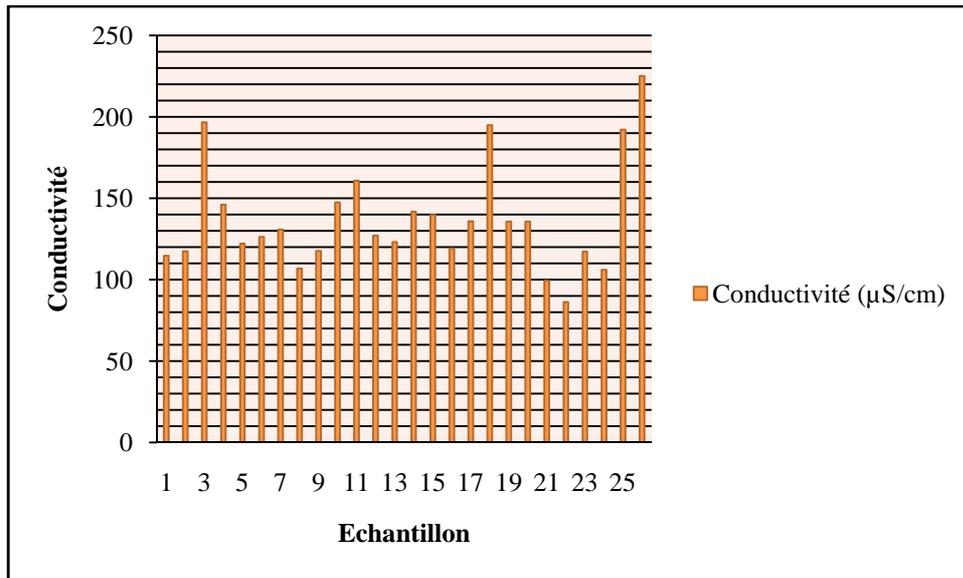
## -La température :



**Figure 18 :** Variation de la température en fonction des échantillons

Les valeurs de ce paramètre sont présentées dans la figure ci-dessus allant de 31,1 à 35,5°C. L’OMS affirme qu’une eau est agréable à boire, lorsqu’elle est fraîche. En se référant aux directives de l’OMS qui recommande que la température optimale d’une eau d’alimentation est à 25°C, on constate que l’élévation de cette température s’explique par l’influence de la température ambiante sur les eaux prélevées la température de tous les échantillons prélevés dépasse 25°C et par conséquent une température dépassant 25°C favorise le développement des microorganismes.

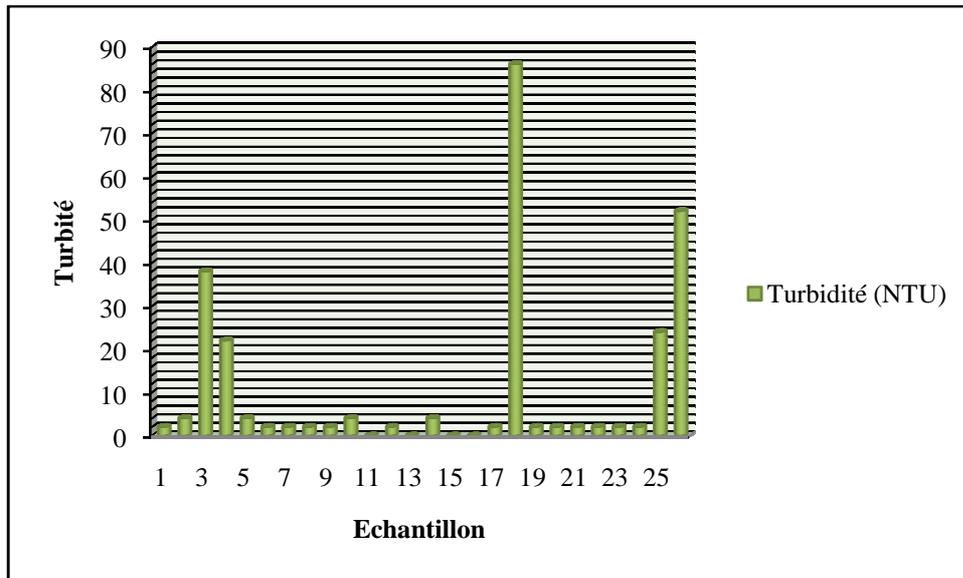
## La conductivité :



**Figure 8 :** Variation de la conductivité des échantillons

La mesure de la conductivité nous a permis d'apprécier très rapidement mais très approximativement la minéralisation. Les données de l'analyse montrent une valeur minimum de 86,2 µs/cm et un maximum de 225 µs/cm. La citerne n° 21 et 22, qui ont des valeurs inférieures à 100 µs/cm correspondent à une minéralisation très faible et les citernes dont les valeurs varient entre 100 et 200 µs/cm correspondent à une minéralisation faible, ceux dont les valeurs varient entre 200 à 333 µs/cm correspondent à une minéralisation moyenne accentuée (norme de la France  $180 < C < 1000$ ). Ces différentes valeurs montrent que les eaux des citernes ont une minéralisation faible exception faite pour l'échantillon 26 qui a une minéralisation moyenne. Cette variation de la minéralisation serait due au séjour de l'eau de pluie dans les impluviums qui a pu larguer des éléments minéraux.

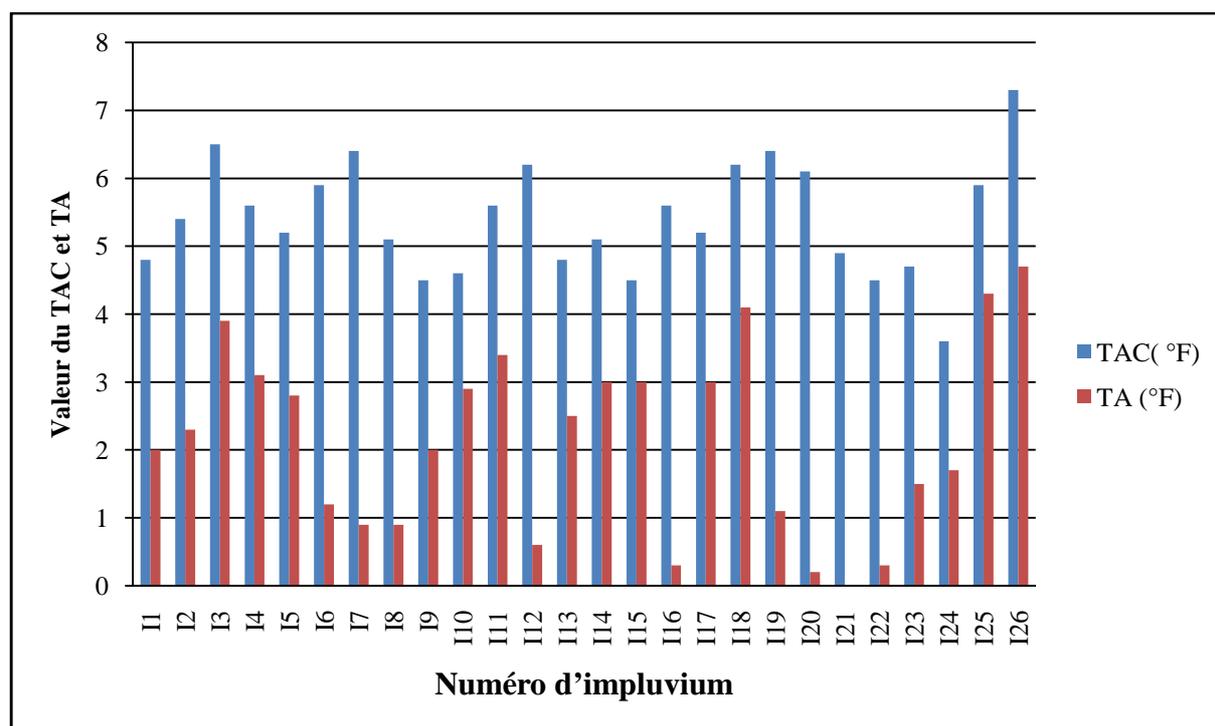
## La turbidité :



**Figure 9 :** Variation de la turbidité des échantillons

La turbidité d'une eau caractérise sa teneur en matières en suspension. La valeur maximale tolérée par l'OMS est de 5 NTU. En comparant les valeurs de la turbidité des échantillons prélevés, 19% des eaux des impluviums soit 5 sur les 26 prélevés présentent une valeur supérieure aux normes de potabilité. Des valeurs très élevées ont été relevées au niveau des impluviums 3, 4, 18, 25 et 26. Cette concentration est un risque car la turbidité est un masque qui rend le test de contamination microbiologique aveugle et inopérant. Elle peut bloquer le développement des germes indicateurs de pollution. Ce phénomène résulte de l'adsorption des microbes à la surface d'éléments nutritifs. Elle réduit également l'efficacité du désinfectant et accroît la consommation du chlore.

## Le TAC et le TA :



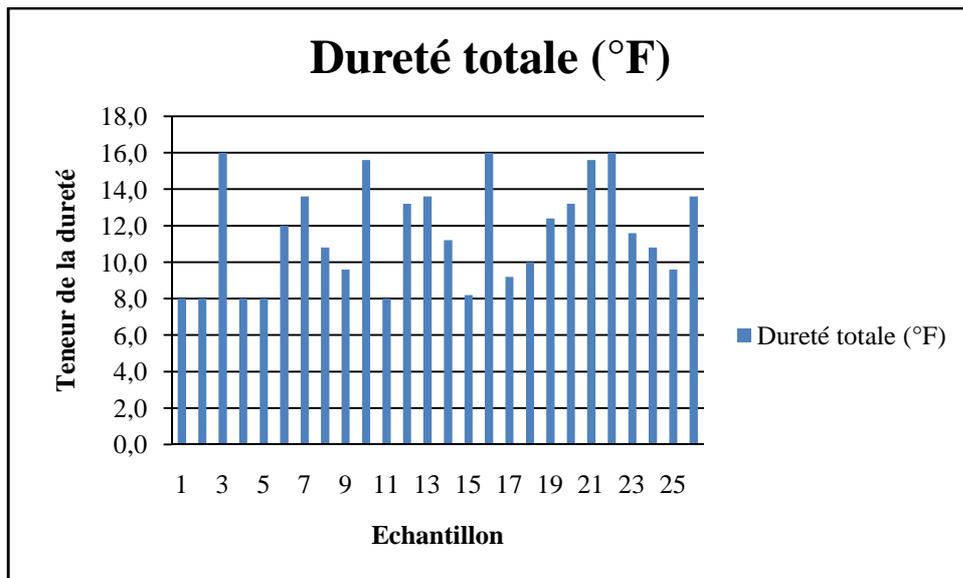
**Figure 10 :** Variation du TAC et du TA par rapport à l'augmentation du pH

La figure ci-dessus nous montre la corrélation entre le pH, le TAC et le TA. Pour une eau dont le pH est inférieur à 8,3, la valeur du TAC correspond à la concentration des ions bicarbonates  $\text{HCO}_3^-$

Les pH des différents impluviums présentent un minimum de 8,9 et un maximum de 10,6. Le pH et la minéralisation sont importants, pour le contrôle de la corrosion, l'agressivité de l'eau, l'action du désinfectant et la précipitation des éléments dissous.

Le TA présente un minimum de 0,6 et un maximum de 4,1°F. Le TAC a un minimum de 0,6 et un maximum de 6,5 °F, ils traduisent l'alcalinité de l'eau. La connaissance de ces deux valeurs est essentielle pour l'étude de l'agressivité d'une eau puisqu'elles dépendent de l'équilibre calco-carbonique.

### Le TH ou dureté totale :



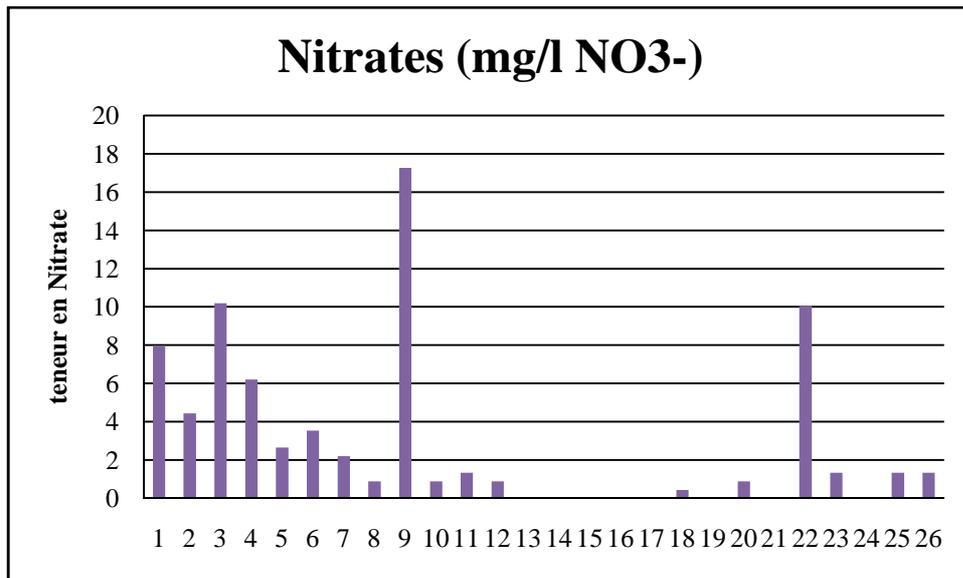
**Figure 11 :** teneur de la dureté totale des échantillons

Le titre hydrotimétrique (TH) ou dureté est un indicateur de minéralisation de l'eau. Il correspond à la concentration des cations métalliques à l'exception des métaux alcalins et de l'ion hydrogène. Le TH s'exprime en degré français (°F). Un titre français correspond à la dureté d'une solution contenant 10 mg/L de CaCO<sub>3</sub>. Le TH de l'eau s'interprète comme suit :

- lorsque le TH est compris entre 0 et 10°F, l'eau est très douce ;
- lorsqu'il est compris entre 10 et 20°F, l'eau est douce ;
- lorsqu'il est compris entre 20 et 30°F, l'eau est moyennement dure ;
- entre 30 et 40°F, l'eau est dure ;
- et à 40°F l'eau est très dure.

En ce qui concerne notre étude, on a 38% des échantillons présentent des valeurs inférieures à 10°F. Ils sont donc qualifiés 'd'une eau très douce. Par contre 62% des échantillons présentent des valeurs comprises entre 10 et 20°F. ([10, 20[ ) l'eau est douce.

### Les nitrates :

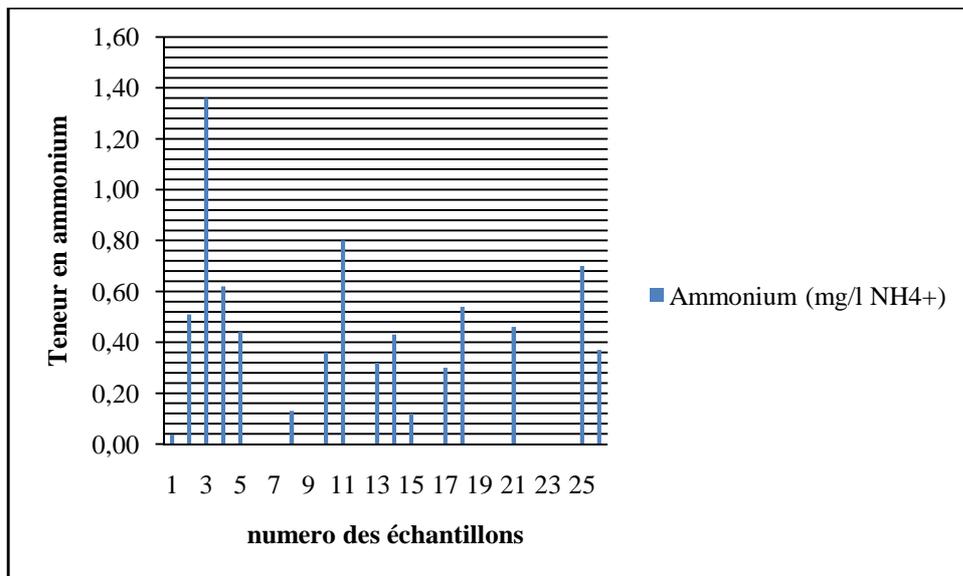


**Figure 12 :** Teneur en nitrates dans les échantillons

La teneur en nitrate oscille entre 0 à 17,7mg/l et conforme à la norme de l’OMS et donc ne présente aucun danger pour la santé.

### L’ammonium :

Les résultats de la teneur en ammonium sont consignés dans le graphique ci-dessous.



**Figure 13 :** Teneur en ammonium dans les échantillons

D'après les résultats de l'analyse présentés, la concentration de l'ammonium oscille entre 0 à 1,36mg/L qui sont des valeurs modestes par rapport à la norme de l'OMS car la concentration limite recommandée est de 1,5mg/L et donc présentent des eaux acceptables par rapport à cet élément.

## **V. ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS**

Notre intervention dans ce travail était de rechercher les éléments marqueurs de pollution dans les eaux de pluie stockées dans les citernes en ferrociment pour desservir la population de Dori en eaux de consommation.

Ces eaux présentent pour la plupart des paramètres physico-chimique et microbiologique étudiés qui selon RAIN FOUNDATION, ne présentent aucun risque à la consommation car certains coliformes totaux et thermotolérants ne sont pas considérés. A L'exception de certains paramètres physico-chimiques comme le pH dont les valeurs sont strictement supérieures à la norme de RAIN FOUNDATION basée sur l'OMS dans 100% des échantillons et la turbidité dont certaines valeurs sont supérieures à la norme dans 19% des cas. De nos jours, il est reconnu que la turbidité est un paramètre qui rend inopérant la chloration, il en résulte qu'en cas de mise en œuvre d'une filière de traitement avec le chlore, ce paramètre pourra provoquer un taux élevé de trihalométhanes, et donc avoir un impact négatif sur la santé.

Selon l'OMS, bien que la presque totalité des coliformes totaux soient non pathogènes, et ne présentent pas de risque pour la santé, les eaux de consommation doivent respecter scrupuleusement les valeurs suivantes : Coliformes totaux 0UFC/100ml, coliformes thermotolérants 0UFC/100ml, streptocoques fécaux 0UFC/100ml. Car plusieurs coliformes fécaux ne sont pas d'origine fécale mais proviennent plutôt d'eau enrichie en matière organique.

L'intérêt de la détection de ces coliformes réside dans le fait que leur survie dans l'environnement est généralement équivalent à celle des pathogènes et que leur densité est proportionnel au degré de pollution produit par les matières fécales. Ils sont aussi des bons indicateurs de traitement. Il en résulte que la présence des coliformes totaux et thermotolérants dans tous les échantillons prélevés avec une concentration variant respectivement de (32 à  $13 \cdot 10^3$ ) d'eau et de (0 à 28) pour 100 ml révèlent que les eaux stockées dans les impluviums n'ont subit aucun traitement et sont donc vulnérables à des

éventuelles contaminations. La valeur de la température se situe entre 31,1 et 35,5°C, ce qui est un facteur favorisant le développement des microorganismes. Le pH situé entre 8,9 à 10,6 est un pH basique qui n'a pas d'effet direct sur la santé mais aura tendance à diminuer l'efficacité de la désinfection car un pH basique influe directement sur la dose du chlore à appliquer qui devra être plus forte(en pH basique) et pour les eaux qui ont une valeur de pH supérieur à 9, cette eau peut provoquer des irritations oculaires et une aggravation des affections cutanées. La conductivité (86,2 à 225µs/cm), le nitrate (0 à 17,7mg/l), l'ammonium (0 à 1,36) sont dans les normes et ne présentent aucun risque à la consommation. L'alcalinité de cette eau montre que nous avons affaire à une eau agressive qui résulte de la composition du béton et pourra entraîner la destruction de l'ouvrage.

Ces résultats confirment l'intérêt de considérer l'eau de pluie comme étant une source alternative valable, pour autant qu'un minimum de précautions soient prises pour améliorer la qualité de l'eau.

## **VI. CONCLUSION ET PERSPECTIVES**

A la fin de notre étude qui a concerné 26 échantillons des eaux de pluie stockées dans des impluviums en ferrociment, nous pouvons tirer la conclusion suivante :

Parmi les paramètres retenus pour l'appréciation de la qualité de l'eau, le paramètre microbiologique mérite une grande vigilance car le risque est immédiat sur la santé.

Les analyses effectuées au laboratoire de la Fondation 2iE ont montré que dans 100% des cas, pour la qualité microbiologique, cette eau est de qualité satisfaisante selon RAIN mais selon les critères de l'OMS, la présence des coliformes totaux dans 100% des cas et de coliformes thermotolérants dans 46% des cas montre que la qualité de l'eau n'est pas satisfaisante et mérite une chloration avant toute utilisation.

Les résultats ont permis de comprendre, l'identification des défauts dans la construction, la gestion de l'ouvrage, et d'identifier des techniques de traitement. Par conséquent nous formulons les recommandations suivantes :

1. De mener une enquête à la fin de chaque saison de pluie sur l'entretien et la gestion des impluviums par la communauté, afin de réguler le comportement des bénéficiaires des impluviums.
2. De revêtir la paroi interne de l'impluvium avec une peinture alimentaire afin d'éviter la basicité de l'ouvrage compte tenu du fait que le phénomène de carbonatation reste durant toute la durée de vie du béton.
3. De suivre l'évolution de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de pluie stockées dans les citernes en ferrociment ;
4. De faire un test de la demande en chlore afin de déterminer la quantité de chlore nécessaire pour une bonne chloration et de former les bénéficiaires sur le système de chloration.
5. Le renforcement de la capacité des bénéficiaires sur l'importance de l'hygiène et les pratiques sanitaires.

## VII. REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

Abbaszadegan, M. 2001. *Advanced Detection of Viruses and Protozoan Parasites in Water. Reviews in Biology and Biotechnology Vol.1*, No 2, May 2001. The Moroccan Society of Biology in Canada Printed in Canada. pp. 21-26.

Alcama,E., 1984. *Fundamentals of Microbiology*. Addison-wesley publishing company,Inc.

Anonyme 1: National Demonstration water project for U.S. Agency for International Development. 1982, *Safe water and waste project*.

Aramini, J., McLean, M., Wilson, J., Holt, J., Copes, R., Allen, B., Sears, W. 2000. *Qualité de l'eau potable et utilisation des services de santé pour des troubles gastro-intestinaux dans le Grand Vancouver*. Santé Canada.

Archibald, F. (2000) The presence of coliform bacteria in Canadian pulp and paper mill water system-a cause for concern? *Water quality Research journal of Canada*, 35(1): 1-22

AWWA (1990) *Water quality and treatment*. American Water Works Association, 4e Edition, 1194p.

Barthe, C., J. Perron et J.M.R. Perron(1998) *Guide d'interprétation des paramètres microbiologiques d'intérêt dans le domaine de l'eau potable*. Document de travail (version préliminaire), ministère de l'environnement du Québec, 155p.

Bernadette Picot,2010 cours eau et santé.

Bruno Curis Joanna Relander(HQ 2008)

Camdessus, M.,Badré, B.,Chéret, I. et Tenière-Buchot, P.F.2004. Eau. Edition Robertt

CEAQE (2000) *Recherche de dénombrement des coliformes fécaux ; méthode par filtration sur membrane*. Centre d'expertise en analyse environnementale, Gouvernement du Québec, 24p.

Craun, GF(1986) Statistics of waterborne outbreaks in the U.S. (1920-1980). Dans: Craun, GF, edit., *waterborne diseases in the United States*, CRC presse, p. 73-160.

Edberg, SC, EW Rice, RJ Karlin et MJ Allen (2000) *Escherichia coli*: The best biological drinking water indicator for public health protection. *Journal of applied Microbiology*, 64: 3079-3083.

Elmund, GK, MJ Allen et EW Rice (1999) comparison of Escherichia coli, total coliform and fecal coliform population as indicators of wastewater treatment efficiency. *Water Environ. Res.*, 71: 332-339.

Encarta ® Encyclopédie Microsoft ® 2004. © 1993-2003 Microsoft Corporation

enHealth, 2004-EnHealth. *La sous comité de partenariat de santé nationale publique du Gouvernement australien.*

François, R., Paul, V. B., Jean, O., (2007) Sondage relatif à la qualité des eaux de pluie en citerne à usage domestique en Wallonie (Belgique). *Journal européen d'hydrologie*, volume 38, Université de Liège, département des sciences et de gestion de l'environnement, 180p.

Laffontt, Paris. *Jeune Afrique économie*. N° 360-Février 2005. PP.40-46.

Langevin, J.,Lefebvre, R., Toutant, C. 2000.*Histoire d'eaux : tout ce qu'il faut savoir sur l'eau et l'hygiène publique*, 2<sup>e</sup> édition, Berger, Canada.p 9-13.

Mridha AK. Et Nrushid, H 1998, Sanitation and water for all: Arsenic contamination of ground water in Bangladesh. 24<sup>th</sup> WEDC Conference. Islamabad, Pakistan.

Nebel, J.B. and Wright,TR.1996. *Environnement Science The way the World Works*. Prentice Hall.

OMS,2000, *Turning the tide of malnutrition responding to the challenge of the 21<sup>th</sup>*.

OMS,2004, *Guidelines for drinking water quality*.

OMS,2005 *Water safety plans, Management drinking water quality from catchment to consumer. Water, Sanitation and Health protection and the Human Environnement*, Geneve , Suisse.

UNESCO. 1992. *Water –related Issues and problems of the humid tropics and other warm Humid regions*. Water and health. IHP Humid tropics Programme Series N° 3. UNESCO 48p.

Rao, CNR. 2002. *Safe drinking water*. Third World Academy of sciences. 23p.

Roberton, W.(1995) *Utilités et limites des indicateurs microbiologiques de la qualité de l'eau. Dans : Air interieur et eau potable*, sous la direction de Pierre Lajoie et Patrick Levallois, presse de l'université Laval, p.179-193.

Shin, G-A et Sobsey, M.D.1998. *Redaction of Norwalk Virus, Poliovirus 1 and Coliphage MSE by monochloramine disinfection of water*. Wat.sci.Tech. Vol.38,N°. 12pp 141-144.IAWQ.Elsevier science Ltd.Great Britain.

Zmrou, D, JP Ferley, JF Collin, M Charrel and J. Berlin (1987). *A follow-up study of gastrointestinal diseases related to bacteriologically substandard drinking*. American journal of public Health, 77: p 582-584.

## VIII. ANNEXES

### 8.1 Annexe 1

**Tableau 2:** Normes de la qualité d'une eau potable

Catégories	Paramètres	Unités	OMS,	France,	EU, 1998	US-1	PA,
Qualité	Coliformes totaux	N/100ml	0	0	0	5%	
	<i>Escherichia coli</i>	N/100ml	0	0	0	0	
	Entérocoques	N/100ml	0	0	0	0	
Produits chimiques inorganiques pour la santé)	Arsenic	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,05	
	Baryum	mg/l	0,7	-		2	
	Bore	mg/l	0,5	-	1		
	Cadmium	mg/l	0,003	0,005	0,005	0,00	
	Chrome	mg/l	0,05	0,05	0,05	0,1	
	Cuivre	mg/l	2	1-2	2	1,3	
	Cyanure	mg/l	0,07	0,05	0,05	0,2	
	Plomb	mg/l	1,5	0,01	1,5	4,0	
	Fluor	mg/l	0,01		0,01	0,00	
	Nickel	mg/l	0,02	0,02	0,02		
	Manganèse	mg/l	0,5	0,05	0,05	0,05	
	Mercure	mg/l	0,001	0,001	0,001	0,00	
	Sélénium	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,05	
	Antimoine	mg/l		0,005			
	Pesticides	Dieldrine	µ g/l	0,03	0,1	0,03	
Atrazine		µ g/l	2	0,1	0,03	3	
DDT		µ g/l	2	0,1	0,1		
Gamma-HCH		µ g/l	2	0,1	0,1	0,2	
Permetrine		µ g/l	20	0,1	0,1		
Pesticides totaux		µ g/l		0,5	0,5		
Désinfectants et produits de	Chlore	mg/l	5				
	Chlorure	mg/l	250	250	250	250	
Constituants	Résidu de Chlore	mg/l	0,6-1				
	Radioactivité	alpha PCi/l	ou 1				
Guides esthétiques	Radioactivité	bêta PCi/l	ou 1				
	Turbidité	NFU	5	1-2			
	Aluminium	mg/l	0,2	0,2	0,2	0,05	0,2
	Ammonium – N	mg/l	1,5	0,1	0,5		
	Sulfure d'hydrogène	mg/l	0,05				
	Fer	mg/l	0,3	0,2	0,2	0,3	
	Manganèse	mg/l	0,1	0,05	0,05	0,05	
	Oxygène dissout	mg/l			>5		
	pH		<8	6,5-9	6,5 – 9,5	6,5 – 8,5	
	Sodium	mg/l	200	200	200		
	Sulfate	mg/l	250	250	250	250	
	Sulfure	mg/l			0,05		
	Solides totaux dissous	mg/l	1000			500	
	Conductivité électrique	µ S/cm		180<C>10	2500		
	Zinc	mg/l	3				
	Fluorures	mg/l		1,5			
	Phosphore (P2O5)	mg/l					

**Source:** Davis & Hirji, 2000, Miquel, 2003b; WHO, 2006; SIAEPF, 2007)

## 8.2 Annexe 2 : Fiche d'entretien ménage

Fiche d'enquête N°-----

Nom et prénom de l'enquêteur-----

Aspect socio-urbanistique

**1. Date :**

.....  
.....

**2. Secteur :**

.....  
.....

**3. Zone urbanisée :**  Oui  Non

**4. Typologie de l'habitat :**  Traditionnel  Bas standing  Moyen standing  Haut standing

**5. L'enquête est-il le chef de ménage :**  Oui  Non

**6. Situation matrimoniale du chef de ménage :**  Célibataire  Marié(e)  Autres (préciser) .....

**7. Genre (chef de ménage) :**  M  F

**8. Statut du chef de ménage :**  Propriétaire  Locataire  Autre (préciser).....

**9. Le ménage est-il dans une :**  Cour commune  Cour unique  
Si cour commune, nombre de ménages :

**10. Taille du ménage :**

Nombre d'enfants de 0 à 5 ans  G  F  F  
Nombre d'enfants de 6 à 14 ans  G

Nombre d'enfants de 15 à 18 ans  G  F Adultes :

**11. Religion :**  Musulmane  Chrétienne  Traditionnaliste  autre (préciser) .....

**12. Ethnie :**  Peulhs  Mossi  Gourounsi  Autres (à préciser) .....

**13. Activité du chef de ménage :**  Salarié  Commerçant  Agriculteur   
Eleveur  
Autres

GESTION ET ENTRETIEN

**Quelles sont vos sources d'approvisionnement en eau de consommation ?**

Impluvium     Forage     Puits     Ressources alternatives :

.....

**14. Quels usages faites-vous de l'eau ?**

Usage	Boisson	Cuisson	Toilette	Lessive	Vaisselle	Autre (Préciser)
Sources						
Impluvium						
BF						
Forage						
Puits						
Ressources alternatives						

**15. Quelle quantité d'eau utilisée vous par jour pour vos besoins ?**

Nombre de : seaux : /...../       Nombre de Canari : /..... /

Nombre de Barrique ; /...../       Autres (à préciser) .....

**16. Qui est chargé du puisage de l'eau ?**

Enfant :     Jeune fille     Jeune garçon   

Domestique

Femmes       Hommes

**17. Quel récipient utilisez-vous pour conserver de l'eau ?**  canarie     marmite

Autres (à préciser) .....

**18. Avez-vous suffisamment d'eau pour couvrir vos besoins ?**  Oui       Non

- Si Non, pourquoi ? (quelles sont les difficultés rencontrées dans l'approvisionnement en eau ?)

.....  
 .....  
 .....

**19. Quelles solutions proposerez-vous pour une amélioration de l'accès à l'eau potable dans votre secteur/quartier ?**

.....  
 .....  
 .....  
 .....

20. Etes-vous satisfait de vos services d'approvisionnement en eau potable ?  Oui  Non

Si non pourquoi ?.....

-----  
----

25. Y a-t-il les arbres en surplomb de la toiture de récupération ?  Oui  Non

26. La trappe de visite est-elle fermée à clé ?  Oui  Non

27. La trappe de visite est-elle ouverte fréquemment pour inspection ?  Oui  Non Quelle fréquence-----

28. Système de rinçage branché ?  Oui  Non Nettoyé ?  Oui  Non

29. Gros filtre à feuille intact ?  Oui  Non Nettoyé ?  Oui  Non

30. Filtre mèche intact ?  Oui  Non Nettoyé ?  Oui  Non

31. Réservoir en ferrociment Intact ?  Oui  Non Nettoyé ?  Oui  Non

Description des éléments concernant l'état du réservoir non couvertes par les questions :

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----