



**Etude de la qualité de l'eau le long de la chaîne
d'approvisionnement au niveau des consommateurs
dans 10 villages de la Province du Ganzourgou,
(Région du Plateau Central, Burkina Faso)**



Dr Franck Lalanne
Fondation 2iE
franck.lalanne@2ie-edu.org

Mai 2012

Résumé

Les maladies hydriques constituent la troisième cause de mortalité infantile dans le monde et spécialement au Burkina Faso où ce taux reste parmi les plus élevés de la planète. La construction de forages fait partie des efforts consentis par l'Etat et ses partenaires pour augmenter le taux d'accès à une eau de qualité. Mais les impacts positifs de cette entreprise sur la santé des populations sont inférieurs aux attentes. En l'absence de réseau de canalisations, l'approvisionnement en eau impose un déplacement régulier des femmes entre leur habitation et la source la plus proche. Ce type d'approvisionnement fait intervenir la notion de «chaîne de l'eau» constituée d'une phase de transport et de stockage. Par une caractérisation de la qualité physico-chimique et microbiologique le long de la «chaîne de l'eau» et la comparaison de ces résultats avec le comportement observé des villageois, la présente étude tend à dégager les comportements et sources de contamination, causes du maintien du taux de maladies hydriques élevé dans les villages enquêtés. Sur le plan physico-chimique la qualité de l'eau des sources est bonne (même si certains contiennent de faibles concentrations en ETMs) et cette qualité se conserve le long de la chaîne de l'eau. Sur le plan microbiologique les deux étapes de la chaîne de l'eau sont sources de recontamination, principalement à cause du manque d'efficacité du nettoyage des récipients utilisés. Le calcul d'une corrélation positive et suffisamment haute entre la qualité des eaux et le comportement rapporté confirme que la contamination de l'eau le long de la chaîne d'utilisation est bien la résultante de mauvais comportements et de manque de moyens. Là aussi le nettoyage et la qualité des récipients sont mis en cause. L'impact des formations à l'hygiène et à la conservation de l'eau est visible sur le degré de contamination de cette dernière. Néanmoins ces formations semblent avoir atteints leur limite car même en cas de bons comportements, une grande majorité de la population consomme une eau contaminée. Afin de diminuer les risques de contamination le long de la chaîne d'approvisionnement, il paraît nécessaire d'envisager des solutions techniques. A ce sujet des récipients munis de robinet («robinet vissé») se révéleraient plus efficaces. En outre, si on veut que les populations consomment une eau répondant aux normes de l'OMS, une phase de traitement et de désinfection est indispensable.

Sommaire

Résumé.....	1
Liste des abréviations.....	5
Liste des Tableaux	6
Liste des Figures.....	7
Introduction	8
I Contexte de l'étude et de la zone d'investigations	9
I.1 Contexte général	9
I.1.1 Raison d'être du projet.....	9
I.1.2 Définitions des maladies hydriques	10
I.1.3 Localisation des villages étudiés.....	10
I.2 Zone de l'étude	12
I.2.1 Localisation	12
I.2.2 Situation démographique et activités socio-économique de la région du Ganzourgou	13
I.2.2.1 Population.....	13
I.2.2.2 Situation administrative et organisationnelle de la région.....	13
I.2.2.3 Cadre socio-économique de la région.....	14
I.2.2.4 Organisation du domaine de la santé.....	14
I.2.2.5 Description de l'habitat.....	15
II Objectifs de l'étude.....	15
II.1 Hypothèse de l'étude	15
II.2 Objectifs.....	15
II.3 Activités	16
III Méthodologie.....	17
III.1 Méthodologie générale.....	17
III.2 Travaux de terrain.....	17
III.2.1 Prise de contact avec la population	18
III.2.2 Observation du périmètre de l'étude et localisation des sources.....	18
III.2.3 Enquêtes auprès des ménages utilisateurs des sources	18
III.2.4 Prélèvement des échantillons sur l'ensemble de la chaîne de l'eau.....	18
III.3 Analyses en laboratoire.....	19
III.3.1 Analyses physico-chimiques.....	19
III.3.2 Analyses microbiologiques	19
III.4 Analyse des données.....	20

III.4.1 Définition des critères.....	21
III.4.2 Transformation des critères en données quantitatives.....	21
III.4.3 Evaluation de la tendance: Corrélation de Kendall.....	22
IV Présentations et analyses des résultats	23
IV.1 Observations de terrain	23
IV.2 Evaluation de l'hygiène et de l'assainissement dans le domaine de l'eau, par l'approche sociale et l'analyse comportementale	24
IV.2.1 Méthodologie de présentation des résultats	24
IV.2.2 Perception de la qualité de l'eau	25
IV.2.2.1 Source d'eau utilisée et qualité de l'eau.....	25
IV.2.2.2 Perception de la qualité de l'eau après transport et après le stockage.....	25
IV.2.2.3 Perception de l'impact de la qualité de l'eau sur la santé.....	26
IV.2.3 Comportements liés à la chaîne de l'eau.....	26
IV.2.3.1 Comportements liés au transport.....	26
IV.2.3.2 Comportements liés au stockage.....	27
IV.2.3.3 Connaissance et utilisation d'un traitement d'eau à domicile	29
IV.2.3.4 Modes d'extraction de l'eau pour utilisation	30
IV.2.4 Hygiène générale des populations	30
IV.2.4.1 Lavage des mains	31
IV.2.4.1 Lieu de défécation	31
IV.2.5 Conclusion	31
IV.2.5.1 En termes de perception de la qualité de l'eau	31
IV.2.5.2 En termes d'usages le long de la chaîne de l'eau	32
IV.2.5.3 En termes d'hygiène générale	32
IV.2.5.4 Efficacité des formations.....	32
IV.3 Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux	33
IV.3.1 Qualité de l'eau des forages.....	33
IV.3.2 Qualité de l'eau le long de la chaîne d'utilisation	35
IV.4 Evaluation de la qualité bactériologique des eaux	35
IV.4.1 Qualité de l'eau des forages.....	35
IV.4.2 Qualité de l'eau le long de la chaîne d'utilisation	37
IV.4.2.1 Echantillons des ménages utilisant des sources contaminées	37
IV.4.2.2 Echantillons des ménages utilisant des sources non contaminées	37
IV.4.3 Qualité relative des eaux analysées : changement d'échelle.....	39
IV.5 Analyse de l'influence du comportement en matière d'hygiène et d'assainissement sur développement bactérien.....	40

IV.5.1 Influence des comportements sur la contamination au cours du transport	41
IV.5.1.1 Critères retenus pour l'analyse de l'influence comportementale sur les eaux transportées.....	41
IV.5.1.2 Analyse graphique des séries de données et corrélation de Kendall	42
IV.5.2 Influence des comportements sur la contamination au cours du stockage	43
IV.5.2.1 Critères retenus pour l'analyse de l'influence comportementale sur les eaux stockées.	43
IV.5.2.2 Analyse graphique des séries de données et corrélation de Kendall	44
IV.5.3 Discussion des résultats des analyses multicritères	45
IV.5.3.1 Points forts des analyses multicritères	45
IV.5.3.2 Points faible des analyses multicritères	45
V Recommandations et propositions d'améliorations	46
V.1 Au niveau de la source	46
V.2 Au niveau des usages et comportements le long de la chaîne de l'eau	47
V.2.1 Améliorations comportementale	47
V.2.2 Améliorations techniques	47
V.2.2.1 Solution pour le transport de l'eau: Récipient à grande ouverture.....	48
V.2.2.2 Solution pour le stockage de l'eau: récipient équipé d'un robinet.....	49
V.2.2.3 Une solution unique pour le transport et le stockage de l'eau	50
V.2.3 Traitement de l'eau à domicile.....	51
VI Retour des résultats aux populations	52
VI.1 Méthodologie.....	52
VI.2 Résultats	53
VII Fiabilités des résultats, forces et faiblesses de l'étude	53
VII.1 Etude de la « chaîne de l'eau »	53
VII.2 Prise en compte de la composante sociale et comportementale.....	54
VII.3 Incertitudes des résultats des analyses	54
VII.3.1 Paramètres microbiologiques.....	54
VII.3.2 Limites dans l'utilisation de questionnaire	54
Conclusion générale.....	55
Bibliographie	58
Annexe 1 : Questionnaire	60
Annexe 2 : Paramètres analysés en laboratoire	67
Annexe 3 : Résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau des sources	68
Annexe 4 : Résultats des paramètres microbiologiques de l'eau des sources	70

Liste des abréviations

2iE	Institut international d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
ACF	Association Chant de Femme
CREPA	Centre Régional pour l'Eau Potable et l'Assainissement à faible coût
CSPS	Centre de Santé de Promotion Sociale
CF	Coliforme Fécaux
CT	Coliformes Totaux
ETM	Eléments Traces Métalliques
INSD	Institut National de la Statistique et de la Démographie
LEDES	Laboratoire Eau, Dépollution, Ecosystèmes et Santé
NTU	Nephelometric Turbidity Unit
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONG	Organisation Non Gouvernementale
RGPH	Recensement Général de la Population et de l'Habitation
SF	Streptocoques Fécaux
TH	Titre Hygrométrique
UFC	Unité Formant une Colonie
UNICEF	United Nations Children's Fund

Liste des Tableaux

Tableau 1 : date des formations à l'hygiène et l'assainissement des villages étudiés.....	12
Tableau 2 : répartition de la population de la région du Ganzourgou (INSD, 2006)	13
Tableau 3 : activités menées dans le cadre de l'étude	16
Tableau 4 : paramètres physico-chimiques analysés pour les eaux de transport et de stockage.....	19
Tableau 5 : taux de contamination de l'eau pendant la phase de transport.....	38
Tableau 6 : taux de contamination de l'eau pendant la phase de stockage	38
Tableau 7 : critères retenus liés au transport.....	41
Tableau 8 : critères retenus liés au stockage.....	44
Tableau 9 : avantages et inconvénients du sseau plastique avec couvercle.....	49
Tableau 10 : avantages et inconvénients des jarres céramiques équipées de robinet.....	50
Tableau 11 : avantages et inconvénients du « robinet vissé »	51

Liste des Figures

Figure 1: localisation des villages étudiés.....	11
Figure 2: localisation de la province du Ganzourgou	12
Figure 3: méthodologie générale de l'étude.....	17
Figure 4: déroulement de la Méthode Delphi.....	22
Figure 5 : chaîne de l'eau.....	23
Figure 6 : causes évoquées pour la détérioration de l'eau lors du stockage	25
Figure 7 : bidon de transport	26
Figure 8 : fréquence de nettoyage.....	27
Figure 9 : principaux récipients de stockage.....	28
Figure 10 : dépôt persistant sur les parois des jarres	28
Figure 11 : lieu de stockage des eaux	29
Figure 12 : techniques de traitements connues pas les villageois.....	30
Figure 13 : lieux de défécation.....	31
Figure 14 : répartitions des sources par nombre d'indicateurs de contamination.....	36
Figure 15 : animaux s'abreuvant au voisinage d'un forage	37
Figure 16 : classement des échantillons selon l'ordre de Feachem.....	40
Figure 17 : allure des courbes comportements et CF liées au transport	42
Figure 18 : allure des courbes comportements et SF liées au transport	43
Figure 19 : allure des courbes comportements et CF liées au stockage	44
Figure 20 : approche pour contrecarrer les sources de contamination bactérienne des eaux	48
Figure 21 : récipient de transport à large ouverture	49
Figure 22 : récipient en céramique équipé d'un robinet (crédit photo: A. Parker).....	49
Figure 23 : exemple de récipient pouvant intégrer un « robinet vissé»	50
Figure 24 : filtres céramiques (crédit photo, PFP, Ron Rivera, photo de droite).....	52

Introduction

Dans certaines conditions l'eau constitue un support favorable au transport et au développement de nombreux vecteurs de maladies. L'appellation *maladies hydriques* est ainsi utilisée pour désigner une maladie contractée suite à l'exposition d'un sujet à une eau contaminée ou suite à la consommation d'aliments arrosés avec une eau contaminée.

Après le paludisme et les infections respiratoires aiguës, les maladies hydriques sont la troisième cause de mortalité infantile dans le monde et spécifiquement au Burkina Faso où le taux de mortalité infantile est parmi les plus élevés de la planète : de l'ordre de 184 pour mille en 2003 (INSD, 2003). Les causes communément évoquées pour justifier la recrudescence de ces maladies en Afrique et au Burkina Faso sont entre autres, la méconnaissance des comportements hygiéniques, l'insuffisance d'accès à une eau potable et à des installations sanitaires adéquats.

Dans le cadre de la lutte contre ces maladies, principalement en milieu rural, des efforts importants ont été consentis par l'Etat Burkinabé et ses partenaires pour augmenter le taux d'accès à une eau de qualité par la construction de points d'eau potable dont principalement les forages. Le captage d'une eau souterraine permet généralement l'accès à une ressource brute de qualité supérieure à celle des eaux de surface (Beauchamp, 2006).

De plus, depuis la réalisation du projet « Eau, hygiène et Assainissement » entre 2000 et 2005, l'UNICEF œuvre pour le développement et l'amélioration des conditions de vie dans les villages du Ganzourgou. En collaboration avec l'association ACF et le CREPA, elle tente de fournir un appui aux mesures mises en place par l'intermédiaire de sensibilisations à l'hygiène et l'assainissement. Mais malgré la mise à disposition d'une eau de meilleure qualité et l'accès à un enseignement de base sur les « bonnes pratiques » en matière d'hygiène et d'assainissement, les impacts positifs sur la santé des populations semblent mitigés.

En l'absence de réseau de canalisations, la corvée de l'eau impose un va-et-vient quotidien des femmes entre leur habitation et la source la plus proche. Ce système d'approvisionnement impose une phase de transport et une phase de stockage de l'eau à domicile. Même si l'eau brute issue des sources est de bonne qualité (forage), il est concevable de penser que des mauvais usages et pratiques peuvent contaminer l'eau le long de sa chaîne d'utilisation. L'interconnexion des différentes phases d'approvisionnement rend possible le transfert de contamination d'une étape à l'autre. Il est donc indispensable de considérer ces étapes comme des entités indépendantes. La recherche de solutions doit adopter une approche considérant le système dans son ensemble. Pour cette raison nous ferons référence à ce système d'approvisionnement en eau par l'expression : « chaîne de l'eau ».

Par l'intermédiaire d'une caractérisation de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux le long de la « chaîne de l'eau » et la comparaison des résultats aux comportements observés des villageois, la présente étude tend à dégager les causes de l'occurrence de maladies hydriques dans 10 villages de la province du Ganzourgou (plateau central du Burkina Faso), répartis en deux groupes : le premier groupe est constitué de cinq villages ayant reçu une formation à l'hygiène et le second groupe est constitué de cinq villages non formés. La composante comportementale a été étudiée sur la base de questionnaires dispensés à la population des villages. Les analyses de qualité se basent sur un échantillonnage des eaux au niveau de la source, du transport et du stockage. Ce schéma permet la traçabilité des variations de la qualité au cours des différentes étapes. Les

résultats obtenus nous ont permis de formuler des recommandations quant à l'efficacité des activités entreprises par l'UNICEF et ses partenaires. Le dernier volet de cette étude analyse dans un premier temps les améliorations techniques pouvant être apportées afin de simplifier la corvée de l'eau et garantir sa potabilité au niveau des consommateurs et la pertinence de la mise en place d'un traitement à domicile.

I Contexte de l'étude et de la zone d'investigations

I.1 Contexte général

Cette étude a été commandité par l'UNICEF suite au constat suivant : la mise à disposition d'une eau de meilleure qualité suite à la construction de forages n'a pas eu l'incidence souhaitée sur l'amélioration de la santé des populations (en priorité les enfants de moins de cinq ans) en termes de prévalence des maladies hydriques. Il est donc indispensable de connaître les facteurs de contamination de l'eau le long de sa chaîne d'utilisation.

I.1.1 Raison d'être du projet

Que ce soit par l'entremise de l'Etat lui-même ou de ses partenaires, nombreux sont les efforts consentis afin d'améliorer les conditions de vie de la population et ce principalement dans le milieu rural.

Après le paludisme et les infections respiratoires aiguës, les maladies hydriques sont la troisième cause de mortalité infantile dans le monde et ce particulièrement au Burkina Faso où le taux de mortalité infantile est parmi les plus élevés de la planète - de l'ordre de 184 pour mille en 2003 (INSD, 2003). Sur le plan sanitaire l'amélioration de la situation nécessite donc l'accès à une eau de qualité ainsi que la garantie du maintien de cette dernière au fil du temps.

Pour répondre à cette problématique l'Etat et ses partenaires ont déjà fourni nombre d'infrastructures. Parmi celles-ci, on retrouve les forages mettant à disposition une eau de qualité supérieure à celle des eaux de surface (Beauchamp, 2006). Ce genre de système d'approvisionnement en eau, en l'absence de réseaux de distribution, suppose une étape de transport et de stockage de l'eau à domicile. Nous introduisons donc le concept de « chaîne de l'eau », c'est-à-dire les phases de puisage, de transport et de stockage de l'eau depuis la source jusqu'à son point d'utilisation à savoir les concessions. Lors de ces phases, l'eau est exposée à de nombreuses sources potentielles de pollution. Le suivi devra donc s'opérer le long de la chaîne de l'eau, à savoir depuis la ressource brute disponible dans l'ouvrage jusqu'au point de consommation, en passant par les dispositifs de transport et de stockage de l'eau à domicile.

Suite à la campagne de construction de forage et de sensibilisation à l'hygiène et l'assainissement dans la province du Ganzourgou, l'UNICEF a constaté que les impacts positifs sur la santé des populations sont négligeables en dépit la mise à disposition d'une eau de meilleure qualité.

Grâce à des analyses réparties tout au long de la « chaîne de l'eau » et l'étude comportementale des populations concernées, ce projet tend à définir des solutions adaptées et des bonnes pratiques visant à améliorer la qualité de l'eau. L'évaluation des connaissances et pratiques de la population permettra en plus de juger de l'efficacité des actions de sensibilisations entreprises par l'UNICEF et d'envisager la nécessité d'un recours à un traitement de l'eau à domicile. Le mandat convenu avec l'UNICEF prévoit l'analyse de 5

villages ayant reçu une formation à l'hygiène et l'assainissement et 5 villages non formés. C'est donc dans ce cadre que s'inscrit la présente étude sur la qualité de l'eau au niveau des consommateurs ou ménages dans 10 villages ciblés de la Province du Ganzourgou.

I.1.2 Définitions des maladies hydriques

Dans certaines conditions, l'eau constitue un support favorable au transport de nombreux vecteurs de maladies. L'appellation maladies hydriques est utilisée pour désigner une maladie contractée suite à l'exposition d'un sujet à une eau contaminée ou la consommation de nourriture irriguée ou arrosée avec une eau contaminée. Il s'agit généralement de maladies dues à un agent infectieux de type bactérien, virus, ou protozoaire (Haslay et Leclerc, 1993).

L'apparition de maladies hydriques est généralement liée au développement de biotopes favorables à la propagation des vecteurs de maladies infectieuses ou parasitaires. Ces maladies sont très présentes en milieu tropical et subtropical, « *non seulement parce que les foyers de maladie existent déjà dans ces régions, mais également en raison des conditions climatiques (température et humidité) favorables à la prolifération des vecteurs, d'une forte exposition des populations liée à leur bas niveau de vie, de conditions hygiéniques précaires et d'une infrastructure de santé peu développée* » (Mermoud, 2009).

Les maladies hydriques constituent la 3^{ème} cause de mortalité infantile au monde et spécialement au Burkina Faso où le taux de mortalité infantile reste fortement élevé. Un rapport de l'UNICEF datant de 2009 (Sawes, 2009) indique que les maladies hydriques représentent à elles seules 50% des consultations des centres sanitaires enquêtés. Si elles ne sont généralement pas mortelles, ces maladies peuvent causer des fatigues, des douleurs importantes et une incapacité de travail prolongée.

I.1.3 Localisation des villages étudiés

Il paraît également intéressant de mesurer l'impact des formations à l'hygiène et à la conservation de l'eau sur la qualité de cette dernière en fin de sa chaîne d'utilisation à savoir au niveau des consommateurs. Le choix des villages servant de bases à la présente étude a été fait dans ce sens, sur recommandation de l'UNICEF. Cinq villages ont été sélectionnés car ayant reçu une formation à l'hygiène et cinq autres ne l'ayant pas reçu, ceci afin de mesurer l'impact de ces formations. Ces 10 villages sont situés dans la province du Ganzourgou. Huit de ces villages sont localisés dans la commune de Zam : Pissy, Dawaka, Wéotenga, Kougri, Wayen, Ramongto, Ipala, Toyoko. Les deux restants, Tamidou et Nabitenga, appartiennent à la commune de Zorgho. Le découpage entre villages ayant reçus une formation à l'hygiène et ceux ne l'ayant pas reçu est le suivant :

Villages formés : Pissy, Dawaka, Wéotenga, Tamidou et Nabitenga.

Villages non formés : Kougri, Wayen, Ramongto, Ipala et Toyoko.

La figure 1 présente une carte de la région et la localisation des 10 villages étudiés.

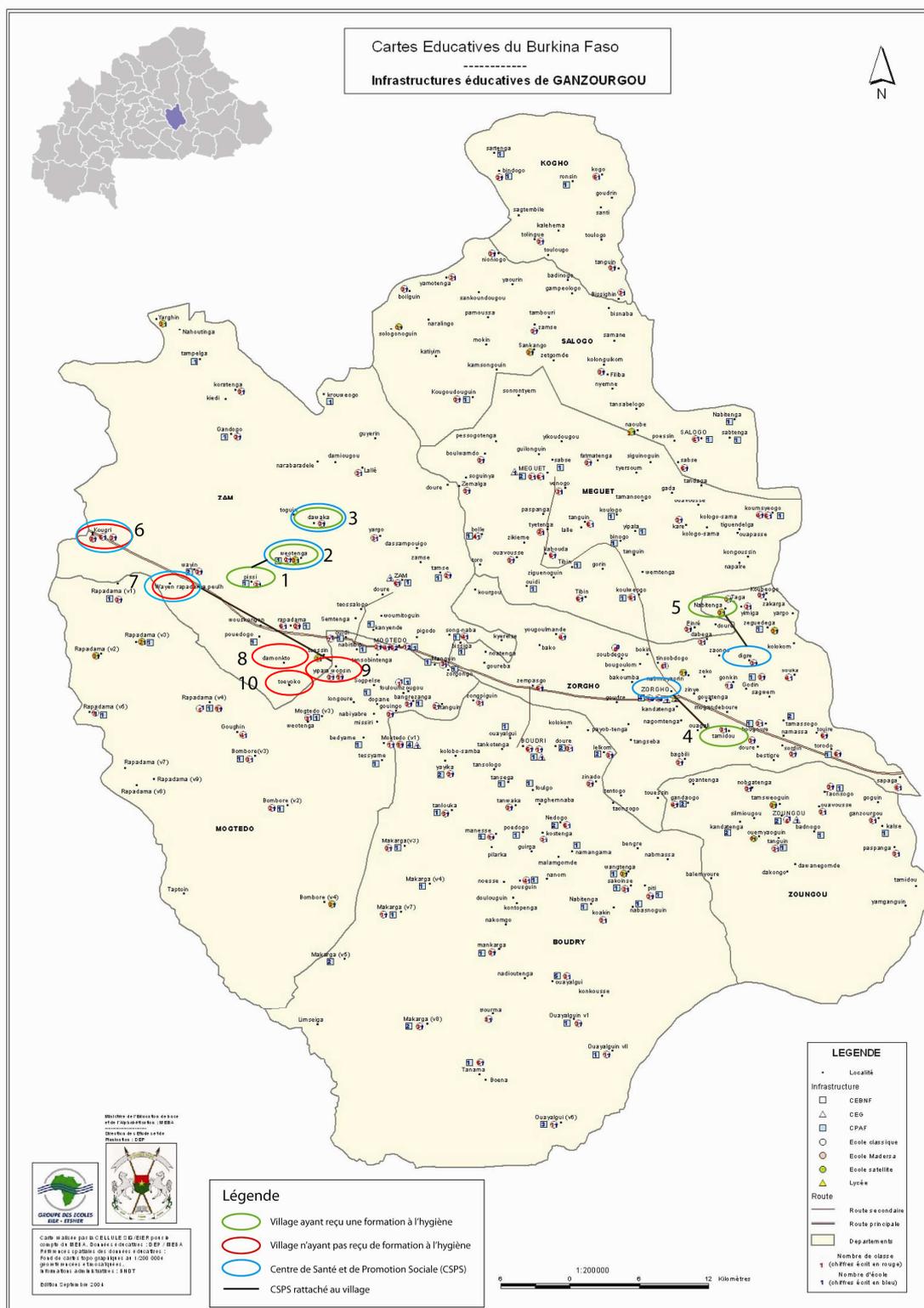


Figure 1: localisation des villages étudiés

La présente «étude prévoit d'enquêter 10 villages, c'est-à-dire cinq ayant reçu une formation sur les thèmes de l'hygiène et de l'assainissement, et cinq n'ayant reçu aucune formation. A termes, l'objectif est de pouvoir effectuer une comparaison et juger de l'efficacité des sensibilisations. Le tableau 1 rappelle les dates de formation des cinq villages.

Village	Date de formation
Dawaka	3 au 7 février 2009
Pissy	13 au 17 janvier 2009
Wéotenga	15 au 19 janvier 2007
Tamidou	Janvier 2006
Nabitenga	Décembre 2005

Tableau 1 : date des formations à l'hygiène et l'assainissement des villages étudiés

I.2 Zone de l'étude

I.2.1 Localisation

Le Burkina Faso est un pays enclavé d'Afrique de l'Ouest d'une superficie totale de 274'000km². Il est entouré par le Mali au Nord et à l'Ouest, la Côte d'Ivoire au Sud-Ouest, le Ghana, le Togo et le Bénin au Sud et le Niger à l'Est.

La province du Ganzourgou, lieu de l'étude, est localisée au Sud-Est de la région administrative du Plateau Central et à une centaine de kilomètres à l'Est de Ouagadougou. Elle est limitée :

- au nord, par les provinces du Namentenga, du Sanmatenga et de l'Oubritenga,
- au sud, par la province du Boulougou,
- à l'est, par la province du Kouritenga,
- à l'ouest par les provinces du Kadiogo et de l'Oubritenga.

La province couvre une superficie de 4 173,4 km², répartie entre les huit communes que sont Boudry, Kogho, Méguet, Mogtédou, Salogo, Zam, Zorgho et Zoungou. L'accès à la province à partir de Ouagadougou se fait par la route nationale n°1 seule voie bitumée qui la traverse et praticable en toute saison (Sawes, 2009) (figure2).

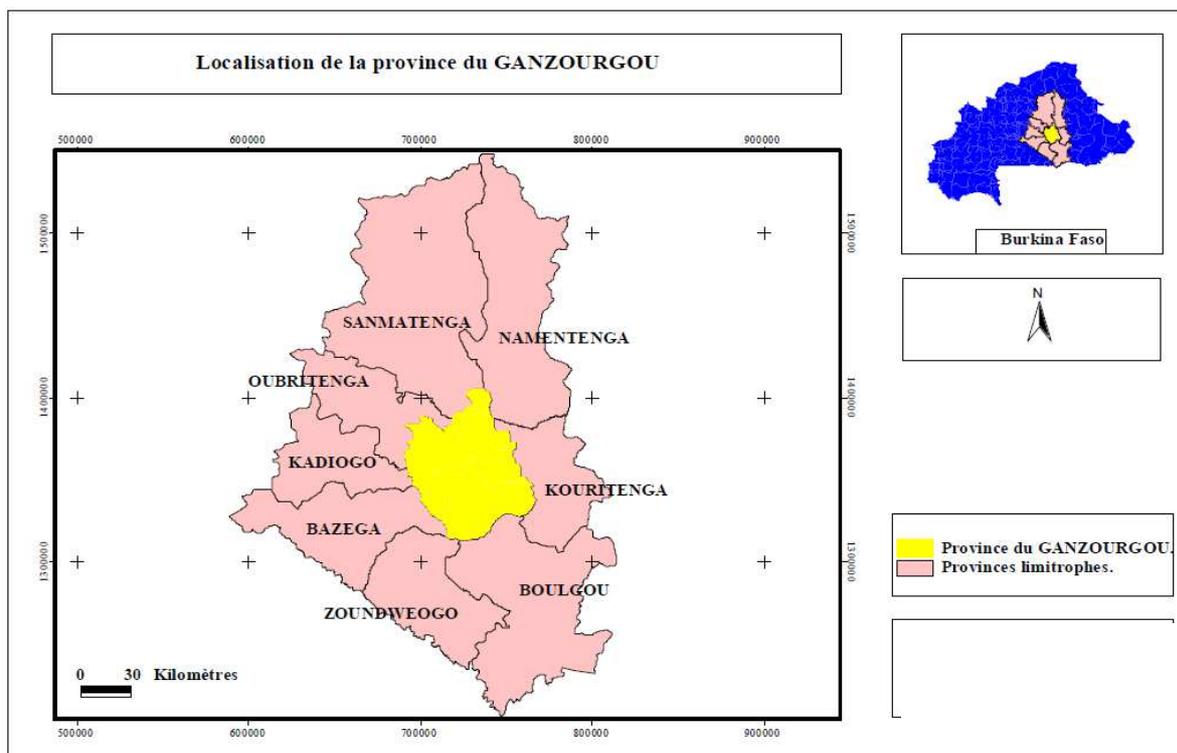


Figure 2: localisation de la province du Ganzourgou

En raison de sa situation géographique, le Burkina Faso présente un climat tropical de type soudano-sahélien. Ce type de climat se caractérise par deux saisons très contrastées : la saison d'hivernage ou « saison des pluies » (précipitations entre 300mm et 1200mm) de juin à septembre et la saison sèche qui dure généralement d'octobre à juin.

Située sur le plateau central, la province du Ganzourgou reprend les caractéristiques d'une zone soudano-sahélienne (précipitations moyennes 700 mm, températures maximales entre 39 et 45°C et températures minimales entre 13 et 19 °C). De telles conditions sous-entendent des enjeux importants quant à la gestion et la maîtrise des ressources en eau. Sur le territoire, il n'est pas rare que les eaux souterraines soient l'unique source à disposition.

I.2.2 Situation démographique et activités socio-économique de la région du Ganzourgou

I.2.2.1 Population

Selon le rapport RGPH effectué par l'INSD en 2006, la population totale de la région s'élèverait aux alentours de 320 000 habitants. Le tableau 2 présente la répartition de cette population en fonction des sexes et des communes.

Commune	Population			% population totale
	Hommes	Femmes	Ensemble	
Boudry	38 037	41 990	80 027	25,1
Kogho	7 185	8 673	15 858	4,9
Méguet	15 823	18 957	34 780	10,8
Mogtédou	23 836	25 601	49 437	15,5
Salogo	9 458	11 625	21 083	6,6
Zam	19 127	21 040	40 167	12,6
Zorgho	22 443	25 601	48 096	15,1
Zoungou	14 060	15 872	29 932	9,4
Total	149 969	169 411	319 380	100

Tableau 2 : répartition de la population de la région du Ganzourgou (INSD, 2006)

L'ethnie Mossi, très présente sur le plateau central est la plus largement représentée dans la province (90%), suivie par l'ethnie Peulh (5%). Les principales religions pratiquées sont l'animisme, le christianisme et l'islam (Design, 2004).

La présente étude concerne les communes de Zam et Zorgho. Les 10 villages étudiés lors des campagnes de terrain appartiennent à ces deux communes.

I.2.2.2 Situation administrative et organisationnelle de la région

L'organisation administrative de la province de Ganzourgou s'articule autour des pouvoirs administratifs modernes et traditionnels.

En 2004, un nouveau découpage administratif a eu lieu au Burkina Faso. La région est administrée par un gouverneur et la province par un haut commissaire accompagné d'un secrétaire général.

Chaque province a ensuite été redécoupée en communes. Le Ganzourgou est séparé en huit communes (tableau 2). Chacune est dirigée par un conseil communal, présidé par un maire élu localement pour un mandat de cinq ans. Si aujourd'hui cette nouvelle organisation structure le pays, les autorités coutumières et religieuses sont encore très fortes au Burkina

Faso et interviennent dans la majorité des processus de prise de décision. Les villages, regroupés au sein des différentes communes sont administrés de la manière suivante :

- un chef de village représentant l'autorité coutumière
- deux conseillers nouvellement élus, représentants l'autorité administrative.

Les villages s'organisent ensuite en quartiers correspondants à des regroupements de foyers ou concessions. La notion de concession renvoie à un regroupement de ménages réunis autour d'une autorité parentale. Toutefois, il est difficile de définir de manière univoque le concept de ménage au sein des concessions. Si dans certains cas la concession correspond à un regroupement d'habitations abritant plusieurs ménages, dans d'autres cas il peut s'agir uniquement des épouses et enfants d'un seul homme (Bakyono et al., 2006).

1.2.2.3 Cadre socio-économique de la région

Selon le rapport UNICEF 2009 : « *L'économie locale est dominée par les activités du secteur primaire, l'agriculture et l'élevage, qui occupent plus de 90% de la population* ». Ces chiffres ont été confirmés lors de nos enquêtes sur le terrain. En effet plus de 90% des chefs de famille se trouvaient être agriculteurs.

Le commerce arrive en seconde position et concerne essentiellement les espaces urbains. À titre d'exemple, le marché de Pouytenga est le centre commercial d'écoulement et d'approvisionnement le plus fréquenté de la zone.

De nombreuses organisations (ONG) et services publics participent actuellement au développement socio-économique de la province. On pourra citer le programme de latrines financé par UNICEF, accompagné de la sensibilisation à l'hygiène effectuée par les animateurs du CREPA et d'ACF.

Concernant le domaine de l'éducation : en 2006, le taux brut de scolarisation dans la province était estimé à 54,35% (environ 60,5% pour les garçons et 48% pour les filles). (Sawes, 2009).

1.2.2.4 Organisation du domaine de la santé

Différentes structures gèrent le domaine de la santé. Le territoire est généralement découpé en districts (administrés par un chef de district) au sein desquels différents centres assurent le service sanitaire. Les villages traités dans cette étude sont desservis par des Centres de Santé et de Promotion Social (CSPS). Cette structure s'organise généralement autour des bâtiments suivants :

- un dispensaire,
- une maternité,
- un local pharmaceutique.

Les CSPS n'emploient pas de médecins mais des infirmiers. Ils ne possèdent généralement pas de salle d'opération, aussi pour des interventions chirurgicales ou d'une gravité importante, les patients doivent s'orienter vers l'hôpital le plus proche (généralement situé en milieu urbain). Dans la province, la distance moyenne parcourue pour accéder à une formation sanitaire est d'environ 6,5 km (distance inférieure à la norme nationale fixée à 10 km).

« *En 2005, les dix premières causes de consultation dans la province concernaient près de 80% de toutes les consultations, et portaient sur le paludisme (36,5% des causes de consultation), les affections respiratoires (17%), les diarrhées (6%), les affections de l'appareil digestif (4,2%), les parasitoses intestinales (4%), les affections de la peau (4%), les*

plaies (3,3%), les traumatismes (3%), les affections de la cavité buccale (1%), les affections ostéo-articulaires (1%).

Ces données montrent la prévalence des maladies d'origines hydriques qui représentent à elles seules près de 50% des causes de consultations » (Sawes, 2009).

1.2.2.5 Description de l'habitat

Les deux mêmes types d'habitat ont pu être observés dans les différents villages. Les ethnies possédant un mode de vie différent présentent des différences dans l'habitat et son organisation. On distinguera donc l'habitat de l'ethnie Mossi, de celui des Peuhls (seules ethnies représentées dans les villages enquêtés).

L'habitat traditionnel mossi se compose de plusieurs cases construites autour d'une cour. Celle-ci est en principe clôturée par un mur d'enceinte qui servait autrefois de protection contre les animaux sauvages ou d'éventuels ennemis. L'ensemble est le plus souvent appelé « concession ». Ce type d'habitat sédentaire, est caractérisé par des cases, de forme circulaire dont les murs en banco sont recouverts d'une toiture conique en paille. Le sol des maisons et de la cour est généralement en terre damée. Il arrive aussi que les plus nantis possèdent une maison rectangulaire construite en brique de terre et surmontée d'un toit de tôle.

L'habitat peuhl se présente sous deux formes. La première, destinée au nomade, est une forme d'habitation temporaire composée d'une structure légère et pliable pouvant être transportée. L'ensemble forme un dôme de dimensions variables, recouvert de séko (nattes en paille). Le second type d'habitat, observé chez les Peuhls sédentaires, ressemble à celui des mossi, à la différence que les cases ne sont pas réunies autour d'une cour et qu'il n'existe pas de mur d'enceinte délimitant la concession. A la place, les cases sont disposées par groupe de 2 à 3, autour de grands enclos réservés à l'élevage.

Le type d'habitat est important car que se soit l'habitat mossi ou l'habitat peuhl, il permet l'accès aux zones de vie (et donc de stockage de l'eau) aux animaux.

II Objectifs de l'étude

Face à la problématique précédemment évoquée, à savoir que la mise à disposition d'une eau de qualité supérieure pour les populations rurales a eu peu ou pas d'incidences sur la santé, les objectifs de cette étude découlent de l'hypothèse ci-dessous.

II.1 Hypothèse de l'étude

En milieu rural, certains facteurs du milieu et certains facteurs comportementaux, particulièrement en matière d'hygiène, d'assainissement et de conservation de l'eau sont susceptibles de détériorer la qualité de cette dernière le long de sa chaîne d'utilisation.

II.2 Objectifs

L'objectif général de cette étude est de cerner les facteurs du milieu et comportementaux susceptibles de dégrader la qualité de l'eau le long de la chaîne d'utilisation dans les ménages de 10 villages bénéficiaires du programme d'approvisionnement en eau promu par l'UNICEF dans la Province du GANZOURGOU au Burkina Faso.

Les objectifs spécifiques qui en découlent sont :

1. La caractérisation sur le plan chimique et bactériologique de la qualité de l'eau de consommation délivrée par les forages dans les villages ciblés ainsi que la qualité de l'eau le long de la chaîne de fourniture après le point de délivrance, à savoir au puisage, au transport et au stockage (ou au point de consommation dans les ménages concernés).
2. L'étude de l'hygiène générale des ménages utilisateurs des forages et leurs comportements vis-à-vis de la conservation de la qualité de l'eau.
3. L'établissement d'un lien entre la recontamination de l'eau le long de sa chaîne d'utilisation et l'hygiène et les comportements des utilisateurs afin de comprendre les facteurs susceptibles de contribuer à la dégradation de la qualité de l'eau.
4. La proposition de stratégies cohérentes d'amélioration de la qualité de l'eau de consommation : méthodes de collecte, de transport, de stockages de consommation et de traitement.

II.3 Activités

Les activités à mener pour atteindre les objectifs spécifiques sont listées dans le tableau 3.

Objectifs spécifiques	Activités
Caractérisation de la qualité de l'eau	<ul style="list-style-type: none">- localiser et cartographier tous les sources des villages cibles- diagnostiquer l'état de salubrité autour des sources d'eau- évaluer le taux de fréquentation des forages- caractériser les usagers des sources- prélever les échantillons d'eau dans les sources et au niveau des ménages (après transport et après stockage, puis procéder à leurs analyses en laboratoires)
Etude de l'hygiène générale	<ul style="list-style-type: none">- observer les pratiques de puisage, de transport, de stockage et de consommation d'eau dans les ménages échantillonnés- mener des enquêtes et entretiens avec les femmes (responsables de l'approvisionnement en eau des foyers) sur la gestion de l'eau dans la famille- diagnostiquer l'état général de l'hygiène dans les ménages ciblés
Comprendre les facteurs susceptibles de contribuer à la dégradation de la qualité de l'eau	<ul style="list-style-type: none">- synthétisez les données collectées au cours des activités des objectifs 1 et 2- analyser comparativement ces données avec un test statistique- lister les facteurs ayant un impact sur la dégradation de la qualité de l'eau
Proposer des stratégies d'amélioration	<ul style="list-style-type: none">- utiliser les observations de terrains et les résultats précédents pour proposer des méthodes et techniques d'amélioration

Tableau 3 : activités menées dans le cadre de l'étude

Ces activités se sont déclinées en des tâches précises nécessitant des supports matériels et des compétences humaines, constituant ainsi l'approche méthodologique adoptée dans le cadre de cette étude.

III Méthodologie

L'approche méthodologique adoptée pour atteindre les objectifs escomptés se base principalement sur les trois groupes de tâches suivants : travaux de terrain, analyses en laboratoires des échantillons d'eau et analyses des données. Avant son application effective, des travaux préliminaires ont été assurés. Ils portaient sur les points suivant:

- le recueil des données descriptives du Programme UNICEF dans la Province du GANZOURGOU, ainsi que des informations socioéconomiques, techniques et environnementales de cette zone,
- la préparation des outils de collecte de données de terrain,
- la préparation des protocoles d'analyse en laboratoire et du matériel de prélèvement des échantillons d'eau dans les ménages,
- la mise en place des dispositions administratives des visites dans les villages sélectionnés.

III.1 Méthodologie générale

La méthodologie générale de l'étude est résumée dans la figure 3.

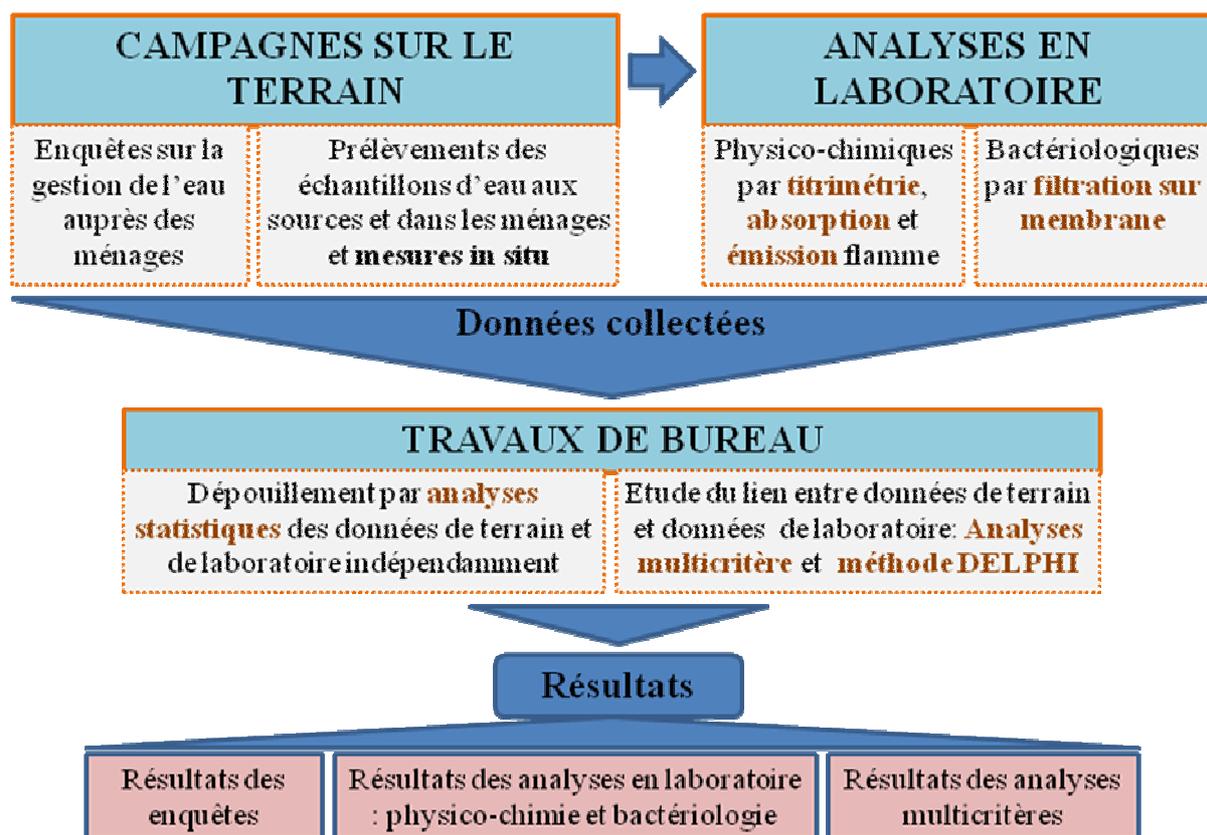


Figure 3: méthodologie générale de l'étude

III.2 Travaux de terrain

Les activités de terrain ont été effectuées par une approche sociale et une analyse comportementale organisées comme suit : prise de contact avec la population, observation

et diagnostic des sources, enquête auprès des ménages utilisateurs de sources, prélèvement des échantillons d'eau, collecte des données sanitaires et épidémiologiques.

III.2.1 Prise de contact avec la population

Dans chaque village, les femmes et autorités locales (traditionnelles et administratives) sont contactés et réunis au point focal du village pour acquérir leurs avis sur les supports d'entretien préalablement élaborés.

III.2.2 Observation du périmètre de l'étude et localisation des sources

Au sein des villages cibles, l'équipe procède à l'identification et au repérage des coordonnées géographiques des forages (sources) à l'aide d'un GPS. Une fiche est élaborée préalablement pour une description sommaire des aménagements et du fonctionnement. Dans cette fiche les observateurs décrivent le degré d'hygiène autour des sources, dans un rayon de 5 à 15 m, pour le diagnostic de l'état de salubrité autour des sources. Il s'agit de repérer, de positionner sur la carte et de décrire les sources potentielles de contamination de la ressource en eau dans les forages. Il s'agit aussi de repérer les forages les plus utilisés dans chaque village.

III.2.3 Enquêtes auprès des ménages utilisateurs des sources

Les enquêtes auprès des ménages utilisateurs des sources se font à l'aide d'un questionnaire (Annexe 1) sur la gestion de l'eau dans la famille : modes de collecte, de puisage, de transport, de stockages, connaissances en termes d'hygiène générale et de traitement éventuel et de consommation de l'eau. Quarante ménages par villages sont enquêtés. Ces questionnaires ont été élaborés en collaboration avec un sociologue et suivant les recommandations du document « Assessing Hygiene Improvement: Guidelines for Household and Community Levels » (Kleinau et Pyle, 2004). Les critères du choix des ménages enquêtés par ordre de priorité sont : la fréquentation de la source où le ménage s'approvisionne et la distance à la source (et donc le temps de transport).

Comme nous l'avons précisé précédemment 40 ménages par village ont été enquêtés. Afin d'être le plus représentatif de la situation, il nous fallait donc cibler les points clés du système d'alimentation en eau, à savoir les sources les plus fréquentées. La fréquentation d'un forage étant en moyenne comprise entre 5 et 15 ménages, nous avons décidé de traiter en priorité un maximum de deux ou trois sources parmi les plus fréquentées et enquêter la population les utilisant (soit 10 à 15 ménages par forages). De manière à couvrir un maximum de la surface géographique le second critère retenu pour la sélection des ménages est la distance au forage afin de vérifier si ce paramètre influence sur la qualité des eaux.

III.2.4 Prélèvement des échantillons sur l'ensemble de la chaîne de l'eau

Les prélèvements des échantillons d'eau ont été effectués dans les sources et dans les ménages concernés pour l'analyse de la qualité de l'eau le long de la chaîne d'utilisation (sources, après le transport, et après 24 heures de stockage dans les ménages). Par villages il a donc été échantillonné : 2 à 3 sources et un échantillon de 10 ménages est choisi (soit entre 3 et 5 ménages par sources).

Les critères de sélection des sources prélevées par ordre de priorité sont : (i) forage ayant fait l'objet de réponses à des questionnaires, (ii) fréquentation du forage, (iii) indication particulière des villageois (qualité, remarques particulières, etc.). Les deux premiers critères

vont de soi et sont une redondance, car ils ont déterminés à l'avance le choix des ménages à enquêter.

Les critères de sélection des ménages par ordre de priorité sont : (i) contenu des réponses aux questionnaires, (ii) particularité des pratiques, (iii) distance à la source.

Les échantillons sont stockés dans des glacières munies d'accumulateurs de froid (à 4°C) et transportés le même jour aux plateformes d'analyses physicochimiques et bactériologiques du LEDES pour la suite des activités.

III.3 Analyses en laboratoire

Les analyses des échantillons d'eau prélevés dans les forages et le long de la chaîne de l'eau ont été réalisées dans les laboratoires de chimie et microbiologie du LEDES/2iE selon les protocoles référencés dans les tableaux de l'annexe 2, inspirés des protocoles et méthodes normalisés adoptés dans les pays de l'UEMOA et définis en accord avec les représentants d'UNICEF et du LEDES. Les analyses comprennent la caractérisation physico-chimique et la caractérisation microbiologique des eaux collectées.

III.3.1 Analyses physico-chimiques

Deux types de mesures ont été réalisés : les mesures in situ (réalisées sur le terrain) et les mesures en laboratoire. Les mesures in situ comprennent le pH, la conductivité et la température. Les autres paramètres physico chimiques sont listés dans l'annexe 2.

L'analyse physico-chimique des eaux issues du transport et du stockage ne reprend pas l'ensemble des paramètres analysés pour les sources. En effet certains de ces paramètres ne devraient pas varier par rapport à la source ou leur variation n'amène pas de changement par rapport à la potabilité de l'eau. Les paramètres mesurés sur les échantillons de la chaîne de l'eau sont la température, du pH, de la conductivité électrique et de la turbidité. Ils sont décrits dans le tableau 4.

Paramètres	Référence de la méthode	Technique et équipement utilisé
Température	NF T 90-100	Multiparamètre WTW
Turbidité	NF EN 27027 (94)	Néphélométrie - Turbidimètre WTW
Conductivité	NF EN 27888 (94)	Conductimètre
pH	NF T 90-008 (53)	Multiparamètre WTW

Tableau 4 : paramètres physico-chimiques analysés pour les eaux de transport et de stockage

III.3.2 Analyses microbiologiques

En raison du risque élevé pour l'être humain, l'analyse de la qualité microbienne de l'eau est un passage incontournable pour déterminer sa potabilité. Face au nombre de maladies hydriques connues, il est impossible à nos jours d'effectuer une recherche des agents responsables de chacune. Donc, sur le plan sanitaire il est plus sûr de rechercher les indicateurs de contamination fécale, que les pathogènes spécifiques. En effet :

- un grand nombre de pathogènes restent encore méconnus,
- les pathogènes ont souvent une courte durée de vie,
- leur présence relève souvent d'une faible concentration dans les eaux.

Un indicateur de contamination fécale permet de confirmer la présence d'agents susceptibles de contaminer le consommateur. Il regroupe un certain nombre de caractéristiques allant de sa présence, sa représentativité d'une contamination à sa facilité de culture et d'identification (Heritage et al., 1999).

La détection des micro-organismes indicateurs de contaminations fécales en laboratoire a été réalisée par la méthode de culture sur milieu solide. Cette technique nécessite une étape de mise en culture des bactéries afin de pouvoir les identifier. Cette étape a été réalisée par ensemencement sur une gélose contenant les nutriments et substances sélectives nécessaires à la croissance et l'identification des bactéries recherchées. L'identification et la quantification des micro-organismes indicateurs ont été effectuées par comptage direct des colonies bactériennes pour un milieu et un volume d'inoculum donné.

Il sera recherché quatre types d'indicateurs de contamination fécale. Ils renseignent respectivement sur le type de contamination (Sadowsky, 2011) :

- les Coliformes totaux qui témoignent d'une pollution générale d'origine organique d'une eau,
- les Coliformes thermo tolérants ou Coliformes Fécaux et E.coli qui témoignent d'une contamination fécale récente,
- les Streptocoques fécaux qui témoignent d'une contamination fécale ancienne.

III.4 Analyse des données

Le but de cette partie est de trouver un lien mathématique et statistique entre les données recueillies lors des enquêtes et les données issues des mesures des paramètres microbiologiques afin d'étudier les influences des comportements et habitudes dans la gestion de l'eau sur le développement bactérien, nécessitant donc l'analyse conjointe de plusieurs facteurs.

Le but est donc de montrer un lien entre des données qualitatives issues du questionnaire et des données quantitatives issues des analyses de laboratoires en fonction de l'hypothèse que « *la quantité de bactéries présente dans un échantillon d'eau est le résultat de la somme de mauvais comportements et habitudes concernant la gestion de l'eau et l'hygiène* ». De plus, comme la présence de bactéries dans un échantillon de transport ou de stockage peut venir d'une contamination du forage et d'un développement bactérien, les résultats qui seront présentés prendront seulement en compte les échantillons provenant de ménages utilisant des sources non contaminées.

La première étape consiste donc en une analyse multicritères pour déterminer les comportements et habitudes pouvant avoir un impact sur la recontamination de l'eau lors des phases de transport et de stockage, en fonction des réponses aux questionnaires et des observations de terrains. Puis, nous utiliserons la « méthode Delphi » afin de classer ces comportements par ordre d'importance et pour transformer ces données qualitatives en données quantitatives.

Enfin l'analyse du Tau de Kendall nous permettra de comparer les deux séries de données (somme des comportements et grandeur de la contamination) afin de dégager les comportements et habitudes ayant le plus d'impacts sur la qualité de l'eau.

III.4.1 Définition des critères.

L'analyse multicritères permet de rendre compte d'une tendance ou d'effectuer un choix, sur la base de l'analyse conjointe du rôle de différents critères prédéfinis. Dans notre cas il s'agit de qualifier le comportement des villageois en matière d'hygiène et d'assainissement (constituant ainsi nos différents critères).

III.4.2 Transformation des critères en données quantitatives

La difficulté réside ensuite dans la transformation de ces données qualitatives (les critères) en données quantitatives afin de pouvoir les comparer aux résultats des analyses microbiologiques. Pour cela nous avons utilisé la méthode Delphi. Cette méthode fait partie des méthodes issues de l'analyse subjective/intuitive. Elle est basée sur des enquêtes de surveillance et utilise l'intuition et les connaissances d'un groupe d'experts. Dans les faits cette méthode consiste en un classement de critères en deux ou plusieurs « tours », pendant lesquels les résultats du premier tour servent de bases de réflexion au classement des tours suivants. Le classement du second tour et des suivants pour chaque expert se fait donc sous l'influence de l'opinion des autres experts. Le but est d'obtenir un consensus entre tous les experts (Häder et Häder, 1995; Hsu et Sandford, 2007).

Premier tour : tous les experts font un classement des comportements et habitudes sélectionnés par l'analyse multicritères, classement basé sur leur propre expérience et savoir. Un classement moyen des réponses de tous les experts est alors réalisé.

Second tour : les experts font le même travail mais en connaissant le classement moyen du premier tour, ce qui leur permet de réajuster leur classement.

Tour Final : réunion de tous les experts afin d'obtenir un classement « consensus » et afin de donner une note et un coefficient de pondération à chaque critère. Ce coefficient permet de valoriser les critères ayant à priori un impact prépondérant sur la dégradation de la qualité de l'eau.

La dernière étape permet donc d'avoir, pour chaque ménage enquêté et dans lequel des échantillons d'eau issus du transport et du stockage ont été prélevés, un score représentant les mauvais comportements vis-à-vis de la conservation de la qualité de l'eau. Les données qualitatives issues des questionnaires et des observations sont donc transformées en un chiffre (quantitatif) qui pourra être comparé statistiquement à la contamination des échantillons d'eau prélevés.

La figure 4 présente un résumé du déroulement de la Méthode Delphi.

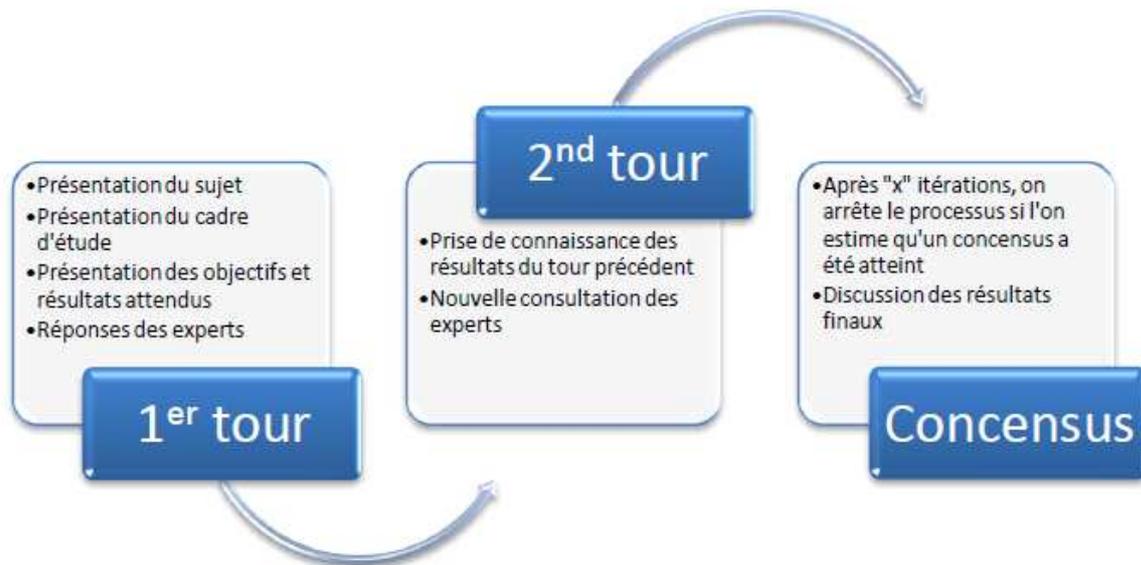


Figure 4: déroulement de la Méthode Delphi

III.4.3 Evaluation de la tendance: Corrélation de Kendall.

Après avoir rendu possible la comparaison entre les critères retenus et les charges bactériennes déterminées, nous avons eu recours à une corrélation dite de rang, mesurée par le coefficient de Kendall, afin d'évaluer la tendance.

La corrélation de Kendall ou Tau de Kendall mesure le classement des valeurs d'une variable donnée par rapport à l'ordre observé sur les valeurs d'une autre variable (Jybaudot.fr, 2011). Il nous servira à répondre à l'hypothèse de départ. Cette corrélation mesure la classification d'une variable (somme des comportements) au regard de l'ordre observé pour une seconde variable (nombre de bactéries dans un échantillon). Le principe de calcul est le suivant : la première série (nombre de bactéries) est classée de l'échantillon le moins contaminé au plus contaminé. En face de chaque résultat de contamination est mis le score provenant de la somme des comportements pondérés (seconde série). En observant la seconde série, nous comparons chaque valeur avec les suivantes et nous attribuons +1 si la suivante est supérieure et -1 si elle est inférieure. Le total global sur la série de ces scores est appelé S et nous donne le Tau de Kendall par la formule :

$$\tau = \frac{S}{n(n-1)} = \frac{2S}{n(n-1)}$$

τ = Tau de Kendall

S = Somme des "+1; -1"

n= nombre de données de chaque série

Le Tau de Kendall est toujours compris entre -1 et +1. Quand il est positif, cela signifie que les deux séries de données ont une corrélation positive et qu'elles sont donc reliées. Et plus ce Tau est proche de +1 plus les séries se rapprochent d'une corrélation linéaire (Hsieh, 2010).

IV Présentations et analyses des résultats

IV.1 Observations de terrain

Les observations de terrain ont permis de visualiser les tenants et les aboutissants de la chaîne de l'eau. Elles ont permis de voir quelles étaient les méthodes de collectes, de transport et de conservation de l'eau et d'identifier d'ors et déjà des comportements et habitudes qui pourraient avoir des conséquences sur la détérioration de la qualité de l'eau. La figure 5 présente la chaîne de l'eau observée dans les villages enquêtés.

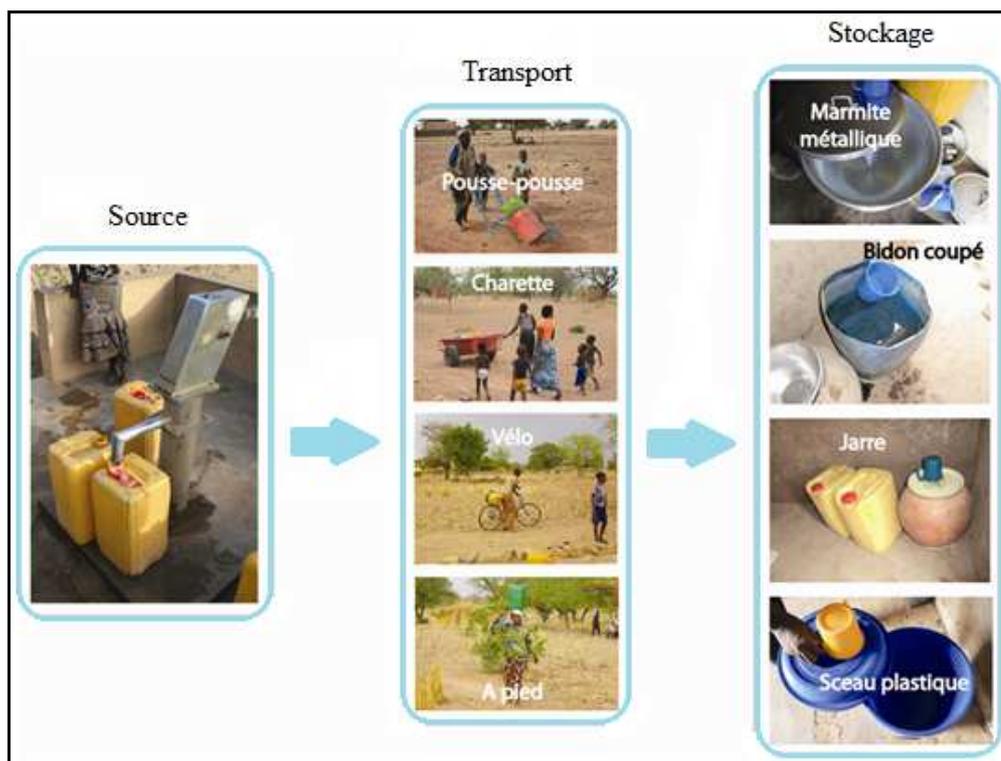


Figure 5 : chaîne de l'eau

L'approvisionnement, la conservation et la gestion de l'eau font partis de la vie de tous les jours. L'absence de réseau de distribution impose un va-et-vient permanent des femmes entre la source la plus proche et leur foyer. Fin 2005, on estimait que le nombre d'habitants par point d'eau était de l'ordre de 260 (valeur acceptable par rapport à la norme nationale de 300 personnes par point d'eau moderne).

L'eau est transportée depuis la source au moyen de bidons en plastiques recyclés, de fûts métalliques ou encore de grands plats. Une fois dans la concession, elle est stockée pour une durée relativement courte car les besoins quotidiens ainsi que les animaux consomment généralement la totalité des réserves accumulées au cours de la journée. Le stockage s'effectue dans des jarres, des sceaux en plastiques, des marmites ou directement dans le récipient ayant servi pour le transport.

Au cours de ces différentes phases, l'eau est exposée à de multiples sources de contamination. La propreté, l'état et l'étanchéité des récipients de transport sont des facteurs clés de cette étape. Pour le stockage ces facteurs sont aussi déterminants ainsi que le lieu de stockage et la protection des récipients. A ceci, s'ajoute encore des paramètres extérieurs

tels que l'hygiène des personnes chargées des corvées d'eau et la propreté du lieu de stockage (propreté de la cour, propreté de l'habitat).

Toutes ces contraintes font de la gestion de l'eau une activité difficile. L'absence de connaissances dans les domaines de l'hygiène et de l'assainissement relègue très souvent cette tâche au second plan.

A ces considérations relativement techniques, viennent s'ajouter des difficultés pratiques. La corvée de l'eau est souvent présentée comme très contraignante par les femmes qui se plaignent :

- de la distance importante à parcourir pour atteindre le point d'eau,
- de l'insuffisance de points d'eau (grande affluence, file d'attente...),
- de pannes fréquentes,
- de la difficulté d'accès au point d'eau en saison des pluies.

De plus, il faut noter que ces observations de terrain ont permis de compléter les réponses aux questionnaires et de limiter ainsi les biais issus de réponses des enquêtés.

IV.2 Evaluation de l'hygiène et de l'assainissement dans le domaine de l'eau, par l'approche sociale et l'analyse comportementale

Résultats des enquêtes : au cours de nos enquêtes nous avons administré 359 questionnaires aux villageois. Comme nous l'avons expliqué précédemment, le questionnaire a pour but d'expliquer les résultats des analyses de qualité par l'étude du lien possible avec le comportement et de rendre compte de l'efficacité de la formation UNICEF. Cette première partie ne commente que les résultats du tri à plat effectué à partir des données tirées des questionnaires et des observations de la vie dans les concessions.

IV.2.1 Méthodologie de présentation des résultats

L'échantillon total de la population enquêtée a été divisé en deux groupes distincts (groupe A : villages ayant reçu une formation à l'hygiène ; et groupe B : villages non formés). Les résultats de chaque groupe de villages ont été traités séparément. Par contre, à l'intérieur de chaque groupe, les résultats sont traités comme faisant partie d'un même échantillon. En effet nous avons noté une grande similarité des réponses et des observations obtenues parmi les enquêtés à l'intérieur de chaque groupe. Il sera donc présenté des moyennes de réponse et des tendances de comportement sous forme de pourcentage. Ce découpage nous permet de pouvoir évaluer l'impact des formations à l'hygiène sur trois points majeurs : la perception de la qualité de l'eau, les usages en termes de transport, stockage, utilisation et traitement éventuels, et l'hygiène générale.

En revanche, quand les réponses sont similaires entre les personnes des villages formés et non formés, l'ensemble des données sera traité comme un seul et même échantillon.

Il convient aussi de noter que 36% des villageois du groupe B affirment avoir déjà reçu formation à l'hygiène et/ou à la gestion de l'eau.

La population enquêtée comprend 359 personnes. La corvée d'eau étant une tâche généralement réservée aux femmes, 355 enquêtés sont des femmes (99%) et seulement 4 sont des hommes.

IV.2.2 Perception de la qualité de l'eau

IV.2.2.1 Source d'eau utilisée et qualité de l'eau

Les 359 enquêtés (100%) affirment se rendre **exclusivement aux forages** pour la collecte de l'eau de boisson. L'eau des puits et des marigots n'est utilisée que pour l'élevage et l'agriculture. Cependant certaines enquêtés (5 personnes) avouent utiliser les eaux de surfaces (marigots) en saison des pluies car l'accès au forage est alors difficile.

Les avis quant à la qualité des eaux des forages sont quasi unanimes. En effet, dans les deux groupes de villages, 94% des personnes pensent que la qualité de l'eau est bonne et 90% qu'elle est meilleure car plus claire que les eaux utilisées avant la construction des forages.

L'analyse de ces résultats confirme que la population dans son ensemble est consciente que les eaux souterraines issues des forages sont de meilleure qualité que les eaux de surfaces utilisées antérieurement à la construction des forages.

IV.2.2.2 Perception de la qualité de l'eau après transport et après le stockage

Transport

La perception est identique dans les villages formés et non formés. 90% des ménages pensent que la qualité de l'eau peut se détériorer lors de la phase de transport de l'eau. L'intérêt de protéger l'eau pendant le transport est donc une information acquise par une grande majorité de la population.

En ce qui concerne les causes de cette possible détérioration, 90% pensent que la bonne ou à la mauvaise protection du récipient de transport, à savoir la présence ou non d'un couvercle ou d'un bouchon, est la cause principale. En l'absence de cette protection, les villageoises sont conscientes de la possibilité de détérioration de l'eau causée par une chute ou l'apport de poussière par le vent.

Stockage

Les résultats sont quasiment identiques en ce qui concerne la phase de stockage, 90% des enquêtés pensent que l'eau peut se dégrader pendant la phase de stockage. Les causes évoquées sont plus nombreuses et sont présentées dans la figure 6.

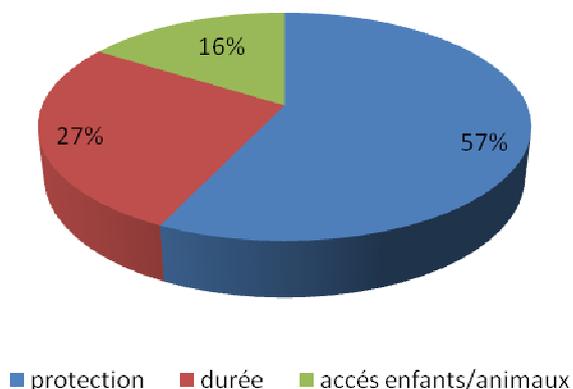


Figure 6 : causes évoquées pour la détérioration de l'eau lors du stockage

Plus de la moitié des enquêtés pensent toujours que la protection du récipient est le facteur clé de la conservation de la qualité de l'eau. Mais 27% font références à la durée du stockage. L'idée que la qualité de l'eau puisse se dégrader avec le temps n'est donc pas assez répandue ou alors les usagers préfèrent la minimiser pour limiter les allers-retours aux forages.

L'analyse de ces résultats montre que la population a une bonne conception des éléments qui peuvent détériorer la qualité de l'eau (éléments extérieurs). Cependant il n'est jamais évoqué le problème du nettoyage des récipients de transport et de stockage qui, comme il sera démontré dans le chapitre V.5, est un des paramètres les plus importants.

IV.2.2.3 Perception de l'impact de la qualité de l'eau sur la santé.

Il y a là une différence entre les villages formés et non formés. En effet si 95% des villageois ayant reçu une formation sont conscients que la qualité de l'eau a un impact sur leur santé et celle de leur famille, seulement 72% des villageois non formés en ont conscience. Ce chiffre assez haut montre néanmoins une connaissance bien répandue et implique que les messages délivrés par les formations se propagent par d'autres moyens ou que les villageois du groupe B ayant reçu une formation ont diffusés les informations acquises.

IV.2.3 Comportements liés à la chaîne de l'eau

Les comportements liés à la chaîne de l'eau sont les habitudes et comportements retrouvés pendant les phases de transport, de stockage, de traitement éventuels, d'utilisation et d'accès à l'eau.

IV.2.3.1 Comportements liés au transport

Type de récipient

Le type de récipient principalement utilisé par une majorité des villageois (95%) est le bidon plastique de 20 litres. La figure 7 montre une photo de ce type de bidon.



Figure 7 : bidon de transport

Ces bidons sont donc très répandus pour le transport de l'eau depuis le forage jusqu'à la concession. Bien que pratique d'utilisation, il semble offrir une ouverture trop petite pour un nettoyage efficace.

Conservation de la qualité de l'eau

Dans cette étude, nous parlons souvent de protection de l'eau. Cette protection correspond aux mesures mises en œuvre pour protéger l'eau des contacts et des contaminations extérieures (bouchons sur les bidons, couvercles, etc.). 98% de l'ensemble des enquêtés assurent utiliser une protection pour leur récipient de transport.

Nettoyage du récipient

La fréquence de nettoyage du récipient est un élément important. 100% des femmes affirment nettoyer les récipients utilisés pour le transport. Les villageois formés semblent lavés leurs bidons légèrement plus régulièrement. Cependant la différence est minime et nous considérerons qu'il n'ya pas de différences entre les deux groupes de villageois. La figure 8 montre les tendances de la fréquence de nettoyage.

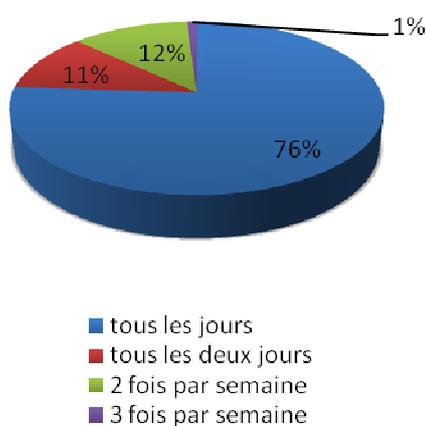


Figure 8 : fréquence de nettoyage

Les villageois ont donc conscience qu'un nettoyage régulier est important pour le maintien de la qualité de l'eau. Le moyen le plus couramment évoqués pour assurer ce nettoyage est l'utilisation de savon (80%) parfois en combinaison avec des graviers (19%).

Cependant nos observations ont montré que le nettoyage n'est pas efficace de par l'étroitesse de l'ouverture des bidons et le fait que le savon seul n'est pas un désinfectant. Un dépôt vert, très probablement fait d'algues et pouvant servir de support aux bactéries se trouvent à l'intérieur de la grande majorité des bidons.

IV.2.3.2 Comportements liés au stockage

Type de récipient

Le type de récipient principalement utilisé par une majorité des villageois (83%) est la jarre en terre cuite et pour 15% un sceau type « poubelle ». La figure 9 montre une photo de ces deux types de récipient.



Figure 9 : principaux récipients de stockage

La quasi totalité des ménages changent donc de récipients entre le transport et le stockage principalement pour refroidir l'eau.

Conservation de la qualité de l'eau

Comme pour la phase de transport, les villageois ont conscience de la nécessité de couvrir leur récipient de stockage (figure 9) puisque 95% d'entre eux affirment le faire, résultat confirmé par nos observations.

Nettoyage du récipient

La fréquence de nettoyage du récipient est un élément important. 100% des femmes affirment nettoyer les récipients utilisés pour le stockage. Les villageois formés semblent lavés leurs récipients légèrement plus régulièrement. En effet 98% des villageois formés déclarent le faire tous les jours (et 2% tous les deux jours) alors que seulement 75% des villageois non formés le font aussi régulièrement (25% tous les deux jours). La fréquence générale de nettoyage d'au minimum une fois tous les deux jours est néanmoins tous à fait acceptable. Par contre nos observations ont montré que le nettoyage des jarres (effectué au savon) n'est pas totalement efficace. En effet il a été observé un dépôt verdâtre sur les parois des jarres similaire à celui observé sur les parois de bidons de transport. La paroi rugueuse des jarres et le temps de stockage minimal d'une demi-journée (suffisant pour développement algale et bactérien) peuvent expliquer la persistance de ce dépôt. La figure 10 montre ce dépôt à l'intérieur d'une jarre.



Figure 10 : dépôt persistant sur les parois des jarres

Lieu de stockage

Le lieu de stockage est différent dans les villages formés et non formés. La figure 11 montre cette différence.

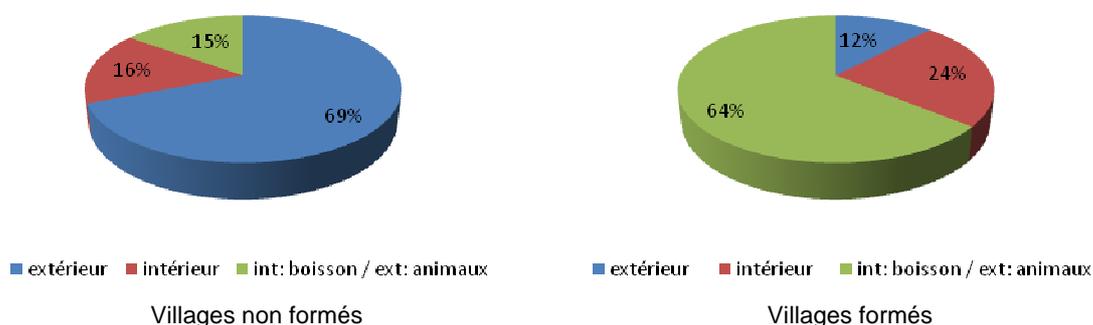


Figure 11 : lieu de stockage des eaux

Les villageois des villages non formés ont tendance à stocker en majorité l'eau à l'extérieure c'est-à-dire dans la cour, exposant ainsi l'eau aux aléas climatiques (vent et poussière) et à une utilisation par les enfants pour les jeux et à la consommation par les animaux pour abreuvement. Le manque de connaissances des villageois non formés est donc flagrant à ce niveau.

Durée du stockage

La durée du stockage de l'eau dépend normalement plus d'une contrainte d'approvisionnement et d'un désir de consommer de l'eau à température acceptable que d'une connaissance issue d'une formation. Mais l'ensemble des villageois semblent savoir qu'il ne faut pas stocker l'eau trop longtemps puisque 25% d'entre eux s'approvisionnent deux fois par jour et 75% effectue la corvée d'eau une fois par jour. Même si le fait qu'un stockage de l'eau trop important est peu cité comme cause de dégradation de la qualité, dans les faits, la durée de stockage est acceptable.

IV.2.3.3 Connaissance et utilisation d'un traitement d'eau à domicile

Connaissance

Il y a, par rapport à ce critère, une vraie différence entre les villageois formés et non formés. En effet 78% des enquêtés formés ont affirmé connaître des techniques de traitement à domicile et ont précisé que cette connaissance provenait des formations dispensées par UNICEF ou ses partenaires. En revanche, 52% des enquêtés non formés non aucune connaissance à ce sujet présentées. Les différentes techniques connues par les enquêtés sont résumé dans le figure 12.

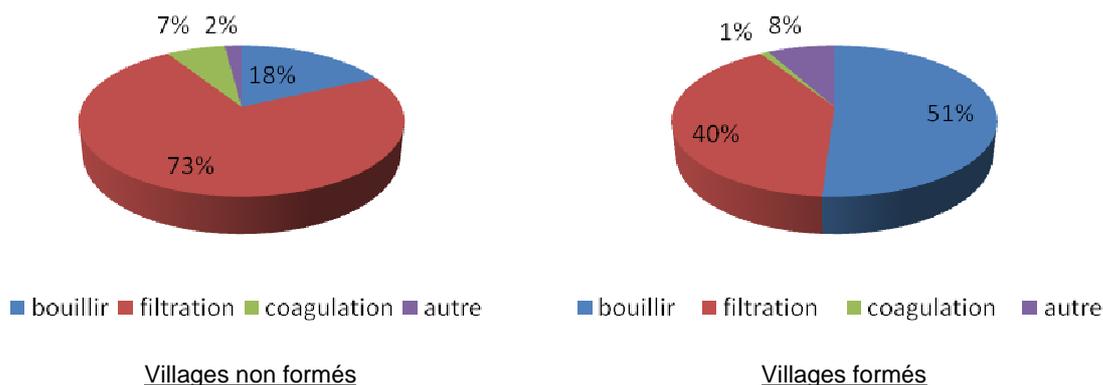


Figure 12 : techniques de traitements connues par les villageois

Les enquêtés formés ont une bien meilleure perception des traitements possibles et opérants. En effet, en considérant que bouillir l'eau est la technique la plus simple et la plus efficace, la moitié des villageois formés connaissent cette technique en comparaison des 18% non formés. Les formations délivrent donc un message important sur les techniques de traitement ce qui montre, pour ce paramètre, l'intérêt des formations. Les villageois affirmant connaître la technique de filtration expliquent avoir reçu un don d'un « foulard filtrant » mais la majorité se plaint de sa faible durée de vie et ont donc abandonné cette technique.

Utilisation

Les chiffres cités au dessus sont à mettre en perspective avec l'utilisation effective de techniques de traitement. 90% des villageois non formés et 75% des villageois formés déclarent ne pas traiter leur eau avant consommation. La cause principalement évoquée est la bonne qualité de l'eau des forages et donc l'inutilité de la traiter. Même si les villageois formés ont plus tendance à traiter leur eau avant consommation, ils sont peu nombreux à le faire, signe qu'aucune technique proposée aux villageois n'a réellement convaincu ces derniers. De plus les techniques utilisées sont principalement la filtration avec un tissu non adapté ou l'ajout d'un coagulant naturel (bouillir l'eau n'est pas une technique utilisée à cause du temps de refroidissement important avant consommation) et ces techniques n'ont pas ou très peu de pouvoir désinfectant.

IV.2.3.4 Modes d'extraction de l'eau pour utilisation

Une fois stockée, l'eau doit être extraite du récipient pour pouvoir être consommée. Dans 100% des cas, les femmes affirment utiliser un gobelet ou une calebasse. Ce récipient d'extraction est rangé dans seulement 28% des cas directement dans le récipient. Habitudes plus néfastes, il est stocké dans 53% des cas sur le récipient et dans 19% des cas il est rangé n'importe où dans la concession et très souvent à même le sol. La propreté de ce récipient de stockage n'est pas une préoccupation importante pour la population car il est majoritairement (72%) rangé au contact du milieu extérieur.

IV.2.4 Hygiène générale des populations

Pour cette étude, l'hygiène générale est surtout évaluée sur des critères pouvant avoir un impact sur la dégradation de la qualité de l'eau : le lavage des mains et le lieu de défécation.

IV.2.4.1 Lavage des mains

L'ensemble des personnes interrogées assurent se laver régulièrement les mains avec du savon. Les occasions majoritairement citées sont (plusieurs causes possibles par enquêtés):

- avant les repas (80%),
- après défécation (35%),
- avant de cuisiner (35%),
- avant d'utiliser l'eau (22%).

Le lavage des mains est donc une pratique parfaitement répandue dans la population et les occasions évoquées pour ce lavage correspondent à des taches salissantes ou nécessitant une bonne hygiène des mains.

Cependant les chiffres présentés sont des réponses à un questionnaire et ne reflètent pas toujours une réalité pratique.

IV.2.4.1 Lieu de défécation

Les deux lieux de défécation principalement cités sont les latrines (personnelles ou du voisinage) et la brousse. La figure 13 montre que les villageois des deux groupes n'ont pas la même utilisation des commodités.

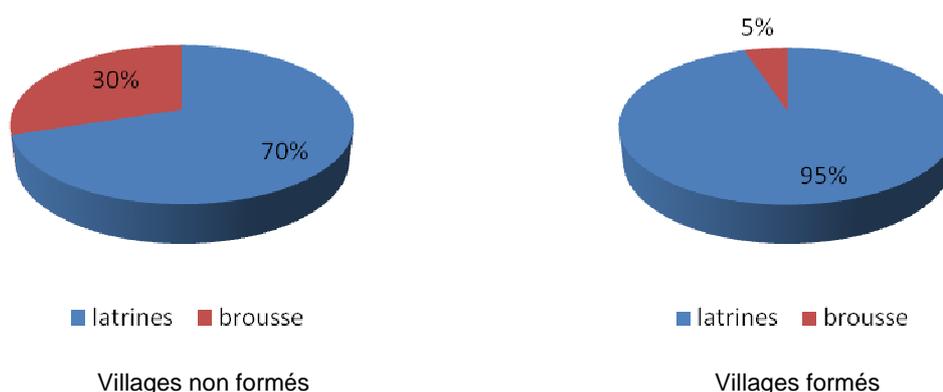


Figure 13 : lieux de défécation

Il est notable que les villageois formés utilisent plus majoritairement les latrines même si les 3/4 de la population non formée les utilisent aussi. Le nombre de latrines étant sensiblement le même dans tous les villages, on constate une relative efficacité des formations à l'hygiène sur les habitudes de la population.

IV.2.5 Conclusion

IV.2.5.1 En termes de perception de la qualité de l'eau

L'ensemble des foyers utilisent l'eau provenant des forages car ils ont conscience de sa meilleure qualité par rapport aux eaux de surface. Ceci est un point positif car la différence de qualité entre les deux types d'eau est une réalité (Beauchamp, 2006).

Une grande majorité a aussi conscience de la possibilité de dégradation de la qualité de l'eau lors des phases de transport et de stockage, ce qui entraîne la bonne pratique généralisée de couvrir les récipients.

Par contre en termes d'impact de l'eau sur la santé, les villageois formés en ont plus conscience mais les 3/4 villageois non formés le savent aussi. Les messages délivrés par les formations peuvent donc se disséminer dans le temps même auprès de personnes n'en ayant pas bénéficié.

IV.2.5.2 En termes d'usages le long de la chaîne de l'eau

Deux types de récipients sont principalement utilisés : le bidon pour le transport et la jarre pour le stockage. L'ensemble des villageois a conscience de la nécessité de couvrir et de nettoyer ces récipients. Mais nos observations ont montré que malgré la bonne volonté des enquêtés, le nettoyage de ces deux types de récipients n'est pas efficace. Cela est dû à l'étroitesse de l'ouverture du bidon de transport et à la rugosité des parois de la jarre de stockage. De plus l'utilisation de savon comme agent nettoyant n'assure une bonne désinfection des récipients. L'autre point néfaste en termes d'usages est l'utilisation du gobelet de puisage pour utiliser l'eau stockée. Ce gobelet est souvent rangé au contact d'éléments extérieurs (poussière, enfants, animaux ...) et peut donc souiller l'eau au cours de chaque utilisation.

Des solutions techniques pouvant remédier à ces problèmes sont présentées dans le chapitre V.2.2.

On note une vraie différence entre les villages formés et non formés sur deux points : le lieu de stockage de l'eau et le traitement de cette dernière. Les villageois non formés stockent majoritairement leur eau à l'extérieur, ou elle est évidemment moins protégée. L'impact des formations est très visible sur ce point. Pour le traitement de l'eau, bien que les villageois formés assurent plus un traitement avant consommation (33% contre 10%), ce chiffre reste faible. Les causes peuvent être un manque de moyen ou des moyens non adaptés mais principalement une idée répandue que la qualité de l'eau provenant des forages est bonne et cette dernière ne nécessite donc pas de traitement avant consommation.

IV.2.5.3 En termes d'hygiène générale

L'ensemble de la population assure se laver les mains régulièrement prouve que cette pratique d'hygiène est bien répandue.

Les populations formées utilisent plus les latrines comme lieu de défécation (95% contre 70%). Les formations à l'hygiène ont donc un impact positif à ce niveau.

IV.2.5.4 Efficacité des formations

L'efficacité des formations a été démontrée sur la connaissance de l'impact de l'eau sur la santé, sur le lieu de stockage de l'eau, sur l'utilisation d'une technique de traitement de l'eau avant consommation et sur l'utilisation des latrines. Néanmoins, sur ces points importants on note dans les villages non formés des résultats satisfaisants. L'écart entre les deux groupes de villageois est moyen à faible.

Les hypothèses pouvant entraîner cet état de fait sont : soit les villages non formés par UNICEF l'ont été par d'autres organismes, soit les messages donnés par ce genre de formation à l'hygiène et à la conservation de l'eau sont acquis par l'ensemble de la population. Cette seconde hypothèse peut trouver des justifications dans la scolarisation croissante des enfants qui font remonter à leurs parents les réflexes et informations acquis en classe, dans les messages passés par les infirmiers des centres de santé en matière d'hygiène et aussi par la simple transmission des informations entre personnes de villages

différents lors de rencontres (foire, marchés etc...). En tout état de cause, il semble certain que les messages transmis par les formations ont atteint leur but et touchent ou ont touché une grande majorité de la population et que l'impact positif de ces formations a atteint son niveau maximal. Si l'UNICEF veut continuer à contribuer à ce que la santé des populations en termes de maladies hydriques continuent à s'améliorer, il semble que les formations ayant atteint leur optimum en termes d'impacts, il faille se diriger vers des solutions techniques (amélioration du transport et du stockage, voir traitement de l'eau à domicile).

IV.3 Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux

IV.3.1 Qualité de l'eau des forages

L'ensemble des paramètres physico-chimiques mesurés sur les eaux des forages est listé en annexe 2. Par souci de clarté de présentation, les résultats seront présentés par groupe de villages, bien que les formations à l'hygiène n'aient aucun impact sur la qualité de ces eaux. L'ensemble des résultats est donné en annexe 3. Seuls les résultats des paramètres in situ (température, turbidité, conductivité et pH) ainsi que ceux qui dépassent la limite préconisée par l'OMS (OMS, 2004) et pose donc des problèmes en termes de potabilité sont présentés.

Température : bien que l'OMS ne fixe pas de valeur guide, la température influence particulièrement les paramètres physico-chimiques, microbiologiques et l'acceptabilité de l'eau de boisson. La température peut par exemple avoir un impact sur la présence de composés inorganiques et polluants chimiques modifiant ainsi le goût de l'eau. Sur le plan microbiologique, une eau chaude risque de favoriser le développement de microorganismes nuisibles. De manière générale on considère qu'une eau froide est plus convenable à la consommation. La température des échantillons prélevés généralement supérieure à 30°C, apparaît très propice à un développement microbiologique. Il est donc important d'être vigilant vis-à-vis du risque bactérien et de limiter au maximum l'exposition aux sources de contaminations potentielles et à l'ensoleillement.

Turbidité : La turbidité de l'eau caractérise la masse de matière en suspension par unité de volume d'eau. La turbidité peut se révéler être un indicateur de pollution. En effet, la présence de matières en suspension peut être d'origine animale ou minérale, vivante ou détritique. Ces matières en suspension pourraient donc s'avérer être des bactéries ou jouer le rôle de biotope pour ces dernières qui se fixent à leur surface. Aucune source ne dépasse la norme et ce paramètre ne pose donc aucun problème en termes de potabilité, ce qui est normale pour des eaux souterraines.

Conductivité : l'eau étant une solution ionique, elle peut conduire l'électricité. Les ions chargés sont responsables du caractère conducteur de l'eau. La conductimétrie consiste à évaluer le contenu ionique d'une eau c'est-à-dire sa capacité conductrice appelée conductivité.

La mesure de la conductivité de l'eau fournit donc une première approche de sa composition et de ces propriétés chimiques. Même s'il existe des exceptions, dans la plupart des cas, il est possible de rattacher deux échantillons d'eau ayant la même conductivité à une même source. Donc si deux sources d'un même village présentent des conductivités différentes ceci signifie que les forages ne pompent pas dans les mêmes eaux souterraines. Par exemple à Rampongto les deux forages ne délivrent pas la même eau (336 et 658 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$

respectivement) alors qu'à Toyoko les trois forages ont des valeurs proches (580, 598 et 623 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) et délivrent donc très probablement la même eau. Pour toutes les sources on constate une conductivité normale pour des eaux souterraines et acceptable pour la consommation.

pH : bien que l'OMS ne fixe pas de valeur guide pour le pH, il est généralement recommandé de maintenir un pH compris entre 6.5 et 8.5 (Rossiter et al., 2010). En effet, pour des valeurs de pH inférieures à 6, l'eau risque de devenir trop corrosive, ce qui pourrait entraîner la détérioration des infrastructures.

Au niveau des sources, on remarque que 3 forages se trouvent en dehors de cet intervalle mais avec des valeurs comprises entre 6 et 6,5 ce qui ne présente donc pas de problèmes majeurs en termes de potabilité.

Nitrates : les nitrates sont des ions d'origine naturelle issus du cycle de l'azote. Les nitrates d'origine naturelle se trouvent en concentration faible dans les eaux souterraines. Des concentrations plus élevées résultent généralement de l'activité humaine, notamment d'un amendement de sols à l'aide de déjections animales en milieu rural. Les nitrates migrent alors à travers le sol vers les eaux souterraines.

La mesure de la concentration de ces ions est justifiée par le risque de méthémoglobinémie appelée aussi syndrome du « bébé bleu », c'est-à-dire une cyanose du sang et un mauvais transport de l'oxygène par les globules rouges. Cette maladie provient d'une concentration en nitrate trop élevée, ce dernier pouvant alors être réduit en nitrite dans l'estomac du nouveau né et provoquer l'apparition de la méthémoglobinémie.

Une seule source présente une valeur supérieure à la norme (le forage de 1 de Toyoko), le paramètre nitrate est donc peut impactant sur la qualité des eaux délivrées par les forages.

ETM : les ETMs, ou Eléments Traces Métalliques dosés dans la présente étude sont le Fer, le Chrome, le Plomb, le Cadmium et le Cuivre. Ces éléments, qui peuvent être bénéfiques pour l'organisme à faible dose sont des poisons cumulatifs à doses supérieures car le corps humain ne dispose pas de moyen pour les éliminer. Ils s'accumulent alors dans les tissus et parties grasses et sont la cause de problèmes de santé majeurs.

Le cas du Fer est différents des autres métaux. En effet, 31% (10 sur 32) des sources présentent un taux de fer supérieur à la norme. Cela peut s'expliquer par le fait que les sols du Ganzourgou sont essentiellement faits de latérite (Brown et al., 1994 ; Lavaud et al., 2004) et que cette latérite est connue pour être riche en oxyde de fer. Cela est confirmé par la présence de fer dans 90% (29 sur 32) des eaux des forages étudiés. La présence de Fer dans les eaux étudiées ne résulte donc pas d'une activité humaine mais est complètement naturelle dans cette région. De plus le Fer est un élément indispensable à la vie. Les besoins journaliers sont de l'ordre de 50mg/jour (OMS, 2004) et varient en fonction de l'âge, du sexe, de la physiologie et de la biodisponibilité du Fer. Dans l'eau on estime qu'une concentration inférieure à 2mg/l ne présente pas de danger pour la santé humaine. En revanche des effets indésirables (dépôts, coloration de l'eau, etc.) apparaissent déjà aux alentours de 0.3mg/l.

Pour les autres métaux, le problème est différent. La présence de ces composés dans des eaux souterraines est très souvent la preuve d'une pollution d'origine anthropique. Cette pollution peut provenir d'un déversement accidentel ou non de déchets industriels, mais aussi de la dégradation de carcasses automobiles.

On note que les trois forages de Pissy présente un taux de Plomb supérieur à la norme, signe d'une pollution anthropique importante aux alentours de ces forages puisque la conductivité différente montre que les eaux délivrés par ces ouvrages ne sont pas les mêmes. Le constat est identique pour deux forages d'Ipala et deux de Dawaka qui présente des taux de Chrome élevés.

En conclusion nous pouvons dire que la qualité physico-chimique des eaux des forages étudiés ne remet pas en cause leur potabilité. 72% de ces forages fournissent une eau potable par rapport aux paramètres étudiés, les 28% restant ne dépassent les normes que pour un seul paramètre.

IV.3.2 Qualité de l'eau le long de la chaîne d'utilisation

Pour la physico-chimie des eaux, les seuls paramètres dont nous suivons les évolutions le long de la chaîne de l'eau sont : la température, la turbidité, la conductivité, et pH. En effet les autres paramètres (nitrates, ETMs...) ne varient pas au cours de la chaîne de l'eau car il ne peut y avoir ni élimination ni apport de ces composés pendant les phases de transport et de stockage sauf accident rarissime éventuel.

La température de l'eau a tendance à légèrement augmenter pendant la phase de transport dû à l'exposition des récipients au soleil puis à diminuer pendant le stockage, preuve de l'utilité du stockage en jarre dans ce cas.

Le pH et la turbidité ont tendance a augmenté après la phase de stockage atteignant des valeurs maximales de 8,7 pour le pH et de 7 NTU pour la turbidité. Cela s'explique par l'enrichissement de l'eau par du matériel provenant du dépôt présent sur les parois des récipients (figure 10). Ce matériel légèrement basique (Zilm et Rogers, 2007) augmente donc le pH et le taux de matière en suspension par décollement de la paroi vers l'eau. Néanmoins 97% des échantillons (transport et stockage confondus) sont conformes à la norme pour paramètres étudiés.

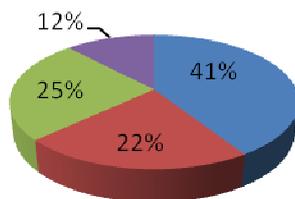
IV.4 Evaluation de la qualité bactériologique des eaux

De même que pour la qualité physico-chimique, la qualité bactériologique des eaux au niveau des sources est présentée en premier, suivie de l'évolution de cette qualité le long de la chaîne d'utilisation. Pour suivre l'évolution de chaque paramètre bactériologie le long de la chaîne de l'eau, les eaux prélevées dans les ménages (transport et stockage) sont réparties en deux groupes, selon que les eaux de leurs sources de provenance contiennent ou pas l'indicateur concerné.

Il sera donc évalué d'une part la probabilité d'une réduction bactérienne dans une eau si celle-ci provient d'une source déjà contaminé et d'autre part la probabilité de contamination d'une eau si elle provient d'une source saine.

IV.4.1 Qualité de l'eau des forages

Les résultats des analyses microbiologiques des 32 sources sont présentés en annexe 4. La figure 14 présente les proportions du nombre de sources en fonction du nombre d'indicateurs trouvés.



- potable : 0 indicateurs
- peu polluée: 1 indicateur présent
- moyennement polluée: 2 indicateurs présents
- très polluée : 3 ou 4 indicateurs présents

Figure 14 : répartitions des sources par nombre d'indicateurs de contamination

13 sources sur 32 (41%) délivrent une eau potable selon les normes OMS (OMS, 2004) car elles sont exemptes de tout indicateur de contamination fécale. Seulement 4 sources (12,5%) sont très polluées car contenant les quatre indicateurs de contamination.

En termes de qualification de la contamination, sur les 19 forages contaminés :

- 12 (63%) contiennent des Coliformes thermo-tolérants ou des qui E.coli qui témoignent d'une contamination fécale récente. Ces sources sont donc probablement situées soit proches de latrines présentant un défaut d'étanchéité, soit proche d'un court d'eau qui peut permettre l'infiltration de bactéries car il contient des fèces d'animaux ; soit la présence des animaux aux abords du forage entraîne une infiltration des micro-organismes issus de leur fèces vers l'eau.
- 3 (16%) contiennent des Streptocoques fécaux qui témoignent d'une contamination fécale ancienne. Ce chiffre faible s'explique par le fait que si la contamination est ancienne, il faut que les bactéries puissent de développer et croître dans l'eau. Or les eaux souterraines ne sont pas un milieu propice au développement bactérien.
- 19 (100%) contiennent des Coliformes totaux qui témoignent d'une pollution générale d'origine organique d'une eau. De plus 7 sources ne contiennent que cet indicateur de contamination. Dans ce cas, l'eau est donc polluée mais apparemment pas par une pollution fécale.

L'eau délivrée par les forages est complètement potable pour 40% des cas. Quand elle est contaminée, la cause majoritaire est une contamination fécale récente. Il faut donc que les autorités et leurs partenaires soient très vigilants en matière d'implantation des latrines. Il semble aussi que la présence d'un abreuvoir et donc d'animaux dans le périmètre du forage (figure 15) ne soit pas une bonne pratique en termes de conservation de la qualité de l'eau brute.



Figure 15 : animaux s'abreuvant au voisinage d'un forage

IV.4.2 Qualité de l'eau le long de la chaîne d'utilisation

IV.4.2.1 Echantillons des ménages utilisant des sources contaminées

L'ensemble des échantillons provenant de ménages (transport et stockage) utilisant des sources polluées sont contaminés eux aussi. Ce chiffre s'explique par la faible utilisation de techniques de traitement de l'eau à domicile et par l'emploi de techniques non désinfectantes (cf. § IV.2.3.3). Nous nous focaliserons donc sur la tendance à l'augmentation de la charge bactérienne dans ces échantillons.

Après la phase de transport, une moyenne de 62% des échantillons a une charge bactérienne supérieure à celle de la source. Après le stockage, cette augmentation est encore plus notable puisque 89% des échantillons a une charge bactérienne supérieure à celle de la source. Ce constat s'explique par le fait que le temps de transport (de l'ordre d'une heure) est bien inférieur au temps de stockage (24 heures). L'augmentation des charges bactériennes après le transport vient donc probablement de l'enrichissement de l'eau par le dépôt des parois des bidons, alors qu'après le stockage l'augmentation provient du même phénomène et d'une prolifération des bactéries (milieu humide et une température supérieure à 30°C favorable au développement bactérien).

IV.4.2.2 Echantillons des ménages utilisant des sources non contaminées

En termes d'usages et de comportement le long de la chaîne de l'eau nous n'avons pas noté de différences entre les deux types de villageois pour la phase de transport. Par contre, pour la phase de stockage, le lieu de ce dernier est différent entre les deux groupes. Les résultats seront donc présentés par groupe villageois afin de voir si les similitudes ou les différences de comportement notés dans la phase d'analyse des questionnaires entre les deux groupes d'enquêtés se retrouvent dans les résultats de contamination de l'eau.

Transport

Les résultats des taux de contamination de l'eau (% d'échantillons contaminés) provenant d'une source non contaminée sont présentés dans le tableau 5. Certains échantillons présentent des les deux types de contamination et sont comptabilisés dans chacun des groupes. Sur la totalité des échantillons analysés, 32% sont non contaminés.

	Total d'échantillons contaminés	Contamination récente	Contamination ancienne
Villages formés	46%	54%	30%
Villages non formés	90%	94%	92%

Tableau 5 : taux de contamination de l'eau pendant la phase de transport

Stockage

Les résultats des taux de contamination de l'eau (% d'échantillons contaminés) provenant d'une source non contaminée sont présentés dans le tableau 6. Certains échantillons présentent des les deux types de contamination et sont comptabilisés dans chacun des groupes. Sur la totalité des échantillons analysés, 4% sont non contaminés

	Total d'échantillons contaminés	Contamination récente	Contamination ancienne
Villages formés	92%	79%	68%
Villages non formés	100%	100%	97%

Tableau 6 : taux de contamination de l'eau pendant la phase de stockage

Quelque soit le type de contamination bactérienne, pour qu'elle affecte dans une eau, il faut que cette dernière soit en contact avec un élément extérieur déjà souillé par cette bactérien. Le type de contamination (récente ou ancienne) constitue un indice pour identifier la nature du support bactérien qui pourrait être à l'origine de la contamination (le récipient, le couvercle, le gobelet, la main,...).

Une contamination récente, indiquée par la présence de coliformes est probablement due à plusieurs pratiques ou comportement présents à tous les niveaux de la chaîne de l'eau. Les tableaux 5 et 6 montrent que cette contamination récente touche plus d'échantillons que les témoins d'une contamination ancienne aussi bien au cours du transport que pendant le stockage de l'eau. Malgré les réponses aux questionnaires montrant une connaissance bien répandue des pratiques de conservation de l'eau, les résultats d'analyses prouvent un décalage entre la connaissance et l'application pratique, même si le nettoyage peu efficace des récipients semble être la cause principale de cette contamination. Nous émettons ainsi des doutes sur le lavage régulier des mains annoncé par les utilisateurs, sur le nettoyage des outils de protection (bouchons, plats) ou sur la fréquence de nettoyage des récipients.

Du fait que les eaux analysées proviennent des sources saines et que leurs temps de séjour entre leur puisage à la source et leur prélèvement pour analyse soient trop court pour le développement des streptocoques, la présence de ces bactéries dans les eaux signifie qu'elles se sont développées bien avance sur le support qui a apporté la contamination. Ce support devrait donc disposer d'un milieu favorable au développement des bactéries. Etant dans un contexte rural, le milieu aqueux est le plus probable comme milieu favorable au développement bactérien. Ce profil correspond bien l'intérieur des récipients, que se soit le bidon de transport ou la jarre de stockage.

Quelque soit le type de village, les échantillons d'eau sont plus contaminées après le stockage qu'après le transport. Ce constat s'explique aisément par le fait que la contamination de l'eau après le stockage a les mêmes origines que la contamination après le

transport (mauvaise hygiène, nettoyage peu efficace des récipients) auxquelles s'ajoutent le développement bactérien puisque le temps de stockage est largement supérieur au temps de transport (24h contre 1h). La phase de transport a un impact important sur la recontamination de l'eau (68% de recontamination). Elle est donc problématique en termes de santé publique. Après la phase de stockage la quasi-totalité de l'eau consommée est contaminée (à 96%), il ya donc une augmentation de la contamination pendant cette phase, que se soit par apport de nouvelles bactéries ou par développement de celles apportés par la phase de transport.

Enfin, on note une vraie différence entre les résultats des échantillons issus des villages formés et non formés. En effet, les échantillons des villages non formés sont très sensiblement plus contaminés que se soient par une contamination ancienne ou récente et pour les deux phases de la chaîne de l'eau. Ces résultats atténuent les conclusions issues des enquêtes notamment pour la phase de transport de l'eau pour laquelle les comportements semblaient être identiques. Pour la phase de stockage, la différence venait du lieu de stockage (majoritairement à l'extérieur pour les villages non formés) et ce facteur semble avoir une importance majeure.

Il y a donc un vrai impact positif des formations sur la conservation de la qualité de l'eau même si celui-ci semblait peu probant à l'issu de l'analyse des enquêtes. Ces résultats montrent aussi les biais qui peuvent apparaitre dans les études comportementales utilisant seulement les enquêtes comme source d'informations. En effet les réponses aux questionnaires démontrent une connaissance de bonnes pratiques mais pas forcément leur application dans la vie de tous les jours. Malgré ce constat, il fait noter la limite de l'impact des formations dans le but que les populations consomment de l'eau sans risques, puisque même après formation des utilisateurs, 92% d'entre eux consomment une eau contaminée même si celle-ci est potable à la source. Il semble donc qu'il faille compléter ces formations par des solutions techniques adaptées au contexte rural de pays en développement.

IV.4.3 Qualité relative des eaux analysées : changement d'échelle

Selon les normes de l'OMS, pour qu'une eau soit propre à la consommation, elle ne doit contenir aucun indicateur de contamination dans un échantillon de 100 ml (OMS, 2004). Bien que ces recommandations se basent sur une question de risque pour la santé, elles sont trop strictes lorsque l'accès à une eau de qualité est difficile. En effet, dans le contexte de notre étude, les villageois ont accès à une eau pour laquelle aucune phase de désinfection n'est mise en œuvre avant la consommation et le niveau de salubrité recommandé par l'OMS ne peut être atteint sans un de traitement d'eau approprié.

Nous allons donc utiliser une autre échelle de qualité de l'eau, afin de mettre les résultats obtenues en adéquation avec le contexte de l'étude. Selon des travaux publiés (Feachem, 1984), il est possible de répartir les échantillons d'eau dans quatre grandes catégories en fonction de leur contamination :

- eau potable : exempte d'indicateurs de contamination,
- eau acceptable : concentration en indicateurs inférieure à 100 UFC par 100 ml,
- eau impropre : concentration en indicateurs inférieure à 1000 UFC par 100 ml,
- eau extrêmement contaminée : concentration supérieure à 1000 UFC par 100 ml.

Sur cette base, nous pouvons faire une nouvelle appréciation de la qualité relative des eaux que nous avons analysées. Les résultats sont présentés dans la figure 16.

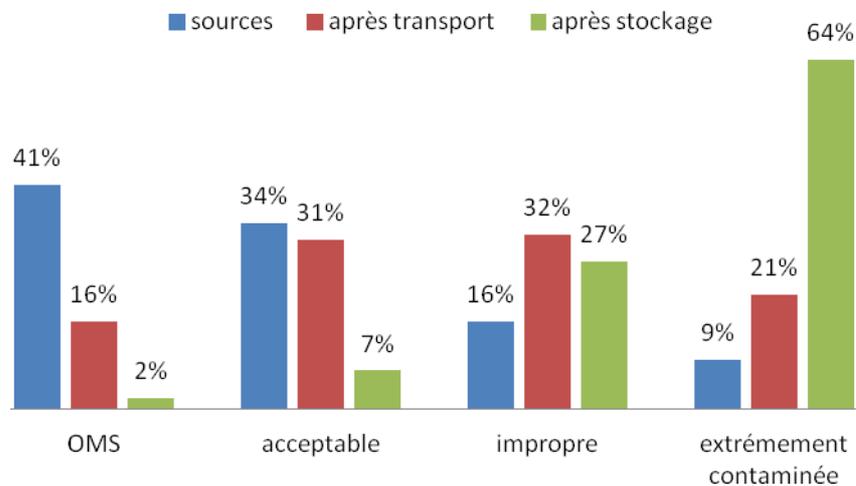


Figure 16 : classement des échantillons selon l'ordre de Feachem

Par ce classement on voit que 75% des sources délivrent une eau au minimum acceptable. Cela permet de montrer que l'eau des forages est acceptable dans une importante majorité. De plus, à défaut d'une eau respectant les normes de l'OMS (zéro coliforme et zéro streptocoque) au sein des ménage, il apparait que 48% des eaux transportées (contre 32%) et 9% des eaux après stockage (contre 4%) ont une qualité acceptable (moins de 100 UFC/100ml d'indicateurs de contamination au total). Malgré cette classification plus large, le nombre de villageois consommant une eau acceptable est très faible. L'apport de solutions techniques (cf. § V.2.2) devrait permettre d'améliorer cette proportion.

IV.5 Analyse de l'influence du comportement en matière d'hygiène et d'assainissement sur développement bactérien

Il est important de concevoir à quel point le comportement (hygiène, comportements, gestion) joue un rôle dans la propagation des maladies. A la lumière des sources de contamination fécales préalablement citées, cette partie cherche à évaluer s'il est possible d'établir un lien entre le comportement des villageois et les contaminations observées. Le but de cette analyse est de confirmer de manière statistique l'hypothèse que « *la quantité de bactéries présente dans un échantillon d'eau est le résultat de la somme de mauvais comportements et habitudes concernant la gestion de l'eau et l'hygiène* ».

Les activités d'une personne, les techniques employées, les méthodes de gestion, l'organisation, les habitudes, etc. sont autant de caractéristiques qui interviennent dans la description du comportement d'une personne en matière d'hygiène. L'étude des influences du comportement nécessite donc l'analyse conjointe de plusieurs facteurs. Pour ce faire, nous avons eu recours à une analyse multicritère. Cette dernière s'appuie sur nos observations de terrain, les réponses aux questionnaires et le résultat des analyses microbiologiques.

Il a été décidé de mener cette analyse sur les résultats issus des villages non formés. En effet, comme il a été montré dans le paragraphe IV.4.2.2, les échantillons issus de ces ménages sont plus contaminés et il est donc concevable de penser que les utilisateurs ont des comportements et habitudes à risques plus nombreuses et plus marquées.

Il est important de noter qu'afin de ressortir de façon effective la contamination bactérienne apportée par les pratiques et les habitudes, les résultats présentés sont issus des ménages utilisant des sources non contaminées. Ils peuvent provenir indifféremment d'un des cinq villages enquêtés.

Le jury d'experts sélectionnés se compose de membres de 2iE travaillant dans le domaine de la chimie et du traitement de l'eau et de la sociologie du comportement. En voici sa composition :

- 1 enseignant chercheur chimiste responsable de cette étude,
- 2 stagiaires de Master 2 (spécialité *Eau et Assainissement et Génie Sanitaire*) impliqués dans cette étude,
- 3 enseignants chercheurs spécialistes du traitement de l'eau,
- 3 doctorants dans le domaine de l'eau,
- 1 sociologue.

IV.5.1 Influence des comportements sur la contamination au cours du transport

La notation du comportement lié au transport de l'eau est telle que : plus le score du comportement est faible plus le comportement est « bon » en matière de comportements liés au transport.

IV.5.1.1 Critères retenus pour l'analyse de l'influence comportementale sur les eaux transportées.

A l'issue de l'analyse multicritères cinq usages principaux ont été sélectionnés. La méthode Delphi a permis d'obtenir un consensus des experts sur le classement de ces critères et sur le coefficient de pondération attribué à chacun. Ces critères sont présentés dans le tableau 7.

Critères	Coefficient
C1 : la propreté du récipient de transport	12
C2 : l'état du récipient du récipient de transport	8
C3 : la distance à la source des ménages	6
C4 : la présence du couvercle sur le récipient de transport	2
C5 : le type de récipient de transports des eaux	2

Tableau 7 : critères retenus liés au transport

Il faut noter que ces critères proviennent au moins pour moitié d'observations, ce qui renforce l'objectivité de l'analyse de tendance.

IV.5.1.2 Analyse graphique des séries de données et corrélation de Kendall

Contamination récente

Les coliformes fécaux (ou thermo-tolérants) représentent une contamination récente. La figure 17 montre l'allure des courbes « nombre de bactéries » et « score comportemental ».

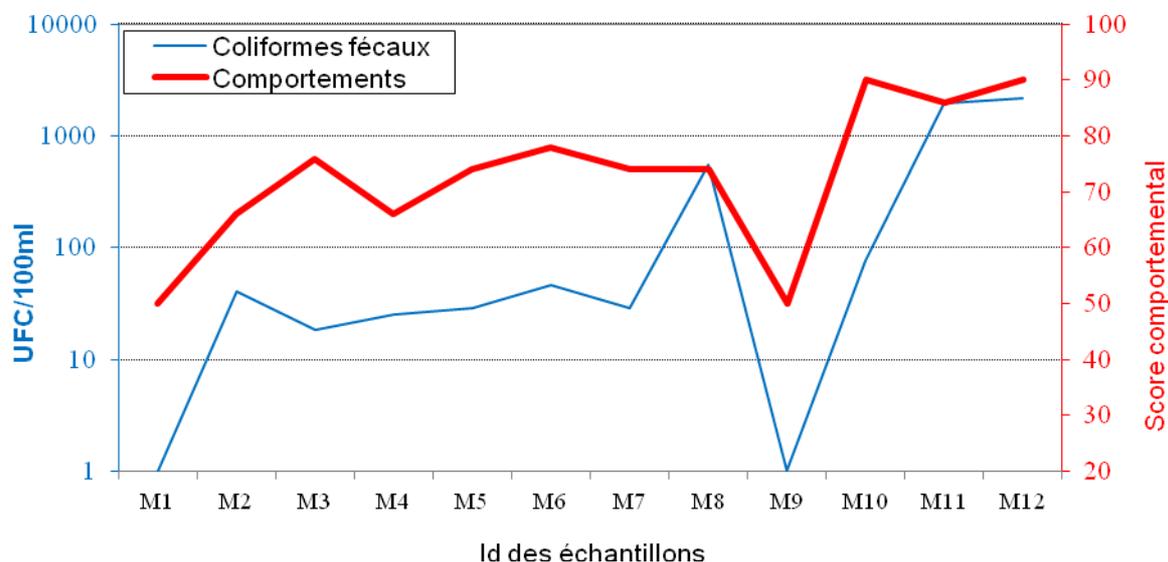


Figure 17 : allure des courbes comportements et CF liées au transport

On note une allure similaire des deux courbes. C'est un premier indice de l'occurrence d'une corrélation positive entre les critères sélectionnés par la méthode Delphi (somme des comportements) et les taux de contamination des échantillons.

Le calcul du Tau de Kendall nous donne une valeur de **0,67**. Ce chiffre positif confirme la corrélation positive entre les deux séries de données (les séries évoluent dans le même sens). De plus la valeur de 0,67 montre une corrélation acceptable c'est-à-dire que les critères retenus, leur hiérarchisation et les différences prévues en termes d'impact (coefficient de pondération) sont cohérents. Les critères C1 à C5 ont donc un impact réel sur la dégradation de la qualité des eaux au cours du transport et sont responsables d'une contamination récente.

Contamination ancienne

Les streptocoques fécaux représentent une contamination ancienne. La figure 18 montre l'allure des courbes « nombre de bactéries » et « score comportemental ».

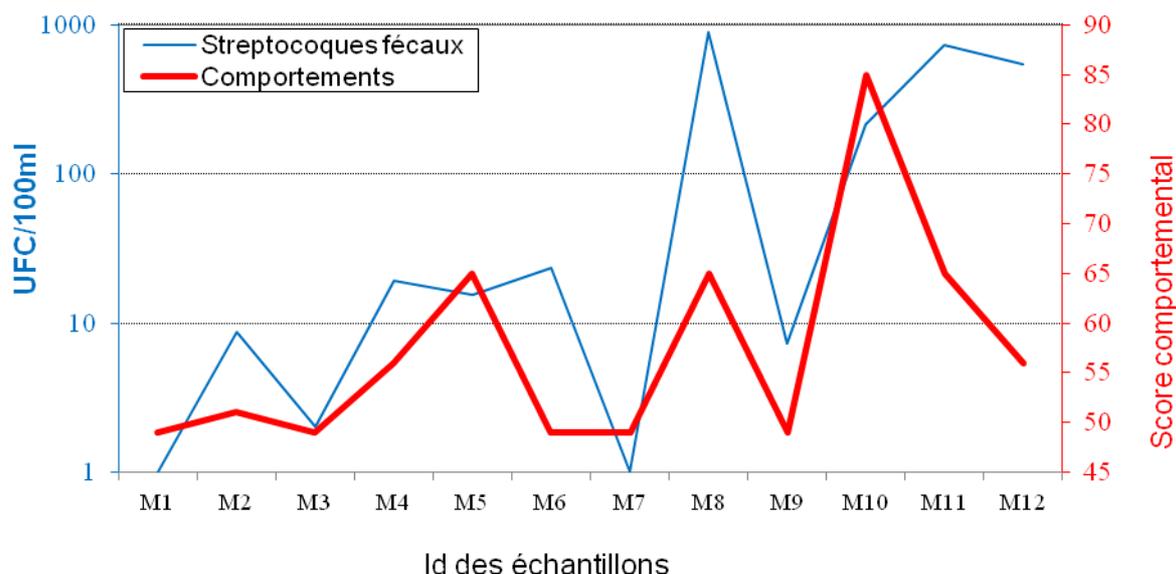


Figure 18 : allure des courbes comportements et SF liées au transport

Il ya ici aussi une similarité certaine dans l'allure des deux courbes (croissance et décroissance entre deux points contigus). Le calcul du Tau de Kendall nous donne une valeur de **0,59** et nous pouvons tirer les mêmes conclusions que pour la contamination récente à savoir que les critères retenus ont un impact certain sur la dégradation de la qualité de l'eau au cours du transport et que ces critères (principalement la propreté du récipient) peuvent être responsables d'une contamination ancienne.

L'analyse des deux séries de courbes et des Tau de Kendall calculés montrent que le récipient est au cœur de la problématique de la conservation de la qualité de l'eau au cours du transport. En effet sa propreté et son état ou sa capacité à protéger l'eau sont les paramètres ayant les degrés d'impact les plus importants sur la dégradation de la qualité que se soit pour une contamination récente ou ancienne. Cela confirme les conclusions énoncées précédemment et les observations de terrain sur la faible efficacité du nettoyage des récipients de transport et sur la présence d'un biofilm et d'algues sur les parois.

IV.5.2 Influence des comportements sur la contamination au cours du stockage

La notation du comportement lié au stockage de l'eau est telle que : plus le score du comportement est faible plus le comportement est « bon » en matière de comportements liés au stockage.

IV.5.2.1 Critères retenus pour l'analyse de l'influence comportementale sur les eaux stockées.

A l'issus de l'analyse multicritères cinq usages principaux ont été sélectionnés. La méthode Delphi a permis d'obtenir un consensus des experts sur le classement de ces critères et sur le coefficient de pondération attribué à chacun. Ces critères sont présentés dans le tableau 8.

Critères	Coefficient
C1 : la propreté du récipient de stockage	20
C2 : l'adaptabilité et la propreté du couvercle du récipient de stockage	13
C3 : l'accès possible aux enfants	8
C4 : la méthode d'extraction de l'eau	7
C5 : le type de récipient de stockage	6
C6 : le lieu de stockage de l'eau	5
C7 : le lieu de défécation des enfants	3
C8 : le temps (durée) de stockage de l'eau	2
C9 : la position des latrines par rapport à l'a concession	1

Tableau 8 : critères retenus liés au stockage

IV.5.2.2 Analyse graphique des séries de données et corrélation de Kendall

Contamination récente

Les coliformes fécaux (ou thermo-tolérants) représentent une contamination récente. La figure 19 montre l'allure des courbes « nombre de bactéries » et « score comportemental ».

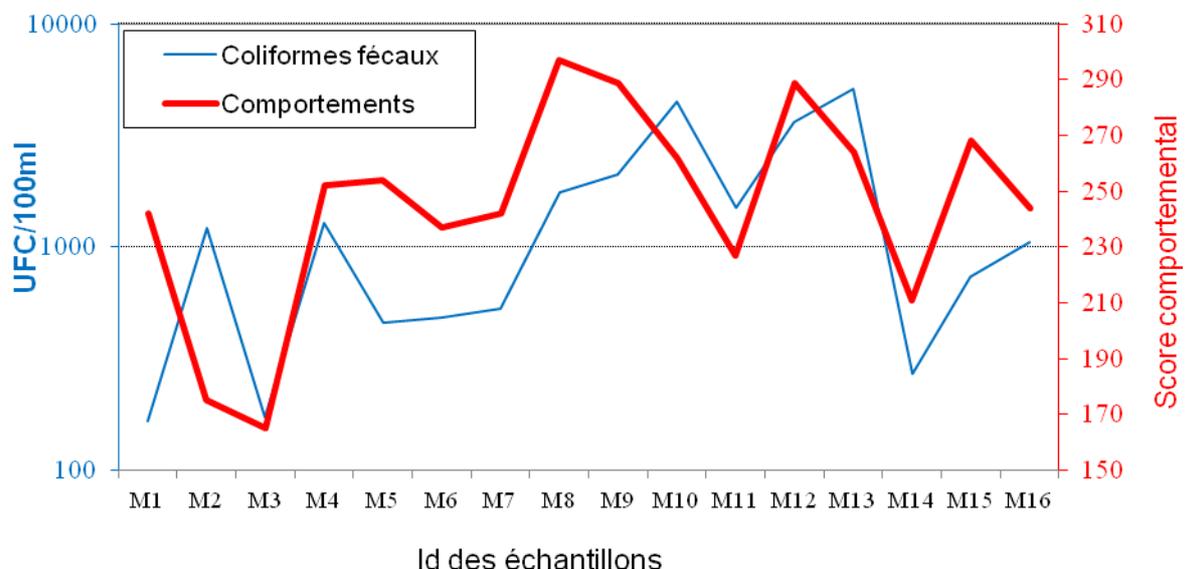


Figure 19 : allure des courbes comportements et CF liées au stockage

Il ya ici aussi une similarité certaine dans l'allure des deux courbes. Le calcul du Tau de Kendall nous donne une valeur de **0,48**. Cette valeur, inférieure à 0,5, est tout de même satisfaisante et montre que les critères retenus et l'impact prévu qui leur sont accolé sont cohérents. Cependant ce chiffre est plus faible que les précédents. Deux hypothèses peuvent expliquer ce fait : soit les critères retenus sont incomplets et l'enquête n'a pas ciblé tous les paramètres qui ont un impact sur la dégradation de l'eau au cours du stockage ; soit les coefficients de pondération sont mal distribués, mais cela impliquerait une remise en cause de la méthode Delphi. Nous retiendrons donc en priorité la première hypothèse.

Les critères retenus et leur pondération sont cohérents. On note donc l'impact du récipient (propreté, protection) comme cela été le cas au cours du transport. Mais il faut aussi noter

l'impact de l'accès à l'eau pour les enfants qui peut être source de contamination car des derniers n'ont pas ou peu conscience de la possibilité de dégradation de la qualité de l'eau et de son impact sur la santé. La méthode d'extraction est aussi impactante, nous fournirons donc une proposition de solution technique pour remplacer le gobelet sources de contamination.

Enfin le lieu de stockage a un impact relatif, preuve que les premières contaminations ont lieu au cours de la phase de transport.

Contamination ancienne

Nous n'avons pas réussi à obtenir de corrélation satisfaisante entre les comportements liés au stockage de l'eau et à la contamination par les streptocoques. En effet il y a des écarts significatifs en termes de contamination alors que les scores des comportements sont du même ordre de grandeur. Cela peut s'expliquer par le fait que les eaux stockées sont déjà contaminées après la phase de transport et que les charges bactériennes présentes dans les échantillons de stockage proviennent, en plus de contamination nouvelle, d'une croissance bactérienne que nous ne pouvons pas évaluer. De plus, cette croissance est optimisée par la température et lieu de stockage (intérieur (ombre) ou extérieur (soleil)) a donc un impact certain sur la croissance des bactéries.

IV.5.3 Discussion des résultats des analyses multicritères

Ce modèle comportemental aspirait à évaluer l'influence de la contribution de chacun des critères retenus à travers la détermination de son poids. La détermination des poids (pondération) des critères ont été guidés par le résultat du consensus des experts. La corrélation recherchée étant régie par l'hypothèse selon laquelle la quantité des charges bactériennes dans une eau est le résultat de la somme de ses comportements à risque de son utilisateur.

Cette hypothèse n'est vérifiable qu'à l'instant de l'étude car les prélèvements ont été réalisés de manière ponctuelle et unique. L'analyse des eaux prélevées est l'image de leur qualité à un moment donné. En l'absence de suivi régulier, il est difficile de conclure sur la représentativité réelle des mesures bactériennes. Néanmoins, des corrélations positives et des Tau de Kendall encourageant ont été montrés ce qui donne à penser que la méthodologie utilisée est adéquate et doit être poussée plus en avant par une analyse de plusieurs échantillons répartis sur la durée et par une définition des comportements plus orientés vers les usages de l'eau au cours de l'enquête.

IV.5.3.1 Points forts des analyses multicritères

Les corrélations positives obtenues au niveau des trois simulations mettent bien en lumière la relation: «somme des mauvais comportements détermine densité de colonies bactérienne» en accord avec notre hypothèse. Cela confirme que :

- les critères choisis sont cohérents et bien classés par les experts,
- les pondérations des critères décrivent une certaine réalité.

IV.5.3.2 Points faible des analyses multicritères

Bien que notre model ait abouti à des résultats concluants avec des corrélations acceptables et suffisantes pour notre étude, il ne nous a pas offert pour autant des corrélations parfaite (les coefficients de Kendall obtenus bien que étant positifs ne sont pas voisin de 1). Il faut

donc noter des possibilités d'amélioration de ce type d'étude par l'analyse des biais suivants :

- des critères manquants,
- des contaminations résultant d'une contamination exceptionnelle ou accidentelle de l'eau,
- le décalage entre le comportement décrit et observé et le comportement réel.

Critères manquants

Il est possible que certains critères importants aient été délaissés ou n'aient pas été identifiés. À titre d'exemple, l'hygiène de l'utilisateur (très difficile à évaluer) en raison de l'insuffisance d'information sur ce sujet et de l'uniformité des réponses (100% des enquêtés disent se laver régulièrement les mains). Si l'on considère que les critères retenus ne sont pas remis en cause, l'ajout de ces derniers aurait peut-être permis d'obtenir des corrélations plus fortes.

Contaminations exceptionnelles ou accidentelles de l'eau

Un simple contact, une modification des habitudes, une contamination accidentelle, etc. pourraient être la cause de la contamination observée. Ceci expliquerait le décalage entre les résultats des analyses en laboratoire et les données comportementales censées être représentatives du comportement usuel des villageois.

Décalage entre le comportement observé et le comportement réel

Plusieurs biais sont susceptibles d'intervenir lorsque l'analyse se fait de manière ponctuelle et à l'aide d'un questionnaire. Il a été prouvé que l'étude comportementale par l'intermédiaire de questionnaires introduisait un biais provenant des réponses fournies par l'enquêté.

Dans notre cas, les villageoises étaient au courant de notre passage. Une fois les premières interrogées, il n'était pas rare de voir une personne partir informer les autres. Lorsque nous arrivions, certaines femmes se précipitaient dans leur cour pour nettoyer ou couvrir leurs jarres.

Celles ayant reçu une formation à l'hygiène semblaient répondre en fonction de ce qu'elles avaient appris et non ce qu'elles faisaient réellement. La gêne peut amener à des réponses différentes de la réalité.

Tous ces points peuvent entraîner un décalage entre le comportement réel et les dires des villageois. Pour minimiser les effets de ces points, nous avons tenté de maximiser sur les observations faite sur place et la compréhension de la situation.

V Recommandations et propositions d'améliorations

V.1 Au niveau de la source

La principale source de contamination potentielle identifiée de l'eau délivrée par la source est la présence de l'abreuvoir. Si les animaux viennent s'abreuver au niveau des forages il y a un risque que des éléments pathogènes issus de leur déjection percolent à travers le sol et polluent la ressource souterraine en eau. Nous recommandons donc soit l'élimination de l'abreuvoir, soit de le placer loin du forage.

V.2 Au niveau des usages et comportements le long de la chaîne de l'eau

Les améliorations sont proposées dans deux secteurs : le comportement vis à vis de la conservation de la qualité de l'eau et le matériel utilisé pour le transport, le stockage et l'utilisation de l'eau.

V.2.1 Améliorations comportementale

Les points suivants s'adressent à la gestion et à l'utilisation de l'eau par les consommateurs. Nous avons déjà mis en avant les efforts consentis par les villageois en ce qui concerne la gestion de l'eau de boisson. Au regard de la qualité microbiologique des eaux du transport et du stockage, certains éléments d'amélioration peuvent être proposés. Le premier concerne l'hygiène de l'utilisateur. La manipulation des bidons et l'extraction de l'eau s'effectuent manuellement et supposent donc un contact direct avec les mains. A chaque manipulation **l'utilisateur doit donc s'assurer de la propreté de ses mains**. Un simple contact suffit à contaminer l'eau récoltée. C'est aussi pour cette raison que nous insistons sur **l'interdiction d'accès à l'eau aux jeunes enfants** qui ne peuvent encore assimiler l'importance des pratiques de l'hygiène. A ce sujet, placer le récipient en hauteur peut se révéler être efficace. L'ustensile utilisé pour puiser l'eau doit aussi être lavé avec précaution et stocké en lieu sûr (dans l'idéal, il est stocké dans la jarre). La cour est un lieu multifonctionnel. Ces activités et les intempéries peuvent être source de contamination de l'eau. On recommandera donc le **stockage de l'eau à l'intérieur et en hauteur**, afin de la protéger efficacement contre l'accès des enfants et des animaux et de la poussière soulevée par le piétinement. Nous avons aussi eu l'occasion d'observer des couvercles mal adaptés à l'ouverture des récipients de stockage. **La protection doit garantir un maximum d'étanchéité** afin de limiter les contaminations par des sources extérieures.

Le contact au moment où l'utilisateur puise dans le récipient est certainement une des sources principales de contamination de l'eau stockée. Il est primordial **d'encourager le déversement de l'eau dans le récipient servant à la boisson plutôt que de puiser directement dans la réserve**. Toutefois la géométrie ou le type de récipient de stockage (ex : jarre) ne permettent pas toujours cette manipulation. Nous reviendrons sur ce point en proposant des améliorations techniques.

Nous avons observé que le nettoyage des récipients de transport à l'aide de savon et de graviers permettait un nettoyage plus efficace. Plus abrasif, ce mélange semble nettoyer plus efficacement les bidons pour lesquels il est difficile d'atteindre l'intérieur en raison de leur petite ouverture. Ces résultats pourraient faire l'objet de tests approfondis en laboratoire afin de définir de la véracité de ces observations.

V.2.2 Améliorations techniques

Le recours à de nouvelles solutions techniques est une solution permettant d'atteindre les objectifs en matière de qualité d'eau de boisson. La pertinence de la solution proposée doit pouvoir répondre aux contraintes suivantes :

- être politiquement et culturellement acceptable,
- fournir une amélioration significative et adaptée à la problématique,
- être facile à utiliser par la population,
- être économiquement supportable,
- dans la mesure du possible être disponible localement,
- la maintenance et l'entretien doivent être dans la mesure du possible assurés par la population.

Dans notre cas, le plus grand défi est le recours à des techniques simples n'impliquant pas un mode opératoire complexe et étant adaptées au niveau d'éducation de la population.

L'approche stratégique adoptée pour la détermination des solutions afin de contrecarrer les sources de contamination bactérienne des eaux consommées par les populations enquêtées, est décrite dans la figure 20.

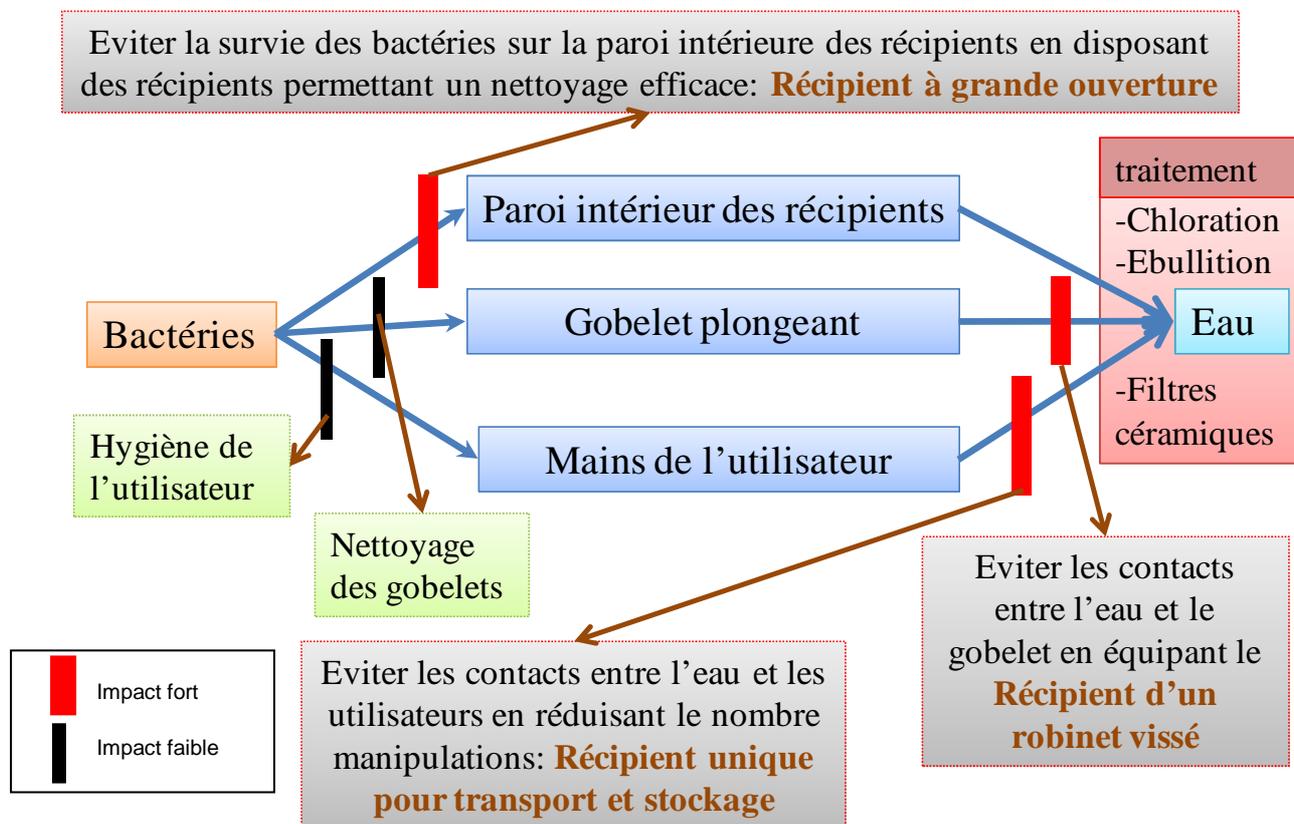


Figure 20 : approche pour contrecarrer les sources de contamination bactérienne des eaux

V.2.2.1 Solution pour le transport de l'eau: Récipient à grande ouverture

Le nettoyage du récipient utilisé pour le transport semble problématique. L'ouverture des bidons est trop étroite et empêche un nettoyage efficace. Une solution serait donc de les remplacer par un récipient muni d'une ouverture plus large. Le sceau présenté dans la figure 21 a l'avantage d'avoir une large ouverture sur le dessus et un couvercle hermétique.



Figure 21 : récipient de transport à large ouverture

Le tableau 9 présente les avantages et inconvénients de ce récipient de transport.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - large ouverture - couvercle hermétique adapté - disponible en différents volumes - la hanse facilite le transport 	<ul style="list-style-type: none"> - prix environ : 5-7\$ - difficile à trouver sur place - l'ouverture rend difficile le transport à vélo

Tableau 9 : avantages et inconvénients du sceau plastique avec couvercle

V.2.2.2 Solution pour le stockage de l'eau: récipient équipé d'un robinet

Au niveau du stockage, une des sources principales de contamination est liée au fait que l'utilisateur est contraint de puiser à l'intérieur du récipient. De plus, l'ouverture répétée du couvercle augmente à chaque fois le risque de contamination. L'objectif est donc de limiter le contact avec l'eau une fois le récipient de stockage rempli.

Plusieurs systèmes sont alors possibles, nous avons l'exemple du récipient en céramique équipé d'un robinet (figure 22). La solution consiste à ajouter un robinet au récipient de stockage. Une fois rempli et fermé, l'utilisateur n'a plus de contact direct avec l'eau s'il veut se servir. L'utilisation de ces récipients nécessite de les placer en hauteur.



Figure 22 : récipient en céramique équipé d'un robinet (crédit photo: A. Parker)

Le tableau 10 présente les avantages et inconvénients de ce type de stockage.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - large ouverture sur le haut - présence d'un robinet - rafraichit l'eau - la production locale est possible 	<ul style="list-style-type: none"> - fragile - lourd à transporter - le robinet peut fuir - plus cher que les jarres traditionnelles

Tableau 10 : avantages et inconvénients des jarres céramiques équipées de robinet

V.2.2.3 Une solution unique pour le transport et le stockage de l'eau

Nous souhaitons proposer une solution qui simplifie au maximum la corvée de l'eau et qui garantisse le maintien de la qualité depuis la source. En plus des problèmes de contacts entre l'eau et les utilisateurs lors des différentes manipulations, nous en sommes arrivés à la conclusion que la multiplication des récipients utilisés augmentait aussi le risque de contamination. En effet l'utilisation d'un récipient différent pour le transport et le stockage sous-entend:

- le nettoyage d'un récipient pour le transport de l'eau,
- le remplissage à la source du récipient de transport,
- le nettoyage d'un récipient pour le stockage de l'eau,
- le transfert de l'eau dans le récipient de stockage.

Si une seule de ces étapes n'est pas effectuée correctement, il ya un risque de contamination de l'eau. C'est pour ces raisons que nous voulons insister sur **le bénéfice de réduire le nombre de manipulations de l'eau**. La solution que nous proposons est l'utilisation d'un seul et même récipient muni d'une ouverture large et d'un robinet pour le transport et le stockage. Une fois le récipient rempli à la source et le couvercle replacé, l'utilisateur n'est plus en contact direct avec l'eau grâce au robinet. La corvée est simplifiée puisque le nettoyage de ce récipient unique peut être effectué directement au niveau du forage. Plus d'attention peut donc être apportée au lavage du récipient et le risque de contamination lié à une étape antérieure est supprimé. Ceci implique un gain de temps, une réduction du volume d'eau à consacrer au nettoyage des récipients au niveau du ménage (plus d'eau à disposition pour d'autres utilisations) et un intérêt financier représenté par les économies de savon.

Nous proposons donc un sceau présent localement et pouvant intégrer un robinet, comme le montre la figure 23.

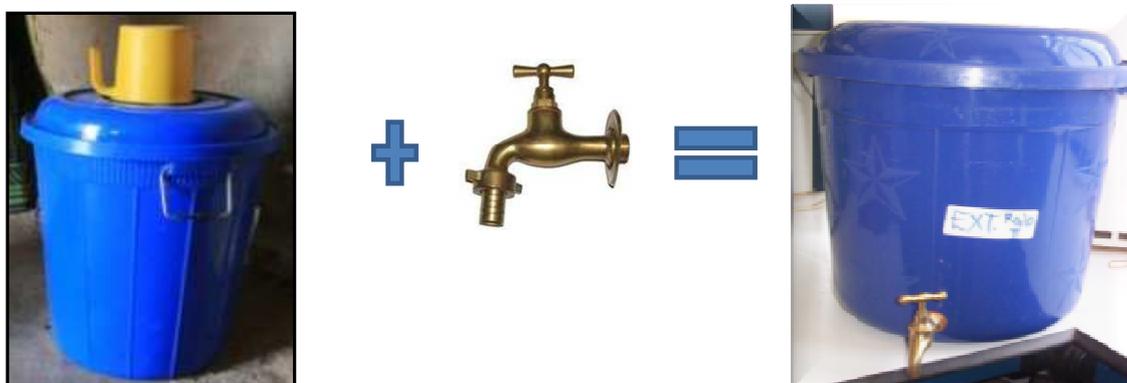


Figure 23 : exemple de récipient pouvant intégrer un «robinet vissé»

Le tableau 11 présente les avantages et inconvénients du « robinet vissé ».

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">- peut être utilisé pour le transport et le stockage- ouverture large pour nettoyage efficace- présence d'un robinet- léger et facile à transporter- robuste et durable	<ul style="list-style-type: none">- prix à définir- nécessité d'une phase d'assemblage- difficile à réparer en cas de casse- ne rafraichit pas l'eau

Tableau 11 : avantages et inconvénients du « robinet vissé »

Le risque d'ouverture du récipient pendant le transport peut être évité en attachant le couvercle à l'aide d'une bande de caoutchouc élastique, facilement disponible.

Cette technologie simplifie les étapes du transport et du stockage et réduit considérablement les risques de contamination des eaux par contact avec un corps étranger. Il en résulte une simplification de la corvée de l'eau pour les femmes ce qui, en considérant l'emploi du temps d'une villageoise, n'est pas négligeable.

V.2.3 Traitement de l'eau à domicile

L'objectif est de définir si le traitement de l'eau à domicile serait nécessaire et le cas échéant, effectuer une première évaluation de l'acceptabilité d'une telle proposition auprès de la population.

Les femmes étaient très mitigées lorsqu'il s'agissait d'exprimer si elles seraient prêtes à utiliser ces techniques. Certaines acceptaient à condition qu'il y ait une formation et pas d'implication financière. D'autres voyaient ceci comme une perte de temps. Depuis la construction des forages l'eau leur paraît de bonne qualité et semble maintenir leur famille en bonne santé.

Des systèmes peu coûteux et faciles d'emploi semblent donc les plus adaptés. Nous avons retenu deux techniques : la filtration à l'aide de filtres en céramique (figure 24) et faire chauffer l'eau jusqu'à ébullition pour la stériliser. Les deux méthodes permettent de garantir une bonne qualité au niveau microbien (Rdic.org, 2011). Les filtres en céramique ont l'avantage de pouvoir être produits localement, d'être simples d'utilisation et de pouvoir s'adapter facilement sur le sceau à robinet vissé. Le principal désavantage de l'ébullition est la phase de refroidissement de l'eau, souvent laissée dans des plats ouverts, ce qui peut entraîner une recontamination et donc la perte du bénéfice de la désinfection. Le prix et l'approvisionnement en énergie (bois) pour le chauffage de l'eau peuvent aussi constituer un obstacle à l'adoption de cette pratique.

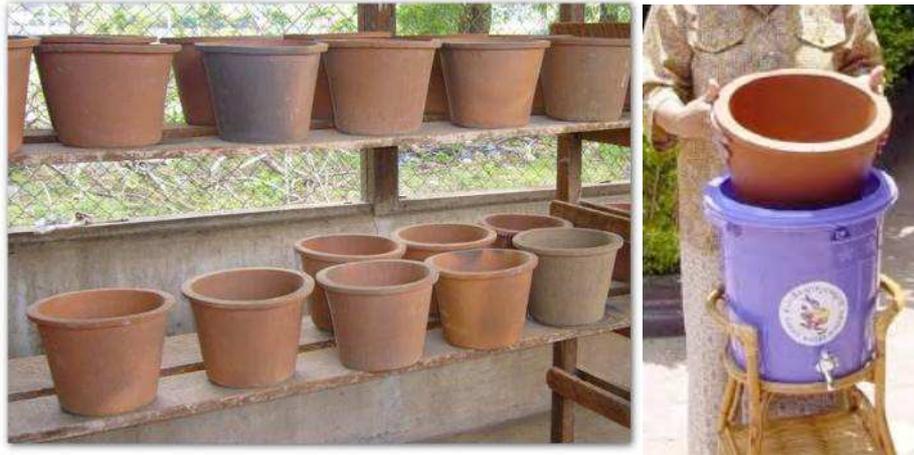


Figure 24 : filtres céramiques (crédit photo, PFP, Ron Rivera, photo de droite)

Dans tous les cas ces méthodes ne laissent pas de protection résiduelle après traitement (pas d'effet rémanent). L'eau est donc susceptible de recontamination en cas de mauvaise manipulation. La chloration est une méthode peu coûteuse et efficace qui fournit cette protection résiduelle. Cependant les difficultés d'approvisionnement, de stockage (le pouvoir désinfectant du chlore diminue rapidement au cours du temps avec la chaleur) et d'utilisation (dosage) doivent faire l'objet d'une étude de faisabilité plus approfondie. Pour venir à bout de ces contraintes, une étude est en cours à 2iE sur l'élaboration d'un électrochlorateur fonctionnant au fil du soleil. Il présente l'avantage de pouvoir produire de l'eau de javel (effet rémanent) à partir d'eau et de sel (donc à faible coût) et à la demande (donc pas de phase de stockage). Il pourrait aussi permettre de mettre en place une nouvelle activité économique et participer ainsi au développement des villages.

Même si le traitement à domicile semble être la seule solution véritablement efficace pour atteindre les objectifs en termes de contamination bactérienne, il peut se révéler être une tâche compliquée, relativement coûteuse et donc difficile à faire entrer dans les mœurs.

VI Retour des résultats aux populations

Une fois les activités de terrain et de laboratoire menées et l'analyse des résultats effectuées, nous avons rendu compte des résultats aux populations des 10 villages enquêtés.

VI.1 Méthodologie

Pour cela nous avons choisi une restitution sous forme de théâtre-forum. Le théâtre-forum permet dans un premier temps de faire passer les messages voulus aux populations sous la forme d'une pièce de théâtre. L'aspect ludique et « spectacle » permet de s'assurer de la présence d'une majorité de villageois le jour de la restitution. Puis le forum permet de faire rejouer certains passages clés de la pièce par les villageois eux-mêmes afin de s'assurer que les messages soient acquis par la population.

Le déroulement de cette restitution est le suivant :

- une pièce de théâtre de 25 minutes sur la thématique de conservation de la qualité de l'eau le long de sa chaîne d'utilisation (puisage, transport, stockage). Les points importants abordés sont : (i) la couverture des bidons de transport pour limiter les apports extérieurs, (ii) le nettoyage quotidien des récipients de transport et de stockage, (iii) la sécurisation du stockage par rapport à l'accès aux jeunes enfants et

aux animaux, (iv) le nettoyage du gobelet d'extraction de l'eau, et enfin (v) l'hygiène générale des utilisateurs de l'eau.

- une participation des villageois (population cible) qui rejouent la pièce en prenant la place des personnages principaux.
- un débat de conclusion mené par le membre de 2 IE présent.

Nous avons pour cela fait appel à la troupe de théâtre « la Parole », basée à Ouagadougou, qui s'est spécialisée dans la restitution de résultats d'enquêtes en milieu rural. Le contenu de la pièce a été décidé en collaboration entre le directeur de la troupe et le chercheur de 2iE responsable de l'étude.

VI.2 Résultats

Nous avons noté une bonne participation des villageois. Le système de théâtre forum est bien adopté par les habitants qui n'hésitent pas à participer et à poser des questions. De plus les enfants scolarisés ont pu assister aux représentations afin de s'assurer que le message passe dans toutes les générations.

Le nombre de personnes qui ont assisté à chaque représentation est d'environ :

- 150 personnes à Pissi dont 90 femmes et 50 enfants,
- 180 personnes à Ramongto dont 90 femmes et 80 enfants,
- 400 personnes à Dawaka dont 162 femmes et 159 enfants,
- 210 personnes à Weotenga dont 78 femmes et 69 enfants,
- 464 personnes à Kougri dont 172 femmes et 182 enfants,
- 548 personnes à Wayen dont 253 femmes et 126 enfants,
- 150 personnes à Toyoko dont 100 femmes et 25 enfants,
- 250 personnes à Ipala dont 150 femmes et 50 enfants,
- 300 personnes à Tamidou dont 100 femmes et 180 enfants,
- 150 personnes à Nabitenga dont 40 femmes et 150 enfants.

En plus de leur participation à la partie « forum » de la représentation, les villageois ont montré leur intérêt en posant certaines questions pertinentes. Les points principalement abordés sont :

- l'utilisation de l'eau de pluie,
- la qualité de l'eau provenant des puits,
- la qualité de l'eau provenant des forages,
- la durée de conservation maximale de l'eau,
- les comportements à adopter pour préserver la proximité des points d'eau.

En conclusion, l'ensemble des villageois semble avoir de bonnes connaissances des pratiques d'hygiène et de conservation de l'eau, connaissances renforcées par la restitution.

VII Fiabilités des résultats, forces et faiblesses de l'étude

VII.1 Etude de la « chaîne de l'eau »

La force de ce projet est de considérer l'approvisionnement en eau dans son ensemble, c'est-à-dire tout au long de la « chaîne de l'eau ». Contrairement à de nombreuses études,

elle ne s'arrête pas à l'évaluation de la qualité au niveau de la source. En présence d'un système d'approvisionnement non canalisé, cette méthode s'avère être la plus adaptée pour caractériser la qualité de l'eau au niveau des ménages. Les multiples étapes précédant la consommation de l'eau dans l'habitat augmentent les risques de contamination. La qualité de l'eau disponible au niveau du consommateur peut donc être totalement différente de celle de la source. L'analyse le long de la « chaîne de l'eau » permet de fournir une explication en retraçant l'origine de ces contaminations.

VII.2 Prise en compte de la composante sociale et comportementale

Une des valeurs ajoutées de cette étude est l'analyse conjointe de la qualité de l'eau et du comportement des consommateurs. Ce projet ne s'arrête pas à un simple bilan de qualité des eaux. Les résultats sont en plus comparés au comportement usuel des villageois afin de pouvoir en dégager une interprétation concrète. En replaçant les résultats des analyses dans leur contexte, il est alors plus facile de tirer des conclusions.

VII.3 Incertitudes des résultats des analyses

VII.3.1 Paramètres microbiologiques

La méthode utilisée pour le dénombrement de bactéries présentes dans un échantillon d'eau est celle normée et utilisée dans la majorité des laboratoires. Cependant, elle présente certains biais et contraintes. La difficulté à discerner les bactéries sur le milieu de culture peut donner lieu à des erreurs de comptage. Dans la pratique on considère que le décompte est représentatif de 10% de la réalité. La technique d'ensemencement impose la précision et la capacité à discerner les indicateurs bactériens. En général on estime que la méthode de filtration sur membrane permet le décompte de 10 à 70 UFC par membrane. Les valeurs élevées relevées dans cette étude ne peuvent donc pas être véritablement précises. C'est pour cette raison que les dénombrements sont à interpréter en termes d'intensité de contamination plus qu'en termes de valeur numérique.

Enfin l'effet de la saisonnalité, non pris en compte lors de cette première phase de l'étude, pourrait jouer un rôle sur le développement bactérien. La mise en place d'un suivi sur une année pourrait permettre de prendre en compte ce facteur dans les études futures.

VII.3.2 Limites dans l'utilisation de questionnaire

La rédaction d'un questionnaire est une tâche difficile qui requiert de l'expérience. Le contenu du questionnaire doit être conforme aux données que l'on veut collecter. Une fois les enquêtes commencées, il doit être modifié au minimum sous peine de créer des « vides » dans les données (données disponibles pour un village et pas pour un autre). Après le second village, la mise à jour de notre questionnaire conformément à nos observations de terrain a entraîné certains « vides » dans les données de Pissy et Wéotenga. Le contenu du questionnaire impose aussi le déroulement et le rythme de l'entretien. Il doit être suffisamment complet et structuré pour ne pas omettre d'informations importantes. Les « vides » peuvent aussi relever des aléas de l'interview. La disponibilité des personnes et leur volonté de répondre aux questions posées peuvent entraîner l'omission de certaines questions afin de faciliter la discussion et entraîne alors un « vide ».

Les études montrent que l'utilisation d'un questionnaire entraîne deux biais principaux. Le premier concerne l'orientation de l'information par le contenu du questionnaire. L'auteur peut avoir tendance à orienter les questions de manière à aboutir à un résultat. Ce dernier ne

sera pas forcément représentatif de la réalité. L'autre biais est lié au comportement de l'enquêté. La gêne, mais aussi la connaissance de l'objectif de l'étude peut entraîner l'enquêté à répondre conformément à une idée reçue, ou selon son interprétation de la « réponse idéale ». Une fois encore ce comportement entraîne un biais entre la réponse et la réalité.

Ne parlant pas le moré, nous avons été obligés de recourir à l'aide d'un traducteur. Le biais de la traduction est lié aux points suivants :

- mauvaise interprétation de la question par le traducteur,
- mauvaise compréhension de la réponse de l'enquêté,
- mauvaise interprétation de la traduction par l'enquêtéur.

L'échange imposé par la traduction rend plus difficile l'interprétation des subtilités et risque de multiplier les erreurs de compréhension et d'interprétation.

Les méthodes participatives permettent généralement d'obtenir des résultats moins biaisés. Cette approche se base sur l'obtention d'informations formulées par les enquêtés eux-mêmes. Elle est généralement bénéfique aux deux parties (enquêteurs et enquêtés) puisque la réflexion en groupe sur les sujets étudiés joue généralement un rôle pédagogique sur l'assemblée.

Conclusion générale

La présente étude a porté sur l'analyse de la qualité des eaux le long de sa chaîne d'approvisionnement dans les villages du GANZOURGOU et sur les facteurs comportementaux susceptibles de dégrader cette qualité. La population ciblée est une population rurale, ayant peu de moyens techniques, et vivant sans électricité. De plus, l'adduction en eau potable dans ces régions se fait sans réseau de distribution sous la forme d'une corvée quotidienne entre la source et le foyer. Nous avons donc défini le concept de « chaîne de l'eau », c'est à dire toute la chaîne d'utilisation depuis la source, en passant par le transport et le stockage jusqu'à la consommation.

Les objectifs de l'étude étaient de monter l'intensité de la recontamination de l'eau le long de cette chaîne. La méthodologie employée est basée sur une analyse des comportements par un questionnaire et une analyse de la contamination de l'eau sur toutes les phases de la chaîne. L'originalité de cette étude repose sur la mise en lumière d'un lien statistique entre les usages et comportements et le degré de contamination pour répondre à l'hypothèse : *la quantité de bactéries présente dans un échantillon d'eau est le résultat de la somme de mauvais comportements et habitudes concernant la gestion de l'eau et l'hygiène*. Les résultats obtenus nous ont permis d'identifier les points faibles de ce système d'approvisionnement et de comprendre ses relations avec les habitudes et les pratiques des populations concernées.

Les observations de terrain ont permis d'appréhender que la gestion de l'approvisionnement en eau pour ces populations est une thématique complexe, notamment pour le nettoyage des récipients de transport et de stockage. Malgré une bonne volonté affichée, la configuration de ces récipients (ouverture trop petite pour les bidons de transport et parois rugueuses pour les jarres de stockage) rend le nettoyage peu efficace.

Au niveau de la perception de la qualité de l'eau, le niveau de connaissance des populations est bon. Ils ont conscience de l'amélioration de la qualité des sources grâce aux forages, et

qu'il faut protéger l'eau le long de sa chaîne d'utilisation. Les connaissances des **bonnes pratiques à utiliser pour cette protection ainsi que celles des règles d'hygiène de base sont encrées.**

Les analyses physico-chimiques des eaux montrent que la majorité des sources (72%) est potable selon l'OMS et que ces paramètres ne se dégradent pas le long de la chaîne de l'eau.

An niveau bactériologique, même si 41% des sources sont potables selon l'OMS, une grande partie des échantillons après transport (68%) et la quasi totalité des échantillons après stockage (96%) ne sont pas potables, même provenant de sources saines. **Il ya donc un vrai problème de recontamination de l'eau le long de sa chaîne de transport.**

Les résultats issus de l'analyse multicritères et de la méthode Delphi ont montré un véritable lien entre les comportements et usages et la contamination de l'eau. Les principaux concernent l'état et la propreté des moyens de transport et de stockage, montrant ainsi que les comportements généraux sont bons. Face à ce constat nous avons proposés des solutions techniques simples qui limiteraient la contamination par la facilitation du nettoyage et une protection renforcée depuis le puisage à la source jusqu'à l'utilisation dans les ménages.

Ces solutions sont un palliatif au manque de connaissances et de pratiques du traitement de l'eau à domicile. D'un part parce que celui-ci présente des contraintes importantes quelque soit la technique employée, d'autre part parce que l'idée que l'eau des sources est suffisant potable est largement répandue.

Cependant nous avons noté certaines limites à notre étude. Premièrement elle ne montre qu'une photographie de la situation à un instant donné. Même si on peut légitimement supposé que les comportements observés ou déclarés sont plutôt effectifs dans la réalité, les mesures de contamination sont ponctuelles et peuvent donc par définition représenter une réalité biaisée (en cas de pollution accidentelle des eaux par exemple). La seconde est qualité des réponses aux questionnaires. Elles peuvent résulter d'une envie de l'enquêté de répondre « correctement » et non en fonction de sa réalité quotidienne ou peuvent être orientées par l'enquêteur. De plus les deux phases de traduction (français/moré pour la question et moré/français pour la réponse) peuvent entrainer des incompréhensions ou des mauvaises interprétations.

Enfin, le fait d'analyser séparément des villages ayant reçu une formation à l'hygiène et à la conservation de l'eau et des villages non formés, nous a permis de mesurer le degré d'impact de ces formations mais aussi leurs limites. Tout d'abord il existe une différence faible de degré de connaissances entre les villageois formés et non formés et donc un effet positif de ces formations. De plus, les femmes enquêtées reconnaissent à l'unanimité avoir modifié certaines de leurs habitudes suite à la formation et toutes constatent aujourd'hui une amélioration de la santé générale de leur famille. Ce constat positif pourrait traduire l'atteinte des objectifs de la formation. Cependant, les résultats des analyses de qualité fournissent un bilan plus mitigé.

Il y a une vraie différence en termes de contamination des échantillons d'eau entre les villageois formés et non formés et cela même si le degré de connaissances des bonnes pratiques est proche. Les bonnes réponses aux questionnaires montrant de bonnes pratiques théoriques pour les villageois non formés semblent moins suivies d'actes au quotidien que pour les villages formés. **L'impact des formations se fait plus ressentir sur**

la prise de conscience et les actions positives qui en découlent que sur le niveau de connaissances.

Les résultats issus de l'analyse multicritères confirment ce constat. En effet, les critères les plus impactants sur la dégradation de la qualité de l'eau semblent plus être rapportés au moyen matériel qu'aux comportements proprement dits. Cela démontre une réelle efficacité des formations à l'hygiène.

Enfin la limite principale de ces formations est déduite des résultats de contamination bactérienne des échantillons. En effet, même pour les villages formés et même si l'eau est potable à la source, la quasi-totalité de l'eau est non potable à la consommation. **Même si les formations permettent une réelle amélioration des comportements, des habitudes et de l'hygiène, leur effet sur la qualité de l'eau est faible.**

Même si l'intervention de l'UNICEF et de ses partenaires a déjà eu un impact sur l'amélioration des pratiques de gestion de l'eau et de l'hygiène dans les villages du Ganzourgou, de nombreux efforts restent à faire. La présence de contaminations d'origine fécale dans les récipients de transport et de stockage est probablement la cause du maintien du niveau sanitaire faible même après les formations et la construction des forages. L'amélioration du comportement par l'éducation peut encore faire ses preuves (éducation des enfants, formations ciblées des usagers) mais l'introduction de nouvelles technologies semble incontournable que se soit au niveau des moyens utilisés (récipients) mais surtout au niveau du traitement de l'eau à domicile. Sans une phase de désinfection effective, il paraît impossible de garantir une qualité d'eau potable selon l'OMS à la consommation.

Bibliographie

Bakyono V., Kéré A. et Zida R., 2006. Rapport de l'étude de milieu sur les activités féminines dans les villages de Ipala, Toessin, Waongtenga, Wemyaoghin, Weotenga et Zempasgo (Province du Ganzourgou). Projet «Renforcement des Services d'Eau, d'Hygiène et d'Assainissement de bases » dans la province du Ganzourgou. Association chant de femme en collaboration avec UNICEF.

Beauchamp J., 2006, Cours de QUALITE ET POLLUTION DES EAUX SOUTERRAINES (Introduction) Université de Picardie Jules Verne.

Brown E.T., Bourlès D.L., Colin F., Sanfo Z., Raisbeck G.M., Yiou F., 1994, The development of iron crust lateritic systems in Burkina Faso, West Africa examined with in-situ-produced cosmogenic nuclides, Earth and Planetary Science Letters, 124 (1-4), 19-33.

Design, Bienvenue à Zorgho, www.zorgho.org, 2004.

Feachem R. G., 1984. (Infections Related to Water and Excreta: The Health Dimension of the Decade). In : Water and Sanitation : Economic and Sociological Perspectives, Washington, D.C., P.G. Bourne, Academic Press : 21 -47.

Häder M., Häder S., 1995, Delphi und Kognitionspsychologie: Ein Zugang zur theoretischen Fundierung der Delphi-Methode, ZUMA-Nachrichten, 37 (19).

Haslay C., Leclerc H., 1993. Microbiologie des eaux d'alimentation. Techniques et documentation – Lavoisier, 1993.

Heritage J., Evans E., Killington R. (1999). Microbiology in action. Cambridge, University Press.

Hsieh J.J, 2010, Estimation of Kendall's tau from censored data, Computational Statistics & Data Analysis, 54 (6) 1613-1621.

Hsu C.C., Sandford B.A., 2007, The Delphi Technique: Making Sense Of Consensus Practical Assessment, Research & Evaluation, 12 (10) 1-10.

Kleinau E, Pyle D.F., 2004, Strategic Report 8 : Assessing Hygiene Improvement, Guidelines for Household and Community Levels, Prepared under EHP Project 26568/CESH.TOOLS. HIQAT, 191 pages.

INSD, 2003. Institut National de la Statistique et de la Démographie Burkina Faso, rapport 2003.

INSD, 2006 - Recensement Général de la Population et de l'Habitation, fichier des villages 1996, fichier des communes 2006.

Jybaudot.fr. Correlation de Kendall, consulté le 3 Septembre 2011 à l'adresse: <http://www.jybaudot.fr/Correlations/kendall.html>.

Lavaud T., Beziat D., Blot A., Debat P., Lompo M., Martin F., Ouangrawa M., Tollon F., 2004, Paleo-gossans within the lateritic iron crust: example of the nickeliferous prospect of Bonga, Burkina Faso, *Journal of African Earth Sciences*, 39 (3–5), 465-471.

Mermoud A, 2009. Méthode et techniques d'irrigation (chapitre 6). Cours de gestion du régime hydrique des sols. Institut d'ingénierie environnementale. Laboratoire d'éc hydrologie. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.

OMS (2004) Directives des qualités pour l'eau de boisson (3ème édition). Volume 1, Recommandations. © Organisation mondiale de la Santé 2004.

Rdic.org. Filtre céramique, consulté le 3 Septembre 2011 à <http://www.rdic.org/water-ceramic-filtration.php>.

Rossiter H., Owusu P., Awuah E., MacDonald A., Schäfer A., 2010. Chemical drinking water quality in Ghana: Water costs and scope for advanced treatment, *Science of the Total Environment*.

Sadowsky M., Whitman R., 2011. *The fecal bacteria*. ASM Press Washington DC.

Sawes, 2009. Rapport UNICEF : Etude sur les pratiques et perceptions des populations sur les méthodes de traitement de l'eau, l'évacuation des excréta et sur le lavage des mains dans les provinces de la Gnagna et du Ganzourgou au Burkina Faso. Novembre 2009, 71 pages.

Zilm P.S., Rogers A.H., 2007, Co-adhesion and biofilm formation by *Fusobacterium nucleatum* in response to growth pH, *Anaerobe*, 13 (3–4), 146-152.

Annexe 1 : Questionnaire

Fiche N° :

Commune

Numéro de forage :

Village :

Distance au forage :

Quartier :

Nom de l'enquêteur :

Date :

Numéro du foyer :

Commentaires :

Variable	Questions	Réponse
Identification de l'enquête		
1	Nom et prénom:	
2	Sexe: 1. Masculin 2. Féminin	_
3	Age ou Année de naissance	
4	Ethnie : 1. Mossi 2. Dioula 3. Peuhl 4. Gourmantché 5. Gourounsi 6. Bissa 7. Autre	_
5	Religion: 1. Musulman 2. Chrétien 3. Animiste 4. Autre	_
6	Nombre total de personnes vivant dans la concession : -----	_
7	Nombre d'enfants de moins de 5 ans : -----	_
8	Activité principale du chef de famille: 1. Agriculteur 2. Eleveur 3. Commerçant 4. Fonctionnaire 5. Sans activité 6. Autres : ----- --	_

I. Première partie : Comportements, connaissances et perceptions de la chaîne de l'eau

9	Quelle est votre principale source d'eau ? 1. Forage 2. Borne Fontaine 3. Puits 4. Marre 5. Autre	_
10	Combien de fois par jour allez-vous chercher de l'eau ?	_
11	Combien de bidons par trajet ?	_
12	Y a-t-il des personnes extérieures/qui ne sont pas de la concession qui amènent de	_

	<p>l'eau dans la concession ?</p> <p>1. oui 2. non</p> <p>Si oui, qui est cette personne ?</p> <p>Pourquoi ?</p>	
13	<p>Quel mode de transport utilisez-vous pour ramener l'eau chez vous ?</p> <p>1. pied 2. vélo 3. charrette (pousse-pousse) 4. charrette avec âne</p>	__
14	<p>Quel type de récipient utilisez-vous pour transporter l'eau ?</p> <p>1. bidon plastique 2. fût métallique, 3. bidon métallique 4. Autre</p> <p><i>Evaluer la contenance</i></p>	__
15	<p>Nettoyer vous les récipients de transport de l'eau ?</p> <p>1. oui 2. non</p> <p>Si oui, comment ?</p> <p>1. A l'eau avec du savon 2. A l'eau sans savon 3. Autre</p> <p>Si oui, pourquoi ?</p> <p>1. Pour se protéger contre les maladies 2. Pour que ce ne soit pas sale 3. Autre</p> <p>Quand ?</p> <p>1. Une fois par jour 2. Avant chaque utilisation 3. Autre</p>	__
16	<p>Protégez-vous l'eau transportée ?</p> <p>1. oui 2. non</p> <p>Si oui, comment ?</p> <p>1. Bouchon 2. Autre</p>	__
17	<p><i>Si source d'approvisionnement différente du forage</i></p> <p>Changez-vous de récipient entre la récolte de l'eau et le transport ?</p> <p>1. oui 2. non</p> <p>Si oui, pourquoi ?</p>	__
18	<p>Changez-vous de récipient entre le transport et le stockage de l'eau ?</p> <p>1. oui 2. non</p> <p>Si oui, pourquoi ?</p> <p>1. Pour refroidir l'eau 2. Libérer les bidons pour le prochain transport 3. Autre</p> <p>Si oui, comment ?</p>	__

	<ol style="list-style-type: none"> 1. L'eau est bouillie puis versée dans le nouveau récipient 2. L'eau est filtrée puis versée dans le nouveau récipient 3. L'eau est versée directement dans le nouveau récipient 4. Autre <p>Quand ?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Directement après le transport 2. Quand le récipient de stockage est vide 3. Autre 	
19	<p>Quel type de récipient utilisez-vous pour stocker/garder l'eau de boisson ?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. jarre 2. bidon plastique 3. Fût métallique) 4. bidon métallique 5. Autre <p><i>Evaluer la contenance</i></p>	__
20	<p>Comment l'eau est elle extraite du récipient de stockage ?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Un gobelet ou un plat sert à puiser 2. Autre <p>Où cet ustensile est-il situé?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sur le récipient de stockage 2. Dans l'eau et est rattaché à l'extérieur par une ficelle 3. Dans l'eau mais non rattaché par une ficelle 4. Autre <p>Cet ustensile est-il nettoyé ?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Oui 2. Non <p>Comment ?</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. A l'eau avec du savon 4. A l'eau seulement 5. Autre <p>Quand ?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. A chaque fois avant de boire 2. Quand il est sale 3. Une fois par jour 4. Autre 	
21	<p>Où stockez-vous l'eau ?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. intérieur : eau de boisson et extérieur : eau pour tâches domestiques et animaux 2. tout à l'intérieur 3. tout à l'extérieur 4. extérieur eau de boisson et intérieur : eau pour tâches domestiques et animaux 	__
22	<p>Protégez-vous l'eau stockée chez vous ?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. oui 2. non <p>Pourquoi ?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pour se protéger des maladies 2. Pour ne pas salir l'eau 3. Pour protéger l'eau du vent qui amène la poussière 4. Autre <p>Comment ?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Avec une assiette plastique 2. Avec un couvercle en métal 3. Avec une assiette métallique 4. Autre <p><i>Le couvercle est-il adapté ?</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. oui 2. non 	__ __

	<i>Etat</i> 1. propre 2. sale	
23	Lavez-vous le moyen de protection ? 1. oui 2. non Si oui, comment ? 1. A l'eau avec du savon 2. A l'eau seulement 3. Autre	
24	Nettoyer vous les récipients de stockage de l'eau ? 1. oui 2. non Si oui, pourquoi ? 1. Pour se protéger des maladies 2. Pour que ce ne soit pas sale 3. Autre Si oui, comment ? 1. A l'eau avec du savon 2. A l'eau sans savon 3. Autre Quand ? 1. 1 fois par jour 2. A chaque fois que vous remplissez le récipient 3. Autre	__
25	Combien de temps stockez-vous l'eau en moyenne ? : 1. ½ journée 2. 1 journée 3. 2 jours 4. 3 jours 5. 1 semaine 6. + d'1 semaine	__
26	Qui a accès à l'eau stockée ? 1. Ménage 2. Concession 3. Enfants moins de 5 ans 4. Animaux 5. Autres	__ __
27	Que pensez-vous de la qualité de l'eau ? 1. Bonne 2. Moyenne 3. Mauvaise 4. Ca dépend 5. Autre	Meilleure ? <input type="text"/>
28	Pensez-vous que la qualité de l'eau peut se détériorer au cours de son transport ? 1. oui 2. non Comment ? 1. Si le récipient est bien protégé, la qualité ne change pas 2. Autre	__
29	Pensez-vous que la qualité de l'eau peut se détériorer au cours de son stockage ? 1. oui 2. non	__

	Comment ? 1. Si le stockage dure longtemps la qualité change 2. Si le récipient est bien protégé, la qualité ne change pas 3. Autre	
30	Pensez-vous que la qualité de l'eau a un impact sur votre santé ? 1. oui 2. non Lequel ?	__

II. Deuxième partie : Formation/sensibilisation à l'hygiène

31	Vous lavez vous les mains ? 1. oui 2. non Si oui, comment ? 1. A l'eau avec du savon 2. A l'eau sans savon 3. Autre Pourquoi ? 1. Pour se protéger contre les maladies 2. Pour se débarrasser de la saleté 3. Autre A quelles occasions/Quand ? 1. Avant d'utiliser l'eau 2. Avant et/ou après le repas 3. Avant et/ou après de cuisiner 4. Avant et/ou après défécation 5. Avant la prière 6. Après contact avec un tiers 7. Autres	__
32	Combien de fois par jour vous lavez vous les mains ?	__
33	Avez-vous reçu une formation dans le domaine de l'hygiène et l'assainissement ? (si non, allez directement à la question 44) 1. oui 2. non Lesquels ? 1. UNICEF 2. Autres	__
34	Avez-vous changé des habitudes ? 1. oui 2. non Lesquels ? 1. Hygiène adulte 2. Hygiène enfant 3. Alimentation 4. Protection des aliments 5. Gestion de l'eau 6. Nettoyage des ustensiles destinés à l'usage de l'eau 7. S'occuper des enfants 8. Propreté de la concession 9. Assimilation des pratiques de l'hygiène 10. Autres	__
35	Avez-vous observé des changements sur la santé de la famille ?	__

	1. oui 2. non Si oui, sur qui ? 1. Tous les membres de la famille 2. Enfants principalement 3. Femmes et enfants 4. Mari et enfants 5. Autre Si oui, lesquels ? 1. Moins de maladies diarrhéiques 2. Moins de maux de ventre 3. Moins de paludisme 4. Plus de vers de Guinée 5. Autres	
36	Avez-vous des latrines ? 1. Oui 2. Non Si non, comment faites-vous ? 1. En brousse (creuser un trou) 2. Autres	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
37	Où sont-elles situées ?	<input type="checkbox"/>
38	Qui utilise ces latrines ? 1. Les enfants de plus de 5ans 2. Les adultes 3. Autre	<input type="checkbox"/>
39	Comment font les enfants de moins de 5 ans ? 1. Dans un pot 2. Latrines 3. En brousse (creusent un trou) 4. Autres	

III. Troisième partie : Connaissances, pratiques et perceptions du filtrage de l'eau à domicile

40	Connaissez-vous des techniques de traitement de l'eau à domicile ? (si non allez directement à la question 48 en donnant quelques notions concernant le traitement de l'eau à domicile) 1. oui 2. non	<input type="checkbox"/>
41	Si oui, décrivez cette ou ces techniques ? 1. Bouillir 2. Filtration 3. Coagulation par méthodes traditionnelles 4. Autres	<input type="checkbox"/>
42	Si oui, qui ou comment avez-vous eu connaissance de cette technique ? 1. Formation UNICEF 2. Autre	<input type="checkbox"/>
43	Utilisez-vous cette technique ? 1. oui 2. non Quand ? 1. S'il existe un doute sur la qualité de l'eau 2. Eau du marigot 3. Eau du puits 4. Autres	<input type="checkbox"/>
44	Seriez-vous intéressé par cette technique de traitement de l'eau à	<input type="checkbox"/>

	domicile ? 1. oui 2. non Pourquoi ?	
45	Pensez-vous que cette technique de traitement de l'eau à domicile améliorerait la qualité de l'eau ? 1. oui 2. non	__
46	Pensez-vous que ce traitement de l'eau à domicile améliorerait votre santé ? 1. oui 2. non	__
47	Pensez-vous que ce traitement de l'eau à domicile change le goût de l'eau? 1. Oui 2. Non	

Annexe 2 : Paramètres analysés en laboratoire

Tableau 1: Liste des paramètres physico-chimiques et bactériologiques mesurés sur les forages et des références des méthodes

Paramètres	Référence de la méthode	Technique et équipement utilisé
Température	NF T 90-100	Multiparamètre WTW
Turbidité	NF EN 27027 (94)	Néphélométrie - Turbidimètre WTW
Conductivité	NF EN 27888 (94)	Conductimètre
pH	NF T 90-008 (53)	Multiparamètre WTW
Titre alcalimétrique (TA)	NF T 90-003 (84)	Titrimétrie
Titre alcalimétrique complet (TAC)	NF T 90-003 (84)	Titrimétrie
Dureté totale (TH)	NF T 90-003 (84)	Titrimétrie
Dureté calcique (TCa)	NF T 90-003 (84)	Titrimétrie
Bicarbonate	NF T 90-003 (84)	Titrimétrie
Carbonate	NF T 90-003 (84)	Titrimétrie
Chlorures	NF T 90-014 (52)	Argentimétrie
Nitrates	FD T 90-045 adapté	Absorption moléculaire - Spectrophotomètre DR 2000
Nitrites	NF EN 26777 (93)	Absorption moléculaire - Spectrophotomètre DR 2000
Orthophosphates	NF EN 1189 (97) adapté	Absorption moléculaire - Spectrophotomètre DR 2000
Sulfates	NF T 90-040 (86) adapté	Absorption moléculaire - Spectrophotomètre DR 2000
Fluorures	Méthode adapté Hach	Absorption moléculaire - Spectrophotomètre DR 2000
Ammonium	NF T 90-015 adapté	Absorption moléculaire - Spectrophotomètre DR 2000
Arsenic	NF EN ISO 11969	Absorption atomique flamme - SAA 200 Perkin Elmer
Calcium	NF T 90-005	Absorption atomique flamme - SAA 200 Perkin Elmer
Fer	NF T 90-112	Absorption atomique flamme - SAA 200 Perkin Elmer
Magnésium	NF T 90-005	Absorption atomique flamme - SAA 200 Perkin Elmer
Sodium	NF T 90-019	Emission flamme - Spectromètre Jenway
Potassium	NF T 90-019	Emission flamme - Spectromètre Jenway
Plomb	NF T 90-112	Absorption atomique flamme - SAA 200 Perkin Elmer
Chrome	NF T 90-112	Absorption atomique flamme - SAA 200 Perkin Elmer
Cadmium	NF T 90-112	Absorption atomique flamme - SAA 200 Perkin Elmer
Nickel	NF T 90-112	Absorption atomique flamme - SAA 200 Perkin Elmer
Coliformes totaux	NF ISO 9308-1	Méthode par filtration sur membrane
Coliformes fécaux	NF ISO 9308-1	Méthode par filtration sur membrane
<i>Escherichia coli</i>	NF ISO 9308-1	Méthode par filtration sur membrane
Streptocoques fécaux	NF ISO 7899-2	Méthode par filtration sur membrane

Tableau 2: Liste des paramètres mesurés sur les échantillons prélevés au sein des ménages, et des références des méthodes

Paramètres	Référence de la méthode	Technique et équipement utilisé
Température	NF T 90-100	Multiparamètre WTW
Turbidité	NF EN 27027 (94)	Néphélométrie - Turbidimètre WTW
Conductivité	NF EN 27888 (94)	Conductimètre
pH	NF T 90-008 (53)	Multiparamètre WTW
Titre alcalimétrique (TA)	NF T 90-003 (84)	Titrimétrie
Titre alcalimétrique complet (TAC)	NF T 90-003 (84)	Titrimétrie
Dureté totale (TH)	NF T 90-003 (84)	Titrimétrie
Dureté calcique (TCa)	NF T 90-003 (84)	Titrimétrie
Coliformes totaux	NF ISO 9308-1	Méthode par filtration sur membrane
Coliformes fécaux	NF ISO 9308-1	Méthode par filtration sur membrane
<i>Escherichia coli</i>	NF ISO 9308-1	Méthode par filtration sur membrane
Streptocoques fécaux	NF ISO 7899-2	Méthode par filtration sur membrane

Annexe 3 : Résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau des sources

1- Villages formés

Paramètre	Unité	Désignation de la source																		Normes ou préconisation
		P1	P2	P3	W1	W2	W3	W4	D1	D2	D3	D4	T1	T2	T3	T4	N1	N2	N3	
Température	°C	34.1	33.9	32.6	29.4	30.5	33.4	27.0	34.7	32.3	33.2	34.9	33.6	33.6	33.7	33.3	32.4	32.1	32.5	
Turbidité	NTU	0.08	0.00	0.15	0.40	0.70	0.50	0	0.45	0.15	-	0.36	2.7	0.0	0.0	0.1	0	0	0	< 5 NTU
Conductivité	µS.cm ⁻¹	674	609	412	548	648	486	664	459	890	473	428	327	560	181	276	261	339	250	
pH		6.97	6.90	6.80	7.10	7.10	6.47	6.71	6.91	6.80	6.82	6.86	6.5	7.0	6.1	6.4	6.52	6.35	6.48	6,5 – 8,5
Nitrates	mg/L	12.5	18.3	22.4	11.1	14.6	25.3	26	32.4	42.5	38.9	36.4	9.8	10.5	7.4	12.1	26.4	34.8	17.6	< 50 mg/l
Plomb	mg/L	0.03	0.05	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				< 0.01 mg/l
Fer	mg/L	-	-	-	1.12	0.17	0.11	0.16	0.78	0.19	0.21	0.43	2.1	0.3	0.3	2.6	0.25	0.57	0.50	< 0.3 mg/l
Chrome	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	0.10	0.10	-	-	-	-	-	-				< 0.05mg/l

P : forages de Pissy ; W : forages de Wéotenga ; D : forages de Dawaka ; T : forages de Tamidou ; N : forages de Nabitenga.

2- Villages non formés

Paramètre	Unité	Désignation de la source														Normes ou préconisation
		K1	K2	WA1	WA2	WA3	R1	R2	I1	I2	I3	I4	TO1	TO2	TO3	
Température	°C	31.1	31.9	27.2	26.8	27.9	35.7	35.7	34.7	34.9	34.9	35.4	34.6	34.9	34.9	
Turbidité	NTU	1.9	0.5	1.8	1.5	1	1.9	0.7	0.3	0.3	0.6	0.3	0	0.6	0.6	< 5 NTU
Conductivité	µS.cm ⁻¹	383	325	333	464	658	336	658	397	474	623	280	580	598	623	
pH		6.9	7.3	7.5	7.7	7.5	7.6	7.7	7.6	7.5	7.5	7.3	7.8	7.9	7.5	6,5 – 8,5
Nitrates	mg/L	57.9	40.6	37.7	46.2	27.8	7.1	9.8	28.6	30	49	27.9	113.7	24.7	49	< 50 mg/l
Fer	mg/L	0.02	0.02	0.42	0.4	1.54	0.2	0.09	0.22	0.05	0.12	0.07	0	0.49	0.12	< 0.3 mg/l
Chrome	mg/L	0.02	0	0.065	0	0	0	0	0.067	0.077	0	0	0	0	0	< 0.05 mg/l
Cadmium	mg/L	0	0	0.025	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	< 0.003 mg/l
Cuivre	mg/L	0.01	0.02	0.004	0	0	0.004	0	0	0	0	0	0	0		< 0.01 mg/l

K : forages de Kougri ; WA : forages de Wayen ; R : forages de Ramongto ; I : forages de Ipala ; TO : forages de Toyoko.

Annexe 4 : Résultats des paramètres microbiologiques de l'eau des sources

1- Villages formés

Indicateur	Unité	Désignation de la source																		Normes
		P1	P2	P3	W1	W2	W3	W4	D1	D2	D3	D4	T1	T2	T3	T4	N1	N2	N3	
Coliformes totaux	UFC/100 ml	38	2	4	0	20000	23	412	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	25	0 UFC/100 ml
Coliformes thermo-tolérants	UFC/100 ml	34	2	4	0	0	12	259	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	25	0 UFC/100 ml
E.coli	UFC/100 ml	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 UFC/100 ml
Streptocoques fécaux	UFC/100 ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 UFC/100 ml

2- Villages non formés

Indicateur	Unité	Désignation de la source														Normes
		K1	K2	WA1	WA2	WA3	R1	R2	I1	I2	I3	I4	TO1	TO2	TO3	
Coliformes totaux	UFC/100 ml	3	1952	480	9	760	81	112	7	29	0	0	0	0	968	0 UFC/100 ml
Coliformes thermo-tolérants	UFC/100 ml	0	99	25	0	385	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0 UFC/100 ml
E.coli	UFC/100 ml	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 UFC/100 ml
Streptocoques fécaux	UFC/100 ml	0	27	75	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0 UFC/100 ml