



Cranfield
UNIVERSITY

ECOLE NATIONALE
DU GENIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT
DE STRASBOURG

UNIVERSITE DE CRANFIELD

Etude comparative de la qualité microbiologique de l'eau provenant de six types de points d'eau en Ouganda



Mémoire pour l'obtention du diplôme :
Ingénieur diplômé de l'ENGEES

Thomas NUSSBAUMER
Promotion Marne

Septembre 2008



Résumé

La question de la qualité de l'eau provenant de différents types de points d'eau est soulevée par les Objectifs du Millénaire pour le Développement : la cible concernant l'accès à l'eau potable utilise comme indicateur l'accès à des sources améliorées. Une source améliorée est-elle une garantie pour une eau de bonne qualité ?

L'objectif de cette étude, menée en Ouganda dans un district appelé Amuria par trois étudiants de l'université de Cranfield (Royaume-Uni), était de comparer la contamination fécale de l'eau provenant de six types de points d'eau. Durant les six semaines de l'étude 77 forages, 72 puits fermés (scellés et équipés d'une pompe), 30 puits ouverts, 51 sources protégées, 58 installations de collecte d'eau pluviale et 82 points de collecte d'eau de surface ont été testés à l'aide de kits DelAgua. De plus une inspection sanitaire a été effectuée pour chacun de ces points. Ce rapport présente principalement les résultats concernant les forages et les sources protégées. Les résultats relatifs aux autres types de source sont partagés entre les deux autres étudiants ayant participé à l'étude.

Les forages constituent la source la plus sûre avec 68% des points ayant 0 coliformes thermotolérants (CTT) par 100ml, 11% d'entre eux étant au-delà de la norme de potabilité Ougandaise de 50 CTT/100ml. Les sources protégées étaient plus contaminées avec seulement 14% sans aucune trace de contamination et 37% au-delà de la norme Ougandaise. Les autres types de source sont de moins bonne qualité généralement et peuvent être cassées de la manière suivante : eau pluviale (47% au-delà de 50CTT/100ml), puits fermés (71%), puits ouverts (93%), eau de surface (100%).

Le score sanitaire d'un point d'eau n'a pas forcément de relation avec sa contamination effective, notamment parce que le score est calculé sans tenir compte de la différence entre les sources de pollution et les voies de pollution, ainsi que de l'importance des éléments déclencheurs comme la pluie.

Cette comparaison de la qualité des points d'eau pourraient être utilisée dans d'autres lieux et d'autres contextes sous réserve d'une étude préalable concernant l'hydrologie, la géologie, les méthodes et matériaux de construction locaux.



Sommaire

Résumé	2
Sommaire.....	3
Liste des figures.....	4
Liste des tableaux	4
Liste des abréviations	4
1. Introduction	5
2. Apports de la bibliographie	7
2.1. Qualité de l'eau	7
2.1.1. Contaminations chimiques et microbiennes	7
2.1.2. Recommandations de l'OMS et norme Ougandaise	7
2.1.3. Indicateur de contamination fécale	8
2.2. Protection de points d'eau.....	8
2.2.1. Sources	8
2.2.2. Forages	8
2.3. Inspection sanitaire	8
3. Méthode	10
3.1. Lieu de l'étude	10
3.2. Types de point d'eau étudiés	10
3.3. Données collectées.....	11
3.3.1. Contamination fécale	11
3.3.2. Informations de base – Inspection sanitaire.....	11
3.3.3. Pluviométrie	12
4. Résultats	13
4.1. Forages.....	13
4.1.1. Contamination fécale des forages	13
4.1.2. Scores sanitaires des forages	13
4.1.3. Principales faiblesses des forages	14
4.2. Sources protégées	15
4.2.1. Contamination fécale des sources protégées.....	15
4.2.2. Scores sanitaires des sources protégées	15
4.2.3. Principales faiblesses des sources protégées.....	15
4.3. Résultats comparés	16
4.3.1. Contamination fécale	16
4.3.2. Problèmes sanitaires	16
4.3.3. Relation entre le score sanitaire et la contamination fécale	16
4.4. Résultats de l'étude complète	17
5. Discussion	18
5.1. Nombre de points d'eau visités.....	18
5.2. Inspections sanitaires	18
5.3. Indicateur de contamination fécale	18
5.4. Géologie.....	19
5.5. Généralisation des résultats de l'étude.....	19
6. Recommandations et conclusion	20
6.1. Recommandations pour les agences implémentant des points d'eau	20
6.2. Suggestions de recherche pour approfondir l'étude.....	20
6.3. Conclusion	20



Liste des figures

Figure 4.1: Pourcentages de conformité des six types de point d'eau aux recommandations de l'OMS et au standard Ougandais 17

Liste des tableaux

Tableau 1.1: Classification des types de source d'eau 5

Tableau 4.1 : Résultats des tests de contamination des forages 13

Tableau 4.2 : Scores sanitaires des forages 13

Tableau 4.3 : Fréquence des problèmes rencontrés lors des visites de forages 14

Tableau 4.4 : Résultats des tests de contamination des sources protégées 15

Tableau 4.5 : Scores sanitaires des sources protégées 15

Tableau 4.6 : Fréquence des problèmes rencontrés lors des visites de sources protégées 16

Liste des abréviations

E. coli:	Escherichia coli
ONG:	Organisation Non Gouvernementale
CTT:	Coliformes thermotolérants
UNICEF:	United Nations Children's Fund
WEDA:	Wera Development Association
OMS:	Organisation Mondiale de la Santé



1. Introduction

Le septième objectif du millénaire pour le développement contient une cible qui vise à réduire de moitié avant l'année 2015 le pourcentage de personnes n'ayant pas accès à un approvisionnement en eau potable. Or l'indicateur correspondant à cette cible est le pourcentage de personnes n'ayant pas d'accès à une source d'eau de boisson améliorée. La classification entre les sources améliorées et les sources non améliorées est définie par le programme commun OMS/UNICEF de surveillance de l'eau et de l'assainissement (cf. Tableau 1.1).

Ceci soulève la question du lien entre les différents types de sources d'eau et la qualité de l'eau fournie par ces sources. Le programme commun de surveillance de l'eau et de l'assainissement OMS/UNICEF a estimé qu'une source améliorée a plus de chances de donner de l'eau potable, sans pour autant fournir de preuve quantitative sur la qualité de l'eau fournie par

Sources améliorées	Sources non améliorées
Réseau de canalisations	Puits creusé non protégé
Robinet public	Source non protégée
Forage	Vendeurs d'eau
Puits creusé protégé	Camion citerne
Source protégée	Eau de surface
Collecte d'eau pluviale	
Eau en bouteille*	

**L'eau en bouteille n'est considérée comme une source améliorée que s'il y a une source secondaire qui est améliorée.*

Tableau 1.1: Classification des types de source d'eau

chaque type de source. Cette étude a pour but de tester l'eau provenant de suffisamment de points d'eau de chaque type (forages, sources protégées, puits ouverts, puits fermés, eau pluviale et eau de surface) pour avoir une idée précise de la qualité pouvant être espérée.

La zone d'étude a été réduite au maximum pour permettre une bonne comparaison de qualité entre les différents types. Le district Amuria dans la partie Est de l'Ouganda était idéal pour effectuer l'étude : en effet un projet de soutien d'initiatives individuelles pour améliorer les sources d'eau (self-help water supply project) a été mené par une ONG locale (WEDA) entre 2006 et 2008. Chacun des différents types de sources peut donc être trouvé dans cette petite région en quantités suffisantes. Un rapport sur le projet de



soutien relève le fait qu'aucune étude sur la qualité de l'eau n'a été menée lors du projet. Cette étude a donc bénéficié à la fois à une connaissance générale dans le domaine de la qualité de l'eau mais aussi au projet mené par l'ONG WEDA.

Le but de cette étude est d'étudier la qualité microbiologique de l'eau provenant de différents types de source. Ce but principal se décline en quatre objectifs :

- Constituer une revue de littérature.
- Choisir les types de source à tester, localiser les points d'eau et planifier la collecte de données.
- Collecter les données.
- Analyser les résultats et comparer la qualité des différents types de source.

L'étude a été effectuée par trois étudiants de l'Université de Cranfield, chacun d'eux s'étant focalisé sur deux types de source.



2. Apports de la bibliographie

2.1. Qualité de l'eau

2.1.1. Contaminations chimiques et microbiennes

Dans un contexte de pays en développement la contamination microbienne de l'eau de boisson est un paramètre qui a généralement plus de pertinence que la contamination chimique pour plusieurs raisons. Tout d'abord une contamination microbienne produit des effets immédiats après une seule exposition au pathogène contrairement aux contaminants chimiques qui produisent généralement des effets chroniques après une exposition à long terme. De plus les contaminations microbiennes peuvent tuer très rapidement une personne et potentiellement créer une épidémie, tandis que les contaminants chimiques ne se transmettent pas d'un individu à l'autre et provoquent généralement une période de morbidité avant d'entraîner la mort de l'individu.

A cela s'ajoute le fait que pour détecter la plupart des contaminants chimiques un laboratoire d'analyse bien équipé est nécessaire, tandis que la contamination microbienne est beaucoup plus facile à détecter. La contamination microbienne est donc plus pertinente à analyser en priorité dans les pays en développement.

2.1.2. Recommandations de l'OMS et norme Ougandaise

L'OMS recommande qu'aucune bactérie *Escherichia Coli* (E. Coli) ou qu'aucun coliforme thermotolérant ne soit détectable dans un échantillon de 100ml d'une eau destinée à la boisson. Mais dans le cas de pays en développement pour lesquels la contamination fécale des points d'eau est un problème majeur l'OMS suggère l'utilisation d'objectifs intermédiaires pour une amélioration progressive de la qualité de l'eau.

Le Gouvernement Ougandais a fixé la norme pour l'eau potable non traitée à 50 E. Coli/100ml.



2.1.3. Indicateur de contamination fécale

Les textes réglementaires et articles scientifiques concernant la contamination fécale de l'eau utilisent différents indicateurs de contamination fécale : les coliformes totaux, les coliformes thermotolérants, les coliformes fécaux et E. Coli. Le meilleur de ces indicateurs est E. Coli car il est d'origine fécale uniquement contrairement aux autres, cependant il n'est pas un indicateur parfait à cause de sa faible résistance dans l'eau. Les coliformes thermotolérants sont une alternative acceptable à E. Coli d'après l'OMS.

L'Université de Cranfield ayant mis à disposition de l'étude trois kits DelAgua, l'indicateur de contamination fécale choisi a été les coliformes thermotolérants. Le kit DelAgua utilise une méthode de filtration sur membrane pour cultiver les bactéries.

2.2. Protection de points d'eau

2.2.1. Sources

Une source est principalement protégée par trois éléments : une clôture suffisamment grande pour éviter une contamination directe du point d'eau, une gouttière en surface pour protéger le point d'eau des ruissellements et un canal de drainage pour que le lieu de collecte de l'eau par les personnes ne soit pas inondé.

2.2.2. Forages

Une forage est protégé par trois éléments : une clôture, un canal de drainage et un joint sanitaire qui comble l'espace entre le tuyau et le sol avec de la bentonite ou du ciment. Ce joint sanitaire devrait être couplé avec une dalle de béton en surface d'une surface minimale de 1m².

2.3. Inspection sanitaire

Une inspection sanitaire consiste à répondre à une série de questions sur l'environnement et l'état du point d'eau. Chaque réponse 'oui' correspond à une faiblesse de l'installation. Le nombre de réponses 'oui' donne un score de risque



sanitaire qui permet une comparaison avec d'autres points d'eau. Le lien entre le score sanitaire et la qualité de l'eau est peu clair, certaines études ayant trouvé une forte corrélation entre les deux, d'autres n'en trouvant aucune.



3. Méthode

3.1. Lieu de l'étude

L'étude devait se dérouler dans un lieu comportant différents types de point d'eau dans une zone géographique suffisamment réduite pour que les conditions soient homogènes. Le district Amuria (Ouganda) répond à ces critères car aucun réseau de canalisation ne délivre d'eau potable, les gens utilisent donc d'autres types de source, et le projet de soutien d'initiatives individuelles (cf. 1. Introduction) pour améliorer les sources d'eau garantit une variété intéressante dans les points d'eau utilisés par la population.

3.2. Types de point d'eau étudiés

Le choix des types de point d'eau étudiés s'est fait à l'aide de rapports concernant le district Amuria et du conseil d'une ONG locale (WEDA). Les points d'eau étudiés étaient les suivants :

- **Les forages** : percés à l'aide d'une machine et équipés d'une pompe à action manuelle (India Mark II dans cette région d'Ouganda).
- **Les sources protégées** : source protégée par une installation plus ou moins complexe.
- **Les puits ouverts** : creusés à la main ou forés, d'une profondeur inférieure à 20m, laissés ouverts (sans pompe).
- **Les puits fermés** : puits creusé ou foré, équipé d'une pompe (Pompe Nira dans cette région d'Ouganda).
- **Les installations de collecte d'eau pluviale** : systèmes parfois très sommaires permettant de récolter l'eau de pluie tombant sur un toit en tôle. Généralement l'installation est une simple gouttière conduisant l'eau dans un réservoir en plastique ou en béton.



- **L'eau de surface** : points d'eau sans aucune protection, généralement de simples excavations du sol d'une profondeur variant entre 50cm et 1m.

Ces six types de points d'eau ont été partagés entre les trois étudiants de l'équipe de recherche. Il a été décidé que l'auteur s'intéresserait aux forages et aux sources protégées.

3.3. Données collectées

La collecte des données a été effectuée de manière méthodique (village par village) en échantillonnant tous les points d'eau rencontrés. Lorsque 70 points d'eau d'un certain type avaient été visités la recherche se focalisait sur les autres types de point d'eau. Le type en question n'était plus recherché ni échantillonné afin d'essayer d'avoir un nombre équivalent de résultats pour chaque type de source. A chaque point d'eau un échantillon d'eau était prélevé et testé, quelques informations de base étaient collectées et une inspection sanitaire était effectuée. Des données de pluviométrie ont aussi été collectées.

Le partage du travail entre les trois étudiants participant à l'étude s'est fait de manière géographique pour optimiser les déplacements. L'étude a duré cinq semaines et demi entre le 24 mai et le 2 juillet 2008.

3.3.1. Contamination fécale

L'information principale collectée pour chaque point d'eau était la contamination fécale. La mesure de ce paramètre a été effectuée grâce à trois kits DelAgua (fabriqués par l'ONG Oxfam). Le principe de filtration sur membrane puis d'incubation a permis la mesure de la concentration en coliformes thermotolérants dans les échantillons.

3.3.2. Informations de base – Inspection sanitaire

Des informations de base étaient collectées pour chaque point d'eau visité : emplacement (village, paroisse), date et heure de prélèvement, coordonnées GPS, méthode d'échantillonnage, topographie, année de construction, turbidité.



Les inspections sanitaires étaient effectuées selon la méthode de *Lloyd et al.* (1991). Les questions concernaient entre autres la présence de latrine aux alentours du point d'eau, la présence d'autres sources de pollution, l'état de la maçonnerie, l'état de la clôture, l'efficacité du drainage.

3.3.3. Pluviométrie

Les informations sur la pluviométrie avaient deux provenances :

- Un pluviomètre a été installé à Wera Catholic Mission, le lieu de vie de l'auteur durant l'étude, et relevé chaque matin.
- L'aéroport militaire de la ville de Soroti (30km de Wera) a accepté de partager ses relevés de pluviométrie.



4. Résultats

Durant l'étude 77 forages et 51 sources protégées ont été testées et évaluées grâce à une inspection sanitaire.

4.1. Forages

4.1.1. Contamination fécale des forages

Le Tableau 4.1 présente les résultats de contamination fécale des forages et leur répartition par plages. Les résultats sont concentrés près de 0 CTT/100ml (75% des tests révèlent moins de 2 CTT/100ml dans l'échantillon) comme le montre le Tableau 4.1 :

Résultat (CTT/100ml)	Nombre de forages	Fréquence (%)	Valeur minimale (CTT/100ml)	
0	51	66.2	Valeur minimale (CTT/100ml)	0
1-10	11	14.3	Premier quartile (CTT/100ml)	0
11-50	5	6.5	Médiane (CTT/100ml)	0
51-100	4	5.2	Troisième quartile (CTT/100ml)	2
101-550	4	5.2	Valeur maximale (CTT/100ml)	550
Résultat illisible	2	2.6	Moyenne arithmétique (CTT/100ml)	26
Total	77	100	Ecart type (CTT/100ml)	92

Tableau 4.1 : Résultats des tests de contamination des forages

4.1.2. Scores sanitaires des forages

Les scores sanitaires des forages sont compris entre 0 et 6, 0 étant un point d'eau en parfait état sans faiblesse apparente. Le score maximal possible serait 10. Le Tableau 4.2 regroupe les résultats sanitaires des forages.

Score sanitaire	0	1	2	3	4	5	6	7 - 10	Total
Nombre de forages	8	14	17	14	16	3	1	0	73
Fréquence (%)	11 %	19%	23%	19%	22%	4%	1.4%	0%	100%

Tableau 4.2 : Scores sanitaires des forages



Un test de Spearman permet de mesurer la corrélation entre les scores sanitaires et la contamination effective des forages. Le test révèle qu'il n'y a pas de corrélation entre le score sanitaire et la contamination fécale ($Rho = -0,032$ et $p < 0,05$).

4.1.3. Principales faiblesses des forages

Les inspections sanitaires permettent de mettre en évidence les défaillances les plus fréquentes des forages. Ces résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Problème	Nombre de forages présentant le problème (sur un total de 75 forages)	Fréquence (%)
Mauvaise clôture	41	54.7%
Canal de drainage défectueux	39	52.0%
Autre source de pollution à moins de 10m	36	48.0%
Présence d'eau stagnante sur la dalle de béton	34	45.3%
Eau stagnante à moins de 2m de la dalle	18	24.0%
Dalle de béton mesurant moins d'1m de rayon	9	12.0%
Fissures dans la dalle de béton	6	8.0%
Pompe mal fixée sur son socle	1	1.3%
Latrine à moins de 10m	0	0.0%
Latrine la plus proche sur un terrain plus haut que le point d'eau	0	0.0%

Tableau 4.3 : Fréquence des problèmes rencontrés lors des visites de forages



4.2. Sources protégées

4.2.1. Contamination fécale des sources protégées

Les résultats des tests de contamination fécale des sources protégées sont compris dans une fourchette allant de 0 à 1360 CTT/100ml. La distribution de ces valeurs est donnée dans le tableau ci-dessous :

Résultat (CTT/100ml)	Nombre de forages	Fréquence (%)		
0	7	13.7%	Valeur minimale (CTT/100ml)	0
1-10	12	23.5%	Premier quartile (CTT/100ml)	6
11-50	13	25.5%	Médiane (CTT/100ml)	18
51-100	4	7.8%	Troisième quartile (CTT/100ml)	166
101-500	13	25.5%	Valeur maximale (CTT/100ml)	1358
501-1360	2	3.9%		
Total	51	100.0%	Moyenne arithmétique (CTT/100ml)	124
			Ecart type (CTT/100ml)	223

Tableau 4.4 : Résultats des tests de contamination des sources protégées

4.2.2. Scores sanitaires des sources protégées

Les scores sanitaires des sources protégées sont présentés dans le tableau ci-dessous:

Score sanitaire	0	1	2	3	4	5	6	7 - 8	Total
Nombre de sources	4	2	5	6	17	11	4	0	49
Fréquence (%)	8.2	4.1	10.2	12.2	34.7	22.4	8.2	0.0	100

Tableau 4.5 : Scores sanitaires des sources protégées

Le test de Spearman révèle une très légère corrélation entre le score sanitaire et la contamination fécale effective des sources protégées ($Rho = 0,323$ et $p < 0,05$).

4.2.3. Principales faiblesses des sources protégées

Les problèmes rencontrés lors des visites de sources protégées et leurs fréquences sont contenus dans le tableau ci-dessous :



Problème	Nombre de sources présentant le problème (sur un total de 75 sources)	Fréquence (%)
Mauvaise clôture	42	84.0
Canal de drainage défectueux	39	78.0
Canal de déviation du ruissellement défectueux	38	76.0
Contamination possible entre le captage de la source et l'aire de collecte	26	52.0
Autre source de pollution à moins de 10m	20	40.0
Tuyau de collecte sale	13	26.0
Latrine à moins de 10m	0	0.0
Latrine la plus proche sur un terrain plus haut que le point d'eau	0	0.0

Tableau 4.6 : Fréquence des problèmes rencontrés lors des visites de sources protégées

4.3. Résultats comparés

4.3.1. Contamination fécale

Un test de Man Whitney permet d'affirmer avec une probabilité d'erreur inférieure à 10⁻⁶% que les sources protégées sont plus contaminées que les forages.

4.3.2. Problèmes sanitaires

Les deux problèmes les plus fréquemment rencontrés sont les mêmes pour les forages et les sources protégées : une mauvaise clôture et un mauvais drainage. Les principales raisons en sont le manque de maintenance, le manque de compréhension de la population de l'utilité d'une clôture et d'un bon drainage, et finalement une mauvaise conception dès l'origine de certains points d'eau ou l'utilisation de matériaux de mauvaise qualité.

4.3.3. Relation entre le score sanitaire et la contamination fécale

Les inspections sanitaires ne prennent en compte que les éléments du point d'eau visibles à l'œil nu, c'est-à-dire les défaillances de surface. Or une défaillance de surface a plus d'effet pour une source protégée dont l'eau arrive directement sous la surface du sol que pour un forage dont l'eau est naturellement protégée par une épaisse couche de



sol. Ceci explique que la relation entre le score sanitaire et la contamination fécale soit plus forte pour les sources protégées que pour les forages.

4.4. Résultats de l'étude complète

Les résultats présentés dans ce mémoire font partie d'une étude plus large qui concerne six types de points d'eau. Une comparaison de la qualité de l'eau provenant de ces six types est effectuée par la Figure 4.1. Les forages sont la source la plus propre mais ont tout de même 30% de points non conformes aux recommandations de l'OMS (0 CTT/100ml). L'eau pluviale est plus propre que les puits fermés dont seul un tiers est conforme à la norme Ougandaise de 50 CTT/100ml. Les puits ouverts offrent très rarement de l'eau potable.

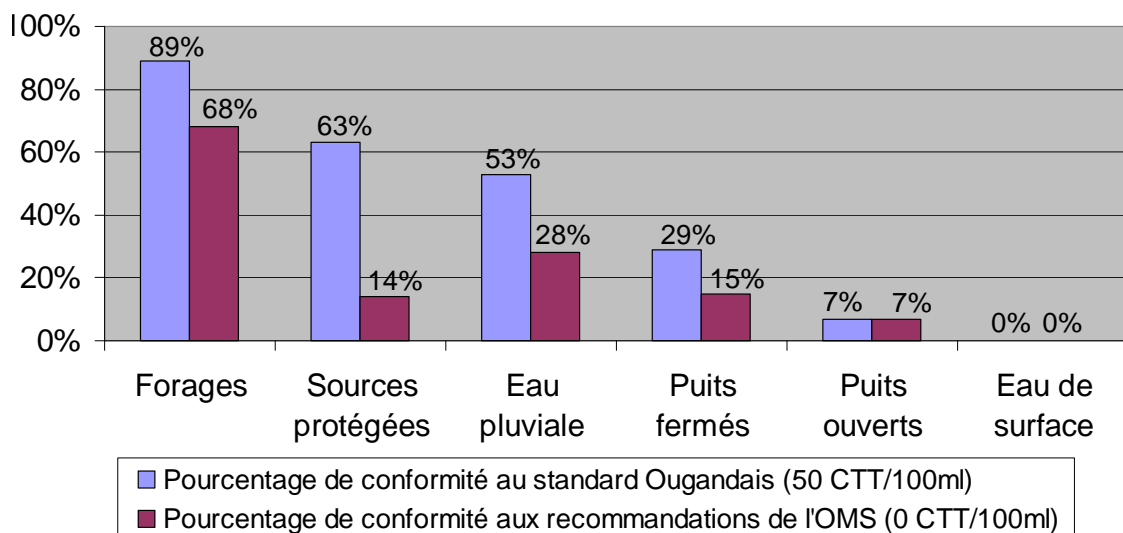


Figure 4.1: Pourcentages de conformité des six types de point d'eau aux recommandations de l'OMS et au standard Ougandais

Les quatre sources les plus « propres » du graphique précédent sont considérées comme améliorées par les Nations Unies, et figurent donc dans les statistiques comme produisant de l'eau potable. Or la réalité est bien différente : selon le type de point d'eau, entre 11 et 71% des points sont contaminés par plus de 50 CTT/100ml.



5. Discussion

5.1. Nombre de points d'eau visités

Le nombre de points d'eau visités a été limité par la durée de l'étude qui n'était que six semaines et par la nécessité d'avoir des nombres de résultats relativement équivalents pour tous les types de points d'eau. Le fait de n'avoir aucune carte des villages de la région, des sentiers et des points d'eau a aussi été un facteur ralentissant.

5.2. Inspections sanitaires

Les inspections sanitaires effectuées dans cette étude sont utiles pour expliquer les résultats de contamination fécale, par contre la méthode de calcul du score sanitaire utilisée n'est pas très pertinente. En effet la simple addition du nombre de faiblesses du point d'eau ne tient aucun compte de la sévérité des déficiences et implique l'hypothèse que chaque question ait le même poids.

En outre la méthode de calcul ne fait aucune différence entre une source de pollution et le chemin qui permet à cette pollution d'atteindre l'eau. Mais l'eau ne devient contaminée que si une source de pollution est combinée avec une voie de contamination. Un troisième élément est souvent nécessaire pour pousser la pollution à travers la voie de pollution : un évènement déclencheur qui est généralement la pluie.

Finalement certaines questions de l'inspection doivent être améliorées pour prendre en compte non seulement la présence des éléments de protection mais aussi leur efficacité. Toutes ces considérations font que le score de risque sanitaire a peu de valeur tel qu'il a été calculé dans cette étude, et expliquent en partie la faible corrélation entre ce score et la contamination fécale.

5.3. Indicateur de contamination fécale

Le choix des coliformes thermotolérants comme indicateurs de contamination fécale a été fait à cause de la disponibilité de kits DelAgua, mais ce choix pourrait être discuté. E. Coli aurait été un indicateur plus précis car certains coliformes thermotolérants



peuvent avoir une origine non fécale. Cependant l'indicateur choisi était facile à mesurer, ce qui était un avantage certain étant donné l'endroit retiré de l'étude. De plus les coliformes thermotolérants sont en grande partie constitués de bactéries E. Coli, or il était plus important dans cette étude de comparer la contamination les sources que de mesurer leur niveau de contamination très précisément.

5.4. Géologie

L'impact de la géologie sur la qualité de l'eau en fait un élément important, cependant l'absence de données a empêché de l'inclure dans l'étude.

5.5. Généralisation des résultats de l'étude

Si les résultats de cette étude comparative sont utilisés dans une autre région d'Ouganda ou dans une autre région du monde certains facteurs doivent être étudiés pour déterminer s'ils influencent un type de source plus qu'un autre. Ces facteurs sont entre autres : l'hydrologie, la géologie, le milieu naturel environnant, la densité de population, les techniques de construction, les matériaux utilisés dans la protection des points d'eau, l'âge des points d'eau.

Toute généralisation précipitée peut facilement faire oublier que chaque point d'eau est unique. Le fait que la santé de personnes dépend de chaque point d'eau impose d'être prudent quant à la généralisation de la comparaison présentée dans cette étude et de baser toute conclusion sur de réelles preuves. Cependant la généralisation peut être un bon outil si elle est utilisée avec prudence et si le contexte local est attentivement étudié. Dans certains cas elle est le seul outil disponible pour estimer la contamination d'une source.



6. Recommandations et conclusion

6.1. Recommandations pour les agences implémentant des points d'eau

- Le manque de maintenance est un problème général de la plupart des points d'eaux visités lors de l'étude. Un renforcement des actions d'éducation de la population est nécessaire.
- Les clôtures devraient être construites suffisamment loin des points d'eaux pour les protéger de toute contamination par des excréments d'animaux domestiques.
- Les canaux de captage du ruissellement pour les sources protégées sont de simples tranchées peu profondes dans le sol qui se bouchent rapidement et perdent leur efficacité. La possibilité d'utiliser des matériaux permanents pour construire ces drains serait à étudier.

6.2. Suggestions de recherche pour approfondir l'étude

- Le résultat comparatif de cette étude peut être transposé à d'autres zones d'études mais les paramètres énumérés en 5.5 doivent être considérés.
- Une étude sur l'efficacité d'une inspection sanitaire améliorée et l'utilisation d'un mode de calcul du score sanitaire plus pertinent (sur la base des remarques faites en 5.2 notamment) serait utile.

6.3. Conclusion

Cette étude prouve qu'une source améliorée ne délivre par forcément de l'eau potable. L'amélioration de la protection d'une source améliore généralement la qualité de l'eau sans pour autant atteindre une qualité suffisante pour être considérée comme potable. La déclaration des *Nations Unies* (2006) disant que la cible concernant l'accès à l'eau potable était en bonne voie pour être atteinte dans les temps cache la réalité : de nombreuses personnes boivent de l'eau non potable provenant de sources améliorées.



**Ecole Nationale du Génie de l'Eau et
de l'Environnement de Strasbourg**

Cranfield
UNIVERSITY

Université de Cranfield

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Diplômes : Ingénieur diplômé de l'ENGEES
Msc. Water Management (*Cranfield University*)

Spécialité : Community Water and Sanitation

Auteur : Thomas NUSSBAUMER

Année : 2008

Titre : « Etude comparative de la qualité microbiologique de l'eau provenant de six types de points d'eau »

Nombre de pages de la notice en français : 20 Texte : 16 Annexes : 0

Nombre de pages du mémoire en anglais : 43 Texte : 37 Annexes : 3

Nombre de références bibliographiques : 35

Structure d'accueil : Cranfield University

Maître de stage : Professeur Ricard C. Carter

Résumé : L'étude a permis de tester 368 points d'eau de six types différents pour comparer leur contamination fécale à l'aide d'un incubateur de type DelAgua. Les forages sont les plus susceptibles de fournir une eau potable, suivis dans l'ordre des sources protégées, des installations de collecte d'eau pluviale, des puits équipés d'une pompe, des puits ouverts et de l'eau de surface. Le score sanitaire obtenu grâce à l'inspection sanitaire effectuée à chaque point visité n'a pas de corrélation avec la contamination fécale effective. La transférabilité de cette comparaison nécessite une étude préalable du nouveau contexte.

Mots-clefs : Qualité de l'eau – Contamination fécale – Forages – Sources protégées – Inspection sanitaire – Objectifs du Millénaire pour le Développement.