

Bonnes pratiques pour la réalisation de forages au Burkina Faso



2017 - Note de mission

Avril 2019

Contexte

Ce document présente l'étude de terrain effectuée en février/mars 2017 sur le secteur du forage au Burkina Faso. Ce travail a été mené dans le cadre de l'Accord de Coopération de Projet (ACP) 2015-2017 établi entre l'UNICEF et la Fondation Skat et intitulé: Striving for Professionalism in Cost-Effective Boreholes (SPICE) (Ouvrer pour le professionnalisme dans les activités de forage à coûts maîtrisés) – Phase IV.

Pour citer cet article

Danert. K, Ouedraogo, JP, Amadou, B et Zombre, A (2018) *Bonnes pratiques pour la réalisation de forages au Burkina Faso – 2017, Note de mission*, Skat Foundation, Direction Générale des Ressources en Eau, Burkina Faso et UNICEF

Contents

Résumé.....	3
Summary	5
Liste des Sigles et Abréviations.....	6
1 Introduction	8
2 Contexte de Burkina Faso.....	9
2.1 Géologie et eaux souterraines.....	9
2.2 Les forages d'eau et réhabilitation.....	11
2.3 Résumé de l'audit de 2013 et 2014	12
3 Les causes sous-jacentes entraînant une faible qualité de la construction de forages	17
3.1 Saison de forage courte.....	18
3.2 Entreprises de forage	19
3.3 Coûts des forage et prix.....	21
3.4 Expertise et expérience.....	22
3.5 Passation de Marches et Contrats.....	23
3.6 Pompe à Motricité Humain.....	24
3.7 Capitalisation de connaissance	24
3.8 Forage Manuel.....	25
4 Code de Bonne Conduite de Forage.....	26
5 Recommandations - Feuille de Route Provisoire.....	29
6 Références	30
Annexe 1 Qualité des eaux souterraines au Burkina Faso.....	33
Annexe 2 Une courte introduction à la corrosion	36
Annexe 3 Agenda.....	39
Annexe 4 Contacts.....	40

Résumé

Au Burkina Faso, le nombre de forages équipés de pompes à motricité humaine (PMH) inutilisables ou qui nécessitent des réparations quelques mois seulement après leur réception est préoccupant. S'il souhaite atteindre ses objectifs en matière d'approvisionnement en eau potable, le Burkina Faso ne peut pas se permettre de construire des infrastructures de mauvaise qualité. Ce document présente les résultats de la mission menée par Skat Foundation, l'UNICEF et le gouvernement du Burkina Faso afin d'objectiver ces enjeux et d'explorer les solutions qui peuvent y être apportées.

Les audits physiques des forages équipés de PMH conduits en 2013 et 2014 au Burkina Faso ont révélé des dysfonctionnements au niveau de la qualité de l'eau, du choix de pompes inadaptées aux profondeurs des forages, et de l'installation de pompes non-conformes. Dans plus d'un tiers des cas, en quelques années à peine les forages équipés de PMH commencent à connaître des avaries, ou cessent parfois même complètement de fonctionner. Le choix de PMH de piètre qualité et les malfaçons dans l'exécution des ouvrages génèrent des pertes estimées entre 0.6 milliards de FCFA (€0.9 million) et 2.9 milliards de FCFA (€4.5 million). En un an, plus de 130 000 personnes ont bénéficié d'un service d'approvisionnement en eau potable qui tombera probablement en panne d'ici quelques années.

Bien que la corrosion des PMH soit un problème identifié depuis plus de 30 ans, cette corrosion demeure un sujet d'actualité au Burkina Faso. Les gouvernements et les agences d'aide au développement ont continué d'installer des pompes fabriquées à partir de matériaux inadaptés, générant ainsi des coûts d'entretien élevés, de multiples avaries et de nombreux cas de rejet des points d'eau par les communautés déçues de la mauvaise qualité de l'eau obtenue. La corrosion des PMH est un problème majeur d'ampleur internationale, auquel le secteur EAH n'a toujours pas réussi à trouver de solutions systémiques et qui risque d'enrayer la réalisation de l'Objectif de Développement Durable n°6 au Burkina Faso comme dans d'autres pays.

La mauvaise qualité d'exécution des ouvrages au Burkina Faso résulte d'un écheveau de causes sous-jacentes : la brièveté de la saison de forage, surtout pour les programmes alignés sur le cycle financier de l'année administrative ; le manque de réglementation des opérations de forages ; le manque d'actualisation des prix de référence ; le manque de personnel suffisamment qualifié et expérimenté, dans le secteur public comme dans le secteur privé ; les contrats clés-en-main et l'absence de sanctions vis-à-vis des autorités régionales ou des entreprises privées qui n'accomplissent pas leurs missions. Le manque de données sur les campagnes de forages et d'installation de PMH précédentes, ainsi que la qualité médiocre des pièces composantes des PMH (notamment « l'acier inoxydable » des colonnes d'exhaure India Mark II) s'avèrent tout aussi problématiques.

Les dernières formations sur le forage ont été organisées en 2006-2008, il y a plus de dix ans maintenant. Certaines entreprises de forage, bureaux d'études et directions régionales ont la chance qu'une partie de leur personnel ait été formé précédemment dans le secteur public et puisse désormais jouer le rôle de mentor auprès de leurs collègues. Toutefois, le nombre de techniciens et de responsables formés dans les règles de l'art diminue chaque fois que ces

personnes partent en retraite ou changent d'emploi. Il y aura bientôt toute une génération d'employés au Burkina Faso qui n'aura reçu aucune formation formelle ni aucun mentorat de ceux qui avaient déjà été formés au forage et à la supervision. Dans tous les cas, tant que la durée de la saison de forage ne sera pas davantage étendue, même les employés formés auront du mal à accomplir l'ensemble de leurs missions de façon optimale et professionnelle car ils doivent piloter un trop grand nombre d'opérations dans un laps de temps extrêmement limité.

En conclusion, la mission recommande de consolider le secteur du forage au Burkina Faso, notamment par : l'instauration d'un dialogue régulier entre le gouvernement et le secteur privé, l'étude et le renforcement des capacités pour à la fois la réalisation des forages et la gestion des contrats, des efforts pour allonger la durée très courte de la saison de forage, des études sur la qualité des pièces composantes des PMH, l'amélioration de la collecte et du traitement des données des campagnes de forage, et l'élaboration d'un code national de bonnes pratiques pour les opérations de forage.

Summary

In Burkina Faso, concerns have been raised regarding the high number of handpump boreholes that have failed, or need to be rehabilitated within a relatively short time of their initial construction. If Burkina Faso is to reach its drinking water supply targets it cannot afford poor quality works. This document reports on a mission by Skat Foundation, UNICEF and the Government of Burkina Faso to document and explore ways of addressing the problems faced.

Physical audits of handpump boreholes in 2013 and 2014 in Burkina Faso raise concerns over water quality, inappropriate handpump for deep water and non-conformant pumps. In more than one third of cases, the handpump boreholes will function poorly, or cease to function completely within a few years. It is estimated that investments of between FCFA 0.6 billion (€0.9 million) and FCFA 2.9 billion (€4.5 million) per year are lost due to the installation of poor quality handpumps and other aspects of the construction. In one year, over 130,000 people were provided a water supply service that is likely to break down within a few years.

Despite knowledge of handpump corrosion for over 30 years, corrosion remains a problem in Burkina Faso, as governments and aid agencies have continued to install pumps manufactured with unsuitable materials, leading to high maintenance costs, pump failure and rejection of water sources due to poor water quality. Handpump corrosion is a major global problem which the WASH sector has so far, systemically failed to address, and which will impede the realisation of Sustainable Development Goal 6, not only in Burkina Faso.

The poor construction quality of boreholes in Burkina Faso has several underlying causes, i.e. the short drilling season, particularly in programmes which have to adhere to the annual cycle of the government financial year; lack of regulation of who is permitted to drill; lack of up-to-date reference prices; lack of sufficient skilled and experienced personnel in the public and private sector; turnkey contracts, poor quality handpump components (particularly the “stainless steel” India Mark II rising main) and a lack of sanctions for regional governments, or private enterprises that do not perform. Further issues include the lack of data available for previous drilling.

The last training courses with respect to borehole drilling were undertaken in 2006-2008, now over 10 years ago. Some drilling enterprises, consultancies and regional directorates are fortunate to have staff who were trained previously in the public sector and who can mentor others. However, as people move on or retire, trained technicians and managers are decreasing in number. There will soon be a generation of staff in Burkina Faso who have received no formal training, or any form of mentoring from those trained in borehole drilling or supervision. However, until the bottleneck of a very short drilling season is overcome, even trained staff will remain constrained to undertake a professional job as there is too much to oversee in an extremely short period of time.

The mission concluded with recommendations to strengthen the borehole drilling sector in Burkina Faso, i.e.: dialogue between the government and private sector, a study into capacity for contract award and drilling, efforts to address the very short drilling season, studies to examine the quality of pump components, improving data from borehole drilling, capacity strengthening and the development of a national code of conduct for borehole drilling.

Liste des Sigles et Abréviations

SIGLES ET ABREVIATIONS	SIGNIFICATIONS
2IE	: Institut International pour l'Eau et l'Environnement
ABNORM	: Agence Burkinabé de la Normalisation
ABS	: Appui Budgétaire Sectoriel
AEPS	: Adduction d'eau Potable Simplifié
AGETEER	: Agence d'Exécution des Travaux d'Eau et d'Equipeement Rural
ANP-SEBAP	: Association Nationale des Professionnels du Secteur de l'Assainissement et de l'Eau Potable du Burkina
CGAB-CSLP	: Cadre Global d'organisation des Appui Budgétaire du Cadre Stratégique de Lutte Contre la Pauvreté
CNIEau	: Centre National de documentation de l'Information d'Eau
CNSS	: Caisse Nationale de Sécurité Sociale
CRP	: Comité Régional de Pilotage
DANIDA	: Département Danois pour le Développement
DFID	: Department for International development
DGAEUE	: Direction Générale de l'Assainissement des Eaux Usées et Excrétas
DGRE	: Direction Générale des Ressources en Eau
DHS	: Demographic and Health Statement
DREAHA	: Direction Régionale de l'Eau, des Aménagements Hydrauliques et de l'Assainissement
EHA	: Eau, Hygiène et Assainissement
FEER	: Fonds de l'Eau et de l'Equipeement Rural
IFU	: Identifiant Fiscal Unique
INOH	: Inventaire Nationale des Ouvrages Hydrauliques
IOTA	: Instillations, Ouvrages, Travaux et Activités
MAH	: Ministère de l'Agriculture et de l'Hydraulique
MAHRH	: Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques
MARHASA	: Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques, de l'Assainissement et de la Sécurité Alimentaire

MATD	:	Ministère de l'Administration Territoriale de la Décentralisation
MC	:	Ministère du Commerce
MEA	:	Ministère de l'Eau et de l'Assainissement
MECV	:	Ministère de l'Environnement et du Cadre de vie
MEE	:	Ministère de l'Eau et de l'Environnement
MEF	:	Ministère de l'Economie et des Finances
MFB	:	Ministère des Finances et du Budget
NTU	:	Norme Technique Universelle
ODD	:	Objectifs du Développement Durable
OMD	:	Objectifs du Millénaire pour le Développement
PAGIRE	:	Plan d'Action pour la Gestion Intégrée des ressources en Eau
PEM	:	Point d'Eau Moderne
PH	:	Pompe Hydraulique
PM	:	Pompe manuelle
PN-AEPA	:	Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable et d'Assainissement
PRES	:	Présidence
RWSN	:	Acronyme en anglaise du Rural Water Supply Network (Réseau pour L'Eau Rural)
SONATER	:	Société Nationale des Travaux de l'Équipement Rural
UE	:	Union Européenne
UNICEF	:	Fonds des Nations Unies pour l'Enfance
USA	:	United States of America

1 Introduction

Le Gouvernement du Burkina Faso a adopté le 14 décembre 2006 un Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable et d'Assainissement (PN-AEPA) à l'horizon 2015. Le PN-AEPA concrétise l'approche programme retenue par le Gouvernement pour l'atteinte des Objectifs du Millénaire pour le Développement du (OMD) dans le domaine de l'AEPA. Dans le cadre de la mise en œuvre de l'Appui Budgétaire Sectoriel (ABS) au secteur de l'eau potable et de l'assainissement, trois partenaires au développement membres du « CGAB-CSLP » que sont l'Union Européenne, la Suède et le Danemark, doivent effectuer sur la période 2010-2015, des décaissements au titre de leurs appuis respectifs pour un montant cumulé d'environ 61,230 Milliards de FCFA.

Le PN-AEPA est mis en œuvre par le Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques, de l'Assainissement et de la Sécurité Alimentaire (MARHASA), les 13 Directions Régionales de l'Eau, des Aménagements Hydrauliques et de l'Assainissement (DREAHA) (Centre, Nord, Centre-Nord, Sahel, Est, Centre-Est, Plateau Central, Boucle du Mouhoun, Hauts Bassins, Cascades, Sud-Ouest, Centre-Ouest, Centre-Sud), la Direction Générale des Ressources en Eau (DGRE), la Direction Générale de l'Assainissement des Eaux Usées et Excrétas (DGAEUE), les Agences de maîtrise d'ouvrage déléguée (AGETEER, FEER, devenu SONATER), les Prestataires et les Communes.

Les audits techniques et financiers de 2013¹ et 2014² (Cabinet NTU international A/S, 2013 et 2014), qui ont été réalisés tous les deux entre décembre 2015 et février 2016, révèlent plusieurs faiblesses par rapport à la qualité des infrastructures d'eau et d'assainissement construits et réhabilités, y compris les forages équipés de pompes manuelles. Il y a aussi matière à inquiétude lorsque l'on prend en compte le nombre relativement élevé de forages qui s'avèrent être improductifs, ou qui doivent être réhabilités dans un temps relativement court après leur construction. Pour que le Burkina Faso atteigne ses objectifs en matière d'approvisionnement en eau potable, il ne peut pas se permettre des infrastructures de mauvaise qualité.

La division des programmes d'UNICEF (New York, USA) travaille avec Skat Foundation (Suisse) sous les auspices du RWSN (acronyme en anglaise du Réseau pour L'Eau Rural) pour soutenir les processus au niveau des pays qui améliorent les standards professionnels des forages dans plusieurs pays en Afrique. En 2016, cette collaboration a permis la publication d'une note d'orientation sur la professionnalisation des forages d'eau (UNICEF/Skat Foundation, 2016), quatre films d'animation courts et a inclus des services de soutien à trois pays. A la suite d'une

¹ Les échantillons ont été constitués sur une base statistique suffisante, tout en reflétant la diversité des entreprises de travaux et la localisation géographique des ouvrages.

² 38 % des PEM ont été enquêtés, 14% des PEM ont subi un examen approfondi. PEM: les échantillons ont couvert l'ensemble des régions sauf celle de la Boucle du Mouhoun. Dans cette Région l'exécution du contrat a enregistré un retard. Les forages n'ont pas encore été équipés de pompe à main.

demande d'UNICEF Burkina Faso, il a été convenu que Skat Foundation ferait une courte mission au Burkina Faso pour soutenir le gouvernement et les partenaires afin d'élaborer une feuille de route pour le développement d'un code de bonne conduite, et pour améliorer la qualité de la construction des forages.

Une équipe comprenant Jean Paul Ouedraogo (UNICEF), Balima Amadou et Adama Zombre (DGRE) et Kerstin Danert (Skat Foundation) ont revu la documentation, et discuté des expériences liées au processus entier, allant de la planification de projet à la mise en exploitation avec une quarantaine de parties prenantes (à travers des entretiens semi-structurés en tête-à-tête et des discussions de groupe) pendant une période de deux semaines, du 20 février au 3 mars 2017. La mission se conclut avec un atelier multipartite le 6 mars. Ce rapport a été présenté à l'atelier pour discussion.

Ce rapport présente les conclusions principales de la mission, y compris un résumé du statut des activités de forages, qui s'appuie en premier lieu sur les rapports d'audit de 2013 et 2014 ainsi que d'autres documents sélectionnés. Afin de rassembler les problèmes et les idées liés à l'amélioration de la qualité des forages équipés de pompes manuelles, le rapport décrit six points à considérer. Le rapport contient une feuille de route provisionnelle pour améliorer la qualité des forages, et une liste préliminaire de thèmes qui devraient être considérés pour être inclus dans un code de conduite pour les forages. .

2 Contexte de Burkina Faso

2.1 Géologie et eaux souterraines

La géologie du Burkina Faso est composée principalement de roches cristallines du Précambrien, à laquelle s'ajoute une couche d'argile érodée (mort-terrain) qui fait entre 20 et 100 mètre de profondeur. A ces couches s'ajoute typiquement une couche de latérite érodée (riche en fer et solidifiée). Il y a également des couches intercalées de roches cristallines plus récentes du Birimien. Groen et al (1998) note que les niveaux d'eaux souterraines dans le socle rocheux au nord-ouest du Burkina Faso sont à 10-60 mètres en dessous de la surface, avec une variation saisonnière de 1-2 mètre. Les zones proches de la frontière à l'ouest et quelques zones dans le nord reposent sur de la roche sédimentaire. Les puits creusés à la main et les mares saisonnières sont les sources d'eau traditionnelles du pays. Il y a des réserves d'or au Burkina Faso, généralement situées avec le quartz et quelquefois des minéraux sulfurés dans les veines dans plusieurs zones dans le socle cristallin (principalement les roches plus jeunes d'origine Birimien).

De plus en plus, les eaux souterraines sont captées par des forages ou des puits tubés, typiquement équipés avec des pompes manuelles. D'après BGS et WaterAid (2002) les forages captent les eaux souterraines provenant de fractures dans le socle rocheux tandis que les puits creusés à la main captent les eaux souterraines dans le mort-terrain érodé. Il y a relativement peu d'AEPS dans les zones rurales ; ceux-ci sont approvisionnés par les eaux souterraines.

Malgré le fait que plus de 45,000 forages sont déjà forés au Burkina Faso (MAH, 2011 plus 7,000 estimée), il n'y a pas de cartes hydrogéologiques régionales.

Annexe 1 résume les problèmes liés à la qualité des eaux souterraines au Burkina Faso. On peut noter en particulier que les eaux agressives (c'est à dire avec un $\text{pH} < 7$) sont répandues dans le pays, ce qui peut causer la corrosion des pompes manuelles (Encadré 1).

Encadré 1 : Corrosion des pompes manuelles

La corrosion des pompes manuelles peut causer des changements importants dans la qualité de l'eau si la pompe n'est pas utilisée pendant plusieurs heures. Le résultat est que l'eau devient rouge le matin après que la pompe soit restée au repos pendant la nuit.

La corrosion est un des aspects de la faible qualité de l'eau provenant d'un forage. En dépit du fait que les problèmes liés à la corrosion des pompes manuelles soient connus depuis plus de 30 ans, la corrosion reste un problème, car les gouvernements et les donateurs continuent d'installer des pompes construites avec des matériaux contre-indiqués, ce qui a pour conséquence des coûts de maintenance élevés, des panne de forages, et le rejet de la source d'eau du fait de sa pauvre qualité (Nekesa et al, 2016). Ceci est un problème que le secteur EAH n'est pas parvenu à résoudre, et qui va poser problème quant à l'atteinte de l'ODD 6. Voir l'annexe 2 pour une courte introduction à la corrosion.



MAHRH (2009a) a constaté que certains points d'eau considérés comme impropre à la consommation (teneurs élevées en arsenic et nitrates) ont été équipés.

Cependant, étant donné que cette brève revue est basée sur des études réalisées en 1994 et 2002, un travail plus approfondi est recommandé afin de synthétiser des informations plus récentes de la littérature académique ou d'autres publications, ainsi que dans les bases de données nationales et les relevés de forage de puits. La pollution des eaux souterraines est un sujet qui demande plus d'attention en particulier.

2.2 Les forages d'eau et réhabilitation

Les eaux souterraines et les forages équipés de pompes manuelles (PEM) en particulier sont essentiels à l'approvisionnement en eau potable et à un coût abordable pour la population du Burkina Faso. D'après les données de DHS de 2010, les eaux souterraines sont la source d'approvisionnement principale pour 86% de la population rurale et 21% de la population urbaine respectivement. La proportion de la population bénéficiant d'un forage en 2010 était estimée à 54% en milieu rural et 11% en milieu urbain, en hausse depuis 1999 lorsque ces indicateurs étaient à 41% et 8% respectivement.

Le nombre de forages dans le pays continue d'augmenter, grâce à PN-AEPA et d'autres partenaires qui ont installé plus de 3,800 forages (PEM) entre 2014 et 2016 (Tableau 2). Le tableau 3 donne une vue d'ensemble des forages réalisés pour chacune des 13 régions en 2016 par le PN-AEPA et ses partenaires. Il est à noter qu'au niveau national, entre 24% et 34% des travaux de forages réalisés entre 2014 et 2016 étaient des travaux de réhabilitation. En 2016, les travaux de réhabilitation représentaient plus d'un tiers des travaux de forage.

Tableau 2 Situation d'exécution physique des ouvrages d'AEP (MEA, 2017b)

Types d'ouvrages	2014	2015	2016	2014 à 2016
Forage réalisé (a)	1350	1387	1089	3826
Réhabilitation réalisée (b)	708	404	339	1451
Proportion de travaux de forage liés à la réhabilitation (b)/(a+b)	34%	23%	24%	27%

Tableau 3 Réalisations des forages neufs et réhabilités en 2016 (PN-AEPA et Partenaires)

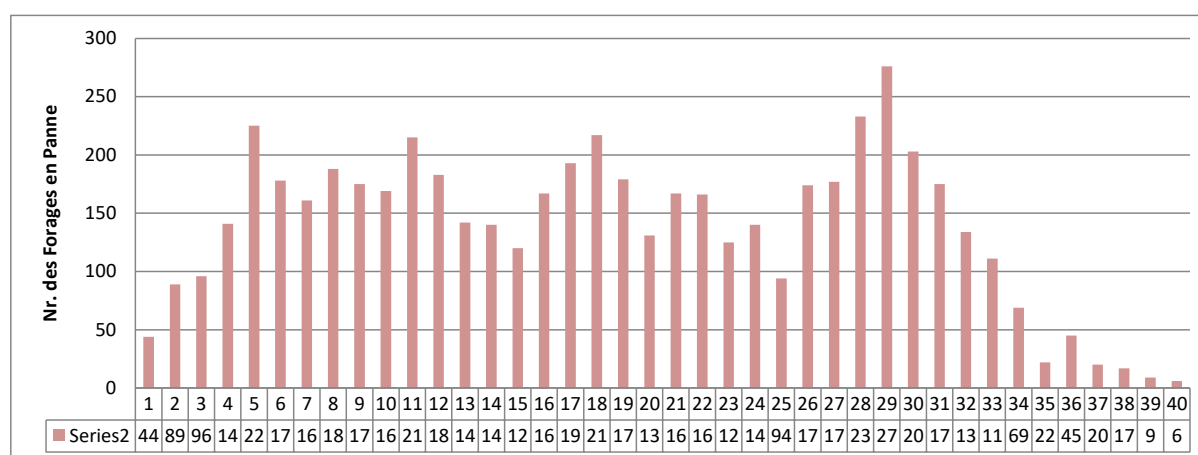
Régions	Forages neufs		Total (x)	Forages réhabilités (y)	Proportion de travaux de forage liés à la réhabilitation (y)/(x+y)
	Issues de la programmation	Hors programmation			
Boucle du Mouhoun	61	34	95	55	37%
Cascades	53	36	89	54	38%
Centre	24	26	50	54	52%
Centre-Est	158	74	232	37	14%
Centre-Nord	126	15	141	22	13%
Centre-Ouest	62	58	120	141	54%
Centre-Sud	143	70	213	19	8%
Est	128	58	186	55	23%
Hauts-Bassins	48	16	64	1	2%
Nord	93	34	127	8	6%
Plateau Central	53	48	101	36	26%
Sahel	74	12	86	54	39%
Sud-Ouest	66	49	115	13	10%
National	1089	530	1619	549	25%

Source: Rapports 20èmeCRP ; INO 2016 (MEA, 2017a)

Une analyse détaillée de l'âge et des causes liée à la réhabilitation des forages était au delà du cadre de cette étude. Cependant, la Figure 1 montre la distribution de l'âge de plus de 5682 forages ne fonctionnant pas d'après la DGEF. Il est à noter que 133 de ces forages étaient construits un à deux ans auparavant. Si on assume que ceux-ci ont été construits en 2014 et 2015, cela veut dire que presque 5% des forages ne fonctionnent plus dans les deux premières années après leur construction³. Les audits de 2013 et 2014 révèlent que la fonctionnalité a diminué de 6,5% en deux ans de service et de 4% après seulement un an (Tableau 4 et 5).

Les études revues suggèrent que lorsque les pompes manuelles deviennent non-fonctionnelles aussi rapidement, cela est dû à la faible qualité de la construction ou de l'installation de la pompe plutôt que la gestion inadéquate de la pompe par la communauté. Ce problème est abordé dans le chapitre issu 3.

Figure 1 Nombre des forages en panne en fonction de l'année de construction



2.3 Résumé de l'audit de 2013 et 2014

Les tableaux 4 et 5 résument les conclusions principales et les recommandations des audits de 2013 et 2014 pour PEM. En plus de la réduction alarmante de la fonctionnalité des forages rapidement après leur construction (voir ci-dessus), l'audit mentionne également des problèmes liés à la qualité de l'eau (10% des sources en 2013), l'utilisation des pompes manuelles inappropriées pour les aquifères profonds (dans la Région du Nord); les superstructures non conformes (57% en 2013; 59% en 2014) et les infrastructures non-conformes, c'est-à-dire la pompe (32% en 2013 ; 34% en 2014). Donc dans plus d'un tiers des cas, le PEM fonctionnera de manière inadéquate, ou cessera de fonctionner complètement après quelques années. Si on prend la moyenne de coût en 2014 de 6,603,000 FCFA (Tableau 6), et notant que 1350 PEM ont été réalisés par le programme en 2014, cela se traduit par une perte financière estimée entre 0,29 milliards de FCFA (€450,000) et 2,9 milliards de FCFA (€4,5

³ Tableau 2 : forages / forages nouveau (2014 and 2015) = $133 / (1350 + 1387) = 4.9\%$

million) en une année⁴. Cela veut dire que 133,650 personnes ont accès à un service d'eau qui va probablement arrêter de fonctionner dans quelques années, même si ils parviennent à établir un comité de gestion, à être formés, à avoir accès à des pièces de rechange et à lever des fonds pour la maintenance, parce que leur point d'eau est inférieur au standard.

Le contrôle physique des réalisations des ouvrages comprenant de 2013 et 2014 a inclut une description de la qualité de la superstructure en entier et certaines observations sur la pompe. Bien que cela donne quelques informations, la plupart du travail se passe en fait sous la surface. L'audit de 2015 devrait considérer une inspection de la partie enterrée avec une caméra d'inspection de forage (diagraphie – Figure 2) pour vérifier le tubage, le filtre et l'aménagement du puits. Ces données, combinées à des mesures de profondeur, de niveau d'eau statique et de verticalité doivent être comparé avec les données de la fiche technique.

Figure 2 La caméra d'inspection de forage (diagraphie)



⁴ 33% de 1350 = 447.5 équipements tomberont probablement en panne. $447.5 \times 6\,603\,000 = 2.94$ milliards. Ce chiffre estimatif est à diviser par dix si l'on suppose que seule la pompe doit être remplacée, soit $2.92/10 = 0.29$ milliards.

Tableau 4 : PEM - Résumé des constatations et des recommandations de l'audit 2013

Résumé des constatations :

1. 6% des forages de l'échantillon **n'ont pas été inspectés**⁵.
2. Les plaques **d'identification** existent dans 43% des cas.
3. Dans la moitié des cas **les fiches de forage** ont été remplies (49,1%).
4. 10% des PEM dont la **qualité** élève des doutes pour les usagers : ces doutes sont liés à **couleur et l'odeur de l'eau**. Aucune analyse bactériologique ou physico-chimique n'a été faite pour confirmation. Certains forages ont été mis en service alors que les résultats des analyses, notamment physico-chimiques n'étaient pas concluants. Les régions concernées sont les Hauts-Bassins, le Nord et le Sud-Ouest
5. Le **type de pompe** India II a été choisi par les entreprises pour la grande majorité des forages réalisés. Ce type de pompe est confronté à une usure prématurée lorsque **la profondeur de pose est supérieure à 40 m** et ce particulièrement dans la Région du Nord où le niveau statique est très profond et les profondeurs des forages assez élevées
6. 57% des PEM ont des **superstructures qui ne sont pas conformes** (fissure, épaufrage des dalles, abreuvoir fissurés et mauvaise dalle du puisard d'assainissement).
7. 32% des PEM ont une **infrastructure non conforme**. C'est une non-conformité majeure qui influe gravement la viabilité des PEM : qualité et corps de pompe, tuyau, tringlerie et dispositif de pompage externe ;
8. En termes de maintenance, 48% des PEM présentent **déjà des dégradations** visibles de la superstructure et de l'infrastructure. Le taux de fonctionnalité des PEM est tombé à 93.5% après deux ans de service.

Recommandations :

- 10% des PEM doivent être fermés immédiatement à cause de la mauvaise qualité de l'eau : Respectivement 1 PEM chacun dans les Régions de la Boucle du Mouhoun, du Nord, 3 PEM dans la Région des Hauts-Bassins et 4 PEM dans la Région du Sud-Ouest;
- 32% des PEM doivent subir une réhabilitation de l'infrastructure dans le court terme afin d'éviter le risque de perdre le ouvrage dans le moyen terme ;
- 57% des PEM doivent subir une reconstruction de leur superstructure (mur de clôture, margelle, abreuvoir, puisard) afin de créer les conditions pour assurer l'hygiène et l'assainissement autour des points d'eau.

⁵ En raison de choix de site de remplacement ou d'autres raisons. L'auditeur n'a pas pu attester physiquement de leur existence.

Tableau 5 : PEM - Résumé des constatations et recommandations de l'audit 2014

Résumé des constatations :

1. 96% d'ouvrages réalisés ont été **retrouvés** par le Consultant⁶.
2. Les plaques d'identification conformes existent seulement dans 22% des cas.
3. 63,44% **des fiches de forage** ont été remplies.
4. Sept (7) PEM, soit 4.7% de l'échantillon ont une **qualité d'eau** non conforme alors qu'ils ont été mis en service.
5. Le **modèle de pompe** India II a été choisi pour 87% des forages. Dans plusieurs cas ce modèle présente une grande pénibilité au pompage et est soumis à des usures prématurées pour les profondeurs d'installation supérieures à 40 m.
6. Plus de 59% des forages ont **des superstructures non conformes**. Les non-conformités sont liées à une mauvaise exécution du génie civil : ouvrages sans fondation suffisante, mauvaise qualité de la mise en oeuvre du béton et pentes et dimensions insuffisantes.
7. 34% des PEM ont des **problèmes avec leur infrastructure** : les principales non-conformités sont liées à la qualité de la pompe, des tuyaux et des tringles qui sont en acier galvanisé, l'absence de guides tringle. Deux forages ont révélés des problèmes de verticalité tandis que le développement de plusieurs forages (soufflage, équipement) n'a pas été correctement exécuté, vérifiable par la qualité de l'eau.
8. 90.5% de pompes auditées **fonctionnent** bien et 5.5% au niveau acceptable, tandis que 4% ont un niveau insuffisant.

Recommandations :

- 5% des PEM doivent être fermés immédiatement à cause de la mauvaise qualité de l'eau : Respectivement 1 forage chacun dans les Régions du Centre-Est, du Centre-Nord, du plateau Central, trois dans la Région du Sahel et un forage dans la Région du Sud-Ouest qui a besoin d'un soufflage;
- 34% des PEM doivent subir une réhabilitation de l'infrastructure dans le court terme afin d'éviter de faire un programme de réhabilitation dans les années à venir ;
- 59% des PEM doivent subir une reconstruction de leur superstructure (mur de clôture, margelle, abreuvoir, puisard) afin de créer les conditions pour assurer l'hygiène et l'assainissement autour des points d'eau.
- La DR doit veiller à la correction des non-conformités avant la réception définitive des ouvrages

⁶ Les explications de l'existence des PEM non retrouvés sont liées à des changements de site. Elles ont souvent été fournies après que le Consultant ait fini ses travaux de terrain, sans possibilité, faute de temps, de procéder aux vérifications.

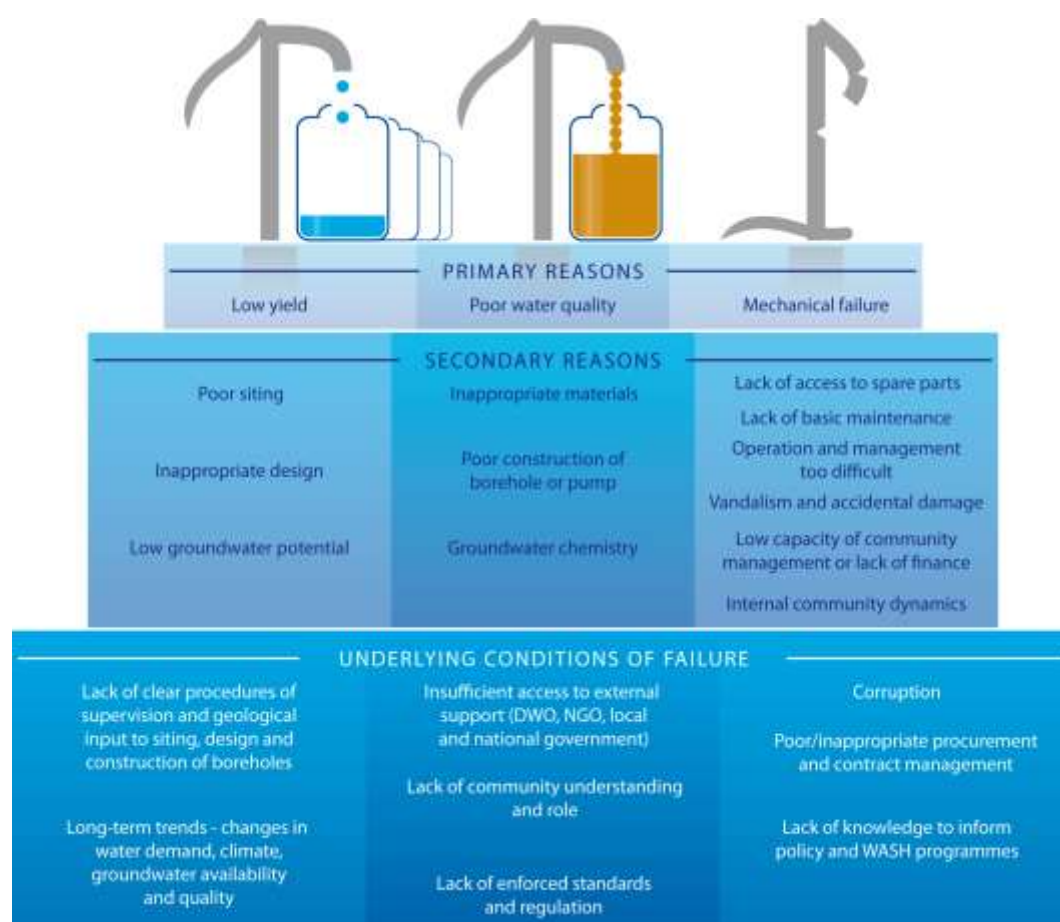
Figure 3 : Photos sélectionnées de l'audit de 2014



3 Les causes sous-jacentes entraînant une faible qualité de la construction de forages

Le problème de la pauvreté de la qualité de la construction des forages n'est pas confirmé au Burkina Faso, comme le montre les conclusions de la note d'orientation sur la professionnalisation des forages de puits d'eau de UNICEF/Skat (2016). Un nombre d'études ont documenté ces problèmes. *"Hidden Crisis"* est un projet de recherche en cours, financé par DFID au sein du programme UPGro qui essaie de comprendre les causes sous-jacentes de la panne des forages. La figure 4 montre que la raison principale de la panne des pompes peut être un débit faible, une qualité de l'eau amoindrie, ou une panne mécanique. Ces causes principales sont dues à des raisons secondaires, y compris un mauvais choix d'emplacement, ou un design inapproprié. A leur tour, ces raisons découlent de causes sous-jacentes, qui incluent l'absence de procédures ou l'insuffisance de personnel qualifié. Afin d'améliorer la qualité, il est essentiel que ces raisons soient identifiées et résolues. Il est important de noter que les communautés peuvent refuser de payer pour des réparations sur un forage qui a été mal construit ou situé dès le départ.

Figure 4 Raisons primaires, secondaires et causes sous-jacentes des pannes liées aux pompes manuelles et aux forages (Bonsor et al, 2015)



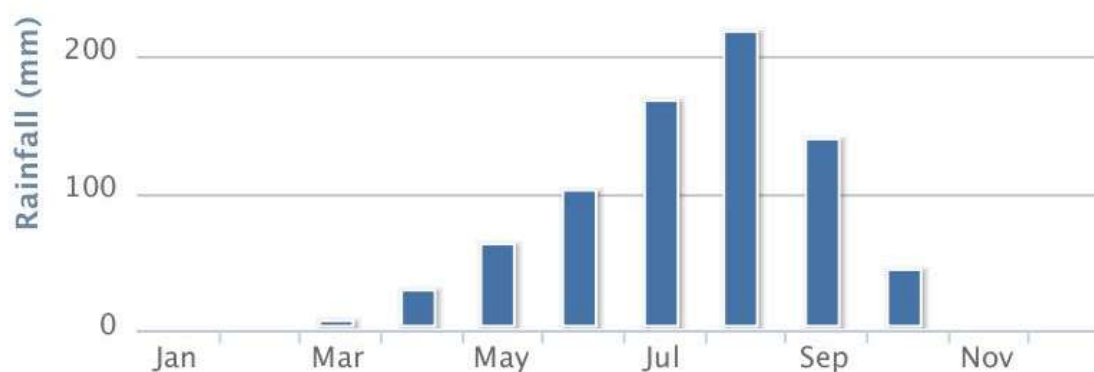
Les parties prenantes sont conscientes que la mauvaise qualité de construction des forages au Burkina Faso a plusieurs causes. Les entretiens avec les parties prenantes clés du secteur et les discussions de groupe ont permis de mettre en avant plusieurs problèmes importants: la courte durée de la saison de forage, en particulier les programmes qui sont régis par le cycle annuel de l'année fiscale du gouvernement; l'absence de régulation clarifiant qui a le droit de forer; l'absence de prix de références mis à jour; l'absence de personnel expérimenté et ayant les capacités nécessaires dans le secteur public et privé; les contrats de forage "clé en main", la faible qualité des pièces de pompes manuelles et une absence de sanctions pour les gouvernements régionaux ou les entreprises privées qui ne sont pas conformes. D'autres problèmes incluent le manque de données disponibles sur les forages réalisés dans le passé, et la faible qualité des composants des pompes (en particulier la colonne montante en inox de India II). Chacun de ces points est décrit ci-dessous.

3.1 Saison de forage courte

« Les résultats de notre revue ont relevé des difficultés récurrentes liées à l'exécution des contrats à savoir: la nécessité d'amender le calendrier d'exécution des activités du Programme afin de permettre une utilisation optimale des ressources ainsi que la nécessité de se conformer au délai légal des publicités d'appel d'offres » (Cabinet NTU international A/S, 2013:8). L'audit de 2013 fait également mention du besoin de revoir la planification des travaux car le processus de planification et de financement a pour effet une saison de forage et d'installation très courte, ce qui fait que les foreurs, les superviseurs et les contrôleurs sont dépassés, parfois au-delà du raisonnable.

L'année fiscale au Burkina Faso va de janvier à décembre. La période de planification pour le gouvernement est pendant le premier trimestre, une fois que le budget a été approuvé. Le processus d'appel d'offres commence en mars-avril et les contrats sont signés en avril-juin. Cependant, cela coïncide avec le début de la saison des pluies (Figure 5).

Figure 5 Pluviométrie moyenne mensuelle au Burkina Faso entre 1990-2012 (Banque Mondiale, 2017)

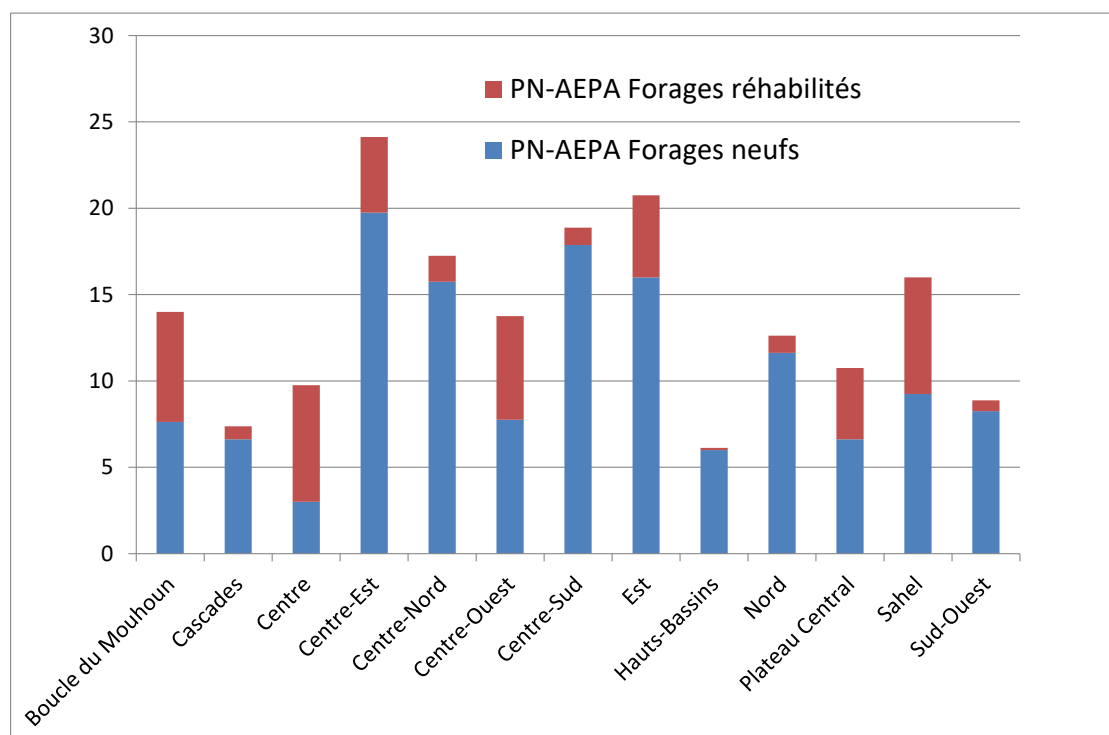


L'inaccessibilité de nombreux sites (si ce n'est pas tous les sites) en milieu rural pendant la saison signifie que le début des travaux de forage est retardé à fin septembre, voire octobre.

Etant donné que les rapports doivent être soumis avant la fin de l'année fiscale, la saison de forage pour les travaux menés par le gouvernement est très courte, environ 6 à 10 semaines. Afin d'illustrer ce que celq représente pour un bureau régional, la figure 6 montre le nombre moyen de travaux e de forage à superviser par semaine. On suppose ici que tous les travaux du Tableau 3 sont entrepris dans une période de 8 semaines. Le nombre de travaux devant être supervisé, associé à un nombre d'employés limité (les bureaux des régions de l'Est et des Hauts-Bassins ont trois personnes responsables de l'approvisionnement en eau) rendent toute assurance de qualité difficile à mettre en œuvre.

On doit examiner les possibilités de faire en sorte que les contrats de forage soient reportés d'une année sur l'autre afin d'étendre la saison des forages.

Figure 6 Nombre moyen de travaux de forage drilling works dans AN-AEPA par semaine en 2016 en supposant qu'on a 8 semaines de disponible (oct – déc)



3.2 Entreprises de forage

Il est estimé qu'il y a plus de 60 entreprises de forage opérant au Burkina Faso.

Pour obtenir une licence les entreprises doivent remplir les conditions établies par l'ARRETE CONJOINT N°2008 -0040 /MAHRH/MEF Portant conditions d'Attribution d'Agrément Technique aux Entreprises des travaux exerçant dans le domaine de l'Approvisionnement en Eau Potable. Les entreprises sont réparties en 3 groupes en fonction de leurs activités :

- Groupe F: Entreprises de forages
- Groupe P: Entreprises de construction de puits modernes
- Groupe U: Entreprises d'adduction d'eau potable

Cet arrêté décrit la composition du dossier de demande d'agrément (demande timbrée, certificat d'immatriculation IFU et CNSS, liste du personnel technique, liste du matériel, les

moyens matériels et humains minimum nécessaires par catégorie d'entreprises. C'est le Ministère de l'Eau et de l'Assainissement du Burkina Faso qui est chargé de l'attribution des agréments à travers une Commission d'Attribution des Agréments Technique (Encadré 2). La Commission d' Agrément est tenue de donner suite aux demandes d'agrément dont elle est saisie dans un délai de quarante-cinq (45) jours suivant la date de dépôt de la demande. Elle est tenue de procéder à des investigations sur pièce et sur le terrain avant de délibérer

Encadré 2 : Différents acteurs aux Commission d'Attribution des Agréments Technique

- Deux représentants de la Direction Générale en charge de l'Eau et de l'Assainissement dont l'un Président et l'autre, rapporteur;
- Un représentant de la Direction des Etudes et de la Planification du ministère en charge de 1 'hydraulique: membre;
- Un représentant de la Direction Générale en charge des barrages et des aménagements hydro- agricoles; membre;
- Un représentant de l 'Office National de l'Eau et de l' Assainissement (ONEA): membre;
- Un représentant de la Direction Générale des Marchés Publics: membre ;
- Deux représentants des entreprises exerçant dans le domaine de l' AEP: membres;
- Un représentant de l'Association des Ingénieurs et Techniciens en Génie Civil du Burkina: membres
- Un représentant du syndicat des entreprises intervenant dans le domaine de l' AEP; membre.

Malgré le fait qu'il y ait un système des agréments, il y a également des problèmes lorsque certains contrats sont remportés par des entreprises qui n'ont pas l'équipement suffisant ou la capacité humaine de faire un travail de qualité. Les personnes interviewées ont expliqué que les limitations du processus de passation de marché pour les forages sont parmi les faiblesses principales du secteur. « *Certaines entreprises font du travail de mauvaise qualité depuis dix ans* » (Source anonyme, 2017). Il ne semble pas qu'il y ait un mécanisme en place qui permette aux maîtres d'ouvrage de faire remonter leurs évaluations au niveau régional de la commission.

Les discussions avec les membres du comité ont révélé que les ressources pour identifier les documents remis par les entreprises cherchant à se qualifier pour un agrément sont inadéquates. Il ne semble pas y avoir de mécanisme clair pour annuler les agrément, et il n'y a pas de lien entre les résultats de l'audit et les sanctions du comité. Il y a un besoin de revoir les fonctions du comité.

L'Association Nationale des Professionnels du Secteur de l'Assainissement et de l'Eau Potable du Burkina (ANP-SEBAP) a été conçue en 2005, et établie en 2010, avec le soutien de DANIDA. A part les projets des bailleurs de fonds ou ceux financés par le gouvernement (y compris la formation récente sur la plomberie), l'association présente peu d'activités. Il n'y a donc pas d'institution forte représentant les problèmes ou les intérêts du secteur privé impliqué dans le secteur du forage. D'après le président de l'ANP-SEPAB, il n'y a pas eu d'échange formel entre le gouvernement et les foreurs depuis 2012. Actuellement, 56 entreprises de forage sont membres de l'ANP-SEPAB, en hausse depuis 2009 quand il y en avait 40 entreprises de forage (MAHRH, 2009b).

En dépit de la reconnaissance répandue de la qualité de construction médiocre, il n'y a pas de forum régulier au niveau national qui permet aux parties prenantes de se rencontrer régulièrement pour discuter des problèmes, des solutions et des progrès réalisés. Toutefois, le gouvernement est actuellement en train de préparer un arrêté afin d'établir a cadre de dialogue : rencontres tous les six mois entre DGRE et les représentants du secteur.

3.3 Coûts des forage et prix

D'après Duffau et Ouedraogo (2009), les prix des forages varient entre 6,500,000 FCFA et 9,000,000 FCFA pour un forage réussi (Tableau 6). Il est à noter que le prix moyen payé par PN-AEPA en 2014 (Tableau 7) inclut les forages ayant échoué. Les coûts ont diminué au cours des 8 dernières années.

Tableau 6: Cost structure of Drilled Water Wells in Burkina Faso (MAHRH, 2009b)

Stage	Price range (FCFA)	
Animation	720	990
Implantation	180	495
Contrôle des travaux	90	315
Forage	3'015	5'985
Pompe	990	1'620
Margelle	405	585
Total	4'500	9'000

Tableau 7: Coût moyen de réalisation des PEM Forages, 2014 (2014)

	Région	Coût moyen (KFCFA)
1	Boucle du Mouhoun	N/A
2	Cascades	7 164
3	Centre	6 336
4	Centre-Est	4 709
5	Centre-Nord	7 555
6	Centre-Ouest	8 361
7	Centre-Sud	6 289
8	Est	6 646
9	Hauts – Bassins	4 197
10	Nord	7 098
11	Plateau Central	5 619
12	Sahel	9 202
13	Sud-Ouest	6 104
	Moyenne nationale	6 603

Un défi récurrent est qu'il n'y a pas d'estimations d'ingénieur pour guider les clients et leur donner une idée de coûts réalistes. Certains prix demandés aux entreprises sont trop bas pour réaliser un forage de bonne qualité.

3.4 Expertise et expérience

Bien que les bureaux d'études soient chargés d'effectuer la maîtrise d'oeuvre à plein temps, il y a un manque de confiance de la part de DREA et DGEP sur le fait que ces bureaux d'études supervisent les forages de manière adéquate. Il peut être extrêmement difficile, voire impossible pour un superviseur de DREA d'arrêter un forage quand bien même son exécution serait médiocre. Les incitations dans le système des bailleurs de fonds aux gouvernements régionaux et national, sont pour le nombre de forages réalisés, par leur qualité.

Depuis le processus de privatisation, il a peu de formation des employés techniques ou du management en relation avec la réalisation de forages, leur installation et la gestion des contrats liés aux forages. MAH (2011) note des séminaires de formation sur divers thèmes dont l'organisation et la gestion des chantiers, la fiscalité, l'élaboration des offres techniques, les calculs des prix des ouvrages hydrauliques et a aussi financé la formation de 70 ingénieurs à l'Ecole Nationales d'Ingénieries à Bamako et à ZIE.

D'après plusieurs entretiens, les derniers cours de formation ont été réalisés au début des années 2006-2008, c'est à dire il y a maintenant 10 ans. Certaines entreprises de forage, bureaux d'études et DREA ont eu la chance d'avoir des employés qui ont été formés précédemment au sein du secteur public et peuvent donc servir de mentors aux autres. Il semblerait que tous n'aient pas eu cette chance, et dû au fait que les employés partent à la retraite ou se reconvertissent, le nombre de techniciens et de managers formés est à la baisse. Il y aura bientôt une génération d'employés au Burkina Faso qui n'aura reçu aucune formation formelle, ou aucun mentorat de ceux qui ont été formés. « *les acteurs du PN-AEPA n'ont pas les aptitudes requises en matière de création et de réhabilitation de forages ainsi ... en milieu rural* » (Cabinet NTU international A/S, 2013:7). « *une campagne de sensibilisation des entrepreneurs concernés afin que la situation puisse s'améliorer pour les prochaines réalisations* » (Cabinet NTU international A/S, 2013:17)

Il faut que les acteurs développent et dirige une formation et mentorat pour le personnel du secteur privé et public dans le secteur dans les prochaines années qui couvre:

- L'implantation
- Le contrôle et la supervision
- Les tests et l'analyse de la qualité de l'eau
- Le forage, développement du forage et teste du pompage
- La construction de margelle et l'installation de la pompe

Faire en sorte que les modules ci-dessus soient intégrés dans les formations continues au sein des instituts de formation nationaux.

Cependant, il est à noter que même avec des formations, le nombre d'employés responsables de l'approvisionnement en eau au niveau régional est limité (par exemple, dans les régions de Hauts-Bassins and Est, il s'agit d'une équipe de trois personnes). Donc même si l'on améliore

leur formation, il y a forcément des limitations en terme de supervision, soutien technique aux communes, et contrôle des projets des partenaires. Le secteur doit parvenir à un équilibre humain, logistique et financier au niveau régional en fonction du nombre de contrats à gérer. Tant que le goulot d'étranglement découlant d'une saison de forage très courte reste en place, cela va rester très limité.

Les communes peuvent également passer des contrats pour des travaux de forage, mais étant donné que la taille du contrat peut être minimale (il s'agit même des fois d'une seul forage par an), celles-ci n'attirent généralement pas les entreprises les plus professionnelles. L'abilité des communes à gérer les contrats et à superviser la construction ainsi que le contrôle des travaux est limité par leur expertise technique. Des plans ont été fait pour renforcer la capacité technique en EAH au niveau des communes, avec un financement de l'UE.

Le contrôle des travaux de forage sont réalisés par des bureaux d'études nationaux. Apparemment souvent ces bureaux emploient du personnel sans véritable formation et qui dans le meilleur des cas bénéficient de plusieurs années d'expériences sur le terrain.

3.5 Passation de Marchés et Contrats

Toute société ne disposant pas d'agrément technique ne peut pas soumissionner à des marchés. L'octroi des marchés et constats passé par un appel à concurrence. Avant avril 2008, l'attribution finale après la conformité technique, se faisait sur la base d'offre a moins disant. Cette situation ne pregnant beaucoup en compte la qualité technique des offres. Le Décret no Décret No 2008-0173/RES/PM/MEF a modifié cette disposition. Selon ce décret, pour des offres techniquement conformes, c'est l'offre la plus avantageuse qui doit être attributaire. Mais il n'est pas clair comment les DREA appliquent ce décret.

Le PN-AEPA utilise des contrats clés en main qui combinent (i) l'emplacement, (ii) le forage, (iii) la construction de la superstructure et (iv) la fourniture et l'installation de la pompe en un seul contrat, et les entreprises sont payées seulement pour les forages fonctionnels. Bien que cette procédure ait été introduite pour éviter les impasses budgétaires (MAH, 2011), il en découle des effets secondaires. En particulier, ce qui peut parfois se passer est que l'entreprise qui remporte le marché n'a pas l'expertise nécessaire dans les 4 composantes mentionnées ci-dessus. En ne payant pas l'entreprise pour les forages secs, tout le risque est assumé par ces entreprises et celles-ci doivent donc intégrer les pertes potentielles lorsqu'elles répondent à des marchés. Etant donnée que dans de nombreux cas, les communautés où les travaux auront lieu n'est pas identifié lorsque les marchés sont passés, l'entreprise prend un risque considérable. De plus, l'absence de paiement pour les forages secs signifie qu'il n'y a pas de motifs pour soumettre les relevés de forage.

Une autre conséquence involontaire de l'absence de paiement pour les forages secs est que l'entreprise de forage n'a aucune raison de forer plus profondément dans le cas d'un forage qui a le potentiel d'être hautement productif et qui pourrait par la suite devenir un AEPS. Tant que le débit minimum peut être réalisé, le foreur s'en tiendra là.

Le choix de l'emplacement du forage est parfois fait de manière professionnelle, mais certains emplacements sont choisis avec des baguettes de sourcier. Les données sur les forages sont difficiles à obtenir. Certaines entreprises ont de bons équipements mais peu de savoir-faire technique; d'autres manquent de compresseur pour le développement. Les procédures qu'il faut ne sont pas toujours suivies, mais il n'y a pas actuellement de sanctions efficaces pour les foreurs ou DREA en cas de performance médiocre, et il n'y a pas non plus de récompenses en cas d'excellente performance.

Le marché du forage paraît être assez fragmenté, surtout en ce qui concerne les petits contrats au niveau des communes. Plus de travaux pourraient être nécessaires afin d'étudier le regroupement de forages en lots, et comment les variations liées aux conditions de forage et aux zones géographiques influent sur les coûts de forage.

3.6 Pompe à Motricité Humain

UNICEF importait auparavant des pompes manuelles directement d'usines certifiées en Inde. Ce n'est plus le cas, et il y a actuellement plusieurs fournisseurs à Ouagadougou qui revendent à des entreprises de forage. Six marques (India II, Vergnet, Diacfa, Volanta et Cardia) sont utilisées au Burkina Faso, mais apparemment, la préférence actuelle est pour les marques India II et Vergnet). India II n'est pas protégée par une licence de production et il existe tous les niveaux de qualité sur le marché.

Il y a beaucoup de préoccupations sur les pompes de mauvaise qualité et les composants de pompe de contrefaçon sur le marché au Burkina Faso. Le gouvernement a commencé à prendre des mesures pour faire face à ce problème mais demande conseil sur la meilleure façon d'assurer la qualité des tiges de pompe en acier inoxydables et des colonnes montantes.

Il faut que le pays développe des mécanismes d'assurance de la qualité des matériaux des PMH de India II qui sont liés à la délivrance d'un permis pour le fournisseur.

3.7 Capitalisation de connaissance

Le Centre National de documentation de l'Information d'Eau (CNIEau) rassemble les données sur les forages.

En ce qui concerne la connaissance hydrogéologique, le PAGIRE a prévu la réalisation d'études pour améliorer le suivi et les connaissances de ressources en eau souterraines. Il y a une base de données indiquant les données techniques pour les ouvrages (date de réalisation, nature des pompes installées, profondeur des forages, niveau statique, débit du forage, cote de la pompe, planning d'entretien). Malgré le fait que plus de 45,000 forages sont déjà forés au Burkina Faso, la capitalisation de cette connaissance dans la base a donné, qui comprend 17,850 forages (Nikiema, 2016), est faible. Il pourrait également y avoir des problèmes liés au manque de compétence technique pour classer de manière appropriée les échantillons de forage lors de la préparation des fiches techniques.

Il n'y a pas de cartes hydrogéologiques régionales.

Apparemment, quatre copies de fiches techniques (Encadré 2) devraient être préparées : une qui reste avec l'entreprise de forage, et les trois autres doivent être soumises respectivement aux agences suivantes, inclus la DREA. Toutefois, les audits ont trouvé que 49% et 63% des fiches techniques étaient disponibles pour 2013 et 2014 respectivement. On ne sait pas à quel point les procédures des ONG sont conformes aux normes.

Encadré 2 : Les fiches IOTA : Instillations, Ouvrages, Travaux et Activités

Décret No 2005-187/PRES/PM/MAHRH/MC

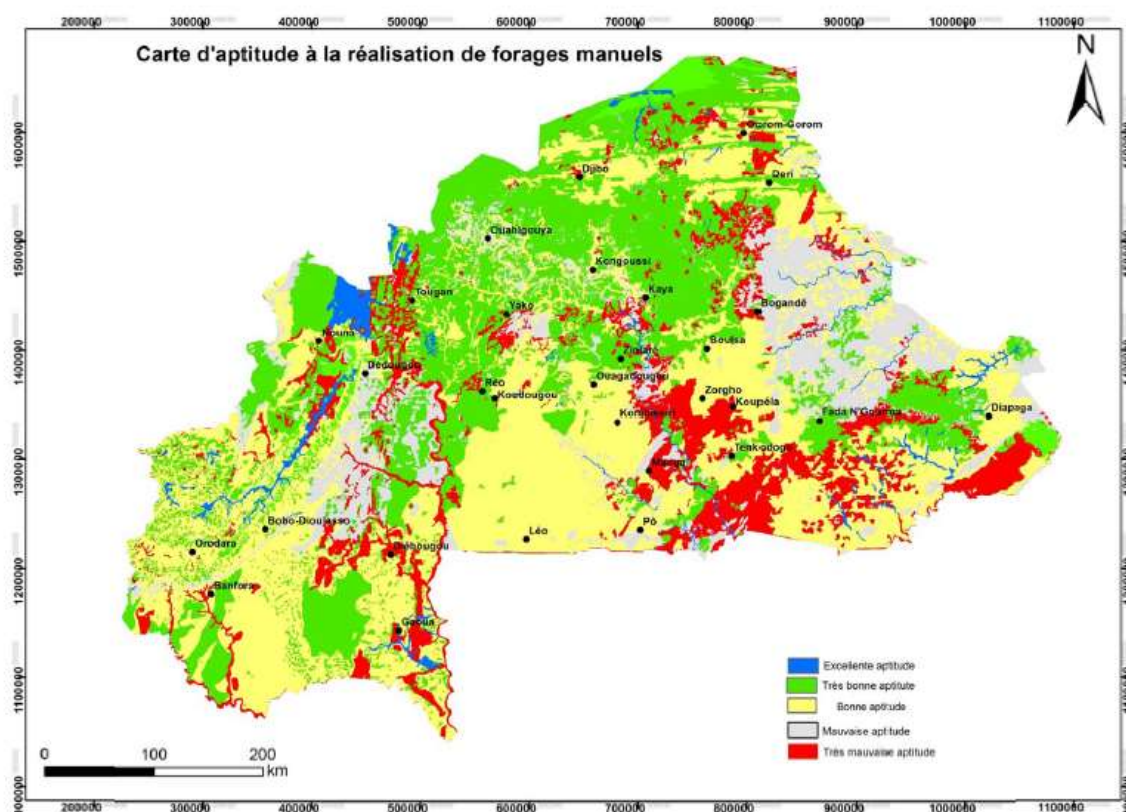
Les fiches renseignent entre autres sur la nature de l'ouvrage, la date de sa réalisation, le identité des intervenants, la source de financement, le croquis, de localisation, let identités des intervenant, la source de l'ouvrage. It en est de même pour les réhabilitations. Ces fiches IOTA sont centralisées et saisies à la section base de données pour traitement et diffusion.

3.8 Forage Manuel

Le thème du forage manuel était en dehors des objectifs de l'étude. Le forage manuel peut offrir une alternative plus économique que le forage à la machine dans certaines zones du pays. L'étude récentre de Nikeima (2016) indique qu'il y a de nombreuses zones dans le pays qui ont un potentiel excellent ou très bon pour le forage manuel.

Le forage manuel a le potentiel de réduire les coûts de l'approvisionnement en eau potable dans le pays, d'atteindre des zones qui peuvent ne pas être approvisionnées avec le forage mécanique et même d'avoir un coût abordable pour les consommateurs eux-mêmes. La prise en charge des technologies de forage manuelle peut également donner du travail à des petites entreprises voire des micro-entreprises, et avoir des bénéfices sur l'économie locale. Cependant, sans soutien pour s'assurer de ce que les foreurs soient formés, il n'y a pas de garantie que les standards de qualité de ces forages manuels soient maintenus.

Figure 7 : Carte d'aptitude aux forages manuels



Le gouvernement est intéressé par des options à coût plus rentables, mais les problèmes potentiels de qualité d'eau liés aux forages manuels les préoccupent. UNICEF a prévu de réaliser une étude pour comparer la qualité des points d'eau équipés de pompes à corde à celle de pompes manuelles standard pour améliorer la compréhension dans le secteur.

4 Code de Bonne Conduite de Forage

Le MEA reconnaît le besoin pour un document qui décrit les normes et les standards, les procédures, ainsi que les rôles et les responsabilités requis pour s'assurer d'un PEM de qualité. En 2009, UNICEF et Skat Foundation ont participé à un tâche menée par une équipe de consultants de deux personnes pour développer un code de bonne conduite. Un rapport, y compris une première version d'un code de bonne conduite, a été préparé mais le travail n'a pas été mené à terme et cette première version d'un code de bonne conduite n'a été ni finalisé ni mis en oeuvre. Bien que les résultats de l'étude aient été appréciés par le Ministère à l'époque, les consultants eux-même ont remarqué que la mission était trop courte, et sans continuité, ce qui ne permettait pas d'avoir un impact important.

En revanche, cette fois ce thème soulève beaucoup plus d'intérêt, comme le démontrent les activités que le Ministère entreprend. De plus, le processus de consultation comprend des entretiens et des discussions menés par une équipe qui inclut DGEP, UNICEF et un consultant.

Une table des matières pour un Code de bonne conduite est décrite ci-dessous. Un aspect clé à considérer concerne la façon d'aborder les dimensions sociales et techniques. Le code de bonne conduite doit également être aligné avec plusieurs décrets, qui incluent les décrets de la liste non-exhaustive ci-dessous:

- Décret N°2005-187/PRES/PM/MAHRH/MC - Les fiches IOTA
- Décret N°2008-0173/RES/PM/MEF – offre la plus avantageuse
- Décret N°2007-0243/PRES/PM/MEF – le droit de faire recours à l'autorité de Régulation des Marchés Publics
- Décret N°2000-514/PRES/PM/MEE – la gestion des infrastructures hydrauliques
- Décret N°2008/00001/PRES/PH/MAHRH – normes de construction
- Décret N°2007-484/PRES/PM/MAHRH/MATD/MECV/MFB - normes de réhabilitation

Encadré 4 : Code de Bonne Conduite de Forage et Réhabilitation – Sommaire

Introduction (avec cycle de programme)

Descriptions des rôles et responsabilités par rapport

1. Communauté
2. Régulateur
3. Maître d'ouvrages (DREA, Commune ou ONG)
4. Responsable pour l'implantation
5. Contrôleur
6. Superviseur
7. L'entreprises (ou agences) de forage, de margelles et de superstructure et de pose pompes
8. Agence responsable pour les tests et l'analyse de la qualité de l'eau
9. Appui technique régionaux
10. Agence(s) de suivi
11. Bailleur de fonds
12. Agence responsable pour les base de données hydrogéologique

Finances, moyen logistiques et ressources humain

- National
- Régional
- Commune

Types de contrats et leurs implications

- Clés en main
- Non-paiement pour les forages négatifs
- Clés en main et non-paiement pour les forages négatifs
- Paiement – facture des quantités

Article 1 : Planification et Coordination

- régionaux
- communaux

Article 2 : Les entreprise et agents professionnel

- incl. agréments des entreprises de forages, bureaux d'études, fournisseurs de pompes
- procès de complaindre pour la mauvaise qualité

Article 3 : Sélection et animation des communautés

Article 4 : Diagnostique pour la réhabilitation et sélectionner de la technologie

Article 5 : Passation de marchés

- pre-qualification
- Marchés de forage, de margelles, de superstructure, de pose pompes et de contrôle

Article 6 : Gestion de contrat

- Normes et standards
- Fiche technique

Article 7 : Exécution, Supervision et Contrôle

- Réceptionner la massive filtrant et les matériels de pompage sur site avant leur mise en œuvre
- Contrôle
- Supervision
- Ajustements à la conception, par exemple, tenir compte de la profondeur d'installation dans le choix des pompes à motricité humaine (ou solaire) afin de faciliter leur installation

Article 8 : Vérification de la qualité de l'eau pour consommation

- Contrôle de la qualité de l'eau
- Décision de la mise en service d'approvisionnement en eau

Article 9 : Réception

- Fiche Technique : Rendre effectif le contrôle d'œuvre en rapportant les fiches techniques remplies et les rapports d'exécution renseignés
- Corriger les non-conformités avant les réceptions définitives des ouvrages AEP

Article 10 : Rapports et transparence

- System de numération des ouvrages
- Fiches techniques
- Rapport d'exécution
- Rapports régionaux
- Rapport national

Article 11 : Base de données hydrogéologie

- Control de la qualité des fiches techniques

Article 12 : Suivi

Annexes

1. RAPPORT DE L'IMPLANTATION
2. FORAGE - NORMES ET STANDARDS
3. MARGELLES ET SUPERSTRUCTURE - STANDARDS
4. POMPE – STANDARDS
5. EXEMPLAR CONTRACT DE FORAGE
6. EXEMPLAR CONTRACT DE MARGELLES ET SUPERSTRUCTURE

7. EXEMPLAR CONTRACT DE POSE POMPES
8. FORMAT DE LA FICHE TECHNIQUE
9. FORMAT DES RAPPORTS D'EXECUTION
10. PARAMETRES POUR LA QUALITE D'EAU
11. FORMAT DE LA FICHE PRE-RECEPTION
12. FORMAT DE LA FICHE RECEPTION
13. LIST DE CONTROIL DE L'EXECUTION
14. LISTE DE CONTROL DE LA CONTRÔLE
15. LIST DE CONTROL DE LA SUPERVISION

5 Recommandations - Feuille de Route Provisoire

1. **Cadré de dialogue** : Etablir des échanges réguliers entre le secteur privé et le gouvernement, ainsi que les ONG et le gouvernement– en cours.
2. **Entreprises privée – étude de la capacité et agréments technique** : (i) Entreprendre un inventaire de la capacité technique, humaine et financière de toutes les entreprises de forages, les ONG qui effectuent des forages elles-mêmes et les bureaux d'études qui travaillent dans le pays; (ii) étudier l'efficacité des processus d'attribution des agréments et proposer leur renforcement des capacités humaines et financières pour réguler la profession des forages d'eau.
3. **Capacité au secteur publique** : Entreprendre une analyse détaillée de la capacité au niveau national, régional, et communale en ce qui concerne la gestion et la supervision des forages d'eau comme le requiert l'AN-AEPA, afin de soutenir les communes et pour d'autres projets.
4. **Prix de références** : Préparer une liste de prix de références pour l'implantation, le forage, l'installation de la superstructure et de la pompe en considérant les variations en termes de localisation, d'hydrogéologie, de profondeur de forage et d'installation, de type de pompe et l'envergure du contrat; et la partager avec le PTF et les agences gouvernementales concernées.
5. **Calendrier** : Initier un dialogue politique de haut niveau au sein du gouvernement et avec les bailleurs de fonds pour débattre des effets du cycle financier annuel sur la courte saison de forage et la qualité de la construction, et trouver des moyens d'améliorer cela.
6. **Types de contrats** : Revoir les options pour les différents types de contrats de forages et leur adéquation pour différents types de scénarios (y compris le forage clé en main, le non-paiement du forage négatif) et les conditions liées aux délais et aux objectifs annuels.

7. **Qualité des PMH :** (i) Etudes sur les matériaux de pompes déjà installées en lien avec la qualité de l'eau. (ii) Entreprendre une étude détaillée de la qualité des composantes de PMH dans le pays en collaboration avec l'Agence Burkinabé de la Normalisation (ABNORM).
8. **Capitalisation des données hydrogéologiques :** Etablir et disséminer les différentes étapes des rapports à faire pour les relevés des données sur les forages afin qu'elles soient regroupées et accessibles facilement.
9. **Code de bonne conduite (I) :** Développer un code de bonne conduite national pour l'efficacité des forages et leur réhabilitation qui inclut les rôles et les responsabilités, les contrôles et les contrepoids et les sanctions pouvant être appliquées.
10. **Code de conduite (II) :** Vulgarisez et disséminez le code de conduite national à travers des versions vulgarisées et en utilisant la télévision, la radio, les journaux, et les médias en ligne.
11. **Renforcement de la capacité (I):** Développer la structure et le format d'un programme contenant plusieurs formations et systèmes de mentorat ou de tutorat pour les employés techniques et les managers dans le secteur public et le secteur privé, qui sont impliqués dans les décisions liées à l'implantation, au forage, au contrôle et à la supervision, ainsi que la passation de marché et la gestion de contrat.
12. **Renforcement de la capacité (II):** Lever des fonds pour développer et mettre en oeuvre le programme de formation et de tutorat mentionné ci-dessus tous les ans pendant au moins 3 à 5 ans.

6 Références

- Appelo C.A.J and Postma, D (1993) ***Geochemistry, Groundwater and Pollution***, AA Balkema Rotterdam
- AWWA.DVGW (1985) ***Internal Corrosion of Water Distribution Systems***. Cooperative Research Report by the AWWA Research Foundation/CVGW-Forschungsstelle am Engler.Bunte_Institute der Universitaet Karlsruhe (TH), Denver, Colo. /Karlsruhe, Federal Republic of Germany : Americal Water Works Association Research Foundation
- BGS and WaterAid (2002) ***Groundwater Quality: Burkina Faso***, Information Sheet, British Geological Survey and WaterAid
- BONSOR, H.C, OATES, N., CHILTON, P.J., CARTER, R.C, CASEY, V., MACDONALD, A.M., CALOW, R. ALOWO, R. WILSON, P., TUMUTUNGIRE , M.,BENNIE, M. (2015) ***A hidden crisis: strengthening the evidence base on the sustainability of rural groundwater supplies: results from a pilot study in Uganda***. British Geological Survey, 85pp. (Unpublished), Available at: <http://www.bgs.ac.uk/>

- Cabinet NTU international A/S (2013) **RAPPORT FINAL D'AUDIT TECHNIQUE EXERCICE 2013, AUDIT DES CRÉDITS DÉLÉGUÉS ET DES CRÉDITS DES CHAPITRES BUDGÉTAIRES LIÉS À L'ABS**, PROGRAMME NATIONAL D'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE ET ASSAINISSEMENT (PN-AEPA), Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques, de l'Assainissement et de la Sécurité Alimentaire (MARHASA)
- Cabinet NTU international A/S (2014) **RAPPORT FINAL D'AUDIT TECHNIQUE EXERCICE 2014, AUDIT DES CRÉDITS DÉLÉGUÉS ET DES CRÉDITS DES CHAPITRES BUDGÉTAIRES LIÉS À L'ABS**, PROGRAMME NATIONAL D'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE ET ASSAINISSEMENT (PN-AEPA), Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques, de l'Assainissement et de la Sécurité Alimentaire (MARHASA)
- Duffau, B and Ouedraogo, I (2009) **Burkina Faso: Summary of Findings of the 2009 Study and Draft National Code of Conduct**, RWSN, UNICEF, USAID
- Groen, J., Schuchmann, J.B and Geirnaert, W (1998) **The occurrence of high nitrate concentration in groundwater in the villages in Northwestern Burkina Faso**. *Journal of African Earth Sciences*, 7, 999-1009.
- Jong S. J. and Kikeitta A. (1981) **Une particularité bien localisée, heuresements présence d'arsenic en concetration toxic dans un village près de Mogtedo**, (Haute-Volta), Bulletin de Liaison du Comité Inter africain d'Etudes Hydrauliques, September-Décembre 1980, No. 42-43, Ouagadougou, Burkina Faso
- Langenegger, O (1994) **Groundwater Quality and Handpump Corrosion in West Africa**, Water and Sanitation Technical Report 8, UNDP-World Bank Water and Sanitation Programme
- MAH/DGRE (2011) **Competition : What has your country done to make its borehole drilling more cost-effective ?**, Paper presented at the 6th RWSN Forum, Kampala, Uganda, Ministère de l'Agriculture et de l'Hydraulique/Direction General des Ressources en Eau.
- MAHRH (2009a) **Code de Conduite et Plan d'Action pour la Realisation de Forages – Version Provisoire**, Desserte en Eau des Populations Rurales, Ministère de l'Agriculture et de l'Hydraulique/Direction General des Ressources en Eau
- MAHRH (2009b) **Optimisation du Cout des Forages**, Desserte en Eau des Populations Rurales, Ministère de l'Agriculture et de l'Hydraulique/Direction General des Ressources en Eau

MEA (2017a) **RAPPORT BILAN ANNUEL AU 31 DECEMBRE 2016**, Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable et d'Assainissement [PN-AEPA], Ministère de l'Eau et de l'Assainissement, Secrétariat Général

MEA (2017b) **BUDGET PROGRAMME 2017-2019 DU SECTEUR DE L'EAU POTABLE ET DE L'ASSAINISSEMENT MILIEU RURAL**, Ministère de l'Eau et de l'Assainissement, Secrétariat Général

MAHRH/MEF (2008) **ARRETE CONJOINT N°2008 -0040 /MAHRH/MEF Portant conditions d' Attribution d' Agreement Technique aux Entreprises des travaux exerant dans le domaine de l' Approvisionnement en Eau Potable**, LE MINISTRE DE L' AGRICULTURE, DE L'HYDRAULIQUE ET DES RESSOURCES HALIEUTIQUES/LE MINISTRE DE L'ECONOMIE ET DES FINANCES <http://www.eauburkina.org/PN-AEPA/documents/Autres/arrete%200040.pdf>

Nikiema, J (2016) **Cartographie Préöeminaire des Zones Favorables pour les Forages Manuels au Burkina Faso**, UNICEF

UN (1998) **Ground Water in North and West Africa**, National Resources/WaterSeries No. 18, United Nations, pp 53-65.

UNICEF/Skat Foundation (2016) **Professional Water Well Drilling: A UNICEF Guidance Note**, Cost Effective Boreholes Partnership of the Rural Water Supply Network by UNICEF and Skat Foundation, Available from www.unicef.org and www.rural-water-supply.net

World Bank (2017) **Climate Change Knowledge Portal**, World Bank, Available on <http://sdwebx.worldbank.org/climateportal> viewed on 5 Mar 2017.

Annexe 1 Qualité des eaux souterraines au Burkina Faso

Paramètre	Problèmes	Sources de Langenegger (1994) ; et BGS et WaterAid (2002)
pH	Le pH est un bon indicateur de corrosion. < 6.5 conduit à la corrosion des parties de la pompe en acier galvanisé . <i>Peut être mesuré sur le terrain.</i>	<ul style="list-style-type: none"> 72,8% du Burkina Faso est situé sur de la roche acide, et 10,5% sur de la roche intermédiaire. Donc 83,3% du pays est sur de la roche qui produit des eaux souterraines acides avec un pH < 7 (Langenegger, 1994).
Turbidité	La turbidité réduit l'efficacité de la désinfection et l'eau turbide n'est pas acceptable d'un point de vue esthétique par les consommateurs. <i>Peut être mesuré sur le terrain.</i>	<ul style="list-style-type: none"> Les valeurs liées à la turbidité sont généralement en dessous de 1 UTN (unité de turbidité néphalométrique) mais les eaux souterraines extraites de puits équipés de pompes manuelles peuvent avoir une turbidité supérieure à celle des eaux souterraines à l'origine, dû à la présence de matériaux corrosifs suspendus, ou à cause de la boue qui pourrait s'infiltrer par des margelles défectueuses ou des pompes mal conçues. (Langenegger, 1994)
Fer	Tache les habits et la nourriture, l'eau a un goût métallique ou un goût de sang. Une eau riche en fer est souvent rejetée par les consommateurs. <i>Les tests pour le fer doivent être fait immédiatement après échantillonnage, ou l'échantillon peut être acidifié pour être testé plus tard.</i>	<ul style="list-style-type: none"> Le fer est généralement en très faible concentration dans les aquifères (Langenegger, 1994) Une haute concentration en fer est assez fréquente dans les eaux souterraines pompées à cause de la corrosion des pompes manuelles (Langenegger, 1994) Certaines eaux souterraines de sources latéritiques peu profondes sont connues pour avoir de fortes concentrations en fer (en en manganèse) (UN, 1998) près des zones de minéralisation et de minage de sulfure. (BGS et WaterAid, 2002)
Salinité⁷	La salinité est un facteur de goût important qui influe sur l'acceptation du consommateur. High electrical conductivity (>500µS/cm) leads to higher rates of bimetallic corrosion.	<ul style="list-style-type: none"> Contenu minéral généralement faible, mais salinité variable dans les échantillons dans le nord-ouest (Groen, 1998) Variation de la salinité des formations sédimentaires le long de frontière nord-ouest inconnue (BGS and WaterAid, 2002)
Fluorure		<ul style="list-style-type: none"> Des résultats provenant de formations similaires en granit et roches ignées dans le socle birimien du Ghana suggère que les formations en granit et autres socles peuvent avoir de hautes concentrations en fluorure qui peuvent être capté par des puits tubés (BGS et WaterAid, 2002)

⁷ La mesure de la conductivité électrique (CE) permet d'estimer la charge de l'eau en ions, qui est approximativement proportionnelle à la quantité de matière dissoute dans l'eau. La CE n'est pas un bon indicateur pour évaluer la qualité de l'eau quant aux risques sanitaires, mais c'est un bon indicateur de salinité."

Arsenic	De hautes concentrations en arsenic dans l'eau potable cause l'arsenicose, autrement connue sous le nom de la maladie du pied noir.	<ul style="list-style-type: none"> • Un cas de haute concentration en arsenic près de Mogtado dans le centre du Burkina Faso⁸ (Jong and Kikeitta, 1981); de hautes concentration trouvées dans trois forages (Appelo and Postma, 1993: 248) • De hautes concentrations peuvent être présentes dans la roche birimienne et sont probablement concentrées dans et à proximité des zones minéralisées en or (BGS et WaterAid, 2002).
Iodine	Des niveaux inadéquats d'iode dans l'eau conduisent à des déficiences en iode si des suppléments en iode ne sont pas utilisés (BGS et WaterAid, 2002)	<ul style="list-style-type: none"> • Etant donné que le pays est aride, et éloigné des zones de pluies maritimes, les apports de l'atmosphère en iode seront probablement faibles. Cela, combiné avec la géologie en roche solide de la région, signifie que les concentrations en iode dans les eaux souterraines, les sols et les plantes sont probablement faibles.
Espèces azotées (Nitrate, nitrite et ammonium)	<p>Le nitrate, le nitrite et l'ammonium sont des indicateurs classiques de la pollution organique⁹.</p> <p>Les ferrobactéries (biofilm) peuvent produire de l'ammonium et des nitrites et dans des conditions corrosives, l'ammonium et le nitrate sont considérés des indicateurs classiques de pollution.</p> <p>Des niveaux excessifs de nitrate peuvent causer une méthémoglobinémie pour les bébés nourris au biberon (bébés bleus) et certaines formes de cancer peuvent résulter de fortes concentrations en nitrate.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Les concentrations en ammonium et en nitrite dans les eaux souterraines sont généralement en dessous 0,1 mg/l et 0,01 mg/l, mais de très hautes concentrations peuvent se trouver dans les eaux souterraines pompées dans des puits dont les pompes manuelles sont corrodées. Dans ces cas-là, la présence d'ammoniaque et de nitrite est un indicateur des processus microbiologiques de bactéries liées au fer dû à la corrosion. • Groen et al (1998) a trouvé de fortes concentrations en nitrate (de plus de 10mg/l dans 15% de 168 puits tubés et 36% de 123 puits d'eau. Les concentrations en nitrate étaient les plus hautes dans les zones avec une forte densité d'habitation et avec des pentes vers le bas. Il est fort probable que de hautes concentrations en nitrate soient trouvées dans de nombreux aquifères peu profonds dans le pays.

⁸ Mogtado est situé à 60km à l'est de Ouagadougou.

⁹ Notamment dans le cas des pompes manuelles qui ne sont pas résistantes à la corrosion, le nitrate peut être décomposé par la dénitrification et n'est donc pas un indicateur fiable de la pollution organique.

Bactéries	<p>La contamination fécale est un problème sérieux car cela signifie qu'on peut contracter des maladies provenant d'agents pathogènes¹⁰.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Emplacement du puits, construction et condition, ainsi que le type et la condition de la pompe manuelle et les conditions hydrogéologiques peuvent influencer sur la qualité bactériologique Langenegger (1994) • D'après l'étude à grande échelle de De Lorenzi et Volta (1984), citée dans Langenegger (1994), la qualité bactériologique des puits forés avec des pompes manuelles au Burkina Faso est meilleure que celle de puits à gros diamètre avec un tubage en béton, qui elle-même est meilleure que celle des puits creusés traditionnels sans revêtement. • Même si l'eau n'est pas polluée à la source, le transport et le stockage inadéquat de l'eau peut faire en sorte que celle-ci devienne polluée au moment d'être consommée. Il est important que les personnes aient accès à de l'éducation relative à l'hygiène pour s'assurer que la chaîne de l'eau ne soit pas contaminée.
-----------	---

¹⁰ Les coliformes en général incluent les bactéries trouvées dans le sol et les bactéries provenant des excréments humains ou d'origine animale. Les coliformes fécaux sont présents dans les intestins et les excréments d'animaux à sang chaud et sont considérés être un indicateur plus précis de contamination par les excréments d'origine animale ou humaine que le nombre total de coliformes. *Escherichia coli* (*E. coli*) est considéré être une des espèces de bactéries coliformes qui est le meilleur indicateur de pollution fécale et de la présence possible de pathogènes.

Annexe 2 Une courte introduction à la corrosion

Contexte

La corrosion provient lorsque la surface des matériaux est attaquée par des produits chimiques. Des matériaux ferreux tels que l'acier doux ou le fer galvanisé peuvent se corroder, mais cela peut également se passer avec le béton, le verre, le plastique, et d'autres matériaux (Langenegger, 1994). La corrosion est le processus d'oxydation des métaux, par lesquels ceux-ci reviennent à leur état naturel. Il y a trois types de corrosion, qui sont tous des procédés d'oxydation-réduction (redox) processus comme décrit ci-dessous:

- Corrosion chimique – le métal est en contact avec des agents oxydants (par exemple l'oxygène, l'hydrogène, et le dioxyde de carbone).
- Corrosion électrochimique – l'exemple classique est la corrosion bimétallique, ou galvanique, qui a lieu lorsque deux métaux différents sont connectés par leurs électrons et en contact avec un électrolyte.
- La corrosion physico-chimique est causée par une combinaison d'effets physiques et chimiques.

La corrosion peut être influencée par les processus biologiques, surtout l'activité microbiologique des ferrobactéries.

"...Il est évident que le phénomène complexe de la corrosion est régi par de multiples facteurs chimiques, physiques, biologiques et métallurgiques, et qu'une approche universelle et une solution unique ne sont pas possible. Il est également connu qu'il n'existe pas d'index universel pour prédire la corrosion dans tous les types de systèmes d'eau et toutes les conditions de qualité de l'eau" (AWWA-DVGW, 1985)

Langenegger (1994) décrit les formes les plus communes de corrosion électrochimique, qui correspondent à un élément galvanique comprenant une anode, une cathode, une connexion électrique entre les deux, et un électrolyte. En résumé:

- La corrosion uniforme est une attaque relativement régulière sur la surface métallique. Elle a lieu surtout au niveau de la partie ascendante des pompes manuelles, et est souvent accompagnée de la corrosion par piqûre.
- La corrosion par piqûre, ou attaque locale est la concentration locale de corrosion, soit en très petites taches ou sur des zones relativement larges. Elle a lieu dans des zones d'oxydation anodique stationnaire, et peut être causée par des imperfections du matériel, une haute concentration en oxygène ou en chlorure, des courants vagabonds ou des couches superficielles de protection endommagées. La corrosion par piqûre peut se développer rapidement et peut entraîner la perforation.
- La corrosion galvanique ou bimétallique a lieu lorsque deux métaux non semblables sont connectés électriquement et en contact avec un électrolyte, tel qu'une tige de

pompe en fer galvanisé et un cylindre en laiton. Le taux de corrosion est bien en deçà de celui de la corrosion électrochimique.

- La corrosion caverneuse et la corrosion par pile de concentration se développe facilement dans les fissures et dans les rivets et les boulons.
- La corrosion intergranulaire ou intercristalline a lieu seulement à l'interface des cristaux et est observée dans l'acier inoxydable.
- La corrosion sous tension peut se développer dans tout métal sous tension de traction dans un environnement corrosif. Cela peut entraîner un craquement intercristallin (le long de l'interface des cristaux) et un craquement transcristallin (à travers les cristaux). Le craquement lié à la corrosion sous tension peut influencer sur les tiges de pompes, particulièrement celles qui sont dans les installations sous haute tension de traction dans les pompes. Cela peut entraîner des fissurations informes qui sont typiques de rupture de tiges.

Pompes manuelles

Dans les parties ascendantes galvanisées et exposées à des eaux souterraines corrosives, trois différentes zones peuvent être distinguées : (a) pas de corrosion sur la partie du tuyau qui est au-dessus du niveau de l'eau; (b) faible corrosion sur la partie occasionnellement submergée dans l'eau et (c) forte corrosion de la partie toujours couverte par de l'eau, qui est recouverte par un biofilm rouge-brun.

Le fer galvanisé est fait pour protéger de la corrosion. La qualité de la galvanisation est très importante, et cela a entraîné le développement de spécifications pour la galvanisation des tuyaux. Le standard pour le revêtement galvanisé sur la partie ascendante et les tiges de la pompe est une couche de zinc d'une épaisseur de 60-70µm.

Les observations indiquent que dans des conditions de corrosion modérées à fortes (pH<6.5), la qualité de la galvanisation n'a pas d'impact significatif sur la résistance de la pompe manuelle et de la partie ascendante de la pompe à la corrosion. Langenneger (1994) a révélé que la galvanisation de la partie ascendante exposée à de l'eau souterraine avec un pH~6 peut être détruite au bout de trois à six mois.

Les tiges de pompes sont particulièrement vulnérables à la corrosion. Cela est causé par la corrosion galvanique, qui a lieu si les tiges de pompe sont faites de fer galvanisé et les pistons sont fait de laiton.

Déterminer la source de fer dans les eaux souterraines à travers des tests

Afin de déterminer la source de fer (c'est à dire savoir si le fer provient de la corrosion ou si il est d'origine naturelle), il convient de pomper au puits de manière continue et de mesurer le changement de la concentration de l'eau en fer dans le temps. Si la concentration en fer diminue rapidement après avoir pompé pendant quelques minutes, la source principale de

fer est la corrosion. Afin d'avoir des résultats fiables, il convient de tester les échantillons immédiatement après échantillonnage, ou de préserver les échantillons par acidification

Effet de la corrosion sur les autres paramètres

La corrosion des pompes manuelles a un effet non seulement sur le fer, mais également sur le manganèse, le zinc, l'ammonium, le nitrite, le pH, le dioxyde de carbone libre, l'oxygène, l'alcalinité, et peut-être d'autres facteurs qui influent sur la qualité de l'eau. L'ampleur des effets dépend du niveau de corrosivité et de la composition naturelle des eaux souterraines.

Produits de la corrosion

Langenegger (1994) a révélé que lorsque la partie ascendante et les tiges de la pompe sont en contact avec l'eau, ceux-ci sont généralement recouverts d'une boue rougeâtre ou brunâtre appelée biofilm. Ce produit de la corrosion est fait de fer, de zinc, de calcium, de magnésium, de potassium, de sodium et d'aluminium ainsi que de silice et de matière organique provenant des ferrobactéries. La texture des produits de la corrosion peut aller d'une croûte très fine (quelquefois avec une texture poudreuse) to à une croûte dure, avec une variété de textures entres les deux. Une croûte molle peut être considérée comme un biofilm typique, alors que la croûte dure est une couche protectrice. Les surfaces extérieures des parties ascendantes galvanisées ont tendance à être recouvertes d'un biofilm qui a une texture poudreuse une fois asséchée . Dans les cas où le $\text{pH} > 6.5$ et la conductivité supérieure à $300\mu\text{S}/\text{cm}$, la partie interne de la structure ascendante a une couche protectrice.

Annexe 3 Agenda

DATE	ACTIVITES	LIEU	AVEC QUI ?
Lundi 20	Réunions dans le bureau UNICEF	Ouaga	Section WASH
Mardi 21	Réunions avec la DGEP	Ouaga 2000	Equipe DGEP
Mercredi 22	9H-10H: Participation à la réunion des PTF 10h-13h : Rencontres de AN-SEPAB 13H : Depart mission terrain Fada	Ouaga	PTF DGEP UNICEF
Jeudi 23	Rencontre avec le DREA de Fada N’Gourma Réunion de chantier de construction de forages Visite d’un site de forage (Bougoui Village, Fada Commuté)	Fada	DGEP UNICEF DREA
Vendredi 24	Retour à Ouaga	Ouaga	
Samedi 25	Travaux de bureau		
Lundi 27	Réunion au bureau UNICEF Départ pour Bobo-Dioulasso	Bobo- Dioulasso	
Mardi 28	Rencontres avec les parties prenantes de Bobo-Dioulasso (DREA) Mairie de Peni	Bobo- Dioulasso Peni	DGEP UNICEF DREA Communes
Mercredi 1^{er} Mars	Retour sur Ouaga	Ouaga	DGEP UNICEF DREA Communes
Jeudi 02	Rencontres avec des parties prenantes	Ouaga	
Vendredi 03	Rencontres avec des parties prenantes	Ouaga	
Samedi 04	Travaux de bureau		
Lundi 06	Réunion de débriefing - UNICEF	UNICEF	DGEP, DNMP, DESS, PTFs
Mardi 07	Travaux de bureau		
Mercredi 08			
Jeudi 09	Rencontres avec 2IE Réunion de débriefing		
Vendredi 10	Départ de la mission		

Annexe 4 Contacts

	Nom et prenom	Structure	Fonction
1	Ye Dofihouyum	DGEP	DG
2	Bonkouno Stanislas	DGEP	AT
3	Balima Amadou	DAEP	Agent
4	Somda V.H. Romaric	DGEP	DAEP
5	Zombre Adama	DGEP/DAEP	Géologue
6	Compaore Maurice	DGEP	Agent
7	Traore Alassane	DGEP	Agent
8	Rouamba Faizatou	DGEP/DAEP	Agent
9	Coulibaly Korotoumou	DGEP/DAEP	Agent
10	Jean Paul Ouedraogo	UNICEF	Adm. Programme
11	Daniel Spalthoff	UNICEF	Chef de EHA
12	Boureima Compaore	AN-SEPAB	Président
13	Aboubacar Zougouri	DANIDA	Chargé de Programme Secteur Eau et Assainissement
14	Yamba Ouibiga	GIZ	
15	Justine Denis	Agence Française de Development (AFD)	
16	Ouedraogo/Tapsoba Christine	Directrice	DREA (Est)
17	Lassana Traore	SIDEV	Ingenieur Hydrogéologue DG
18	Ahmed Traore	Hydrass-Burkina	DG
19	Ouedraogo boureima	DREA	
20	Nonguirma Edmond Paligende		Ingenieur Travaux/GETIA
21	Karambiri Alassane	Karal International Sarl	Directeur
22	Zanne Mamatou	Mairie de Peni	SG
23	Coulibaly Bakali	Mairie de Peni	Point Focal L'eau
24	Sawadodo Lucien	DREA/HBS	
25	Tiendrebeogo Colette/Nakelse	DREA/HBS	
26	Bonkounou Ousmane	DREA/HBS	Directeur
27	Bourahima Ouedrago	DGESS/ MEA	Directeur Général
28	Rouamba Marou	DMP/MEA	
29	Sisibe Abdilaziz Landry	DAF/MEA	
30	Suhas Cuncham	Saira International	Administrator
31	Issah Ouedrago	WaterAid	
32	Ouedraogo Bourima	Temfor	
33	Moulaye Coulibaly	[Enterprise de forage]	
34	Koita Mahamadou	2iE	Rechercheur
35	Prof. Dr. Ir. Hama Yacouba	2iE Génie Rural/ Hydraulique Agricole	Directeur de la Recherche