



RAPPORT FINAL

**Etude sur la faisabilité des méthodes alternatives
pour réaliser des forages à moindre coût
au Burkina Faso**

numéro 76.92.001.06, Mai 2006



**Agence d'intérim : Woord en Daad
Organisation partenaire : CREDO**

**Exécutant : Jos Besselink, Fondation Practica
www.practicafoundation.nl**

www.woordendaad.nl/Page/sp776/ml1/Index.html
Info: info@woordendaad.nl - stob05@yahoo.fr

Table des matières

Introduction

1. Les normes et pratiques appliquées au Burkina Faso dans le cadre de l'hydraulique villageoise
2. Techniques « alternatives » et « standards » de foration au BF
3. Comparaison économique entre deux ateliers de forage
4. Structure organisationnelle alternative pour réaliser des forages à moindre coût

Annexes

1. Termes de Référence (traduction en Français par IAD)
2. Calendrier des visites et entretiens
3. Document cadre du MAHRH pour la rédaction des DAO dans le cadre de l'hydraulique villageoise au BF
4. Réaliser des forages à moindre coût : L'option OCADES-Koupéla
5. Estimation du prix de revient par forage positif
6. Informations techniques : sondeuses, compresseurs et équipements de forage

Lexique des principales abréviations utilisées

AEP	Approvisionnement en Eau Potable
AEPS	Adduction d'Eau Potable Simplifiée
BF	Burkina Faso
CREDO	Christian Relief and Development Organization
DAO	Document d'Appel d'Offre
FCFA	Francs CFA (€ 1 = 655 FCFA)
HT/HD	Hors taxes et hors frais de dédouanement
IAD	InterAction Design
JICA	Japanese International Cooperation Agency
MAHRH	Ministère d'Agriculture, d'Hydraulique et des Ressources Halieutiques
DN	Diamètre nominal (en mm)
OCADES	Organisation Catholique pour le Développement et la Solidarité
ONG	Organisation Non Gouvernementale
PAR	Programme d'Application de la Réforme
PHV	Projet d'Hydraulique Villageoise
PMH	Pompe à motricité humaine
PVC	Chlorure de polyvinyle
TTC	Toute taxe comprise
"	pouce ; égale à 25,4 millimètres
mm	millimètre
ml	mètre linéaire

Documentations consultées

- Document cadre du MAHRH pour la rédaction des DAO dans le cadre de l'hydraulique villageoise au BF
- Tubes et crépines en PVC-U pour forages d'eau, Pumpenboese/SBF, Allemagne (www.gwe-gruppe.de ; info@gwe-gruppe.de)
- Canalisation uPVC haute qualité, Interplast, Ghana (www.interplastghana.com)
- Water borehole drilling equipment, PAT (www.pat-drill.com)

INTRODUCTION

Le prix de marché d'un forage dans le cadre des marchés d'hydraulique villageoise au Burkina Faso a monté à 9 millions de Francs CFA (soit € 13.500). Raison pour « Woord & Daad », l'agence d'intérim aux Pays-Bas et CREDO, leur organisation partenaire au Burkina Faso, de chercher une solution moins chère. L'actuelle « Etude sur la faisabilité des méthodes alternatives pour réaliser des forages à moindre coût au Burkina Faso » rentre dans ce cadre. Pour les termes de référence de l'étude, voir annexe 1.

L'expert est demandé d'examiner, au Burkina Faso, l'existence des alternatives techniques de foration moins coûteuses et les possibilités de les appliquer. La recherche se porte principalement sur :

- Les aspects techniques : Examiner, par exemple, si la réduction du diamètre d'un forage est la solution permettant d'utiliser un atelier plus léger ;
- Les aspects financières : Examiner, par exemple, si un accord de coopération de CREDO et d'une entreprise de forage permet de réduire substantiellement les coûts de forage.

L'étude doit tenir compte des normes appliquées au BF dans le cadre de l'hydraulique villageoise, de la législation en vigueur au BF, du processus de Décentralisation en route ainsi que des développements au niveau de la gestion et maintenance des AEP dans le cadre de la Réforme Hydraulique.

Le présent rapport traite sur :

1. Les normes et pratiques appliquées au Burkina Faso dans le cadre de l'hydraulique villageoise ;
2. Techniques « alternatives » et « standards » de foration au BF ;
3. Comparaison financière et économique de différents ateliers de forage ;
4. Structure organisationnelle alternative pour réaliser des forages à moindre coûts.

Les annexes traitent sur, entre autres :

- Un document cadre du MAHRH pour la rédaction des DAO dans le cadre de l'hydraulique villageoise au BF ;
- L'option OCADES-Koupéla pour réaliser des forages à moindre coût ;
- Une estimation du prix de revient par forage positif ;
- Des informations techniques sur sondeuses, compresseurs et équipements de forage.

L'expert remercie M. Traoré Ahmed pour son assistance à l'étude.

1. Les normes et pratiques appliquées au Burkina Faso dans le cadre de l'hydraulique villageoise

Comparaison entre puits et forage

Dans le cadre de l'approvisionnement en eau potable (AEP) au Burkina Faso, le forage a refoulé les puits à grands diamètres, à l'exception des zones de pâturage comme au Nord du pays. Comparé aux puits à grand diamètre, les forages offrent généralement une meilleure qualité d'eau et une plus grande certitude que l'eau soit disponible pendant toute l'année, même à la longue (30 ans ou plus). Cela est du fait que, en forant, il est techniquement plus facile de capter des nappes d'eau profonde, surtout en cas des sols rocheux.

Remarque : La roche elle-même ne contient pas de l'eau. Ce sont les fractures qui contiennent souvent une eau bien purifiée.

Un puits à grand diamètre permet à plusieurs personnes de puiser en même temps par moyen d'une puisette personnelle attaché à une corde. La gestion du puits ne demande pas ou peu d'organisation ou de collaboration. Le puits a cependant besoin d'un certain entretien (nettoyage, approfondissement, désinfection).

Un forage demande au minimum une pompe à motricité humaine (PMH) pour soulever l'eau dont, en pratique, le débit ne dépasse souvent pas les 700 litres/heure. Cette pompe, en propriété commune, demande un entretien régulier et une organisation qui gère le point d'eau, qui assure la vente de l'eau (par volume ou par cotisation) afin de parer aux frais d'entretien. Un forage bien fait demande pas ou peu d'entretien ; éventuellement un soufflage après plusieurs années de fonctionnement.

En général, les frais d'entretien de la pompe par usager sont inférieurs aux frais d'achat d'une corde et d'une puisette, pourvu que l'eau du forage ne contienne pas des particules dures et abrasives et que le forage soit bien fait, c'est-à-dire :

- l'eau n'est pas captée à partir d'une couche boueuse ou de sable fin ;
- le forage est bien vertical et droit ;
- l'équipement en PVC n'est pas fissuré ou déboîté ;
- le forage est bien développé (il n'y a plus de boue/sable dans l'eau).

Normes appliqués au BF pour les forages

Depuis des années, la politique nationale Burkinabè en ce qui concerne l'hydraulique villageoise, vise à l'application des normes suivantes pour les forages à réaliser :

- 1) Pour un AEP équipé d'une pompe à motricité humaine :
 - a. un débit minimal de 700 litres/heure ;
 - b. un diamètre intérieur du tubage de forage de 4½" au minimum (foré en 6½" ou plus), permettant l'installation des pompes à motricité humaine de marques courantes au Burkina Faso (notamment ABI, India MkII, Kardia, Vergnet et Volanta).
 - c. une eau claire sans particules visibles à l'œil nu, contenant tout au plus une quantité négligeable de particules non polluantes (sable/argile) ;
 - d. une qualité d'eau répondant aux normes de l'Organisation Mondiale de Santé ;
- 2) Pour une Adduction d'Eau Potable Simplifiée (AEPS) :
 - a. un débit de plus de 5 m³/heure ;
 - b. un diamètre intérieur du tubage de forage de 6" (foré en 9⅞" ou plus, permettant l'installation des pompes immergées électriques et
 - c. une eau conforme aux critères suscités.

Beaucoup d'entreprises de forage au Burkina travaillent avec des machines d'occasion, souvent mal entretenues, et du personnel pas suffisamment compétent. En outre, les sondeuses légères ne sont souvent pas adaptées pour forer rapidement les roches dures, souvent granitiques. Dans le cadre des marchés, cela a contribué à réaliser des forages de mauvaise qualité et a entraîné le non-respect des délais d'exécution. Pour remédier aux problèmes, les exigences techniques posées dans le cadre des DAO de l'état sont de plus en plus rigoureuses.

Récemment un document cadre du MAHRH pour la rédaction des DAO dans le cadre de l'hydraulique villageoise au BF est introduit. Voir annexe 3.

Ce document détaille beaucoup d'aspects d'organisation et d'administration ainsi que des aspects techniques de la préparation, d'implantation et de fonçage, de l'équipement de forage, du développement du forage et de l'essai de débit, de l'analyse physico-chimique et bactériologique, etc.

Un « Cahier des clauses techniques particulières » pour la réalisation des forages positifs à équiper d'une pompe à motricité humaine, déduit du document cadre suscitée, précise entre autres :

« ... Les forages seront réalisés avec une sondeuse moderne mixte rotary/marteau fond-de-trou. Les formations d'altération seront traversées au rotary à l'air, à la mousse, à l'eau, voire à la boue. Dans ce cas, la boue doit être autodestructible. Selon les conditions hydrogéologiques, un tubage provisoire devra être mis en place au droit des formations d'altération et correctement ancré dans le socle.

Le forage sera poursuivi dans le socle au marteau fond-de-trou. Le choix des méthodes et matériels à mettre en œuvre ainsi que celui des diamètres de foration restera à l'initiative de l'Attributaire et sous sa seule responsabilité.

A titre indicatif, le diamètre de forage sera au moins de 9 7/8" en tête dans le terrain tendre et poursuivi dans le socle au marteau fond-de-trou en 6 1/2" au minimum. Le forage au marteau fond-de-trou sera impératif dans le socle et formations consolidées. ... »

« ... Les forages productifs seront équipés sur toute leur hauteur en tubes PVC rigides renforcées (DN 115 (4 1/2")) ... »

Les « Données particulières de l'appel d'offre No... », également déduit du document cadre suscitée, précise par exemple le personnel d'encadrement par atelier ainsi que le matériel minimum requis :

« ... un atelier composé d'une sondeuse de capacité de foration de 120 ml, un compresseur de 21 bars, un camion d'accompagnement, une citerne à eau d'au moins 5000 litres ; un servicing composé d'un compresseur de 7 à 10 bars, un groupe électrogène d'au moins 5 KVA, une pompe immergée, un lot de petit matériel ... »

Des analyses chimiques et biologiques, obligatoires au Burkina Faso dans le cadre des projets d'hydraulique villageoise, doivent confirmer la potabilité sans danger pour ses consommateurs. L'eau des puits ouverts ne peut pas répondre à ces normes. Aussi l'eau d'un forage captée à partir de l'altération ne répond souvent plus aux normes ; de plus en plus, cette eau est contaminée par l'infiltration des eaux polluées dans le sol. Par contre, les forages forés dans les roches captent uniquement l'eau à partir des fractures de la roche, peuvent (encore) répondre aux normes.

La croissance de l'orpaillage « artisanal » représente un risque pour la santé. Les orpailleurs utilisent du mercure et de l'eau pour détacher l'or de la roche pulvérisée. Les eaux usées, contenant toujours de la mercure, pénètrent dans le sous-sol où la mercure détache l'arsénique fixé au sous-sol qui à son tour se dissout dans l'eau de la nappe phréatique.

Pour éviter la pollution future des nappes phréatiques dans les roches, les (éventuelles) autres nappes aquifères dans l'altération à travers lesquelles passe le tubage du forage, doivent être hermétiquement séparées en gardant le tubage provisoire comme tubage permanent (de DN200 à 220) et en mettant une couche de remplissage étanche entre la paroi du forage et le tubage jusqu'à la roche. Cela demande en pratique un diamètre du forage d'au moins 4" plus grand que le diamètre intérieur du tubage. Au Burkina Faso, pour le moment, uniquement les forages faits pour capter « les eaux de source » prennent de telles précautions.

Standard pour les diamètres à forer et à buser les forages

Pour l'approvisionnement en eau potable, l'industrie de forage applique les mêmes normes comme l'industrie pétrolière ; même équipements et même diamètre de forage et de tubage.

Tableau des diamètres de forages et de tubages de forage utilisés dans le cadre de l'AEP au BF :

Diamètre forage		Tubage ¹⁾			Courant au	Application
Altération pouce	Socle pouce	diamètre intérieur		extérieur		
		pouce	mm	mm		
...	...	3	77	88	BF except.	Hydr : 0,7 < débit < 5m ³ /h
...	...	4	100	113	Ghana	Hydr : 0,7 < débit < 5m ³ /h
6½	9⅞	4½	112	125	BF	Hydr : 0,7 < débit < 5m ³ /h
8½	6½	5	125	140	BF except.	Hydr : débit > 5m ³ /h
12¼	8½	6	150	165	BF	Hydr : débit > 5m ³ /h

¹⁾ Résistance à la compression extérieure plus que 0,7 MPa = 7 bar.

Le type de tuyaux de tubage est indiqué par son diamètre intérieur (1" = 25,4 mm).

Au Burkina Faso, les forages avec un tubage encore plus petit sont, à titre expérimental, réalisés dans le cadre de la petite irrigation.

Actuellement, la quasi-totalité des tubes de forage installés au BF est fourni par l'entreprise « Interplast » siégré au Ghana.

Résumé et conclusion

Les normes appliquées dans le cadre de l'hydraulique villageoise au BF évoluent vers des normes internationales pour la réalisation des forages et la qualité de l'eau potable. Cela compte également pour les exigences posés aux entreprises et leur matériel. Néanmoins, le BF ne connaît pas une législation détaillée dans ce domaine.

Le Burkina a des expériences décevantes avec des ateliers âgés, mal entretenus, trop léger et donc non fiable. Les conditions hydrogéologiques, notamment la roche dur, souvent granitique, constitue l'entrave majeur. Les actuels DAO publics excluent en pratique tout matériel de forage qui ne répond pas aux normes.

Le résultat est une professionnalisation du domaine de foration et un accroissement du prix par forage. Mais les prix d'aujourd'hui des forages équipés qui sont autour de 9 millions FCFA semblent exagérés.

Dans le cadre de l'hydraulique villageoise au Burkina Faso, les diamètres normés sont :

- Forage à équiper d'une PMH (débit 700 litres/heure ou plus) :
 - dans l'altération : forer à 9⅞" ; équiper en PVC plein de 4½" ;
 - dans le socle : forer à 6½" ou plus ; équiper en PVC plein et crépiné de 4½" ;
- Forage pour un AEPS (débit > 5 m³/heure) :
 - dans l'altération : forer à 9⅞" et alésage en 12¼" ; équiper en PVC plein de 6"
 - dans le socle : forer à 6½" et alésage en 8½" et équiper en PVC plein et crépiné de 6".

2. Techniques « alternatives » et « standards » de foration

Introduction

Le paragraphe 2.1 résume les aspects techniques de foration.

Le paragraphe 2.2 décrit certaines sondeuses « alternatives » c'est-à-dire des sondeuses relativement légères et moins coûteuses par rapport à la sondeuse « standard ». Les sondeuses décrites en 2.2.1 à 2.2.4 et 2.3.2.2 ont été visitées par la mission.

Pour pouvoir comparer, le paragraphe 2.3 décrit quelques sondeuses et compresseurs « standards » utilisés au BF dans le cadre de l'extraction professionnelle de l'or ou celui de l'hydraulique villageoise.

Le paragraphe 2.4, le dernier de ce chapitre, présente un résumé technique et des conclusions.

2.1. Introduction du matériel et des techniques de foration

Une sondeuse « standard » est composée d'un camion, sur lequel sont installés :

- Le mât, avec une hauteur libre qui dépasse la longueur de la tige de forage, sur lequel sont installés :
 - Tête motrice de rotation : pour tourner le train de forage (la tige et l'outil de foration) autour de son axe longitudinale ;
 - Système d'avancement : pour forcer les tiges dans le forage ou pour soulever les tiges ;
 - Dispositif pour serrage – desserrage des tiges (ajouter/enlever une tige) ;
- Une pompe centrifuge à eau pour forcer l'eau dans le forage en passant par la tige de forage ;
- Une pompe à boue de forage : idem ;
- Une pompe à mousse : idem ;
- Quatre vérins stabilisateurs pour garder le mât bien vertical pendant la foration ;
- Treuil auxiliaire : pour soulever les outils lourds, notamment le marteau, mais aussi pour repêcher un outil resté dans le forage, ...).

Les différents dispositifs susmentionnés sont fournis conforme aux spécifications demandées par le client.

Pour entraîner les différents dispositifs, plusieurs variantes sont possibles :

- L'entraînement mécanique et/ou hydraulique / pneumatique ;
 - A partir de son propre source ou d'une source externe, l'entraînement par :
 - Le moteur du camion ;
 - Un générateur fixé sur le camion ;
 - Un générateur externe et autonome ;
- tous équipés d'un compresseur ou d'une pompe pneumatique.

La sondeuse est équipée des outils de foration :

- Selon les caractéristiques du sol à forer :
 - Sol altéré dur ou sols rocheux mou : trilâme, tricône, marteau avec taillant
 - Roche dure, appelé « socle » : marteau avec taillant.
- Des tiges de forage (en réalité des tuyaux) pourvu d'un filetage conique (mâle/femelle) aux bouts. En général, les bouts filetés sont renforcés. La longueur, la matière, la rigidité et le poids des tiges varient selon la hauteur du mât, du sol à forer, de la profondeur à forer et de la puissance disponible.

En général, la sondeuse est accompagnée d'un ou deux camions d'accompagnement, qui transportent :

- Le compresseur ;
- Le train de foration : les tiges de forage et les outils de foration ;
- Le tubage provisoire de forage : en acier ou PVC ;
- Le tubage du forage : des tuyaux en PVC, dont quelques sont pourvus des fentes de crépine ; les bouts des tuyaux sont pourvus d'un filetage (mâle/femelle) ;
- La mousse (selon besoin) et quelques sacs de boue de forage ;
- Du sable/gravier calibré à introduire comme filtre autour des tuyaux crépinés ;
- Du sable/gravier/ciment pour fixer le bout supérieur du tuyau de forage dans le sol ;
- L'eau pour dégager la terre ou la roche fracturée du forage ou pour « travailler à la boue » (en cas de besoin) ;
- Le carburant (gasoil), surtout pour ravitailler le compresseur.

En général, l'air comprimé, fourni par le compresseur, est utilisé pour dégager la terre et les roches fracturées du forage. En même temps, l'air sert à refroidir l'outil de foration et à actionner le taillant du marteau de manière répétée. En fonction de la profondeur et du diamètre du forage ainsi que des caractéristiques de la couche à traverser, la pression et le volume nécessaires sont déterminés.

Au cas où pendant le processus de foration dans l'altération les parois du forage s'éboulent, la méthode « travailler à la boue » est appliquée. Cela veut dire : enlever la terre du forage à l'aide de l'eau (au lieu de l'air comprimé) mélangée de la mousse. En montant, la mousse se dépose sur les parois du forage et la renforce ainsi ; cela demande une pompe à boue et un injecteur de mousse. La mousse est autodégradable.

Pour éviter l'éboulement pendant la foration dans le socle, un tubage provisoire est introduit et en passant par ce tubage, la foration continue dans le socle à un diamètre réduit à l'aide d'un marteau fond-de-trou.

Pour augmenter la pression sur l'outil de foration, la sondeuse est équipée d'un système d'avancement. En cas d'une sondeuse légère, un poids supplémentaire est à ajouter au mât. Une trop grande force sur la tige déforme celle-ci et aura pour conséquence un forage non droit (« tordu »).

Remarque : Un forage tordu provoque plus d'usure au niveau de la partie sous-sol d'une pompe à motricité humaine et donc plus de frais de dépannage pour les usagers.

En raison du mauvais état des pistes, le transport sur une remorque est généralement désapprouvé au BF. Le risque que le raccord entre le camion et la remorque se déforme ou se casse est grand, ainsi que le risque de faire des tonneaux (par exemple par suite d'un pneu éclaté).

2.2. Sondeuses « alternatives »

2.2.1. La Mid-Western Machinery "Portadrillmini"



La « Portadrillmini », installé sur une remorque.



L'équipement sous-sol avec trépan

Description

La « Portadrillmini » d'un poids d'environ 250 kg, permet de forer à des diamètres de 1½" à 6½". Une seule personne peut manipuler et transporter la sondeuse. Pour entraîner l'équipement sous-sol, un moteur à essence ou diesel, pourvu d'une boîte de réduction, est monté directement sur le berceau.

Les tiges de forage ont une longueur d'environ 1,5 mètres ; chaque bout non renforcé est pourvu d'un filetage conique (mâle/femelle). Selon les caractéristiques du sol, un trépan, un tricône ou un marteau est utilisé. La force sur l'outil de foration est introduite à la main par moyen d'un treuil, qui permet aussi de soulever l'équipement sous-sol.

Le tricône et le marteau demandent un compresseur ou une pompe centrifuge avec une pompe à boue (selon les caractéristiques du sous-sol). Ces dispositifs ne font pas partie de cette sondeuse.

Pour des détails techniques, voir annexe 6.

Expériences au BF

Au Burkina Faso, la sondeuse est utilisée par :
Japan – Burkina Faso Friendship Association
M. Tsutomu Iida, directeur de division
03 BP 7197 Ouagadougou 03
Tél : 00226 – 50 38 71 55
E-mail : iida@jbfa.org

Depuis 2005, la machine est utilisée pour forer à un diamètre jusqu'à 6½". Un tricône permet de pénétrer des couches d'altération pas trop dures. Pourvu que le sol ne soit pas rocheux, une profondeur jusqu'à 50 mètres est faisable. La réalisation d'un tel forage prend plusieurs jours.

Selon M. Tsutomu Iida, pour pénétrer les roches au BF, un compresseur qui fournit une pression de 12 bars est nécessaire. Pour de telles puissances, la machine est cependant trop légère.

Vu les conditions du sous-sol au BF, la machine est propre pour répondre aux besoins en petite irrigation où la qualité de l'eau n'a peu d'importance. Un forage à petit diamètre peut coûter autour de 1.5M FCFA.

2.2.2. La Ingersol Rand ...



La Ingersol Rand ... installée sur un camion

Description

La sondeuse pneumatique est actionnée entièrement par l'air comprimé de 17 bars, fourni par un compresseur haute pression autonome. Un moteur à air comprimé entraîne l'équipement dans le sous-sol, un deuxième soulève et descend l'équipement.

Expériences au BF

Pour l'entreprise FORAM, la sondeuse est un achat d'occasion :

Entreprise FORAM
D.G. M. Ayiguidio Baba
05 BP 6293 Ouagadougou 05
Tél : 00226 – 50 37 05 75
E-mail : forambaba@yahoo.fr

La sondeuse date d'au moins 15 ans. Elle est stand-by depuis des mois : le compresseur est en panne. La sondeuse, livré sur une remorque, a été installée sur un camion pour faciliter son transport en brousse. Le même camion sert à transporter l'équipement de la sondeuse (les tiges, les outils de foration et les PVC). Comme la sondeuse est légère, elle peut être déplacée facilement et servir pendant la saison pluvieuse.

La sondeuse est assez rigide pour forer avec un marteau de 6" dans les roches, jusqu'à une profondeur d'environ 80 mètres. Cela prendra cependant plusieurs journées de travail.

Par rapport aux autres sondeuses 'professionnelles', le prix pour la réalisation d'un forage est moins élevé. Le prix forfaitaire d'un forage positif équipé d'une superstructure complète et d'une pompe India MkII (galvanisée) est autour de 6 million de FCFA (hors taxe/hors douane.)

Ce type de sondeuse n'est pas répandu, d'où la difficulté de trouver des pièces de rechange.

Remarque : L'entreprise ne dispose plus de la documentation technique de la sondeuse.

2.2.3. La Werner Nordmeyer Ing. DSB134



Description

Le moteur du camion actionne une pompe hydraulique qui sert à tourner et à avancer/soulever le train de forage.

Un compresseur autonome de 10 bars fournit l'air comprimé pour actionner le marteau à basse pression et pour dégager la terre et la poussière de la roche du forage.

La longueur des tiges est de 3 mètres.

La sondeuse Werner Nordmeyer DSB134 installée sur un camion Mercedes 4x4

Prix d'occasion de la sondeuse et du train de forage est autour de 15.000.000 FCFA.

Expériences

La sondeuse est assez rigide pour forer avec un taillant de marteau de 6" dans les roches, jusqu'à une profondeur d'environ 80 mètres. Cela prendra cependant plusieurs journées de travail.

Remarque : L'entreprise ne dispose plus de la documentation technique de la sondeuse.

2.2.4. La Prakla Bohrtechnik RB 10



Description

La sondeuse, installée sur un camion léger 4x4, peut facilement être déplacée même pendant la saison pluvieuse.

La sondeuse comprend un mât qui travaille avec des tiges de 3 mètres de long, une tête motrice de rotation hydraulique, un système d'avancement hydraulique et un dispositif hydraulique pour serrage – desserrage de tiges. Le moteur du camion actionne le système hydraulique. La commande est hydraulique.

Le camion est également pourvu d'une pompe à boue, d'un treuil hydraulique, d'un générateur et d'un compresseur incorporé de 10 bars qui fournit l'air pour le développement du forage. Pour les détails techniques voir annexe 6.

La Prakla RB10 en train de développer le forage

Un compresseur autonome de 17 à 21 bars fournit l'air comprimé pour actionner le marteau et pour dégager la terre et la poussière de la roche du forage.

Expériences au BF

La RB10 a déjà travaillée au BF lors des années 1996 – 2000 dans le cadre de la coopération allemande (KfW) avec l'entreprise Allemande Geomechanik. En 2004, la même RB10 réhabilitée a été vendue au BF à l'entreprise Burkina Décor et elle a exécutée en 2004-2005 :

- Programme Faso Baara/Ministère de la Promotion de la Femme :
 - 1^{er} phase : 9 forages équipés ;
 - 2^{eme} phase : 23 forages équipés ;
- Programme Ministère de la Santé : 7 forages équipés ;
- OCADES-Koupéla : 25 forages ;
- Ministère de Ressources animales : 10 forages pastoraux.

Tous ces forages ont été foré à 6½" dans le socle et équipé de tubage PVC de 4½".

Elle continue à travailler même en saison pluvieuse.

La sondeuse a foré dans les altérations (terrain tendre) jusqu'à 60 mètres et a atteint des profondeurs de 102 mètres dans les roches saines et peut réaliser un forage de 60 mètres en 8 heures de travail.

Consommation

Pour la réalisation d'un forage de 60 mètres la consommation moyenne en carburant est autour de 400 litres pour la foration et le développement, hormis le déplacement intersite.

2.2.5. La PAT-DRILL 201, 301 et 401

Description

Selon le catalogue, la PAT-drill 201 de 250 kg peut travailler à la boue avec injection de mousse, dans les couches d'altération ou argileuses, mais elle est trop légère pour les couches rocheux. Cette sondeuse ressemble beaucoup à la « Portadrillmini » (voir paragraphe 2.2.1) et connaît les mêmes limites. Les tiges de forage ont une longueur de 1,5 mètres.

Même la PAT-drill 301 est probablement trop légère pour réaliser, dans les roches dures au BF, un forage d'un diamètre de 4 à 6½" à des profondeurs demandées dans le cadre de l'hydraulique villageoise. La sondeuse est livrable en plusieurs versions pour répondre aux différents besoins. La PAT-drill 301 est fournie avec une unité séparé (moteur+pompe hydraulique+tuyaux flexibles) pour actionner la sondeuse. Pour forer dans les roches et pour marteler et dégager le forage, la sondeuse demande un compresseur de 12 bars. Les tiges de forage ont une longueur de 2 mètres.

La PAT-drill 401, plus puissante et lourde, mais toujours relativement légère, est probablement techniquement capable de travailler dans les conditions géographiques au BF. Réaliser un forage dans les roches dures prendra probablement toujours plusieurs jours. Néanmoins, vu la dureté des roches granitiques au BF, la sondeuse risque de ne pas tenir longtemps.

La PAT-drill 401 est livrable en deux versions : montée sur une remorque ou sur une Toyota Land Cruiser 4WD pick-up.

Pour forer dans les roches, un compresseur autonome de 12 à 17 bars est nécessaire. Les tiges de forage ont une longueur de 2 mètres.

Pour les détails, voir annexe 6.

Expériences au BF : Inconnues.

2.3. Sondeuses « standards » et compresseurs

2.3.1. Sondeuses et équipements de foration utilisés par les mineurs

Dans le cadre de l'extraction professionnelle de l'or au Burkina Faso, des forages de prospection sont forés avec des taillants spéciaux de marteaux d'un diamètre de 3 à 6½" pour des profondeurs de plusieurs centaines de mètres dans les différentes roches. Cela nécessite des compresseurs très puissants fournissant une pression de 30 bars. Etant uniquement intéressé à prélever des échantillons du sol pour analyse, les mineurs ne busent pas les forages, car un éventuel éboulement après la foration n'est pas leur problème.

Remarque : Dans le cadre de l'hydraulique villageoise au Burkina Faso, le busage est nécessaire parce que ces forages sont justement fait dans les couches rocheuses fissurées et érodées.

2.3.2. Sondeuse « standard » utilisée dans le cadre de l'hydraulique villageoise

La sondeuse Ingersol Rand T3W



La sondeuse Ingersol Rand T3W

Description

La sondeuse T3W, livrable en plusieurs versions selon les désirs du client, permet de forer rapidement et à des grandes profondeurs et diamètres (600 mètres). Cette sondeuse permet de travailler dans toutes les conditions géographiques rencontrées au Burkina Faso. En conditions normales, une telle sondeuse peut facilement réaliser deux forages de 60 mètres par jour.

Les tiges rigides de forage d'une longueur de 6 mètres permettent de forer un forage bien droit.

La foreuse est équipée d'un compresseur incorporé de 17 à 21 bars, d'une pompe à boue, etc. La sondeuse dispose d'une commande électronique avancée.

La sondeuse doit être accompagnée d'un camion pour transporter le train de foration, l'équipement sous-sol, le carburant, l'eau, les sacs de boue de forage, ...

En raison de ses dimensions et de son poids, il sera difficile à déplacer l'équipement en saison pluvieuse.

Expériences

Plusieurs entreprises Burkinabè, telles que Géofor et Bumigeb, travaillent avec cette sondeuse depuis des années 1990 et ont réalisé plus de mille forages au BF.

Depuis une année OCADES s'est doté d'un tel atelier de forage (sondeuse d'occasion et camion plateau d'accompagnement comportant deux citernes de 5m³ pour le carburant et de 10m³ pour l'eau). Dans les zones au BF où les altérations atteignent les 70 mètres, ces machines ont déjà travaillé à des profondeurs de 120 mètres. Au total l'atelier a réalisé autour de 120 forages et continu à exécuter les programmes du gouvernement.

2.3.3. Compresseurs

Le compresseur pouvant débiter 17 bars est indiqué pour l'hydraulique villageoise au BF.

Au BF on rencontre des compresseurs de marques :

- Atlas Copco, fabrication Suédoise, représenté par Burkina Equipement ;
- Ingersol Rand, fabrication USA, représenté par Géofor ;
- NCA, fabrication Canadienne, sans représentation au BF ;
- SULAIR, fabrication USA, sans représentation au BF ;
- MANAIR, fabrication Japonaise, sans représentation au BF.



Pour les détails techniques de plusieurs compresseurs Atlas Copco, notamment : capacité et pression, dimensions, poids, ..., voir annexe 6.

Un compresseur Atlas Copco XRHS780 de 20 bars et d'une capacité de 21 m³/minute

La consommation en gasoil d'un compresseur de 17 bars est dans l'ordre de 50 litres par heure. Pour un forage de 60 mètres réalisé en 6 heures, la consommation s'élève à 300 litres ; réalisé en 10 heures elle est de 500 litres.

Remarque : Depuis 1998, le prix de gasoil est monté de 380 FCFA/litre à 622 FCFA.

2.4. Maintenance

La maintenance est l'élément essentiel pour le bon fonctionnement des ateliers de forage. Malheureusement, au BF les entreprises ne le jugent pas à sa juste valeur.

Ce manque représente le maillon faible de la chaîne de foration. Cette faiblesse est dû au manque de personnel compétent, de l'encadrement, mais au fond dû à un problème culturel.

La maintenance est subdivisée en plusieurs étapes :

- Maintenance préventive

Elle consiste à vérifier l'état de chaque pièce, à changer les pièces défectueuses, à vidanger ou à compléter les liquides/lubrifiants, ..., avant chaque sortie de l'atelier sur le terrain.

Cela concerne également les documents de véhicule (visite technique, assurance, ...)

- Maintenance sur le terrain

Vérification du fonctionnement des différents éléments de l'atelier, niveau des liquides, etc. Nettoyer les filtres et au besoin remplacer, ...

Au besoin, stopper la foration en cas d'annonce d'une panne, détecter la panne et dépanner le, en évitant toute bricolage sur la machine.

- La révision courante sur fiches techniques

Intervenir sur les différentes machines selon les schémas fournis par les constructeurs, entre autres : nettoyer ou remplacer préventivement les pièces indiquées.



Dépannage d'une sondeuse au bord de la route à la sortie de Ouagadougou

Généralement, toutes les entreprises de forage burkinabé se ravitaillent en pièces de rechange des compresseurs et en outils de forage (neuf ou d'occasion) à partir du Ghana, car au BF ces pièces coûtent souvent deux fois plus chère.

2.5. Résumé et conclusions

- 1 De toutes les sondeuses visitées, uniquement le « Portadrillmini » est apte à forer des diamètres au-dessous de 6½". Cependant, cette sondeuse simple est inadaptée à forer dans les roches au Burkina Faso.
- 2 Les autres sondeuses légères visitées sont uniquement équipées pour forer à des diamètres de 6½" ou plus. Il s'agit du vieux matériel, souvent très mal entretenu. Par rapport aux prix des marchés de l'hydraulique villageoise, l'emploi de ces sondeuses légères amène à des prix de forage moins cher.
- 3 Une sondeuse légère telle que la PAT-drill 401 est assez puissante pour réaliser un forage d'une profondeur suffisante dans les roches dures dans la plupart des zones de BF, mais elle ne durera probablement pas longtemps.
- 4 Une sondeuse légère ne permet pas de forer rapidement. Réaliser un forage dans les conditions hydrogéologiques du BF prend plusieurs jours. En outre, la foration avec des tiges plus courtes et légères occasionne facilement un forage tordu. Les conséquences, notamment les frais de maintenance plus élevés, seront pour les usagers de la pompe à motricité humaine.
- 5 Une sondeuse comme la Prakla RB10, étant toujours relativement légère, est assez puissante et rigide pour fonctionner durablement au BF. Cette machine peut réaliser un forage de 60 mètres en 8 heures. Une entreprise disposant d'une telle sondeuse peut soumissionner des marchés publics de l'hydraulique villageoise au BF.
- 6 Pour toutes les sondeuses, l'énergie pour forer dans le socle est fournie par un compresseur (autonome). Presque partout au Burkina Faso, une pression de 17 bars est souhaitée pour forer au marteau fond-de-trou de 6½".
- 7 Les mineurs professionnels forent aux marteaux de petits diamètres en se servant des compresseurs plus puissants (autour de 30 bars) pour des grandes profondeurs. De tels compresseurs coûtent chers et leur consommation en gasoil est plus élevée.
- 8 Une sondeuse « standard » bien appropriée aux conditions hydrogéologiques au BF coûte cher à l'achat et par ses poids et dimensions elle provoquera plus de problèmes de transport en saison pluvieuse. Cependant, étant capable de réaliser un forage dans quelques heures, l'unité sondeuse - compresseur consomme moins de carburant.
- 9 En résumé, dans le cadre de l'hydraulique villageoise au BF, il n'existe pas une technique alternative bien appropriée aux conditions hydrogéologique. Il est improbable qu'une telle alternative sera encore développée.
- 10 Dans la province de la Sissili, l'épaisseur de la couche d'altération est souvent inférieure à 15 mètres. Là-dessous se trouve le socle en roche granitique, ce qui ne permet pas la technique de foration « alternative » pour des diamètres inférieurs ou égale à 6½".
- 11 La maintenance est le maillon faible de l'activité de foration au Burkina Faso. Cela provoque des pertes énormes en termes de temps en de finances et l'entreprise négligente finit à ne plus être crédible.

3. Comparaison économique entre deux ateliers de forage

Introduction

Pour la plupart des entreprises Burkinabè, les frais de financement et d'amortissement d'un atelier tout neuf est trop élevé. En outre, de tels frais se répercuteraient incontestablement sur le prix par forage. Pour cette raison, les aspects économiques de deux ateliers de forage d'occasion, appliqués au Burkina Faso, sont comparés :

- la Prakla RB10 à titre d'exemple d'une sondeuse relativement légère et
- la sondeuse « standard » Ingersol Rand T3W.

3.1. Composition et prix de l'atelier basé sur la sondeuse Prakla RB10

1. Un camion 4x4 de la marque IVECO-Magirus, sur lequel sont installés : la sondeuse et l'équipement pour développer le forage ;
2. Un camion plateau pour transporter le train et les outils de foration, le tubage provisoire et le compresseur autonome ;
3. Un camion plateau pour transporter l'équipement de forage (tubes en PVC), une citerne de 5 m³ pour l'eau et une citerne pour le carburant ;
4. Un camion pour transporter l'équipement d'essai de débit du forage tel que une pompe immergée, un tubage flexible et un groupe électrogène ;
5. Une voiture 4x4 de liaison.

Prix indicatif, livraison à Ouaga (occasion)	Montant HT/HD
Sondeuse RB10 complète avec accessoires	90.000.000
Compresseur 25 bars (8.000 heures)	38.000.000
Camion plateau d'occasion	8.000.000
Camion d'accompagnement, avec citernes, ...	10.000.000
Camion pour transporter l'équipement d'essai de débit de forage	8.000.000
Equipement d'essai de pompage	5.000.000
Voiture de liaison 4x4 (occasion)	5.000.000
Total (HT/HD)	164.000.000

3.2. Composition et prix de l'atelier basé sur la sondeuse Ingersol Rand T3W

1. Un camion de la marque Ford, sur lequel sont installés : la sondeuse, le compresseur et l'équipement pour développer le forage, les tiges et outils de foration, ... ;
2. Un camion plateau pour transporter l'équipement de forage (tubes en PVC), du casing, une citerne de 10 m³ pour l'eau et une de 5 m³ pour le carburant, un bac pour le gravier (massif filtrant) ;
3. Un camion pour transporter l'équipement de développement et d'essai de débit de forage tels que une pompe immergée, un tubage flexible, un groupe électrogène, un compresseur de 10 bars ;
4. Une voiture 4x4 de liaison.

Prix indicatif, livraison à Ouaga (occasion)	Montant HT/HD
Sondeuse T3W complète avec compresseur incorporé, accessoires	140.000.000
Camion plateau d'accompagnement avec grue, citernes, ...	50.000.000
Camion pour transporter l'équipement de développement et d'essai de débit de forage	10.000.000
Equipement de développement et d'essai de pompage	10.000.000
Voiture de liaison 4x4 (occasion)	5.000.000
Total (HT/HD)	215.000.000

3.3. Estimation du prix de revient par forage réalisé avec les deux ateliers

Le tableau ci-dessous résume les résultats d'un nombre d'estimations et se base sur :

- des diamètres de foration de 6½" et de tubage de 4½" ;
- un pourcentage de forages positifs de 67% (2 sur 3) ;
- une profondeur moyenne de 60 mètres ;
- des marchés d'en moyenne 20 forages positifs.

Pour les détails étayant ces estimations, voir annexe 5.

Prix de revient par forage positif en FCFA (hors marge bénéficiaire et TVA18%) :

Atelier	Forages pos. par an :	50	100	150	200	250
Prakla RB10		4.9M	4.2M	4.0M	3.9M	---
Ingersol Rand T3W		5.0M	4.3M	4.0M	3.9M	3.9M

Remarque : Dans l'estimation des prix de revient de forage, les frais de contrôle sur l'exécution pour le client / bailleur ne sont pas incorporés.

3.4. Résumé et conclusions

Un atelier d'occasion, relativement léger cependant apte à forer dans le socle au BF, demande un investissement d'autour de 165 millions de francs CFA (€ 250.000).

L'investissement dans un atelier d'occasion « standard » demande autour de 220 millions de francs CFA (€ 330.000).

Il ressort de cet estimation (voir annexe ...) que, en réalisant plus de forages positifs par an, le prix par forage positif baisse.

Un forage réalisé avec un atelier léger n'est que légèrement plus bon marché si l'atelier n'atteint qu'une production annuelle de 150 forages positifs.

Les estimations ne se basent pas sur des données détaillées fournies par les entreprises de forage n'étant pas disposés à fournir celles-ci. En outre, la plupart des entreprises de forage ne font pas de telles analyses détaillées et n'en disposent donc pas.

Vu les différences minimes des prix par forage, il n'est pas étonnant que la plupart des entreprises de forage se servent des prix forfaitaires, sans tenir compte de la région / nombre de forages /.... Par contre, un forage d'un plus grand diamètre coûte bien plus cher.

4. Structure organisationnelle alternative pour réaliser des forages à moindre coût

L'exemple de OCADES-Koupéla

Un autre moyen pour réaliser des forages à moindre coût est de les réaliser en gestion directe :

- pour éviter tout marge commerciale ;
- pour éviter lancer un appel d'offres et
- pour éviter des problèmes qui peuvent sortir d'une collaboration avec une entreprise difficilement contrôlable.

L'Organisation Catholique pour le Développement et la Solidarité (OCADES), notamment le diocèse Koupéla, confronté avec des problèmes de disponibilité de machines de forage pour réaliser leurs forages dans les délais et budgets prévus, a pris l'initiative de créer une entreprise de forage sous leur gestion.

L'ONG OCADES-Koupéla a doté la nouvelle société d'un atelier complet performant créé autour d'une sondeuse Ingersol Rand T3W, capable de forer deux forages par jour. L'atelier a été payé hors taxe et hors douane.

Remarque : Aussi la nouvelle société en tant que société de droit commun, a droit à une certaine exonération d'impôts et de taxes pour une durée de cinq ans.

Vu la performance du matériel, l'entreprise est constamment sollicitée. La demande est déjà assez grande pour permettre de rentabiliser l'atelier.

Seul inconvénient : Une entreprise récemment constituée, donc sans « histoire » dans le domaine de réalisation des forages (chiffres d'affaire, marchés réalisés, ...), ne pourra pas gagner des marchés publics les premières années vu les conditions techniques et commerciales imposées dans les clauses de ces marchés.

En commandant la matière première directement auprès des fabricants et fournisseurs, l'ONG peut constituer un stock (carburant, PVC, ciment, etc.) hors taxe/hors douane à moindre coût.

Conclusion

La réalisation des forages en gestion directe par sa propre entreprise de forage permet à une ONG :

- de « toujours » disposer d'un atelier de forage, sans passer par un appel d'offre ;
- de réaliser ses forages à moindre coût ;
- de générer des fonds en travaillant pour des tiers pour mieux rentabiliser l'atelier et, à la longue, de devenir financièrement autonome ;
- de créer du travail et des fonctions de haute qualité.

ANNEXES

1. Termes de Référence (traduction en Français par IAD)
2. Calendrier d'activités
3. Document cadre du MAHRH pour la rédaction des DAO dans le cadre de l'hydraulique villageoise au BF (pas encore disponible)
4. Réaliser des forages à moindre coût : L'option OCADES-Koupéla
5. Estimation du prix de revient d'un forage positif
6. Informations techniques :
 - a. Sondeuses
 - b. Compresseurs
 - c. équipements de forage

Annexe 1

Termes de Référence (traduction en français par IAD)

Annexe 2

Calendrier d'activités

Annexe 4

L'option OCADES - Koupéla

Réaliser des forages à moindre coût

Annexe 5

Estimation du prix de revient d'un forage positif

Annexe 6

- Informations techniques :**
- a. Sondeuses**
 - b. Compresseurs**
 - c. Equipements de forage**