

Document
de travail
IWMI

155

Opportunités d'investissement dans le forage manuel de puits en Ethiopie ●●●

Elizabeth Weight, Robert Yoder et Andrew Keller



Documents de travail

Les documents publiés dans cette série recensent les travaux et la pensée des chercheurs de l'IWMI, ainsi que les savoirs dont la direction scientifique de l'Institut considère qu'ils méritent d'être diffusés. Cette série veille à ce que les données scientifiques et les autres informations réunies ou préparées dans le cadre des travaux de recherche de l'Institut soient recensées et référencées. Parmi les documents de travail peuvent figurer des rapports de projets, des études de cas, des comptes rendus de conférences ou d'ateliers, des documents de réflexion ou des rapports sur l'avancement des recherches, des rapports de recherche spécifiques pour certains pays, des monographies, etc. Les documents de travail peuvent être publiés conjointement par l'IWMI et des organisations partenaires.

Bien que la plupart des rapports soient publiés par des membres du personnel de l'IWMI et leurs collaborateurs, nous accueillons avec intérêt les apports extérieurs. Chaque rapport est examiné à l'interne par le personnel de l'IWMI. Les rapports sont publiés et diffusés à la fois en version papier et électronique (www.iwmi.org) et, autant que faire se peut, toutes les données et analyses seront proposées sous forme de fichiers distincts téléchargeables. Les rapports peuvent être copiés librement et cités à condition que l'apport de l'organisation soit reconnu.

A propos de l'IWMI

La mission de l'IWMI est d'améliorer la gestion des ressources en terres et en eaux au profit de l'alimentation, des moyens d'existence et de l'environnement. Dans le cadre de cette mission, l'IWMI fait porter l'essentiel de son action sur l'intégration des politiques, technologies et systèmes de gestion afin de parvenir à des solutions viables aux problèmes réels—des résultats pratiques et pertinents dans les domaines de l'irrigation et des ressources en terres et en eaux.

Document de travail IWMI 155

**Opportunités d'investissement
dans le forage manuel de puits en Ethiopie**

Elizabeth Weight

Robert Yoder

et

Andrew Keller

Auteurs: Elizabeth Weight: Coordinatrice de l'adoption des technologies au niveau mondial pour l'Institut international de gestion des ressources en eau (IWMI) à Colombo, Sri Lanka; Robert Yoder: consultant indépendant dans le Colorado, Etats-Unis (ancien Directeur des technologies à l'iDE); et Andrew Keller: Président de Keller-Bliesner Engineering, LLC, Utah, États-Unis.

Weight, E.; Yoder, R.; Keller, A. 2013. *Opportunités d'investissement dans le forage manuel de puits en Ethiopie*. Colombo, Sri Lanka: Institut international de gestion des ressources en eau (IWMI). 29p. (Document de travail IWMI 155). doi: 10.5337/2013.212

/ puits / forage / pompes / investissement / secteur privé / modèles / agriculteurs / ressources en eaux souterraines / production végétale / agriculture irriguée / Ethiopie /

ISSN 2279-2287

ISBN 978-92-9090-775-6

Publié à l'origine en tant que:

Weight, E.; Yoder, R.; Keller, A. 2013. *Manual well drilling investment opportunity in Ethiopia*. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI). 25p. (IWMI Working Paper 155). doi: 10.5337/2013.210

Droits d'auteur © 2013 de l'IWMI. Tous droits réservés. L'IWMI encourage l'utilisation de ses documents à condition que l'apport de l'organisation soit reconnu et qu'elle soit informée de telles occurrences.

Veillez adresser questions et commentaires à: IWMI-Publications@cgiar.org

**Il est possible de télécharger une copie gratuite de cette publication sur:
www.iwmi.org/Publications/Working_Papers/index.aspx**

Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier tous ceux dont le travail a contribué à l'élaboration de ce rapport. Nous sommes en particulier reconnaissants envers Kebede Ayele (Directeur national) et le personnel de l'iDE Ethiopie. Nous remercions l'équipe du projet AgWater Solutions, dont Meredith Giordano (Co-Directrice de projet) et Charlotte de Fraiture (UNESCO-IHE Institut pour l'éducation relative à l'eau, ancien personnel de l'IWMI), pour leurs conseils et leur collaboration. Ce rapport se fonde sur des recherches financées par une subvention de la Fondation Bill & Melinda Gates. Les résultats et conclusions qu'il contient sont ceux auxquels sont parvenus les auteurs et rédacteurs et ne reflètent pas nécessairement les points de vue ou politiques de la Fondation Bill & Melinda Gates.

Le projet

Le projet AgWater Solutions a été mis en œuvre dans plusieurs pays africains et asiatiques entre 2009 et 2012. Son objectif est de repérer les options et opportunités d'investissement dans la gestion de l'eau en agriculture qui offrent les plus grandes chances de permettre l'amélioration des revenus et de la sécurité alimentaire des agriculteurs pauvres, et de définir des outils et recommandations à l'intention des parties prenantes du secteur, dont les décideurs, les investisseurs, les organisations non gouvernementales (ONG) et les petits exploitants agricoles. Le présent rapport est une synthèse des conclusions de la recherche et des résultats de la collaboration, en Ethiopie, de l'équipe et des parties prenantes sur toute la période du projet.

Les principales institutions chargées de la mise en œuvre étaient: l'Institut international de gestion des ressources en eau (IWMI), l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), l'iDE, l'Institut international de recherche sur les politiques alimentaires (IFPRI) et l'Institut de Stockholm pour l'environnement (SEI).

Pour obtenir davantage d'informations sur le projet ou des rapports détaillés, veuillez consulter le site web du projet (<http://awm-solutions.iwmi.org/home-page.aspx>) ou contactez le Secrétariat du projet AgWater Solutions (AWMSolutions@cgiar.org).

Table des matières

Résumé	vii
Introduction: l'agriculture en Ethiopie.....	1
Contexte: un forage manuel de puits abordable.....	1
Le forage manuel de puits en Ethiopie.....	4
Modèle d'entreprise privée de forage manuel de puits en Ethiopie.....	6
Investissements nécessaires pour catalyser le secteur privé du forage manuel de puits en Ethiopie.....	9
Investissements dans une base de données spatiales d'informations et de données sur l'eau en agriculture.....	10
Investissements nécessaires pour accélérer une activité privée de forage manuel de puits.....	13
Conclusions.....	16
Références.....	17
Annexe 1. Exemple de rapport de forage.....	18
Annexe 2. Formation et certification en forage manuel de puits	19

Résumé

La vie de presque 36 millions d'Ethiopiens pourrait être améliorée par des interventions au bénéfice des populations rurales pauvres. Environ 83 pour cent des 82,8 millions d'habitants de l'Ethiopie vivent dans des zones rurales et 52 pour cent d'entre eux vivent dans la pauvreté (Fonds international de développement agricole - FIDA). L'amélioration de la productivité agricole des petits agriculteurs et de leur accès à l'eau pourrait permettre d'augmenter leurs revenus, d'améliorer la sécurité alimentaire et de fournir de l'eau pour le bétail et les besoins domestiques.

Dans de nombreux pays d'Asie, d'Afrique et d'Amérique latine, le forage manuel de puits est une solution qui permet aux agriculteurs d'accéder de manière fiable et abordable aux ressources en eaux souterraines peu profondes. Après le forage, les agriculteurs peuvent choisir parmi plusieurs méthodes d'élévation et de stockage de l'eau et d'arrosage des cultures.

Le forage manuel de puits est courant dans de nombreux pays d'Asie, d'Afrique et d'Amérique latine mais il est peu répandu en Ethiopie. Les opérations pilotes menées par l'iDE Ethiopie pour essayer le forage manuel de puits dans le pays ont été concluantes dans les zones sélectionnées: ces essais ont été profitables pour les agriculteurs, les foreurs de puits et les apprentis foreurs et démontré qu'il y avait chez les agriculteurs une forte demande pour des puits forés manuellement et que ceux-ci étaient tout à fait réalisables dans les conditions hydrogéologiques des zones pilotes.

Pour reproduire ces réussites à plus grande échelle, afin de répondre à la demande des agriculteurs et améliorer leur accès à l'eau, il faut que des investissements soient réalisés (a) dans la création d'une base de données spatiales des principales informations et données portant sur les sols, l'hydrogéologie et les ressources en eau, ce qui permettra d'évaluer l'ampleur possible du forage manuel de puits et de déterminer les zones présentant un potentiel intéressant pour cette technique; et (b) dans l'expansion, en Ethiopie, d'une activité privée de forage de puits. Ci-dessous figurent plus de détails concernant ces deux points:

- a. Le forage manuel de puits n'est viable que dans certaines conditions hydrogéologiques. Dans le cadre de l'étude pilote, la sélection rigoureuse des zones a permis à l'iDE Ethiopie d'obtenir un taux de réussite de 80 pour cent dans ces forages. Pour l'ensemble de l'Ethiopie, les données, informations et cartes relatives aux sols, à l'hydrogéologie et aux ressources en eau sont toutefois insuffisamment précises et détaillées pour qu'il soit possible de déterminer tous les emplacements propices au forage manuel de puits. Il serait nécessaire d'investir environ trois millions de dollars E.-U. dans la cartographie, la collecte des données, la vérification sur le terrain et le forage de puits d'essai pour définir les zones propices au forage manuel de puits. De tels investissements permettraient la création d'une base de données spatiale d'informations et de données portant sur l'eau pour l'agriculture qui pourrait être utilisée par le gouvernement, les investisseurs, les foreurs de puits et d'autres intervenants pour évaluer l'ampleur possible de l'activité et cibler efficacement les zones présentant un potentiel intéressant pour le forage manuel de puits. Une telle base de données pourrait aussi être utilisée pour évaluer le potentiel et déterminer les répercussions de divers investissements dans l'accès à l'eau, son utilisation et la gestion de l'eau en agriculture. L'établissement de cette base de données augmenterait considérablement les chances de réussite d'une activité de forage manuel de puits et de tout autre investissement lié à l'utilisation de l'eau en agriculture en Ethiopie.

- b. Dans les zones où les données et cartes indiquent que le forage manuel de puits serait physiquement possible et qu'il y aurait une clientèle suffisante pour soutenir une activité privée de forage manuel, des investissements supplémentaires pourraient être nécessaires pour favoriser l'expansion du forage privé en Ethiopie grâce à la formation de foreurs, la stimulation d'une demande, par les agriculteurs, de puits forés manuellement et la création de chaînes de valeur agricoles pour les petits agriculteurs. Dans les zones où les données et la cartographie montrent que le forage manuel n'est pas réalisable à grande échelle, aucun investissement supplémentaire dans une activité privée de forage manuel ne sera encouragé.

Une fois les zones favorables définies, il est possible d'estimer l'ampleur possible (c.-à-d. le nombre d'agriculteurs concernés) du forage manuel de puits dans le pays, les dépenses nécessaires pour informer les agriculteurs et le rendement des investissements dans l'expansion d'une activité privée de forage manuel de puits. Il est prévu qu'un appui externe au forage manuel de puits pourrait parvenir à catalyser le secteur en trois à cinq ans. Les entreprises privées de forage manuel de puits et les différents acteurs impliqués dans la chaîne d'approvisionnement devraient pouvoir devenir financièrement autonomes durant cette période. Les estimations indiquent qu'une activité florissante de forage manuel de puits, soutenue par un programme continu de formation et de certification, devrait permettre en cinq ans à plus de 75 000 agriculteurs d'accéder aux eaux souterraines; en quinze ans ce sont plus d'un million de fermiers qui pourraient avoir accès à ces eaux. Sans appui externe, l'activité privée de forage manuel de puits progressera sans doute de manière autonome, mais à un rythme beaucoup plus lent.

INTRODUCTION: L'AGRICULTURE EN ÉTHIOPIE

Comme le précise le document «*Agricultural Water Management National Situation Analysis Brief*» établi en Ethiopie en janvier 2010, les petits exploitants agricoles des zones de haute et moyenne altitude pratiquent des systèmes agricoles mixtes; par exemple, ils intègrent production animale et végétale en leur accordant une importance égale. Dans les zones de faible altitude du pays, les systèmes agropastoraux sont moins courants et la plupart des agriculteurs utilisent des systèmes pastoraux. En Ethiopie, les systèmes à récolte unique représentent la norme, ceux à double récolte étant réservés pour les abords des cours d'eau. Les femmes jouent un rôle important dans la production agricole qui relève essentiellement d'une agriculture pluviale de subsistance. Les superficies potentiellement irrigables varient de 3,7 à 4,3 millions d'hectares (Mha) mais les superficies réellement irriguées ne couvrent qu'environ 7 à 10 pour cent de ce potentiel (projet AgWater Solutions, 2010).

Les petits exploitants agricoles sans accès à l'eau doivent se contenter d'une production de cultures pluviales. Les précipitations n'étant pas fiables, l'amélioration de l'accès à l'eau des petits agriculteurs diminue leur vulnérabilité et les risques qu'ils prennent, augmente leurs revenus, améliore la sécurité alimentaire et fournit de l'eau pour l'élevage et les besoins domestiques. Dans de nombreuses régions d'Ethiopie, les agriculteurs n'ont pas facilement accès à l'eau d'irrigation. Certains agriculteurs creusent à la main des puits pour atteindre des eaux souterraines qu'ils utilisent pour irriguer; ces puits leur permettent de récupérer de l'eau, mais souvent cet apport en eau est trop faible pour qu'ils puissent irriguer efficacement. La foreuse mécanisée peut creuser des puits profonds et atteindre des couches à fort rendement en eau mais cette solution est trop coûteuse pour la plupart des agriculteurs individuels et petites communautés d'Ethiopie. Le forage manuel de puits est une option qui permet aux agriculteurs d'accéder pour un coût abordable à des ressources en eaux souterraines peu profondes destinées à l'irrigation.

CONTEXTE: UN FORAGE MANUEL DE PUIITS ABORDABLE

Pour utiliser les eaux souterraines pour la production végétale, il faut pouvoir accéder à ces eaux à partir d'un puits creusé à la main, d'un puits foré manuellement ou d'un forage mécanisé. Le creusage à la main et le forage manuel sont deux techniques qui reposent sur une main d'œuvre manuelle pour atteindre les ressources en eaux souterraines peu profondes. Le tableau 1 compare les principaux paramètres de ces trois techniques d'accès aux eaux souterraines. Il montre que chaque option est adaptée à un ensemble particulier de variables. Le forage manuel de puits est l'option peu coûteuse la plus appropriée pour permettre aux petits agriculteurs individuels d'accéder aux ressources en eaux souterraines dans des conditions géophysiques spécifiques.

TABLEAU 1. Comparaison des puits creusés à la main, des puits forés manuellement et des forages mécaniques.

	Puits creusés à la main	Puits forés manuellement	Puits forés mécaniquement
Coût de démarrage de l'activité	Coût très faible des outils manuels.	Coût faible: investissement initial d'environ 1 300 \$E.-U. pour une entreprise en Ethiopie.	Coût élevé (varie selon l'équipement).
Coût pour l'agriculteur	Coût en main d'œuvre en cas de creusage personnel ou d'échange de main d'œuvre. Coût faible en cas de main d'œuvre engagée (comparable au coût d'un puits foré manuellement); plus cher si un revêtement est posé.	Coût faible (de 18 à 200 \$E.-U. environ pour une profondeur de 6-12 mètres).	De 1 200 à 1 600 \$E.-U. environ pour une profondeur de 6-12 mètres.
Avantages pour les femmes	Dans de nombreux contextes, il n'est pas socialement acceptable que les femmes creusent des puits. Ainsi elles ne peuvent ni creuser leurs propres puits ni utiliser l'échange de main d'œuvre pour creuser des puits. L'engagement de puisatiers pourrait être une solution pour améliorer l'accès des femmes aux eaux souterraines.	L'engagement de foreurs de puits manuels pourrait être une solution pour améliorer l'accès des femmes aux eaux souterraines.	Les obstacles financiers limitent souvent le forage de puits sur les parcelles des femmes.
Accessibilité du service pour les ménages ruraux	Les puits sont construits soit par des puisatiers locaux expérimentés, soit par les villageois eux-mêmes et un échange de main d'œuvre est parfois pratiqué. Il y aurait selon les estimations 31 millions de puits creusés à la main en Afrique (Cranfield University; Skat; WaterAid; et IRC – Centre international de l'eau et de l'assainissement, 2011).	Là où les services du secteur privé se sont développés, de petites entreprises locales creusent des puits dans les villages.	Dans de nombreux pays d'Afrique subsaharienne (ASS), des installations de forage motorisées sont utilisées pour développer l'approvisionnement en eau municipal, industriel et domestique, mais elles sont trop coûteuses pour les petits exploitants agricoles. L'accès aux sites éloignés des routes revêtues peut être difficile pour les équipements de forage motorisés.
Exigences en matière de temps et de main d'œuvre	Très exigeants en main d'œuvre et temps.	Dans des conditions idéales, des puits peuvent être forés et des pompes installées en moins d'un jour (2-3 jours en moyenne).	Le forage est très rapide, mais le transport d'un équipement de forage jusqu'à un site rural peut prendre du temps.
Accès à l'eau	La profondeur d'un creusage manuel peut atteindre 3 mètres (Cranfield University; Skat; WaterAid; et IRC – Centre international de l'eau et de l'assainissement, 2011). Il est difficile de creuser sous la surface de la nappe sans revêtement, ce qui limite le rendement en eau.	Dans de bonnes conditions géophysiques, il est possible d'atteindre une profondeur allant jusqu'à 50 mètres avec une pénétration profonde de la nappe phréatique et un bon rendement en eau dans la couche perméable.	Il est possible d'accéder à des eaux à grande profondeur.
Applicabilité dans diverses conditions géophysiques	Applicable dans de nombreuses conditions géophysiques, à l'exception des roches dures. Un revêtement est nécessaire pour les puits creusés dans les sols sableux (ce qui fait monter les coûts).	Applicable dans les sols sableux, limoneux et argileux, tant que le forage pénètre la nappe phréatique dans une couche perméable. Non applicable dans les sols caillouteux ou les roches dures dont l'épaisseur est de > 5-10 cm ou les roches tendres de > 20-30 cm.	Peuvent être forés dans la plupart des conditions géophysiques.

Grâce à des puits forés manuellement, des petits exploitants agricoles ont installé, dans au moins 20 pays partout dans le monde, des millions de pompes montées sur des puits tubés (puits forés avec une gaine en tuyau) afin d'accéder aux ressources en eaux souterraines peu profondes pour pratiquer l'agriculture irriguée. Parmi les pays concernés figurent le Bangladesh, la plaine du Ganges en Inde et au Népal, la Bolivie, le Tchad, Madagascar, le Mali, le Nicaragua, le Niger, le Nigeria, le nord du Soudan et l'Ouganda (RWSN 2013). Au Bangladesh, plus de huit millions de puits forés manuellement ont été aménagés essentiellement par de petites entreprises privées (RWSN 2013). Au Niger, une cinquantaine d'entreprises de forage manuel installent des puits principalement pour l'irrigation; selon les creuseurs de puits, la demande en puits forés manuellement est plus importante que celle des puits creusés à la main (UNICEF 2009). Au Nigeria, plus de 100 000 puits ont été forés manuellement. Au Soudan, les foreurs manuels de puits exercent leur activité en tant qu'entrepreneurs privés, sans soutien du gouvernement ni d'autres sources.

Dans les régions où les entreprises privées de forage manuel de puits sont courantes, les foreurs font payer leurs services et leur expertise à des prix négociés dictés par la compétition. Le coût d'un puits foré manuellement varie selon sa profondeur: un forage plus profond exige davantage de temps et de main d'œuvre, ce qui augmente les coûts. Ceux-ci varient approximativement de 18 à 200 dollars E.-U., ce qui est considérablement moins cher que le forage motorisé, qui peut coûter de 1 200 à 1 600 dollars E.-U. environ pour une profondeur de 6 à 12 mètres (Onimus *et al.* 2010). En Ethiopie, la profondeur moyenne des puits forés manuellement par l'iDE Ethiopie est de 20 mètres, le maximum étant de 36 mètres. Au Soudan, les foreurs manuels descendent habituellement à une profondeur de 50 mètres.

Une fois qu'un puits est foré, les agriculteurs ont le choix entre plusieurs sortes de pompes (ex: des pompes à pédales, des pompes à corde et à roue, des pompes motorisées) pour élever l'eau du puits, entre plusieurs technologies de stockage de l'eau pour conserver l'eau récupérée et entre plusieurs méthodes d'application de l'eau (ex: goutte-à-goutte ou aspersion) pour arroser les cultures.

Parmi les initiatives prises pour reproduire à plus grande échelle les réussites du forage manuel de puits en Afrique figurent:

- Le Fonds des Nations Unies pour l'enfance (UNICEF) qui s'emploie à cartographier la faisabilité du forage manuel de puits dans 12 pays d'Afrique subsaharienne: Tchad, Madagascar, Niger, Sierra Leone, République centrafricaine, Maurice, Togo, Sénégal, Bénin, Côte d'Ivoire, Liberia et Mali (UNICEF 2012).
- Parmi les organisations soutenant des programmes de forage manuel de puits en Afrique figurent l'UNICEF; Winrock International, États-Unis; Enterprise Works/VITA (*Volunteers in Technical Assistance*), États-Unis; Fondation PRACTICA, Pays-Bas; Réseau pour l'approvisionnement en eau en milieu rural (RWSN), Suisse; *Ajuda de Desenvolvimento de Povo para Povo* (ADPP), Mozambique; Arrakis, Pays-Bas; *Development Aid from People to People in Zambia* (DAPP), Zambie; et *Southern Highlands Participatory Organisation* (SHIPO), Tanzanie (Danert 2009).
- L'UNICEF a élaboré une série de notes techniques sur le forage manuel de puits, dont «Les fondements du forage manuel en Afrique» et «Professionnaliser le forage manuel en Afrique», ainsi que des documents d'assistance technique portant sur les méthodes, techniques, etc. (UNICEF, 2012).

Le forage de puits communautaire constitue une alternative pour les entreprises privées exerçant dans ce domaine. Il s'agit de responsabiliser les membres d'une collectivité et de rassembler une main d'œuvre communautaire pour le forage des puits. Cette approche est courante dans les pays où le forage manuel de puits est recommandé pour répondre aux

besoins domestiques et non à ceux de l'irrigation. Elle minimise pour les ménages les liquidités nécessaires au forage, mais ne favorise pas la création d'entreprises privées.

LE FORAGE MANUEL DE PUIITS EN ÉTHIOPIE

En Ethiopie, il n'est pas facile de faire forer un puits manuellement à bon marché – il n'y a pas dans les villages d'artisans du secteur privé susceptibles d'être engagés par les agriculteurs pour forer des puits pour l'irrigation. En 2009, l'iDE Ethiopie a entrepris des études pilotes dans le pays pour déterminer la faisabilité technique et financière d'entreprises privées de forage manuel de puits et évaluer la demande de puits chez les agriculteurs. À la suite de ces études, l'iDE Ethiopie et les organisations partenaires ont entrepris une action à plus large échelle afin de mettre en place une activité privée de foreurs de puits. Tout cela a été possible grâce à l'appui financier fourni par l'USAID (*United States Agency for International Development*) et au projet AgWater Solutions, qui est financé par la Fondation Bill & Melinda Gates.

Les initiatives pilotes avaient pour but de:

- mettre en place une activité privée de foreurs de puits compétents dans les différentes techniques de forage convenant aux difficiles conditions géologiques de l'Ethiopie;
- cartographier à l'aide du système d'information géographique (SIG) de nouvelles zones présentant un potentiel intéressant pour le forage manuel de puits; et
- mettre au point les équipements nécessaires pour réduire les coûts et améliorer l'efficacité de cette activité.

La figure 1 montre un agriculteur éthiopien utilisant une pompe à pédales installée sur un puits foré manuellement pour irriguer une petite parcelle (1 000 m²) de cultures de légumes à haute valeur destinés au marché de Ziway. La figure 2 montre une équipe éthiopienne forant manuellement un puits en utilisant la technique à percussion adaptée d'Asie.

Suite à ces initiatives visant à lancer une activité privée de forage manuel de puits, de 2009 à fin 2010, 175 puits ont été forés manuellement (plus de 90 agriculteurs ont payé pour faire forer des puits et installer des pompes pour l'irrigation; les 85 puits restants étaient des puits d'essai/formation/démonstration dont l'iDE Ethiopie a payé le forage tandis que les agriculteurs ou la collectivité achetaient la pompe). A la fin de 2011, 450 puits avaient été forés; 20 foreurs avaient été certifiés et 9 avaient acheté un équipement de forage pour lancer leur propre entreprise.

Ces initiatives pilotes ont démontré les points suivants:

- Les puits forés fournissent aux petits exploitants agricoles de l'eau pour l'irrigation; en outre, de nombreux puits sont également utilisés par les agriculteurs et les ménages vivant à proximité pour abreuver les animaux et satisfaire les besoins domestiques.
- Les entreprises privées de forage manuel de puits peuvent opérer de manière rentable à partir du moment où l'un de leurs membres est formé à la technique du forage manuel de puits et à la gestion d'entreprise.
- La création d'une activité privée de services abordables de forage manuel de puits est financièrement viable.
- Les agricultrices bénéficient de l'amélioration de l'accès à l'eau. L'installation d'un puits signifie qu'elles n'ont plus à parcourir de longues distances pour aller chercher l'eau nécessaire aux usages domestiques et à la production végétale, ce qui représente une économie de temps et de main d'œuvre.

FIGURE 1. Pompe à pédales installée sur un puits foré manuellement en Ethiopie



Source: iDE Ethiopie

FIGURE 2. Équipe éthiopienne de forage manuel de puits



Source: iDE Ethiopie

Sur le plan des produits et/ou services concurrents, l'IWMI a effectué une analyse des activités de forage manuel de puits en Ethiopie et conclu qu'il n'existe aucune technique de substitution au forage manuel. Le creusage d'un puits à la main entraîne des frais équivalents ou légèrement moins élevés que le forage manuel. Toutefois, en creusant un puits à la main, il n'est pas possible de s'enfoncer à plus de 75 cm environ en dessous du niveau de la nappe, à moins d'utiliser une pompe de drainage. Le forage de puits mécanisé présente l'avantage de pénétrer les strates rocheuses et d'atteindre les couches d'eau plus profondes, mais il est beaucoup plus cher (par exemple, l'un des équipements de forage motorisé les moins chers coûte environ 10 200 dollars E.-U.).

Les activités pilotes de forage manuel de puits entreprises par l'iDE Ethiopie ont démontré que le forage manuel offrait un potentiel élevé dans les zones où les conditions géophysiques sont adéquates. Il existe par ailleurs une demande importante d'accès aux eaux souterraines chez les petits agriculteurs aussi bien que chez les gros producteurs agricoles: pour chaque puits foré, il y avait trois autres agriculteurs désireux d'investir dans un puits. En outre, les consultations des parties prenantes effectuées par le projet AgWater Solutions ont aussi mis en évidence un intérêt pour le forage manuel de puits et de nouveaux appuis financiers (ex: Banque mondiale, *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* (GIZ) GmbH, Fondation PRACTICA et *Water For All*) pour ce secteur. Mieux encore, le gouvernement éthiopien considère que le forage manuel de puits peut permettre de développer de manière efficace et adaptable à plus grande échelle les réserves d'eaux souterraines peu profondes du pays au bénéfice des petits exploitants agricoles. Par exemple, avec l'appui du Programme alimentaire mondial (PAM), le gouvernement a invité des artisans soudanais spécialistes du forage manuel de puits à former des foreurs éthiopiens.

MODÈLE D'ENTREPRISE PRIVÉE DE FORAGE MANUEL DE PUIITS EN ÉTHIOPIE

Un modèle d'entreprise privée de forage manuel de puits, élaboré à partir des données et informations recueillies à l'occasion des activités pilotes menées en Ethiopie, est décrit ci-dessous.

Selon ce modèle, des fournisseurs d'intrants et des entrepôts privés vendent des équipements et fournitures de forage de puits, ainsi que des pompes et accessoires pour l'irrigation, à des entreprises de forage de puits qui connaissent bien les conditions locales de forage, ont de l'expérience en matière de forage, savent choisir et installer les pompes d'irrigation et disposent des savoirs, compétences et outils nécessaires pour répondre aux demandes des agriculteurs souhaitant forer des puits à un prix abordable.

Les agriculteurs paient l'entreprise pour forer un puits et installer une pompe sur leurs propriétés, ce qui leur permet d'améliorer leur accès à l'eau et par la suite, d'augmenter la productivité et la variété de leurs cultures dans l'année. Grâce à l'augmentation des rendements et à un bon accès aux marchés, les agriculteurs peuvent ainsi accroître leurs revenus.

Dans ce modèle, des produits et services financiers sont disponibles tout au long de la chaîne de valeur et adaptés aux besoins des agriculteurs et des autres entreprises.

Les principales caractéristiques de ce modèle sont résumées dans le tableau 2 et décrites ci-dessous.

TABLEAU 2. Résumé des valeurs estimées pour les coûts d'investissement dans le forage de puits et pour les revenus annuels supplémentaires (en dollars E.-U.^a).

	Coût d'investissement	Revenus annuels supplémentaires	Bénéfices pour la 1 ^{ère} année
Agriculteur	156	490	334
Foreur de puits	1 247	2 740	2 493
Apprentis foreurs ^b	0	667	667

Remarques: ^a Taux de change évalué à 16,5 ETB pour 1 dollar E.-U.

^b Evalué selon une moyenne de deux apprentis à 60 et 80 ETB par jour pendant 200 jours.

1. Agriculteurs: investissements et rendements. Les agriculteurs investissent dans un puits foré manuellement qui leur permet d'accéder à une source fiable d'eau d'irrigation. Le coût total pour l'agriculteur dépend de la profondeur du puits et du choix de la pompe. Pour une profondeur moyenne de 20 mètres, un agriculteur doit dépenser 156 dollars E.-U. pour un puits et une pompe à pédales d'aspiration seulement (par comparaison, un puits foré plus grand équipé d'une pompe motorisée coûte environ 1 000 dollars E.-U.). Les agriculteurs investissent également dans l'amélioration de leurs connaissances et compétences pour produire des cultures irriguées à haute valeur ajoutée à destination des marchés, afin de recouvrer les coûts encourus pour la construction des puits. De nombreuses variables influencent les estimations du montant des coûts et des revenus (ex: la profondeur de l'eau, l'accès aux marchés, les risques agricoles et les connaissances agronomiques des petits agriculteurs) mais le revenu supplémentaire estimé pour un agriculteur disposant d'un puits foré manuellement, d'une pompe d'aspiration à pédales et d'une parcelle de 700 m² s'élève approximativement à 490 dollars E.-U. (le rendement des terres et de la main d'œuvre est calculé comme suit: si le ménage agricole utilise la pompe à pédales trois heures par jour avec une aspiration d'eau de cinq mètres pour irriguer une parcelle de 700 m² et si le rendement net des terres, de la main d'œuvre et de l'eau est de 0,35 dollars E.-U./m², le rendement net annuel par culture est de 245 dollars E.-U. ou de 490 dollars E.-U. pour deux récoltes. Le coût du puits et de la pompe d'irrigation s'élevant à 156 dollars E.-U., le total du revenu supplémentaire net est de 334 dollars E.-U. Cela suppose que la famille d'agriculteurs fournit 110 jours-personnes de travail par campagne pour deux saisons (donc 220 jours par an au total) pour le défrichage des terres, la préparation des semis, l'irrigation, la production, la récolte et la vente). Ces revenus remboursent le coût du puits et de la pompe à pédales en une année et offrent un revenu supplémentaire net de 334 dollars E.U.
2. Foreurs de puits et apprentis: investissements et rendements. Les foreurs de puits du secteur privé investissent dans l'amélioration de leurs connaissances et compétences et dans la création et l'exploitation d'une entreprise de forage de puits. Les foreurs ont les qualifications requises pour forer et aménager les puits et installer divers types de pompes. Le propriétaire d'une entreprise de forage gère toutes les activités de forage; embauche et supervise les auxiliaires sur les sites de forage; fournit les équipements et organise leur transport sur les sites; s'acquitte des coûts divers (ex: outils cassés); nettoie les puits et installe les tubages/filtres/massifs de graviers; aménage les puits et s'assure que le rendement en eau est acceptable; installe les pompes; et se fait payer par les agriculteurs. Les foreurs savent interagir avec la clientèle, fixer des coûts de forage qui leur permettent de dégager des bénéfices raisonnables et déterminer des stratégies pour couvrir le coût des puits non rentables et payer le matériel cassé.

Voici un exemple du processus mis en place au cours de l'étude pilote de forage de puits menée en Ethiopie: le foreur et l'agriculteur discutent du coût du forage d'un puits et se mettent d'accord. L'agriculteur paie une avance de 18 dollars E.-U. (300 ETB); si le puits ne donne pas satisfaction (ex: s'il n'y a pas de couche perméable pour maintenir le débit de la pompe ou si la nappe phréatique est trop profonde), le foreur rembourse 50 pour cent de l'avance à son client. Si le rendement du puits est acceptable, l'agriculteur paie un montant de 2,40 dollars E.-U. (40 ETB) par mètre au foreur, ce qui assure la rémunération du foreur et de ses apprentis, amortit le coût de l'équipement de forage et paie pour l'équipe de forage et le transport (des frais supplémentaires sont exigés si le client demande un agrandissement du trou pour l'installation d'une pompe à corde ou motorisée). Si le foreur tombe sur une couche de roches, le site est déplacé à un nouvel endroit

choisi par l'agriculteur et le forage recommence sans frais supplémentaires. La pompe, le tubage, le massif de graviers, le transport, etc. sont à la charge de l'agriculteur.

Les bénéfices estimés d'un chef foreur de puits sont de 1 493 dollars E.-U. par an pour le forage et l'installation de pompes. Ces profits annuels de 1 493 dollars E.-U. (24 640 ETB) sont calculés sur une base de 17,77 dollars E.-U. (293 ETB) par puits, en comptant une moyenne de sept puits forés manuellement par mois sur toute l'année (soit 84 puits par an). Les principales variables nécessaires pour le calcul des revenus d'un foreur de puits sont: le coût total de l'équipement (1 247 dollars E.-U. [20 560 ETB] soit 15 dollars E.-U. [245 ETB] par puits) plus la main d'œuvre (1 333 dollars E.-U. [22 000 ETB] soit 16 dollars E.-U. [262 ETB] par puits), le nombre de puits qui peuvent être forés avec chaque ensemble d'équipement (approximativement 25 puits) et la profondeur moyenne du puits. De nombreux foreurs manuels de puits consacrent une partie de l'année à leur entreprise et continuent l'agriculture ou une autre sorte de travail pendant la saison pluvieuse durant laquelle le forage est difficile.

Les chefs foreurs embauchent et forment des apprentis qui acquièrent de l'expérience dans toutes sortes de situations de forage. Les apprentis finissent souvent par créer leurs propres entreprises prospères de forage de puits. Ils gagnent 3,64 dollars E.-U. (60 ETB) par jour, tandis que les apprentis débutants reçoivent 3 dollars E.-U. (50 ETB) par jour. En dehors de la saison pluvieuse, durant laquelle il est difficile de forer, les apprentis et auxiliaires peuvent compter travailler environ 200 jours dans l'année. En supposant qu'aucun forage n'est effectué pendant les trois mois de saison pluvieuse et que pendant le reste de l'année les semaines de travail sont en moyenne de cinq jours, cela fait à peu près 200 jours par an d'activité de forage de puits pour les entreprises. Pour un apprenti foreur qui gagne 60 ETB par jour, cela donne 12 000 ETB (727 dollars E.-U.) de revenu annuel. De plus en plus les foreurs paient leurs apprentis/auxiliaires en fonction des mètres forés pour les inciter à travailler plus efficacement. Le taux de rémunération par mètre est calculé de manière à équivaloir au taux moyen par jour.

Cette rémunération est comparable aux revenus générés par d'autres emplois non qualifiés dont le taux se situe à environ 3 dollars E.-U. (50 ETB) par jour dans la ville de Ziway. Les revenus d'un chef foreur de puits sont de 140 pour cent plus élevés et ceux d'un apprenti de 20 pour cent plus élevés, alors que ceux des apprentis débutants sont comparables à la rémunération d'autres emplois non qualifiés.

3. Rentabilité de la chaîne d'approvisionnement. Les intervenants de la chaîne d'approvisionnement réalisent des bénéfices en fournissant des pièces pour le forage et des intrants aux agriculteurs qui investissent dans leur exploitation agricole. Par exemple, les propriétaires des entreprises de forage achètent de l'outillage manuel, des accessoires de forage, des chaînes, des cordes et des poulies dans les commerces de vente au détail et chaque agriculteur a besoin de se procurer du tubage en PVC, des eucalyptus, des pompes d'irrigation, etc. Tous les ans, chaque propriétaire d'entreprise de forage investit approximativement 1 247 dollars E.-U. (calculé sur la base de 371 dollars E.-U. [6 122 ETB]) par ensemble d'équipement de forage, qui permet de forer approximativement 25 puits, chaque foreur installant environ 84 puits par an) dans ses équipements de forage de puits. Les intervenants de la chaîne d'approvisionnement font donc des bénéfices lorsque les entreprises de forage de puits remplacent leurs équipements et que l'activité prend de l'ampleur dans le pays.
4. Produits et services financiers. Des produits et services financiers sont offerts tout au long de la chaîne de valeur pour permettre aux agriculteurs d'investir dans un puits et aux entreprises de forage de puits et à celles qui interviennent tout au long de la chaîne d'approvisionnement d'investir dans la création et l'expansion de leur activité.

Il existe de nombreux produits et services synergiques susceptibles de stimuler l'investissement des agriculteurs dans l'accès à l'eau et d'augmenter leurs revenus. Parmi ces produits et services figurent le matériel d'irrigation, les semences de qualité et les services d'appui pour la production végétale à haute valeur ajoutée, la gestion des sols et l'accès aux marchés.

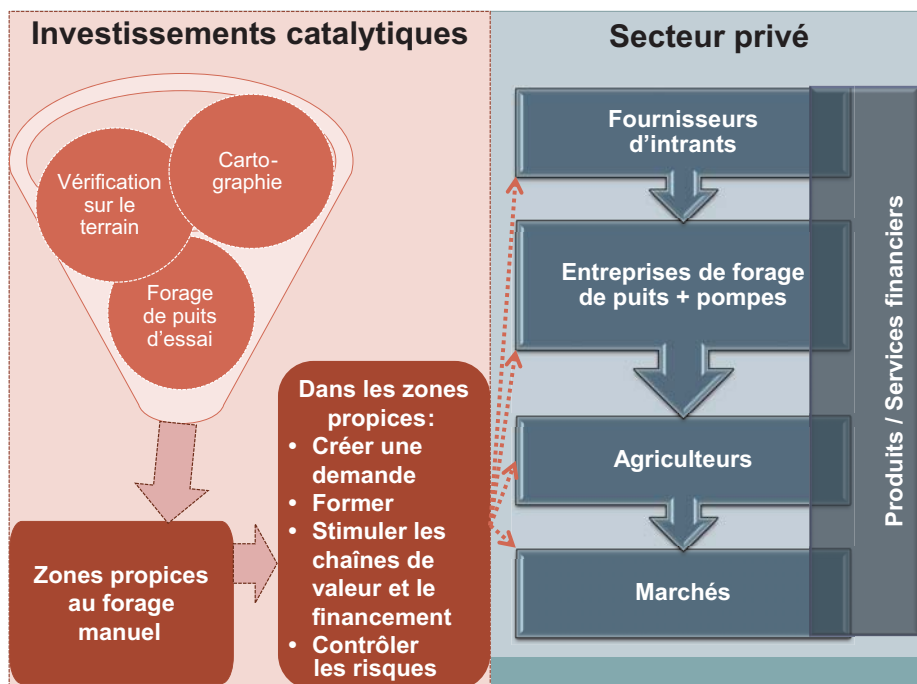
INVESTISSEMENTS NÉCESSAIRES POUR CATALYSER LE SECTEUR PRIVÉ DU FORAGE MANUEL DE PUIITS EN ÉTHIOPIE

Les études pilotes de forage manuel de puits ont démontré une forte demande; un pourcentage élevé (80 pour cent) de réussite dans les zones pilotes; et une bonne rentabilité pour les agriculteurs, foreurs de puits et apprentis foreurs. Le succès des études pilotes en Ethiopie et les expériences de création d'entreprises privées de forage manuel de puits menées dans le monde entier laissent penser qu'il existe en Ethiopie un potentiel d'expansion du forage manuel pour augmenter l'accès des petits exploitants agricoles à l'eau. Comme le montre la figure 3 et les explications détaillées proposées ci-dessous, la reproduction à plus grande échelle des initiatives pilotes exige des investissements dans les deux domaines suivants:

1. Créer une base de données spatiales d'informations et de données portant sur l'eau pour l'agriculture qui pourrait être utilisée par le gouvernement, les investisseurs, les foreurs de puits et d'autres intervenants pour déterminer les zones convenant au forage manuel de puits et cibler efficacement les zones présentant un fort potentiel pour cette activité. Une fois les zones propices repérées, il est possible d'estimer l'ampleur possible (c.-à-d. le nombre d'agriculteurs concernés) du forage manuel de puits, les dépenses nécessaires pour informer ces agriculteurs et le rendement des investissements dans l'expansion des activités privées de forage manuel de puits. Dans les zones où les données et la cartographie montrent que le forage manuel n'est pas réalisable à grande échelle, aucun investissement supplémentaire dans une activité privée de forage manuel ne sera encouragé.
2. Dans les zones où les données et cartes indiquent que le forage manuel de puits serait physiquement possible et qu'il y aurait une clientèle suffisante pour soutenir une activité privée de forage manuel, des investissements supplémentaires pourraient être nécessaires pour favoriser l'expansion du forage privé en Ethiopie grâce à la formation de foreurs, la stimulation d'une demande, par les agriculteurs, de puits forés manuellement et la création de chaînes de valeur agricoles pour les petits agriculteurs.

Il est prévu que les aides extérieures au forage manuel de puits permettent de catalyser le secteur en trois à cinq ans. A cette période, les fournisseurs d'intrants, les entreprises manuelles de forage et les fournisseurs de pompes, les agriculteurs, les produits et services financiers et les marchés agricoles devraient être parvenus à un stade où ils seront liés par des chaînes de valeur financièrement auto-suffisantes. Les estimations indiquent qu'une activité florissante de forage manuel de puits, soutenue par un programme continu de formation et de certification, devrait permettre en cinq ans à plus de 75 000 agriculteurs d'obtenir un accès à des eaux souterraines; en quinze ans ce sont plus d'un million de fermiers qui pourraient accéder à ces eaux. Sans appui externe, l'activité privée de forage manuel de puits progressera sans doute de manière autonome, mais à un rythme beaucoup plus lent.

FIGURE 3. Investissements catalytiques nécessaires pour stimuler une activité privée de forage manuel de puits



Investissements dans une base de données spatiales d'informations et de données sur l'eau en agriculture

Le forage manuel de puits n'est viable qu'avec des paramètres pédologiques propices et dans certaines conditions hydrogéologiques: les puits doivent avoir un rendement suffisant pour permettre un captage durable des ressources en eau et de là une irrigation productive; la nappe phréatique doit être peu profonde; et les couches saturées d'eau doivent être assez perméables et épaisses pour permettre un débit suffisant des pompes d'irrigation. Il est généralement facile de forer dans les sols sableux, limoneux et argileux; les sols compactés ou consolidés peuvent souvent être forés mais aussi exiger beaucoup plus de temps et de travail (et, par conséquent, entraîner des coûts supplémentaires). Le forage manuel ne peut en général être mené à bien si le sol contient des blocs ou pierres de plus de 5 cm ou si le forage doit pénétrer dans des couches de roches dures de plus de 5-10 cm d'épaisseur ou des couches de roches tendres de 20 ou 30 cm d'épaisseur.

La géologie de l'Ethiopie est difficile pour le forage de puits en comparaison des deltas et plaines d'épandage rencontrés dans de nombreux pays asiatiques et ailleurs en Afrique, dans lesquels le forage manuel de puits est très répandu. Cette géologie particulière limite le forage manuel de puits et peut provoquer une augmentation des coûts si le pourcentage de tentatives manquées de forage est élevé. Les études pilotes effectuées ont montré qu'il existe en Ethiopie des zones présentant un potentiel élevé pour le forage manuel de puits en raison de l'existence d'eaux peu profondes et de couches pédologiques perméables. Ces zones sont moins étendues que dans la plaine du Ganges en Asie mais il a été établi qu'une sélection rigoureuse des zones de forage permet d'obtenir un taux de réussite d'environ 80 pour cent dans le forage manuel de puits.

Les données, informations et cartes actuelles relatives aux sols, à l'hydrogéologie et aux ressources en eau en Ethiopie sont suffisamment détaillées et précises pour qu'il soit possible de déterminer des emplacements spécifiques propices au forage manuel de puits. Par conséquent, il faudrait investir environ 3 millions de dollars E.-U. dans la collecte de données de terrain portant sur la géologie de surface et les caractéristiques des aquifères et dans la cartographie et le forage de puits d'essai pour déterminer les zones propices au forage manuel de puits et estimer le nombre de petits exploitants agricoles susceptibles de bénéficier de puits forés manuellement. Ces investissements devraient permettre la création d'une base de données spatiales d'informations et de données sur l'eau pour l'agriculture qui pourra servir au gouvernement, aux investisseurs, aux foreurs de puits et à d'autres intervenants pour évaluer l'ampleur possible de l'activité et cibler efficacement les zones présentant un potentiel intéressant. La base de données pourrait également être utilisée pour évaluer le potentiel de divers investissements dans l'accès à l'eau, l'utilisation de l'eau et la gestion de l'eau en agriculture et surveiller les répercussions de tels investissements. La mise en place de cette base de données augmenterait donc considérablement les chances de réussite d'une activité de forage manuel de puits et d'autres investissements connexes dans l'eau pour l'agriculture en Ethiopie.

Dans les zones où la collecte des données, la cartographie et la réalisation de puits d'essai indiquent l'existence d'un marché et d'une clientèle potentiels suffisamment importants pour une activité de forage manuel, des investissements supplémentaires pourraient accélérer l'expansion d'un secteur privé du forage (ex: formation et certification de foreurs; création de chaînes d'approvisionnement; démarchage auprès des agriculteurs pour créer une demande; et mise en relation des agriculteurs avec les possibilités de transformation, stockage et commercialisation des produits). Les informations obtenues grâce aux travaux de cartographie seront utiles pour appuyer ces efforts d'expansion en ce qu'elles améliorent les chances de réussite des forages et diminuent le coût de la formation des foreurs. Dans les zones où il n'est pas possible de réunir une clientèle suffisamment importante pour qu'une activité privée de forage manuel de puits soit financièrement viable, il ne sera pas recommandé d'investir davantage dans l'expansion de cette activité.

Les investissements nécessaires pour définir les limites géographiques du forage manuel de puits et déterminer le nombre d'agriculteurs susceptibles d'en bénéficier sont détaillés dans le processus décrit ci-dessous. Chaque étape de ce processus permet d'affiner progressivement la faisabilité du forage manuel de puits.

1. *Cartographie initiale à l'échelle nationale.* Une cartographie des données estimées sur les eaux souterraines peu profondes (< 18 m), la densité des populations rurales et la géologie, réalisée dans toute l'Ethiopie avec des données numériques (images et données de terrain provenant des sources de données mondiales, des rapports de forage sur les puits forés manuellement ou mécaniquement, des données démographiques et pédologiques, etc.), est nécessaire afin de permettre la sélection des zones présentant le potentiel le plus favorable pour le forage manuel de puits. Le coût estimé pour qu'une équipe d'experts du SIG, d'hydrogéologues, de spécialistes du forage manuel de puits, etc., établissent ces cartes pour l'Ethiopie est de 60 000 dollars E.-U.
2. *Vérification des zones présentant le potentiel le plus favorable.* À cette étape, une visite des zones repérées grâce au processus initial et numérique de cartographie comme présentant le potentiel le plus favorable pour le forage manuel de puits est organisée pour réaliser une inspection visuelle et ajuster et affiner l'analyse cartographique numérique.

Cette inspection permet de:

- confirmer que l'occupation des sols, les reliefs et la topographie conviennent pour le forage manuel de puits;
- recueillir des données altimétriques par le système mondial de localisation (GPS) et des données sur la profondeur du niveau d'eau à la surface par rapport au niveau statique dans un ensemble représentatif de puits creusés à la main; examiner visuellement les profils pédologiques dans les puits creusés à la main; et
- interroger des foreurs de puits et/ou inspecter les rapports de forage de puits (le cas échéant) pour réunir des informations sur les profils pédologiques, les différentes expériences rencontrées à l'occasion du forage d'autres puits dans la zone, le rendement potentiel des puits et les fluctuations saisonnières des niveaux d'eau.

Le processus de vérification des informations cartographiques initiales se divise en deux phases. D'abord, une équipe d'experts internationaux forme des experts nationaux à la méthodologie. Le coût approximatif de cette phase est de 250 000 dollars E.-U.

Deuxièmement, les équipes d'experts internationaux et nationaux affinent ensemble les cartes initiales en se fondant sur les recherches détaillées sur le terrain effectuées dans les zones dont la première phase a mis en évidence le potentiel d'eaux souterraines peu profondes. Il faudrait plusieurs années pour terminer cette seconde phase à l'échelle du pays, pour un coût estimé à 1,3 million de dollars E.-U.

Ces deux phases devraient permettre de repérer les zones les plus propices au forage manuel de puits pour les soumettre à des essais physiques.

3. *Forages d'essai.* Dans les zones où les étapes de cartographie initiale et de vérification confirment que les caractéristiques de surface sont favorables au forage manuel de puits, des forages d'essai sont réalisés pour valider ce potentiel. Cette étape détermine les conditions du sous-sol et le rendement des puits; confirme la profondeur de la nappe d'eau à la surface par rapport au niveau statique; établit si les techniques de forage manuel de puits sont viables dans les conditions pédologiques données; détermine le type de pompe adapté aux conditions; et confirme qu'il y a bien un débit d'eau suffisant pour le taux de pompage souhaité.

Les informations tirées des forages d'essai (ex: profils verticaux du sol, formations géologiques, profondeur de la nappe phréatique, taux de rendement en eau et qualité de l'eau) sont enregistrées dans des rapports de forage géo-référencés (voir un exemple de rapport de forage à l'annexe 1) et gérées dans une base de données SIG. Ces données sont intégrées aux cartes préliminaires et utilisées afin de déterminer les limites des zones où le forage manuel et le pompage sont possibles et de confirmer les emplacements favorables pour démontrer et promouvoir les techniques de forage manuel de puits.

Bien que les forages d'essai puissent être effectués manuellement, il est recommandé pour diverses raisons de faire des forages d'essai mécaniques à l'aide d'un équipement de forage portatif monté sur remorque. D'abord, le forage mécanique fournit des informations rapidement, ce qui permet de déterminer plus vite les limites des zones propices au forage manuel de puits. Ensuite, il peut pénétrer dans la plupart des formations géologiques à des profondeurs d'au moins 50 mètres, y compris dans les zones où le forage manuel ne peut opérer à cause de la difficulté des conditions. Ainsi le forage mécanique offre sur les conditions du sous-sol des informations qui sont utiles à plus d'un titre. Par exemple, dans les zones où le forage atteint des roches, le forage manuel de puits n'est pas possible mais l'information tirée

de la pénétration de la formation rocheuse détermine si un forage mécanique est réalisable. Le forage mécanique d'essai précise ainsi la cartographie des eaux souterraines peu profondes en déterminant s'il est envisageable d'accéder aux eaux souterraines par forage mécanique pour les besoins domestiques et l'irrigation.

Selon les estimations, il en coûterait 1,4 million de dollars E.-U. pour employer deux équipes de forage pour creuser de 1 600 à 2 400 puits d'essai sur cinq ans en Ethiopie. Une équipe de forage peut, avec un équipement mécanique portatif, forer environ 8 à 12 puits par emplacement, à des endroits stratégiques, sur une vingtaine d'emplacements par an. Par conséquent, deux équipes peuvent forer de 1 600 à 2 400 puits sur 200 emplacements et sur cinq ans. Les coûts estimés sont de 684 000 dollars E.-U. par équipe (y compris une assistance technique internationale), pour un coût total de 1,4 million de dollars E.-U. pour deux équipes. Ces travaux ne couvriraient pas l'ensemble du pays mais ils offriraient un échantillonnage extrêmement utile à partir duquel de nombreuses informations pourraient être extrapolées pour envisager le forage de puits manuel et mécanisé afin de répondre aux besoins domestiques et autres.

Investissements nécessaires pour accélérer une activité privée de forage manuel de puits

Des investissements supplémentaires pourraient accélérer l'expansion d'une activité privée de forage manuel de puits en Ethiopie. Cela est particulièrement valable pour les zones où la collecte des données, la cartographie et la réalisation de puits d'essai montrent qu'il existe un marché et une clientèle potentiels suffisamment importants pour permettre l'expansion d'un secteur privé de forage manuel de puits. Les aides pour accélérer la création d'un tel secteur pourraient porter sur la création d'une demande de puits, la formation, la stimulation des chaînes de valeur et de leur financement et le contrôle des risques (voir ces points détaillés ci-dessous). Une fois que les zones favorables possibles pour le forage manuel de puits sont déterminées, il est possible d'estimer le coût de ces investissements.

1. Créer la demande. En Ethiopie, personne ne connaît le forage à faible coût pour l'irrigation. Les agriculteurs pauvres hésitent à investir dans une pratique inconnue, ce qui fait que la demande pour des puits forés manuellement est faible. Des démonstrations de forage manuel de puits et de fermes modèles, des visites entre agriculteurs, des actions de vulgarisation, etc., pourraient stimuler la demande de la clientèle. Grâce à ces démonstrations et visites, les petits exploitants agricoles peuvent prendre conscience de ce que représente le forage manuel de puits, du choix de pompes qui s'offre à eux et des possibilités de revenus que présente la production irriguée de cultures de plus haute valeur. Il peut également être utile de faire participer des organisations locales et internationales, ainsi que des *woredas* et des agents locaux de vulgarisation agricole, dans les démonstrations de forage manuel de puits pour faire découvrir aux agriculteurs que ces forages constituent une technique intéressante pour améliorer l'accès aux eaux souterraines. En plus des démonstrations, des foreurs de puits et des agents de vulgarisation de l'administration publique peuvent promouvoir le forage manuel de puits en proposant aux agriculteurs des informations sur les avantages et les coûts de cette technique.

2. Former. Pour garantir que les entreprises privées de forage manuel de puits se créent pour répondre à la demande de la clientèle, il est possible de proposer des formations en gestion d'entreprise et sur les aspects techniques du forage manuel, dans lesquelles figurent des directives sur l'aménagement adéquat des puits pour éviter les contaminations ponctuelles. En outre, il faut qu'il y ait un nombre suffisant de foreurs compétents pour susciter une concurrence, réduire les prix du forage, maintenir la compétitivité pour garantir la qualité, etc. L'investissement dans la formation augmente le nombre de foreurs et améliore leurs compétences. Il est prévu qu'une fois que les foreurs de puits seront formés et qu'ils exploiteront des entreprises prospères, ils emploieront et formeront des apprentis foreurs, ce qui permettra le renouvellement et l'expansion des entreprises de forage manuel de puits.

L'iDE Ethiopie a mis en place un programme de formation sur le terrain de foreurs manuels qui recrute, forme et certifie les foreurs manuels de puits. Cette expérience a montré qu'il faut environ quatre mois pour qu'un foreur stagiaire atteigne le niveau de la certification. Les foreurs certifiés sont formés pour offrir, le cas échéant, un appui technique et leurs travaux offrent à leur clientèle une garantie limitée de qualité d'exécution. Cela contribue à créer une main d'œuvre qualifiée et compétitive dans le forage de puits. Un programme de formation récemment proposé au gouvernement éthiopien a fixé le coût de la mise en place et du fonctionnement d'un programme de formation intensif de foreur manuel de puits de quatre mois à approximativement 950 000 dollars E.-U. la première année, les coûts de fonctionnement pour chaque année subséquente s'élevant à 680 000 dollars E.-U. Ce type de programme de formation pourrait considérablement accélérer la capacité de forage de puits dans le pays. Comme le précise l'annexe 2, les répercussions potentielles du programme de formation sont importantes: au fur et à mesure que le nombre de foreurs formés augmente, le nombre total de puits forés pour des petits exploitants agricoles s'accroît rapidement. Selon les estimations, 966 000 puits pourraient être forés après une quinzaine d'années de fonctionnement du programme de formation.

Le forage de puits permettant l'accès aux eaux souterraines pour l'irrigation n'est qu'un élément de la chaîne de valeur de la production agricole irriguée impliquant les petits agriculteurs. La plupart des petits exploitants agricoles n'ayant aucune expérience en irrigation, l'accélération de la demande de puits forés manuellement suppose que soient prévus des formations et des aides pour permettre aux agriculteurs de cultiver et de commercialiser des cultures irriguées à haute valeur ajoutée afin qu'ils puissent augmenter leurs revenus. Ces formations, qui portent sur la production agricole irriguée (ex: calendrier d'une production agricole axée sur les marchés, besoins en eau des cultures, gestion des sols) et les services liés à la production (ex: transformation après la récolte, stockage, regroupement et commercialisation), visent à permettre aux agriculteurs de rentabiliser leurs investissements dans des puits. Les coûts liés à la formation des petits agriculteurs pour qu'ils intègrent l'agriculture irriguée dans leurs stratégies de subsistance ne sont pas présentés dans ce document.

3. Stimuler les chaînes de valeur et leur financement. Pour catalyser les chaînes de valeur agricoles, il faut stimuler les chaînes d'approvisionnement en pièces détachées et équipements de forage manuel de puits, regrouper la production des petites exploitations et relier les agriculteurs à des fournisseurs d'intrants de qualité et aux marchés agricoles. D'autres initiatives souhaitables pour dynamiser les chaînes de valeur seraient de mettre les agriculteurs en contact avec les industriels pour faciliter les ventes directes, ainsi qu'avec des fournisseurs d'intrants au détail, et de créer des chaînes d'approvisionnement plus efficaces pour les intrants

et services dont les agriculteurs ont besoin pour améliorer leur production (ex: semences, engrais, pompes pour l'irrigation, connaissances en matière d'agriculture à haute valeur ajoutée). Idéalement, il devrait être possible, grâce aux chaînes d'approvisionnement du secteur privé, de se procurer les fournitures pour le forage manuel de puits (ex: tuyaux métalliques, bois, chaînes, brides de serrage) dans les magasins ruraux; toutefois, les revendeurs des zones rurales hésitent souvent à stocker les fournitures et accessoires nécessaires au forage de puits et à l'installation de pompes en raison des faibles volumes de vente. Pour résoudre ce problème, l'iDE Ethiopie a fait l'essai de divers modèles de chaîne d'approvisionnement, dont la mise en entrepôt, qui permet l'achat et le stockage de fournitures et accessoires (ex: tuyaux en PVC et colle à PVC, raccords de tuyaux) en quantité dans les zones de projet. Les industriels et revendeurs achètent alors ces marchandises à prix coûtant à l'entrepôt, ce qui leur permet de se procurer plus facilement du matériel de qualité, en temps opportun et à des prix moins élevés. Des investissements pourraient être nécessaires pour essayer divers modèles de chaînes d'approvisionnement et déterminer celui qui serait le plus rentable en Ethiopie.

Il importe de pouvoir disposer de produits et services financiers pour faire face aux contraintes financières qui se posent tout au long de la chaîne de valeur, des industries aux entreprises de forage de puits en passant par les investissements des petits exploitants agricoles dans des puits forés manuellement. Les institutions doivent être encouragées à offrir des financements pour l'agriculture par le biais de formations et de visites sur le terrain, de discussions, de négociations et de formations de groupes d'agriculteurs et à mettre des capitaux à la disposition des institutions de micro-financement (si nécessaire) afin de réduire les risques.

4. Contrôler les risques. Plusieurs aspects du contrôle sont importants:

- Les foreurs de puits devraient effectuer des visites régulières aux puits forés et aux pompes installées auparavant pour évaluer leurs rendements et pour recueillir auprès des agriculteurs et des agricultrices les réactions de leur clientèle régulière et vérifier que les produits et services du forage de puits répondent bien à leurs besoins.
- Le gouvernement de l'Ethiopie devrait prendre des mesures de surveillance de l'environnement. Puisque le programme de forage manuel de puits exploite l'aquifère supérieur, qui bénéficie de la plus forte recharge annuelle, il y a peu de chances que celui-ci soit endommagé par un pompage excessif. Il est toutefois possible qu'une forte densité de puits provoque des interférences entre ceux-ci et affecte l'approvisionnement intra-annuel en eau, ce qui pourrait provoquer des conflits saisonniers au sujet de l'eau. Pour éviter ce type de problème, il est recommandé de déterminer pour chaque zone une distance minimale entre les puits et un nombre maximal de puits par hectare et de faire respecter ces limites par les autorités gouvernementales. Il est aussi préconisé que le gouvernement mette en place et maintienne à jour, pour l'ensemble du pays, une base de données sur la disponibilité et la qualité des ressources en eau, ainsi que sur les conditions du forage manuel de puits, afin de surveiller efficacement les risques pour l'environnement (ex: épuisement des eaux souterraines et répercussions sur la qualité de l'eau) liés au forage de puits et à la production agricole.
- En outre, le gouvernement, le secteur privé et les programmes d'appui à l'agriculture à but non lucratif doivent augmenter la formation et les aides en matière d'utilisation sûre des produits chimiques pour l'agriculture afin de réduire les coûts pour les agriculteurs et protéger la santé des familles rurales ainsi que l'environnement naturel.

CONCLUSIONS

L'amélioration de l'accès des agriculteurs aux eaux souterraines peut contribuer à augmenter les revenus et la sécurité alimentaire et faciliter l'accès à l'eau pour l'abreuvement des animaux et les besoins domestiques. Dans de nombreux pays, le forage manuel de puits réalisé par les entreprises privées est une solution qui permet aux agriculteurs d'accéder de manière fiable et abordable aux eaux souterraines peu profondes, mais il est peu répandu en Ethiopie. Les données, informations et cartes réunies à l'occasion d'initiatives pilotes de forage manuel de puits dans des zones sélectionnées d'Ethiopie ont montré que cette technique permettait aux agriculteurs d'accéder aux eaux souterraines peu profondes pour un coût abordable, révélé chez les agriculteurs une forte demande pour les puits forés manuellement et mis en évidence la rentabilité des entreprises de forage. L'étude pilote a également démontré un potentiel important d'expansion d'une activité privée de forage manuel de puits dans certaines zones du pays. Les auteurs du présent article suggèrent que des investissements dans la création d'une base de données spatiales précisant les domaines hydrogéologiques favorables, dans la formation de foreurs et, de manière connexe, dans l'accélération de la capacité de forage de puits pourraient catalyser une industrie du forage manuel de puits et améliorer considérablement, pour un coût abordable, l'accès des petits exploitants agricoles aux eaux souterraines peu profondes.

RÉFÉRENCES

- AgWater Solutions Project. 2010. *Ethiopia situation analysis. Based on a report by Beyene Tadesse*. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI). 4p. (AgWater Solutions Situation Analysis Brief). Available at http://awm-solutions.iwmi.org/Data/Sites/3/Documents/PDF/Country_Docs/Ethiopia/Situation%20Analysis%20Brief%20Ethiopia.pdf (accessed on March 4, 2013).
- Danert, K. (Ed.) 2009. *Hand Drilling Directory*. Switzerland: Rural Water Supply Network (RWSN); USA: UNICEF; and USA: Water and Sanitation Programme (WSP). Available at <http://www.rural-water-supply.net/en/resources-top/details/156> (accessed on June 17, 2013).
- Onimus, F.; Abric, S.; Sonou, M.; Augeard, B. 2010. *Best practices in the development of small-scale private irrigation in West Africa*. Available at http://water.worldbank.org/sites/water.worldbank.org/files/2.%20Onimus%20SSI%20_0.pdf (accessed on March 1, 2013).
- Cranfield University; Skat; WaterAid; IRC International Water and Sanitation Centre. 2011. *Africa wide water, sanitation and hygiene technology review*. WASHTech Deliverable 2.1. The Hague, the Netherlands: WASHTech c/o IRC International Water and Sanitation Centre; and Cranfield, UK: Cranfield University. Available at http://washtechafrika.files.wordpress.com/2011/04/washtech_wp2-1_africa_wide_water_sanitation_hygiene_technology_review.pdf (accessed on March 4, 2013).
- RWSN (Rural Water Supply Network). 2013. http://www.rwsn.ch/documentation/prcollector.2009-04-03.5513012969/prcollector_view (accessed on March 1, 2013).
- UNICEF (United Nations Children's Fund). 2009. *Sustainable transfer of manual well drilling to the private sector in Niger*. Case study. The Netherlands: PRACTICA Foundation; USA: UNICEF; and USA: Enterprise Works/VITA. Available at http://www.unicef.org/wash/files/NIGER_Case_Study_Aug14_lowRes.pdf (accessed on March 1, 2013).
- UNICEF. 2012. *Water, sanitation and hygiene*. Available at http://www.unicef.org/wash/index_54332.html (accessed on March 1, 2013).

ANNEXE 1. EXEMPLE DE RAPPORT DE FORAGE

FIGURE A1.1. Exemple de rapport de forage

Data Collect by	Berhanu	Serial #	AB01031002	Date Started/Completed (mm/dd/yy)	3/1/2010	-	3/2/2010
GPS and Photo Information		Soil Log Key					
Latitude (dd.ddddd)	8.849	Description		Texture		Compaction	
Longitude (dd.ddddd)	38.41177	Clay, Silty clay, Silty clay, Sandy clay loam		Fine	f	Soft	S
Elevation (m)	2060	Loam, Silty clay loam, Sand, Sandy loam, Loam		Medium	m	Semi-Compact	SC
Photo		Silty loam, Gravel, Rock, Pumice		Course	c	Compact	C
Photo Date		Permeability		Casing		Fill	
General Information		Permeable		p	Blank Pipe	bp	Sanitary Seal
Owners Name:	Gudnye Mekonen	Semi-permeable		sp	Filter	F	Cuttings
Village Name:	Awash Balo	Non-permeable		np			Gravel/Sand
Family Size (person):	6						g/s
Type of Pump Installed:	Treadle suction Pump	Soil Log Profile					
Well Primary Use:	Irrigation	Depth (m)	Description	Texture	Compaction	Permeability	Casing
Estimated Irrigated Area (m ²)							Fill
Outcome:	Successful						Observations
Drilling Information		0.0	Silty clay	m	S	np	-
Drilling Type:	Simple Sludge	0.25	Silty clay	m	S	np	-
Bit Diameter (mm):	54	0.5	Silty clay	m	S	np	-
Casing Diameter (mm)	50	0.75	Silty clay	m	S	np	-
Augering Start Depth (m)	0	1.0	Clay	f	S	np	-
Augering End Depth (m)	0.75	1.5	Clay	f	S	np	-
Sludging Start Depth (m)	0.75	2.0	Clay	f	S	np	-
Sludging End Depth (m)	16.5	2.5	Clay	f	S	np	-
Total Drill Time (hr)	10	3.0	Clay	f	S	np	-
Static Water Level (m)		3.5	Clay	f	S	np	-
Drillers Name:	Mustefa Kiri	4.0	Clay	f	S	np	-
Helpers Name	Berhanu & Mehamed	4.5	Clay	f	S	np	-
Problems Encountered Drilling:		5.0	Clay	f	S	np	-
Type	None	5.5	Clay	f	S	np	-
None		6.0	Clay	f	S	np	-
		6.5	Clay	f	S	np	-
		7.0	Clay	f	S	np	-
		7.5	Clay	f	S	np	-
		8.0	Clay	f	S	np	-
		8.5	Clay	f	S	np	-
		9.0	Clay	f	S	np	-
		9.5	Clay	f	S	np	-
		10.0	Clay	m	C	sp	-
		10.5	Clay	m	C	sp	-
		11.0	Clay	m	C	sp	-
		11.5	Clay	m	C	sp	-
		12.0	Sandy clay	m	SC	sp	-
		12.5	Sandy clay	m	SC	sp	-
		13.0	Sandy clay	m	SC	sp	-
		13.5	Sandy clay	m	SC	sp	-
		14.0	Sandy clay	m	SC	sp	-
		14.5	Sandy clay	m	SC	sp	-
		15.0	Sandy clay	m	SC	sp	-
		15.5	Sandy clay	m	SC	sp	-
		16.0	Sandy clay	m	SC	sp	-
		16.5	Sandy clay	m	SC	sp	-
		17.0					
		17.5					
		18.0					
		18.5					
		19.0					
		19.5					
		20.0					
		20.5					
		21.0					
		21.5					
		22.0					
		22.5					
		23.0					
		23.5					
		24.0					
		24.5					
		25.0					
Well Log Measurements from Surface		Additional Notes:					
Drilled Depth (m):	16.5						
Depth to Top of Filter (m)							
Depth to Bottom of Filter (m)							
Depth to Top of Gravel Pack (m)							
Depth to Bottom of Gravel Pack (m)							
Depth to Top of Sanitary Seal (m)							
Depth to Bottom of Sanitary Seal (m)							

Source: iDE Ethiopia

ANNEXE 2. FORMATION ET CERTIFICATION EN FORAGE MANUEL DE PUITTS

Le programme de formation en forage manuel de puits mené par l'iDE Ethiopie propose une formation sur le terrain. Les stagiaires commencent par être auxiliaires foreurs puis passent progressivement par les niveaux d'assistant foreur, d'assistant débutant puis confirmé avant de devenir chefs foreurs. Ce processus exige de chaque apprenti qu'il participe au forage d'approximativement 15 puits. Une fois que le stagiaire a acquis de l'expérience en tant que chef foreur, il suit un cours d'une semaine en salle de classe portant sur l'hydrogéologie du forage manuel de puits, l'installation de tubages et l'aménagement de puits. La formation de foreur est alors considérée comme terminée mais le foreur ne recevra son certificat de l'iDE Ethiopie qu'après avoir démontré sa compétence en gérant avec succès une équipe pour le forage de dix puits supplémentaires sans supervision directe. Cela prend au minimum quatre mois pour qu'un stagiaire atteigne le niveau de la certification. Les foreurs certifiés sont formés pour offrir, le cas échéant, un appui technique et leurs travaux offrent à leur clientèle une garantie limitée de qualité d'exécution. Cela contribue à créer une main d'œuvre qualifiée, compétente et compétitive dans le forage de puits. Tous les foreurs formés ne souhaitent pas gérer une entreprise ou n'en sont pas capables; nombreux sont ceux qui préfèrent rester assistants foreurs.

Parmi les compétences qu'il faut acquérir dans la formation pratique de foreur figurent: l'installation de pompes; l'alésage de puits forés à 60 mm pour les pompes à pédales ou à 90 ou 125 mm pour l'installation de pompes à corde et à roue et de pompes motorisées; l'installation de «pompes de petit calibre (40 mm)» pour les besoins en eau domestiques; des compétences de diagnostic/rectification pour les cas où le rendement du puits est inférieur aux attentes; la préparation des outils pour l'aménagement des puits et la capacité de déterminer si l'aménagement est terminé; et la négociation des ententes commerciales avec la clientèle.

En ce qui concerne le coût d'un programme de formation de foreur manuel de puits, un programme de formation récemment proposé au gouvernement éthiopien a fixé le coût de la mise en place et du fonctionnement d'un programme de formation intensif de foreur manuel de puits de quatre mois à approximativement 950 000 dollars E.-U. la première année, les coûts de fonctionnement pour chaque année subséquente s'élevant à 680 000 dollars E.-U. Ce type de programme de formation pourrait considérablement accélérer la capacité de forage de puits dans le pays. Comme le montre le tableau A2.1, les répercussions potentielles du programme de formation sont importantes: au fur et à mesure que le nombre de foreurs formés augmente, le nombre total de puits forés pour des petits exploitants agricoles s'accroît rapidement. Selon les estimations, 966 000 puits pourraient être forés après une quinzaine d'années de fonctionnement du programme de formation.

Le tableau A2.1 présume qu'il y a 25 stagiaires par groupe, et quatre groupes, la première année, puis dix groupes par an la deuxième année et chaque année subséquente. Le tableau part du principe que 80 pour cent des stagiaires deviendront des foreurs certifiés, que 50 pour cent des foreurs certifiés créeront leur propre entreprise, que la demande de puits emploiera les nouvelles entreprises de forage à plein régime et que chaque entreprise pourra forer 90-100 puits/an (cinq puits tous les quinze jours pendant neuf mois de chaque année).

TABLEAU A2.1. Nombre estimé de puits forés à l'issue des programmes de formation et de certification de foreur de puits

Année	Nombre de foreurs certifiés chaque année	Nombre de nouvelles entreprises de forage chaque année	Nombre cumulé d'entreprises de forage	Nombre cumulé de puits forés
1	80	40	Formation seulement	0
2	200	100	40	4 000
3	200	100	140	18 000
4	200	100	240	42 000
5	200	100	340	76 000
6	200	100	440	120 000
7	200	100	540	174 000
8	200	100	640	238 999
9	200	100	740	312 000
10	200	100	840	396 000
11	200	100	940	490 000
12	200	100	1 040	594 000
13	200	100	1 140	708 000
14	200	100	1 240	832 000
15	200	100	1 340	966 000

Le programme de formation envisagé disposera d'une salle de classe et d'un terrain de travaux pratiques situés dans un centre existant d'éducation et de formation techniques et professionnelles pour l'agriculture (ATVET). Les stagiaires passeront les trois premières semaines au centre ATVET pour apprendre les techniques fondamentales du forage manuel de puits. Ils passeront ensuite deux mois sur le terrain avec des instructeurs à forer des puits dans les champs d'agriculteurs. Chaque stagiaire participera au forage d'environ 15 puits sur le terrain, et pour cinq d'entre eux occupera le poste de chef foreur. Les cinq dernières semaines de formation se passeront au centre de formation à étudier l'hydrogéologie, la sélection des pompes et les questions d'installation et d'entretien. Il y aura également un module de formation sur la création d'entreprise et les pratiques commerciales. Le programme de formation comportera 25 stagiaires par cours et pourra mener à bien dix cours par an après la première année. Le tableau A2.1 montre les répercussions potentielles d'un tel programme de formation. Il présume que 80 pour cent des stagiaires deviendront des foreurs certifiés et que la moitié d'entre eux créeront leur propre entreprise de forage de puits. Il part également du principe que la demande de puits emploiera les nouvelles entreprises de forage à plein régime et que chaque entreprise pourra forer une centaine de puits par an. Comme le montre le tableau A2.1, un programme formel de formation accélérera considérablement la capacité de forage de puits dans le pays.

Les aspects importants à prendre en considération pour la formation sont les suivants:

- La formation doit comporter à la fois des enseignements en salle de classe et des apprentissages par l'expérience afin de permettre aux stagiaires de maîtriser la manipulation des outils et la gestion de l'activité de forage et de résoudre les problèmes posés par différentes conditions hydrogéologiques.
- Le forage manuel est très exigeant sur le plan physique – il peut y avoir jusqu'à 50 pour cent d'abandons de la formation chez les stagiaires potentiels en une semaine. Il est donc important, pour améliorer le nombre de stagiaires qui persistent, de mettre en place un processus de sélection permettant aux stagiaires intéressés de voir quelles sont les conditions de travail et d'en faire l'expérience avant de faire une demande de formation approfondie.
- Le nombre de puits forés est moins important que le nombre de conditions géologiques différentes rencontrées pour déterminer si le stagiaire a suffisamment d'expérience pour recevoir sa certification.

La plupart des foreurs manuels de puits ont appris le métier en travaillant avec des foreurs expérimentés. Bien que l'expérience pratique soit essentielle, la période de formation sur le terrain peut être raccourcie si l'enseignement en salle de classe utilise des exemples et des illustrations pour expliquer les diverses techniques correspondant aux différentes conditions géologiques. Cet enseignement théorique est plus efficace si les stagiaires ont au moins atteint une huitième année d'études qui leur permettra d'être plus performants en cours que ceux qui n'ont pas d'éducation.

Documents de travail de l'IWMI

- 155 *Opportunités d'investissement dans le forage manuel de puits en Ethiopie*. Elizabeth Weight, Robert Yoder et Andrew Keller. 2013. (Existe aussi en version anglaise).
- 154 *Improving the Supply Chain of Motor Pumps to Expand Small-scale Private Irrigation in Zambia*. Willem Colenbrander and Barbara van Koppen. 2012.
- 153 *Gender Aspects of Small-scale Private Irrigation in Africa*. Barbara van Koppen, Lesley Hope and Willem Colenbrander. 2012.
- 152 *Investing in Agricultural Water Management to Benefit Smallholder Farmers in Ethiopia. AgWater Solutions Project Country Synthesis Report*. Alexandra E. V. Evans, Meredith Giordano and Terry Clayton (Editors). 2012.
- 151 *Investing in Agricultural Water Management to Benefit Smallholder Farmers in Madhya Pradesh, India. AgWater Solutions Project Country Synthesis Report*. Alexandra E. V. Evans, Meredith Giordano and Terry Clayton (Editors). 2012.
- 150 *Investing in Agricultural Water Management to Benefit Smallholder Farmers in Zambia. AgWater Solutions Project Country Synthesis Report*. Alexandra E. V. Evans, Meredith Giordano and Terry Clayton (Editors). 2012.
- 149 *Investir dans la gestion de l'eau en agriculture au profit des petits exploitants agricoles du Burkina Faso. Rapport national de synthèse du projet AgWater Solutions*. Alexandra E. V. Evans, Meredith Giordano et Terry Clayton. 2012. (Existe aussi en version anglaise).
- 148 *Investing in Agricultural Water Management to Benefit Smallholder Farmers in West Bengal, India. AgWater Solutions Project Country Synthesis Report*. Alexandra E. V. Evans, Meredith Giordano and Terry Clayton (Editors). 2012.
- 147 *Investing in Agricultural Water Management to Benefit Smallholder Farmers in Ghana. AgWater Solutions Project Country Synthesis Report*. Alexandra E. V. Evans, Meredith Giordano and Terry Clayton (Editors). 2012.
- 146 *Investing in Agricultural Water Management to Benefit Smallholder Farmers in Tanzania. AgWater Solutions Project Country Synthesis Report*. Alexandra E. V. Evans, Meredith Giordano and Terry Clayton (Editors). 2012.
- 145 *Agricultural Extension in Central Asia: Existing Strategies and Future Needs*. Jusipbek Kazbekov and Asad Sarwar Qureshi. 2011.

L'IWMI offre un accès libre à toutes ses publications.

Consulter

www.iwmi.org/publications/index.aspx

Adresse postale

P O Box 2075
Colombo
Sri Lanka

Adresse physique

127 Sunil Mawatha
Pelawatta
Battaramulla
Sri Lanka

Téléphone

+94-11-2880000

Télécopie

+94-11-2786854

Courriel

iwmi@cgiar.org

Site web

www.iwmi.org