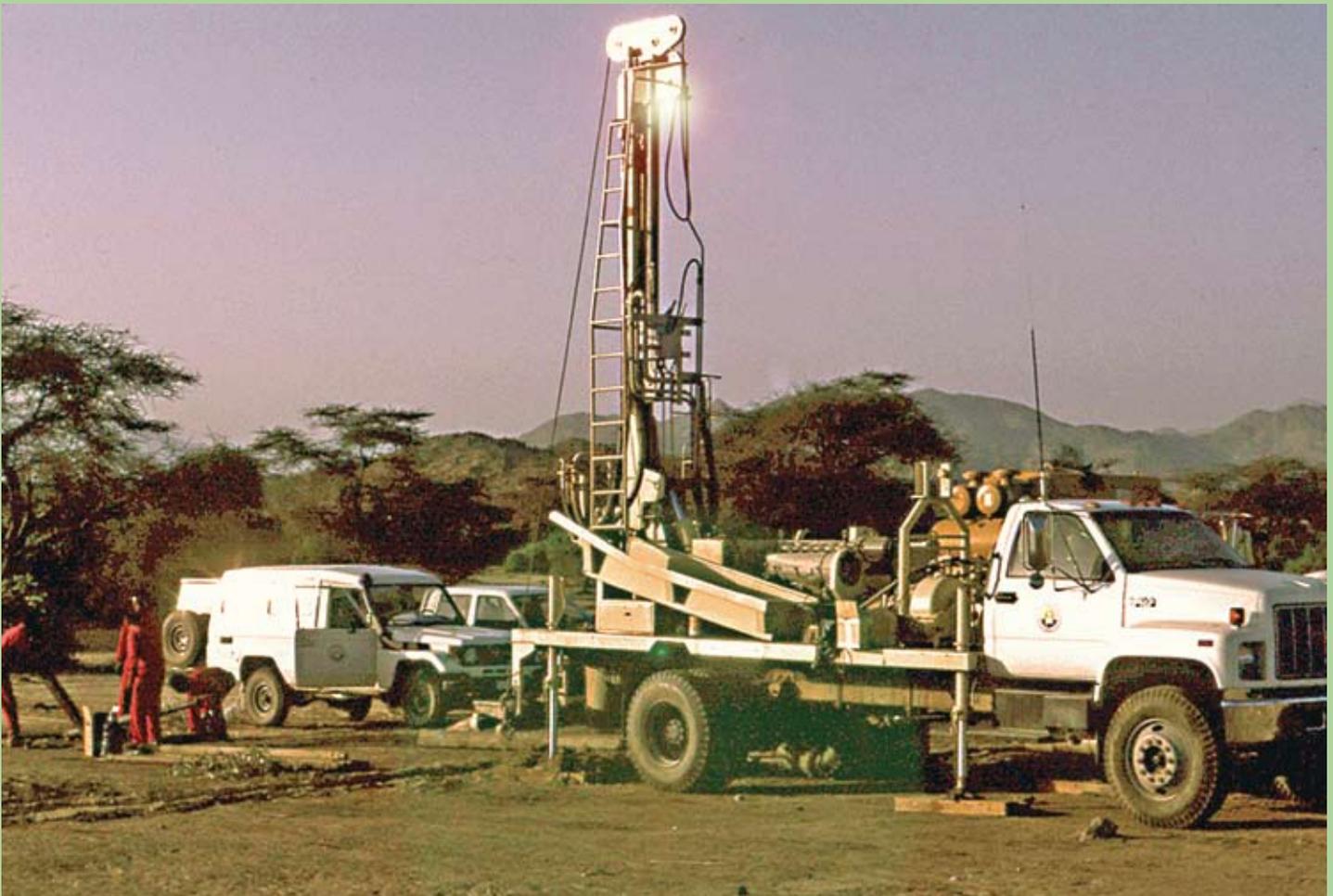


# Le forage d'eau à faibles coûts en dix étapes

## Étude des coûts de forage en Éthiopie

Développer l'accès à l'eau souterraine est une priorité fondamentale pour l'Afrique subsaharienne. La réduction du coût des forages classiques et de leur équipement est un moyen d'y parvenir. La présente note rend compte d'une étude récemment conduite en Éthiopie et expose certaines des méthodes qui permettraient de réaliser cet objectif.



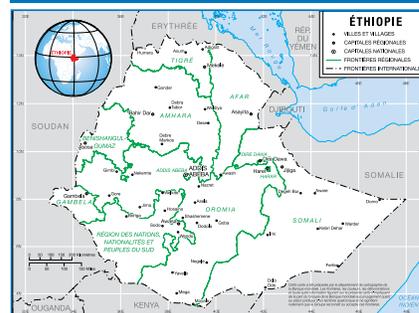
## Synthèse

L'Afrique subsaharienne doit accorder une forte priorité à la réduction des coûts des puits d'eau forés<sup>1</sup> si elle veut atteindre les objectifs de développement pour le Millénaire (ODM) ou les objectifs nationaux de couverture de l'approvisionnement en eau. Même de petites économies permettraient d'étendre ce service à des millions d'habitants sur le continent. En Inde, les coûts de forage représentent généralement moins d'un dixième de ceux observés en Afrique subsaharienne, mais cet écart est fondé. Les comparaisons simplistes sont dangereuses.

En 2005-06, le réseau pour l'approvisionnement en eau en milieu rural (RWSN) a conduit une étude du secteur des forages d'eau en Éthiopie dans le but d'acquérir une compréhension approfondie et intégrée de ce secteur. Cette étude a procédé à des évaluations et comparaisons systématiques et méthodiques des coûts, et à une analyse détaillée de ces derniers. Elle a également fait appel à de nouvelles méthodes de modélisation des aspects qualitatifs et quantitatifs. L'étude relative à l'Éthiopie réalisée dans le cadre du projet phare du RWSN sur les forages à faible coût (Carter et al, 2006), conjuguée aux études portant sur d'autres pays et sur l'ensemble du continent, permet de définir une méthode en dix étapes pour diminuer les coûts de forage. Il n'est cependant pas simple de procéder aux modifications nécessaires car elles appellent la participation et l'intervention dynamiques de nombreuses parties prenantes — intervenants publics, privés et de la société civile — qui doivent toutes adhérer au projet.

<sup>1</sup> On entend par puits d'eau foré un puits construit par un appareil de forage, indépendamment de sa profondeur, de son diamètre ou de la technique de forage employée.

## Carte de l'Éthiopie



## Introduction

L'étude dont la présente note fait la synthèse a été motivée par l'opinion généralisée selon laquelle les coûts de forage sont inutilement élevés sur une grande partie du continent africain, et qu'une meilleure appréhension des facteurs qui concourent à cette situation permettrait de les réduire considérablement.

L'idée de réaliser une étude des coûts de forage en Éthiopie a été introduite par le bureau éthiopien du programme d'eau et d'assainissement (WSP) et le Réseau pour la technologie des pompes à main (HTN) à la conférence de Durban en 2003. Le HTN est par la suite devenu le Réseau pour l'approvisionnement en eau en milieu rural (RWSN), qui se compose de trois domaines thématiques prioritaires ou activités phares : l'auto-approvisionnement, les forages à faibles coûts, et les pompes à main durables.

L'étude a été pilotée par un coordinateur, en concertation avec le responsable du thème phare sur les forages à faible coût et le spécialiste en approvisionnement en eau et en assainissement de WSP à Addis Ababa. Compte tenu de son ampleur, et pour faciliter la participation des multiples intervenants ciblés, l'étude a été conduite

Figure 1 – Composantes de l'étude sur le forage en Éthiopie

### Les intervenants sectoriels

- Administrations régionales
- Entreprises privées
- Principaux bailleurs de fonds
- Secteur public (entreprises publiques de forage)
- ONG

### Les problèmes essentiels

- Formation
- Données et études relatives aux nappes d'eau souterraines
- Concession de licences et réglementation
- Élaboration des projets et technologie
- Viabilité
- Importation

### Expériences sectorielles

- Création et exploitation d'une entreprise privée
- Sous-traitance
- Évaluation des coûts et établissement des prix

Source : Carter et al (2006).

par une équipe composée de cinq professionnels chevronnés du secteur de l'approvisionnement en eau : deux économistes, deux hydrogéologues, et un ingénieur hydraulicien également propriétaire d'une entreprise de forage. L'étude a été divisée en 14 sous-thèmes (figure 1).

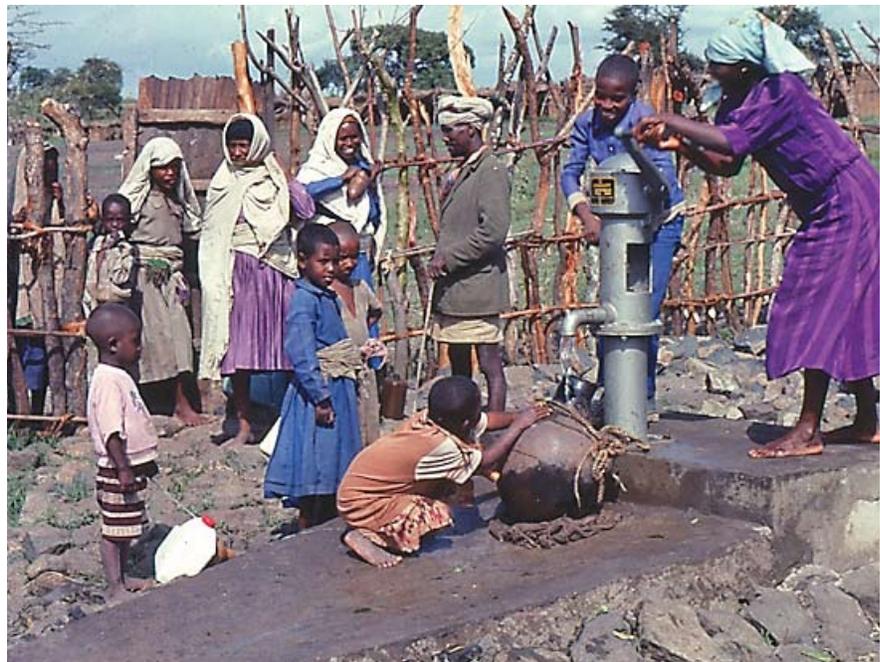
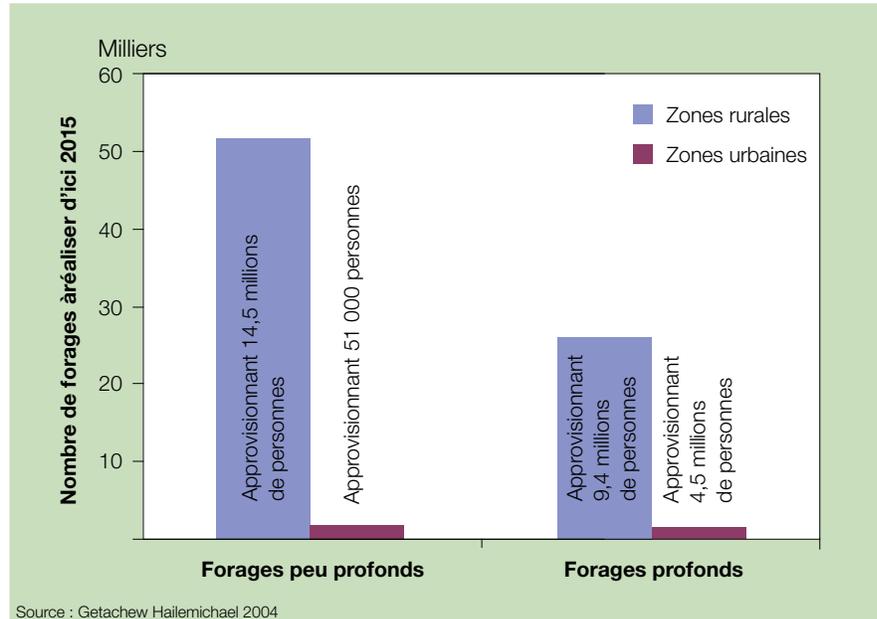
### Le forage de puits en Afrique subsaharienne : une activité trop coûteuse ?

En Éthiopie, les distances, la médiocrité de l'infrastructure, le caractère rudimentaire du secteur manufacturier, les conditions difficiles de forage et les obstacles à l'activité économique concourent aux coûts élevés des forages d'eau. Le secteur privé se développe néanmoins sous l'effet de la demande et de la hausse des investissements. Cette expansion devrait stimuler à son tour la concurrence dans le secteur et amener inévitablement une amélioration du rapport qualité/prix des forages d'eau.

On estime à environ un million le nombre de nouveaux puits dont l'Afrique subsaharienne aura besoin pour assurer la couverture intégrale des services d'approvisionnement en eau. Si l'on pouvait diminuer de 10 % le coût moyen des forages d'eau, estimé de 10 000 à 15 000 dollars des États-Unis dans de nombreuses régions africaines, l'économie réalisée s'élèverait à plus d'un milliard de dollars. Cette somme permettrait de donner accès à l'eau potable à 30 millions de personnes supplémentaires.

Getachew (2004) a estimé qu'en Éthiopie seulement, plus de 80 000 nouveaux forages devront être réalisés d'ici à 2015 pour desservir 28 millions de personnes supplémentaires (cible des ODM). Une économie de 10 % par forages permettrait d'assurer l'approvisionnement en eau salubre de deux millions de personnes

Figure 2 – Nombre de puits à forer et population à desservir à l'horizon 2015



Des forages de faible et de moyenne profondeur sont équipés de pompes à main en zone rurale.

## Encadré 1 – Les facteurs présidant à la réussite d'un programme d'approvisionnement en eau

**La volonté politique** – un engagement durable des autorités, qui se traduit par des investissements dans le secteur.

**Un investissement soutenu des organismes d'aide extérieure** – pas forcément le principal apport financier, mais des investissements cruciaux à des moments critiques.

**Une base industrielle solide** – sa base industrielle a permis à l'Inde d'encourager le programme de forage\*.

**Des ressources humaines qualifiées** – l'Inde disposait de solides compétences en matière de technique et de gestion avant même de lancer son programme d'approvisionnement en eau à partir des ressources souterraines.

**La participation du secteur privé** – les fabricants, fournisseurs et maîtres d'œuvre du secteur privé étaient enthousiastes à l'égard du programme d'approvisionnement en eau potable et disposés à y participer\*.

**Un programme de grande envergure** – qui a permis de réaliser des économies d'échelle.

**Des choix techniques éclairés** – le programme a pu disposer d'un savoir-faire technique, d'une gestion logistique et d'équipements optimaux.

**Le contrôle logistique** – le programme a été très efficace dès lors que les entreprises privées ont pris en main le contrôle de la logistique (achat et déploiement du matériel et des équipements) à la place des pouvoirs publics.

**La normalisation** – qui simplifie les problèmes logistiques et administratifs.

**Les communications et l'infrastructure** – grâce à d'excellents réseaux routiers, ferroviaires et aériens\*.

**Le suivi et l'évaluation** – suivi et notification systématiques et complets.

\* Différence essentielle avec l'Afrique subsaharienne.

Adapté du document Key ingredients leading to the success of the Indian Groundwater-based Drinking Water Program (Talbot, 2004)

supplémentaires pour le même investissement, ce qui serait un accomplissement remarquable (figure 2).

Les études portant sur les coûts de forage doivent prendre en compte trois éléments majeurs :

- Les comparaisons entre pays doivent être faites avec prudence. Il existe des facteurs contextuels particuliers qui déterminent ces coûts et varient d'un pays à l'autre. Les facteurs naturels et

physiques (géologie, climat, distance de la base d'opérations, accès routier et communications) exercent tous une influence sur les coûts. Ainsi, bon nombre des études précédemment réalisées sur la réduction des coûts de forage en Afrique subsaharienne sont parties de l'hypothèse que la majorité des puits sont forés dans le socle à des profondeurs relativement faibles (50-60 mètres). En Éthiopie, la situation est plus complexe dans la

mesure où le socle représente moins de 10 % de la structure géologique. Bon nombre des forages équipés de pompe à main (environ 66 % selon Getachew) pourront être peu profonds, mais certains devront tout de même dépasser 100 mètres de profondeur. Et contrairement à d'autres pays d'Afrique subsaharienne, plusieurs devront être nettement plus profonds (de 150 à plus de 450 mètres) et motorisés pour assurer l'approvisionnement des villes et agglomérations à plus forte densité de population (figure 2).

- La notion de forages d'eau « type » ou de coût unitaire « moyen » (qu'il soit calculé par ouvrages ou par mètre linéaire) est trompeuse. Le coût des forages varie en fonction de nombreux facteurs. Donner un coût « type » s'apparente à donner le coût type d'un bâtiment. Dans les deux cas, les coûts sont déterminés par la finalité, la localisation, les dimensions et les finitions du forage ou du bâtiment. Les moyennes sont utiles à titre d'indicateur global, mais elles dissimulent autant qu'elles ne révèlent. L'un des objectifs de l'étude était de cerner les variations et d'explicitier les différences. Il est en outre indispensable de déterminer le « coût de l'activité économique » puisque les coûts indiqués (prix) sont toujours supérieurs aux coûts réels (encadré 2).
- Les études antérieures des coûts de forage ont généralement donné priorité aux questions techniques et contractuelles. L'étude du RWSN portant sur l'Éthiopie a analysé un éventail plus large de facteurs qui, ensemble, diagnostiquent « l'état de santé » du secteur des forages de puits d'eau en Éthiopie.

## Le cas de l'Inde

La réussite du programme d'approvisionnement en eau potable à partir des nappes souterraines conduit en Inde depuis les années 60 est bien connue et bien documentée (Talbot, 2004 ; Black et Talbot, 2005). Selon Rupert Talbot, 11 éléments décisifs, résumés dans l'encadré 1, sont à l'origine de cette réussite.

L'Inde présente des caractéristiques fondamentales qui diffèrent de celles de l'Afrique subsaharienne, elles tiennent pour l'essentiel à l'ingéniosité relative de ses industriels et entrepreneurs, à son excellente infrastructure, et à l'ampleur des marchés concernés. La densité démographique moyenne de l'Inde est 11 fois celle de l'Afrique subsaharienne. À l'apogée de son programme d'approvisionnement en eau potable, à la fin des années 70, le nombre de personnes non desservies en eau salubre (450 millions) représentait le double de la population actuellement non desservie en Afrique subsaharienne (290 millions). Aujourd'hui, après des investissements massifs, ce chiffre (140 millions) est moitié moindre que celui de l'Afrique subsaharienne.

## Le contexte éthiopien

L'environnement naturel et physique de l'Éthiopie diffère d'une région à l'autre. L'altitude varie de 125 mètres au-dessous du niveau de la mer dans la dépression du Danakil (dans la région Afar) à plus de 4 600 mètres dans le massif du Simien, dans la région Amhara. La moyenne des précipitations annuelles va de moins de 100 millimètres dans l'Ogaden (dans la région Somali) à plus de 2 500 millimètres dans les zones de Bench-Maji et d'Illubabor (régions Sud et Oromia). Environ 70 % de la population vit entre 1 500 et

### Encadré 2 – Les coûts de forage – quelques réflexions fondamentales

#### Coûts et prix

La différence entre les coûts de forage (pour l'entrepreneur) et le prix proposé au client et payé par celui-ci (l'État ou les grands bailleurs de fonds) n'est pas toujours bien appréhendée. À supposer que l'entrepreneur puisse estimer avec précision les coûts directs d'un marché donné – ce qui n'est pas toujours une hypothèse exacte – il doit ensuite ajouter différents éléments pour calculer le prix proposé (le coût de l'activité économique), notamment les frais administratifs, les taxes (comme la TVA), la marge bénéficiaire, les coûts liés aux différents risques. Par exemple, s'il anticipe un forage sec, il peut augmenter l'élément de bénéfice sur la partie foration et diminuer celui concernant la partie fourniture et installation du tubage. La volonté de remporter le marché et le degré de concurrence interviennent aussi dans l'établissement des prix.

#### Composantes des coûts de forage

Les coûts de construction des ouvrages (coûts de forage) se composent généralement de quatre éléments, dont chacun peut à son tour être subdivisé :

- **Installation et désinstallation** – les coûts associés au transport de l'appareil de forage et des équipements auxiliaires jusqu'au site et à leur mise en service. Les principaux éléments de cette composante sont les coûts d'amortissement des équipements, les coûts directs de transport et les coûts de main d'œuvre.
- **Forage** – le coût réel lié à la foration d'un trou à la profondeur et au diamètre requis. Là aussi, les principaux éléments de coût sont l'amortissement des équipements et la main d'œuvre.
- **Fourniture et installation du tubage** – Les coûts liés à l'équipement du trou de forage, avec installation des crépines, des tubes pleins, du gravillonnage, du joint sanitaire et des ouvrages de tête en béton.
- **Développement et essais de pompage** – Les coûts associés à l'élimination des liquides de forage et des dommages causés à la nappe d'eau par le forage, et aux essais de pompage du forage et de la nappe.

L'importance absolue et relative de ces éléments varie considérablement, mais chacun contribue pour une part substantielle au coût total d'un forage donné.

#### Évaluation des coûts des composantes

L'évaluation du coût de chacune des quatre composantes doit s'effectuer selon une méthode rationnelle, en vertu de laquelle les coûts unitaires réels de chaque élément (amortissement de l'appareil de forage et des équipements, main d'œuvre, coûts d'opération des véhicules, coût des consommables par exemple) sont entièrement pris en compte sur une base pertinente (horaire, journalière, par kilomètre, par mètre, ou autre). Le rapport sur l'étude relative à l'Éthiopie (Carter et al, 2006) contient une description détaillée de ces procédures.

2 400 mètres d'altitude. La géologie est complexe, et comprend des roches volcaniques intrusives et extrusives, de vastes formations sédimentaires et des dépôts alluviaux.

La majorité de la population éthiopienne (plus de 86 %) vit dans les hautes terres des régions d'Amhara, d'Oromia, de l'État régional des nations, nationalités et populations du Sud (SNNPRS) et du Tigray, et quelque 84 % des 73 millions d'habitants vivent en milieu rural. L'infrastructure est mauvaise, notamment en ce qui concerne les routes praticables en tout temps. Le réseau routier, qui totalise 36 500 kilomètres, ne compte que 4 635 kilomètres de routes bitumées. La longueur des distances fait que le transport des équipements de forage est difficile et coûteux. La saison des pluies et le manque de routes bitumées limitent la saison de forage à une période de 6 à 9 mois dans l'année.

## Intervenants en Éthiopie

Le secteur du forage en Éthiopie se caractérise : i) par l'existence d'entreprises du secteur public ; du secteur privé et de la société civile ; ii) par une augmentation substantielle des engagements financiers dans la perspective de 2015 ; et iii) par l'expansion rapide des opérations du secteur privé, d'origine nationale et internationale.

Le secteur regroupe les intervenants suivants :

- le gouvernement fédéral (Ministère des ressources en eau)
- les autorités régionales (bureaux des ressources en eau)
- les grands bailleurs de fonds
- les entreprises publiques
- le secteur privé (subdivisé en activités de forage, de fabrication et

d'approvisionnement, et réparti entre les entreprises locales et étrangères)

- les ONG
- les consommateurs.

Comme dans d'autres pays africains, le gouvernement fédéral a vu sa fonction de prestataire de services évoluer vers la définition des politiques et stratégies sectorielles. Il affecte ses propres financements et ceux des bailleurs de fonds, et donne des directives aux régions. Il réglemente en outre le secteur privé et les autres fournisseurs de biens et de services. De leur côté, les bureaux régionaux des ressources en eau (BRE) sont les principaux acquéreurs de services, comme le forage d'eau, grâce aux financements apportés par les bailleurs de fonds et par l'État. L'Éthiopie se distingue de nombreux pays africains sur le plan de l'offre.

## Les entreprises publiques

Les entreprises publiques demeurent les prestataires de services privilégiés des BRE, surtout dans le cadre des programmes d'urgence et de réinstallation. Elles ont évolué au cours des 30 années écoulées depuis la fin de l'Empire et le début de la période du Derg. La plus ancienne, Water Well Drilling Enterprise, date de 1975 environ ; elle a été créée par la Banque Internationale pour la Reconstruction et le Développement (BIRD) et placée sous la responsabilité de ce qui était à l'époque la Commission éthiopienne des ressources en eau. Elle a reçu une aide considérable du Japon, et une grande partie de ses équipements sont en conséquence d'origine japonaise.

Water Works Construction Enterprise, autre entreprise parapublique établie de longue date, disposait également de capacités de forage. Elle a néanmoins



récemment cédé ces activités et n'intervient plus dans le secteur.

Six des régions<sup>2</sup> éthiopiennes (Tigray, Amhara, Oromia, le SNNPRS, Somali et Afar) ont des entreprises publiques qui pratiquent le forage d'eau. Dans certaines de ces régions et dans deux autres (Benishangul-Gumuz et Gambella), les bureaux des ressources en eau disposent de capacités de forage.

Les entreprises publiques sont censées conduire des opérations viables au plan financier, sans subventions de l'État, et rivaliser avec le secteur privé. Elles se distinguent toutefois du secteur privé réel sur trois aspects essentiels :

- elles sont gouvernées par des conseils d'administration, souvent composés en majorité de membres de l'administration publique ;

<sup>2</sup> Le pays compte au total neuf régions ethniques et deux administrations urbaines autonomes.



- elles sont généralement les maîtres d'œuvre privilégiés du gouvernement régional ou fédéral ;
- elles sont assujetties aux règles de la fonction publique régissant l'emploi et la passation de marchés par exemple.

Certains des bureaux régionaux des ressources en eau réalisent eux-mêmes des opérations de forage, même si une entreprise publique opère également dans la région.

### Secteur privé

L'apparition d'entreprises privées de forage d'eau est un phénomène assez récent en Éthiopie. Hydro Construction and Engineering Co. Ltd est la plus ancienne, elle est issue d'une société mère nigériane créée en 1980 qui a commencé à opérer en Éthiopie en 1991. Au cours de ces années, Hydro a foré quelque 450 puits. Une autre entreprise, Saba Engineering PLS, a été créée en 1993 pour réaliser des travaux

géotechniques et de construction civile. Saba est entrée sur le marché de l'ingénierie hydraulique en 1994 et, en 1999, avait foré un petit nombre de puits par battage.

Avec l'achat, en 2000, d'une machine de forage rotary équipée d'un marteau fond de trou moderne, Saba s'est sérieusement attaquée aux forages d'eau. Elle a par la suite acheté deux appareils supplémentaires et, en 2003, avait foré plus de 125 puits. Ces dernières années, le secteur privé local a été confronté à la concurrence d'entreprises chinoises et indiennes, ces dernières semblant en mesure d'opérer à des coûts sensiblement inférieurs. Au total, de 25 à 30 entreprises de forage privées sont aujourd'hui en activité en Éthiopie, dont cinq indiennes ou chinoises.

### ONG et organisations confessionnelles

Quelques ONG et organisations confessionnelles réalisent des forages de puits d'eau, selon trois modes d'exploitation :

- Ethiopian Orthodox Church (EOC), Kale Heywet Church (KHC), Mekhane Yesus, et World Vision disposent de leur propre matériel de forage. KHC, par exemple, effectue des forages depuis 1988 et, avec les deux ateliers qu'elle possède aujourd'hui, réalise quelque 80 puits par an. Au total, elle a foré plusieurs centaines de puits d'eau en Éthiopie au cours des 17 dernières années.
- D'autres ONG, comme Water Action, sous-traitent les opérations de forage à des entreprises publiques ou privées, mais font appel à leurs propres experts ou à des consultants pour les travaux d'étude, de conception et de supervision.
- Un troisième groupe d'ONG finance à l'occasion les opérations de forage,

mais par l'intermédiaire des bureaux régionaux des ressources en eau (qui effectuent les travaux d'étude, de conception et de supervision) et d'entreprises régionales (qui réalisent la construction). Ce mode d'exploitation n'est pas répandu aujourd'hui.

### Gros bailleurs de fonds

Les gros bailleurs de fonds tels que la Banque mondiale, la Banque africaine de développement, l'Union européenne, l'Unicef et d'autres ont d'importants programmes d'investissement dans le secteur de l'eau. Une grande part de l'investissement en capital effectué dans ce cadre est consacrée au forage des nappes souterraines pour doter les communautés rurales de points d'eau équipés de pompes à main, et de puits motorisés pour les villes et agglomérations. Les sommes et les calendriers associés aux programmes demeurent flous à ce stade, mais il est probable que les dépenses annuelles dans le secteur de l'eau augmenteront prochainement de plus du double par rapport au 68 millions de dollars (exercice 2001-02) estimés par le WSP (2004).

### Contexte d'exploitation

En Éthiopie, toutes les activités de développement ont pour caractéristique d'être assujetties à un puissant contrôle de l'État. Les télécommunications (internet, courrier électronique, téléphonie cellulaire et messagerie SMS) relèvent d'un monopole d'État. L'accès à ces services est limité<sup>3</sup>. Les importations sont soumises à différentes règles, comme celles qui exigent le recours à des transporteurs nationaux. La concession de licences à des professionnels de l'exploitation des nappes d'eau souterraines et des entreprises de forage et leur

<sup>3</sup> Le nombre de téléphones cellulaires par habitant en Éthiopie représente un dixième de celui enregistré en Ouganda.

immatriculation sont des démarches exigeantes en termes de formalités, de procédures et d'obligations en matière de personnel. Les effectifs nécessaires sont définis en fonction du mode de fonctionnement du secteur public et non de celui du secteur privé, qui opère avec un personnel plus restreint. L'insécurité (la perception des risques physiques) pose problème dans certaines régions, notamment le Nord du Tigray et de l'Afar et la région Somali. Enfin, le secteur du forage intervient aussi dans les situations d'urgence (surtout celles déclenchées par des sécheresses fréquentes et régulières) et dans l'ambitieux programme de réinstallation du gouvernement. Celui-ci prévoit de transférer plus de 2 millions de personnes de woredas (districts) vulnérables et exposés aux sécheresses vers d'autres régions à plus faible densité démographique.

## Conclusions de l'enquête

### Investissement

Les investissements massifs auxquels ont procédé l'État et des bailleurs de fonds tels que la Banque mondiale, la Banque africaine de développement et l'Union européenne devraient se traduire par une intensification de la concurrence et une hausse de la compétitivité des entreprises de forage privées et, partant, une baisse des prix.

### Situation actuelle

L'État demeure l'intervenant majeur dans le secteur des forages en Éthiopie. L'impression dominante est que les entrepreneurs du secteur privé ne souhaitent pas exécuter de contrats dans le cadre de programmes d'urgence et de réinstallation et, en de nombreux endroits, les autorités régionales marquent encore une nette préférence pour les entreprises publiques.

### Encadré 3 – Les besoins en formation dans le secteur du forage en Éthiopie

Selon les estimations de Carter et al (2006), l'Éthiopie a besoin de 4 000 foreurs et techniciens et de 2 000 hydrogéologues formés et expérimentés pour satisfaire à ses obligations au titre de l'ODM dans les secteurs de l'approvisionnement en eau domestique et de l'agriculture. On ne connaît pas les effectifs précis dont elle dispose actuellement dans chaque catégorie, mais il s'agit certainement dans les deux cas de quelques centaines de personnes. Il existe donc une pénurie substantielle de personnel qualifié et expérimenté dans le secteur du forage. La formation du personnel spécialisé à l'échelon national est ou était assurée en plusieurs endroits.

**Le Centre éthiopien des technologies de l'eau**, financé par la JICA et par le Ministère des ressources en eau, est aujourd'hui la seule institution qui offre régulièrement des formations spécialisées dans l'étude des nappes souterraines (hydrogéologie) et en techniques de forage. Les stages ont une durée maximale de trois mois. Le centre assure la formation de 40 personnes simultanément, et forme de 180 à 220 professionnels par an. Les anciens étudiants et une évaluation extérieure confirment que les cours sont utiles et adaptés. Son objectif étant de développer la capacité des Bureaux régionaux de l'eau, le Centre n'est ouvert qu'aux employés gouvernementaux. Les entrepreneurs privés ont demandé au JICA de former leur personnel, mais en vain. Compte tenu du nombre limité de formations en dehors du Centre et de la demande du secteur privé, nombreux sont ceux qui voudraient voir le Centre élargir ses services au-delà du secteur public.

Le nombre d'appareils et d'entreprises de forage est en hausse. Depuis l'estimation établie par Getachew (2004), le nombre d'ateliers de forages est passé de 103 à 150, et celui des entreprises privées de 15 à 25-30 (Carter et al, 2006). Cela étant, 66 % environ des appareils existants ont plus de 15 ans. Les pannes sont fréquentes, et les réparations sont parfois longues.

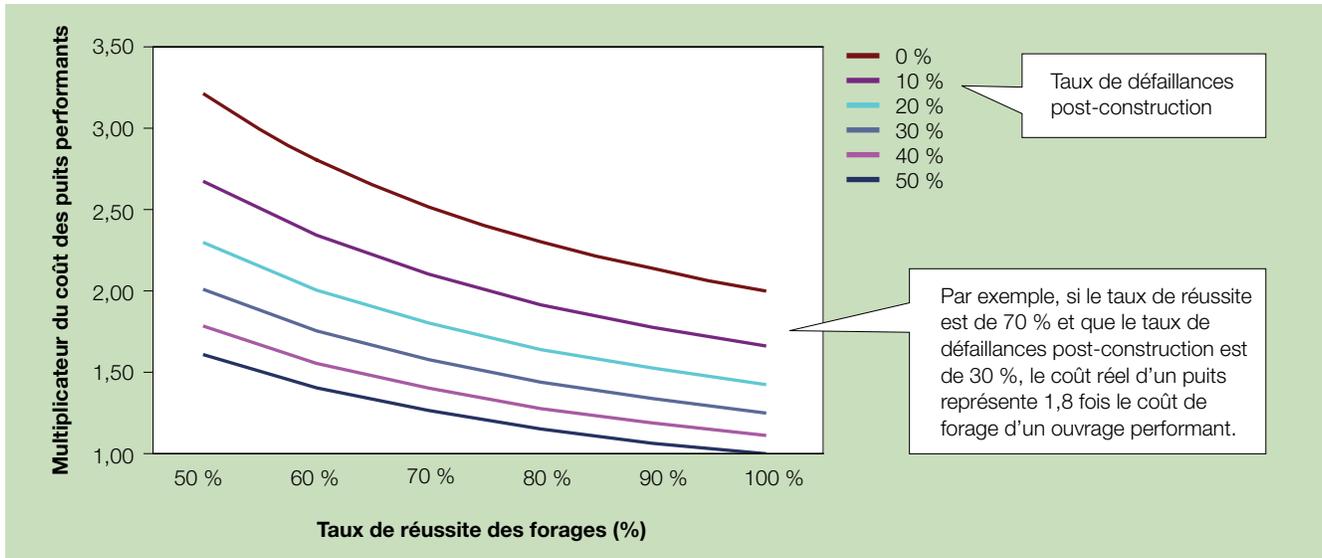
La création d'une entreprise de forage est en principe une procédure simple, mais elle s'avère longue, onéreuse et complexe dans la pratique. Les principales difficultés tiennent à l'obtention de prêts financiers et

de licence d'exploitation officielle. L'importation de pièces détachées et de consommables exige le respect de règles précises, comme le recours à des transporteurs éthiopiens et l'utilisation de lettres de crédit, au lieu de procédures d'importation plus courtes et plus efficaces.

### Aspects techniques

La réalisation de forages d'eau en Éthiopie consiste généralement à forer un diamètre de 10 à 14 pouces au travers des dépôts superficiels, puis de poursuivre à un diamètre compris entre 7 et 10 pouces. Le tubage d'un diamètre de 6 pouces est

Figure 3 – Incidences du taux de réussite des forages et du taux de défaillances post-construction sur les coûts globaux des puits d'eau



la norme pour les forages équipés d'une pompe à main, un diamètre plus important étant requis pour les forages dont l'exhaure est motorisée. Les tubages et les crépines utilisés sont généralement en acier.

Les forages d'une profondeur inférieure à 60 mètres sont généralement jugés peu profonds en Éthiopie. Une profondeur moyenne est comprise entre 60 et 150 mètres, les forages de plus de 150 mètres de profondeur entrent dans la catégorie des forages profonds. Il ressort des études portant sur un passé récent (WWDSE, 2003) et sur l'avenir (Getachew, 2004) que les forages peu profonds constitueront de 65 à 70 % du total des forages nécessaires (Carter et al, 2006). À Oromia, par exemple, 66 % des 565 forages réalisés au cours des cinq dernières années étaient peu profonds ; ils desservent 26 % du nombre total d'usagers. Les 34 % restants étaient

profonds mais ensemble ils desservent 74 % des consommateurs<sup>4</sup>.

L'étude du WWDSE a clairement démontré que les profondeurs de forage stipulées par les autorités au moment de l'appel d'offres étaient en général sensiblement surestimées par rapport aux profondeurs effectivement forées. Autrement dit, les entreprises mobilisent des équipements, des tubages et des consommables plus importants que ce dont elles ont véritablement besoin, ce qui augmente inutilement les coûts.

### Sous-traitance

Il arrive que les marchés soient regroupés, mais ce n'est pas la norme. Une entreprise a ainsi dû conclure 11 contrats séparés pour forer 24 puits.

Les opérations de forage sont généralement supervisées par de jeunes géologues inexpérimentés qui ne peuvent prendre de décision sans en référer à leurs

supérieurs, ce qui augmente le temps d'inactivité et les coûts.

### Informations et assistance

Les rapports de forage n'ont pas été méthodiquement collectés et archivés. De ce fait, une somme considérable d'informations potentiellement utiles a été perdue, ou ne peut être mise à la disposition des nouveaux programmes de forage.

Cette situation, conjuguée à une cartographie fragmentaire, fait que le client surestime souvent les besoins lorsqu'il établit les appels d'offres. Les cartes géologiques ne couvrent que 20 % du pays à une échelle de 1:250 000. Il existe une carte géologique nationale établie à l'échelle de 1:2.000.000. Presque toutes les régions disposent de matériel d'étude géophysique et d'autres instruments, mais en quantité limitée.

<sup>4</sup> WWDSE, 2005



Le coût unitaire d'un tubage en PVC tel que celui-ci peut être inférieur de 50 % à celui d'un tubage en acier.

Les stages de formation sont peu nombreux, et réservés aux employés de l'administration ou des entreprises publiques. Il n'existe pas de programme de formation officiel à l'intention des entrepreneurs privés de forage. Les besoins en hydrogéologues et foreurs qualifiés et expérimentés sont importants étant donné leur nombre nettement insuffisant (encadré 3).

### Fabrication locale

La situation continue d'évoluer en ce qui concerne la fabrication locale d'appareils de forage et de consommables. Il y a eu quelques tentatives d'assembler des appareils localement, et quelques progrès sont observables en matière de fabrication de tubages et de crépines en

plastique, mais ces deux industries éprouvent des difficultés à s'implanter.

### Performance et coûts

Les taux de réussite des forages indiqués sont généralement élevés (de 70 à 85 %). On ne connaît pas avec certitude les taux de défaillances post-construction mais, dans d'autres pays, celui de 30 % est souvent cité. Il se peut que, dans la réalité, il soit souvent supérieur. Les puits secs et les défaillances après construction ont des retombées globales sur les coûts de forage à l'échelle nationale. Un taux de défaillance élevé augmente sensiblement le coût unitaire des puits productifs.

La figure 3 montre notamment que les défaillances intervenant après la construction (en raison de défauts de construction, d'une baisse du niveau de la nappe par suite d'une mauvaise évaluation du renouvellement des eaux souterraines ou d'une sécheresse de longue durée, ou d'une panne prolongée de la pompe) ont des répercussions notables sur les coûts réels de forage. Les hypothèses sur lesquelles repose ce chiffre sont exposées en détail dans Carter et al (2006), et tiennent compte du fait que le coût d'un forage « sec » représente environ 60 % celui d'un forage productif. Cet écart tient aux faits qu'il ne sera pas installé de tubage permanent, que la construction de la tête de forage ne sera pas faite, et qu'il ne sera pas procédé à des essais de pompage.

Dans l'exemple cité, supposons que le coût d'un forage s'élève à 10 000 dollars. Il s'ensuit que si l'on réalise 100 forages, 70 seront initialement productifs (soit un coût de 700 000 dollars), 30 seront « secs » (soit un coût de 180 000 dollars), et 21 (30 % de 70) connaîtront des défaillances ultérieures ; au final, 49 puits seulement seront donc en état de fonctionnement. Le coût total des forages s'élèvera à 880 000 dollars. Au bout du compte, chaque puits productif et en état de fonctionnement aura ainsi coûté 18 000 dollars (figure 3).

Il va de soi qu'il convient de pérenniser les investissements élevés faits pour les forages d'eau en investissant à bon escient dans des études préalables (choix du site et analyses hydrogéologiques, dont une évaluation de l'alimentation de la nappe souterraine) et dans la définition de procédures d'exploitation et de

maintenance (aux étapes précédant et suivant la construction).

## Nous savons ce qu'il faut faire...

Les dix mesures de réduction des coûts que d'autres pays ont adoptées (et que confirme l'étude de cas portant sur l'Éthiopie)<sup>5</sup> et les principales raisons du coût élevé des forages en Afrique subsaharienne sont exposées ci-dessous. Comme on peut le constater, les solutions envisageables ne sont pas des mesures isolées, mais constituent différents maillons d'une même chaîne.

### Dix mesures pour réduire les coûts

#### 1. Adapter la conception du forage à sa finalité, limiter le forage à la profondeur nécessaire et faire appel à des tubages en plastique de petit diamètre, ou ne pas en utiliser.

La mauvaise conception des forages au moment de l'appel d'offres a pour effet d'augmenter les coûts. On citera à titre d'exemple les forages d'un diamètre supérieur au diamètre nécessaire pour des pompes à main ou submersibles modernes et l'utilisation de tubages en acier plutôt qu'en plastique. Le forage plus profond que nécessaire accroît aussi les coûts.

Si les diamètres et les profondeurs prévus étaient inférieurs, les coûts seraient moindres. Il en irait de même si l'on prévoyait d'utiliser du plastique, moins coûteux que l'acier. Le coût unitaire des tubages et des crépines en plastique (uPVC) est sensiblement inférieur (d'environ 50 %) à celui des tubages et crépines en acier. Dans le cas des forages peu profonds, pour

lesquels on peut utiliser des tubes et crépines en uPVC, le choix du diamètre et des matériaux permettrait de réaliser des économies. Le choix d'un tube en uPVC de 5 pouces plutôt qu'un tube en acier de 6 pouces se traduirait par une économie d'environ 65 % sur le coût des matériaux, de 47 % sur celui du tubage et du matériel de finition, ou de 20 % du coût total du puits.

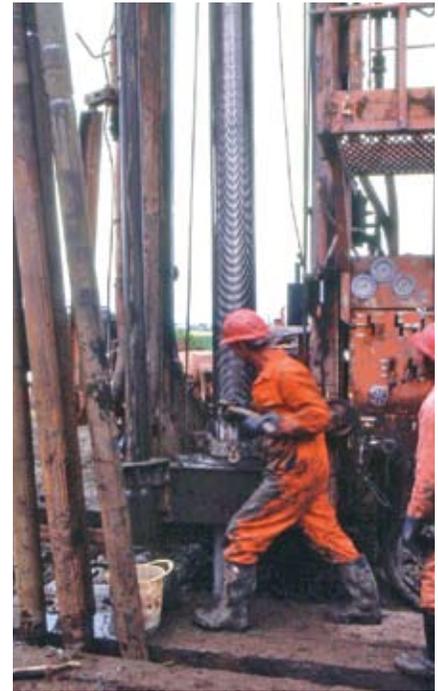
#### 2. Utiliser des appareils de forage de plus petite taille, moins coûteux, et des équipements auxiliaires correspondant à des critères de construction plus souples.

L'estimation d'une profondeur de forage largement supérieure à la profondeur effectivement forée entraîne une hausse inutile des coûts. En effet, on fait alors appel à des appareils de forage de plus grande taille et plus coûteux, ce qui augmente la quantité de matériel de forage et de consommables mobilisés sur le site, comme les tubages en acier, uniquement recommandés pour les puits d'une profondeur supérieure à 100-120 mètres.

L'utilisation d'appareils et d'équipements légers pour forer à des profondeurs et des diamètres inférieurs peut diminuer les coûts associés aux trains de tiges et à l'outillage ainsi que les coûts d'amortissement, d'énergie et de carburant. Elle permet en outre de réduire le nombre et la taille des véhicules auxiliaires.

#### 3. Autoriser l'établissement de contrats groupés pour la réalisation de plusieurs forages sur des sites proches et similaires au plan géologique.

La longueur des distances à parcourir depuis le siège de l'entreprise représente une part notable des coûts d'installation des chantiers. Comme il est impossible de



Installation d'une crépine en acier.

réduire les distances, la seule stratégie consiste à rechercher des économies d'échelle. Les entreprises privées ont constaté que, le plus souvent, les contrats portent sur un très petit nombre de puits forés sur des sites éloignés les uns des autres. Si les appels d'offres portaient sur le forage d'une dizaine ou d'une vingtaine d'ouvrages dans une même région, elles pourraient proposer des prix inférieurs puisqu'elles se verraient ainsi garantir du travail sur une période plus longue. Les coûts et les délais associés à la mise en chantier seraient également moindres.

#### 4. Améliorer les connaissances hydrogéologiques et faire appel à des pratiques modernes de sélection des sites de forage.

Beaucoup d'hydrogéologues et d'autres professionnels du secteur se plaignent du manque d'informations sur l'hydrogéologie nationale. Une fonction souvent oubliée de

<sup>5</sup> Adapté de Wurzel, 2001 ; Smith, 2003 ; Ball, 2004 ; Carter et al, 2006.

la réalisation de forages d'eau, mis à part l'objectif évident de produire de l'eau, est de recueillir des données hydrogéologiques. Si les registres de forage, les rapports d'achèvement et les données relatives aux essais de pompage sont rassemblés et ensuite perdus, cet aspect important du forage est dilapidé.

Une amélioration des connaissances hydrogéologiques et de l'expertise en étude de sites permettrait, en diminuant le nombre de forages secs, d'en augmenter le taux de réussite. Elle permettrait également de réduire l'écart entre la profondeur des forages indiquée dans l'appel d'offres et leur profondeur effective, occasionnant ainsi une baisse substantielle des coûts.

Des programmes de formation et un accès aux techniques de forage modernes, dans le secteur public comme dans le privé, favoriseraient la réalisation de cet objectif. Le respect des règles portant sur la collecte de données doit être assuré. Il convient aussi d'établir des bases de données alimentées par les informations recueillies.

### **5. Adapter les critères des essais de pompage à la finalité du puits d'eau**

Les essais de pompage inutilement longs et rigoureux coûtent cher. On peut prévoir des périodes d'essai plus courtes pour les puits à faible rendement. Il ne faut pas abrégé la phase de développement car cela pourrait avoir des effets préjudiciables sur la productivité à long terme. En revanche, un raccourcissement des essais de débit et de rabattement des forages équipés de pompes à main se justifierait, mais il ne faut pas les supprimer complètement. Le coût des essais étant extrêmement sensible à l'emplacement du site (et aux coûts correspondants d'installation et de désinstallation des équipements) et à la durée des essais de



Un forage sur le point de démarrer dans le Nord de l'Éthiopie

nappe, toute économie pertinente sur la durée des essais de pompage réduirait les coûts.

### **6. Améliorer la supervision des opérations de construction.**

La construction est souvent supervisée par de jeunes (hydro)géologues inexpérimentés. Un système doit être établi pour donner à ces derniers une formation plus approfondie en matière de supervision, d'hydrogéologie et de forage, ce qui permettra d'accélérer la prise de décision et d'améliorer la surveillance de la qualité des travaux effectués par les entreprises. La diminution des coûts résulterait de la réduction des temps morts et de la meilleure qualité du travail du fait que les défaillances post-construction seront moins nombreuses.

### **7. Procéder à une évaluation rigoureuse des ressources en eau souterraine renouvelables, et pas seulement à des essais de pompage.**

Les taux élevés de défaillances post-construction sont souvent imputables à une mauvaise évaluation des ressources en eau souterraine. Il arrive que les forages deviennent improductifs quelques temps après leur construction suite à un prélèvement excessif d'eau par rapport au rythme de renouvellement de la nappe. Les essais de pompage ne donnent aucune indication sur les ressources en eau souterraine ; aussi faut-il également procéder à des évaluations de la recharge ou de l'ampleur de la nappe.

Une étude des eaux souterraines s'impose pour définir l'emplacement d'un forage qui assurera une production soutenue à un coût minimal. Compte tenu de l'importance des évaluations approfondies, il convient d'élaborer des lignes directrices et des codes de pratique pour toutes les régions, et d'améliorer la diffusion des instruments et du matériel nécessaires à la conduite de ces études.

### **8. Établir des procédures d'exploitation et de maintenance**

### **viables pour le pompage des nappes d'eau souterraines.**

La pérennité est l'une des conditions particulières des ODM. Un dialogue clair et transparent avec les communautés s'impose, avant la construction de l'ouvrage, pour choisir la technologie adaptée en toute connaissance de cause. Plusieurs questions doivent être abordées avant et après la construction : l'adhésion profonde de la communauté au projet, la mise en place de comités dynamiques responsables de l'approvisionnement en eau et la participation des femmes à la gestion et à l'exploitation. Il est indispensable d'établir des modalités raisonnables de financement de l'exploitation et de la maintenance, et de veiller à la disponibilité des pièces de rechange.

### **9. Aider les entreprises privées en assouplissant les formalités d'importation, en favorisant**



Essai à l'air-lift visant à évaluer le rendement d'un puits

### **Encadré 4 – Besoins spécifiques en formation**

Les entretiens conduits au cours de l'étude avec des professionnels du secteur et des entrepreneurs de forage ont permis d'identifier les domaines spécifiques dans lesquels des formations sont nécessaires (secteurs public et privé) :

- exploitation, maintenance et réparation des appareils et équipements de forage ;
- instruction de base et avancée sur les techniques de forage destinée aux foreurs et sanctionnée par un diplôme ;
- modélisation et étude des nappes d'eau souterraines ;
- méthodes de terrain (collecte de données sur le terrain) ;
- SIG et télédétection ;
- gestion des ressources hydriques et techniques de construction des puits d'eau ;
- étude d'impact environnemental ;
- modélisation des flux polluants dans les nappes d'eau souterraines.

### **la fabrication locale de tubages et de crépines, en accordant des allègements fiscaux et en assurant un flux régulier et suffisant de travaux.**

Les difficultés liées à l'activité économique dans les pays où les forages d'eau sont le plus nécessaires augmentent les coûts. La taille réduite des marchés se traduit par des déséconomies d'échelle et une concurrence limitée.

Une aide aux entreprises privées s'impose, en termes d'importation et de fabrication locale. Il faut aussi leur garantir un flux de travail régulier. Pour réduire les coûts, il conviendrait d'élaborer des modalités de financement favorables, d'élargir les exonérations fiscales en vigueur et d'instaurer de nouvelles incitations fiscales pour les industriels et importateurs locaux. De nouveaux dispositifs favorisant l'achat rapide et efficace de pièces de rechange,

<sup>6</sup> Le « système de franco-valuta » désigne en Éthiopie l'achat et l'importation de marchandises en dehors de la procédure bancaire, ou sans lettre de crédit.

comme le système de franco-valuta<sup>6</sup> et l'Internet, doivent être mis en place. La pénurie substantielle de compétences donne aujourd'hui la possibilité d'assouplir les critères régissant l'octroi de licences et l'enregistrement des entreprises en termes d'effectifs et de qualifications. Des appels d'offres portant sur plusieurs forages dans une même zone garantiraient un flux de travail suffisant.

### **10. Améliorer les réseaux de communication, perfectionner les compétences en gestion des secteurs public et privé.**

Le montant élevé des coûts tient plus aux carences de la logistique qu'au potentiel de production des équipements. La mise en place des réseaux de communication n'est pas terminée ; leur amélioration contribuerait sensiblement à la baisse des coûts dans le secteur des forages d'eau. Une meilleure compréhension des coûts directs et indirects permettrait d'améliorer les compétences de gestion du secteur public. Les opérations de forage doivent être enregistrées, archivées et analysées.



Le secteur privé comme le secteur public doivent améliorer leur gestion du matériel, des ressources humaines et des ressources financières s'ils veulent obtenir une diminution sensible des coûts.

### Mais il est plus difficile de définir comment procéder...

Les dix mesures permettant de réduire les coûts de construction d'un puits d'eau semblent simples. La plupart portent soit sur des aspects techniques, soit sur la gestion des contrats, et paraissent aisément modifiables. Dans la réalité, la situation est quelque peu différente. Les problèmes évoqués au fil de cette énumération ont pour origine plusieurs inconvénients présents en Éthiopie, mais aussi dans l'ensemble de l'Afrique subsaharienne, à savoir :

- la résistance du secteur public à laquelle les professionnels se heurtent lorsqu'ils essaient de modifier les normes ou les pratiques de construction ;
- l'expertise limitée, et les ressources encore plus lacunaires de l'administration locale pour procéder à une évaluation critique des

appels d'offres et à une gestion, une inspection et une supervision contractuelles adéquates ;

- les difficultés liées à la conduite des affaires : obtenir des prêts à des conditions réalistes, importer des pièces détachées et des consommables, se livrer à une concurrence équitable dans un cadre opérationnel transparent, et se voir dans une certaine mesure garantir suffisamment de travail ;
- les informations incomplètes sur les nappes d'eau souterraines, qui introduisent des incertitudes dans les spécifications contractuelles ;
- des taux de défaillance post-construction inacceptables en raison des défauts inhérents à la prise en charge et à la gestion collectives, aux défaillances des chaînes d'approvisionnement en pièces de rechange, et à l'insuffisance de l'aide extérieure aux communautés ou aux autres exploitants de forages d'eau.

### Enseignements tirés

L'étude consacrée à l'Éthiopie montre que des changements majeurs s'imposent pour diminuer les coûts de construction. Les dix mesures doivent

toutes être abordées. Deux questions persistent : comment les hiérarchiser, et comment les mener à bien ?

### Établir des priorités

Une simple analyse quantitative suffirait pour réaliser certaines des mesures de réduction des coûts proposées. L'emploi d'un tableur évaluant systématiquement les coûts des forages permet de calculer facilement les économies liées à l'emploi de tubes en plastique plutôt qu'en acier ou celles dérivant du regroupement des contrats de forage.

D'autres facteurs sont moins aisément quantifiables. Par exemple, dans quelle mesure une meilleure supervision des travaux améliorera-t-elle la qualité de la construction, et en quoi cela influera-t-il sur le taux de défaillances post-construction ? Comment, et à quel prix, peut-on améliorer la supervision ? Ou encore dans quelle mesure une augmentation de l'investissement dans la cartographie et les bases de données géologiques permettrait-elle d'améliorer l'exécution des forages et, par conséquent, de réduire les coûts globaux ?

Des facteurs aisément quantifiables et des aspects plus qualitatifs influent manifestement sur la performance du secteur du

forage, qu'il convient de tous prendre en compte. Le rapport d'étude lui-même (Carter et al, 2006) fournit quelques indications quant aux possibilités qu'offrent les outils de modélisation décisionnelle dans de tels cas.

### Processus de transformation

Il va de soi qu'aucune autorité responsable ne peut à elle seule réformer le secteur du forage. Les transformations nécessaires couvrent les aspects techniques, les règles et procédures du secteur public, la gestion et la supervision des contrats, la gestion du savoir, l'expertise et les ressources du secteur public et l'investissement. Il faut donc que tous les intervenants participent à ce processus, auquel ils doivent tous adhérer et pour lequel ils doivent tous se mobiliser.

### Conséquences pour l'action des pouvoirs publics

L'étude portant sur l'Éthiopie ajoute à la somme grandissante d'informations montrant qu'il existe de sérieuses possibilités de diminuer les coûts de forage. Leur concrétisation en Afrique subsaharienne passe cependant par l'adoption de diverses mesures politiques et stratégiques :

- Le secteur privé national doit être viable. Il lui faut avoir accès aux formations techniques et commerciales, avoir un flux de travail régulier et suffisant et un environnement opérationnel réduisant au minimum les difficultés liées à la conduite des affaires. Pour cela, une combinaison judicieuse de mesures « non interventionnistes » permettant au secteur privé de prospérer s'impose, conjuguée à un appui vigoureux du secteur public en termes de formation, de charge de

travail, et de supervision efficace sur le terrain.

- Le secteur public doit être dynamique, compétent sur le plan technique, expérimenté et rigoureusement équitable dans l'évaluation des appels d'offres. Il doit en outre être compétent dans la gestion des contrats de forage, notamment en assurant une supervision décisionnelle, directement ou par l'intermédiaire de consultants. Le secteur public doit attribuer les contrats de forage de manière équitable, rapide et efficace pour assurer le bon fonctionnement du secteur privé.
- Il est indispensable d'assurer l'exploitation et la maintenance durables des forages d'eau. Même dans le cas où tous les forages étaient productifs dans un premier temps, si 30 % devenaient improductifs, pour quelque raison que ce soit, dans un court laps de temps après la construction, les coûts réels de construction augmenteraient de plus de 40 %.
- Il faut constituer des groupes et des associations multipartites, à l'échelon régional et national, pour régler les problèmes du secteur des forages car les modifications nécessaires appellent la participation et l'adhésion sans faille de toutes les parties prenantes. Ces groupes et associations doivent réunir pouvoirs publics, entreprises, bailleurs de fonds, fabricants et fournisseurs et ONG afin de bénéficier de la diversité de leurs expériences et de leurs points de vue.

En conclusion, les conséquences en terme politique soulignées ici portent

essentiellement sur deux points : la compétence et l'éthique.

La compétence résulte de formations au sens strict et d'un apprentissage par l'expérience. Elle doit être pluridisciplinaire et permettre aux hydrogéologues de bien appréhender les problèmes contractuels d'une part, aux gestionnaires de contrats et aux responsables publics de comprendre les difficultés et les risques inhérents aux forages d'eau d'autre part. La compétence se développant avec la pratique, la crainte naturelle de commettre des erreurs doit être surmontée.

L'éthique a trait aux comportements, aux motivations, à la compréhension mutuelle et au respect. Elle sous tend à la fois ce que l'on doit faire, mais aussi comment on doit le faire. L'éthique exige de la part des organismes publics et privés travaillant dans le secteur du forage du professionnalisme, de l'honnêteté, de l'équité, et le souci plus général d'atteindre les ODM et de lutter contre la pauvreté. Ces qualités peuvent dans une certaine mesure être enseignées, mais doivent fondamentalement être inculquées par l'exemple (venu du sommet) et par des incitations appropriées.

Compte tenu de l'ampleur colossale des besoins en approvisionnement en eau en Afrique et des coûts inévitablement élevés liés à la mise en valeur des nappes d'eau souterraines, il serait judicieux de consacrer une part substantielle des investissements sectoriels au développement des compétences techniques et administratives et de l'éthique requises pour garantir leur rentabilité. Agir autrement reviendrait à faire de fausses économies.

## Bibliographie

- Ball, Peter. 2004. *Solutions for Reducing Borehole Costs in Africa*. WSP Field Note. WSP/RWSN/SKAT
- Black, Maggie with Rupert Talbot. 2005. *Water – a Matter of Life and Health*. Oxford University Press/Unicef.
- Carter, Richard, Desta Horecha, Etsegenet Berhe, Eyob Belete, Eyob Defere, Yetnaynet Negussie, Belete Muluneh and Kerstin Danert. 2006. *Drilling for Water in Ethiopia: a Country Case Study by the Cost-Effective Boreholes Flagship of the Rural Water Supply Network*. Federal Democratic Republic of Ethiopia/WSP/RWSN.
- Getachew Hailemichael. 2004. *UNICEF Study on Groundwater and Requirements for Drilling and Other Systems Tapping Groundwater in Ethiopia*. Paper for International Groundwater Conference, Addis Ababa, 25-27 May 2004.
- Rowles, Ray. 1995. *Drilling for Water, a Practical Manual*. Avebury Press, Aldershot, UK
- Smith, Craig. 2003. *Rural Boreholes and Wells in Africa – Economics of Construction in Hard Rock Terrain*. American Water Works Association Journal, August 2003, Vol 95, No 8, pp100-111.
- Talbot, Rupert. 2004. *India's Water Well Revolution – Achievement and Challenge*. Paper for International Groundwater Conference, Addis Ababa, 25-27 May 2004.
- Wurzel, Peter. 2001. *Drilling Boreholes for Handpumps*. SKAT Working Papers on Water Supply and Sanitation, No 2, SKAT, St-Gallen (Suisse).
- WSP. 2004. *Ethiopia Water Supply Sector Resources Flows Assessment*, WSP July 2004.
- WWDSE. 2005. *Comparative Analysis of Water Well Drilling Costs and Technology in Ethiopia*, Water Works Design and Supervision Enterprise for Unicef, Addis Ababa.

## À propos de l'étude

L'étude a été commandée par le groupe de travail sur les forages à faible coût du Réseau pour l'approvisionnement en eau en milieu rural (RWSN) et le Programme eau et assainissement (WSP). Elle a reçu l'appui du ministère fédéral des Ressources en eau et des Bureaux régionaux des Ressources en eau éthiopiens, et a été réalisée en étroite collaboration avec l'UNICEF et Water Works Design and Construction Enterprise.

## À propos de l'auteur

Le professeur Richard Carter est un spécialiste des eaux souterraines et de l'approvisionnement en eau des communautés qui, depuis plus de trente ans, met son expertise au service du secteur privé et de l'Université. Ses activités de R-D et de formation au Royaume-Uni et en Afrique subsaharienne l'ont conduit à s'intéresser plus particulièrement aux forages d'eau à faible coût. Il est l'auteur de nombreuses publications et a travaillé dans le secteur de l'eau dans plus de 20 pays en développement pour le compte de divers organismes, consultants et ONG internationaux.



Le programme d'eau et d'assainissement est un partenariat international qui a pour objectif d'améliorer les politiques, les pratiques et les capacités dans le secteur de l'approvisionnement en eau et de l'assainissement afin de servir les populations défavorisées.



Le RWSN (Réseau pour l'approvisionnement en eau en milieu rural) est un réseau mondial de connaissances pour la promotion de pratiques raisonnées d'approvisionnement en eau dans les zones rurales.

### Octobre 2006

Water and Sanitation Program - Africa  
World Bank  
Hill Park Building  
Upper Hill Road  
PO Box 30577  
Nairobi  
Kenya

Téléphone : +254 20 322-6306  
Télécopie : +254 20 322-6386  
Courriel : [wspaf@worldbank.org](mailto:wspaf@worldbank.org)  
Site web : [www.wsp.org](http://www.wsp.org)

RWSN Secretariat  
SKAT Foundation, Vadianstrasse 42  
CH-9000 St. Gallen  
Suisse

Téléphone : +41 71 288 5454  
Télécopie : +41 71 288 5455  
Courriel : [rwsn@skat.ch](mailto:rwsn@skat.ch)  
Site web : [www.rwsn.ch](http://www.rwsn.ch)

Auteur : Richard Carter

Évaluateurs experts : Erich Baumann,  
Kerstin Danert, Belete Muluneh, Joseph Narkevic

Préparé sous la direction de Joseph Narkevic  
et Piers Cross (WSP-Africa)

Éditeur : Melanie Low  
Clichés : Richard Carter

Personnes à contacter :  
Richard Carter [[r.c.carter@cranfield.ac.uk](mailto:r.c.carter@cranfield.ac.uk)]  
Kerstin Danert [[kerstin@danert.com](mailto:kerstin@danert.com)]  
Erich Baumann [[erich.baumann@skat.ch](mailto:erich.baumann@skat.ch)]