

Code de bonnes pratiques pour la réalisation de forages



Résumé

La réalisation d'ouvrages pérennes d'exploitation d'eau souterraine est fondamentale pour l'accès universel à l'eau potable. Ce document, *Le Code de bonnes pratiques pour la réalisation de forages* présente un cadre pour l'accès à l'eau sur la base de critères économiques et de santé publique. Ces bonnes pratiques visent à optimiser le rapport qualité/prix de l'investissement à long terme. Les forages étant construits pour fonctionner sur une durée de vie de 20 à 50 ans, le plus bas prix ne représente pas toujours l'optimum économique, en particulier lorsque la qualité des ouvrages est sacrifiée afin d'économiser sur les investissements. La réalisation de forages très bon marché ou de mauvaise qualité peut engendrer des dysfonctionnements prématurés ou la contamination de la ressource en eau. Ceux-ci sont par la suite abandonnés par les usagers et n'ont pas à l'évidence un bon rapport coût-efficacité.

Le code de bonnes pratiques considère neuf principes qui ont un rapport direct avec tous les aspects pratiques de la construction des forages (voir ci-dessous). Ils doivent être respectés pour permettre la réalisation de forages avec le meilleur rapport coût / bénéfice. Chaque principe est divisé en sous-principes qui définissent les modalités à suivre et proposent un cadre de normes à appliquer.

Le code de bonnes pratiques propose donc un ensemble de recommandations pour analyser les forces et faiblesses des politiques et pratiques en place. Il est destiné à servir de base à l'élaboration de protocoles nationaux pour l'optimisation de la réalisation des forages. Il sert de base aux parties prenantes afin de juger si leur travail est conforme aux pratiques internationales et peut être utilisé pour la conditionalité de financements par les bailleurs de fonds.

Les neufs principes pour la réalisation de forages

1. La construction des forages et la supervision sont réalisées par des organisations professionnelles compétentes qui respectent les normes nationales et sont régulées par le secteur public.
2. Des pratiques d'implantation éprouvées sont mises en œuvre utilisant les moyens scientifiques et les compétences adaptées.
3. La méthode de construction choisie pour le forage est la plus économique en considérant sa conception et les techniques disponibles dans le pays. La technologie de forage doit correspondre à la conception des ouvrages.
4. Les procédures de passation des marchés garantissent que les contrats sont attribués à des consultants et des entrepreneurs de forage expérimentés et compétents.
5. Le forage est conçu dans l'optique du meilleur rapport qualité / prix, pour une durée de vie de 20 à 50 ans et en respectant des spécifications minimales répondant à l'utilisation souhaitée du forage.
6. Des mesures adéquates sont en place pour garantir la gestion appropriée du contrat, la supervision et le paiement ponctuel de l'entreprise de forage.
7. Les données de bonne qualité sur l'hydrogéologie et la réalisation de chaque forage sont collectées sous un format standard et sont soumises à l'autorité gouvernementale compétente.
8. Le stockage des données hydrogéologiques est entrepris par une institution du gouvernement central qui met à jour les archives, garantit l'accès gratuit à l'information et utilise ces données pour la préparation des spécifications.
9. Suivi - Des visites régulières aux usagers des nouveaux forages sont effectuées pour évaluer leur fonctionnement à moyen et long terme et les résultats sont publiés.

Table des matières

Résumé.....	2
Hypothèses.....	2
Chapitre 1 Introduction	3
Chapitre 2 Contexte d'intervention	4
Planification et coordination	4
Sélection des communautés	4
Exploitation et entretien.....	4
Ressources en eau souterraine et environnement.....	4
Chapitre 3 Principes	5
1. Entreprises professionnelles de forage et consultants ...	5
2. Implantation.....	6
3. Méthode de construction.....	7
4. Passation des marchés	8
5. Conception et construction.....	10
6. Gestion de contrat, surveillance et paiement	11
7. Données et informations.....	13
8. Base de données et tenue d'archives.....	14
9. Suivi	14
Glossaire	15
Annexe A Exemples de Devis Quantitatif et Estimatif (DQE)	16
Annexe B Modèle pour la catégorisation des risques et les modes de paiement.....	17
Annexe C Sélection de méthode de forage.....	18
Annexe D Exemples de conceptions de forage.....	19
Annexe E Format proposé pour le rapport d'achèvement de forage.....	23

Hypothèses

Un point d'eau en milieu rural dessert de 100 à 300 personnes à raison de 20 litres/personne/jour et pour une durée de pompage de dix heures par jour, soit un débit moyen de pompage de 0,1 à 0,3 litre/seconde ou 360 litres/heure. Un point d'eau pour une petite ville dessert 2 000 à 10 000 personnes à raison de 40 litres/ personne/jour avec une durée de pompage de dix heures par jour, soit un débit de 2 à 10 litres par seconde ou 7 200 à 36 000 litres/heure.

Chapitre 1 Introduction

On estime que 884 millions de personnes n'ont pas accès à une infrastructure améliorée d'eau potable et que 84% de cette population habite en milieu rural (OMS/UNICEF 2010). Bien que le monde soit sur la bonne voie vers l'atteinte des objectifs du millénaire qui vise à *réduire de moitié d'ici 2015 la proportion de la population qui n'a pas accès à un point d'eau protégé*, il est très peu probable que cet objectif soit atteint en milieu rural en Afrique subsaharienne. Il convient aussi de noter qu'en travaillant à la réalisation de l'objectif ci-dessus, la tendance a été de miser davantage sur le financement public pour la construction des ouvrages d'approvisionnement en eau au dépens du renforcement des institutions, du développement des ressources humaines et des systèmes de suivi ou de la prise en compte de la viabilité à long terme des installations (RWSN 2010).

Les infrastructures d'eau améliorées (particulièrement les forages et des puits creusés manuellement) fournissent un accès à l'eau potable aux habitants en milieu rural à une distance acceptable de leurs domiciles. Pour atteindre l'objectif des OMD, on estime qu'il faut réaliser environ 60 000 forages par an en Afrique subsaharienne. Les eaux souterraines sont presque omniprésentes et peuvent être exploitées à un coût relativement faible et progressivement pour satisfaire la demande. L'exploitation de ces eaux nécessite moins de capitaux que celle des eaux de surface. Elles sont le plus souvent naturellement d'excellente qualité permettant ainsi leur utilisation sans traitement. L'eau souterraine bénéficie souvent d'une couche de sédiments ou roches qui la protège des menaces de pollution dues aux activités humaines. Cependant la dégradation de la qualité des installations et le coût élevé des ouvrages hydrauliques (puits et forages) deviennent des sujets de préoccupation. Etant donné les énormes besoins en ouvrages améliorés d'approvisionnement en eau et les faibles investissements, il est urgent de bien comprendre la portée de ces inquiétudes, de capitaliser les acquis et de corriger les défauts.

Dans certains pays en développement les situations d'urgence dominant, d'autres sont en transition ou en reconstruction et certains sont en train de mettre en œuvre des interventions de développement à long terme. Dans plusieurs pays le rôle du gouvernement est en train d'évoluer, passant de celui de fournisseur de service à un rôle d'élaboration des politiques, de planification, de mobilisation de ressources, de régulation et de facilitateur. Le secteur privé et les ONG fournissent les services y compris la réalisation de forages. Les capacités du secteur public, de même que la maturité et le professionnalisme du secteur privé sont variables. Néanmoins les normes et procédures nationales concernant les travaux de forages sont souvent manquantes faute d'un cadre juridique et en raison de la faiblesse des institutions gouvernementales. Par ailleurs, si les normes et les procédures ont été définies, l'adhésion à ces normes et leur application n'est pas toujours optimale.

Ce document élabore le code de bonnes pratiques pour la réalisation de forages en se basant sur les recommandations au niveau international. Ces bonnes pratiques visent à optimiser le rapport qualité/prix de l'investissement à long terme. Les forages sont construits pour fonctionner sur une durée de vie de 20 à 50 ans. De ce fait le forage le moins cher n'a pas toujours le meilleur rapport qualité/prix, surtout si la qualité de la construction est réduite pour réaliser des économies d'investissement. Des travaux de forage à bas prix ou de mauvaise qualité peuvent conduire à une défaillance prématurée des forages ou à la contamination de l'eau. Ces forages finissent par être abandonnés par les usagers et ne présentent pas à l'évidence un bon rapport qualité/prix.

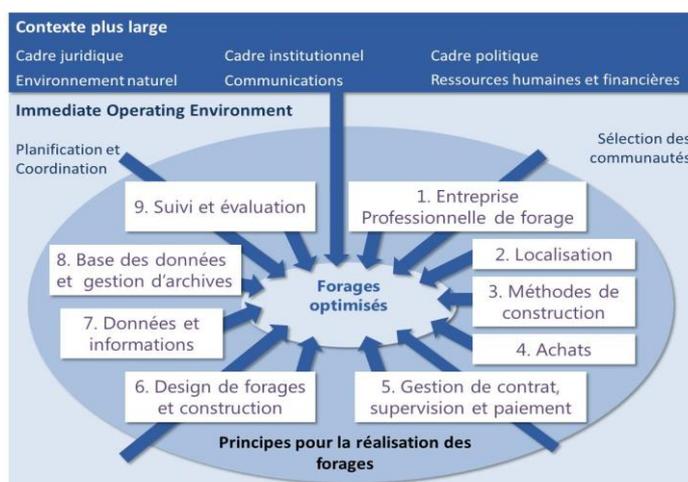
Pour que les forages soient d'un bon rapport qualité/prix, ils doivent être bien conçus, bien situés et forés par des méthodes et équipements adaptés. Lorsque l'on a recours au secteur privé, des procédures profes-

sionnelles doivent être observées pour la contractualisation et la gestion des contrats. Les foreurs et les personnes en charge de la supervision doivent garantir une qualité de construction adéquate.

Le code de bonnes pratiques s'articule autour de neuf principes fondamentaux qui ont un rapport direct avec les aspects techniques de la réalisation des forages (Figure 1). Ces principes doivent être respectés pour la réalisation des forages au meilleur rapport qualité / prix. Chaque principe est divisé en sous principes qui recommandent les modalités à suivre et proposent un cadre de normes à appliquer.

Le code de bonnes pratiques prend en compte le contexte dans lequel les programmes de réalisation de forages sont mis en place. En particulier quatre aspects de l'environnement opérationnel immédiat (1) la planification et la coordination, (2) la sélection des communautés, (3) l'exploitation et l'entretien et (4) la protection de l'environnement et des ressources en eau sont brièvement exposés (cf. Figure 1). Ces aspects sont essentiels pour le fonctionnement à long terme des nouvelles installations. Le contexte plus vaste des cadres juridiques, institutionnels, politiques, de l'environnement naturel, des communications et de l'humain en général, de même que les ressources financières, sont également importants mais dépassent le cadre du code de bonnes pratiques. Par conséquent le contexte plus élargi n'est abordé qu'en relation aux neuf principes.

Figure 1. La portée et l'orientation du code de bonnes pratiques



Le code de bonnes pratiques peut être utilisé comme suit:

- Premièrement, il offre un cadre systématique pour les gouvernements nationaux et leurs partenaires au développement pour analyser les forces et faiblesses des politiques et pratiques en place. Cette analyse sert de base de dialogue et pour la définition d'actions concertées pour les parties prenantes dans le but d'améliorer la situation. Elle peut conduire à la décision d'élaborer des normes spécifiques ou lignes directrices et même de planifier des activités de renforcement des capacités.
- Deuxièmement, le code de bonnes pratiques est destiné à être utilisé comme base pour l'élaboration de protocoles¹ nationaux pour la réalisation de forages. Ces protocoles pourraient englober des procédures bien reconnues et être respectés par tous les acteurs dans le secteur pendant la planification et la mise en œuvre de programmes d'approvisionnement en eau potable y compris la construction des forages. Les protocoles nationaux seront différents les uns des autres et doivent être flexibles et suffisamment ouverts pour prendre en compte les particularités locales ou régionales. Ils ne doivent pas non plus être trop rigides et empêcher l'innovation.

¹ Dans certains pays, le protocole est appelé stratégie ou code de conduite.

- Troisièmement le code de bonnes pratiques permet aux organisations internationales, entreprises privées et ONG de vérifier si leur travail est conforme aux meilleures pratiques internationales.
- Enfin il peut être utilisé par les bailleurs de fonds pour réfléchir sur leur stratégie de financement et permettre l'identification des actions prioritaires pour le financement, le partage des connaissances et l'aide technique.

Le chapitre 2 de ce document examine en profondeur le contexte d'intervention des programmes de réalisation de forages. Les neuf principes pour la réalisation de forages sont élaborés dans le chapitre 3. Les annexes fournissent des documents d'informations pertinents ainsi que des références.



Chapitre 2 Contexte d'intervention

Ce chapitre aborde brièvement les quatre questions de la planification et de la coordination, de la sélection des communautés, de l'exploitation et de l'entretien, et des ressources en eau souterraine. Ces questions sont primordiales et doivent être prises en compte pendant la conception du projet ou programme parce qu'elles sont une garantie de la viabilité à long terme des nouvelles installations. Ainsi elles déterminent directement la rentabilité de la construction des forages. Malheureusement ces points sont souvent négligés par les agences mettant en œuvre les programmes de réalisation de forage.

Planification et coordination

Idéalement la planification et la coordination de l'amélioration des infrastructures d'approvisionnement en eau doivent être entreprises au niveau le plus bas du gouvernement. Tous les bailleurs de fonds, ONG et autres organes du gouvernement doivent informer le gouvernement local et également le consulter depuis la planification des investissements jusqu'au développement de l'infrastructure.

Le gouvernement local doit élaborer un plan de travail qui intègre la composante sociale (c.-à-d. la sensibilisation, la mobilisation et la formation de la communauté) ainsi que la localisation des points d'eau et les travaux de construction. Les entrepreneurs potentiels doivent être informés du plan de travail. Les services locaux de l'eau, de l'éducation et de la santé doivent aussi être impliqués dans la planification, les appels d'offres et les contrats pour la construction des points d'eau. Des plans de développement pluriannuels au niveau des gouvernements locaux peuvent servir de base à la mise en œuvre de contrats pluriannuels.

Sélection des communautés

Le processus de sélection des communautés pour l'amélioration de l'approvisionnement en eau doit être bien défini et transparent.

Dans les pays où il y a une certaine forme de décentralisation, ce processus doit être géré par les collectivités locales avec un renfort externe. Les règles nationales pour l'établissement des priorités et la sélection des communautés (p.ex. selon la demande; axé pour les pauvres; focus sur un accès équitable à l'eau potable) doivent être respectées par tous les partenaires impliqués dans l'approvisionnement en eau en milieu rural.

Exploitation et entretien

Les conditions d'exploitation et d'entretien pour toute la durée de vie des installations doivent être prises en compte pendant la planification. Au minimum, il doit exister une stratégie nationale sur l'exploitation et l'entretien, ou un cadre qui garantit que:

- les usagers de l'eau, les personnes responsables des points d'eau, les mécaniciens, les fournisseurs et les gouvernements locaux disposent d'équipements adaptés, d'un savoir-faire et connaissent leurs rôles et responsabilités vis-à-vis des tiers;
- un processus clair de contribution par les communautés ou de paiement intégral pour la construction est respecté par toutes les parties prenantes travaillant dans une région/district/pays spécifiée;
- la collecte des cotisations pour l'entretien est respectée par toutes les parties prenantes dans une région/district/pays spécifiée. Les modalités de modification des tarifs et de mobilisation de fonds pour les réparations majeures ou extension du système doivent être clairement identifiées;
- il existe une filière fiable et compétitive d'approvisionnement pour les pièces de rechanges, les équipements et les services d'entretien des points d'eau. En outre il est important qu'un mécanisme de contrôle-qualité pour les pompes et les pièces de rechanges soit mis en place et respecté. Cela comprend l'inspection et l'essai avant expédition, la certification et l'inspection à destination;
- un système de soutien post-construction pour les usagers, solide et avec un financement adapté, est mis en place. Le soutien demandé sera différent selon que les installations sont gérées par la communauté ou de manière commerciale par une entreprise privée, un individu ou un service public;
- dans les cas où la conception initiale est inadaptée à la situation de la communauté, des modifications pourront être envisagées. Si les usagers ne remplissent pas leurs obligations vis à vis de l'exploitation et de l'entretien, une nouvelle formation et l'amélioration du système de gestion doivent être envisagées plutôt qu'une nouvelle construction.

Ressources en eau souterraine et environnement

- Des mesures doivent être prises pour gérer et suivre les ressources en eau souterraine et l'environnement afin de protéger les ressources vulnérables de la surexploitation. Les règles de protection de l'environnement mises en place par les autorités nationales de l'environnement doivent être respectées.
- La qualité de l'eau doit être analysée à des périodes précises de l'année afin de détecter à temps toute contamination bactériologique et/ou chimique par rapport aux normes nationales (p.ex. arsenic, nitrate, fluorure, fer, manganèse). Les niveaux de l'eau souterraine et le respect des mesures de protection de l'eau souterraine doivent être surveillés. Les usagers doivent être informés des risques liés à la consommation d'eau issue de sources contaminées. Une surveillance particulière des ressources vulnérables en eau souterraine doit être entreprise.
- A noter que même si les situations d'urgences peuvent nécessiter des solutions d'urgence, la transition vers une situation de développement doit être également envisagée.



Chapitre 3 Principes

Chacune des neuf sections suivantes comprend un principe général (**en caractères gras**), suivi par des sous-principes et des textes explicatifs complémentaires. Les protocoles nationaux peuvent suivre cette forme générale, adaptant les principes de manière appropriée, éventuellement en ajoutant ou en retirant des principes spécifiques si nécessaire.

1. Entreprises professionnelles de forage et consultants

Principe 1: La construction des forages et la supervision sont réalisées par des organisations professionnelles compétentes qui respectent les normes nationales et sont régulées par le secteur public.

Sous-principes:

- La construction des puits forés et l'installation de pompes doivent normalement être entreprises par les sociétés privées locales (ou ONG) plutôt que par le gouvernement ou des bailleurs de fonds.
- Les forages subventionnés par les entreprises publiques ou étatiques et par les ONG doivent être évités. Si des travaux de forages importants sont entrepris directement par le secteur public ou bien que les capacités de forage du secteur privé sont faibles, les parties prenantes doivent élaborer une stratégie pour impliquer le secteur privé local dans un délai déterminé.
- De même, la localisation, la conception des forages, ainsi que la supervision des travaux doivent en principe être entreprises par des bureaux d'étude privés locaux. Les services de conseil subventionnés par les entreprises publiques/étatiques et ONG doivent être évités. Si des travaux importants sont entrepris directement par le secteur public ou si les capacités des consultants dans le secteur privé sont limitées, les parties prenantes devront élaborer une stratégie pour améliorer l'implication du secteur privé.
- Les entreprises de forages et les consultants doivent être enregistrés et se voir délivrer un certificat ou permis; elles peuvent être reconnues par un organe, institution, un conseil national ou international. Elles doivent être inscrites comme sociétés par les autorités compétentes y compris pour le recouvrement de taxes. Le permis doit être renouvelé annuellement (ou tous les 2 à 3 ans) pourvu que les conditions d'enregistrement soient remplies; cela comprend la soumission des rapports d'achèvement des forages comme spécifié et éventuellement l'accomplissement de formations supplémentaires. Les consultants doivent aussi faire preuve de leur expérience et compétences.

Le secteur public a tendance à assumer les travaux de construction de forages dans de nombreux pays. Néanmoins l'option recommandée est de laisser les travaux au secteur privé local (ou ONG) et la responsabilité de la planification, la mobilisation des ressources, la formulation de politiques et la régulation au gouvernement. Les gouvernements, les bailleurs de fonds et également les ONG sont donc encouragés à fournir le soutien nécessaire pour développer le secteur privé local au lieu d'acheter les équipements de forage pour l'Etat.

Si le secteur privé local est particulièrement faible, la constitution d'actifs et le développement des capacités peuvent nécessiter une décennie ou plus. Les besoins en investissements pour les grands équipements de forage se chiffrent en centaines de milliers de dollars et la formation de foreurs compétents nécessite plusieurs années. L'emploi de mécanismes où une entreprise loue les équipements avec un droit de préemption pour les acheter au bout d'une à trois années est une des manières de constituer une base d'actifs. De tels mécanismes doivent être considérés parce qu'ils permettent le recouvrement progressif du coût initial de l'équipement de forage à travers des paiements contractuels. Cependant ils requièrent la mise en place de processus honnêtes, ouverts et transparents.

Dans les cas où les agences de coopération ont déjà distribué des équipements de forage, il faut s'assurer qu'il existe un support en termes de pièces de rechange, d'outils, d'appui à la gestion et de formations pour une période de dix ans (durée de vie estimée des ateliers de forage) après la mise en service de l'atelier de forage. Si les agences d'aide ont déjà fourni des ateliers de forage au gouvernement, un système de gestion d'information sur ces ateliers (encadré 1) doit être mis en place et des comptes doivent être rendus sur son fonctionnement. Les entreprises privées doivent être encouragées à se servir d'un tel système de gestion d'informations pour enregistrer les informations clé.

Encadré 1. Grandes lignes d'un système de gestion d'informations sur les ateliers de forage.

Un système de gestion d'informations sur les ateliers de forage permet l'enregistrement et l'analyse des informations sur l'utilisation, l'entretien et la réparation des équipements de forage. Il peut être sous format papier ou digital. Ce système permet aux gérants des programmes de forage de surveiller la productivité des équipements, suivre l'utilisation des équipements et réduire les mauvaises utilisations ou les abus en enregistrant les informations suivantes:

- Equipements des ateliers de forage: compresseurs et véhicules d'accompagnement (tout équipement a un numéro d'identification unique accompagné d'une description).
- Liste des interventions par région/état, gouvernement local et village/communauté des opérations (avec un code d'identification)
- Détails de chaque forage (c.-à-d. localisation avec coordonnées géographiques p.ex. tirées d'un GPS, numéro d'identification du forage, dates de début et d'achèvement des travaux, profondeur forée, durée de forage et temps libre sur le site). A noter que cela ne remplace pas la base des données nationale sur les eaux souterraines.
- Distance parcourue (mobilisation initiale mais aussi celle entre les sites individuels) et temps d'arrêt (à cause d'inactivité, d'entretien et de réparation).

Ce système doit permettre d'extraire des informations sur les activités de forage pour des équipements particuliers, une autorité locale, une communauté ou une période de temps donnée ainsi que pour les activités d'entretien et de réparations des équipements. Un tel système pourra être utile à la réalisation d'un plan d'entretien des équipements.



2. Implantation

Principe 2: Des pratiques d'implantation éprouvées sont mises en œuvre utilisant les moyens scientifiques et les compétences adaptées.

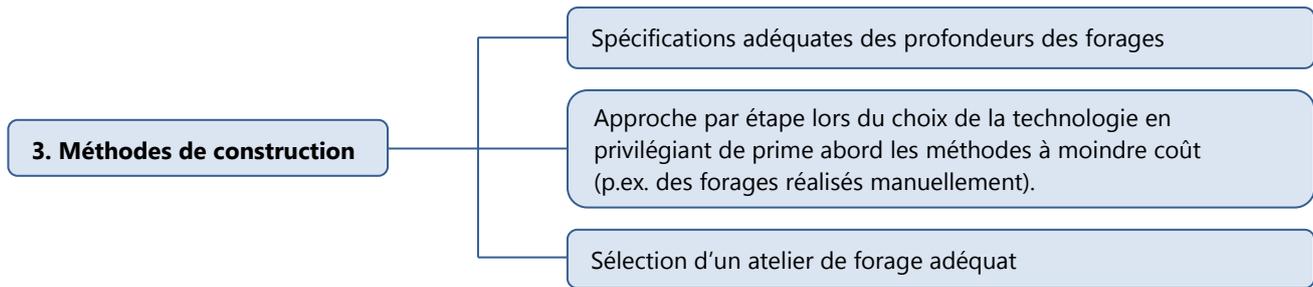
Sous-principes:

- L'implantation de forages doit être entreprise par un personnel compétent.
- Avant de rédiger un contrat de construction d'un forage, une étude hydrogéologique préliminaire doit être effectuée et une méthode de localisation des points d'eau adoptée, selon l'avis d'un expert.
- Les risques d'échec dans la réalisation de forages doivent être catégorisés. Dans des régions où il est prouvé que le taux de réussite des forages est élevé (disons plus de 70%) et où la géologie est bien connue, il est possible de se passer des techniques de prospection géophysique pour l'implantation des forages.
- Les prospections géophysiques ne doivent être entreprises que là où les coûts de sondage négatif justifient cette dépense.
- Lors de la sélection du site on doit prendre en compte les préférences de la communauté concernant la facilité d'utilisation.

Pour choisir le meilleur site pour un forage, il faut prendre en compte les questions techniques, environnementales, sociales, financières et institutionnelles. Le processus d'implantation doit dépendre des caractéristiques en eau souterraine qui prévalent dans la zone considérée et conduire à un type de forage adapté aux conditions locales. L'implantation par un professionnel comprend les études préliminaires et la reconnaissance de terrain sans oublier l'utilisation des données existantes. Pour choisir le meilleur site pour un forage, dix facteurs sont importants:

- **Débit suffisant pour l'usage prévu:** L'aquifère doit fournir un débit suffisant pour un point d'eau en milieu rural équipé d'une pompe à motricité humaine (0,1-0,3L/s), ou pour un village moyen (2-10L/s), ou pour des besoins plus importants comme les besoins de l'irrigation³. Ces informations sont souvent disponibles dans des documents existants ou pourraient être tirées des pompages d'essai (voir les formulaires en annexe E).
- **Suffisamment de ressources en eau renouvelable pour l'usage souhaité.** Même si un forage peut fournir un débit important à court ou moyen terme, si l'eau souterraine n'est pas régulièrement renouvelée par l'infiltration des eaux de pluie ou du flux d'une rivière, ce débit ne sera pas maintenu à long terme. Il est donc important d'évaluer la recharge de la nappe et les fluctuations dans le temps. Cette estimation pourrait être fondée sur le bilan hydrologique de la zone considérée grâce à l'utilisation d'un modèle hydrogéologique.

- **Qualité de l'eau appropriée pour l'usage souhaité.** Les différents usages de l'eau imposent différents standards de qualité d'eau. L'eau destinée à l'usage domestique ne doit contenir aucun agent pathogène (véhiculés par les excréments humains) ni d'éléments chimiques toxiques en très faible concentration, tel l'arsenic ou le fluor. Si l'eau souterraine est utilisée à des fins d'irrigation, sa salinité doit être contrôlée. Par conséquent, l'implantation des forages doit tenir compte des connaissances attestant de l'existence de ces substances non désirables. L'eau du forage doit être analysée et les résultats comparés aux normes nationales. Là où celles-ci n'existent pas, on se référera aux normes de l'OMS (OMS 2008).
- **Eviter les sources potentielles de contamination.** Il est essentiel d'éviter les sources de contamination des points d'eau comme les latrines, les fosses septiques, les enclos à bétail et les décharges d'ordures. Il peut exister des normes nationales en matière de distance minimale à respecter autour d'un point d'eau ou des zones de protection de l'eau souterraine. Si ces normes n'existent pas, il faut les élaborer.
- **Implication de la communauté.** Obtenir l'accord de la communauté sur le choix du site du forage est primordial et demande quelques négociations pour expliquer les contraintes techniques tout en prenant en compte les préférences de la communauté. La pleine considération des besoins des femmes, qui sont chargées de la collecte d'eau, est essentielle. Les questions liées aux droits fonciers doivent aussi être prises en considération.
- **Proximité du point d'eau.** Tout en tenant compte des contraintes géologiques, des ressources en eau souterraine et de la qualité de cette dernière, les points d'eau doivent idéalement être implantés le plus proche possible des lieux d'utilisation. Les distances à parcourir à pied pour collecter l'eau en milieu rural (p.ex. forages équipés de pompe à motricité humaine), les coûts d'énergie pour les pompes électriques ou à combustible et pour le réseau d'alimentation doivent ainsi être minimisés. Des inventaires de sites doivent être entrepris pour réaliser une cartographie. Des entretiens avec les chefs de ménages sont importants pour établir les préférences de la communauté pour l'implantation du point d'eau. En général il sera demandé aux communautés d'identifier trois zones par ordre de priorité pour l'implantation du point d'eau.
- **Accès pour les équipes de construction et d'entretien.** Dans le cas de forages réalisés à l'aide d'engins lourds, l'accès des sites par les ateliers de forage, les compresseurs et les véhicules d'accompagnement est crucial. Même quand on utilise des équipements moins lourds, l'accès par les véhicules pour la construction et l'entretien est toujours important. La sélection du site doit prendre en compte tous ces facteurs.
- **Eviter les interférences avec d'autres sources d'eau souterraine et avec leurs usages.** Dans des endroits avec d'autres projets d'exploitation d'eau souterraine, la construc-



tion d'un nouveau forage peut engendrer un rabattement² plus important des sources d'eau existantes. Ceci peut en conséquence conduire à une augmentation des coûts de pompage (énergie) pour les deux forages, une réduction de rendement, un changement de la qualité de l'eau souterraine et à des conflits potentiels parmi les usagers. Au début du processus de localisation, les interférences² possibles ainsi que les risques d'abaissement de nappe² doivent être décrits et discutés. Cela signifie que le rayon d'influence des forages existants doit être établi et les nouveaux forages implantés hors de cette zone. Dans des zones à fort risque de forage négatif, d'éventuels sites de remplacement pourront être explorés.

- **Eviter les interférences avec les exutoires naturels d'aquifères.** De la même manière, la réalisation d'un forage très près d'une source naturelle, d'un cours d'eau ou d'une zone humide peut engendrer un rabattement de la nappe, voire un assèchement de celle-ci. Cela perturbera les écosystèmes et mettra à mal les usagers qui dépendent de ces ressources en eau. L'intrusion de l'eau salée due à une exploitation trop importante de l'eau souterraine proche des zones littorales peut aussi mener à une dégradation irréversible de la qualité de l'eau.
- **Risques.** Pendant le processus de localisation, les risques d'échec doivent être évalués et catégorisés (élevé, moyen et faible, cf. annexe C). Dans le cas de forages équipés d'une pompe à motricité humaine dans des zones dont l'hydrogéologie est connue, les techniques géophysiques (p.ex. la résistivité et la conductivité) sont rarement demandées pourvu qu'une étude préliminaire ait été réalisée sur l'hydrogéologie générale de la région. Forer des sondages d'essai de petit diamètre (p.ex. avec une petite tarière manuelle) peut aussi servir de méthode de localisation adéquate pour les forages peu profonds. Toutefois ce trou doit être bouché de manière adéquate après l'essai pour éviter la contamination de l'aquifère.
- Si les compétences pour la localisation des forages font défaut dans le pays, il faudra déployer des efforts pour renforcer les capacités à long terme dans ce domaine.

3. Méthode de construction

Principe 3: La méthode de construction choisie pour le forage est la plus économique en considérant sa conception et les techniques disponibles dans le pays. La technologie de forage doit correspondre à la conception des ouvrages.

Sous-principes:

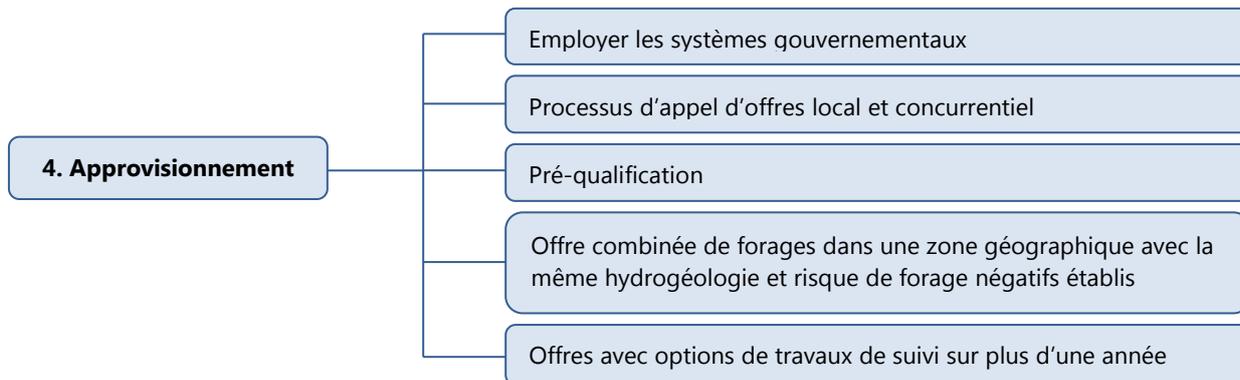
- Les profondeurs des forages doivent être ni trop vagues ni trop précises.
- Une approche par étape pour la sélection de la technologie doit être suivie. La priorité doit être donnée aux méthodes à moindre coût y compris les puits protégés creusés à la main et le forage manuel, si elles sont faisables. Le forage mécanisé viendra en seconde position.
- Par conséquent le recours à des petits ateliers de forage pouvant atteindre le diamètre spécifié et la profondeur du forage et également les zones reculées doit être considéré.
- Finalement le recours à des ateliers de forage plus importants pourra être envisagé.

Il est important de bien définir les prescriptions techniques des forages. Les parties prenantes doivent éviter les excès de sécurité sur les profondeurs et les diamètres car cela engendre la mobilisation de nombreux engins et équipements et augmente ainsi les coûts. Toutefois la sous-spécification peut aussi être problématique. Elle peut mener à la défaillance du forage ou au besoin de mobiliser d'autres types de machines de forage. Les expériences dans le passé doivent être utilisées pour la conception du forage en comparant les spécifications de contrats précédents avec les profondeurs actuellement forées.

Les documents de contrat et d'appel d'offres doivent permettre aux équipements de forage les moins chers mais adaptés, à être concurrentiels avec des appareils de forage plus perfectionnés et plus chers. Les appels d'offres doivent préciser le produit final (c.à.d. le forage) et ainsi éviter de sur-spécifier les équipements de forage. Des petits appareils mécanisés de forage abordables, effectuant des forages à des coûts réduits par rapport aux gros appareils, peuvent le plus souvent être transportés à l'arrière d'un pick-up 4 roues motrices ou par une remorque à un essieu et peuvent atteindre les zones les plus reculées, surtout là où les routes sont en mauvais état. Si les parties prenantes ne connaissent pas ces technologies simplifiées de forages mécanisés, des efforts devront être déployés pour les sensibiliser sur cette option.

Il convient cependant de noter que le forage avec un petit appareil de forage peut être plus lent, et donc demander plus de temps de supervision. Ceci doit être pris en compte lors de la planification de la gestion du contrat et pour les besoins de supervision.

² Voir le glossaire



Les puits creusés à la main et les forages effectués manuellement constituent une option dans certains environnements (sols mous et eau souterraine peu profonde). Dans des endroits où ces techniques peuvent fournir des points d'eau en nombre important, elles devront être pleinement considérées. Toutefois, la verticalité du forage doit être suffisante pour permettre l'installation et le fonctionnement de la pompe spécifiée et les puits doivent être assez profonds pour fournir de l'eau pendant des saisons sèches les plus sévères et des années de sécheresse successives. Donc l'emploi de ces méthodes nécessite un niveau adapté de supervision et de contrôle qualité.

La dissémination d'information, les visites d'échange, les projets pilotes, le soutien au secteur privé local et les études nationales peuvent être nécessaires dans des régions où les puits creusés à la main ou les techniques de forage manuel ne sont pas connues ou couramment utilisées.

Les méthodes conventionnelles mécanisées de construction de forages pour des projets d'approvisionnement en eau potable en milieu rural et périurbain sont: le forage rotary avec circulation de boue, le forage à câble et à percussion, le forage au Marteau Fond de Trou (MFT) et à percussion. Une combinaison de ces méthodes de forage est possible en fonction de la géologie (par exemple le forage rotary par circulation de boue à travers les roches dures et ensuite le forage à percussion). Le choix des équipements les plus adaptés dépend de la profondeur du forage et de la capacité de la foreuse (capacité de levage des outils de forage et des tubages provisoires). L'Annexe C propose des lignes directrices guidant le choix des méthodes de forage.

Pour améliorer la disponibilité en pièces de rechange pour les équipements de forage dans des pays peu industrialisés, le secteur privé doit être encouragé à standardiser partiellement leurs équipements. Il peut être plus facile d'en discuter avec une association de foreurs (si elle existe). Toutefois la décision finale doit être prise par les entrepreneurs privés et le risque de créer un monopole pour les besoins des fournisseurs doit être considéré.



4. Passation des marchés

Principe 4: Les procédures de passation des marchés garantissent que les contrats sont attribués à des consultants et des entrepreneurs de forage expérimentés et compétents.

Sous-principes:

- Les procédures de passation des marchés doivent suivre les systèmes gouvernementaux et non ceux des bailleurs ou organisations de soutien. Si les systèmes gouvernementaux sont particulièrement lents ou faibles, une combinaison d'approches pourrait être adoptée afin d'améliorer les systèmes nationaux et en même temps avoir des résultats sur le terrain. Dans certains cas, la passation des marchés sera avantageusement réalisée par l'utilisateur final du forage (p.ex. la communauté ou l'institution).
- Le recrutement des consultants et sociétés de construction de forage, doit passer par un processus concurrentiel d'attribution des contrats, comprenant une phase de pré-qualification. Les estimations des ingénieurs et les offres récentes pour des travaux ou services similaires doivent être utilisées à titre de comparaison par rapport aux prix proposés. Ceci évitera l'attribution de contrats aux soumissionnaires à des prix significativement en deçà de l'estimation des coûts réels.
- Le contrat doit être effectué pour un lot de plusieurs forages dans une zone géographique relativement proche avec des profondeurs voisines et la même hydrogéologie. Les lots peuvent être constitués pour un nombre assez important de forages selon le besoin de donner des opportunités aux plus petites entreprises de forage afin de renforcer les capacités dans le pays.
- Pour ces contrats permettent de renforcer les capacités nationales et permettre aux plus petites entreprises de concourir avec les plus grandes entreprises, des mécanismes d'attribution de contrats comprenant des options de travaux de suivi doivent être envisagés. Alternativement un contrat qui dure un certain nombre d'années (et qui fasse l'objet d'un suivi clair de ses performances) peut aussi être envisagé.

Si les procédures d'appel d'offres et d'attribution des contrats dans le pays (c.-à-d. le système d'attribution des marchés publics en place) sont faibles, elles doivent être renforcées et appliquées. Pour s'assurer de l'attribution de contrats aux consultants et entrepreneurs de forages expérimentés et compétents, un processus de pré-qualification d'appel d'offres et d'attribution de marchés est recommandé:

- Les besoins en ressources humaines et matériels doivent être clairement définis. Ceux-ci doivent être adaptés à la conception du forage, aux méthodes de construction et à la taille du contrat.

- Un processus rigoureux et transparent de pré-qualification doit considérer le profil de l'entreprise, les caractéristiques des équipements, les compétences du personnel, le chiffre d'affaires, l'expérience et les performances passées et le respect des règles nationales relatives aux permis de forage, à la certification et à l'adhésion aux associations professionnelles nationales. La pré-qualification qui pourrait être faite chaque année ou tous les trois ans doit intégrer des visites aux locaux des entreprises, et si possible sur les chantiers pendant et après une installation récente de forage. La liste des entreprises pré-qualifiées doit être publiée.
- Le processus d'appel d'offres et d'attribution de marché comprenant la présentation de l'organisation du chantier et des procédures de l'entreprise ne doit être ouvert qu'aux seules entreprises pré-qualifiées.
- Les documents d'appel d'offres, devis et plans doivent résulter du processus de localisation et de conception du forage et doivent être approuvés par le gouvernement local et les autres parties prenantes avant le lancement de l'appel d'offres.
- Les résultats attendus (emplacements, profondeurs, conditions de forage) doivent être clairement définis dans les documents d'appel d'offres. Si ceci n'est pas possible, un accord ouvert, négocié et basé sur les prix unitaires, comme cela est décrit dans l'exemplaire de devis quantitatif (Annexe A), doit être envisagé.
- Une réunion préparatoire à l'appel d'offres doit être tenue permettant à un hydrogéologue qui maîtrise les conditions de forage dans la région de décrire l'étendue des travaux ainsi que les types de risques (voir plus de détails dans le principe 4 sur l'implantation du site).
- Un processus clair et transparent d'attribution des contrats inclut des critères d'évaluation clairement définis, un calendrier, des dates clés, le dépouillement public des offres, une évaluation permettant des clarifications et discussions avec les soumissionnaires, la publication des résultats et de l'attribution, et enfin la définition des modalités de contestation des résultats.

L'élaboration de contrat en lots de forages regroupés dans un espace géographique donné a pour objectif de réduire les coûts de mobilisation et de faciliter la supervision des travaux. Il est conseillé de présenter les forages par lots, en prenant en compte le nombre total de forages par programme et le risque de décourager les petits entrepreneurs locaux si un lot comporte un nombre trop élevé de forages.

Le fait de grouper par lot peut s'avérer difficile dans des pays avec un système très décentralisé. Toutefois des solutions innovantes peuvent être envisagées comme par exemple le report des allocations budgétaires d'une année sur l'autre ou la planification des forages tous les deux à quatre ans afin d'en augmenter le nombre. Le regroupement des forages de même contexte hydrogéologique

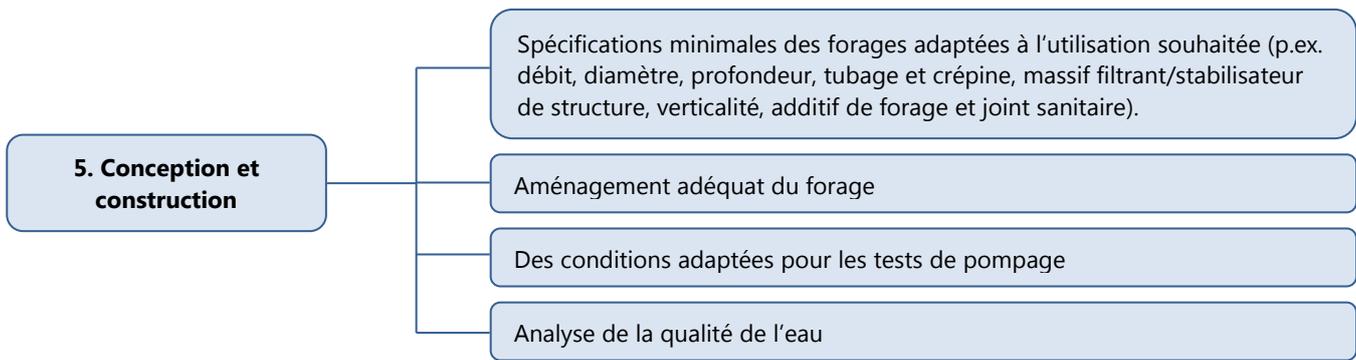
par lot facilite le recours à de petits ateliers de forage moins coûteux.

L'attribution de contrats à un groupe de foreurs avec options de travaux de suivi est un des mécanismes pour permettre aux petites entreprises de participer c'est-à-dire :

- Pré-qualifier un certain nombre d'entrepreneurs et effectuer le processus d'appel d'offres.
- Identifier les entrepreneurs à inclure dans le groupe des foreurs pour une période donnée.
- Négocier et fixer les prix pour les forages dans une région donnée.
- Attribuer les lots (d'environ 10 à 30 puits) à plusieurs entrepreneurs dans le groupe des foreurs.
- À l'achèvement des travaux, des lots supplémentaires pourraient être attribués selon la performance de l'entrepreneur.

Un tel mécanisme permet aux entrepreneurs de travailler pour gagner des nouveaux contrats étant donné que la qualité du travail et le respect des délais seront récompensés par de nouveaux contrats. Des entrepreneurs ayant plusieurs ateliers de forage pourraient entreprendre plusieurs lots; ceux avec un seul atelier pourraient travailler selon leurs capacités. Le client a ainsi le contrôle sur les travaux en cours.





5. Conception et construction

Principe 5: Le forage est conçu dans l'optique du meilleur rapport qualité / prix, pour une durée de vie de 20 à 50 ans et en respectant des spécifications minimales répondant à l'utilisation souhaitée du forage.

Sous-principes:

- Caractéristiques techniques minimales pour les forages, conformément à l'utilisation prévue, comme le débit, le diamètre, la profondeur, le tubage et les crépines, le massif filtrant, le stabilisateur de structure, la verticalité, les additifs de forage et le joint d'étanchéité. Le surdimensionnement du forage, en particulier un surcreusement ou un diamètre trop large, constitue un gaspillage à éviter.
- Les procédures de développement du forage (nettoyage) sont fixées et clairement spécifiées dans le contrat de forage. Le forage doit être développé pendant au moins 30 minutes jusqu'à l'obtention d'une eau claire dépourvue de particules fines et de turbidité.
- Les procédures pour les pompages d'essai sont fixées et clairement spécifiées dans le contrat de forage. Les conditions du test de pompage pour une pompe à motricité humaine doivent être réalistes sans être détaillées à l'excès.
- Des analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'eau sont effectuées surtout pour les zones à risque et les forages institutionnels (centres de santé et écoles).

Une conception adaptée à l'utilisation est résumée ci-après. Dans le cas de pompage motorisé (si estimés rentables), la conception doit tenir compte des conditions précises de l'ensemble pompage distribution.

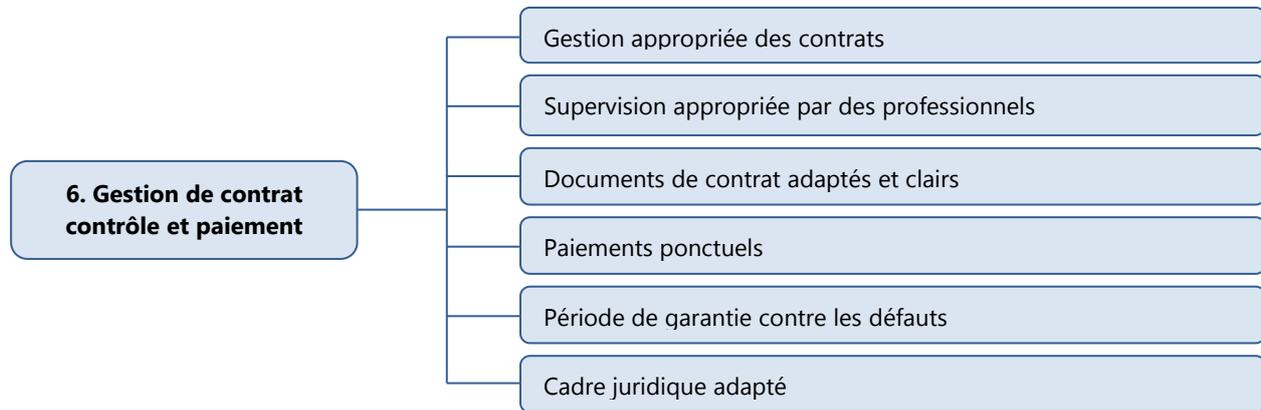
- Concernant **les débits** pour des forages équipés d'une pompe à motricité humaine, un débit d'un mètre cube par heure est suffisant, bien que ce débit puisse baisser jusqu'à 400 litres/heure dans des zones à conditions hydrogéologiques très difficiles³. Les forages ne doivent être réalisés qu'à des profondeurs nécessaires pour ces débits. Les besoins relatifs aux pompes motorisées dépendent de la conception du système, qui est basé sur les exigences des usagers et pourraient être nettement plus élevés que ceux des forages équipés de pompe à motricité humaine.
- Concernant le **diamètre** des forages équipés d'une pompe à motricité humaine, le petit diamètre des pompes actuellement sur le marché permet de se limiter à un diamètre interne de 4" (environ 100mm), ce qui est suffisant par rapport au cylindre de la pompe. Normalement les spécifications pour le tubage/crépine en PVC recommandent un diamètre intérieur mi-

nimal de 103mm et un diamètre extérieur de 113mm. Les forages motorisés peuvent nécessiter plus d'espace pour permettre l'installation de la pompe immergée, et être équipés d'un casing d'un diamètre nominal de 4" ou 5".

- **Profondeur:** Tout d'abord le niveau piézométrique actuel doit être mesuré, puis le plus bas niveau piézométrique à la suite des fluctuations saisonnières ou à long terme doit être déterminé. La baisse attendue du niveau de l'eau à cause du pompage doit être prise en compte, ainsi que les conditions requises pour la taille de la crépine et le puisard. Ceci permet de calculer la profondeur totale. Dans des zones où des formations superficielles altérées sont d'une épaisseur suffisante, présentent des caractéristiques de perméabilité et de stockage suffisantes pour soutenir les débits et les fluctuations de niveau de l'eau, l'utilisation d'un puits relativement peu profond (avec crépine et équipé d'un massif filtrant ou stabilisateur de structure) construit à aide d'un petit atelier de forage, ou foré à la main peut être l'option optimale en terme de coûts.
- **Tubage et crépine simple:** La crépine doit être installée dans l'aquifère et avoir assez d'ouverture (déterminée par la taille des fentes) pour permettre le libre écoulement de l'eau vers le forage. La longueur de la crépine ne doit pas être diminuée pour réduire les coûts car cela peut mener à un forage négatif. Dans des zones où les forages sont creusés dans des terrains stables, il est possible d'économiser en utilisant un pré-tubage sur les formations meubles seulement. Toutefois le contact entre les formations meubles et les formations dures doit être consolidé (par injection par exemple). Les tubages pleins et crépinés en plastique (PVC) doivent être utilisés plutôt que ceux en acier dans des forages de moins de 100-120m de profondeur.
- **Le massif filtrant⁴ ou stabilisateur de structure⁴** doit être de bonne qualité avec une quantité de silice supérieure à 95%. Le massif doit être installé lentement et avec précaution, de préférence avec une trémie et un entonnoir.
- **La verticalité et l'alignement** doivent être spécifiés comme une condition requise pour qualifier un forage comme étant réussi (p.ex. <100mm pour chaque 30m). La verticalité et l'alignement doivent être tels que la pompe et la tuyauterie puissent être descendues dans le forage sans rencontrer de résistance.
- Les injections de mousse chimique biodégradable doivent être utilisées comme **additifs de forage** de préférence à la bentonite et autres boues non-biodégradables. Une fois que le forage a progressé sous la nappe phréatique, la bentonite ne doit pas être utilisée comme boue de forage étant donné qu'elle a tendance à colmater la partie d'aquifère qui alimente le forage et est difficile à enlever.

³ Voir les hypothèses

⁴ Voir le glossaire.



- Un remblai de l'espace annulaire avec les déblais du forage est essentiel.
- Une **étanchéification par injection** sur une profondeur d'au moins 5m par rapport au niveau de sol est nécessaire. Il est impératif qu'il n'y ait pas d'infiltrations d'eau contaminée (p.ex. de la surface ou de latrines) dans le forage ou l'aquifère.
- Une **margelle en béton** est nécessaire pour écouler l'eau à bonne distance du forage. Des rigoles de drainage, ainsi qu'une clôture pour éloigner les animaux sont aussi nécessaires.

L'annexe D présente des exemples de conceptions de forages pour les principales formations hydrogéologiques.

Le développement du forage doit être complet avant que l'entrepreneur ne se déplace sur le site suivant. Si la formation autour de la zone de la crépine/du massif filtrant n'est pas bien rincée, l'efficacité du forage peut baisser et la crépine risque de se colmater avec le temps. Lorsque c'est possible, le développement naturel des forages doit être adopté. Le développement des forages est mieux entrepris en appliquant consciencieusement de l'air comprimé ou de l'eau sous pression à toute la longueur équipée de crépine. La mise en pression avec un système de soupape est aussi acceptable. Le forage doit être développé pendant 30 minutes jusqu'à disparition des particules fines et de la turbidité. Du chlore peut également être introduit avant le développement du forage pour faciliter la décomposition du polymère de forage. Une fois que l'eau remontée est claire, le volume d'eau extrait du forage par l'air lift doit être quantifié et le débit pompé «air-lift» noté dans les archives.

Les essais de pompage sont effectués pour établir les performances du forage et évaluer les paramètres hydrodynamiques de l'aquifère. Pour une pompe à main, il faut prévoir un pompage continu pendant 3 à 6 heures. Normalement le débit doit être supérieur d'au moins 10% à celui prévu lors de la conception du forage. La remontée de la nappe doit être évaluée. Les normes nationales ou internationales (p.ex. BS ISO 1468:2003) doivent être appliquées ici. Dans le cas des forages équipés d'un moteur, des essais plus complets sur le rabattement et la remontée de la nappe doivent être effectués (p.ex. les essais de rabattement étagé et de pompage à débit constant pendant 24 heures).

Une analyse de la qualité de l'eau conformément aux normes nationales doit être effectuée et les résultats soumis à l'autorité compétente. Les tests sur site de température, pH, turbidité, conductivité, couleur, goût, arsenic, fer manganèse, coliformes totaux et E coli doivent être effectués autant que possible.

Installation de la pompe: La pompe choisie doit correspondre aux normes et spécifications nationales si elles existent. La pompe doit être installée au niveau adapté, au-dessus de la zone couverte par la crépine, en prenant en compte le rabattement et les variations saisonnières. C'est en général 2m en dessous du niveau dynamique minimal de l'eau.

6. Gestion de contrat, surveillance et paiement

Principe 6: Des mesures adéquates sont en place pour garantir la gestion appropriée du contrat, la supervision et le paiement ponctuel de l'entreprise de forage.

Sous-principes:

- Normalement, la gestion de contrat doit suivre les procédures du Gouvernement. Celles-ci doivent suivre les bonnes pratiques internationales et utiliser des formulaires standards de contrat.
- Les documents de contrat doivent être clairs et facilement compréhensibles par les entreprises de forage.
- La supervision doit être effectuée par du personnel du gouvernement ou par le secteur privé. Des experts supplémentaires peuvent être engagés pour combler les lacunes en termes de capacités avec l'objectif de renforcer l'expertise à long terme.
- Les paiements pour les travaux de construction doivent être ponctuels.
- Une période de garantie contre les défauts doit être envisagée, pendant laquelle une garantie financière (d'environ 10%) est retenue dans une garantie d'assurance, garantie bancaire ou en espèces.
- Idéalement un cadre juridique adapté doit soutenir les mécanismes de compensation et de garanties financières, les procédures d'audit et de conformité réglementaire.

L'expertise et un personnel expérimenté pour la conception, la gestion, la supervision et la programmation des travaux de forage sont importants pour s'assurer que les forages réalisés soient de bonne qualité et que leurs coûts soient raisonnables. Par exemple, le temps d'arrêt sur le site de forage en attendant la prise de décisions peut mener à une augmentation considérable des coûts. De même planifier les forages pendant la saison des pluies peut mener à des retards coûteux.

Les contrats de forages peuvent être payés selon le devis quantitatif et estimatif (voir l'Annexe A) ou selon un montant forfaitaire. Bien que les contrats à prix forfaitaire soient plus faciles à gérer, il est toujours important d'avoir une supervision compétente. En général, le contrat doit garantir qu'il est de l'intérêt de l'entrepreneur de réaliser un forage de bonne qualité. Des contrats à prix forfaitaire sont plus appropriés dans des conditions où il n'y a pas de paiement en cas de forage négatif, bien que ceci pourrait être considéré dans un contrat payé selon le devis quantitatif. Toutefois, il est nécessaire de catégoriser les risques de forage négatif et de disposer de mécanismes de paiement appropriés (comme explicité en Annexe C). Les contrats peuvent regrouper l'installation de la pompe et la réalisation du forage ou gérer séparément l'approvisionnement et l'installation par des mécaniciens locaux.

Dans les cas où les cautions de bonne exécution ne peuvent être obtenues qu'après paiement au comptant, il est impératif pour ces contrats, d'insister sur une garantie d'assurance d'une société digne de confiance.

Une supervision appropriée est un bon investissement pour garantir une bonne qualité des travaux et éviter les surcreusements inutiles et les abandons prématurés des forages. Cependant la supervision des forages a besoin d'être régulée. Les travaux de forage doivent de préférence être contrôlés à pied d'œuvre par un personnel compétent pour garantir une bonne qualité de réalisation. Une supervision à temps partiel ne doit être une option que s'il y a des contraintes considérables en termes de ressources. Dans ces cas, il est toujours impératif de contrôler les pompages d'essai et de mesurer la profondeur du forage.

Le personnel de l'organisation cliente ou des consultants dans le secteur privé doivent assurer la supervision des travaux de forage. Dans les deux cas, ils doivent avoir les compétences et les ressources financières adéquates et suffisamment de temps. Les superviseurs doivent être bien formés et travailler indépendamment de l'entrepreneur de forage en termes de finances et de logistique. Opérer dans une région reculée ne doit pas justifier un manque de supervision. Les conséquences typiques d'une mauvaise supervision sont:

- l'entrepreneur de forage prétend que le forage est plus profond qu'il ne l'est en réalité;
- la réalisation de forages de diamètre inférieur à celui spécifié;
- le forage est surcreusé inutilement (si l'entrepreneur de forage est payé selon le devis quantitatif et essaye de maximiser les revenus);
- mauvaise installation de la crépine ou utilisation de matériaux de filtration non-conformes;
- insuffisance ou utilisation du gravier non conforme;
- étanchéité du forage absente;
- développement insuffisant du forage;
- l'entrepreneur des forages prétend que le forage est réussi, mais en réalité il est négatif. Ceci est souvent le cas quand les forages sont effectués tout juste après une période de pluies. Le forage peut alors se tarir pendant la saison sèche quand le niveau de l'eau baisse;
- installation de pompes non-conformes (soit sous dimensionnées ou surdimensionnées).

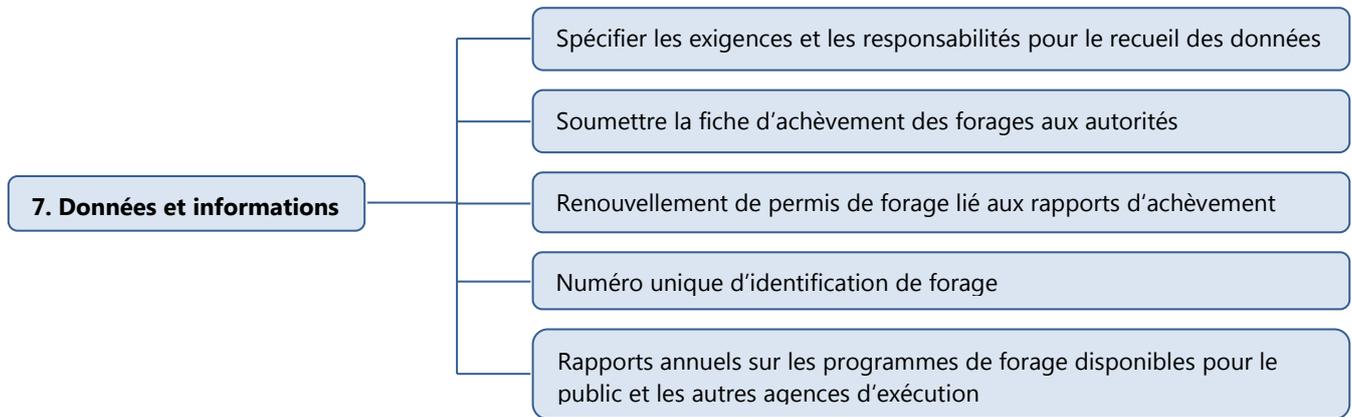
La supervision de la construction par la communauté doit être envisagée. Si elles sont formées correctement les communautés, peuvent par exemple surveiller le nombre de tubes installés, les sacs de ciment utilisés par l'entrepreneur et la présence du superviseur.

Des forages qualifiés de réussis tarissent souvent après une courte période à cause d'une mauvaise construction. Pour prévenir ce risque, une clause de responsabilité en cas de défauts avec environ 10% de la valeur du contrat en cautionnement, pourrait être insérée dans le contrat et appliquée. Vers la fin de la période de 12 mois conformément aux termes du contrat, les superviseurs sont obligés de se rendre sur le site achevé pour la réception définitive qui comprend la confirmation de la viabilité avec les usagers. Il est impératif de préciser dans le contrat la personne responsable de la qualité de la pompe pendant cette période.

Le paiement des travaux doit être effectué dans un délai d'un mois après l'achèvement des travaux et ne doit pas dépasser trois mois. Les retards, de plus de trois mois, ne sont pas acceptables pour le maintien du niveau de liquidité (flux de trésorerie) des entrepreneurs de forages, et doivent faire l'objet de pénalités/intérêts conformément aux termes du contrat.

Une supervision par un tiers, effectuée par un professionnel compétent et indépendant, mais payé par le client, pourrait être entreprise comme mécanisme de contrôle. Ceci exige une fiche de contrôle bien définie et cohérente pour chaque forage, avec la publication des résultats.

Dans les cas où le cadre juridique nécessaire et les institutions publiques pour soutenir les procédures de gestion de contrat sont faibles, l'accent doit être mis sur la mise en place des systèmes nécessaires par l'amélioration du cadre législatif et des capacités.



7. Données et informations

Principe 7: Les données de bonne qualité sur l'hydrogéologie et la réalisation de chaque forage sont collectées sous un format standard et sont soumises à l'autorité gouvernementale compétente.

Sous-principes:

- Les données à recueillir pendant les travaux de forage sont spécifiées dans le contrat et les responsabilités clairement définies entre l'entrepreneur et le superviseur.
- Les informations présentées sous forme d'un rapport national d'achèvement de forages, doivent être soumises à l'autorité gouvernementale compétente après les travaux de forages (y compris dans le cas de forages négatifs).
- Le renouvellement des permis de forage doit être lié à la soumission de rapports d'achèvement des forages.
- Chaque forage réalisé dans le pays doit avoir un numéro unique d'identification.
- Le gouvernement et les autres acteurs du secteur de l'eau doivent rassembler les données sur les programmes de réalisation de forages chaque année et publier les rapports.

Les rapports d'achèvement des travaux de forage doivent comprendre les informations sur la localisation du forage, la lithologie, la mise en exploitation et les données du pompage d'essai, les résultats de l'analyse physico-chimique et bactériologique. L'Annexe E propose un modèle pour les rapports d'achèvement des travaux de forage. Il est impératif que ces rapports soient soumis à l'autorité gouvernementale compétente dans les trente jours après l'achèvement du forage et que chaque projet ou programme, ne garde pas simplement ses données mais les partage avec d'autres organismes d'exécution.

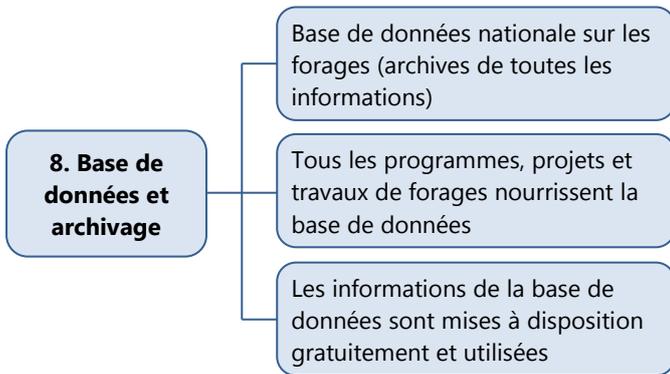
L'importance de la régulation et de la certification des entrepreneurs de forages est présentée dans le principe 1. Comme condition de renouvellement annuel des permis de forage, il est recommandé d'obliger les foreurs à soumettre à l'autorité gouvernementale compétente un recueil des rapports d'achèvement des travaux de l'année précédente.

Le numéro unique d'identification du forage doit être gravé sur une plaque métallique à la base de la pompe à motricité humaine et aussi sur la plateforme de la pompe ou sur l'aire cimentée autour du forage. Pour éviter la réalisation de forages non planifiés et non contrôlés, les permis de forage doivent être délivrés par une autorité compétente.

Il faut un partage transparent des informations clés sur les programmes de forages par les autorités compétentes, ONG et autres parties prenantes. Les rapports devront être accessibles au public et facilement disponibles pour le parlement, les unités de suivi au sein

du gouvernement, la société civile et d'autres agences. Les informations clés à intégrer dans le rapport sont:

- les résultats du programme (en indiquant les coûts associés) en termes de compétences, de connaissances et d'amélioration des capacités organisationnelles ainsi que le nombre de personnes formées ;
- le nombre de forages réalisés (avec les données de profondeur, de localisation, le numéro d'identification et les coordonnées géographiques de chaque forage) ;
- les résumés des rapports de supervision ;
- le prix de chaque forage avec les détails sur ce qui est inclus et exclu (p.ex. frais généraux et profits, localisation, mobilisation, forage, supervision, pompes, source d'énergie, systèmes de stockage et de distribution, formation de la communauté). Il faut inclure une explication sur la méthode de calcul des coûts (par exemple coûts d'un ensemble de 10 forages divisés par 10). Les informations doivent être présentées de manière à permettre les comparaisons entre régions et/ou districts ;
- les détails sur l'implication du secteur privé y compris les noms des sociétés, le résumé du contrat et des montants, la date de paiement pour la construction et le paiement de la garantie contre les défauts ;
- les résultats des missions de suivi et d'évaluation.



8. Base de données et tenue d'archives

Principe 8: Le stockage des données hydrogéologiques est entrepris par une institution du gouvernement central qui met à jour les archives, garantit l'accès gratuit à l'information et utilise ces données pour la préparation des spécifications.

Sous-principes:

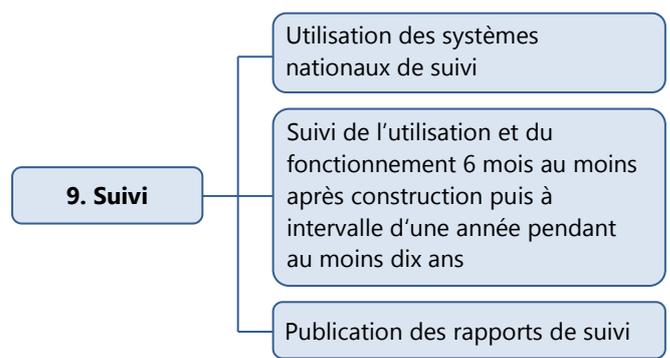
- Une base des données nationale (ou régionale) de toutes les informations sur la réalisation des forages doit être mise en place et tenue à jour. Si une telle base de données nationale n'existe pas, les acteurs du secteur doivent enregistrer et créer des archives de toutes les données sur les travaux de forages entrepris jusqu'à ce que cette base soit mise en place.
- Les données sur tous les programmes et projets de forages dans le pays doivent être entrées dans cette base de données.
- Les éléments de la base de données doivent être disponibles sans restrictions.

Les connaissances cumulées sur les ressources en eau souterraine grâce à une base de données adéquate et accessible augmentent considérablement les chances de forages positifs et leur construction. Les données des fiches de forage, des rapports d'achèvement et des tests de pompage (comme spécifié dans le contrat de forage) doivent être toujours fournies à l'autorité nationale compétente et/ou l'autorité locale. Les informations sur les forages négatifs ou non réussis sont aussi importantes que celles sur les forages réussis.

Il est nécessaire d'extraire certaines données clés des rapports d'achèvement de forage et de les entrer dans la base de données nationale sur les forages. Une telle base de données doit être correctement conçue, tenue à jour et facilement disponible à tous et il faut s'assurer qu'il n'y a pas de répétition des données entrées (recours aux numéros uniques d'identification des forages et aux coordonnées géographiques). S'il n'y a pas de base de données nationale, les acteurs du secteur doivent créer des archives de données sur les forages jusqu'à ce qu'un tel système, avec son cadre institutionnel, soit mis en place. Le gouvernement et les organismes d'appui externes doivent être encouragés à garantir la collecte de données, à mettre en place les bases de données sur l'eau souterraine et renforcer les capacités nationales dans ce domaine.

Il est reconnu au niveau international que pour évaluer les progrès et l'état de développement de l'eau souterraine au niveau national et orienter la planification pour l'avenir, il est impératif de tenir des bonnes archives sur les forages, de répertorier et archiver les documents originaux pour qu'ils soient facilement accessibles. Les archives doivent comprendre:

- les rapports d'évaluation du processus de pré-qualification et d'appel d'offres;
- les rapports sur la mobilisation et la formation de la communauté;
- les calendriers de surveillance des travaux;
- les rapports de suivi.



9. Suivi

Principe 9: Suivi - Des visites régulières aux usagers des nouveaux forages sont effectuées pour évaluer leur fonctionnement à moyen et long terme et les résultats sont publiés.

Sous-principes:

- Les systèmes de suivi du gouvernement doivent être utilisés (et renforcés si nécessaire) plutôt que de développer des systèmes parallèles.
- L'évaluation du fonctionnement du forage et de la pompe, y compris l'analyse et la prise de décision, doit être faite au bout de 6 mois, puis annuellement sur une période d'au moins dix ans après la construction.
- Les résultats de l'évaluation doivent être publiés.

Il est important que les procédures d'évaluation élaborées par le gouvernement soient respectées et/ou améliorées avec la communication de toute information collectée aux autorités compétentes. Les activités de suivi doivent compléter les systèmes d'exploitation et d'entretien en place (présentés dans le chapitre 2).

L'évaluation du fonctionnement du forage doit prendre en compte à la fois les usagers et la distribution en eau. Idéalement, les informations collectées doivent concerner la gestion du point d'eau, y compris les aspects financiers liés à la vente d'eau, la gestion des fonds et la satisfaction des usagers. Les critères techniques tels que le débit de la pompe ou les niveaux statique et dynamique de l'eau devront être suivis. Une inspection sanitaire devra être réalisée et les raisons de toutes pannes et réparations effectuées devront être notées.

Les résultats doivent alimenter les actions au niveau des communautés, des gouvernements locaux ainsi que les politiques nationales concernant le développement d'infrastructures, leur exploitation et leur maintenance. Les actions prises doivent être conformes aux règlements locaux et aux politiques nationales.



Glossaire

Abaissement de nappe est l'effet de pompage d'un puits sur le débit saisonnier des sources, le rabattement des niveaux piézométriques des points d'eau proches ou l'assèchement des zones humides.

Biofouling – les bactéries dans l'aquifère jouent un rôle dans le dépôt du fer et d'autres métaux ce qui engendre la formation de bio-films sur la crépine et le tubage du forage. Lorsque l'accumulation de dépôts biologiques engendre des problèmes d'incrustation ou de corrosion de la crépine et du tubage du forage, on parle de biofouling.

Conception de forages – choix de la profondeur, du diamètre et des matériaux pour l'équipement du forage ainsi que des techniques de forage à employer.

Consultant en hydrogéologie – entreprise professionnelle ou individu chargé de la localisation et de la conception du point d'eau.

Contrat de location-achat – convention de bail avec option exclusive de droit de préemption pour l'achat du bien à l'avenir.

Contrôle qualité – Processus visant à s'assurer que les pompes, les pièces de rechange fournies et également la réalisation du forage respectent les spécifications techniques.

Coût estimatif – évaluation moyenne du coût des travaux de construction, établie par un professionnel (y compris la main d'œuvre, l'équipement, les matériaux, les frais généraux et les bénéfices).

Débit du forage – ce terme est souvent mal utilisé. Les entreprises de forages considèrent souvent le débit de forage comme (a) le débit évalué lors de la foration par injection d'air ou (b) le débit mesuré lors des essais de pompage. En réalité le débit du forage dépend de la géométrie de l'aquifère et de ses paramètres hydrodynamiques combinés au rabattement maximal admissible de la nappe. Il convient de noter que cette définition ne prend pas en compte le renouvellement de la ressource en eau souterraine.

Développement de forage – nettoyage d'un forage après sa construction par pompage ou tout autre moyen jusqu'à ce que l'eau venant du point d'eau soit propre et exempte de particules en suspension.

Données – toutes les informations sur un forage recueillis avant et pendant le creusement et le développement du forage, l'achèvement des travaux et les essais de pompage.

Entreprise de forage – entreprise privée ou ONG active dans le domaine la construction de forages pour l'approvisionnement en eau potable.

Exploitation et entretien – opérations de gestion et de réparation du forage ou puits, de la pompe et de la margelle pour que suffisamment d'eau soit pompée à tout moment pendant la durée de vie du forage et que l'environnement autour du point d'eau reste propre. Cela inclut également la protection du point d'eau, le soutien post-construction et l'accès aux pièces de rechange pour la pompe et l'entretien du point d'eau.

Forage – un puits ou un trou foré dans le sol et partiellement ou complètement équipé pour capter l'eau souterraine.

Implantation de forages – choix de l'endroit idéal pour la construction de forages par la communauté et en considérant les conditions hydrogéologiques et/ou géophysiques pour assurer le débit souhaité.

Interférence – effet du pompage à partir d'un point d'eau sur les captages d'eau à proximité.

Margelle – dalle en béton entourant un point d'eau (forage ou puits) pour assurer un environnement propre et contrôler le drainage de l'eau déversée loin du forage ou du puits.

Massif filtrant – remblai annulaire artificiel installé autour de la crépine du forage. Il doit être épais d'au moins 70cm pour être efficace. S'il est plus fin, il s'agit en réalité d'un remblai de stabilisation (voir ci-dessous).

Mobilisation de la communauté – processus par lequel la communauté est préparée pour l'arrivée de l'entrepreneur (ou ONG) qui va construire le point d'eau amélioré (p.ex. un forage) et qui assure également la mise en place du système de gestion et d'entretien du point d'eau. La mobilisation de la communauté peut aussi comprendre la mise en place de contributions en espèces ou en nature pour la construction par les collectivités locales, ONG ou bailleurs de fonds concernés.

Passation de marché – processus de sélection de l'entreprise de forages, du consultant en hydrogéologie ou du fournisseur pour entreprendre un service particulier ou la construction.

Planification au niveau communautaire – analyse avant le projet des installations d'eau en place et des conditions socio-économiques de la communauté pour déterminer l'ouvrage le mieux adapté.

Processus de sélection des communautés – processus par lequel les communautés sont choisies pour bénéficier d'un forage.

Protocole de travaux – document qui décrit dans le détail le déroulement des travaux.

Rabattement de nappe – il s'agit de l'abaissement du niveau de l'eau à cause du pompage des eaux souterraines.

Remblai de stabilisation – si un puits peut être aménagé naturellement ou l'espace annulaire autour de la crépine est limité, ou les deux, un remblai perméable ou remblai de stabilisation est installé tout simplement pour remplir l'espace annulaire et empêcher la structure de s'effondrer sur la crépine.

Sensibilisation de la communauté – processus par lequel les usagers de l'eau dans une communauté sont informés des options techniques pour l'amélioration d'un point d'eau et les conditions à remplir pour bénéficier d'un point d'eau.

Suivi – vérification périodique de l'état des forages, pompes et margelles, de la gestion par les communautés bénéficiaires des points d'eau ainsi que des niveaux de nappes et de la qualité de l'eau.

Technologie de forage – méthode de construction et équipement utilisé pour creuser des puits et des forages.

Annexe A Exemples de Devis Quantitatif et Estimatif (DQE)

Tableau A1: Exemple (i) Devis Quantitatif et Estimatif pour 10 forages de 50m de profondeur moyenne chacun, c'est-à-dire 500m de profondeur totale.

N°	Description	Qté	Unité	Coût unitaire	Coût total
1	Implantation de forage	10	Site		
2	Installation de chantier	1	Forfait		
3	Mobilisation et démobilitation des équipements et du personnel	500	km		
4	Installation de l'atelier de forage et déplacement entre les sites	400	km		
5	Foration en 125mm (5") de diamètre nominal dans les formations meubles non consolidées	200	m		
6	Fourniture, installation et retrait du tubage provisoire	10	Chq		
7	Foration en 125mm (5") de diamètre nominal dans le socle rocheux	300	m		
8	Echantillonnage et coupe lithologique de forage à intervalle de 3m	10	Chq		
9	Fourniture et installation de tubage provisoire enPVC de 110 mm de diamètre extérieur et 'une pression de 10 bars	400	m		
10	Fourniture et installation de crépines en PVC de 110mm de diamètre extérieur et une pression de 10 bars. (ouvertures de 0,5mm)	100	m		
11	Fourniture et installation de massif filtrant adéquat autour des crépines ⁵	0.8	m ³		
12	Fourniture et installation du remblai inerte	10	Chq		
13	Nettoyage et développement du forage jusqu'à obtention d'eau claire sans particule	30	h		
14	Test de pompage selon les spécifications	10	Chq		
15	Fourniture et installation d'une injection de ciment pour étanchéiser le forage	10	Chq		
16	Analyse de la qualité de l'eau et désinfection du forage	10	Chq		
17	Recouvrement du forage	10	Chq		
18	Installation de la pompe India II conformément aux spécifications	10	Chq		
19	Rapports d'achèvement	30	Chq		
20	Temps d'attente (arrêt ou stand by)		h		
	Sous-Total				
21	Frais généraux et profits -15%				
22	Taxe sur la valeur ajoutée (TVA) -20%				
	Total				

Tableau A2: Exemple (ii) Devis Quantitatif Estimatif pour 10 forages de 50m de profondeur moyenne chacun, c'est-à-dire 500m de profondeur totale.

N°	Description	Qté	Unité	Coût unitaire	Coût total
1	Mobilisation	1	Chq		
2	Déplacement entre sites	9	Chq		
3	Forage	500	m		
4	Tubages provisoires et équipement du forage	500	m		
5	Massif filtrant et développement	100	m		
6	Essai de pompage	10	Chq		
7	Remblai et achèvement du forage (y compris l'analyse de la qualité de l'eau)	10	Chq		
8	Installation de pompe à main et accessoires.	10	Chq		
9	Rapports d'achèvement	30	Chq		
	Sous-Total				
	Taxe sur la valeur ajoutée (TVA) -20%				
	Total				

Il est impératif d'accorder un soin particulier à l'élaboration des devis quantitatifs et estimatifs.

Dans le tableau A2, les éléments ont été simplifiés et la marge (profits et frais généraux) est intégrée dans les prix de plusieurs articles.

⁵ Estimation du volume du massif filtrant pour combler la vide inter-annulaire entre le trou foré de 150mm de diamètre et le tubage provisoire de diamètre extérieur de 110mm = 8 litres/mètre soit 0.8m³ pour 10 puits avec 10m de filtres chacun.

Annexe B Modèle pour la catégorisation des risques et les modes de paiement

Le tableau B1 ci-après présente un modèle pour la catégorisation des risques de réalisation d'un forage négatif et la mise en place des modalités de paiement adéquates. Il développe une approche particulière qui emploie différentes options de contrat et de paiement, selon les risques de réalisation d'un forage négatif.

Dans tous les cas, l'entreprise de forage est responsable de la réussite du forage. Il convient de noter que ce modèle ne se veut pas normatif, mais il illustre une des manières d'affronter un des défis

clé liés à la réalisation de forages: le risque de forages négatifs. Une méthode alternative est la prise de responsabilité par le client, de l'implantation et le paiement de l'entrepreneur pour des sondages positifs et négatifs selon le devis quantitatif.

Dans un pays ou une région particulière, il pourrait être possible de classer le potentiel de forage en trois catégories ou plus comme le démontre le tableau B1.

Tableau B1: Modèle pour la catégorisation des risques de réalisation de forage négatif avec exemple de mode de paiement.

Catégorie	Taux de réussite*	Hypothèses	Modalités de paiement proposées
Taux de réussite élevé	>75%	Une prospection géophysique n'est pas nécessaire. Le forage dans n'importe quel site présente de fortes chances de réussite. La première préférence de la communauté a des chances de fournir un forage réussi.	Les risques de réalisation d'un forage négatif sont considérés faibles et les forages négatifs ne sont en aucun cas payés à l'entrepreneur. L'entreprise de forage choisira un site parmi les zones identifiées par la communauté et ses tarifs devront inclure les risques de forage négatifs.
Taux de réussite moyen	50 - 75%	Les foreurs eux même pourraient décider d'effectuer la prospection géophysique (soit par eux même ou leur hydrogéologue nommé) et choisir les sites actuels de forages parmi les zones préférées identifiées par la communauté. Les directives du gouvernement sur l'implantation de site doivent être suivies. Dans certains cas il est conseillé de spécifier la profondeur minimale pour les forages dans le contrat.	Un paiement partiel est fait à l'entrepreneur pour des forages secs d'une certaine profondeur, selon la formule élaborée ci-après: <ul style="list-style-type: none"> ■ 1^{er} forage réussi: 100% payé; déplacement sur un nouveau site. ■ Si le 1^{er} forage est négatif: Pas de paiement. ■ 2^{ème} forage réussi: 100% payé, déplacement sur un nouveau site. ■ Si le 2^{ème} forage est négatif: Un pourcentage du coût du forage productif est payé pour couvrir les travaux réalisés, ou le paiement s'effectue selon le Devis Quantitatif. ■ 3^{ème} forage réussi: 100% payé, déplacement sur un nouveau site ■ Si le 3^{ème} forage est négatif: Un pourcentage du coût du forage productif est payé pour couvrir les travaux réalisés, ou le paiement s'effectue selon le Devis Quantitatif. Déplacement vers la communauté suivante. <p>Au cas où trois forages négatifs sont réalisés dans une communauté, il ne sera exécuté aucun autre forage dans cette communauté avant la réalisation d'études et prospections géophysiques plus poussées. En fait cette zone devient une zone de risque de catégorie C et nécessite une prospection géophysique et une étude hydrogéologique d'un expert commandée par l'Employeur afin de définir le(s) site(s) pour les forages supplémentaires.</p>
Faible taux de réussite	<50%	Le client commandera l'implantation indépendante y compris l'emploi de méthodes géophysiques (profil de résistivité et prospection électromagnétique [EM]). Les sites choisis et conçus par le consultant doivent être forés par l'entrepreneur à des profondeurs minimales spécifiées.	Le client a déterminé le site et la profondeur; le paiement est effectué pour tous les forages, négatifs et réussis.

* Les pourcentages proposés et appliqués ci-dessus peuvent varier selon les conditions locales, par exemple 90%, 40-90% et <40% respectivement.

Annexe C Sélection de méthode de forage

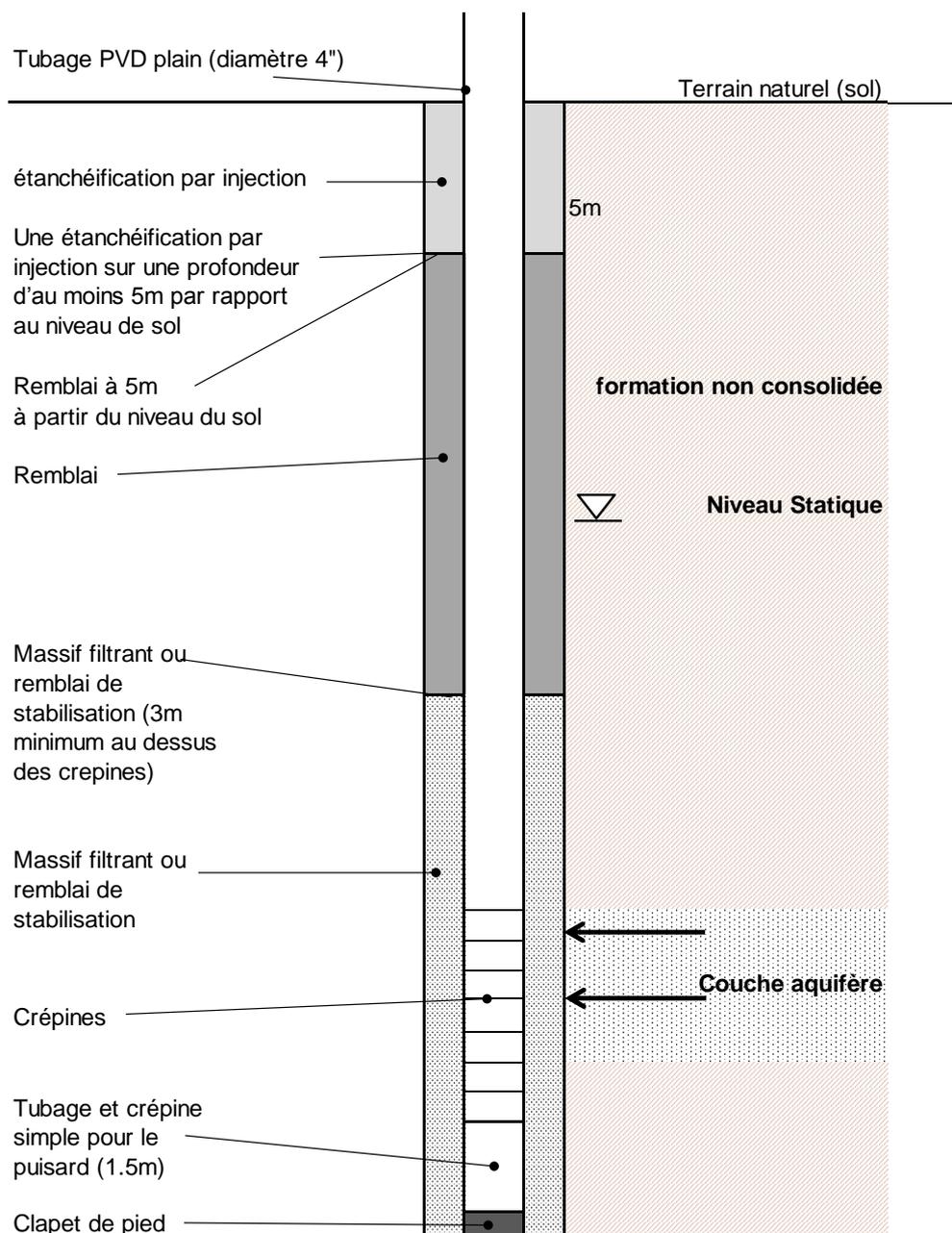
Formations		Méthodes manuelles			Méthodes mécanisées		
		Forage à tarière manuelle	A la boue	Forage par pression hydraulique	Percussion	Forage au marteau fond de trou avec percussion	Forage Rotary avec rinçage
Gravier	Formations non consolidées	X	X	X	✓?	✓?	X
Sable		✓	✓	✓	✓?	✓?	✓
Limon		✓	✓	✓	✓?	✓?	✓
Argile		✓	✓	?	✓lent	✓lent	✓
Sable avec cailloux ou blocs		X	X	X	✓?	✓?	X
Schiste	Formations faiblement à moyennement consolidées	X	X	X	✓	✓lent	✓
Grès		X	X	X	✓	✓	✓
Calcaire	Formations moyennement à fortement consolidées	X	X	X	✓lent	✓	✓lent
Roches ignées (granite, basalte)		X	X	X	✓lent	✓	X
Métamorphique (ardoise, gneiss)		X	X	X	✓très lent	✓	X
Roches avec fractures ou poreuses		X	X	X	✓	✓	✓!
Au dessus de la nappe phréatique		✓	X	?	✓	✓	✓
En dessous de la nappe phréatique		?	✓	✓	✓	✓	✓

✓ = Méthode appropriée de forage ✓? = Danger d'effondrement du forage ✓! = Le rinçage doit être maintenu pour continuer à forer
? = Problèmes possibles X = Méthode de forage inappropriée

Source: Waterlines 1995

Annexe D Exemples de conceptions de forage

Figure D1: Exemple de conception de forage (formation non consolidée d'une profondeur de 100-120m; utilisez du tubage en acier si la profondeur est supérieure à 120m)



Diamètre de foration: 7 à 8" si la massif filtrant nécessaire. 5 à 6" si remblai de stabilisation employé

La diamètre des crépines doit être supérieur au diam[tre extérieur du cylindre de la pompe

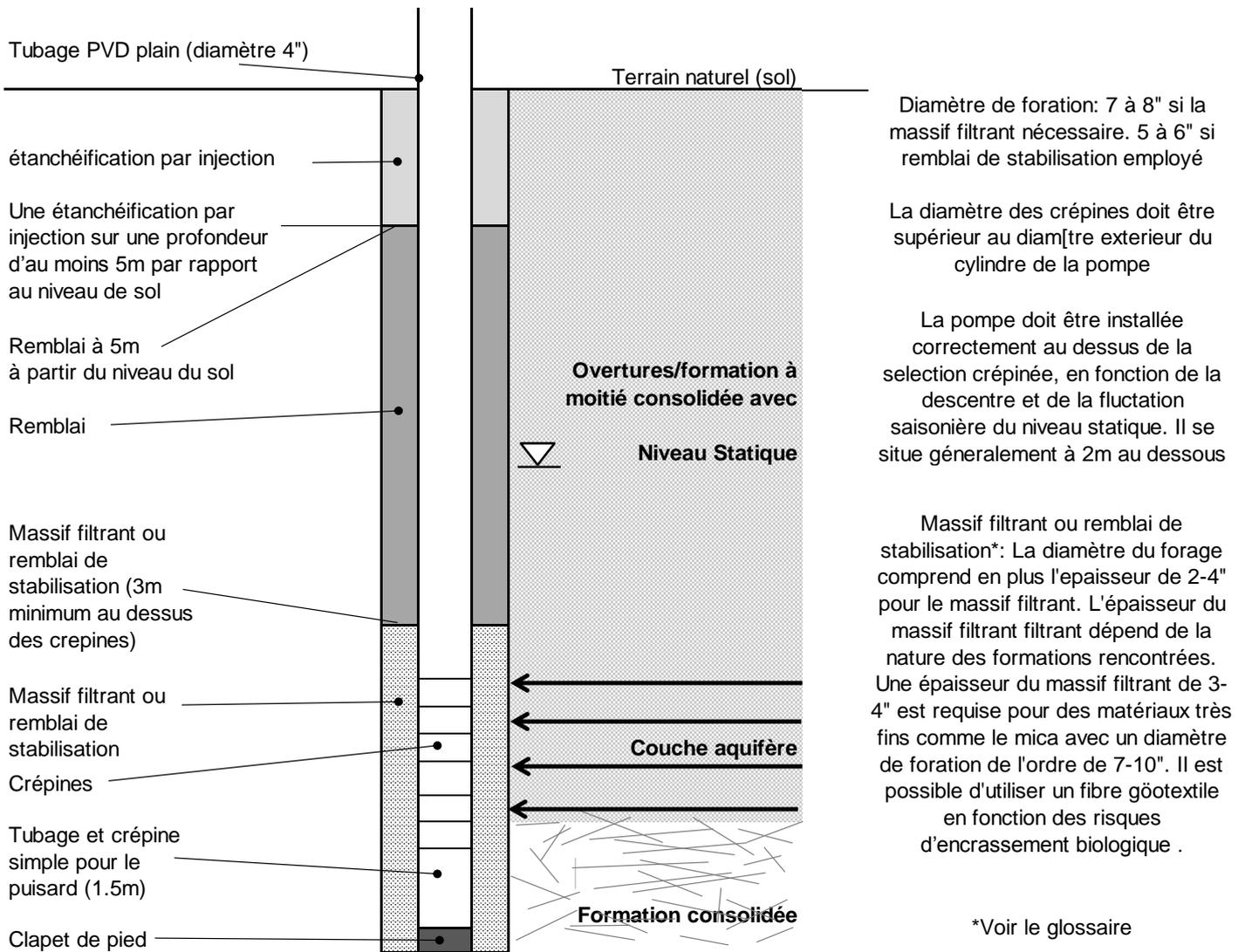
La pompe doit être installée correctement au dessus de la selection crépinée, en fonction de la descente et de la fluctation saisonnière du niveau statique. Il se situe généralement à 2m au dessus

Massif filtrant ou remblai de stabilisation*: La diamètre du forage comprend en plus l'épaisseur de 2-4" pour le massif filtrant. L'épaisseur du massif filtrant dépend de la nature des formations rencontrées. Une épaisseur du massif filtrant de 3-4" est requise pour des matériaux très fins comme le mica avec un diamètre de foration de l'ordre de 7-10". Il est possible d'utiliser un fibre géotextile en fonction des risques d'encrassement biologique .

*Voir le glossaire

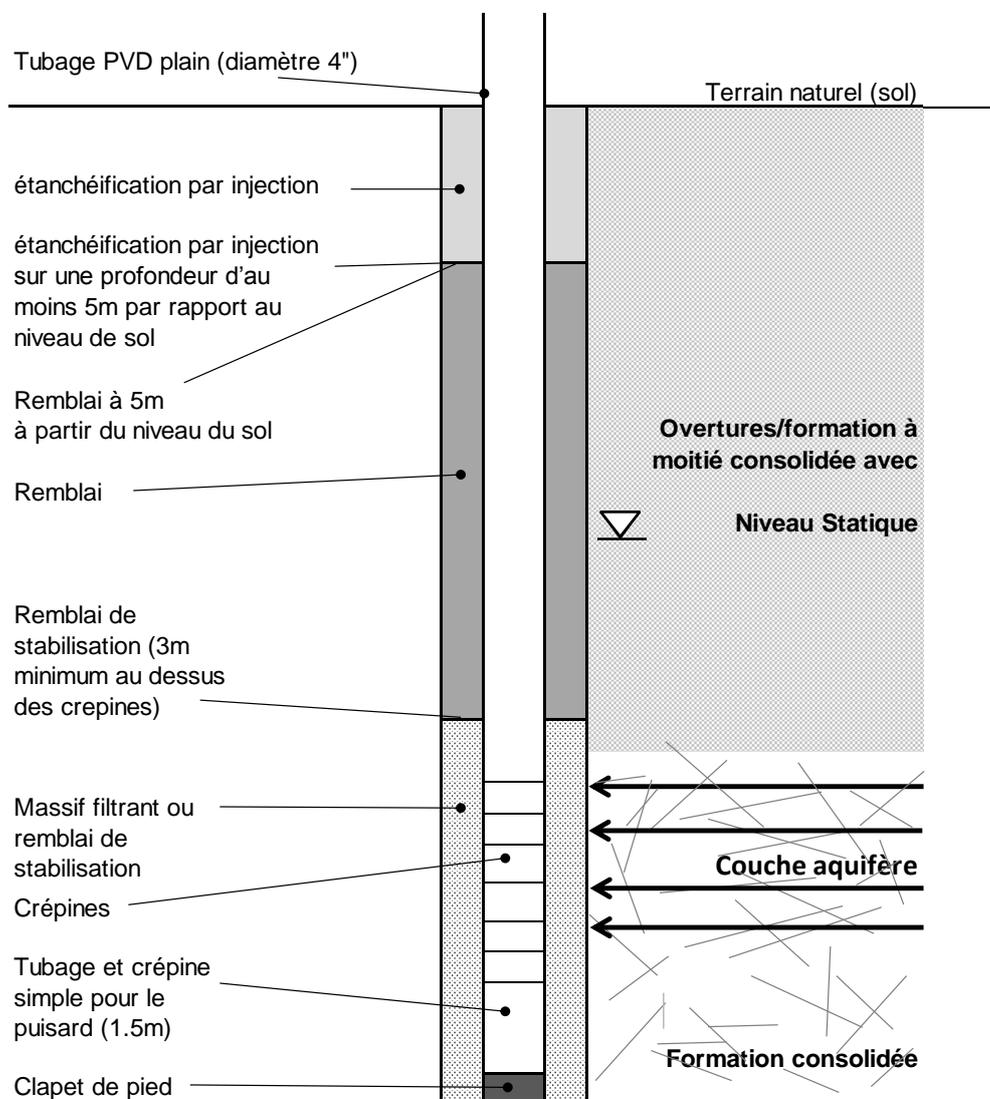
Non à l'échelle

Figure D2: Exemple de conception de forage (formation à moitié consolidée avec risques d'effondrement de 100-120m; utiliser du tubage en acier si la profondeur est supérieur à 120m)



Non à l'échelle

Figure D3: Exemple de conception de forage (formation consolidée – tubage et crépine en fond rocheux – 100-120m; utiliser du tubage en acier si la profondeur est supérieur à 120m)



Diamètre de foration: 7 à 8" si la massif filtrant nécessaire. 5 à 6" si remblai de stabilisation employé

La diamètre des crépines doit être supérieur au diamètre extérieur du cylindre de la pompe

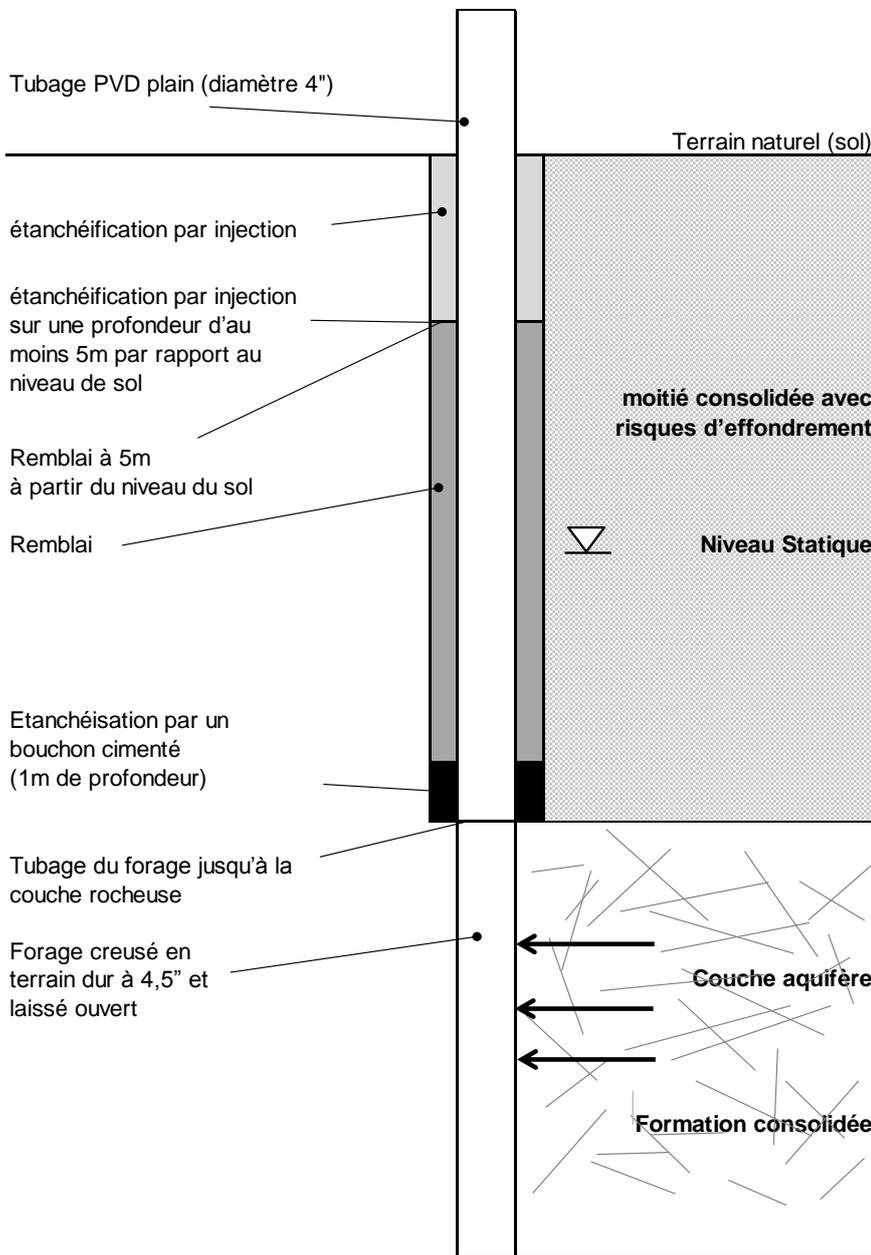
La pompe doit être installée correctement au dessus de la selection crépinée, en fonction de la descente et de la fluctuation saisonnière du niveau statique. Il se situe généralement à 2m au dessus

Massif filtrant ou remblai de stabilisation*: La diamètre du forage comprend en plus l'épaisseur de 2-4" pour le massif filtrant. L'épaisseur du massif filtrant dépend de la nature des formations rencontrées. Une épaisseur du massif filtrant de 3-4" est requise pour des matériaux très fins comme le mica avec un diamètre de foration de l'ordre de 7-10". Il est possible d'utiliser un fibre géotextile en fonction des risques d'encrassement biologique .

*Voir le glossaire

Non à l'échelle

Figure D4: Exemple de conception de forage (formation consolidée – trou ouvert de 100-120m; utiliser du tubage en acier si la profondeur est supérieure à 120m)



Diamètre de forage : dans les matériaux instables forer à 6,5" et installer un tubage de 5" puis forer directement à 4,5" dans la roche sans tubage. Dans certains cas, le forage pourra être télescopique et commencer avec un diamètre plus important, 10" à 12" par exemple.

La diamètre des crépines doit être supérieur au diamètre extérieur du cylindre de la pompe

La pompe doit être installée correctement au dessus de la selection crépinée, en fonction de la descente et de la fluctation saisonnière du niveau statique. Il se situe généralement à 2m au dessous du plus bas niveau dynamique de l'eau

*Voir le glossaire

Non à l'échelle

Annexe E Format proposé pour le rapport d'achèvement de forage

1. Général		
Puits/Forage N°. de référence:		Usage: <input type="checkbox"/> Communauté <input type="checkbox"/> Ménage/Enceinte privé <input type="checkbox"/> Centre de santé <input type="checkbox"/> Centre de formation / école <input type="checkbox"/> Locaux d'entreprise <input type="checkbox"/> Forage d'essai <input type="checkbox"/> Autre
Localisation:		Nom du propriétaire:
Coordonnées/Référence GPS:		Adresse du propriétaire:
Grille de Réf: Long. E Lat. N		Coordonnées/Référence GPS:
Nom du Programme/Projet/Privé:		
N°. de permis de forage:	Date de délivrance:	N°. de permis de forage:
Nom d'entreprise de forage:		N°. de licence de forage:
Adresse de l'entreprise de forage:		
Croquis de localisation		
Echelle approximative:		

3. Crépine et équipement du forage

Matériaux pour le tubage: _____

Fentes de la crépine (%) _____

Joints du tubage: Filetés Colle et raccordClapet de pied: Oui Non**Tubage**

De	À	Diamètre		Type
		<input type="checkbox"/> pouces	<input type="checkbox"/> mm	
m	m			
m	m			
m	m			
m	m			
m	m			
m	m			

Crépine

De	À	Diamètre		Type	Taille des ouvertures
		<input type="checkbox"/> pouces	<input type="checkbox"/> mm		
m	m				
m	m				
m	m				
m	m				
m	m				
m	m				

Gravier naturel artificiel

De	À	Granulométrie (Taille de grains)	Volume utilisé
m	m		
m	m		

Remblai et isolement sanitaire

De	À	Diamètre		Type et détails (Remblai/isolement sanitaire)
		<input type="checkbox"/> pouces	<input type="checkbox"/> mm	

Constatations d'essai d'alignement et de verticalité:

Tête de puits et margelleFermeture ou Couvercle du forage: Oui Non**Margelle:**

- Dalle en béton
 Drainage
 Puisard
 Clôture

Pompe:Pompe installée: Oui Non

- Base
 Fixée autour du tubage
 Soudée sur le tubage

Type de pompe: _____

Commentaires: _____

4. Résumé du développement du forage et du pompage d'essai	
<p>Développement:</p> <p><input type="checkbox"/> Injection d'air</p> <p><input type="checkbox"/> Surpompage</p> <p><input type="checkbox"/> Pistonnage</p> <p><input type="checkbox"/> Pompage inversé</p> <p><input type="checkbox"/> Jet d'eau sous pression</p> <p>Durée _____ h</p> <p>Commentaires: _____</p> <p>_____</p>	<p>Pompage d'essai:</p> <p><input type="checkbox"/> Évaluation par injection d'air</p> <p><input type="checkbox"/> Essai de pompage continu</p> <p><input type="checkbox"/> Essai de pompage échelonné</p> <p>Durée: _____ h</p> <p>Débit: _____ l/s</p> <p>Niveau dynamique de l'eau: _____ m</p> <p>Rabatement: _____ m</p> <p>Commentaires: _____</p> <p>_____</p>

4. Résumé du développement du forage et du pompage d'essai	
<p>Développement:</p> <p><input type="checkbox"/> Injection d'air</p> <p><input type="checkbox"/> Surpompage</p> <p><input type="checkbox"/> Pistonnage</p> <p><input type="checkbox"/> Pompage inversé</p> <p><input type="checkbox"/> Jet d'eau sous pression</p> <p>Durée _____ h</p> <p>Commentaires: _____</p> <p>_____</p>	<p>Pompage d'essai:</p> <p><input type="checkbox"/> Évaluation par injection d'air</p> <p><input type="checkbox"/> Essai de pompage continu</p> <p><input type="checkbox"/> Essai de pompage échelonné</p> <p>Durée: _____ h</p> <p>Débit: _____ l/s</p> <p>Niveau dynamique de l'eau: _____ m</p> <p>Rabatement: _____ m</p> <p>Commentaires: _____</p> <p>_____</p>

5. Résultats de l'analyse de la qualité de l'eau	
<p>Echantillon prélevé: <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Date _____</p>	<p>Qualité chimique:</p> <p>pH: _____</p> <p>Laboratoire: _____</p> <p>(pour plus de paramètre voir la feuille séparée)</p>
<p>Les paramètres mesurables sur le terrain:</p> <p><input type="checkbox"/> Clair</p> <p><input type="checkbox"/> Trouble</p> <p>Couleur _____ Goût _____ Odeur _____</p> <p>Turbidité _____ NTU Temp. _____ °C TDS _____ mg/l</p> <p>CE _____ µS-cm pH _____</p>	<p>Qualité bactériologique:</p> <p>Coliformes fécaux: _____ cfu par 100ml</p> <p>Laboratoire: _____</p>
<p>Commentaires: _____</p>	

6a. Coupe lithologique	
N° de référence du point d'eau/Forage:	
Emplacement:	
Nom du propriétaire:	
Adresse du propriétaire:	
Coordonnées géographiques/Références GPS:	
Grille de Réf: Long. (E ou W)	Lat. (N ou S).....
Nom du Programme/Projet/Privé:	
N° du permis de forage:	Date de délivrance:
Autorité de délivrance:	
N° d'entreprise de forage:	
N° du permis de forage:	
Coupe de forage réalisée par:	
Profondeur(m)	
Description	
Couleur*	
Taille de grains*	
Texture*	
Degré d'altération*	
Granulométrie*	
Rondeur	
Unité stratigraphique (si connue)*	
Remarques (p.ex. consolidation, porosité, minéralogie, structures et ca- ractéristiques, forage, eau)	
Vitesses d'avancement (m/mn)	
Débit	
EC ($\mu S/cm$)	
TDS (mg/l)	

Les données sont à enregistrer à intervalles de 1 mètre minimum- ajouter plus de feuille si nécessaire; * Voir la page suivante pour la description.

6b. Caractéristiques à évaluer et mesurer lors du traitement des échantillons de forage

(Source Misstear et al, 2006; MacDonald et al, 2005)

Des procédures normalisées de description des échantillons comme celle de la British Standards Institution (1999) ou de l'American Society for Testing and Materials (2000) doivent être adoptées.

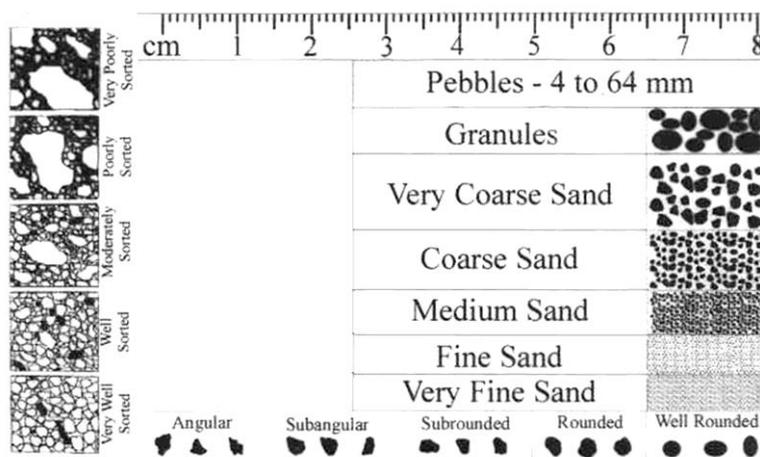
Couleur

Pour plus d'objectivité, une palette des couleurs, par exemple la palette des couleurs Munsel®, pourrait être utilisée pour la classification. Les couleurs sont désignées habituellement par deux ou trois mots comme jaune brunâtre ou gris pâle bleuâtre et un nombre dans la palette des couleurs Munsel®.

Taille de grains

Les grains visibles peuvent être comparés à l'aide d'un diagramme comparateur comme celui donné ci-dessous, une carte d'échantillons de grains ou à l'œil nu. Une loupe simple ou un microscope pourrait être nécessaire pour voir les grains qui ne sont pas visible à l'œil nu.

Figure Carte de Taille de grains, sédimentation et rotondité (Source: Université de Wisconsin, 2010)



Texture

Est-ce que l'échantillon est compact et dense, ou léger et friable? Est-il granulaire ou plastique? Peut-il être moulé ou laminé? Est-ce que le fragment peut être gratté avec une lame en acier ou un ongle ? (L'échelle de dureté de Mohs est un indicateur).

Degré d'altération

Le degré d'altération des roches à un impact sur la disponibilité de l'eau souterraine. Le profil d'altération comprend essentiellement les trois unités de sol de base, roches altérées et nouvelles roches. L'altération des roches est décrite en termes de distribution et proportion relatives de roches nouvelles et roches décolorées, décomposées et désintégrées.

Granulométrie

La granulométrie décrit la variabilité des attributs comme la rotondité et la taille des grains. Dans des matériaux avec une bonne granulométrie les grains sont en général de même taille, forme et rotondité. La granulométrie pourrait être décrite comme: très fine, fine, moyennement fine, grossière et très grossière (voir description détaillée dans le log granulométrique et de la taille des grains ci-dessus).

Rondeur

Les grains sont souvent classés en angulaires, subangulaires, subarrondis, arrondis ou bien arrondis (voir log ci-dessus).

Formations / Unité stratigraphique (si connus – ajouter des codes basés sur la nomenclature stratigraphique locale)

Un géologue ou foreur expérimenté serait en mesure d'identifier les unités stratigraphiques. Toutefois il est important de faire une différence entre l'observation et l'interprétation. Ainsi, les données brutes (ci-dessus) et leurs interprétations doivent être enregistrées.

8. Analyse de la qualité de l'eau (paramètres critiques et normes)*			Niveau maximum permis selon les normes/lignes directrices nationales ou lignes directrices de l'OMS (OMS 2008)
No. de Référence du puits / forage:			
Paramètres	Unité	Concentration	
PHYSIQUE			
Couleur	mg/l Pt (TCU)		
Odeur			
Goût			
Température	Celsius		
Turbidité	NTU		
Conductivité électrique	µS/cm		
CHIMIQUE			
Chlorure (Cl ⁻)	mg/l		
Sulfate (SO ₄ ²⁻)	mg/l		
Nitrate (NO ₃ ⁻)	mg/l		
Fluorure (F ⁻)	mg/l		
Sodium (Na ⁺)	mg/l		
Potassium (K ⁺)	mg/l		
Calcium (Ca ²⁺)	mg/l		
Magnésium (Mg ²⁺)	mg/l		
Arsenic (As)	µg/l		
Fer (Fe)	mg/l		
Manganèse (Mn)	mg/l		
Nitrite (NO ₂ ⁻)	mg/l		
Nitrate (NO ₃ ⁻)	mg/l		
pH			
Solides totaux dissouts (TDS)	mg/l		
Microbiologique			
Coliformes thermo-tolérants (E. Coli)	Nombre/100ml		
Coliformes fécaux	Nombre/100ml		
Nombre total de coliformes	Nombre/100ml		

* En référence aux normes/lignes directrices nationales sur la qualité d'eau potable ou les valeurs guide de l'OMS (OMS 2008) pour la liste des paramètres principaux.

Références et documents à lire

- Adekile, D and Kwei, C. 2009. *The Code of Practice for Cost-Effective Boreholes in Ghana – Country Status Report*, Consultancy Report for RWSN/UNICEF. Disponible sur: <http://www.rwsn.ch/documentation/skatdocumentation.2010-06-21.6150611965>
- Adekile, D and Olabode O. 2008. *Study of Study of Public and Private Borehole Drilling in Nigeria*. Consultancy Report for UNICEF Nigeria Wash Section. Disponible sur: <http://www.rwsn.ch/documentation/skatdocumentation.2009-11-16.3173940374>
- American Society for Testing of Materials. 2000. *Standard Practice for Description and Identification of Soils*, ASTM D2488 - 09a.
- Armstrong, T. 2009. *The Code of Practice for Cost-Effective Boreholes in Zambia – Country Status Report*, Consultancy Report for RWSN/UNICEF. Disponible sur: <http://www.rwsn.ch/documentation/skatdocumentation.2009-11-16.1437220814>
- Ball, P. 2004. *Solutions for Reducing Borehole Costs in Africa*. Field Note RWSN/WSP.
Disponible sur: <http://www.rwsn.ch/documentation/skatdocumentation.2005-11-15.2916688092>
- British Standards Institution. 1999. Code of Practice for site investigations. British Standard BS 5930.
- British Standards Institution. 2003. *International Standard: Hydrometric determinations - Pumping tests for water wells – Considerations and guidelines for design, performance and use*, Incorporating Amendment No.1. BS ISO 14686:2003
- Carter, RC. 2006. *Ten-step Guide Towards Cost-effective Boreholes*. Field Note RWSN/WSP.
Disponible sur: <http://www.rwsn.ch/documentation/skatdocumentation.2007-06-04.5352691802>
- Danert, K. 2009. *Learning from UNICEF's Experiences of Water Well Drilling*, UNICEF Internal Document
- Duffau, B. and Ouedraogo, I. 2009. *Optimisation du Cout des forages – Raport de Mission*, Consultancy Report for RWSN/UNICEF.
- Federal Republic of Nigeria/National Water Resources Institute. 2009. *National Code of Practice for Water Well Construction in Nigeria*, National Water Resources Institute, Kaduna, Nigeria
- MacDonald, A, Davies, J, Calow R and Chilton J. 2005. *Developing Groundwater. A guide for Rural Water Supply*, ITDG Publishing
- Missteat, B, Banks, D and Clark L. 2006. *Water Wells and Boreholes*. Wiley.
- RWSN 2010. *The Myths of the Rural Water Supply Sector*, RWSN Perspectives No. 4, Rural Water Supply Network, Switzerland.
Disponible sur: <http://www.rwsn.ch/news/documentation/skatdocumentation.2009-07-27.8158674790>
- SADC 2001. *Guidelines For the Groundwater Development in the SADC Region*, Southern African Development Community (SADC) Water Sector Coordination Unit (WSCU) Disponible sur: http://www.sadc-groundwater.org/upload/file_304.pdf
- University of Wisconsin. 2010. *Grain Size Chart*, Disponible sur: <http://www4.uwm.edu/course/geosci697/sections/grainsize%20comp.jpg>
- Waterlines 1995. *Technical Brief No. 43 Simple Drilling Methods*, Waterlines Vol. 13 No. 3, January 1995.
Disponible sur: <http://www.lboro.ac.uk/well/resources/technical-briefs/43-simple-drilling-methods.pdf>
- WHO 2008. *Guidelines for Drinking Water Quality*, Incorporating First and Second Addenda to Third Edition, Volume 1 Recommendations, World Health Organisation, Geneva, Switzerland.
Disponible sur: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/en/index.html

Auteurs et réviseurs

Kerstin Danert, Tom Armstrong, Dotun Adekile, Bruno Duffau, Inoussa Ouedraogo and Clement Kwei sont les co-auteurs du Code de bonnes pratiques pour la réalisation de forages. Le document a été évalué par Peter Harvey (UNICEF), Ron Sloots (WE Consult), Richard Carter (WaterAid), John Chilton (British Geological Survey), Oliver Taylor (consultant à Practical Action), Alison Parker (Université de Cranfield) et les membres de la National Ground Water Association (NGWA). Le processus de révision a été soutenu par DEW Point, le Centre de Ressources de Développement pour l'Environnement, l'Eau et l'Assainissement financé par le Département pour le Développement International (DFID) du Royaume Uni et la National Ground Water Association (NGWA).

Contact



Le Réseau pour l'Approvisionnement en Eau en Milieu Rural (RWSN) est un réseau mondial de connaissances pour la promotion de pratiques saines d'approvisionnement en eau en milieu rural

Secrétariat RWSN
Fondation SKAT
Vadianstrasse 42
CH-9000 St.Gallen
Suisse

Phone: +41 71 228 54 54
Fax: +41 71 228 54 55
Courriel: ruralwater@skat.ch
Web: www.rural-water-supply.net

Mécénats et Partenaires



Ce document a été rédigé sous l'égide du Dr Kerstin Danert de Skat, superviseur du projet financé par l'UNICEF/USAID pour élaborer un Code de bonnes pratiques pour la réalisation de forages. Le projet comprenait un examen de l'implication historique de l'UNICEF dans la construction de forages, suivi d'études nationales au Burkina Faso, au Ghana et en Zambie. Les travaux en cours pour l'élaboration de protocoles nationaux sur les forages, pour une meilleure compréhension du secteur des forages et pour la professionnalisation des entreprises privées de forages au Burkina Faso, Ghana, Niger, Nigeria, Soudan, Ethiopie, et Ou-ganda ont servi de base pour cette étude.

Le code de bonnes pratiques pour la réalisation de forages a été officiellement approuvé par Institut Fédéral Allemand pour les Géosciences et Ressources Naturelles (BGR).



Approuvé par la National Ground Water Association (USA) comme document contributif utile.

ISBN: 978-3-908156-43-7