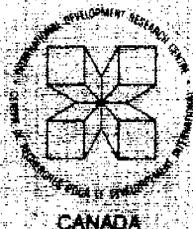




CIB



232.2 5 1

Pompes à Main

Questions relatives aux programmes
d'approvisionnement en eau des
collectivités rurales

25

Documents techniques

232-2-90p0

CIR CENTRE INTERNATIONAL DE L'EAU ET L'ASSAINISSEMENT

Le CIR contribue à la génération et au transfert de connaissances et à l'échange d'informations techniques, dans le but d'améliorer l'approvisionnement en eau et l'assainissement dans les pays en développement. Il s'agit, en priorité, de résoudre les problèmes courants par des méthodes innovatrices. Les groupes cibles sont ici les personnels chargés de la planification, de la mise en place, de la gestion, de l'entretien et de l'utilisation des installations d'adduction d'eau dans les zones limitrophes rurales et urbaines.

Le centre travaille en collaboration avec des partenaires dans des pays en développement, des agences des Nations Unies, des organismes bailleurs de fonds et des organisations non-gouvernementales. Son personnel multidisciplinaire conduit des programmes de recherche et de démonstration, exécute des évaluations, prodigue des conseils, forme les personnels, publie des documents et favorise l'échange d'informations générales.

Tout en combinant des aspects techniques, socio-culturels, organisationnels et économiques de l'approvisionnement en eau et de l'assainissement, les activités du centre englobent la participation communautaire et notamment le rôle des femmes, l'éducation pour l'hygiène, les technologies appropriées, l'exploitation et l'entretien, la gestion financière au niveau de la collectivité et le développement de l'échange d'informations techniques.

Le CIR est une organisation indépendante à but non lucratif, centre collaborant de l'OMS pour l'approvisionnement en eau collective et l'assainissement auquel le gouvernement néerlandais, le PNUD, l'UNICEF et la Banque mondiale apportent leur soutien.

Pour plus de renseignements, s'adresser au:

CIR
B.P. 93190
2509 AD La Haye
Pays-Bas

Téléphone: +31-70-33 141 33
Télécopieur: +31-70-38 140 34
Télex: 33296 irc nl
Câble: Worldwater, La Haye

Pompes à main

Pompes à main: Questions relatives aux programmes d'approvisionnement en eau des collectivités rurales. CIR; CRDI. Titre original Handpumps: issues and concepts in rural water supply programmes (1988). La Haye: CIR, Centre international de l'eau et de l'assainissement, 1990. -XIV, 202 p., fig., tab.- (Document technique no 25) - Comprenant des références, une bibliographie sélectionnée et 4 annexes.-ISBN 90-6687-014-1

Résumé

Cette monographie porte sur les pompes à main et sur les programmes d'approvisionnement en eau faisant appel à cette technologie adressés aux collectivités rurales. L'étude des aspects techniques traite de l'utilisation judicieuse des cinq types de pompes à main les plus courants et des derniers développements en matière de conception et de fabrication, en mettant en relief le rôle des matières plastiques. L'entretien et la fabrication au niveau local et le contrôle de la qualité reçoivent une attention particulière. Diverses méthodes de construction des puits de même que la sélection des emplacements pour ces derniers sont passées en revue. Les conditions nécessaires pour l'installation des divers types de pompes à main sont également examinées à la lumière de la technologie utilisées pour le radier. Toutes ces questions techniques s'inscrivent dans le contexte de la planification et de la mise en oeuvre de programmes d'approvisionnement en eau permettant une utilisation durable des installations. La participation de la collectivité à toutes les phases du projet, au choix de la technologie, à la planification et à la mise en oeuvre des projets, et à l'organisation de l'entretien notamment, apparaît comme le facteur-clé. Enfin, l'étude aborde divers modes d'organisation et de financement des systèmes d'approvisionnement à l'aide de pompes à main.

Mots-clés : pompes à main/ technologie/ planification/ prise de décisions/ participation de la collectivité/ construction du puits/ sélection de l'emplacement/ entretien/ coûts de l'entretien/ production locale/.

Copyright © 1990.

Le CIR et le CRDI sont les propriétaires des droits d'auteur du présent document, en vertu des dispositions du Protocole no 2 de la Convention Universelle pour la Protection des Droits d'Auteur et de tout autre protocole prévu par les lois d'autres pays. Toutefois, permission est en l'occurrence accordée pour la reproduction de ce document, en partie ou en totalité, à des fins éducatives, scientifiques ou liées au développement excepté celles impliquant des ventes commerciales, pourvu que (a) la source soit citée dans son intégralité et que (b) le CIR en soit prévenu par écrit.

TABLE DES MATIERES

	Page
Préface	xi
1. Introduction	1
1.1 Avantages des pompes à main pour l'approvisionnement en eau	2
1.2 Problèmes et limites des pompes à main	6
1.3 Derniers développements	10
2. Technologie des pompes à main	15
2.1 Types de pompes à main	15
2.2 Utilisation des pompes à main	20
2.3 Progrès technologiques	26
3. Planification de la viabilité	33
3.1 Buts de la planification	34
3.2 Etudes de faisabilité	36
3.3 Priorités du programme	46
3.4 Niveau de service et choix technologique	47
3.5 Suivi-évaluation	56
4. Prise de décisions avec la collectivité	61
4.1 L'étape de planification préliminaire	62
4.2 Planification des projets	67
4.3 Exécution	75
4.4 Entretien de la pompe	78
4.5 Recouvrement des coûts	83
5. Emplacement et construction des puits	87
5.1 Types de puits	88
5.2 Emplacement des puits	101
5.3 Conditionnement d'un puits	105
6. Installation de la pompe à main	109
6.1 Types et degrés de complexité des pompes à main	109
6.2 Construction du radier	115
6.3 Dossiers des installations	120

7.	Entretien de la pompe	121
7.1	Les différents échelons de l'entretien	123
7.2	Systèmes d'entretien	125
7.3	Besoins en matière d'entretien	128
7.4	Besoins en main-d'oeuvre et en formation	136
7.5	Coûts et financement	140
7.6	Répercussions au niveau organisationnel	144
8.	Fabrication locale	147
8.1	Contrôle de la qualité	150
8.2	Fabrication de pompes en fonte	152
8.3	Construction en acier soudable	154
8.4	Pompes à main faites d'éléments de tuyau standard	157
8.5	Pompes et éléments de pompe en matière plastique	157
8.6	Fabrication des pompes à main par les artisans des villages	162

	Références et bibliographie sélectionnée	164
--	---	------------

Annexes

I.	Approvisionnement en eau des collectivités: L'option "pompes manuelles" - Exposé succinct	171
II.	Estimation des débits de pompes alternatives	183
III.	Recherche et développement en matière de pompes à main	192
IV.	Comparaisons des coûts	198

Liste des tableaux

Tableau 3.1	Exemple des besoins en pompes à main
Tableau 4.1	Quelques caractéristiques de la formation d'une organisation regroupant les utilisateurs de l'eau
Tableau 4.2	Critères de sélection des responsables de l'entretien des pompes et des réparateurs régionaux
Tableau 4.3	Principales questions portant sur le financement de l'entretien à discuter au cours de la prise de décisions par le village
Tableau 7.1	Exemple de liste de tâches pour un responsable de pompe de village
Tableau 7.2	Personnel d'entretien pour 10.000 pompes à main, au Bangladesh (responsables de l'entretien des pompes non compris)

Tableau 8.1	Dotation en personnel de l'atelier de mécanique (pour une production hebdomadaire de 20 à 40 pompes)
Tableau 8.2	Spécifications des éléments constituant de la fonte en gueuses (fourchette de pourcentages admissibles)
Tableau 8.3	Besoins d'un atelier de mécanique en vue d'une production mensuelle de 20 pompes à main
Tableau II.1	Hauteur d'aspiration maximale admissible pour des pompes aspirantes de bonne qualité, à différentes altitudes
Tableau III.1	Directives pour l'utilisation de tuyaux de refoulement et de tiges de pompe en acier galvanisé dans des pompes à main, dans des conditions corrosives (le pH étant pris comme indice de corrosion)
Tableau IV.1	Facteurs d'actualisation
Tableau IV.2	Facteurs d'annuité
Tableau IV.3	Facteurs de recouvrement des coûts
Tableau IV.4	Données de comparaison des coûts pour trois pompes à main

Liste des figures

Figure 1.1	S'ils sont dotés d'une formation appropriée, les villageois responsables de l'entretien peuvent influencer considérablement sur les coûts et la fiabilité des pompes à main
Figure 1.2	La pompe de Ctésibius (Source : Eubanks, 1971)
Figure 1.3	La pompe à pied permet d'utiliser efficacement la force des muscles des jambes
Figure 1.4	Au cours d'essais sur le terrain menés par le projet PNUD/Banque mondiale, ce sont les joints de piston qui devaient être remplacés le plus souvent (Banque mondiale, 1987)
Figure 1.5	Des coussinets en plastique équipent déjà le bras de certaines pompes à mains (photo PNUD/Banque mondiale)
Figure 1.6	Les pompes à commande directe viennent souvent remplacer les pompes aspirantes; elles peuvent être utilisées pour des profondeurs de 12 m ou plus (photo CRDI)
Figure 2.1	La terminologie désignant les différents composants des pompes à main peut varier d'une publication à l'autre. Les schémas ci-dessus illustrent la nomenclature utilisée dans le présent document
Figure 2.2	La commande par volant peut remplacer le levier traditionnel
Figure 2.3	L'entretien des pompes à diaphragme est relativement simple, mais le remplacement du diaphragme est onéreux
Figure 2.4	Les pompes à chapelet hydraulique permettent d'utiliser au maximum les matériaux locaux. Elles se prêtent surtout aux faibles hauteurs d'élévation et conviennent à de petits groupes d'utilisateurs. (photo Consultants WASTE)

- Figure 2.5 Le rendement de la pompe et le positionnement du cylindre dépendent du rapport entre le niveau statique de l'eau et le niveau de pompage
- Figure 2.6 Dans la photographie du haut, le bras est trop bas: son utilisation est inconfortable. Par contre, sur l'autre photographie, il est nettement trop haut. Une hauteur de 1 m environ au-dessus du sol semble être la plus appropriée (Source: OMS/SEARO: 1976)
- Figure 2.7 Le levage d'une colonne de tubage d'un puits profond peut dépasser la capacité des responsables de pompes locaux. (photo UNICEF)
- Figure 2.8 Les cylindres ouverts simplifient le remplacement des joints des pompes pour puits profonds
- Figure 2.9 La galvanisation n'offre pas une protection suffisante contre des eaux souterraines corrosives (photo Banque mondiale)
- Figure 2.10 Grâce à une conception simple et à l'utilisation maximale des matériaux locaux, la pompe à main Sarvodaya SL5 est fabriquée et assemblée dans des ateliers aux niveaux des régions et des villages, au Sri Lanka (photo CRDI)
- Figure 3.1 Pompes à main prêtes à être installées. Grâce à une bonne planification, les stocks de matériels seront disponibles à l'avance, sans assujettir pour autant la collectivité à une technologie en particulier (photo CRDI)
- Figure 3.2 Les enquêtes dans les villages échantillons permettent de dresser un tableau de la zone du projet
- Figure 3.3 Une présentation graphique des données de l'étude peut en simplifier la compréhension
- Figure 3.4 Environ la moitié des puits installés dans le cadre d'un programme en Guinée-Bissau ont été équipés de systèmes avec seau et corde parce que les villageois estimaient que l'entretien de pompes à main était trop risqué (CIR, 1982)
- Figure 3.5 Les attentes sont parfois longues lorsque trop d'utilisateurs s'approvisionnent à la même pompe. Cela risque de les inciter à revenir à d'autres sources polluées
- Figure 4.1 Les enquêtes sur les villages doivent viser tous les groupes au sein de la collectivité
- Figure 4.2 Des incitateurs qualifiés doivent expliquer clairement quelles sont les responsabilités de la collectivité ainsi que les avantages découlant d'un approvisionnement en eau amélioré (photo CRDI)
- Figure 4.3 Les messages d'éducation et de formation doivent être simples et directs; ils doivent privilégier l'utilisation d'illustrations et de la langue locale (photo CRDI)
- Figure 5.1 Puits caractéristiques creusés dans le cadre du projet Buba-Tombali en Guinée-Bissau

- Figure 5.2 Le forage télescopique se fait en plusieurs étapes:...
- Figure 5.3 A gauche: Injection vers le bas. Il est à remarquer que l'eau est poussée à la fois dans la sonde à jet et le tubage de puits. A droite: Gravier filtre. Le sable à gros grains (A) s'enfonce à travers la colonne montante d'eau tandis que le sable fin et le limon (B) sont ramenés à la surface
- Figure 5.4 A l'aide d'un matériel très simple, on peut creuser des trous de 50 m de profondeur en quelques heures seulement (photo Richard Cansdale)
- Figure 5.5 Une tour de forage à outillage par câble (en haut) et une tour de forage rotatif à grande vitesse (en bas)
- Figure 5.6 Au Sri Lanka, les villageois savent situer les puits là où l'eau souterraine est abondante grâce à la présence de types de végétation particuliers
- Figure 5.7 Des pompes d'irrigation comme celle-ci en Guinée-Bissau peuvent abaisser le niveau de l'eau et mettre à sec les puits équipés de pompes à main
- Figure 5.8 Un puits bien conditionné dure plus longtemps
- Figure 5.9 Conditionnement d'un puits à l'aide d'un plongeur de pistonage
- Figure 6.1 Quelques étapes de l'installation d'une pompe à main
- Figure 6.2 Exemple illustrant sous forme de caricature amusante les différents degrés de complexité des installations de pompe à main (tiré d'une brochure montrant les avantages de la pompe Afridev)
- Figure 6.3 Il est essentiel de concevoir adéquatement le radier pour prévenir les situations insatisfaisantes du point de vue sanitaire
- Figure 6.4 Modèle de radier pour puits creusé à la main
- Figure 6.5 Un écoulement adéquat est essentiel et il est nécessaire de prévoir une fosse d'infiltration pour éviter les problèmes d'ordre sanitaire
- Figure 6.6 Il est plus efficace d'utiliser du sable ou des feuilles humides pour faire durcir le béton que ces sacs non mouillés. Il est essentiel de garder le béton humide pendant quelques jours pour qu'il durcisse convenablement
- Figure 7.1 L'entretien de la pompe à main SL5 de Sarvodaya, fabriquée entièrement dans des ateliers de villages au Sri Lanka, ne requiert aucune intervention externe
- Figure 7.2 Les services d'équipes d'entretien mobiles coûtent cher et il devient impossible de faire appel à elles pour l'entretien régulier
- Figure 7.3 Le remplacement des joints est l'opération d'entretien la plus fréquente
- Figure 7.4 L'état de propreté des environs de la pompe peut être amélioré par la mise en place d'une clôture

- Figure 7.5 Certificat de responsable de l'entretien d'une pompe à main émis par la Commission d'approvisionnement en eau et de drainage du Tamil Nadu, en Inde
- Figure 7.6 Un mécanicien équipé d'un outillage élémentaire et d'une bicyclette peut effectuer la plupart des opérations de révision que requièrent les pompes à main modernes
- Figure 8.1 Inspection préalable à la livraison des pompes India Mark II
- Figure 8.2 Aménagement type d'une fonderie (source: Battelle Memorial Institute)
- Figure 8.3 Femmes travaillant sur un tour
- Figure 8.4 Pompes faites à partir d'éléments de tuyau standard, utilisées en Thaïlande (à gauche) et en Zambie (à droite)
- Figure 8.5 Le modèle de pompe ci-contre, dont les éléments sont en bambou, est l'oeuvre d'artisans de l'Ouest Java (source : DTC-ITB, Bandung, Indonésie)
- Figure II.1 Volume d'eau déplacé par un piston dans le cylindre d'une pompe
- Figure II.2 Détermination de la hauteur de charge statique
- Figure II.3 Variations de la contrainte exercée sur la tige de pompe

Préface

Depuis la publication, en 1977, du Document technique no. 10, précédent rapport du CIR faisant le point sur les pompes à main, des progrès considérables ont été réalisés en recherche et en développement relatifs aux pompes à main et au niveau des méthodes employées pour l'approvisionnement en eau des collectivités dans les pays en développement. Le CIR et le Centre de recherches pour le développement international (CRDI) ont donc accepté de mettre leurs ressources en commun et de produire une nouvelle publication inspirée de ce précédent rapport.

L'important projet d'études des pompes à main financé par le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD) et exécuté par la Banque mondiale a constitué une source majeure d'informations récentes. Ce projet a permis de mettre en évidence les performances d'un grand nombre de pompes testées en laboratoire et sur le terrain. Parmi ses conclusions figuraient des lignes directrices permettant la sélection de pompes à main adaptées à la plupart des conditions susceptibles d'exister dans les pays en développement. Ces conclusions ont été publiées en mai 1987 par la Banque mondiale dans le rapport *Approvisionnement en eau des collectivités: l'option "pompes manuelles"*. On en trouvera un exposé succinct à l'annexe I du présent document. Une des principales conclusions de cet ouvrage est que les pannes des pompes à main sont à imputer surtout au fait qu'un entretien adéquat n'est pas prévu pour après leur installation.

Le projet conjoint PNUD/Banque mondiale a retenu le sigle EENV (exploitation et entretien au niveau du village, par la suite élargi à la notion de *gestion* de l'entretien) dans le but de faire ressortir le rôle que les collectivités devraient jouer dans l'entretien de leurs pompes à main. Le document de la Banque mondiale traite les points suivants de manière approfondie:

- . le concept de l'EENV;
- . la technologie des pompes à main; l'évaluation de 42 pompes et la présentation d'informations sommaires sur 27 autres; et
- . les facteurs pouvant influencer sur le fonctionnement des pompes sur le terrain.

Parallèlement aux efforts du programme PNUD/Banque mondiale, d'autres organismes ont également apporté leur contribution. A preuve l'UNICEF a stimulé le développement de la production locale de pompes à main, en collaboration avec le gouvernement indien. On ne saurait passer sous silence

le soutien de plusieurs organismes bailleurs de fonds et du CRDI, qui ont aidé les chercheurs des pays en développement à étudier des questions importantes, dont :

- . l'utilisation de nouveaux matériaux comme les plastiques;
- . l'amélioration de la conception des pompes;
- . la fabrication et l'entretien au niveau local; et
- . l'élaboration de stratégies visant à favoriser la participation de la collectivité et son acceptation des installations.

Depuis peu, le CRDI contribue à l'établissement d'un centre local de formation en recherche sur les pompes à main, à l'Université de Malaisie, à Kuala Lumpur. Un volet du projet portera diverses options de fabrication locale des pompes à main.

Une réunion qui s'est tenue à Bangkok, en Thaïlande, au mois d'octobre 1986, a fait le point de l'avancement des deux premières phases du programme dont le CRDI est le promoteur. Le CRDI a publié en août 1987 les délibérations de cette réunion: les développements affectant les pompes à main au Sri Lanka, en Éthiopie, en Malaisie, en Thaïlande, en Indonésie et aux Philippines en y sont présentés ainsi qu'une étude de la technologie des matières plastiques (CRDI, 1987).

Cette mise à jour du Document technique du CIR met l'accent sur les *approches* employées dans l'approvisionnement en eau des collectivités par des pompes à main, méthodes qui peuvent garantir que le système ainsi élaboré sera le mieux à même de satisfaire les besoins des utilisateurs et sera mis en oeuvre et entretenu avec succès.

Les grands thèmes du document sont la planification, la préparation et la mise en oeuvre des projets et les moyens de s'assurer que l'ensemble des collectivités rurales participent, dès le début, aux décisions quant au choix, à l'utilisation et à l'entretien de leurs systèmes d'approvisionnement en eau. De ce point de vue, le présent document vient compléter la publication de la Banque mondiale. Le CIR tient à exprimer sa plus grande reconnaissance à MM. Saul Arlosoroff, David Grey et à leurs collègues du projet PNUD/Banque mondiale sur les pompes à main pour leur soutien et leur collaboration; grâce à eux, ce document technique complète l'ouvrage publié conjointement par le PNUD et la Banque mondiale, au lieu de faire double emploi avec celui-ci.

Le Document technique n 25 a été rédigé spécialement à l'intention du personnel des programmes, des planificateurs et des décideurs qui s'intéressent aux technologies progressives à faible coût, susceptibles d'assurer

un approvisionnement en eau saine et adaptée aux besoins des collectivités des régions rurales et de la périphérie des villes dont les revenus sont limités. Le document pourra également intéresser le personnel de gestion des projets car il examine l'incorporation des activités techniques, dans un programme de développement plus large et une situation de progrès socio-économique, et l'intégration d'activités de "logiciel" (consultation et organisation de la collectivité, éducation sanitaire, formation) dans l'ensemble du programme. Les recommandations de cet ouvrage sont nécessairement de caractère général; aussi s'agit-il avant tout d'un outil permettant l'élaboration de manuels pour la mise en oeuvre de projets ou de programmes spécifiques, et non pas d'un manuel en soi.

M. Jan Teun Visscher et Mme Christine van Wijk, du CIR, et M. Brian Appleton, rédacteur technique, ont élaboré le présent document. De même, M. Donald Sharp, du CRDI, a contribué largement à sa préparation.

Les informations qui ont servi à la préparation du Document technique n 25 ont été compilées pendant de nombreuses années à partir de nombreuses sources. A cet égard, il conviendrait de mentionner tout particulièrement la contribution inestimable de M. Eugene McJunkin à la préparation du Document technique no 10. M. Ebbo Hofkes, ex-employé du CIR, et M. Chong KahLin, consultant auprès du CRDI, méritent aussi tous nos remerciements de par leur travail. Les activités de recherche et de rédaction ont bénéficié du soutien du Centre de recherches pour le développement international.

Le CIR souhaiterait également remercier les personnes suivantes pour leur précieux travail de révision des ébauches du présent document: M. M. Beyer, Mme V. Curtis, M. D. Donaldson, M. C. Glennie, Prof. Goh Sin Yau, M. N. Greenacre, Mme J. Harnmeijer, M. A. Karp, Mme S. Melchior, M. T. Orum, Prof. E. Schiller, MM. G. Schultzberg, R. Talbot, C. Wang, M. Woodhouse et F. Wright.



Figure 1.1 S'ils sont dotés d'une formation appropriée, les villageois responsables de l'entretien peuvent influencer considérablement sur les coûts et la fiabilité des pompes à main.

1. Introduction

En 1987, la Banque mondiale estimait que l'approvisionnement en eau souterraine à l'aide de pompes à main constituerait un bon choix technologique pour plus de la moitié des 1,8 milliard d'habitants des zones rurales et de la périphérie des villes des pays en développement dont les systèmes d'alimentation en eau devront être améliorés d'ici la fin du siècle. Or, dans beaucoup d'endroits de par le monde, près de la moitié des pompes à main installées sont hors service à un moment quelconque. Il est probable que les pompes à main sont une solution de simplicité, de fiabilité et qu'elles sont caractérisées par un faible coût. Si l'on veut profiter au maximum de ces avantages potentiels, il importe de tirer des leçons des échecs et des succès passés.

Les études des dernières années sur les pompes à main concluaient généralement que les pannes et le mauvais fonctionnement des pompes sont dus principalement à un entretien insuffisant. On peut citer d'autres causes: mauvaise conception et construction du puits, d'où une infiltration du sable dans les organes de pompage et, par voie de conséquence, une usure prématurée des éléments essentiels; utilisation d'une technologie inappropriée; définition d'un niveau de service inadéquat; installation de la pompe à un endroit ou à une profondeur ne convenant pas; et, plus particulièrement, absence de participation de la part de la collectivité à la sélection et à la mise en oeuvre du projet.

La formule pour assurer la réussite des projets à l'avenir: s'efforcer de traiter les questions relatives à l'organisation et à l'exécution des programmes d'approvisionnement en eau collective d'une manière "intégrée". On a fait valoir la nécessité d'inciter tous les membres de la collectivité, et surtout les femmes, en leur donnant les moyens qu'il faut, à jouer un rôle actif dans toutes les phases du projet (CRI 1985, CRDI 1987).

Ainsi, à long terme, les utilisateurs devraient pouvoir assumer le contrôle de l'entretien de leurs pompes à main, tandis que les organismes centraux se limiteront à fournir des conseils et un appui technique, et laisseront la propriété et la gestion des pompes à une organisation villageoise équipée à cet effet. Cela ne signifie pas pour autant que le travail d'entretien sera toujours laissé aux villageois eux-mêmes, bien qu'il existe de plus en plus de cas où l'entretien au niveau du village s'est révélé à la fois économique et efficace. Non, cela veut dire plutôt que, même lorsque les pompes sont entretenues par des mécaniciens étrangers au village, c'est la collectivité qui

assure la sélection et le paiement de ces derniers. A cet égard, le projet PNUD/Banque mondiale a retenu l'expression *exploitation et entretien au niveau des villages* (EENV), dont l'élément entretien a, par la suite, été élargi à la notion de "gestion de l'entretien", dans le but d'accentuer ce rôle important qui incombe à la collectivité. Cette nouvelle approche a des répercussions importantes sur la planification et la réalisation des projets.

1.1 Avantages des pompes à main pour l'approvisionnement en eau

Voilà des siècles que l'eau est pompée mécaniquement; aussi une grande variété de dispositifs de pompage manuel ont-ils été mis au point pour satisfaire des besoins distincts.

Certaines pompes à main de fabrication artisanale auraient été en service pendant plus de 2000 ans; on estime que c'est le physicien Ctésibius qui aurait inventé la première pompe de fabrication industrielle, vers 275 av. J.-C. (Eubanks, 1971). Ce dispositif servait principalement à pomper l'eau des navires.

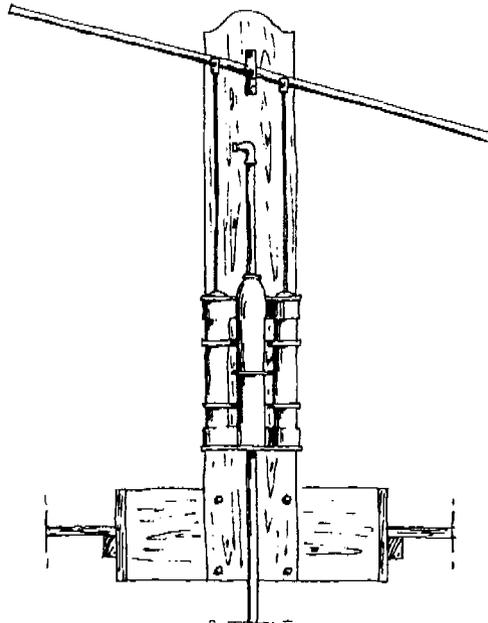


Figure 1.2 La pompe de Ctésibius (Source : Eubanks, 1971).



Figure 1.3 La pompe à pied permet d'utiliser efficacement la force des muscles des jambes.

Energie humaine

De nos jours, la force musculaire de l'homme reste, dans beaucoup de collectivités rurales, la source d'énergie la plus disponible et la plus fiable lorsqu'il s'agit de pomper l'eau. Pourvu que la nappe phréatique ne se trouve pas à plus de 45 m de la surface, il suffit d'une ou deux pompes à main pour approvisionner adéquatement une petite collectivité en eau potable et à usage domestique.

Ce sont les femmes et les enfants qui vont le plus souvent puiser l'eau et, bien qu'ils soient disposés à conjuguer leurs efforts lorsque la nappe est basse, en saison sèche, la pompe doit être conçue pour qu'une femme seule soit en mesure de l'actionner confortablement, pendant la majeure partie de l'année. Avec un effort équivalant à une force de 40 à 50 W et une pompe présentant un rendement de 50 %, le débit obtenu devrait être de 12 l/min environ, si la nappe phréatique est à 10 m de profondeur, et de 6 l/min environ si la nappe est à 20 m. Le nombre de personnes pouvant être alimentées par une même pompe dépend de la capacité de débit de l'installation. Il est généralement recommandé de maintenir le nombre d'utilisateurs prévus par pompe au-dessous de 250, voire même de 200. Il existe en réalité des situations où ce nombre est nettement plus important, mais les pompes sont alors plus fortement sollicitées et leur entretien doit être effectué de façon systématique si l'on veut qu'elles assurent un approvisionnement fiable. De plus, si le temps d'attente à la pompe est trop long, les utilisateurs potentiels retourneront à leurs anciennes sources d'approvisionnement non satisfaisantes.

Souvent, les utilisateurs consentent à produire un effort accru si la pompe leur fournit plus d'eau à chaque fois qu'ils en actionnent le levier et leur permet ainsi de remplir leurs récipients rapidement (Banque mondiale, 1987). On constate à cet égard que l'ergonomie de l'installation joue un rôle très important. Il est essentiel d'adapter les pompes aux groupes spécifiques d'utilisateurs - les femmes et les enfants en général - et d'éviter que ceux-ci aient à adopter une position penchée ou gaspillent leur énergie pour s'en servir. Chez l'être humain, ce sont les muscles des jambes qui sont les plus gros et les plus puissants; à l'aide d'un mécanisme d'entraînement à pédale, une personne en bonne santé peut développer sans trop d'efforts une puissance équivalente à 100 W pendant plusieurs heures. Cependant, les pompes à pied peuvent ne pas être acceptables dans certaines sociétés ou chez une catégorie particulière d'utilisateurs, comme les femmes enceintes. De plus, il existe actuellement très peu de pompes à pied qui soient fiables.

Avantages de l'eau souterraine

L'eau souterraine, utilisée comme source domestique, bénéficie d'une protection naturelle contre la contamination, ce qui lui donne un avantage énorme par rapport à l'eau de surface. La capacité de la plupart des nappes aquifères suffit aisément à assurer les débits relativement faibles que nécessite une pompe à main durant l'année, ce qui élimine le besoin d'utiliser des réservoirs ou des citernes de stockage. En outre, il est généralement possible d'aménager ainsi les puits près des villages, et d'offrir aux habitants une source d'approvisionnement d'accès facile. La reconnaissance accrue de ces avantages incite à juste titre les planificateurs de l'approvisionnement en eau à favoriser les projets d'alimentation en eau souterraine là où ils sont réalisables.

Néanmoins, il n'est pas souhaitable de promouvoir l'utilisation de l'eau souterraine comme source d'approvisionnement sans en mesurer les risques. L'expérience a montré que cette eau n'est pas sans présenter certains inconvénients. Une forte teneur en fer peut, par exemple, en altérer le goût et l'odeur et tacher de façon désagréable la lessive et les ustensiles de cuisine. Dans certaines régions, le chlorure ou le fluor peuvent rendre l'eau insalubre ou lui donner un goût désagréable. De plus, les eaux souterraines proches de la surface sont toujours menacées par la contamination bactériologique, particulièrement à la périphérie des zones urbaines, et des précautions doivent être prises pour maintenir la qualité de l'eau. Autre découverte importante: le projet PNUD/Banque mondiale a permis de démontrer que les eaux souterraines corrosives sont plus répandues et plus dommageables qu'on ne l'avait estimé, ce qui nécessite un emploi accru de matériaux résistants à la corrosion comme les matières plastiques ou l'acier inoxydable. Par

conséquent, la planification des projets d'implantation de pompes à main suppose, comme condition préalable, une bonne connaissance des caractéristiques de l'eau souterraine et de leurs conséquences.

Simplicité et faible coût

Si l'on vise surtout la viabilité et la possibilité de reproduction à grande échelle des sources d'approvisionnement des zones rurales, celles-ci doivent être abordables et compatibles avec les ressources dont disposent les collectivités villageoises. C'est dans cette catégorie que s'inscrivent des technologies comme le captage et le stockage des eaux de pluie, les bornes-fontaines alimentées par gravité, le traitement localisé des eaux de surface et l'approvisionnement en eau souterraine à l'aide de pompes à main. Chacune de ces technologies a un rôle à jouer lorsque les conditions locales s'y prêtent. Avant de faire un choix définitif, il importe d'étudier leurs possibilités d'implantation, y compris le pompage de l'eau vers des bornes-fontaines ou des robinets installés dans les cours des habitations, et de discuter les conclusions avec les membres de la collectivité.

L'approvisionnement en eau des collectivités par pompes à main coûte entre 10 et 30 \$ environ par habitant et, de ce fait, constitue habituellement une amélioration abordable par rapport aux sources traditionnelles, tout en assurant un niveau de service acceptable, soit de 20 à 30 litres par habitant et par jour (Banque mondiale, 1987). Pourvu que la pompe ait été bien choisie, ces systèmes peuvent être entretenus aisément par des réparateurs du village disposant d'une formation minimale, ou par des mécaniciens de la région opérant dans le secteur privé. Lorsque les utilisateurs participent davantage à l'entretien préventif et aux réparations, les gouvernements peuvent établir plus facilement une structure d'appui à l'entretien, à un coût raisonnable, ce qui libère ainsi des ressources permettant de poursuivre la construction d'autres installations dans des régions qui en sont encore privées. L'existence d'un système d'entretien efficace organisé par la collectivité garantit que les réparations pourront être effectuées promptement et de manière économique, et que, dès lors, le nouveau réseau d'alimentation d'eau restera fiable.

Les pompes à main peuvent être installées sur les forages, les puits creusés à la main ou les puits forés, en fonction du volume des eaux souterraines et du potentiel local en matière de construction de puits. La solution de rechange qu'est le puits protégé, avec corde et seaux, est à retenir seulement lorsque les conditions locales sont telles que même l'entretien simple d'une pompe à main conçue dans le cadre de l'EENV ne pourrait être assuré.

Les perspectives d'améliorations futures rendent la technologie des puits et des pompes à main très adaptable à la croissance des besoins de la collectivité et des niveaux de développement. Partant de la technologie des puits creusés protégés, la collectivité pourra ensuite y ajouter des pompes à main qui apportent une grande protection et sont d'une utilisation plus simple, tout en développant les compétences et les ressources nécessaires en vue d'assurer localement l'entretien et la gestion. Plus tard, la collectivité pourra engager davantage de ressources dans un niveau de service amélioré, ce qui aura plus de chances d'aboutir grâce à l'expérience acquise avec le projet de pompes à main.

1.2 Problèmes et limites des pompes à main

Au cours des 10-15 dernières années, la mise en oeuvre généralisée de programmes d'approvisionnement en eau, destinés aux zones rurales, à l'aide de pompes à main a eu des résultats mitigés. Dans certains pays, la proportion de la population rurale qui a accès à une source d'approvisionnement en eau saine a augmenté de façon appréciable et l'exploitation des installations réalisées a pu rester fiable pendant de longues périodes. Dans d'autres pays par contre, les programmes ont connu moins de succès: à un moment ou l'autre, 50 ou 60 % des pompes à main auraient été hors service. Parmi les problèmes récurrents, il convient de souligner les longues périodes de non-utilisation des pompes en attendant de simples réparations.

Lorsque l'on évalue la fiabilité d'un système collectif d'approvisionnement en eau, il est crucial de prendre en considération l'estimation de la durée d'immobilisation, laquelle équivaut au produit de la fréquence des pannes et de la durée d'indisponibilité de l'installation jusqu'à ce qu'elle soit réparée. A partir du moment où ce temps d'immobilisation dépasse environ 5 % du total de la durée nécessaire d'utilisation de la pompe, la collectivité risque de s'en désintéresser rapidement pour se tourner vers d'autres sources d'approvisionnement. Bien qu'il soit souhaitable que les pannes ne se produisent pas trop souvent, c'est la réduction des délais d'entretien qui a le plus d'impact sur la fiabilité et, par conséquent, sur le degré d'utilisation du système (Banque mondiale, 1987).

Entretien

Même si l'entretien technique des pompes est fondamentalement simple, des enquêtes ont démontré qu'il n'est possible de parvenir à une exploitation satisfaisante à long terme que lorsque les détails sont soigneusement pris en compte planification et de la mise en oeuvre. Dans la réalité, les problèmes d'entretien tiennent bien plus à l'organisation qu'à l'aspect technique du projet.

Un bon entretien et des réparations opportunes sont conditionnés par une série de tâches, des ressources et des pouvoirs de décision à tous les niveaux, du village immédiat jusqu'aux instances nationales. Qu'un seul maillon de la chaîne soit fragile ou absent et l'ensemble du programme d'entretien peut être compromis. Aussi une structure appropriée et financièrement viable de gestion de l'entretien doit-elle être mise au point dès l'étape de la planification.

Du point de vue de la technique, c'est le remplacement des joints de piston, usés ou endommagés, qui constitue le problème d'entretien le plus fréquent. Au cours des essais sur le terrain menés par la Banque mondiale, le remplacement des joints a compté pour 25 % des interventions majeures; de plus, il est à noter que les joints usés doivent être remplacés promptement et d'une manière économique. Ce genre d'entretien ne devrait pas, comme c'est souvent le cas à l'heure actuelle, nécessiter la visite spéciale d'une équipe mobile de mécaniciens qui auront couvert une distance considérable de leur dépôt central à la pompe défectueuse. Ceci est irréaliste: le remplacement d'un joint de 2 \$ ne justifie pas de tels coûts en main-d'oeuvre, en transport et en carburant. Dans certains projets, une méthode moins coûteuse a été retenue, qui consiste à remplacer à intervalles réguliers les joints et autres éléments fragiles. L'entretien périodique présente également d'autres avantages. Tout comme pour l'entretien préventif des véhicules automobiles et des matériels industriels, pour ne mentionner que ceux-là, les pompes peuvent être mises hors service à des dates prévues et pour de courtes durées, ce qui vaut mieux que d'attendre un mécanicien lorsqu'une panne se produit.

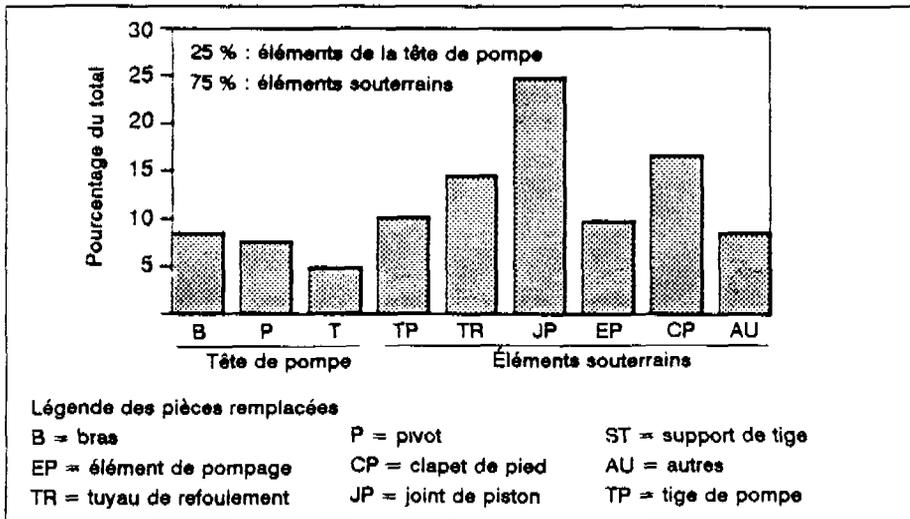


Figure 1.4 Au cours d'essais sur le terrain menés par le projet PNUD/Banque mondiale, ce sont les joints de piston qui devaient être remplacés le plus souvent (Banque mondiale, 1987).

Toutefois, un système prévoyant le remplacement des éléments par un responsable de l'entretien habitant le village ou par un mécanicien local, avec l'assistance des villageois, est nettement préférable. Dans le cas des puits profonds, cela suppose la sélection de pompes à main dont les tiges et le tuyau de refoulement peuvent être enlevés sans appareil de levage lourd, pour permettre le remplacement des joints. Par ailleurs, il faudra former et équiper les mécaniciens en conséquence, et éventuellement les villageois, de manière à ce qu'ils puissent remplacer eux-mêmes les joints et s'assurer aussi que les mécaniciens ou détaillants peuvent procurer facilement des joints de rechange. Un tel système doit être soigneusement planifié en fonction de la densité de pompes et des probabilités concernant les réparations à effectuer. En effet, les mécaniciens qualifiés risquent de se désintéresser s'ils n'ont pas assez à faire et de perdre peu à peu leurs compétences spécialisées.

La normalisation peut influencer de façon appréciable sur les besoins en entretien. La formation des personnes de même que le stockage et la distribution des pièces de rechange seront d'autant plus simplifiés que les directives nationales en matière d'acquisition d'une pompe prévoient le choix d'un seul type de système ou de quelques uns seulement. Il se peut cependant que l'on doive faire des compromis entre le coût d'investissement initial et le niveau optimal de fonctionnement de la pompe pour profiter au mieux de la normalisation. A titre d'exemple, il peut s'avérer rentable d'employer une pompe adaptée en principe aux puits profonds pour les puits peu profonds de régions voisines, plutôt que de choisir une pompe d'un type différent et de multiplier ainsi par deux les besoins en formation et en pièces de rechange. Si le projet prévoit un nombre appréciable de puits profonds et peu profonds, il sera judicieux de retenir seulement deux types de pompes, tout en cherchant à assurer l'interchangeabilité des pièces chaque fois que cela sera possible.

Conception et construction du puits

Le fonctionnement des pompes à main est également tributaire de la qualité de la conception et de la construction du puits. Dans de nombreux cas, la mauvaise localisation de la crépine et du gravier filtre, ainsi que la réalisation incorrecte du puits se sont traduits par l'infiltration de sable, ce qui a entraîné l'usure prématurée des joints d'étanchéité et l'abrasion d'autres pièces importantes. Le bon fonctionnement de nombreuses pompes à main (sauf les pompes hydrauliques à tuyaux souples) est également conditionné par la précision de l'alignement du forage; en effet, tout contact entre les tiges de pompage et le tuyau de refoulement entraîne une diminution des performances de la pompe et son usure prématurée. La remise en état d'un puits obstrué est une opération coûteuse qui dépasse habituellement la compétence des réparateurs du village. Voilà encore une raison pour réaliser le puits avec soin.

Adéquation aux conditions locales

Des différences énormes peuvent exister entre les collectivités d'une même région ou d'une même zone de projet. Certaines sont isolées, d'accès difficile, sont basées sur une économie de subsistance et présentent un tissu social serré, mais elles possèdent peu de connaissances technologiques et une expérience limitée de la gestion des projets de développement. D'autres sont d'importants villages, situés en bordure de route, qui possèdent une économie monétaire et une expérience de l'organisation mais dont la cohésion sociale est moins forte et qui présentent des écarts grandissants entre les divers groupes de population, aux niveaux des revenus et du statut socio-économique. Dans le premier cas, même s'il est techniquement possible d'implanter des pompes à main, celles-ci peuvent s'avérer un mauvais choix car la collectivité risque de ne pas disposer des moyens économiques et matériels suffisants pour en assurer un entretien fiable et permettre de procéder rapidement aux réparations. Dans le second cas, il se peut que le surcroît de ressources financières et techniques dont elle dispose, pousse la collectivité à aspirer à un niveau de service supérieur à celui offert par la pompe à main.

L'adoption d'un seul projet normalisé ne constitue pas la meilleure solution lorsqu'on doit satisfaire de si nombreux besoins. Or il est possible de tenir compte de ces différences sur le plan local en informant suffisamment la collectivité pour qu'elle puisse choisir en connaissance de cause dans la gamme des technologies des eaux souterraines, à savoir entre des puits protégés ouverts, avec treuil, des seaux protégés hygiéniquement et peut-être même des motopompes avec système de réticulation simple.

Même lorsque la pompe à main est la bonne solution technologique, un entretien approprié ne sera possible que si les habitants du village sont convaincus que l'installation répond à leurs besoins, s'ils disposent des ressources nécessaires et s'ils ont la possibilité de faire appel à des services d'appui pour en assurer la viabilité. Si, en revanche, la collectivité n'est pas intéressée de près à la planification et à la réalisation du projet, les pompes risquent d'être mises au rebut, d'être inutilisées et de se dégrader. Parmi les problèmes causés par une participation insuffisante de la collectivité au programme d'approvisionnement en eau, il est intéressant de mentionner le choix d'un emplacement inadéquat des puits et des modèles non adaptés au niveau de service, qui se traduisent par des attentes ou des distances de tirage inacceptables et par la non-viabilité financière des projet.

Même lorsque les utilisateurs ont à la fois la volonté et les moyens de payer pour l'entretien des pompes, la collecte et la gestion des fonds nécessaires peuvent être difficiles à organiser. Si on ne dispose pas d'argent liquide lorsque les pompes doivent être réparées, celles-ci demeureront inutilisées et

seront finalement abandonnées. En somme, c'est la capacité de la collectivité et du gouvernement à apporter leur soutien et à assurer l'entretien qui détermine l'adéquation aux conditions locales.

1.3 Derniers développements

Au cours des dix dernières années, un grand nombre de modèles de pompes ont été soumis à des essais intensifs en laboratoire et sur le terrain, dans le monde entier. A lui seul, le projet PNUD/Banque mondiale comprenait l'étude de quelque 2700 pompes de 70 modèles différents, dans le cadre d'un programme quinquennal d'essais et d'évaluation. Les résultats de ces essais et d'autres similaires ont eu pour effet d'inciter les fabricants à améliorer leurs produits. La conception de ceux-ci est orientée avant tout vers la facilité d'entretien, ce qui accroît l'importance des matériaux et des technologies modernes. Naguère, les structures des pompes à main contribuaient souvent à en aggraver les problèmes d'entretien; en effet, enlever le plongeur était une opération exigeante qui prenait beaucoup de temps; il fallait aussi importer les pièces qui devaient être souvent remplacées. Au cours des dernières années, les changements apportés au niveau de la conception ont visé à simplifier les besoins en entretien: il existe désormais un choix grandissant de modèles de pompes qui peuvent être entretenues et réparées au niveau du village.

Utilisation des matières plastiques

Des efforts de recherche considérables ont été engagés dans le développement d'organes de pompes fabriqués à partir de matériaux comme le uPVC, le polypropylène, le polyéthylène et les plastiques techniques. D'autres recherches sont prévues dans ce sens, mais il ressort déjà que l'adoption de joints en plastique ou en caoutchouc synthétique offrent de grandes possibilités de réduire leur fréquence de remplacement. Les plastiques techniques, employés pour les coussinets de bras des prototypes de pompes à main, sont maintenant fabriqués en série. Différents types et grosseurs de tuyaux de refoulement en plastique ont fait l'objet d'essais sur le terrain, plus ou moins réussis. Il y a tout lieu de croire que les tuyaux de refoulement en uPVC peuvent être utilisés avec succès jusqu'à 30 m de profondeur environ, et que les nouvelles recherches en cours devraient démontrer qu'il est possible de les employer à de plus grandes profondeurs.

Quant à la corrosion, c'est un facteur qui peut réduire de façon radicale la durée de vie des tuyaux de refoulement et des tiges de pompe et, à cet égard, la galvanisation ne s'est pas révélée une solution satisfaisante. Lorsque les eaux sont très corrosives, l'emploi généralisé des matières plastiques est très avantageux; on a même utilisé des tiges de pompe en plastique pour des



Figure 1.5 Des coussinets en plastique équipent déjà le bras de certaines pompes à mains (photo PNUD/Banque mondiale).

installations peu profondes. Dans le cas d'installations plus profondes, il est conseillé d'envisager sérieusement l'utilisation de tiges en acier inoxydable, même si leur coût initial est élevé.

Autre avantage des matières plastiques: les pièces de rechange peuvent être fabriquées économiquement en série, souvent dans le pays où elles sont utilisées. Il est alors beaucoup plus facile de se procurer des pièces de rechange lorsque les pompes doivent être réparées.

Le cylindre

L'introduction de cylindres non calottés dans certains modèles de pompes a concouru de manière significative à simplifier l'entretien. Grâce à ce type de cylindre, le plongeur et le clapet de pied peuvent être retirés sans qu'il soit nécessaire d'enlever le tuyau de refoulement, de sorte que l'inspection, l'entretien et le remplacement de ces pièces d'usure sont bien plus faciles. De plus, des essais sur le terrain ont démontré les avantages du cylindre à longue course et à petit diamètre par rapport à l'utilisation traditionnelle d'un cylindre dont le diamètre est inversement proportionnel à la profondeur (Banque mondiale, 1987). Cet effort supplémentaire de normalisation est fortement encouragé, et l'on incite les pays en développement à choisir plutôt des pompes dont le diamètre du cylindre serait standard (50 mm de préférence) quelle que soit la profondeur. Néanmoins, il y a de fortes chances pour que les cylindres de diamètre supérieur continuent d'être utilisés dans les nombreuses régions où les nappes phréatiques sont peu profondes.

Pompes à action directe

La majorité des pompes à main en service dans le monde puisent l'eau à partir de profondeurs inférieures à 15 m et, dans beaucoup de cas, à 7 m. A des profondeurs encore plus réduites, les pompes aspirantes s'avèrent inutilisables. Pour ces applications, il est possible de se passer de l'avantage technique du levier. Les pompes à action directe sont simples et légères et elles ont en outre une grande capacité de refoulement. Par ailleurs, elles n'ont pas besoin de coussinets et leur entretien en est d'autant simplifié. Par rapport aux pompes aspirantes, elles se distinguent par leur qualité d'auto-amorçage, ce qui réduit énormément le risque de contamination. Des efforts considérables ont été consacrés au développement des pompes à action directe au cours des dernières années: il existe désormais sur le marché plusieurs modèles qui ont fait leurs preuves.

Gestion et financement au niveau local

Tout aussi important que puisse être le développement de la technologie des pompes à main, il ne pourra contribuer que de façon minime à régler les problèmes d'entretien tant que les mécanismes institutionnels et de soutien ne subiront pas des changements importants. La tendance de plus en plus répandue à admettre les faiblesses de l'entretien centralisé et ses conséquences

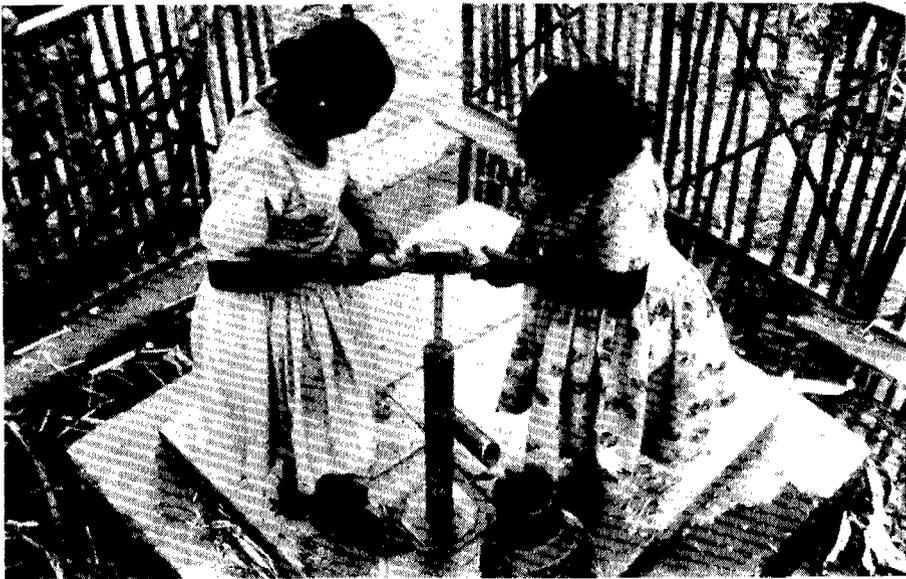


Figure 1.6 Les pompes à action directe viennent souvent remplacer les pompes aspirantes; elles peuvent être utilisées pour des profondeurs de 12 m ou plus (photo CRDI).

sur la fiabilité des pompes, a débouché sur l'acceptation généralisée de la nécessité d'adopter de nouvelles méthodes en ce qui concerne la participation de la collectivité à la planification et à la mise en oeuvre des systèmes d'approvisionnement en eau.

Confier une partie des tâches liées à l'entretien et la gestion de celui-ci à la collectivité serait une solution, mais celle-ci est fortement dépendante de la qualité du soutien apporté par l'organisme compétent. Ce n'est pas la formation technique des membres de la collectivité qui pose problème mais plutôt l'aspect social et organisationnel du projet. Plusieurs questions demeurent en suspens, dont: la sélection des responsables de l'entretien des pompes et des mécaniciens, leur rémunération, les formes de financement appropriées aux circonstances; la responsabilité de la gestion de l'entretien et le mode de formation de l'organe de gestion; et enfin la surveillance de l'entretien et la prestation de l'appui nécessaire. Le financement de l'entretien par la collectivité est le seul moyen réaliste de garantir la fiabilité des pompes à main, mais il ne faudrait pas sous-estimer la tâche que représente l'organisation de ce financement. Il s'agit là de fournir une aide qualifiée lors des phases initiales du projet, de sélectionner des personnes qualifiées, d'établir des systèmes d'encaissement appropriés et des méthodes de comptabilité, d'assurer la conservation des fonds et de prévoir des facilités de paiement pour les pièces et les services. Sans doute sera-t-il bientôt possible d'évaluer les expériences acquises dans la pratique de ces nouvelles méthodes.

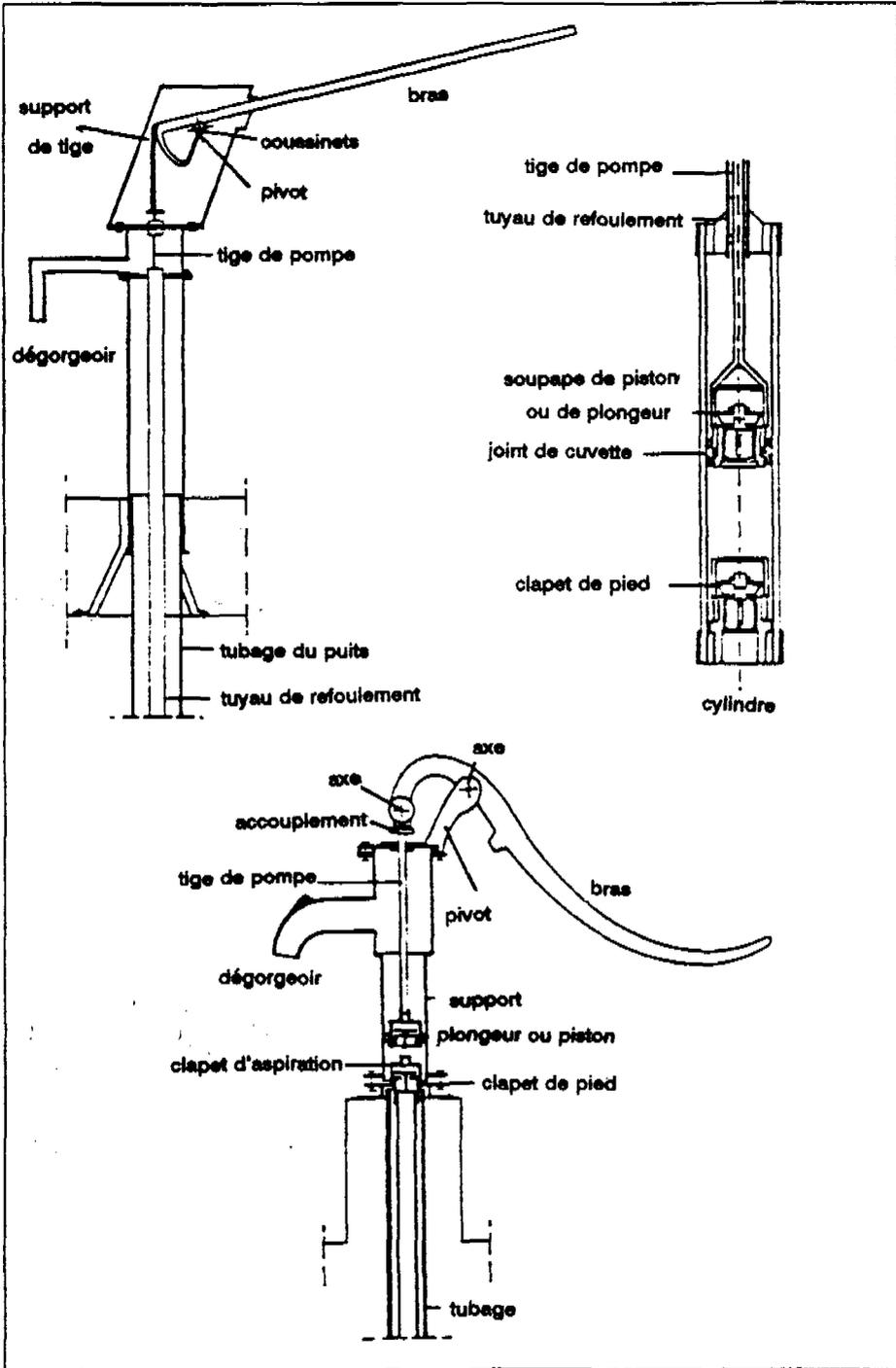


Figure 2.1 La terminologie désignant les différents composants des pompes à main peut varier d'une publication à l'autre. Les schémas ci-dessus illustrent la nomenclature utilisée dans le présent document.

2. Technologie des Pompes à Main

Les Grecs et les Romains connaissaient la pompe à main alternative; son utilisation était répandue dans l'Europe médiévale et elle est fabriquée en série depuis la fin du XVIIIe siècle. Toutefois, ce n'est que tout récemment que l'on a reconnu que les pompes conçues initialement pour être utilisées par une seule famille, en Europe et en Amérique du Nord, ne conviennent pas à des groupes de 200 personnes ou plus dans les pays en développement.

Avant d'entrer dans le détail des applications, il paraît utile d'examiner les différents principes de fonctionnement des modèles de pompes à main actuellement disponibles sur le marché. La figure 2.1, ci-contre, représentant un exemple typique de pompe alternative, actionnée par levier, vient illustrer la nomenclature utilisée dans ce rapport. On trouvera à l'annexe III une étude sur les travaux récents de recherche et développement portant sur divers composants des pompes à main.

2.1 Types de pompes à main

La pompe à main la plus couramment utilisée dans le monde est la pompe alternative à piston. Cependant, au cours des dernières années, les pompes à diaphragme et les pompes rotatives se sont également multipliées. Enfin, il existe d'autres modèles de pompes, notamment les pompes à godets, les pompes à corde (ou chapelet hydraulique) et les pompes à effet de bélier.

Pompes alternatives à piston

Le nom de ce type de pompe s'explique par le mouvement de va-et-vient que décrit le piston (ou plongeur) dans le cylindre. Lors de son ascension, le piston plongeur élève l'eau dans le cylindre de refoulement; le clapet de pied s'ouvre alors pour que le vide ainsi créé dans le cylindre se remplisse d'eau. Durant la course descendante du piston, le clapet de pied se ferme et une soupape s'ouvre, à l'intérieur du piston, pour laisser entrer l'eau qui sera élevé au cours du mouvement ascendant suivant. La plupart des pompes à main alternatives ne refoulent l'eau que durant la course ascendante; elles sont à *simple effet*. Les pompes qui assurent un refoulement pendant les mouvements aussi bien ascendant que descendant du piston supposent un système de soupapes plus élaboré: elles sont dites à *double effet*.

Dans le cas des pompes alternatives qui sont aspirantes, le cylindre est situé au-dessus du niveau du sol; pendant la course ascendante du piston, l'eau est aspirée derrière celui-ci, jusqu'au-dessus du niveau de la nappe phréatique.

Ces pompes ne peuvent être utilisées que pour de faibles hauteurs d'élévation - jusqu'à 7 mètres dans la pratique -, limite au delà de laquelle la colonne d'eau ne peut être maintenue par la pression atmosphérique. En ce qui concerne les pompes alternatives à forte hauteur d'élévation, le cylindre est immergé au-delà de la nappe phréatique et la seule limite à la hauteur de pompage est celle imposée par l'effort nécessaire pour amener l'eau à la surface.

L'effort de l'opérateur peut être communiqué au piston de diverses manières. L'illustration ci-contre montre la méthode la plus fréquente, qui consiste à multiplier la force appliquée par l'opérateur grâce à un bras de levier. Il existe un montage plus simple: la *commande directe*; dans ce cas particulier, il suffit de lever et de repousser une barre en T, reliée directement au piston plongeur par l'intermédiaire des tiges de pompe, pour assurer le va-et-vient de celui-ci. Autres possibilités: la commande par volant dont la rotation dans le plan vertical est transformée en mouvement alternatif du piston grâce à un mécanisme à came.

Les pompes à mouvement alternatif comportent des pièces d'usure: les joints du clapet de pied et de la soupape du piston et les coussinets du bras de commande. Toutes les pièces d'usure des pompes aspirantes étant situées au-dessus du niveau du sol, ces pompes sont d'un entretien relativement



Figure 2.2 La commande par volant peut remplacer le levier traditionnel.

facile, qui ne requiert qu'un minimum de compétences et que quelques outils simples. La pompe aspirante n'est toutefois pas sans inconvénient; en effet, à moins que celle-ci ne soit munie d'un clapet de pied d'excellente qualité, celui-ci aura tendance à laisser fuir l'eau et la pompe devra être réamorcée régulièrement. L'utilisation à cet effet d'une eau insalubre risque alors de contaminer le puits à son tour. Les difficultés d'entretien des pompes alternatives à grande hauteur d'élévation sont d'autant plus importantes que la pompe est utilisée pour des profondeurs de pompage importantes, en raison de la nécessité de retirer le piston et le clapet de pied pour remplacer les joints. Au cours des dernières années, nombre de travaux de recherche et de développement ont visé à résoudre cette difficulté; en conséquence, sur certains modèles de pompes récents, le retrait des éléments souterrains a été simplifié de beaucoup.

L'entretien régulier de ces pompes pourra comprendre la lubrification des tringleries et des coussinets de la tête de pompe, mais sur les installations modernes, ces interventions ont été réduites, voire même éliminées. Les pannes des pompes alternatives peuvent également être imputées à la rupture de la tige de pompe ou à la défaillance du tuyau de refoulement. Aussi, le choix des matériaux qui entrent dans la fabrication de ces composants est-il important, à plus forte raison si l'eau est corrosive.

Pompes rotatives

Dans une pompe rotative à main, l'eau est élevée effectivement autour de l'axe d'un dispositif rotatif lent et n'est pas soumis à la force centrifuge. Le brevet d'invention de l'élément de pompage de ce modèle est dû à un ingénieur français, M. Moineau, en 1924. Cet élément consiste en un rotor hélicoïdal qui tourne dans un enveloppe également hélicoïdale, appelée le stator, et pousse l'eau vers le haut en suivant *les cavités progressives*. L'entraînement du mécanisme de pompage est généralement assuré par l'intermédiaire d'une boîte de vitesse, qui transforme la rotation de deux manettes ou d'un volant autour d'un axe horizontal en un mouvement de rotation des tiges de pompes autour d'un axe vertical. De plus, il est possible d'adapter le rapport de démultiplication à différentes profondeurs de puits. Le rotor et le stator doivent être usinés avec précision, pour que leur action conjuguée assure une étanchéité continue, de telle sorte que seul un clapet de pied est nécessaire. C'est pourquoi la fabrication de ces éléments sur place est difficile.

Ce genre de pompe ne nécessite aucun entretien régulier: la boîte de vitesse est scellée et il n'y a aucun joint à remplacer. Cependant, lorsque la pompe est défaillante, il faut habituellement remplacer l'élément de pompage ou la boîte de vitesse, opération qui dépasse la compétence des mécaniciens locaux.

Enfin, comme dans le cas des pompes alternatives, les tiges de pompe et le tuyau de refoulement, sauf s'ils sont constitués de matériaux anticorrosion, peuvent se corroder lorsqu'ils sont soumis à l'action d'une eau agressive.

Pompes à diaphragme

Le fonctionnement de la pompe à diaphragme repose sur le principe de la compression et de l'expansion alternées de la réserve de pompe, grâce au mouvement d'un diaphragme souple. Un clapet d'aspiration et une soupape d'évacuation font passer l'eau dans la réserve de pompe, jusqu'à la surface, par l'intermédiaire d'un tuyau souple qui remplace ici le traditionnel tuyau de refoulement rigide. Dans les installations d'alimentation en eau pour les besoins domestiques, les contractions alternées du diaphragme sont provoquées par un circuit hydraulique secondaire également constitué de tuyaux souples; ici, l'application et le relâchement de la pression sont commandés par un bras ou une pédale.

Il n'y a aucun joint mobile dans le cylindre, ce qui élimine une pièce d'usure essentielle. L'absence de composants lourds (tiges de pompe et tuyau de refoulement) dans la structure de la pompe à diaphragme en simplifie considérablement l'entretien. Il est également possible de retirer les éléments de pompage à partir de profondeurs de 40 m ou plus sans qu'il soit nécessaire



Figure 2.3 L'entretien des pompes à diaphragme est relativement simple, mais le remplacement du diaphragme est onéreux.



Figure 2.4 Les pompes à chapelet hydraulique permettent d'utiliser au maximum les matériaux locaux. Elles se prêtent surtout aux faibles hauteurs d'élévation et conviennent à de petits groupes d'utilisateurs (photo Consultants WASTE).

d'utiliser un palan. Contrairement aux pompes dont le fonctionnement repose sur la transmission directe d'une force d'un bras à un piston, les défauts d'alignement du forage n'ont aucune incidence sur le rendement des pompes à diaphragme. Le pompage de particules de sable n'endommage pas la membrane; pourtant, dans certains cas, le sable s'est accumulé dans le diaphragme, le remplissant en partie, et en a compromis le fonctionnement jusqu'à ce qu'il éclate.

Les pompes à diaphragme commercialisées actuellement présentent un inconvénient: le diaphragme est très coûteux et sa fabrication demande une grande compétence et un contrôle de la qualité important. L'expérience a montré que le diaphragme peut durer de deux à cinq ans, mais on a relevé des cas de défaillance après moins de six mois d'utilisation.

Pompes à godets ou chapelets hydrauliques

La pompe à godets est utilisée principalement pour puiser l'eau dans des citernes et des puits creusés peu profonds. Elle consiste en une série de petits godets fixés sur une chaîne sans fin qui passe sur des pignons. Chaque godet plonge dans l'eau au fond du puits, se remplit et l'élève jusqu'à la tête de pompe et la verse dans le dégorgeoir lorsqu'il passe sur le pignon du haut.

Malgré son application relativement limitée, la pompe à godets peut être fabriquée aisément au niveau local à l'aide de matériaux provenant de la région. Par conséquent, elle est d'un entretien simple dans des conditions de fonctionnement fiables. Néanmoins, en raison de la nécessité de procéder fréquemment à un entretien, il existe un risque permanent de contamination de l'eau du puits.

D'un principe et d'un fonctionnement semblables à ceux de la pompe à godets, la pompe à corde, ou chapelet hydraulique, utilise une série de disques ou de noeuds en matériau local approprié, pour élever l'eau dans un tuyau jusqu'au dégorgeoir. Ici encore, l'élévation de l'eau se fait en continu par une chaîne ou une corde qui passe sur un pignon supérieur.

Pompes à effet de bélier

Le fonctionnement de ces pompes repose sur le principe de l'oscillation d'une colonne d'eau à une fréquence proche de sa fréquence naturelle. L'opérateur, à l'aide d'un bras relié au piston situé dans un cylindre supérieur, doit adapter son action aux fluctuations de la colonne d'eau qu'il ressent par l'intermédiaire de ce bras. L'oscillation de la colonne d'eau est provoquée par l'alternance de la compression et de la relaxation d'un élément élastique, de forme ovoïde par exemple, ou des balles de caoutchouc, situé dans le cylindre inférieur. Par l'effet des variations de pression dans la colonne d'eau, l'eau est aspirée à travers un clapet de pied qui se trouve dans le cylindre inférieur pour être refoulée au travers des orifices du cylindre supérieur.

Comme cette pompe ne comporte aucune tige de commande, elle peut être installée dans des forages inclinés. Malgré l'intérêt que présente son principe de fonctionnement, la pompe à effet de bélier n'a eu jusqu'à maintenant qu'une application très limitée.

2.2 Utilisation des pompes à main

Le débit de refoulement d'une pompe à main est directement proportionnel à l'effort fourni par l'opérateur pour l'actionner. Un autre facteur influe sur le débit: soit la hauteur d'élévation mais, en l'occurrence, le débit lui est inversement proportionnel. L'opérateur peut cependant compenser la diminution de débit causée par une élévation plus grande en augmentant l'effort de manière correspondante. Le fonctionnement d'une pompe est conditionné par deux autres paramètres importants: le rendement mécanique et le rendement volumétrique.

Le rendement mécanique est le rapport entre le travail produit en élevant l'eau et le travail fourni. Cela permet de mesurer le gaspillage de l'effort

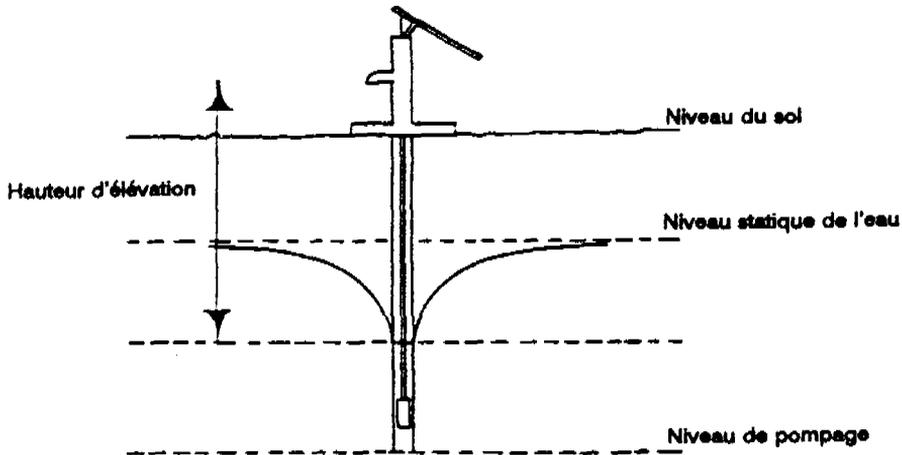


Figure 2.5 Le rendement de la pompe et le positionnement du cylindre dépendent du rapport entre le niveau statique de l'eau et le niveau de pompage.

mécanique causé par les fuites, le frottement et les pertes de résistance à la pression. Pour la plupart des pompes à main, le rendement mécanique augmente avec la hauteur d'élévation.

Le rendement volumétrique est le rapport entre la quantité d'eau effectivement refoulée par cycle et le volume déplacé pendant la course du piston. Ce rendement peut être diminué par des retards dans le fonctionnement des clapets et par des fuites au delà du piston. Un autre terme peut exprimer le rendement volumérique d'une pompe, c'est le glissement: il s'agit de l'écart en terme de pourcentage entre le débit théorique et le débit réel.

Dans la sélection d'une pompe à main, pour un projet ou un programme particulier, il convient de tenir compte d'un facteur crucial: la hauteur d'élévation. En termes de rendement d'une pompe, celle-ci équivaut à la hauteur à partir de la surface de la nappe phréatique lors du pompage jusqu'au point de refoulement, et non à partir du cylindre ou du point d'aspiration. (Cependant, du point de vue de l'entretien ou des réparations, la profondeur d'installation du cylindre doit être prise en considération étant donné qu'elle influe directement sur le poids des composants qui devront être retirés du puits.) Il est important de sélectionner les pompes et d'en positionner les cylindres en fonction de la hauteur d'élévation maximale prévue. Pour ce faire, il faut tenir compte des variations saisonnières du niveau de la nappe phréatique et du rabattement dans le puits susceptible d'être causé par le pompage manuel. La proximité de motopompes servant à

l'irrigation ou à l'alimentation en eau potable à grande échelle pourra également provoquer un abaissement local de la nappe phréatique. On trouvera en annexe 2, les formules de calcul du débit de refoulement des pompes à main alternatives, y compris les besoins en énergie et les effets du rabattement.

Chaque type de pompe à main présente des caractéristiques distinctes, et il se peut que les pompes conçues pour de grandes hauteurs d'élévation ne conviennent pas aux puits peu profonds, de même que l'emploi de pompes aspirantes ou à action directe ne peut être envisagé pour élever l'eau à de grandes hauteurs.

Bras

L'aspect ergonomique de l'utilisation d'une pompe est important pour les femmes et les enfants. La commodité, le confort et l'efficacité d'une pompe dépendent de la hauteur, de la longueur et du déplacement du bras ou du volant, selon le cas. Un bras long présente un avantage technique important, mais doit aussi décrire un arc assez grand; il se peut même que certains utilisateurs ne soient pas capable de décrire un mouvement suffisant pour permettre au piston d'effectuer une course complète; l'installation sera alors d'un usage peu commode. A titre d'exemple, un bras dont l'avantage technique est 5 pour 1 doit subir un déplacement de 1 m pour que la course du piston soit de 200 mm.

Les experts en sont arrivés à la conclusion que, pour la majorité des utilisateurs, la hauteur idéale de repos du bras (à la moitié de l'arc parcouru) est de 1 m. Lorsqu'une personne pompe en se tenant penchée, son efficacité est inférieure à la moitié de celle obtenue par une personne debout, d'où la nécessité d'éviter les installations dont le bras est trop bas. On estime que le rendement optimal de la force musculaire est atteint lorsque la pompe demande une force de 100 N (10 kgf) environ. Pour les pompes sur puits profonds, il est indiqué de prévoir le pompage à deux mains, ou par plus d'un opérateur, en installant une barre en T par exemple ou deux poignées sur le volant. La force appliquée par l'utilisateur est généralement augmentée du tiers ou de la moitié lorsqu'il se sert de ses deux mains au lieu d'une seule.

Les concepteurs des pompes devraient tenir compte du fait que les mains des opérateurs peuvent souvent être mouillées ou glissantes. Pour pallier cet inconvénient, un bras muni d'une butée ou d'une poigne semble une mesure de sécurité toute indiquée.

En général, il existe de nettes différences entre les pompes conçues pour de faibles hauteurs d'élévation (jusqu'à 15 m) et celles pour grandes hauteurs d'élévation. Les atouts des pompes à action directe, où des pièces d'usure ne

sont pas nécessaires au niveau de la tête de pompe, tendent à s'estomper à mesure que la profondeur s'accroît. De plus, en raison de l'absence d'avantage technique, l'opérateur doit fournir un effort excessif. La normalisation des éléments souterrains tend à se généraliser, alors que l'avantage technique au niveau de la tête de pompe peut être adapté à différentes hauteurs d'élévation. Le concept d'une "famille de pompes" (munies de cylindres, de joints et de clapets identiques et conçues pour des hauteurs d'élévation faibles ou grandes) est très prometteur.

Pompes pour faible hauteur d'élévation

Pour les faibles hauteurs d'élévation (jusqu'à 15 m), il existe beaucoup de pompes pouvant donner un débit élevé, soit de 20 litres par minute au moins ; d'ailleurs, les utilisateurs préfèrent les pompes qui permettent un remplissage



Figure 2.6 Dans la photographie du haut, le bras est trop bas: son utilisation est inconfortable. Par contre, sur l'autre photographie, il est nettement trop haut. Une hauteur de 1 m environ au-dessus du sol semble être la plus appropriée (Source: OMS/SEARO: 1976).

rapide de leurs récipients, même si d'autres modèles sont plus faciles à actionner et nécessitent un effort moindre (pourvu, évidemment, que l'effort à fournir sur la pompe utilisée ne soit pas excessif).

Pour les hauteurs d'élévation de 7 m ou moins, ce sont les pompes aspirantes qui sont les plus utilisées; leur débit est élevé, leur installation et leur entretien sont simples, elles sont bon marché et elles peuvent être fabriquées localement, dans nombre de pays en développement. Ces pompes présentent cependant deux inconvénients notables. D'une part, à cause du seuil d'aspiration, la pompe peut devenir inutile si la hauteur d'élévation dépasse 7 m par suite de l'abaissement de la nappe phréatique (à une altitude élevée, cette limite peut être ramenée à 4 m). D'autre part, il pourra être nécessaire de réamorcer une pompe aspirante si celle-ci est restée inutilisée, la nuit par exemple, sauf si elle est munie d'un clapet de pied de bonne qualité, bien entretenu. Mais comme l'eau saine est rare dans ces régions, l'amorçage est souvent fait avec de l'eau contaminée et constitue donc un grave risque pour la santé, à moins que les utilisateurs aient été prévenus de ce danger et qu'ils rejettent l'eau contaminée.

Ces inconvénients inhérents aux pompes aspirantes poussent les utilisateurs potentiels à choisir plutôt des pompes à action directe, à chaque fois que celles-ci sont compétitives au niveau économique. Non seulement les pompes à action directe offrent également des débits élevés mais, comme leur cylindre est immergé, elles n'ont pas besoin d'amorçage et on peut continuer de les utiliser même lorsque la nappe phréatique atteint un certain niveau limite. A mesure que la profondeur augmente, l'effort de pompage nécessaire devient plus grand et le débit diminue de façon progressive mais, contrairement aux pompes aspirantes, celui-ci ne cesse pas brutalement. L'installation et l'entretien des pompes à action directe peuvent être très simples. Par ailleurs, ce type de pompe a fait l'objet de recherches considérables au cours des dernières années.

Certains modèles actuels de pompes alternatives pour puits profond permettent de choisir le diamètre du cylindre, de sorte qu'un cylindre de grand diamètre peut être utilisé dans le cas de faibles profondeurs, afin d'obtenir un débit plus élevé. En général, les pompes à levier conçues pour de grandes hauteurs d'élévation nécessitent un entretien plus complexe, même si elles sont utilisées pour de faibles profondeurs. Par conséquent, on ne les retiendra que pour les faibles élévations, pour des raisons de normalisation. Les pompes rotatives et les pompes à diaphragme actuellement en vente ont des débits trop limités pour que leur utilisation soit acceptable aux faibles hauteurs d'élévation, à moins que les utilisateurs ne témoignent une nette préférence à leur égard, parce qu'elles leur sont familières.

Pompes à grande hauteur d'élévation

Au delà d'une hauteur d'élévation de 12 à 15 m, il est exclu d'envisager une pompe à action directe, étant donné que l'effort à fournir pour puiser l'eau depuis ces profondeurs nécessite l'avantage technique que procure un levier ou un volant. Une plus grande profondeur de pompage signifie également que tous les éléments seront soumis à des charges plus importantes et qu'il faudra soulever un poids additionnel du puits pour l'entretien des éléments souterrains.

Lorsqu'elles sont utilisées sur des puits profonds, les pompes alternatives, rotatives, et à diaphragme ont des débits comparables et toutes méritent d'être considérées. Sélectionner la pompe en fonction des capacités d'entretien dont dispose la collectivité bénéficiaire revêt une importance capitale, d'où une réduction possible du choix de pompes à quelques modèles seulement, dans le cas d'une grande profondeur. Pour beaucoup de modèles actuels, il faut employer un appareil de levage pour des opérations d'entretien courant comme le remplacement du joint. Il convient donc de ne pas les prendre en considération, sauf si on peut disposer promptement et à peu de frais d'un appareil de levage, le cas échéant.

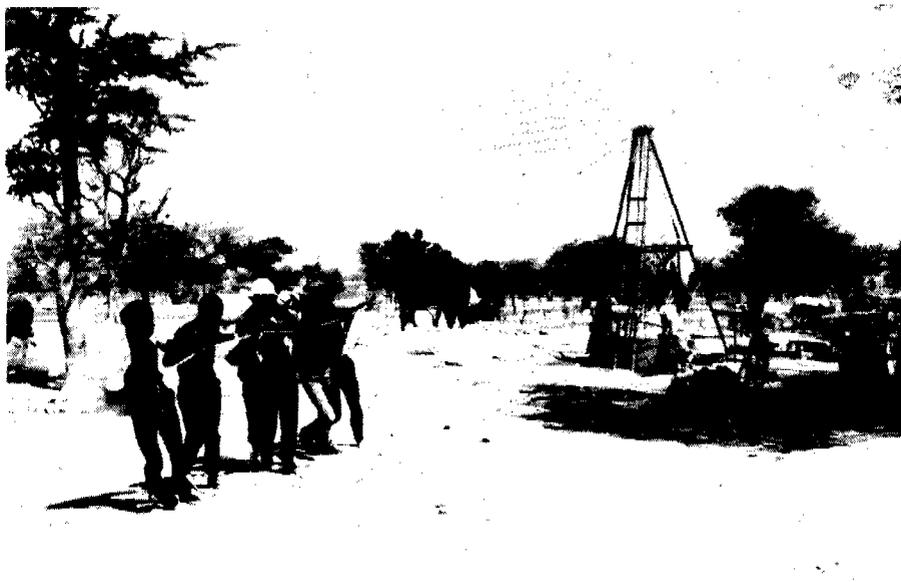


Figure 2.7 Le levage d'une colonne de tubage d'un puits profond peut dépasser la capacité des responsables de pompes locaux (photo UNICEF).

2.3 Progrès technologiques

La recherche et le développement sur les pompes à main se sont intensifiés durant les années 1980; ces travaux ont surtout visé à faciliter de l'entretien et à simplifier les besoins en pièces détachées. La corrosion s'est révélée un problème majeur dans plusieurs régions et a accéléré l'introduction des matières plastiques dans la fabrication des clapets, des cylindres, des joints et des tuyaux de refoulement. De plus, des efforts considérables ont été consacrés à l'élaboration théorique et pratique des pompes à action directe munies de tiges légères.

On trouvera à l'annexe 3 un résumé des dernières conclusions en matière de recherches sur les différents composants des pompes. Les paragraphes ci-après exposent l'orientation générale des travaux récents de recherche et développement sur les pompes à main.

Facilité d'entretien

Habituellement, ce sont la réparation et le remplacement des éléments souterrains qui posent le plus de problèmes dans l'entretien des pompes à main. De nombreuses améliorations ont été apportées aux têtes de pompe; notamment les essais et le perfectionnement des coussinets en matière plastique pour la pompe Afridev méritent d'être notés. Ce modèle de pompe avait été conçu au Kenya, dans le cadre du projet PNUD/Banque mondiale, avec le soutien de l'équipe du projet, d'organismes de recherche et du secteur privé. Ce sont cependant les modifications facilitant l'enlèvement des pistons, des joints et des clapets de pied qui devraient avoir la plus grande incidence sur la facilité d'entretien et sur la fiabilité à long terme, sur le terrain.

Dans le cas des pompes alternatives traditionnelles à grande hauteur d'élévation, les joints de piston usés doivent être remplacés à intervalles réguliers. La fréquence de remplacement augmente d'autant plus que du sable s'infiltré dans le puits et s'incruste dans les joints en cuir. Remplacer les joints d'une pompe type à grande élévation revient à enlever le cylindre, les tiges de pompe et le tuyau de refoulement (habituellement plein d'eau, sauf si un système a été prévu pour le vider avant). Les tiges de pompe et les tuyaux de refoulement en acier sont lourds, de même que sont les cylindres en laiton ou en bronze. Une installation pour puits profond peut peser plus de 200 kg, et il faut recourir à un matériel de levage spécial à chaque fois qu'un joint doit être remplacé. Par conséquent, dans la plupart des programmes, l'intervention onéreuse d'équipes d'entretien motorisées a été prévue, bien que dans certains cas on essaie de remplacer les palans par des treuils spéciaux ou d'autres appareils de levage moins encombrants.

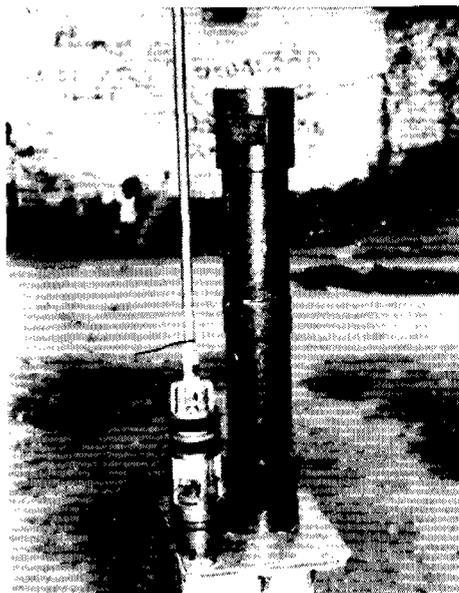


Figure 2.8 Les cylindres ouverts simplifient le remplacement des joints des pompes pour puits profonds.

Ces excès de sollicitations faites aux organismes centraux, aggravé par les coûts exorbitants imputables aux grandes distances que les équipes de réparateurs doivent parcourir pour effectuer l'entretien régulier, qui ont contribué à forger la réputation de fiabilité médiocre des pompes à main dans certains pays en développement. La solution à ce problème consiste à modifier la structure des pompes, de façon à permettre à des mécaniciens spécialisés ou à des villageois d'entreprendre l'entretien des éléments souterrains sans qu'il leur soit nécessaire de recourir à un transport motorisé ou à des outils et des matériels coûteux. Les répercussions économiques de ce type de changement sont telles que la Banque mondiale estime que le coût annuel d'entretien d'une pompe EENV pourrait être abaissé à 0,05-0,10 \$ par utilisateur, soit le dixième environ des coûts d'entretien des pompes traditionnelles pour puits profonds (Banque mondiale, 1987).

L'adoption de cylindres ouverts, par un certain nombre de fabricants, a grandement contribué à simplifier l'entretien. En utilisant un tuyau de refoulement dont le diamètre intérieur est égal ou légèrement supérieur à celui du cylindre proprement dit, il est possible de retirer le piston et le clapet de pied, pour les inspections et les réparations, sans sortir le tuyau de refoulement ou le cylindre. Des systèmes simples d'accouplement et de désaccouplement sont également en cours d'élaboration, pour que soient facilités l'enlèvement et le remplacement des tiges de pompe. Le système d'extraction des éléments souterrains par le tuyau de refoulement présente cependant l'inconvénient selon lequel le tuyau de refoulement doit avoir un diamètre supérieur à la normale.

En conséquence de cela, le coût initial est plus élevé et il devient un peu plus difficile de procéder à l'extraction du tuyau de refoulement lorsqu'une telle opération s'avère nécessaire. La mise au point de tuyaux de refoulement de grand diamètre en matière plastique est déjà très avancée. On a bon espoir d'assister avant longtemps à l'utilisation de tuyaux de refoulement en uPVC, pour des profondeurs de 45 m ou plus.

Matériaux légers

L'utilisation croissantes des plastiques a été fortement encouragée au titre d'objectif du développement des pompes à main. Les coussinets en plastique ont déjà été mentionnés et les essais sur le terrain ont démontré que ceux-ci peuvent être conçus et fabriqués en série pour satisfaire aux conditions particulières de fonctionnement des pompes à main (vitesses de rotation relativement faibles, inversion cyclique du sens de la marche, et existence de conditions atmosphériques potentiellement agressives, dont les poussières transportées par le vent). Sous terre, on trouve désormais des pistons et des clapets de pied tout en plastique (interchangeables dans certains cas) qui fonctionnent avec succès; les joints en élastomère résistent mieux à l'action du sable que ceux en cuir, et leur fabrication permet une qualité plus uniforme; enfin, les tuyaux de refoulement en matière plastique trouvent de plus en plus d'applications.

Pour les installations de pompage à faible hauteur d'élévation, les pompes à action directe offrent la possibilité d'utiliser au maximum les matériaux plastiques. Dans la conception du pompage par action directe, il importe de prévoir des moyens permettant de répartir le mieux possible l'effort de l'opérateur, entre la course ascendante et la course descendante. Avec les lourdes tiges de pompe traditionnelles, tout son effort est consacré au mouvement ascendant, la gravité facilitant la descente du piston. Or, en utilisant des tiges creuses ou des tiges en matériau flottant comme le bois, la force nécessaire au mouvement vers le haut est réduite de façon appréciable mais, en revanche, l'opérateur doit accroître la force qu'il exerce effectivement pour faire descendre le piston. Dans le cas des pompes à action directe, ce concept a débouché sur l'utilisation de tiges de pompe de faible masse et à grand diamètre. Par contre, un mouvement vers le bas qui serait trop fort pourrait causer le flambage et, par voie de conséquence, la rupture de la tige de pompe, si celle-ci n'est pas en matériau assez rigide (bien que cet effet puisse être éliminé par l'utilisation de guides).

Résistance à la corrosion

L'utilisation de plus en plus répandue des matières plastiques permet de réduire la corrosion qui, autrement, pourrait entraîner la défaillance prématurée des composants de la pompe et donner un goût désagréable à l'eau à mesure qu'augmente sa teneur en zinc et en fer. L'agressivité de l'eau

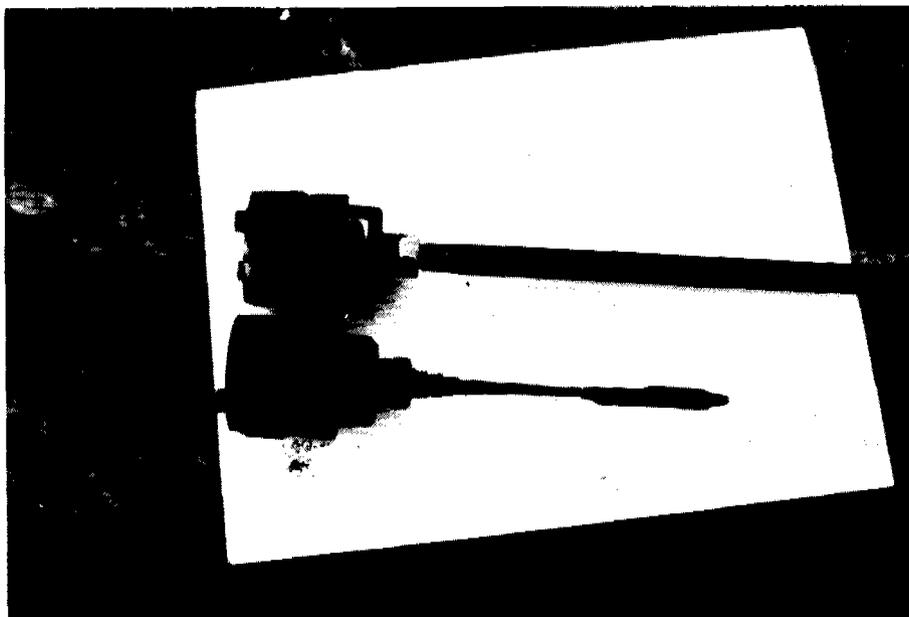


Figure 2.9 La galvanisation n'offre pas une protection suffisante contre des eaux souterraines corrosives (photo Banque mondiale).

souterraine est l'une des causes principales des ruptures des tiges de pompe et des tuyaux de refoulement. Dans les pompes à main traditionnelles, ces composants sont en acier galvanisé. L'expérience a montré que, contre des eaux agressives, la galvanisation n'offre qu'une protection à court terme - des tiges et des tuyaux de refoulement galvanisés se sont brisés après quelques mois d'utilisation seulement, au cours des essais sur le terrain menés en Afrique de l'Ouest (Banque mondiale, 1987).

Le choix de l'acier inoxydable suppose un coût initial élevé, mais peut se révéler économique si l'on tient compte de l'entretien à long terme. Jusqu'à maintenant, c'est la seule solution de substitution possible, bien que les pompes Duba Tropic (munies de tiges en pin de l'Oregon) aient fonctionné sans ennui dans des puits de profondeurs considérables, et que des tiges en plastique renforcé par de la fibre de verre fassent partie des options offertes sur la pompe Monarch.

Fabrication locale

L'efficacité de l'entretien dépend en grande partie de l'approvisionnement en pièces détachées. A cet égard, la fabrication sur place des pompes à main et de leurs constituants présente de nombreux attraits. Il est probable que les fabricants des pays industrialisés ne seront que modérément intéressés par la

perspective de concevoir des pompes en vue de les fabriquer dans le pays d'utilisation, sauf s'ils peuvent recouvrer leurs investissements en recherche et développement en créant de nouveaux marchés résultant de leur association avec des entreprises dans les pays en développement. Le principe des "joint-ventures" a déjà été adopté par un certain nombre de sociétés occidentales et par les fabricants indiens de la pompe à main India Mark II.

Il est très important d'encourager les activités de recherche et développement dans les pays en développement et d'y promouvoir la collaboration et la création d'entreprises en participation, car cela permettra de concevoir les pompes entièrement en fonction des circonstances locales et les essais pourront être effectués sur le terrain, dans les conditions réelles d'utilisation (CRDI, 1987). Les pompes à main Sarvodaya SL5 et Unimade en sont un bon exemple; celles-ci sont fabriquées sur place à partir de modèles élaborés à l'Université de Waterloo, au Canada, et à l'Université de Malaisie, avec le soutien du CRDI.

Pour qu'une pompe soit fabriquée localement, ses spécifications ne doivent pas prévoir l'utilisation de procédés de fabrication hautement perfectionnés ni l'emploi de matériaux exotiques. Lorsque cela est possible, les tolérances de fabrication ne doivent pas être trop strictes et le contrôle de la qualité doit être maintenu au minimum. Dans les pays dont le développement industriel est comparativement faible, les fonderies sont probablement plus nombreuses que les aciéries. Idéalement, les différents modèles de pompes devraient être adaptables aux conditions locales, pour que leur fabrication bénéficie au maximum des compétences et des matériaux disponibles.

Certains fabricants ont appliqué ces principes, d'autres ont importé leurs propres compétences et méthodes de contrôle de la qualité, dans les pays en développement, avec plus ou moins de succès. L'intérêt pour la fabrication locale des pompes à main va certainement croissant et la recherche s'attache notamment à accroître au maximum les possibilités de fabrication sur place. Ici encore, l'utilisation croissante des matières plastiques procure des avantages. La technologie de l'extrusion des tuyaux en plastique est bien établie dans beaucoup de pays en développement (bien que la qualité varie) et le moulage par injection permet de fabriquer, à un faible coût, des composants qu'il serait impossible de réaliser en métal. Ce procédé entre par exemple dans la fabrication des pompes Unimade Mark II et Mark III, qui possèdent des éléments souterrains tout en plastique.

L'expression fabrication locale est sujette à un grand nombre d'interprétations. Dans un premier temps, il s'agit d'implanter la fabrication des organes essentiels dans le pays en développement. Cette étape une fois



Figure 2.10 Grâce à une conception simple et à l'utilisation maximale des matériaux locaux, la pompe à main Sarvodaya SL5 est fabriquée et assemblée dans des ateliers aux niveaux des régions et des villages, au Sri Lanka (photo CRDI).

franchise, il y a de grandes chances pour que la production et la distribution des pièces détachées s'améliorent. Le déplacement des activités de fabrication vers les entreprises aux niveaux de la région, du district ou même du village, sera fonction de considérations économiques et de la diversité des moyens industriels du pays. Il faut évidemment éviter que des fournisseurs n'établissent un monopole, mais un excès de diversification présente également un risque, car cela pourrait se traduire par une baisse de la qualité et une difficulté à effectuer des contrôles.

En général, la fabrication à l'échelle du village n'est possible que pour les installations à faible hauteur d'élévation et pour les utilisations en service léger, où les pompes simples pourront fonctionner de façon satisfaisante et être réparées facilement avec des matériaux disponibles. La pompe Sarvodaya SL5 en est un bon exemple (voir figure 2.10). Cette pompe a été mise au point par le Mouvement Sarvodaya Shramadana, au Sri Lanka. Elle est fondée sur un modèle plus ancien, la pompe CRDI/Waterloo, dont les composants internes sont, pour la plupart, en plastique moulé par injection. Du fait de sa simplicité et de sa facilité d'installation, la pompe Sarvodaya a pu être fabriquée au Sri Lanka par un réseau d'industries artisanales exploitées entièrement par des femmes. De plus, pour assurer l'autonomie

des ateliers, les femmes ont d'autres activités génératrices de revenus, comme la fabrication d'outils simples et d'instruments aratoires.

Cette approche de la fabrication et de l'entretien des pompes à main est actuellement adoptée par 60 collectivités, dans le centre et le sud du Sri Lanka, par le truchement des Sarvodaya Economic Enterprises Development Services, SEEDS (services de développement des entreprises économiques Sarvodaya), une ONG locale mise sur pied par le Mouvement Sarvodaya. Avec le soutien financier du CRDI et de l'Agence canadienne de développement international (ACDI), les SEEDS agrandiront trois ateliers régionaux et créeront 60 ateliers villageois qui seront dirigés par des techniciennes et administrés par des sociétés locales Shramadana.

Ce sont les ateliers régionaux qui seront chargés de former les techniciennes aux techniques du forage des puits et de la fabrication des pompes, et qui entreprendront la production en série de la pompe Sarvodaya SL5. Les ateliers de village assumeront la responsabilité de l'installation et de l'entretien des pompes et du stockage des pièces de rechange. La proximité des ateliers par rapport aux emplacements des pompes à main est la garantie d'un approvisionnement rapide en pièces détachées. Les fonds générés par les autres activités permettront d'assurer la viabilité du programme d'entretien géré par la collectivité. Il est intéressant de noter qu'au Sri Lanka, le modèle de base a été modifié de façon à remplacer les joints de piston standard en polyéthylène par des joints en cuir. Bien que ces derniers s'usent plus rapidement, le cuir coûte moins cher que le polyéthylène dans ce pays et les villageois ont plus l'habitude de travailler cette matière.

3. Planification de la Viabilité

L'analyse des lacunes des installations existantes d'hydraulique villageoise permet d'adresser un message très clair aux responsables de la planification: la priorité doit être accordée à la production de systèmes **viables**, qui seront effectivement **utilisés**. Les choix de technologie et de niveau de service doivent viser à répondre aux besoins raisonnables et aux attentes de la collectivité. En clair, le projet doit s'efforcer de fournir à un coût abordable des installations susceptibles d'être maintenues en bon état par la collectivité, avec les ressources dont elle dispose.

En mettant l'accent sur la participation de la collectivité et sur sa capacité d'entretien, on suppose une méthodologie différente dans la planification du projet. Ainsi, il faut programmer chaque phase des projets proposés en tenant compte du rôle de la collectivité, et de l'industrie privée, et en s'assurant de l'existence des ressources essentielles à la fiabilité des installations qui seront réalisées.

Cette nouvelle méthode tranche sur l'approche habituelle, utilisée actuellement, et selon laquelle le niveau de service et le type de technologie sont souvent établis avant même que la collectivité puisse exprimer ses préférences. Néanmoins, l'adoption d'une méthodologie nouvelle a des conséquences qu'il conviendrait de ne pas sous-estimer. Les planificateurs des programmes ont toujours besoin, au début, d'informations sur les coûts et sur les autres besoins en termes de ressources, afin de pouvoir organiser les moyens de financement, l'acquisition des principaux biens d'équipement, les programmes de formation, etc.

Les études de faisabilité permettent de produire ce genre d'information et de déterminer s'il est possible d'installer des pompes à main et, le cas échéant, si ces pompes sont susceptibles de réduire les risques pour la santé. Ces études donnent également un aperçu des changements techniques et socio-économiques qui se produisent dans la zone du projet. Dans certains cas, les conditions existantes et l'expérience acquise justifieront une méthode d'exécution du projet plutôt normalisée, alors que, dans d'autres, il faudra faire preuve de plus de souplesse.

C'est souvent lors d'une étape-pilote ou d'une phase d'apprentissage "sur le tas" que doivent être conçues des méthodes participatives efficaces et durables. L'élaboration de ces méthodes doit tenir compte des besoins nationaux; en outre, l'expérience acquise lors de projets antérieurs et transmise au niveau

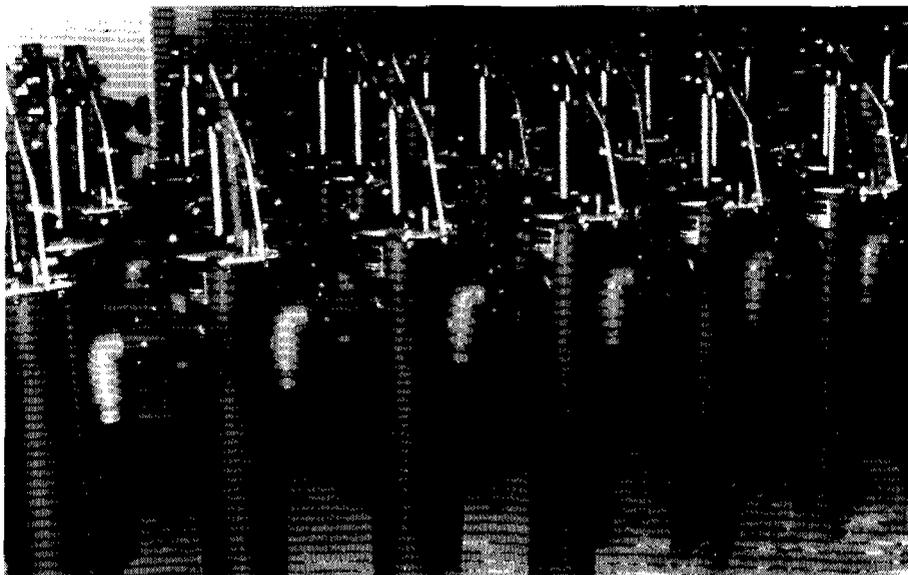


Figure 3.1 Pompes à main prêtes à être installées. Grâce à une bonne planification, les stocks de matériels seront disponibles à l'avance, sans assujettir pour autant la collectivité à une technologie en particulier (photo CRDI).

national influe sur les décisions concernant les critères de conception, l'établissement des priorités, le perfectionnement de la main-d'oeuvre et l'autonomie de la collectivité.

Grâce à ce type d'approche, un plan flexible est possible qui serait adaptable aux changements des conditions locales. Il s'agit toutefois de coordonner soigneusement ces méthodes avec les stratégies nationales, afin d'éviter le type de situation, non souhaitable, où des programmes de pompes à main, soutenus par différents organismes donateurs, introduisent des technologies, des organisations et des schémas sociaux très différents.

Les bailleurs de fonds doivent jouer un rôle-clé, étant donné qu'ils ont souvent la possibilité d'expérimenter des méthodes innovatrices, particulièrement durant les phases-pilotes.

3.1 Buts de la planification

La planification préliminaire des projets d'alimentation en eau collective doit produire suffisamment d'informations pour permettre à l'organisme d'exécution d'assurer la disponibilité, en temps opportun et d'une manière

économique, des matériaux, des équipements, des ressources humaines, des finances et des cadres institutionnels.

Objectifs d'un programme

Habituellement, la planification d'un programme concerne une période déterminée et les objectifs sont établis en fonction des disponibilités en matière de fonds et de main-d'oeuvre, et des aptitudes à la gestion et à l'administration. Les objectifs du programme doivent être relativement bien définis, sans être trop ambitieux. Des objectifs généraux comme "améliorer l'approvisionnement en eau dans les petites collectivités rurales qui sont confrontées à des problèmes de pénurie et/ou de qualité de l'eau" ont peu de valeur. Cet exemple est trop général pour que soient fixés des buts intermédiaires d'ordre qualitatif ou quantitatif. De plus, il n'y a aucun critère permettant d'évaluer et de rectifier le programme au fur et à mesure que l'expérience s'accumule.

Voici donc des exemples d'objectifs plus détaillés, couvrant à la fois le développement à court et à long terme: "D'ici cinq ans, fournir à 80 % des collectivités de moins de 800 personnes qui en manifestent le désir un approvisionnement en eau par pompe à main là où celui-ci est possible; planifier et mettre en oeuvre des projets de façon à ce que 80 % des ménages continuent d'utiliser les nouvelles sources d'alimentation en eau saine pour leurs besoins domestiques; dispenser la formation et le soutien nécessaires pour que les pompes soient entretenues correctement, que les temps de panne soient minimales et pour que l'on dispose de solutions de rechange qui empêcheront les habitants de revenir à l'utilisation de sources contaminées; mettre en place des programmes parallèles d'assainissement et d'éducation pour l'hygiène à l'intention des villages bénéficiaires, afin d'éliminer les autres vecteurs de transmission des maladies et de maximiser les avantages sanitaires; exécuter des projets d'approvisionnement en eau en renforçant les capacités de la collectivité, hommes et femmes compris, pour qu'elle soit en mesure de résoudre ses problèmes et d'assurer son développement local".

L'introduction d'objectifs liés au fonctionnement et à l'utilisation des pompes, et aux méthodes d'hygiène contribue à réduire l'importance des objectifs de la construction. Il s'agit de favoriser *l'utilisation* maximale des pompes plutôt que *l'installation* du plus de pompes possible. Pour beaucoup de personnes, cet élargissement des objectifs des programmes constituera une innovation et les progrès seront conditionnés par l'expérience. En conséquence, les objectifs des premières années ne doivent pas être trop ambitieux. Avec des objectifs plus modestes, les responsables de l'élaboration des programmes et les collectivités pourront tirer les leçons de l'expérience acquise et les méthodes-pilotes pourront être essayées le cas échéant. Il sera alors possible de rectifier objectifs et approches, sans ressentir l'impression démotivante que

l'on a apparemment échoué dans la poursuite d'objectifs trop élevés. Toutefois, il ne faut pas non plus que les objectifs initiaux soient trop limités. Les besoins sont bel et bien pressants; il est possible que le suivi des progrès effectués dans la poursuite de buts réalistes suscite des efforts supplémentaires.

Les projets sont souvent assortis de desseins plus vastes, l'approvisionnement en eau étant alors lié à des objectifs socio-économiques plus importants. L'eau n'est pas seulement utilisée pour la boisson et l'hygiène, elle constitue également un élément de l'activité économique des ménages: on s'en sert notamment pour le maraichage en saison sèche, pour abreuver le bétail et pour arroser les arbres fruitiers et ceux qui produisent le bois de chauffage et le bois de construction. Il peut être bénéfique d'encourager ces utilisations de l'eau si les ressources le permettent ou d'associer le programme à un autre, reposant, celui-là, sur une utilisation productive de l'eau. Ceci permet d'accroître le bien-être général dans la région et de générer des revenus supplémentaires lesquels, à leur tour, contribueront au financement de l'entretien local.

Il n'est pas facile d'organiser des projets susceptibles de générer des revenus au niveau local; pour ce faire, il faut effectuer une étude détaillée des possibilités, des marchés et des apports nécessaires. Or les faits tendent à prouver que les projets générateurs de revenus qui sont couronnés de succès, en particulier ceux adressés aux femmes, ne profitent pas uniquement aux ménages concernés, mais également aux projets d'approvisionnement en eau. Les revenus supplémentaires viennent normalement satisfaire les premières nécessités de la famille, qui comprennent habituellement le paiement des redevances d'eau et l'amélioration des conditions d'hygiène (Wijk, van, 1985). A ce titre, davantage de recherches au niveau des ménages seraient les bienvenues afin de produire des données qui serviront à la planification future.

3.2 Etudes de faisabilité

Dans le cas des programmes d'approvisionnement en eau où les pompes à main joueront un rôle important, c'est une étude de faisabilité ou une planification préliminaire qui apporteront des réponses à un certain nombre de questions-clés concernant la zone du projet et les options proposées (les questions touchant directement à la participation de la collectivité et à l'entretien assuré par cette dernière sont indiquées en caractères gras):

- Combien de collectivités le projet englobera-t-il? Quelle est leur taille et quelles sont leurs prévisions de croissance?

PLANIFICATION DE LA VIABILITE

- Quelle est la structure sociale? Quel est le rôle de la femme dans la société traditionnelle? De quel type de système politique la collectivité est-elle pourvue?
- Quel est le profil sanitaire? Existe-t-il des maladies comme la bilharziose, l'onchocercose ou le ver de Guinée qui peuvent influencer la conception de l'alimentation en eau?
- De quelles sources d'approvisionnement en eau dispose-t-on actuellement? Quels sont les moyens de les améliorer?
- Quelles sont les habitudes actuelles en matière de collecte de l'eau, de son utilisation et d'hygiène, et comment procède-t-on à l'entretien des sources d'eau traditionnelles?
- De quel ordre sont les fluctuations du niveau et de la qualité des eaux souterraines dans l'ensemble de la zone du projet, et plus particulièrement entre la saison sèche et la saison des pluies?
- **L'alimentation en eau par pompes à main intéresse-t-elle les collectivités? Quelles sont leurs opinions sur des questions comme l'entretien assuré par la collectivité, le financement de l'entretien ainsi que sur la composition et le rôle d'une organisation locale de planification et de gestion?**
- **Existe-t-il une tradition d'utilisation des pompes à main dans la région?**
- **Outre la boisson, la cuisine et la lessive, l'eau a-t-elle d'autres usages?**
- **Y a-t-il des contraintes environnementales en matière d'hygiène et d'assainissement susceptibles de limiter les bienfaits potentiels des pompes à main pour la santé?**
- **Quels sont les besoins institutionnels du programme, pour ce qui est de la politique d'approvisionnement en eau, du financement, de la main-d'oeuvre, de l'équipement, des matériaux, du transport et des communications?**
- **Quels sont les besoins de la collectivité en matière de formation, pour qu'elle puisse être en mesure d'assurer elle-même l'entretien, l'administration et la gestion?**
- **Comment le programme peut-il être coordonné avec les activités des autres ministères ou agences du gouvernement, tels que les services de santé publique et les organismes responsables du forage des puits, du**

développement des collectivités, du développement agricole, du logement et d'autres domaines connexes?

- Quels seront les besoins totaux du programme en termes du nombre de pompes, de bornes-fontaines, etc., sans oublier les pièces détachées et le matériel d'installation?
- Quelles sont les perspectives de recouvrement des coûts d'équipement et des dépenses renouvelables?
- Quelles conditions doivent être satisfaites pour qu'une organisation viable puisse maintenir en état les pompes installées et établir des centres fiables de distribution des pièces détachées?
- Y a-t-il, dans le secteur privé, des compétences qui pourraient être appliquées à la mise en oeuvre et au maintien des programmes proposés?

Après avoir répondu à ces questions-clés, les planificateurs, les concepteurs et les législateurs disposeront des données de base nécessaires pour entreprendre, projet par projet, la planification détaillée et la mise en oeuvre des programmes d'approvisionnement en eau des collectivités. Pour mettre en valeur les résultats de cette planification préliminaire, il faut les présenter de façon à permettre de prendre des décisions stratégiques, sans que soient précipités les choix définitifs. Ceux-ci pourront être arrêtés seulement lorsque l'entière participation de la collectivité aura été acquise. Dans les régions présentant des difficultés, il est prudent d'effectuer d'abord une étude hydrogéologique à petite échelle avant d'entreprendre une étude de faisabilité importante. Cette précaution permet d'éviter de faire naître des espoirs irréalistes dans les collectivités et de se dispenser éventuellement des investissements considérables liés à l'étude principale, lorsque les ressources se révèlent insuffisantes.

Le rapport de l'étude de faisabilité devra contenir au moins les points suivants: un inventaire des collectivités, incluant les prévisions concernant la population et la croissance; une indication des **options technologiques** jugées les plus appropriées pour chaque région ou chaque collectivité, d'après des critères techniques et socio-économiques; un aperçu des organisations d'**entretien** viables et des accords de distribution des pièces détachées; les besoins en **ressources humaines** et en formation; les estimations des **coûts**, les propositions de recouvrement des coûts et les détails du financement; les attitudes et les perspectives concernant la **participation de la collectivité, et plus particulièrement des femmes**, à la planification, la construction et à la gestion locales, y compris les prévisions budgétaires à l'intention des animateurs et des promoteurs, etc.; les **cibles** et les objectifs liés à l'utilisation

des installations, à la qualité de l'eau et à l'appui à l'éducation pour l'hygiène; les dispositions relatives au suivi et à l'évaluation. Une fois de plus, c'est la viabilité qui importe et les planificateurs doivent reconnaître la manière dont cette priorité influe sur la collecte et la présentation des données du rapport de l'étude de faisabilité.

A cette étape du projet, la sélection des options technologiques sera dictée principalement par les grands changements techniques et socio-économiques de la zone du projet. Grâce à des enquêtes choisies portant sur des facteurs techniques et d'autres relatifs à la collectivité, effectuées dans un nombre restreint de villages échantillons, les planificateurs pourront faire des projections statistiques sans avoir à prendre des décisions irréversibles. Ainsi, un plan stratégique pourrait prévoir que 70 % des villages seront approvisionnés en eau par des pompes à main, 20 % par des systèmes avec seau et corde, et 10 % par des bornes-fontaines alimentées par gravité. Ces informations suffisent à l'établissement des coûts et à une planification plus détaillée des besoins en matière de réglementation, de gestion et de cadres institutionnels. De plus, si celles-ci sont suffisamment précises, elles pourront servir aux enquêtes préalables à l'acquisition des matériels. Toutefois, chaque collectivité ne perd pas la possibilité de participer entièrement à la décision finale quant à l'amélioration de son approvisionnement en eau, et de voir ses désirs respectés au moment du choix définitif de la technologie. En outre, il est déjà possible de repérer à ce stade des signes avertisseurs et de prendre des mesures correctives en accord avec l'entretien futur des installations une fois achevées. Ainsi, si le transport est difficile ou si les compétences sont rares, il faudra prévoir l'établissement d'une structure de distribution des pièces de rechange et l'organisation de centres de formation avant l'exécution du programme.

Il est rare que la planification d'un projet d'approvisionnement en eau parte de rien. Les projets et même les plans directeurs existants peuvent fournir des données précieuses sur la taille des collectivités, les ressources disponibles et aussi sur les méthodes employées par le passé, avec plus ou moins de succès. Il convient de retenir que les informations les plus utiles pour la planification future sont celles apportées par le suivi et l'évaluation des projets achevés et de ceux en cours de réalisation. Voilà une excellente raison de prévoir des interventions régulières de suivi et d'évaluation pour les nouveaux projets, ce qui, dans un deuxième temps, pourra faciliter la prise de décisions au niveau national.

Etudes hydrogéologiques

Une connaissance insuffisante des caractéristiques des eaux souterraines peut conduire à choisir une technologie inadaptée et, au bout du compte, le fonctionnement des installations achevées peut se révéler insatisfaisant. En

connaissant les variations saisonnières de la nappe phréatique, et du rabattement causé par l'utilisation, à proximité, de motopompes servant à l'irrigation, on pourra forer les puits à une profondeur suffisante pour que l'eau soit disponible toute l'année. Sans ces connaissances, deux scénarios sont possibles: soit les puits risquent de s'assécher, soit les concepteurs choisiront d'agir avec prudence et engageront des dépenses supplémentaires en creusant des puits trop profonds et en achetant des pompes plus chères que cela est nécessaire.

La réalisation d'études hydrogéologiques détaillées exige les compétences de spécialistes et peut coûter cher. On aura intérêt à utiliser d'abord au maximum les sources d'information dont on dispose. Les **puits existants** par exemple, renseignent directement sur la qualité et sur la profondeur des eaux souterraines. Il est conseillé d'en mesurer la profondeur à la fin de la saison sèche; en outre, les utilisateurs sont susceptibles de fournir de plus amples informations sur les problèmes rencontrés au cours des dernières années. On pourra examiner les pompes installées pour voir si elles présentent des signes de corrosion; sinon, des mesures du pH et des essais de conductivité électrique devront être effectués pour déterminer si l'eau est corrosive. Bien entendu, on utilisera au maximum les données des **plans directeurs existants**, axés sur l'irrigation ou l'alimentation en eau pour l'usage domestique. Sur des régions étendues, les **cartes géologiques** permettront de localiser les nappes phréatiques importantes. Ces cartes ne sont pas suffisamment détaillées toutefois pour permettre d'isoler les petites formations aquifères qui peuvent, bien souvent, fournir assez d'eau pour alimenter une collectivité. Les **photographies aériennes et l'imagerie par satellite**, qui utilisent des techniques spécialisées de repérage des caractéristiques superficielles et souterraines, peuvent également mettre en évidence les nappes d'eau douce susceptibles d'être exploitées. Néanmoins, il est possible que des organismes spécialisés proposent de telles informations, ce qui élimine la nécessité de faire des études particulières.

Les études de site portant sur une zone du programme doivent être planifiées avec soin, si l'on veut qu'elles produisent le maximum d'informations, à un coût raisonnable. Parmi les techniques permettant de cartographier les eaux souterraines et d'en évaluer la qualité, il convient de mentionner les **mesures de la résistivité électrique, de la réfraction sismique et le suivi géophysique d'un forage**. Il existe cependant une méthode plus directe nécessitant un matériel moins perfectionné et une analyse technique moins importante, qui consiste à faire des **forages de reconnaissance** et des **essais de pompage**, à l'aide d'un matériel de forage manuel. Pourvu que les conditions géologiques s'y prêtent, le forage manuel est un moyen peu coûteux et efficace permettant de recueillir des informations précises sur la qualité de la nappe phréatique, sa profondeur et son volume (calculé en utilisant une pompe d'essai à main et en

chronométrant le temps de remplissage d'un seau tout en mesurant le niveau de l'eau dans le puits). L'ouvrage intitulé *Hand-Drilled Wells* (Blankwaardt, 1984), fondé sur des expériences menées en Tanzanie, fournit des détails pratiques sur les méthodes employées pour procéder à ce type d'essai.

Il s'agira de dresser le tableau le plus fidèle possible des sources d'eau existantes et potentielles, complété d'un profil des principales nappes aquifères, ce qui permettra d'identifier les niveaux minimum possibles et les paramètres de la qualité de l'eau. Toutes ces données pourront être ensuite ajoutées à l'inventaire du village, pour faciliter le choix de technologie; dans bien des cas, des interpolations devront être effectuées durant la planification préliminaire. Les résultats des études pourront faire apparaître la nécessité de recourir à une réglementation pour limiter le puisage de l'eau afin de ne pas compromettre les sources existantes ou prévues d'approvisionnement par pompe à main, ou afin de prévenir les problèmes de salinité.

Enquêtes dans les villages

Bien qu'il soit rarement économique ou possible de mener des enquêtes détaillées dans chaque village au stade de la planification préliminaire, l'exactitude des données sur la zone du programme pourra être conditionnée par le choix, judicieux ou non, des villages échantillons. Comme le planificateur cherche à prendre des décisions stratégiques sur la sélection de la technologie, les besoins en entretien, le recouvrement des coûts, l'éducation pour l'hygiène, etc., les enquêtes sur les villages pourront être organisées de manière à produire des données utiles également à des activités futures visant à mobiliser la collectivité.

La sélection des villages échantillons (5 % environ d'une zone relativement homogène bénéficiaire d'un programme devrait constituer un échantillon statistiquement valable) devra couvrir toutes les catégories de groupes socio-économiques, de différences tribales et de sources d'approvisionnement en eau existantes.

L'enquête dans les villages échantillons fournit des données techniques supplémentaires à l'appui des études hydrogéologiques et donne un aperçu général des conditions réelles, des problèmes et des possibilités d'amélioration. Si elle a été initialement prévue à cet effet, cette enquête pourra également servir de base à une évaluation des répercussions futures. Les enquêtes socio-économiques doivent être confiées à des spécialistes; elles pourront prendre la forme d'enquêtes sur les ménages, à l'aide de questionnaires déjà éprouvés, ou de recherches de type plus qualitatif. A cet égard, une méthodologie expressément établie pour les projets d'assainissement et d'alimentation en eau a été publiée par le Groupe consultatif pour la technologie PNUD/Banque mondiale (Simpson-Hébert,



Figure 3.2 Les enquêtes dans les villages échantillons permettent de dresser un tableau de la zone du projet.

1983). Les responsables de l'enquête devront résister à la tentation de recueillir trop de données. Habituellement, pour une évaluation rapide, une simple liste de contrôle suffit. Récemment, on a eu recours à des études sociales d'un type plus participatif; celles-ci sont examinées au chapitre 4.

L'étude socio-économique peut être très révélatrice. Il est d'ailleurs fort possible que l'amélioration de l'alimentation en eau ne soit pas la première priorité des futurs utilisateurs de l'installation prévue. Les hommes et les femmes auront probablement des priorités distinctes, de même que les groupes de revenus différents. Parfois, les collectivités adopteront une attitude méfiante parce qu'elles auront eu des expériences négatives des pompes à main ou d'autres systèmes d'approvisionnement en eau. Certaines collectivités préféreront un réseau sous conduites, parce que cela implique un statut plus élevé ou simplement pour une raison de commodité. Il est rare que l'étude socio-économique comporte une évaluation des répercussions des différents types de technologies sur la collectivité, du point de vue des coûts, de la qualité de l'eau, de la fiabilité ou des besoins en entretien.

La volonté et la capacité de contribuer aux coûts d'équipement et/ou aux dépenses renouvelables des pompes à main peut également varier d'une collectivité à l'autre. Le chapitre 4 examine diverses manières d'aider les

collectivités à prendre conjointement les bonnes décisions quant à la technologie et au niveau de service les plus appropriés. L'étude socio-économique initiale a pour but de fournir une base pour établir les futurs efforts de participation collective dans chaque village et de permettre aux planificateurs d'évaluer les différentes attitudes possibles dans l'ensemble de la zone du programme. Pour éviter de faire naître des espoirs sans lendemain, on pourra avertir les collectivités que la réalisation du projet risque de durer longtemps et les informer qu'on sollicitera leur participation à d'autres décisions et aux activités de construction, au fur et à mesure de la formulation du programme.

Les types d'utilisation de l'eau et d'habitudes hygiéniques en cours influenceront la collectivité lorsqu'elle devra définir ses besoins et ses préférences quant à l'amélioration de l'approvisionnement en eau. Les enquêtes et les évaluations rapides devront donc comprendre des discussions et des observations afin de déterminer comment l'eau est puisée et utilisée et de préciser les améliorations les plus appropriées en termes de commodité, de qualité et de quantité. A titre d'exemple, il importera d'identifier les critères employés par les femmes pour la sélection des sources traditionnelles afin de satisfaire divers besoins, étant donné que ceux-ci conditionnent leur acceptation des nouvelles installations et qu'ils serviront de point de départ aux discussions sur les questions de santé.

Une étude dans des villages Fula et Balanta sélectionnés, dans le sud de la Guinée-Bissau, a fait apparaître de grandes différences dans les critères de sélection des sources et les habitudes de consommation de l'eau. Les femmes Balanta ne sont pas affectées par une pénurie d'eau; elles utilisent la source la plus proche, pour tous leurs besoins en eau, y compris pour abreuver le bétail.

L'étude a permis d'observer que les conditions d'utilisation et d'évacuation de l'eau ne sont pas hygiéniques. Les femmes Fula utilisent des sources d'eau différentes pour la boisson, la lessive et pour la toilette. Dans le premier cas, elles parcourent une plus grande distance pour puiser leur eau potable dans une source qu'elles estiment plus propre; dans le second cas, elles consacrent plus d'efforts au lavage du linge et utilisent pour cela l'eau courante d'un étang alimenté par une rivière.

La plupart des femmes Fula filtrent également leur eau potable à travers un morceau d'étoffe et ont établi des règlements concernant l'utilisation de l'eau et l'évacuation de celle-ci.

Coordination avec les autres organismes

Les organismes chargés du développement hydraulique doivent collaborer étroitement avec les autres instances nationales pour que la collectivité participe au financement et à l'entretien locaux, et pour que soient réalisées les améliorations complémentaires en matière d'hygiène et d'assainissement.

Souvent, ces organismes ne possèdent pas l'autorité ou les compétences nécessaires pour assurer la participation de la collectivité, celle des femmes, la formation en matière de gestion l'éducation pour l'hygiène au niveau local. Or il est très possible que d'autres instances ou services disposent de ces compétences. Bien que le besoin de collaboration soit de moins en moins contesté, de nombreux obstacles devront être surmontés avant de pouvoir mettre en place un système de collaboration. Les autres instances ont leurs propres programmes; elles doivent établir des priorités et assigner des effectifs dans l'éventualité où elles décideraient d'exécuter le volet social des programmes à caractère technique. Les activités sociales et sanitaires ne font habituellement pas l'objet d'un budget, d'un plan de travail ou d'objectifs distincts. Aussi les organismes chargés des eaux ne peuvent-ils pas confier toutes les activités "sociales et sanitaires" aux autres instances; elles doivent travailler en collaboration avec ces services et avec la collectivité.

De même, une grande partie des données nécessaires à la planification des programmes d'approvisionnement en eau peuvent être utiles aux développements menés dans d'autres secteurs. Par conséquent, la collaboration avec les ministères et les organismes responsables du développement des collectivités, de la santé et de l'agriculture est réciproquement bénéfique. Auprès de ces instances, les agences responsables de l'alimentation en eau des collectivités rurales pourront obtenir quantité de données démographiques, socio-économiques, sanitaires et techniques; de plus, en s'unissant pour la collecte des informations manquantes, ces agences peuvent encourager une coordination à long terme et contribuer à éviter la multiplication inutile des efforts.

La collaboration est souvent insuffisante, simplement à cause du manque de fonds qui permettraient aux organismes extérieurs de réunir les données utiles à la réalisation des programmes d'approvisionnement en eau. Une planification adéquate peut aplanir cette difficulté moyennant l'allocation de fonds pour la collecte de données par les organismes collaborants, et auprès de ces derniers.

Présentation des informations

Non seulement le rapport de planification préliminaire constitue une base pour les décisions stratégiques quant à la mise en oeuvre du programme, mais il peut s'avérer un élément important dans la formulation de demandes de soutien financier. Les arguments avancés devront être logiques et concis; les conclusions applicables au village devront être flexibles, tout en étant suffisamment détaillées pour l'ensemble du programme, de manière à ce qu'une estimation fiable des coûts et des autres ressources à engager puisse être faite. Les illustrations simplifiées sous forme de diagrammes permettent de présenter clairement les données démographiques (figure 3.3).

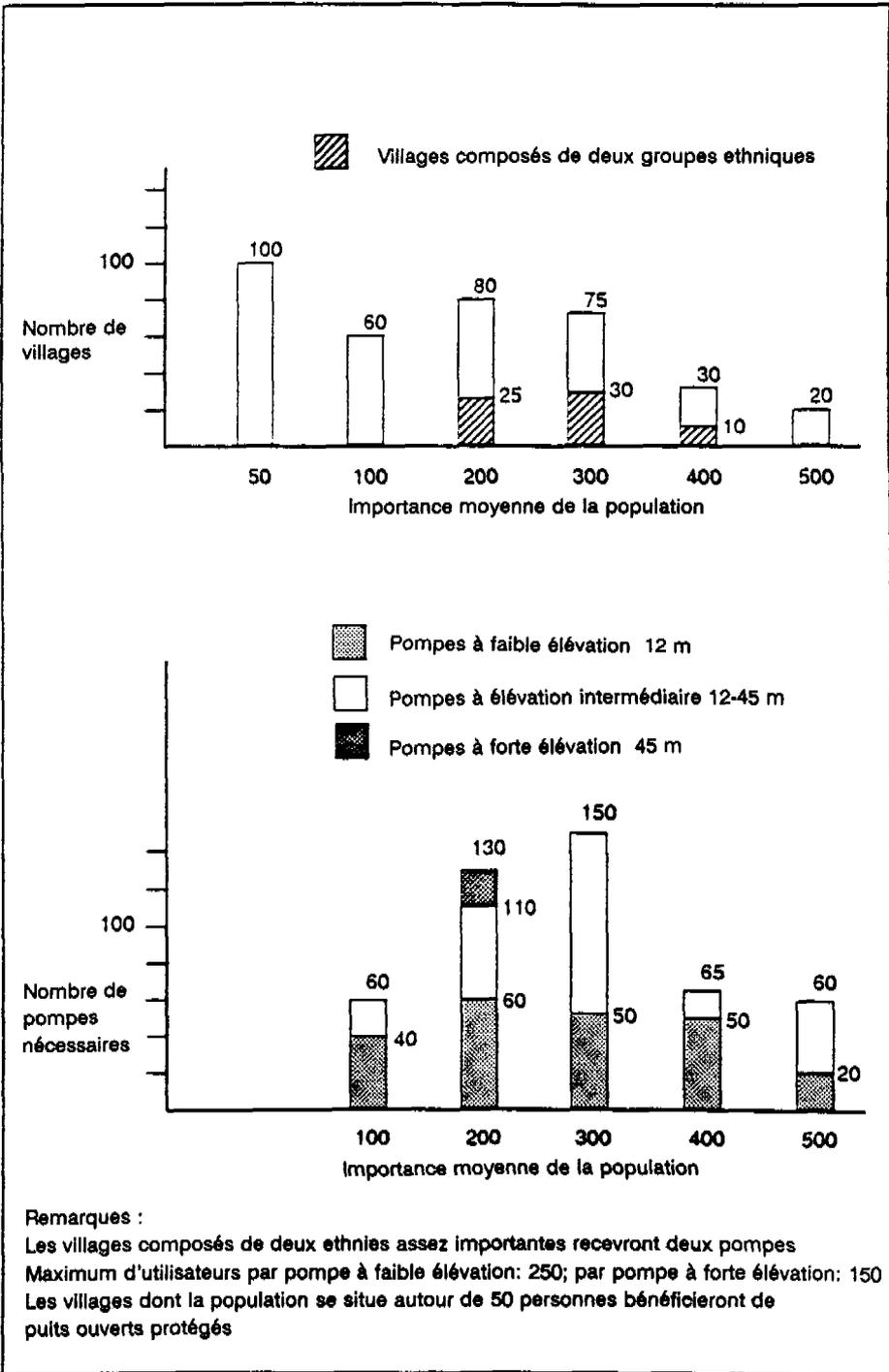


Figure 3.3 Une présentation graphique des données de l'étude peut en simplifier la compréhension.

Plus évidents que que les tableaux sur lesquels ils sont fondés, ces graphiques viennent également appuyer concrètement les prévisions du nombre de pompes nécessaires, des besoins en formation et de la programmation du projet. Par rapport aux tableaux, des graphiques simples permettent de saisir plus facilement certains aspects d'ordre qualitatif et liés aux habitudes des villageois, comme l'utilisation de l'eau et des latrines.

3.3 Priorités du programme

Un des buts majeurs de la planification préliminaire consiste à fixer des objectifs pour chaque année du programme. Pour ce faire, il faut non seulement diviser la charge de travail totale en activités réalisables, mais aussi établir et maintenir des critères et des procédures que le projet suivra pour la sélection des villages susceptibles de bénéficier d'une alimentation en eau améliorée. Cette précaution vise à prévenir les soupçons éventuels de partialité, de manipulation ou d'influence politique.

Beaucoup de pays ont adopté des lignes directrices permettant de déterminer les collectivités qui auront le droit de bénéficier des projets d'approvisionnement en eau financés par le gouvernement. On se servira de ces lignes directrices pour identifier les villages cibles se trouvant dans la zone du projet. Ordinairement, l'application de ces lignes directrices suppose une certaine évaluation des problèmes de pénurie ou de qualité de l'eau; il peut également s'avérer nécessaire de diviser la population cible en groupes socio-économiques, les catégories défavorisées passant ainsi en priorité lorsqu'il s'agira d'accorder des subventions ou des prêts assortis de conditions de faveur. La priorité pourrait également aller aux zones à forte densité démographique ou à celles affectées par un taux de maladies élevé (par exemple celle causée par le ver de Guinée), que l'utilisation de sources améliorées d'approvisionnement en eau pourrait facilement réduire.

Les zones ou les collectivités à équiper une fois déterminées, il faut établir les priorités du projet, ce qui implique, une fois de plus, la définition de critères. Ceux-ci pourront englober des thèmes comme la motivation de la collectivité, sa volonté de contribuer, la rareté de l'eau ou le taux élevé des maladies. Ces critères pourront être définis à partir des résultats de l'étude de faisabilité, qui donneront également une idée des zones ou des collectivités à servir en priorité. Les critères retenus auront des conséquences importantes sur le programme d'exécution. A titre d'exemple, si le projet prévoit des interventions sur demande seulement, sa réalisation risquera d'être quelque peu dispersée.

Dans d'autres cas, il sera possible de classer les collectivités en catégories assorties d'un ordre de priorité, en fonction de critères clairement définis.

Parfois, pour des raisons de logistique, il faudra procéder à l'exécution par zone, en commençant par celles qui renferment la plus forte proportion de villages hautement prioritaires, mais tout en équipant également les villages de la même zone dont l'ordre de priorité est inférieur. Une autre solution consiste à s'occuper de tous les villages classés au premier rang de priorité, avant de passer à ceux qui ont la deuxième place, et ainsi de suite.

Les collectivités cibles devront être informées des critères d'établissement des priorités. Il se peut que les villages défavorisés qui ont peu d'influence soient exclus des classements de priorités qui sont établis à partir des candidatures des villages, surtout si une contribution est demandée à l'utilisateur. On devra veiller à ce que l'information sur le programme soit diffusée dans tous les villages et que les critères reposant sur les besoins réels soient appliqués de manière équitable. Ce dernier point est extrêmement important, étant donné que ce sont les collectivités qui exprimeront le plus de besoins qui s'engageront plus que les autres à maintenir les installations achevées.

3.4 Niveau de service et choix technologique

Le rapport de planification préliminaire est primordial pour le lancement des activités du programme, comme l'acquisition du matériel, la formation et la sensibilisation de la collectivité. Il s'ensuit que des "décisions" de planification devront être prises sur les types de technologies qui seront les plus appropriées pour l'ensemble de la zone du projet, avant que quelques-unes au plus des collectivités aient eu l'occasion de s'exprimer sur la question. Au niveau statistique, il peut être intéressant d'extrapoler à partir de l'enquête sur échantillon et de produire des inventaires et des calendriers suffisamment précis pour cette phase, plus détaillée, de la planification. Il est important cependant de bien saisir les raisons des décisions quant au niveau de service adéquat en fonction de conditions physiques et socio-économiques particulières.

On peut citer une règle générale qui régit l'élaboration de lignes directrices plus ciblées par rapport au projet en question, à savoir: "La technologie choisie devrait fournir à la collectivité le niveau de service le plus élevé possible correspondant à ses moyens financiers, dont elle pourra tirer avantage et qu'elle aura la capacité institutionnelle de maintenir." (Banque mondiale, 1987).

Autrement dit, les collectivités devraient être autorisées à choisir des technologies et des niveaux de service plus variés qu'à l'heure actuelle. Une collectivité plus avancée, capable de supporter tous les coûts supplémentaires de construction et d'entretien que cela comporte, pourra être encouragée à choisir un approvisionnement par réseau sous conduites combinant des

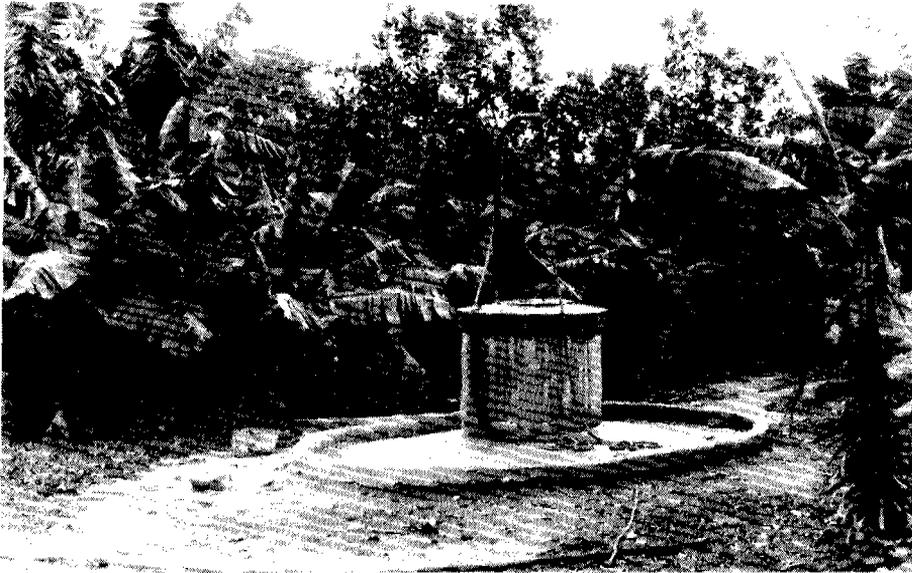


Figure 3.4 Environ la moitié des puits installés dans le cadre d'un programme en Guinée-Bissau ont été équipés de systèmes avec seau et corde parce que les villageois estimaient que l'entretien de pompes à main était trop risqué (CIR, 1982).

bornes-fontaines et des raccordements privés plutôt que la pompe à main obligatoire, pourvu que le programme en question soit à la fois abordable, techniquement réalisable et viable.

Les désirs de la collectivité demeurent primordiaux, mais l'organisme d'exécution a un rôle crucial à jouer: il doit s'assurer qu'à ce désir d'obtenir le niveau de service le plus élevé possible correspondent des engagements à fournir les ressources nécessaires. Cette tâche ne doit pas être sous-estimée car, au bout du compte, la collectivité devra être convaincue de la valeur et de la viabilité de l'amélioration de l'approvisionnement en eau. Si la collectivité, après avoir entendu toutes les argumentations et identifié les reponsabilités, les risques et les avantages liés au projet, choisit une solution réalisable différente de celle mise en avant par les promoteurs, sa volonté sera respectée à la condition qu'elle prenne les mesures nécessaires pour protéger la santé publique. En Guinée-Bissau par exemple, la moitié environ des puits réalisés dans le cadre d'un projet d'approvisionnement en eau des collectivités rurales ont finalement été équipés de systèmes avec seau et corde parce que les collectivités considéraient que les besoins d'entretien des pompes à main menaçaient la fiabilité du nouveau système d'approvisionnement.

Examen des diverses options

Pour que les représentants des collectivités soient en mesure d'exprimer leurs préférences par rapport à une technologie ou une autre, il convient de leur présenter un tableau fidèle des incidences de chaque technologie au niveau des coûts, des avantages, des besoins d'entretien et des habitudes d'hygiène. Les techniciens de l'organisme d'exécution doivent expliquer en quoi lesdites options (seau et corde, pompe à main, borne-fontaine par exemple) offrent différents niveaux de service, ce que cela implique en termes de commodité, de qualité de l'eau, de santé, etc.; en outre, il doivent décrire tous les changements que peut entraîner un surcroît d'approvisionnement en eau (irrigation de petites parcelles, élevage de petits animaux, etc.). Les options ne sont pas toujours faciles à cerner et, pour certains projets, des études de cas typiques, des modèles de démonstration, des visites à des collectivités-pilotes et d'autres techniques d'information similaires ont été utilisées pour stimuler des discussions sur une base factuelle (Jackson, 1979). Les villageois pourront ensuite juger eux-mêmes si les coûts supplémentaires et l'engagement de ressources humaines justifient le choix d'un niveau plus élevé de service. Certains projets prévoient des visites par les membres de la collectivité concernée d'autres villages disposant déjà de nouvelles installations, afin qu'ils puissent bien en saisir les conséquences.

Même si un niveau plus élevé de service semble séduisant au premier abord, il y a de fortes chances pour que plus de la moitié de la population nécessitant un système amélioré d'approvisionnement en eau considère que les pompes à main sont la meilleure solution (Banque mondiale, 1987).

Au Burkina Faso, un projet de puits financé par le Fonds européen de développement offre le choix entre un puits creusé protégé et un forage équipé d'une pompe à main. Le puits creusé demande une main-d'oeuvre villageoise plus importante (700 hommes-jours pour un puits moyen ou environ 60 % des coûts totaux de construction). Ce puits présente un risque plus élevé de contamination mais il est moins cher à entretenir, sa capacité d'alimentation et sa capacité de stockage sont élevées; il peut être équipé d'une poulie ou d'une pompe à main et, en cas de défaillance de la pompe, il peut toujours être utilisé. En ce qui concerne le forage, la construction du radier, de l'évacuation et de l'abreuvoir demandent beaucoup moins de main-d'oeuvre et de matériaux. En revanche, la collectivité doit non seulement supporter les coûts plus élevés dus à l'entretien du forage, mais aussi créer et administrer un fonds spécial qui servira à payer les pièces de rechange, le réparateur de pompe local et l'installation d'une nouvelle pompe au bout de 10 ans environ. Il faut habituellement compter deux réunions de village pour que soit prise la décision quant au choix du type de système. Jusqu'à maintenant, 24 % des villages ont opté pour un puits creusé et 76 % pour un forage avec pompe à main.

Evaluation des pompes à main

Grâce aux études hydrogéologiques, la zone du programme pourra être divisée en fonction de la profondeur de la nappe phréatique. La hauteur d'élévation est l'un des principaux paramètres techniques qui permet d'établir une

subdivision à l'intérieur de chaque catégorie de pompes à main (se reporter au chapitre 2). Parmi les autres variables pouvant influencer sur le choix de la pompe, on peut citer: l'importance du groupe d'utilisateurs, la consommation par habitant, les besoins en entretien, le potentiel de normalisation, le coût et, parfois, le degré de corrosivité de l'eau souterraine. Comme la pondération de chacun de ces paramètres dépend beaucoup des conditions locales, chaque programme définira ses propres critères.

Le tableau 3.1 montre comment présenter l'extrapolation des données obtenues lors de l'étude hydrogéologique, de manière à faciliter l'évaluation des modèles de pompes à main considérés.

Tableau 3.1 Exemple des besoins en pompes à main

<i>Hauteur d'élévation (m)</i>	<i>Nombre de personnes servies par pompe</i>			<i>Nombre de pompes</i>
	<i>100</i>	<i>200</i>	<i>250</i>	
5	65	190	26	282
12	78	90	30	198
30	39	23	9	71
45	-	12	10	22
60	-	5	2	7
Total	182	320	77	580

Pour satisfaire aux besoins du programme, il faut prévoir 282 pompes pour une élévation maximale de 5 m, 198 pompes pour une élévation maximale de 12 m, et 100 pompes pour une élévation maximale comprise entre 30 et 60 m. Le choix de pompes à faible élévation est très vaste. Pour les fortes élévations toutefois, ce choix est plus limité, mais on peut compter jusqu'à 30 modèles conçus pour ce créneau.

C'est le choix d'un système approprié d'entretien des pompes qui sera surtout déterminant dans la réduction de cette liste à des proportions plus commodes. L'existence des compétences et de matériels au niveau local permettra de décider si oui ou non un entretien entièrement assuré par le village peut être envisagé. La meilleure solution de rechange consistera à employer des mécaniciens régionaux, qui entretiendront les pompes d'un certain nombre de collectivités. La dernière option (entretien centralisé) devra être envisagée seulement s'il semble impossible de mettre sur pied un système d'entretien assuré par la collectivité. A titre d'exemple, si quelques pompes seulement sont installées dans une région, les réparateurs régionaux n'auront pas assez de travail pour mettre en pratique leurs compétences ou maintenir leur intérêt.

Dans le document intitulé *Approvisionnement en eau des collectivités: l'option "pompes manuelles"*, chaque pompe testée sur le terrain ou en laboratoire a été affectée des cotes "bien", "adéquat" ou "ne répond pas aux exigences minimales", correspondant aux trois catégories d'entretien. Les cotes obtenues diffèrent selon la hauteur d'élévation, mais elles permettent de comparer directement entre elles des pompes qui répondent aux exigences d'élévation. Bien que les cotes de classement figurant dans ce document publié conjointement par le PNUD et la Banque mondiale reflètent les performances des pompes sur le terrain ou en laboratoire, il est relativement facile d'évaluer sommairement les possibilités d'entretien des pompes qui ne font pas partie des tableaux de classement, en se fondant sur leur conception et sur les matériaux entrant dans leur fabrication. L'importance de la normalisation ne doit pas être négligée; d'autres considérations locales sont également susceptibles d'influer sur le choix définitif. Mais surtout, avant de prendre une décision irréversible, il faut discuter du type de pompe avec la collectivité et obtenir l'accord de cette dernière.

Dans la catégorie des pompes à forte élévation dont il faut enlever le tuyau de refoulement en acier et les tiges de pompe pour remplacer le joint, l'entretien au niveau du village est habituellement hors de question lorsque la hauteur d'élévation est supérieure à 15 m environ, tout comme l'est l'entretien par un réparateur régional lorsque cette hauteur dépasse 25 ou 30 m. Le Soudan par exemple, fait exception à cette règle: là-bas, les réparateurs régionaux sont équipés d'une chèvre transportable sur motocyclette, ce qui leur permet de procéder à l'entretien des pompes à forte élévation.

Pour atteindre les objectifs de viabilité, les planificateurs s'efforceront de sélectionner les pompes et d'organiser un système qui laissera le plus possible à la collectivité la responsabilité des opérations d'entretien. La sélection sera donc à juste titre axée sur les pompes qui conviennent le mieux à un entretien par le village, pourvu que cet entretien ne dépasse pas les ressources de la collectivité, et qu'il soit appuyé par une formation adéquate et une distribution efficace des pièces détachées par l'organisme de financement.

Si l'on examine à nouveau l'exemple présenté au tableau 3.1, il est possible de combiner les 15 applications distinctes énumérées (5 hauteurs d'élévation x 3 types de groupes d'utilisateurs) afin de réduire le choix à quelques modèles de pompes seulement. Dans le cas des puits nécessitant une hauteur d'élévation de 5 m, on pourra envisager des pompes aspirantes; de plus, dans beaucoup de pays, ces pompes sont bien connues des populations, ce qui fait qu'elles se prêtent particulièrement à un entretien par les villages. Même dans le cas d'un usage intense (250 utilisateurs) où le bon fonctionnement de la pompe suppose de fréquentes interventions d'entretien, il y aura des villageois qui préféreront cette solution plutôt que d'utiliser un type de

pompe qu'ils ne connaissent pas. Par contre, si ce type de pompe est parfaitement inconnu des villageois, on pourra alors essayer de faire valoir les avantages des pompes à action directe. Dans l'exemple du tableau 3.1, les pompes à action directe pourraient convenir aux élévations de 5 m et 12 m, bien que leur utilisation intense par 250 personnes entraîne un rapprochement des interventions d'entretien.

Pour les profondeurs de 30, 45 et 60 m, il faudra utiliser des pompes à forte élévation; cependant, le nombre de modèles pouvant être entretenus par un mécanicien régional diminue avec l'augmentation de la profondeur. C'est pourquoi la normalisation doit rester un objectif. A cet égard, on pourrait avoir des pompes adaptées à toutes les variations de profondeur; il suffirait de prévoir simplement des cylindres de dimensions différentes selon la profondeur ou, dans le cas des pompes plus modernes, de garder un cylindre de diamètre standard, dans lequel on pourrait faire varier la course du piston en modifiant l'avantage technique produit par le bras. Cependant, toute pompe devant élever l'eau d'une hauteur de 60 m pour alimenter 250 personnes sera inévitablement sollicitée très fortement et subira de nombreuses pannes. (Même avec un débit optimiste de 4 litres par minute, la pompe devra fonctionner sans interruption pendant plus de 10 heures par jour, pour assurer un minimum vital de 10 litres par habitant et par jour.) Enfin, sauf si la pompe conçue pour une profondeur de 60 m se révèle la mieux cotée pour une profondeur de 30 m, il ne serait pas indiqué de la normaliser pour tout l'éventail des grandes hauteurs d'élévation, alors qu'une pompe plus légère, d'entretien plus facile, pourrait être installée sur la majorité des puits prévus par le programme.

L'examen des différents types de pompes en fonction des conditions d'exploitation anticipées devra également tenir compte du débit, de la fiabilité, de la résistance à la corrosion et à l'abrasion, et des possibilités de fabrication locale des pièces d'usure. Grâce à ce genre d'analyse, il est possible de réduire la liste des pompes potentiellement admissibles à cinq ou six modèles pour les fortes élévations et à un nombre légèrement plus élevé dans le cas des faibles élévations. Pour plus d'informations sur la manière de dresser une liste sélective des pompes acceptables, on pourra se reporter au Guide de sélection des pompes, contenu dans le document *Approvisionnement en eau des collectivités: l'option "pompes manuelles"* (Banque mondiale, 1987). La comparaison des coûts déterminera alors le choix final de la pompe (le critère décisif restant néanmoins son acceptation au bout du compte par la collectivité).

Comparaison des coûts

Pour une juste comparaison des coûts, il est essentiel de tenir compte de tous les coûts qui sont rattachés à un choix donné. Ainsi, il est erroné de comparer



Figure 3.5 Les attentes sont parfois longues lorsque trop d'utilisateurs s'approvisionnent à la même pompe. Cela risque de les inciter à revenir à d'autres sources polluées.

seulement les coûts *d'investissement* de différents types de pompes car il est probable que ceux-ci ne constitueront pas plus de 25 à 30 % des coûts de toute la "durée de vie" d'une pompe. Il convient donc de considérer également les dépenses renouvelables, qui sont imputables à l'entretien, aux réparations, aux pièces *détachées* et, éventuellement, au remplacement de la pompe (représenté en termes de coûts par la dépréciation). Les dépenses renouvelables sont engagées à des périodes différentes pendant la vie d'une pompe et doivent être ramenées à des valeurs comparables. La comparaison de diverses installations peut se faire à l'aide de l'une ou l'autre des deux méthodes fondamentales d'évaluation des coûts.

La première méthode repose sur le principe de la valeur temporelle de l'argent; elle consiste à calculer la *valeur actuelle* de chaque élément des coûts. Ainsi, selon ce principe, un coût qui sera engagé à l'avenir possède, à l'instant présent, une valeur inférieure à celle qu'il aura dans le futur; A titre d'exemple, la valeur actuelle d'un coût de 100 \$ engagé dans un an serait de 93 \$ environ le taux d'actualisation étant de 8 %; en effet, un montant de 93 % déposé dans un compte à 8 % d'intérêt annuel atteindrait 100 \$ au bout d'un an. On trouvera à l'annexe IV la formule à employer pour calculer la valeur actuelle.

On peut calculer de cette manière les valeurs actuelles des coûts de durée de vie de différentes pompes pour déterminer l'achat le plus rentable, c'est-à-dire la valeur actuelle la plus basse. Pour que la comparaison soit valable cependant, il faut que les durées de vie prévues soient équivalentes pour toutes les pompes ou puissent être ramenées à un dénominateur commun.

La deuxième méthode d'établissement des comparaisons de coûts repose sur un principe similaire, à savoir le calcul des *coûts annuels équivalents*. Mais elle a l'avantage de permettre de comparer des pompes dont les durées de vie sont différentes. Pour convertir le coût initial d'investissement de chaque pompe en un coût annuel équivalent, on le multiplie par un facteur de recouvrement du capital. De cette manière, le coût d'investissement est réparti en coûts annuels équivalents sur toute la durée prévue de fonctionnement de la pompe. Le fait d'ajouter la moyenne des frais renouvelables annuels permet de comparer les pompes sur la base du coût annuel équivalent total.

Il conviendra de faire preuve de discernement car des circonstances particulières peuvent s'appliquer dans la collectivité. Dans certaines collectivités par exemple, il sera préférable d'installer une pompe assez chère, caractérisée par de faibles dépenses d'entretien, du fait qu'il est relativement aisé de générer des fonds lors de festivités locales ou d'autres activités de financement du même ordre. En revanche, d'autres collectivités pourront avoir plus de facilité à réunir régulièrement les fonds nécessaires à l'entretien, mais elles éprouveront de la difficulté à trouver l'argent nécessaire en vue d'un paiement initial élevé, ce qui les incitera à choisir une pompe moins chère et à accepter la nécessité de prévoir des coûts d'exploitation supplémentaires.

Durée utile prévue

En théorie, une pompe à main pourrait fonctionner pendant très longtemps si ses pièces usées ou défectueuses étaient remplacées au fur et à mesure. Ainsi, on pourrait définir la durée de vie comme étant la période au bout de laquelle chaque pièce constitutive d'une pompe aura été remplacée au moins une fois. Moyennant un entretien préventif au cours duquel les pièces sujettes à l'usure seraient remplacées à intervalles réguliers, avant même que leur détérioration nuise aux autres éléments, une pompe pourrait avoir une durée utile pratiquement illimitée. Malheureusement, cette qualité d'entretien est plutôt rare dans le cadre de l'approvisionnement en eau des collectivités.

Beaucoup de fabricants annoncent que leurs pompes auront une durée utile de 15 à 20 ans pourvu qu'elles soient soumises à une utilisation "normale". En réalité, il est rare qu'elles durent aussi longtemps, en particulier si l'entretien et les réparations laissent à désirer. Pour les modèles de pompes à main actuellement commercialisés, les données sur le fonctionnement en situation réelle constituent la base la plus valable pour calculer la durée utile. En général, il est raisonnable de prévoir une durée de 10 ans, bien que pour certaines pompes une durée de 5 à 8 ans soit plus vraisemblable. Par ailleurs, toute estimation de la durée devra tenir compte de facteurs tels que le climat, la qualité de l'eau et la capacité d'entretien au niveau local. Il est possible d'accroître la durée utile d'une pompe grâce à un programme de remise en

état; ainsi, si les logements des roulements du bras sont endommagés, il ne sera pas nécessaire de mettre le bras au rebut. Au contraire, celui-ci pourra être révisé dans un atelier, à un coût relativement faible. Ceci s'applique aussi à d'autres éléments essentiels comme le cylindre et la tête de pompe.

Capacité de débit

Une comparaison directe des coûts des pompes à main ne peut être fidèle que dans l'hypothèse où les pompes étudiées fournissent essentiellement le même niveau de service ou le même avantage économique. Comme la capacité de débit varie d'une pompe à l'autre, certaines devront fonctionner plus longtemps pour fournir la quantité d'eau nécessaire chaque jour. Cependant, du moment où la pré-sélection technique a été faite correctement, il est raisonnable de supposer que des pompes pouvant satisfaire les besoins quotidiens des utilisateurs procureront des avantages à peu près équivalents. Dans certaines circonstances, il pourra être utile de tenir compte de la quantité d'eau supplémentaire obtenue grâce à des pompes dont la capacité de débit est grande. Il incombera donc ensuite aux analystes d'attribuer une valeur à ces avantages, de manière à permettre de calculer les avantages nets de chaque pompe.

Coûts réels et coûts financiers

Jusqu'à maintenant, l'étude était fondée sur la comparaison des coûts *financiers* de chaque option. Le coût réel de l'affectation de fonds à un investissement particulier correspond à la meilleure utilisation des mêmes fonds à d'autres fins. Évidemment, les ressources utilisées pour financer l'installation de pompes à main ne peuvent plus être affectées à d'autres besoins. De ce fait, les prix du marché devront être ajustés pour refléter la rareté, donc les coûts réels, des ressources dans l'économie du pays.

Dans les pays en développement, il arrive souvent que les coûts réels de la main-d'oeuvre non qualifiée et des devises étrangères se distinguent de façon significative du coût financier. L'utilisation de manoeuvres sans emploi n'entraîne habituellement qu'une légère - sinon aucune - réduction de la production dans d'autres secteurs économiques, et peut se traduire par un coût réel très bas. Par opposition, les taux de change officiels des pays en développement sont souvent maintenus à un niveau artificiellement élevé, et leurs monnaies sont surévaluées. En conséquence, le coût réel des ressources en capital sera plus élevé que le coût financier apparent.

Pour être justes, les comparaisons entre coûts doivent être fondées sur des données spécifiques au pays. Si le coût financier ne tient pas compte du coût réel des ressources, il faudra apporter des corrections en ajustant les prix (prix virtuels). On peut définir les prix virtuels comme les prix qui seraient en

virtuels). On peut définir les prix virtuels comme les prix qui seraient en vigueur si on laissait les coûts réels d'option des ressources prendre leur vraie valeur sur le marché. Dans les pays en développement, les données nécessaires au calcul des prix virtuels sont rarement disponibles. Un ajustement approximatif n'en demeure pas moins possible et cela est même recommandé.

A titre d'exemple, dans les pays où le chômage est chronique, le coût réel de la main-d'oeuvre non qualifiée peut être évalué entre 25 et 50 % de la moyenne des salaires. De la même manière, le coût d'option réel du capital peut être de 15 %, ou plus dans certains pays, malgré des taux d'intérêt maximum limités, par règlement, à 6 % par exemple. Enfin, pour que la comparaison des coûts produise des résultats valables, on devra également corriger les coûts financiers dans le cas des éléments de coûts comme les droits d'importation, les impôts et les subventions, qui ne sont qu'un simple transfert de paiement à l'intérieur du système économique.

Données relatives aux coûts d'entretien et de réparation

Les données sur les coûts d'entretien et sur la fréquence des interventions d'entretien et de réparation sont limitées. Le Répertoire des pompes manuelles contenu dans l'ouvrage *Approvisionnement en eau des collectivités: l'option "pompes manuelles"* (Banque mondiale, 1987) renferme des détails sur les réparations de toutes les pompes qui ont été soumises à des essais sur le terrain, dans le cadre du programme conjoint PNUD/Banque mondiale. Grâce à ces données, il est possible de prévoir raisonnablement les besoins d'entretien des pompes à main testées, et d'évaluer les coûts de main-d'oeuvre et de matériaux pour le remplacement, par exemple, d'un joint de cuvette en cuir, deux fois par an, des coussinets de bras tous les deux ans, et ainsi de suite. Ceci constitue habituellement l'élément essentiel de l'établissement des coûts des pompes à main; aussi est-il important de tenir compte des compétences des mécaniciens locaux et, le cas échéant, des besoins d'aide extérieure lorsque la comparaison porte sur des pompes différentes. Enfin, les estimations des coûts doivent aussi comprendre les coûts liés à la formation, au suivi et aux autres activités de soutien qui sont nécessaires à l'entretien fiable d'un système.

3.5 Suivi-évaluation

Les dossiers des projets antérieurs sont parmi les plus précieuses sources d'information dont peuvent disposer les planificateurs des programmes d'approvisionnement en eau des collectivités. Les expériences que les différentes approches techniques et sociologiques auront fournies permettront de tirer des conclusions essentielles pour l'avenir. Sous bien des rapports, les échecs sont aussi importants que les réussites; en effet, c'est en évitant de

répéter les erreurs passées que l'on peut optimiser l'utilisation d'un nouvel investissement.

Même si le suivi-évaluation peut se révéler un excellent outil de gestion, celui-ci ne devrait pas devenir une fin en soi. Recueillir une quantité excessive de données risque de prendre trop de temps et de se traduire par un gaspillage. Il ne faut pas perdre de vue que l'information devrait être réunie dans un but précis. On obtiendra de meilleurs résultats en posant dix questions dont les réponses seront analysées utilement, plutôt que 150 questions car les données obtenues en conséquence risquent de submerger les analystes. Les questions-clés ne concernent pas seulement l'aspect technique du projet. Les membres de l'équipe du projet pourront aussi bien faire la collecte d'informations valables sur le fonctionnement des systèmes d'organisation et de soutien s'ils sont convaincus de la pertinence de ces données.

C'est l'expérience qui dictera le choix des techniques les plus efficaces pour recueillir l'information. On pourra par exemple encourager les écoliers, par des jeux simples, à donner des détails sur les sources d'approvisionnement en eau utilisées par leur famille. Par contre, tenter d'évaluer les quantités consommées en posant des questions relatives aux dimensions des récipients employés et à leur nombre ne donnera pas de résultats fiables. Dans ce cas-ci, il serait plutôt préférable d'équiper d'un compteur de mouvements les pompes de certains puits dont le nombre d'utilisateurs est connu. Néanmoins, la seule méthode exacte consiste à prendre le temps nécessaire pour enregistrer, pendant au moins deux jours, les volumes puisés à une pompe par chaque ménage.

Le travail du comité pour l'eau, et du responsable de l'entretien de la pompe en particulier, constitue une autre source d'informations importante. A l'occasion de l'examen du cahier de suivi de l'entretien, on devra si possible encourager le responsable à poursuivre toute initiative d'enregistrement de données. Le personnel du projet doit éviter d'être trop sévère envers le travail des responsables de l'entretien et de leur faire des remarques irréfléchies, susceptibles de les démotiver.

On pourra également obtenir des informations qui serviront à la planification, en évaluant les avantages supplémentaires résultant d'une amélioration de l'approvisionnement en eau. Les évaluations devront tenir compte de résultats tangibles comme la possibilité d'entretenir un potager. On essaiera aussi de déceler des améliorations récentes en matière d'habitudes d'hygiène et de méthodes d'assainissement.

Lors de l'établissement d'un protocole national de suivi, les organismes compétents choisiront peut-être d'élaborer une liste de questions standard qui seront posées soit dans le cadre d'études spéciales, soit au cours de visites de la zone du projet. Ces questions pourront porter sur les points suivants:

- Le type et le nombre de puits construits, et leurs caractéristiques;
- Le pourcentage de la population servie par les nouveaux puits;
- Le fonctionnement des puits et des pompes: l'état du puits et de ses abords immédiats (degré de propreté et respect des règles d'hygiène), le rendement de la pompe, les variations du niveau de la nappe phréatique, la qualité de l'eau (proximité de latrines, autres risques pour la santé, analyses chimiques, etc.), le degré de satisfaction des utilisateurs pour ce qui est du fonctionnement du système, de la qualité de l'eau et de la quantité fournie;
- Le pourcentage de la population qui utilise effectivement les puits ou les pompes en service, au moins pour ses besoins en eau potable, pendant toute l'année;
- Le fonctionnement du système d'entretien: la fréquence des inspections, la fréquence et la durée des pannes, la possibilité de se procurer des pièces de rechange;
- Le fonctionnement du système de gestion: la régularité des réunions du comité pour l'eau, la participation des femmes, la qualité et l'équité du système de collecte des fonds aux fins de l'entretien, les responsabilités des divers intervenants;
- Le développement progressif: les améliorations connexes au projet, les conditions d'hygiène et d'assainissement, l'utilisation productive de l'eau ou du temps gagné grâce au système d'approvisionnement, les autres projets de développement visant le village;
- Le fonctionnement du système de soutien: la formation, les visites régulières à des fins de suivi/de surveillance, et la distribution des pièces de rechange.

Grâce aux visites de suivi/évaluation prévues, l'équipe du projet devrait pouvoir fournir des réponses à la plupart de ces questions. Il conviendra généralement de mener des études spéciales dans des collectivités sélectionnées dans le but d'obtenir des informations plus détaillées sur l'utilisation de l'eau et sur les habitudes d'hygiène.

Suivi systématique

Il faut, dès le stade de la construction des installations, commencer l'enregistrement des données susceptibles de faciliter le déroulement et le maintien du projet en cours et la planification des projets futurs. Ainsi, l'équipe d'installation prendra note de la profondeur du puits, des données géologiques, du niveau statique naturel des nappes, le positionnement du cylindre et certains détails relatifs à la crépine et au gravier filtre. Toutes ces données devront être conservées sous une forme normalisée, dans les locaux de l'organisme chargé du développement hydraulique. Au cours de ses visites aux sites des puits achevés, que ce soit pour contribuer à l'entretien ou pour contrôler le travail de la collectivité en matière d'entretien des pompes et des puits, le personnel de l'agence devra noter non seulement l'état général du puits et de ses abords immédiats mais aussi toute variation du niveau statique naturel. Cette information est importante: d'une part, elle permet d'évaluer le rendement de la pompe, d'autre part, elle peut faire apparaître la nécessité de prendre des mesures correctives si le niveau de la nappe phréatique continue de baisser année après année. Chaque pompe devra être soumise à un essai de refoulement et les résultats de cet essai devront être enregistrés, de manière à pouvoir déterminer ensuite si des réparations doivent être effectuées dans les plus brefs délais.

De toute évidence, les responsables de l'entretien des pompes sont les acteurs les plus importants dans le contrôle du rendement et de la capacité des pompes. On trouvera au chapitre 7 une liste des activités que doivent entreprendre les responsables des pompes; la nécessité de consigner toutes les interventions dans un registre d'exploitation y est également soulignée. On n'insistera d'ailleurs jamais assez sur la valeur de ces informations. Planifier l'entretien, c'est avant tout évaluer la fréquence des interventions (réparation et remplacement) pour chaque pompe. Plus l'on disposera d'informations, plus cette évaluation sera juste. Grâce à un dossier bien documenté, les planificateurs auront un aperçu complet des besoins en entretien, des compétences nécessaires selon le type de réparation ou d'entretien, et des coûts qui devront être engagés.

Un système d'enregistrement n'est pas suffisant en soi; les dossiers devront être examinés régulièrement par un spécialiste qui sera en mesure de juger la signification des données qu'ils renferment et de déterminer si des mesures correctives s'imposent. La présentation de rapports annuels est un moyen utile de susciter l'analyse des données et la préparation de tableaux récapitulatifs qui seront soumis à l'examen des gestionnaires de l'organisme chargé de l'eau.

Evaluation du projet ou du programme

L'accent mis depuis peu sur la gestion des projets achevés par les collectivités vient confirmer la nécessité de procéder à des évaluations systématiques.

L'évaluation doit dépasser le cadre du suivi de projet particuliers - bien que des dossiers de suivi constitués avec soin s'avèrent des outils essentiels; elle doit en effet permettre d'apprécier le type de technologie employée, les approches utilisées auprès de la collectivité, le type de système d'entretien, la couverture obtenue (l'importance de l'utilisation de l'eau et le nombre de ménages touchés) et les répercussions du programme.

Pour les planificateurs du pays, les évaluations menées selon les règles renferment des informations d'une valeur inestimable sur les avantages et les inconvénients des projets ou des programmes antérieurs. Celles-ci peuvent également influencer considérablement sur le projet à l'étude, si elles permettent d'établir des mesures correctives, souvent simples, qui contribueront à améliorer le fonctionnement ou l'utilisation des installations existantes. La participation du personnel de l'agence pour l'eau et des membres de la collectivité à la réunion et à l'analyse des données produira très tôt des résultats positifs. Par ailleurs, l'expérience acquise sera rapidement communiquée à tous les niveaux du programme.

L'examen complet des procédures d'évaluation des programmes d'approvisionnement en eau des collectivités dépasse le cadre du présent document; toutefois, on pourra consulter les lignes directrices détaillées de l'ouvrage *la Procédure d'évaluation minimale (PEM) des projets d'approvisionnement en eau et d'assainissement*, publiée en 1983 par l'Organisation mondiale de la santé (OMS, 1983). De même, le CIR a rédigé, en collaboration avec l'UNICEF, une série de modules de cours destiné à être employés dans des ateliers de formation sur l'évaluation (CIR, 1987).

La PEM de l'OMS, méthode fondée sur l'utilisation d'indicateurs-clés, permet d'évaluer rapidement le degré de fonctionnement et d'utilisation des installations d'assainissement et d'approvisionnement en eau. En outre, elle décrit brièvement le processus de l'évaluation et les différentes façons de réunir les informations sur les ménages. La série de quinze modules intitulée *Evaluer les projets d'assainissement et d'approvisionnement en eau* sert à la fois de base et de guide pratique d'évaluation, et elle est axée sur la gestion du projet et sur l'amélioration du programme. Chaque module porte sur une étape du processus d'évaluation, depuis la phase de lancement du programme à celle de l'utilisation des résultats de l'évaluation. Enfin, ces modules sont accompagnés d'un guide à l'intention des animateurs qui doit leur permettre d'organiser des cours d'évaluation.

4. *Prise de Décisions avec la Collectivité*

En 1981, dans le petit village tanzanien de Mhenda, trois puits ont été construits et équipés de pompes par un important projet de pompes à main. Deux de ces puits sont rarement utilisés: l'un parce qu'il est trop éloigné du village, l'autre parce que la population n'aime pas la couleur de l'eau qui en est extraite. En conséquence de cela, seulement 22 % des ménages de Mhenda, soumis à une enquête en 1983, utilisaient une pompe à main toute l'année pour puiser l'eau utilisée pour la boisson et d'autres usages domestiques. Des observations portant sur une région plus étendue ont fait apparaître que, sur 259 points d'eau, 49 % étaient hors service au moment de l'enquête et que plus de 60 % du volume d'eau extraite de sources d'approvisionnement saines était stocké et transvasé d'une manière peu soignée susceptible de provoquer sa contamination (Tanzanie, 1984).

La nécessité de faire participer les membres de la collectivité à l'installation de leur propres systèmes d'approvisionnement en eau n'a cessé d'être soulignée année après année, et rares sont ceux qui en contestent le principe. Le fait qu'une participation insuffisante de la part de la collectivité constitue encore une des raisons principales des pannes et de la médiocrité des installations montre bien qu'il ne suffit pas de reconnaître cette nécessité. Dans quelle mesure la participation de la collectivité englobe les droits et responsabilités collectifs, la planification et la conception tiennent compte des besoins, des préférences et des aptitudes de la collectivité, et les agences gouvernementales s'engagent à fournir des conseils et un appui permanents, voilà autant de facteurs qui contribuent aussi aux succès ou à l'échec des installations achevées.

Pour être efficace, la participation de la collectivité doit commencer très tôt, avant même qu'une décision irrévocable ne soit prise sur l'installation d'une pompe à main (ou d'une borne-fontaine ou encore d'une corde et d'un seau). La méthode choisie pour la prise de décisions avec les villageois doit être différente de celles employées précédemment. En effet, le gouvernement a cessé de fournir et de maintenir en place un service prédéterminé octroyé gratuitement en compensation d'un travail bénévole. Dans un projet de type participatif, les pompes à main appartiennent à la collectivité et non au gouvernement ou au bailleur de fonds. Aussi, le projet doit-il traiter les villageois comme des partenaires et non comme de simples bénéficiaires. En conséquence de cela, si les représentants de la collectivité, après une discussion approfondie des options et de leurs implications, choisissent une solution autre que "la meilleure option" conçue au préalable par le projet,

c'est leur choix qui prévaudra, à condition toutefois que ce choix soit pratique et économique et qu'il respecte les pratiques sanitaires et les politiques environnementales généralement admises.

Dans leur nouveau rôle de partenaires, les villageois doivent faire preuve de beaucoup d'initiative et de responsabilité. Il faut qu'ils désirent de meilleurs modes d'approvisionnement en eau et il serait souhaitable qu'ils fassent preuve de leur engagement en participant activement au projet. On ne peut cependant s'attendre à ce qu'ils prennent des décisions judicieuses ou qu'ils s'engagent à long terme s'ils ne sont pas bien informés.

Les fonctionnaires, les ingénieurs et le personnel de santé partaient du fait que les collectivités accepteraient et soutiendraient des programmes de pompes à main en raison des avantages en matière de santé que ceux-ci pouvaient apporter. Cependant, les problèmes de santé constituent rarement la principale préoccupation des villageois et, à cause de leur aspect intangible, les avantages dus à l'amélioration des conditions sanitaires ne suscitent pas nécessairement une plus grande participation de leur part.

L'exposé suivant est axé sur les pompes à main dont la simplicité technique permet aux membres de la collectivité de jouer un rôle-clé au cours de l'étape finale, à savoir l'entretien et la gestion du nouveau système. Toutefois, plusieurs questions abordées ici se rapportent également à d'autres modes d'approvisionnement en eau. Il s'ensuit qu'une planification adéquate ne doit pas être basée sur une technologie, un niveau de service ou un mode de financement prédéterminés.

4.1 L'étape de planification préliminaire

C'est au cours de l'étude de faisabilité ou de l'étape de planification préliminaire que les membres de la collectivité peuvent, pour la première fois, prendre une part active au programme d'approvisionnement en eau de la collectivité. Comme il est démontré au chapitre 3, des études menées dans les villages échantillons ont permis d'obtenir les données brutes utiles à de nombreuses décisions stratégiques relatives au contenu du programme. Il est donc primordial que cette étape favorise la participation de toutes les catégories sociales, et qu'elle permette de répondre à un certain nombre de questions qui serviront à planifier les futures activités de sensibilisation et d'incitation à la participation collective, lorsque toutes les collectivités auront été sollicitées.

Potentiel de participation des collectivités

Les planificateurs doivent prendre en considération les structures organisationnelles, tant au niveau des collectivités qu'à celui du

PRISE DE DECISIONS AVEC LA COLLECTIVITE

gouvernement, lorsqu'ils s'efforcent de déterminer dans quelle mesure les collectivités peuvent participer aux différentes phases du projet. Un document présenté en novembre 1986 au Comité d'aide au développement (CAD) relevant de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), contient une liste de neuf questions fondamentales auxquelles il convient de répondre avant de pouvoir formuler un plan visant à obtenir la participation maximale de la collectivité (CIR, 1986). Ces questions sont les suivantes:

- Existe-t-il un cadre juridique permettant la participation de la collectivité?
- Quel a été le degré de participation de la collectivité, dans le pays et en particulier dans la région du projet?
- Quel est le degré probable "d'empressement social" à accepter les changements à venir et à fournir le niveau de soutien collectif souhaité?
- Quelles sont les organisations gouvernementales et non gouvernementales qui s'intéressent à l'approvisionnement en eau et à l'assainissement, à la participation de la collectivité et au rôle joué par les femmes?
- Qui peut collaborer à l'élaboration des plans préliminaires visant la participation de la collectivité?
- Quelles sont les différences dans le pays ou dans la région au niveau des traditions culturelles, de la langue, de la perception du besoin d'améliorer l'approvisionnement en eau et l'assainissement?
- La technologie choisie exercera-t-elle une influence sur les degrés d'acceptation et de participation de la collectivité?
- Quelle est la nature du climat politique qui favorise ou restreint la participation de la collectivité?
- Comment utiliser au mieux les structures existantes, sur le plan social ou en matière de développement, dans l'intérêt du projet?

Les réponses à ces questions permettent d'établir l'ampleur de la participation collective et il est essentiel de les analyser en profondeur. La planification technique des programmes d'approvisionnement en eau est presque toujours confiée à des spécialistes des questions hydrauliques. Il faudrait procéder de façon similaire à la planification de la participation de la collectivité. La documentation relative aux études sur l'utilisation de l'eau et à d'autres questions liées à la collectivité ne cesse de croître en volume. En outre, il y a

de plus en plus de spécialistes en sciences humaines dont la formation et l'expérience sont indiquées pour l'élaboration et l'essai de procédures visant la participation collective (y compris des mesures spéciales pour la participation des femmes), la formulation de programmes de formation pour les assistants sociaux et la détection de problèmes éventuels. Leur participation au sein de l'équipe de planification peut s'avérer très importante au cours de cette étape de planification préliminaire.

Il est également essentiel que les réponses ne soient pas fondées uniquement sur la situation actuelle dans le pays ou la région, mais aussi sur la situation future probable, en incluant tous les changements nécessaires à la promotion de la participation de la collectivité dans les programmes ruraux. Le plus souvent, il peut être souhaitable de proposer de nouvelles organisations communautaires et d'effectuer des changements au niveau des institutions lorsque les organisations en place ne conviennent pas.

Tenir compte du rôle-clé des femmes

La participation active des femmes aux programmes d'approvisionnement en eau des collectivités contribue à en accroître les rendements et les avantages. Ceci n'a plus besoin d'être démontré. C'est pourquoi les mesures spéciales visant à assurer leur entière collaboration devraient être placées en tête de la liste des priorités du programme. En réalité, ce sont les femmes qui déterminent si une nouvelle source d'approvisionnement en eau sera utilisée ou non, car ce sont surtout elles qui vont chercher l'eau et l'utilisent, et qui gèrent les ménages. Elles peuvent fournir un appui important dans l'installation, l'entretien et l'utilisation des pompes à main à condition d'être informées sur le projet et d'y participer.

Il arrive souvent que les femmes du village choisissent parmi elles d'excellentes candidates à une formation aux tâches liées à la gestion et à l'entretien des sources d'approvisionnement en eau améliorées. Après tout, elles ont tout intérêt à ce que les pompes fonctionnent bien car elles sont les premières touchées lorsqu'une pompe tombe en panne.

S'ils veulent réussir à obtenir une participation féminine, les chefs de gouvernement, les administrateurs, les planificateurs et les chefs de collectivité doivent comprendre et admettre l'importance du rôle des femmes et de leur contribution, en particulier lorsqu'il s'agit d'introduire des améliorations dans l'hygiène familiale (CRDI, 1987).

Bien que ce principe soit admis de manière générale, la participation des femmes dans le processus de prise de décisions dans des programmes de grande envergure demeure très limitée. Il faudrait, dès le début, accorder une attention spéciale au rôle potentiel des femmes dans chaque phase du projet.

Des mesures spécifiques ont été élaborées afin de mieux sensibiliser au rôle potentiel des femmes. Voici notamment comment procéder: former le personnel de projet masculin, employer du personnel de projet féminin ou collaborer avec du personnel féminin dans les domaines de la santé et du développement de la collectivité, obtenir le soutien des dirigeants locaux et encourager les femmes elles-mêmes à exprimer leur opinion et à agir.

Les différents rôles des femmes une fois identifiés, il faut les faire apparaître dans les différentes rubriques du plan du programme d'approvisionnement: objectifs, budget, main-d'oeuvre et formation.

Enquêtes sur les villages

Dans l'analyse des objectifs des études de faisabilité, au chapitre 3, un certain nombre de questions liées directement à la participation de la collectivité ont été mises en relief. Par le biais d'enquêtes sur les villages échantillons, les planificateurs visent à cerner à l'avance les besoins et les désirs des collectivités dans l'ensemble de la région visée par le programme. Les enquêteurs assument donc la lourde responsabilité qui consiste à s'assurer que les opinions de tous les groupes de la collectivité sont reflétées dans les données. Il est tout aussi important d'informer le plus possible les villageois, qui répondent à des questionnaires ou qui participent à des discussions portant sur les améliorations de l'approvisionnement en eau collective, sur les avantages, les coûts et les exigences d'entretien de chacune des options qui leur sont présentées.

Il s'ensuit que les enquêteurs doivent avoir les compétences nécessaires pour traiter des questions d'ordre sanitaire et social, mais aussi technique et qu'ils devrait être en mesure de recueillir les opinions des villageois plus démunis, des femmes, des divers groupes tribaux ou religieux ainsi que des chefs de village. Le personnel technique et les assistants sociaux doivent travailler en étroite collaboration. Les techniques employées actuellement comportent davantage d'enquêtes sociales de types plus participatifs telles que des entretiens collectifs, des enquêtes menées par la collectivité elle-même et des recherches d'actions.

Dans les **entretiens collectifs**, les enquêteurs se servent souvent d'une liste générale de points d'attention pour guider les conversations à bâtons rompus sur la situation actuelle, les améliorations possibles et le rôle de la collectivité. Habituellement, l'interaction entre les participants permet assez rapidement de bien comprendre des situations complexes, des pratiques et des opinions. En outre, les discussions en groupe donnent le ton des futures discussions sur la planification.



Figure 4.1 Les enquêtes sur les villages doivent viser tous les groupes au sein de la collectivité.

Dans les enquêtes menées par la collectivité elle-même, des bénévoles eux-mêmes membres de la collectivité aident à recueillir les données et à analyser la situation en matière d'eau, d'assainissement et de santé. Ils participent au travail d'identification des ressources de la collectivité qui pourraient être améliorées. Comme dans le cas des discussions en groupe, l'identification des problèmes et la résolution collective de ceux-ci favorise une attitude de propriétaire dès les premières étapes du programme (Johnston M, 1986).

Dans des programmes de plus grande envergure, il est utile de démarrer le travail par une recherche d'actions dans plusieurs villages de démonstration. Ceci permet aux villageois de constater par eux-mêmes toutes les implications liées à chacune des technologies et donne la possibilité de mettre à l'essai sur une échelle réduite les procédures de participation. Grâce aux recherches sociales et à "l'apprentissage sur le tas", des procédures de programme efficaces sont élaborées et mises en application dans toujours plus de villages. Le processus d'apprentissage se poursuit sous forme de suivi régulier et de visites d'évaluation périodiques. Dans le but de maintenir le niveau de connaissances des assistants sociaux et de former la main-d'oeuvre, il convient de diffuser les expériences acquises sur le terrain dans le cadre des projets de démonstration et d'évaluation en les présentant dans des ouvrages et des manuels régulièrement mis à jour.

Les solutions technologiques mises en avant par les enquêtes préliminaires obtiennent des succès variables auprès des collectivités, ce qui débouche sur une nouvelle phase de prise de décisions à laquelle participent les collectivités.

4.2 Planification des projets

Au fur et à mesure que l'étape d'exécution du programme d'approvisionnement en eau de la collectivité se rapproche, il est nécessaire d'effectuer des recherches plus détaillées dans chaque village afin de déterminer la technologie et le niveau de service appropriés, l'emplacement des points d'eau et de mettre en place une organisation qui aidera à construire, gérer et maintenir les installations achevées. Il est essentiel que la collectivité prenne part à la planification du projet parce qu'elle détermine dans quelle mesure les pompes à main, si telle est l'option choisie, seront acceptées une fois installées. Cela constitue la base nécessaire à une participation ultérieure à l'entretien, une amélioration de l'hygiène, un usage productif de l'eau et du temps économisé.

Ici encore, l'approche choisie doit différer radicalement de celles employées couramment. Il faut s'efforcer de tirer profit au maximum tant des connaissances locales des membres de la collectivité que des aptitudes et connaissances techniques du personnel du projet. Les connaissances doivent être présentées de manière à être comprises de tous les groupes d'utilisateurs et à leur permettre de s'exprimer adéquatement au moment des prises de décision finales.

L'une des formes de cette approche consiste à présenter à la collectivité un cadre standard pour la technologie, le niveau de service et les procédures de participation collective. Les villageois participent aux décisions portant sur l'emplacement des points d'eau, la formation des groupes d'utilisateurs et sur la sélection et la rémunération des employés de la collectivité. De cette manière, il est possible de déterminer si oui ou non la technologie prédéterminée (puits protégés, pompes à main, bornes-fontaines, postes d'eau dans les cours) est acceptable ou non. De même, la collectivité aura aussi eu l'occasion d'adapter le projet à ses propres besoins, ce qui constitue un atout. Il est cependant assez difficile d'offrir un cadre standard suffisamment flexible pour répondre aux besoins très variés des collectivités. Cette approche est relativement simple à adopter en se servant des aptitudes habituelles des assistants sociaux, car les procédures établies sont simples à enseigner et à suivre.

Dans l'autre type de méthodologie, un éventail de technologies et de niveaux de service est examiné avec les divers groupes de la collectivité. Les discussions portent sur la faisabilité technique, les besoins, les attentes, les

capacités de paiement et les possibilités d'entretien de la part des utilisateurs. Le programme de Guinée-Bissau dont il a déjà été fait mention a présenté aux collectivités l'option d'améliorer les sources traditionnelles par l'aménagement de puits protégés munis de systèmes avec corde et seau, ou bien de pompes à main. Dans d'autres pays, tels que le Burkina Faso et les Philippines, les villageois ont eu le choix entre des pompes à main ou des réseaux de canalisation assortis de divers niveaux de service.

Au cours des années 1960 et 1970, en Thaïlande, un programme sanitaire a permis l'installation de 5.000 puits dans les régions du nord-ouest et du sud du pays. En raison du manque de diffusion de l'éducation pour l'hygiène, aucun changement n'est survenu dans les pratiques sanitaires. Les pompes à main produites sur place n'ont pas été achetées par les autres villages, et là où celles-ci ont été installées, elles n'ont pas été entretenues. Ce manque d'intérêt a été attribué au désir des habitants de ces régions d'avoir un type d'approvisionnement en eau plus privé et plus pratique qu'un puits muni d'une pompe à main. Dans la région concernée, des programmes prévoyant des réservoirs domestiques de stockage de l'eau de pluie et des réseaux de canalisations avec branchements dans les maisons ont eu plus de succès.

Il n'est pas toujours facile de trouver des personnes qualifiées en sciences humaines et cette approche peut demander un temps considérable. Lorsqu'ils ont le choix entre alimenter plus rapidement un plus grand nombre de personnes, à partir d'un nombre d'options limité, ou approvisionner moins de personnes, dans des délais plus longs, moyennant une collaboration plus conséquente de la collectivité, de nombreux organismes ont tendance à choisir la première solution.

Certains prétendent qu'il n'est pas réaliste de vouloir une plus grande participation de la collectivité parce que la formule idéale exige trop de temps et qu'elle est trop onéreuse. Il est vrai que dans l'étape préalable à la planification, il faut consacrer plus de temps et d'efforts pour obtenir une participation adéquate. Cependant, grâce à une bonne planification, on peut en réduire l'effet sur la date de début des travaux. De nombreuses activités peuvent avoir lieu en même temps que la mise en oeuvre. De plus, une planification participative entraîne moins de problèmes et de retards au cours des étapes ultérieures. Il est rare que le coût des activités participatives au sein de la collectivité soit calculé à part, de sorte qu'il est difficile de trouver des données permettant la comparaison. Selon les chiffres disponibles, de 2 % à 17 % du total des coûts d'un projet sont consacrés au financement du poste relatif à la participation de la collectivité (IRC, 1986). Il est tout aussi difficile de chiffrer les avantages bien que ces derniers soient faciles à constater.

Organisation de la participation de la collectivité

Les réunions générales donnent l'occasion à tous les membres de la collectivité de s'instruire sur des propositions du programme et de discuter les répercussions des diverses possibilités d'amélioration. Il est souvent nécessaire de mettre sur pied des activités spéciales pour inciter les personnes qui hésiteraient à participer à ce genre d'assemblée. Voici quelques mesures qui ont eu du succès:

- Discuter avec les chefs locaux au sujet de l'importance de la participation des femmes tout comme des hommes à la réunion
- Organiser des réunions à un moment et à un endroit qui convient à tous les groupes de la collectivité
- Utiliser le plus grand nombre possible de moyens de communication pour annoncer la réunion et inciter les intéressés à y participer
- Encourager tous les groupes de l'auditoire à poser des questions et à faire des commentaires
- Tenir des réunions séparées pour les femmes ou des réunions informelles avec de petits groupes de voisins lorsqu'il est difficile pour les femmes ou les plus démunis d'exprimer leurs opinions dans une réunion générale.

Il est extrêmement important de traiter les questions et les observations des villageois avec sérieux et de s'en servir pour provoquer les discussions. Dans le cas contraire, la réunion générale ne fera qu'entériner un projet prédéterminé sans bénéficier des réactions en retour des habitants du village.

Une organisation collective spéciale sera la mieux à même de planifier localement avec plus de détail la conception, la construction, l'entretien, le financement et les améliorations complémentaires en matière d'hygiène. Il peut s'agir d'un conseil local, d'un comité de santé ou d'un comité de développement déjà existants, ou encore d'un comité de points d'eau spécialement formé ou élu. Un comité de points d'eau spécialement constitué comporte certains avantages; en effet, ses membres peuvent être choisis en raison de leur expertise ou de leur intérêt pour les questions de l'eau et de l'hygiène. Le comité peut concentrer son attention uniquement sur les problèmes liés à l'eau tels que la conception, l'entretien, le financement et l'amélioration de l'hygiène ainsi que sur des projets de développement tels que des installations publiques pour la lessive ou le bain, ou un potager à proximité de la pompe.

Dans de nombreux projets, il est demandé aux usagers de nommer les membres d'un comité de points d'eau lors d'une réunion publique ou par le biais d'une représentation régionale lorsque la collectivité comporte plusieurs petits hameaux. La présence de chefs locaux peut poser un problème particulier. Lorsque les chefs sont respectés, leur présence au sein des comités de points d'eau ou leur appui à ceux-ci est un atout considérable. Dans d'autres cas, leur domination ou des conflits peuvent nuire considérablement à l'efficacité du comité. Il est parfois possible de surmonter ce problème en nommant les chefs locaux membres honoraires ou conseillers.

Pour assurer la bonne marche de l'organe chargé de la question de l'eau, il faut choisir les membres en fonction de leur engagement, de leur disponibilité et de la pertinence de leurs qualifications. Ils doivent également bénéficier de la confiance et de l'appui de tous les groupes du village. De manière spécifique, le comité de points d'eau communautaire devrait être en mesure de représenter les intérêts de tous les groupes sociaux. Il ne pourra pas remplir son rôle efficacement s'il représente les intérêts d'un interlocuteur ou d'un groupe en particulier.

Certaines agences fournissent des directives sur les membres et la formation d'un comité de points d'eau. Ces directives peuvent également servir à s'assurer que les intérêts des femmes et des membres les plus démunis de la collectivité sont représentés. Le tableau 4.1 énumère les questions traitées habituellement lors de la formation d'une organisation regroupant les utilisateurs de l'eau.

De nos jours, de plus en plus de femmes font partie des comités de points d'eau qui profitent de l'intérêt personnel que ces femmes portent à un approvisionnement fiable en eau et de leur facilité à établir des contacts avec les femmes du village. Seule une préparation soignée garantit la réussite: il faut discuter de la participation des femmes avec les chefs locaux; les femmes du village elles-mêmes devraient participer au choix des candidates; une formation et un appui régulier sont nécessaires afin d'aider les membres du comité à effectuer leurs tâches avec efficacité. En tant que membres du comité, les femmes sont souvent responsables des aspects liés à leur expérience et à leurs intérêts respectifs, tels que l'hygiène et la communication. Il est aussi fréquent que l'on confie le poste de trésorier à des femmes. Dans ce cas, une formation appropriée est essentielle.

Tableau 4.1 Quelques caractéristiques de la formation d'une organisation regroupant les utilisateurs de l'eau

Caractéristiques générales	Nom, adresse et but de l'organisation; date de la création; statut légal.
Membres :	Qualifications et conditions d'admission; procédures de candidature, d'acceptation et de cessation d'appartenance en tant que membres à l'organisation.
Sources de revenu:	Cotisations, taux, subventions, prêts et autres revenus légitimes.
Comité(s):	<p><i>Composition</i> : nombre et fonctions des membres du comité; composition du comité exécutif et des sous-comités le cas échéant;</p> <p><i>Election</i> : circonstances, procédure; durée du mandat; possibilité d'une réélection; élections partielles en cas de démission, etc.;</p> <p><i>Représentation</i>: intérêts de tous les groupes d'utilisateurs, y compris les femmes et les ménages à faible revenu;</p> <p><i>Fonctions</i>: responsabilités et degré d'autorité rattachés à chacune des fonctions, caractère du travail (bénévole ou rémunéré); type de rémunération.</p>
Réunions:	<p><i>Comité(s)</i>: fréquence, but et autorité des réunions du comité;</p> <p><i>Assemblées générales</i>: fréquence de l'assemblée; période minimale requise entre la convocation et la tenue de l'assemblée; précisions données aux usagers sur l'heure, le lieu et l'objet de l'assemblée;</p> <p><i>Buts de la réunion</i>: compte rendu de la période écoulée; nomination d'un comité de contrôle financier pour l'exercice financier; recrutement et élection des candidats au comité; autres points à l'ordre du jour;</p> <p><i>Légalité des réunions</i>: représentation des diverses catégories d'utilisateurs; droits de vote (chefs de famille seulement, ou hommes et femmes chefs de famille, ou un vote par adulte par ex.); quorum pour les décisions importantes; conditions requises pour la tenue d'une réunion générale à la demande des utilisateurs.</p>
Modifications:	Procédures pour modifier les statuts; procédures pour liquider l'organisation.

Technologie et niveau de service

Au cours de la planification préliminaire, on aura réduit le nombre d'options en fonction de leur aspect technique, de telle sorte que les décisions à prendre porteront principalement sur le niveau de service. Le désir des villageois d'obtenir le niveau de service le plus élevé possible sera contrebalancé par les coûts et d'autres exigences relatives aux ressources. Il est donc important que les villageois aient une bonne vue d'ensemble de leurs engagements par rapport à chacune des options. Si l'étude préliminaire a été menée adéquatement, les responsables de l'agence seront en mesure de prévoir quelle option sera choisie à la suite du processus de prise de décision dans les divers



Figure 4.2 Des incitateurs qualifiés doivent expliquer clairement quelles sont les responsabilités de la collectivité ainsi que les avantages découlant d'un approvisionnement en eau amélioré (photo CRDI).

types de villages. Cependant, la décision finale doit émaner du processus participatif, sinon on risque de perdre tous les avantages de la participation de la communautaire.

Pour l'essentiel, ceci signifie que les villageois ont non seulement besoin de connaître l'information mais également de la comprendre. L'intervention d'incitateurs qualifiés, qui font la promotion du programme d'approvisionnement en eau, peut contribuer grandement à favoriser cette compréhension. Leurs tâches ne devraient pas consister à insister seulement sur les avantages d'une eau meilleure mais aussi à mettre l'accent sur les responsabilités inhérentes à un niveau de service plus élevé. Par conséquent, il doit être clair que la préférence d'une pompe à main à un système avec corde et seau signifie qu'il faudra former une personne dans le village pour effectuer l'entretien régulier, qu'il faudra mettre en place une structure pour recueillir et dépenser les fonds d'entretien, pour acheter et entreposer les pièces détachées, et qu'il faudra prévoir d'autres sources d'approvisionnement en cas de panne. De même, il faut indiquer clairement quel est le coût exact d'une alimentation en eau sous conduites. Dans le cas des systèmes à écoulement par gravité, les coûts peuvent être relativement faibles tandis qu'un approvisionnement des bornes-fontaines par pompage motorisé peut entraîner des coûts supplémentaires pour la collectivité, peut-être même une

dépendance vis-à-vis de fournisseurs extérieurs pour le carburant ou l'énergie, ainsi que le besoin d'une aide externe pour l'entretien et la réparation des installations achevées.

Les engagements de l'agence gouvernementale sont également importants et devraient être expliqués aux villageois. L'agence doit assurer la fourniture des pièces détachées, permettre la formation du personnel d'entretien et des membres du comité responsables de la gestion des installations une fois achevées, et prévoir un appui gouvernemental dans l'éventualité d'interventions de grande envergure telles que la remise en état d'un puits ou la panne totale d'une pompe.

Emplacement du puits

Il ne faut pas perdre de vue l'exemple tanzanien cité au début de ce chapitre. Il existe nombre d'exemples similaires. A moins que l'emplacement du puits ne soit choisi en accord avec les futurs usagers, il y aura toujours des raisons, réelles ou imaginaires, pour lesquelles il ne sera pas utilisé au maximum de sa capacité. Etant donné que les intéressés sont tout d'abord sensibles au côté pratique, les pompes devraient, dans la mesure du possible, être situées plus près des centres de population que les sources traditionnelles utilisées pour l'eau potable. Il faudra éventuellement fournir aux groupes minoritaires leurs propres pompes afin de prévenir les conflits et assurer leur accès à de l'eau saine.

Voici quelques techniques permettant d'identifier des emplacements de puits acceptables à la fois des points de vue technique et social:

- préparation de cartes du village sur lesquelles sont indiqués les emplacements possibles, les hameaux et les régions occupées par des groupes plus faibles;
- repérage d'emplacements possibles au cours de marches environnementales effectuées par l'équipe chargée de l'étude et le comité de points d'eau ou d'autres représentants des usagers;
- discussion des emplacements sélectionnés avec argumentation technique et accord sur l'acceptabilité des emplacements et, le cas échéant, arrangements pour une utilisation partagée.

Les discussions portant sur l'emplacement des puits peuvent être ardues du fait que la collectivité dans son ensemble ou divers groupes d'usagers doivent contribuer aux coûts de construction et d'entretien. Dans certains cas, des collectivités ont été tentées d'installer moins de pompes à main que nécessaire ou de les situer dans des endroits qui convenaient mieux au chef ou aux

dirigeants du village. Les paiements individuels ont permis aux ménages plus nantis de installer une pompe à main publique dans leur propriété à un coût inférieur à celui d'une pompe privée sur le marché libre. Cette situation peut entraîner un monopole de l'utilisation et une pénurie pour la majorité de la collectivité. Ces abus de pouvoir doivent être évités et l'équipe du projet devra parfois intervenir avec diplomatie de manière à protéger les intérêts des membres les plus démunis de la collectivité et à prévenir une perte des avantages en matière de santé, tout en respectant les traditions culturelles.

Des contraintes physiques ou économiques peuvent empêcher la construction d'un puits central dans chaque quartier. Si l'on envisage une utilisation partagée, il faut que les utilisateurs potentiels discutent les arrangements relatifs à l'entretien et les contributions financières et se mettent d'accord à l'avance.

Règles d'exploitation

Les programmes de pompes à main établissent parfois des règles interdisant l'utilisation de l'eau pour la toilette et le bain à la pompe ou à proximité de celle-ci de peur que les conditions ne soient pas assez hygiéniques et que la source soit contaminée. De plus, les pompes ne fournissent pas toutes suffisamment d'eau à la fois pour alimenter la population et abreuver le bétail. Le fait de ne pas tenir compte de ces besoins au moment de la planification de l'installation de la pompe conduira à des abus et à des conflits entre les usagers, entre les femmes et les propriétaires de bétail par exemple. Les règlements concernant l'utilisation de l'eau sont difficiles à appliquer et peuvent avoir des incidences néfastes sur la santé s'ils encouragent l'utilisation continue de sources insalubres pour le lavage et le bain. Insister pour que la toilette soit effectuée à la maison, lorsque la pompe est située à une certaine distance de celle-ci, signifie souvent une surcharge de travail et moins de soins corporels pour les femmes et les enfants.

Dans de tels cas, il vaut mieux discuter de la nécessité d'ajouter des installations supplémentaires à certains ou à tous les puits pour la toilette, le bain et l'abreuvement du bétail. La collectivité pourra alors trouver qu'il vaut la peine de contribuer à des constructions et à des coûts supplémentaires et de concevoir un système pour gérer les installations complémentaires et recueillir les contributions des usagers. Parfois, dans les régions infestées par la bilharzie par exemple, les autorités nationales peuvent estimer qu'il est avantageux d'augmenter leur appui financier pour les installations complémentaires en raison de l'effet bénéfique que celles-ci auront sur d'autres secteurs tels que les soins médicaux.

Education pour l'hygiène

Habituellement, c'est l'amélioration de la santé des membres des collectivités qui constitue la principale raison pour laquelle on souhaite développer l'approvisionnement en eau. L'utilisation continue d'une eau potable saine est un critère important pour une santé meilleure. Autre critère: la disponibilité et l'utilisation d'installations sanitaires convenables et la réduction des risques de transmission locale de maladies liées à la qualité de l'eau potable et à l'assainissement.

Il ne suffit pas qu'un programme d'approvisionnement en eau informe sur la santé et fournisse une liste générale des choses "à faire" et "à ne pas faire". Les ménages doivent participer activement à l'identification des risques locaux pour la santé et déterminer eux-mêmes comment les conditions et le comportement peuvent être modifiés en vue de protéger la santé. Un aspect essentiel de tout programme de pompe à main consiste à discuter avec les utilisateurs des changements qui surviendront à la suite de l'installation de la pompe. Le principe est le même que pour tous les autres éléments de l'ensemble des améliorations, mais les détails aussi sont importants bien qu'ils dépassent la portée de cette publication. Des directives relatives à la planification des programmes d'action locale en matière de santé sont présentées dans l'ouvrage *Making the Links* (Établissement des liens) (Boot, 1984).

Dans le Soudan méridional, les femmes et les filles apprécient beaucoup les pompes à main parce que l'eau qui en provient est bonne et aussi parce qu'elles ne sont plus obligées de parcourir de longues distances pour trouver de l'eau pendant la saison sèche. Cependant, sans le vouloir, les jeunes filles diminuent peut-être la durée de vie des pompes. En effet, elles aiment chanter pendant qu'elles pompent et elles ont tendance à faire correspondre le rythme saccadé de leurs chansons avec l'actionnement de la pompe, aussi pompent-elles par coups rapides et courts.

Il existe aussi une croyance selon laquelle l'eau ne peut être contaminée à cause de leur comportement; seuls les étrangers peuvent apporter une maladie aux villages. C'était vrai lorsque les membres de petites collectivités sans liens avec l'extérieur partageaient le même spectre d'agents pathogènes. Toutefois, comme une meilleure infrastructure et une plus grande mobilité accroissent les contacts avec l'extérieur, le risque de transmission des maladies augmente et le besoin d'une bonne éducation pour l'hygiène devient urgent.

4.3 Exécution

Contribuer par leur travail et par le ramassage de matériaux locaux qui serviront à la construction des nouvelles installations constitue la seule façon pour de nombreuses populations rurales de pouvoir faire face aux coûts relatifs aux améliorations de l'approvisionnement en eau. Cette contribution

est doublement importante. Celle-ci peut non seulement réduire sensiblement les coûts financiers du projet, mais elle peut aussi aider à faire naître un sentiment d'appartenance au sein de la collectivité.

Main-d'oeuvre bénévole

L'engagement à fournir de la main-d'oeuvre ou à s'assurer les services d'entrepreneurs locaux aura été prise par la collectivité lors de l'étape d'évaluation de diverses options technologiques. Par la suite, l'organisation des efforts de la collectivité relève du comité de points d'eau. En outre, beaucoup de collectivités ont une façon personnelle de s'assurer que le travail est réparti équitablement et que toutes les responsabilités sont bien assumées. Dans certains endroits, un adulte par ménage usager travaille un jour par semaine au sein d'une équipe déterminée jusqu'à ce que le travail soit terminé. Ailleurs, un quartier entier travaillera à la construction de son propre puits pendant une période de temps limitée. Compte tenu de cela, il est nettement avantageux de prévoir l'étape de la construction à un moment qui ne coïncidera pas avec des périodes d'intense activité agricole (les semailles ou la moisson) et de planifier les travaux longtemp d'avance.

Dans les programmes de pompes à main, la principale activité de construction qui nécessite une main-d'oeuvre bénévole est le creusage du puits. Dans le cas des programmes fondés sur l'installation de puits forés, la main-d'oeuvre fournie par la collectivité peut être utilisée pour aider les équipes de forage et pour cribler ou tasser le gravier. Cependant, c'est au niveau de la construction du radier que la contribution des villageois s'avèrera la plus importante, y compris la construction d'installations complémentaires telles que des lieux pour la toilette et le bain et des abreuvoirs pour le bétail. En plus du travail bénévole qu'elle fournit directement, la collectivité peut aussi apporter son soutien au programme en offrant le gîte et le couvert aux employés du projet.

Education et formation

La phase de construction est une période pendant laquelle l'attention de la collectivité se concentre naturellement sur le projet d'approvisionnement en eau. Elle constitue donc une excellente occasion pour les éducateurs en matière de santé de discuter de l'importance des améliorations sanitaires et hygiéniques qui accompagneront la nouvelle source d'approvisionnement. Il faut aussi examiner avec l'équipe de construction les risques de transmission de maladies et les habitudes en matière d'hygiène parce qu'un comportement non hygiénique de sa part peut nuire aux résultats de l'éducation pour l'hygiène dispensée aux villageois.

PRISE DE DECISIONS AVEC LA COLLECTIVITE

Organiser des débats avec tous les groupes locaux permet d'identifier les problèmes d'hygiène. Il convient de chercher à collaborer avec le personnel de santé et les autres personnes concernées par les questions de santé et d'hygiène, telles que les enseignants et les éducateurs pour adultes. Les affiches et autres matériels pédagogiques adaptés aux situations et comportements locaux constituent des moyens efficaces pour transmettre les messages relatifs à la santé, à condition qu'ils aient été mis à l'essai et qu'ils soient utilisés de manière active: il ne faut pas se contenter de les distribuer. Il est important que l'emplacement de la pompe à main et que la conception du radier de la pompe favorisent de meilleures conditions d'hygiène, ainsi qu'une alimentation en eau et une élimination des eaux usées adéquates.

L'installation d'une pompe à main est le moment idéal pour former "sur le tas" les futurs responsables de l'entretien des pompes en matière d'assemblage et de démontage des pompes. Ceux-ci pourront également s'exercer en remplaçant les joints d'étanchéité par exemple, pendant que des spécialistes sont sur place. Une formation accordée au sein de la collectivité est une occasion supplémentaire de susciter la participation des femmes.

Les cérémonies de remise de la pompe à la collectivité sont une autre occasion d'éduquer la population. Lorsque le réseau d'approvisionnement en eau, les outils et le cahier de suivi sont confiés à la collectivité, le comité de points d'eau et les responsables de l'entretien peuvent expliquer leur travail, procéder à une démonstration et se faire connaître.

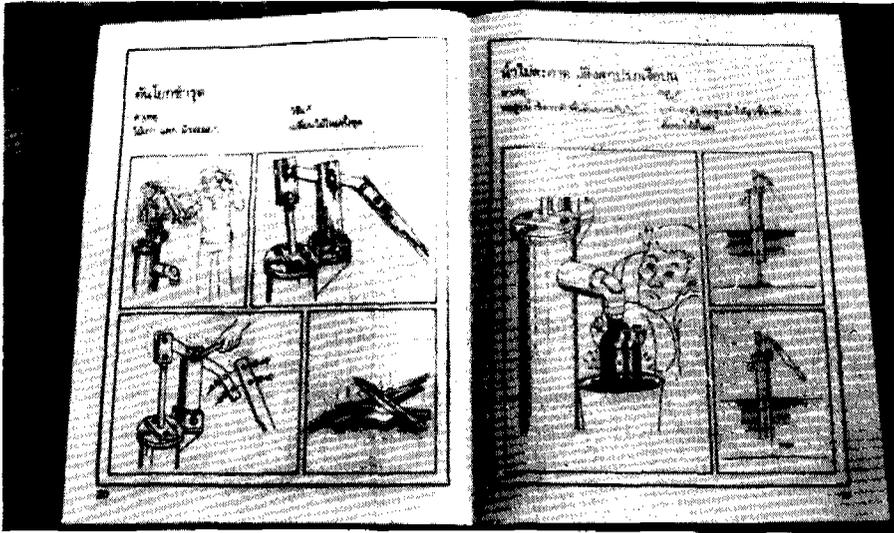


Figure 4.3 Les messages d'éducation et de formation doivent être simples et directs; ils doivent privilégier l'utilisation d'illustrations et de la langue locale (photo CRDI).

La formation et l'emploi de femmes installateurs de pompes a remporté un grand succès dans l'un des projets d'Afrique méridionale. Le fait que les femmes étaient en mesure d'effectuer des tâches spécialisées s'est avéré beaucoup plus convaincant que des discours. Les comportements et les habitudes en matière d'hygiène dans les camps de construction se sont beaucoup améliorés. La communication a été plus aisée avec les femmes des villages touchés par le projet. Les villages ont été sensibilisés à des questions liées à la santé, en collaboration étroite avec le personnel sanitaire du gouvernement. De plus, des méthodes de communication telles que les chansons et le théâtre ont été utilisées avec moins de retenue.

4.4 Entretien de la pompe

Auparavant, l'entretien des installations était le point le plus faible des programmes d'approvisionnement en eau. Selon cette nouvelle approche, l'entretien futur est l'élément-clé des décisions prises pendant la planification et la mise en oeuvre des projets. Ainsi, les membres de la collectivité seront tombés d'accord sur l'importance de leur participation, avant même le forage du premier puits. Si l'on adopte les concepts décrits dans le présent document, les usagers participeront au maximum à l'entretien des pompes à main et ces installations auront été choisies en conséquence.

Dans certains cas, les responsables de l'entretien, dotés d'une formation initiale et soutenus par l'organisme de l'hydraulique, pourront assurer toutes les opérations d'entretien des pompes. Dans d'autres cas, il sera préférable que la collectivité fasse appel aux services d'un mécanicien sur place (habituellement désigné par le terme de mécanicien régional dans la documentation traitant des pompes à main) pour des interventions souterraines et certaines réparations de la tête de pompe, telles que le remplacement des coussinets. Là où l'on envisage l'utilisation continue de pompes élévatoires de puits profonds, il faudra tenir compte du fait que l'extraction des éléments souterrains exigera souvent l'utilisation d'un appareil de levage spécial. Par conséquent, on devra faire appel régulièrement aux services d'une équipe d'entretien mobile.

Entretien au niveau du village

Pour qu'un système fini puisse être viable, il faut que les tâches d'entretien soient effectuées de manière rapide et économique. Le meilleur moyen d'atteindre ces objectifs est de s'assurer que les habitants sont formés et équipés pour cette tâche. Le choix de responsables de l'entretien de la pompe compétents incombe au comité de points d'eau du village ou à un organisme équivalent mais doit se fonder sur un examen approfondi de toutes les exigences.

Habituellement, les femmes sont plus motivées que les hommes pour effectuer l'entretien préventif lorsque l'attrait dû à la nouveauté du travail s'est dissipé. Un coup d'oeil à la liste des tâches attribuées aux responsables de l'entretien des pompes, au chapitre 7, indique que la plupart des tâches quotidiennes sont déjà effectuées par les femmes ou pourraient facilement être incluses dans leurs visites régulières à la pompe. En outre, il est plus probable qu'elles demeurent dans le village. Ainsi, une fois qu'elles auront été formées, elles auront moins tendance à partir, ce qui évitera d'avoir à former sans cesse des remplaçants. Il faudra sans doute faire preuve d'imagination pour surmonter les barrières culturelles et amener les femmes à participer. Il arrive souvent que d'autres femmes ayant participé aux discussions pendant l'étape de la planification suggèrent des candidates convenables et organisent une aide dans les maisons des femmes sélectionnées pendant que celles-ci reçoivent leur formation ailleurs. Une formation locale donnée à de petits groupes de villages favorise beaucoup la participation des femmes.

Les réparateurs de bicyclettes, les forgerons et autres artisans du village qui connaissent le maniement d'outils simples pourront être capables d'assurer le travail supplémentaire consistant à s'occuper des pompes à main. Dans un tel cas, il est plus pratique de confier l'entretien préventif simple, tel que la lubrification et la propreté des lieux, aux personnes vivant à proximité des puits respectifs. Les dispositions locales peuvent comporter un comité pour le puits, un tableau de rotation des utilisateurs, ou la nomination d'un responsable. Ce qui est important, c'est que les usagers soient conscients de la nécessité de l'entretien préventif et de la propreté, et que les responsables sachent ce qu'ils ont à faire et pourquoi. Une bonne précaution serait que le comité de points d'eau effectue un suivi périodique.

Le tableau 4.2 énumère les facteurs à considérer au moment de choisir un responsable de l'entretien. Que le responsable sélectionné accepte d'effectuer ce travail et que tous les utilisateurs potentiels de la pompe considèrent qu'il a été judicieusement choisi constituent les critères importants. La formation de base peut être habilement intégrée dans la période d'installation de la pompe et une formation complémentaire de recyclage devrait être prévue à des intervalles réguliers, au cours des visites de suivi programmées par exemple. En général, les responsables de l'entretien de la pompe devraient rendre compte de leurs activités à le comité de points d'eau de la collectivité et leur travail devrait être suivi par cet organisme qui pourrait lui-même être appuyé, le cas échéant, par l'agence de l'hydraulique extérieure. Il est indéniable que l'entretien est facilité lorsque les responsables tiennent à jour un cahier de suivi pour chaque puits et qu'ils y inscrivent tous les travaux d'entretien préventif et toutes les réparations. L'analphabétisme, que l'on

retrouve surtout parmi les femmes et les hommes âgés, ne constitue pas nécessairement une barrière insurmontable; en effet, les cahiers peuvent être très simples et d'autres personnes de la famille ou du village peuvent aider à les remplir.

Il ressort des expériences passées d'entretien géré par la collectivité que, si les pompes ont été choisies en fonction des aptitudes existantes, les responsables de l'entretien de celles-ci, dont la formation est minimale et qui sont aidés par des villageois non qualifiés, sont en mesure d'effectuer des tâches courantes

Tableau 4.2 Critères de sélection des responsables de l'entretien des pompes et des réparateurs régionaux

<i>Caractère du travail</i>	<i>Critères de sélection</i>
Entretien préventif régulier, réparations simples et nettoyage des lieux	<p>Se rendre chaque jour sur les lieux de la pompe</p> <p>Montrer une grande motivation pour toutes les activités y compris les menus travaux</p> <p>Etre disposé à maintenir la propreté des lieux et à surveiller l'utilisation des lieux et de la pompe à main*</p> <p>Etre en mesure d'effectuer les petits travaux d'entretien et de réparation (après avoir reçu une formation)</p> <p>Pouvoir communiquer facilement avec les femmes au sujet de l'utilisation de l'eau, de l'hygiène, du nettoyage des lieux, etc.</p> <p>Habiter près de l'emplacement du puits</p> <p>S'absenter rarement pendant de longues périodes</p> <p>Prévoir de demeurer dans la collectivité</p> <p>Etre sérieux et être respecté par les autres utilisateurs</p> <p>Etre en mesure de tenir les cahiers de suivi des puits**</p> <p>Faire preuve d'une efficacité et d'un engagement satisfaisants pendant la formation</p>
Entretien périodique de plus grande envergure et réparations occasionnelles	<p>Etre sérieux et respecté</p> <p>Résider en permanence dans la région.</p> <p>Prévoir de rester après la formation</p> <p>S'absenter rarement pendant de longues périodes</p> <p>Montrer une grande motivation personnelle à l'égard du travail</p> <p>Etre en mesure de tenir les cahiers de suivi et d'utiliser des manuels simples**</p> <p>Faire preuve d'une efficacité et d'un engagement satisfaisants pendant la formation</p>

* Avec l'appui d'un comité et des autorités si cela s'avère nécessaire

** Dans certains cas, il faut savoir lire et écrire (ou avoir un enfant qui sache lire et écrire)

telles que la lubrification et le remplacement des joints d'étanchéité sur de nombreux types de pompes à main, et même des opérations plus complexes comme le remplacement des coussinets du bras lorsqu'il s'agit de coussinets modernes en plastique. Dans certains cas, les responsables de l'entretien des pompes effectuent leurs tâches uniquement à titre bénévole, surtout lorsque ce sont des femmes. Cependant, il est habituellement nécessaire d'accorder une certaine rémunération, en espèces ou en nature au responsable, ou de le remercier en lui octroyant une petite parcelle pour l'horticulture, incluse dans le site de la pompe, afin de s'assurer, grâce à cette mesure incitative, qu'il continuera à respecter ses engagements et poursuivra ses efforts sans relâche.

L'entretien au niveau du village atteint généralement ses limites lorsque le retrait des éléments souterrains est une tâche trop lourde, ou dès qu'il exige des outils ou des équipements spéciaux. Le système d'entretien confié à un responsable de pompe convient particulièrement à des puits peu profonds, y compris le pompage par action directe jusqu'à des profondeurs de 12 à 15 m. L'éventail des pompes à main adaptées à un entretien local ne cesse de s'étendre. Il est remarquable qu'au Kenya des villageois qui ont reçu une formation minimale peuvent retirer et remplacer le plongeur et le clapet de pied de la pompe Afridev à une profondeur de 40 m en une demi-heure seulement, sans l'aide d'un appareil de levage et sans enlever un seul écrou.

Mécaniciens régionaux

Lorsque l'entretien de la pompe du village est trop complexe pour être laissé aux soins des villageois responsables de celle-ci, ou si cet entretien requiert des outils spécialisés, l'intervention de mécaniciens locaux des secteurs public ou privé s'avèrent souvent plus efficace que celle d'un système centralisé. La plupart des collectivités rurales ont des mécaniciens qui s'occupent des bicyclettes, des radios et même des pompes à moteur utilisées pour l'irrigation. Moyennant des mesures incitatives appropriées, y compris la rapidité du paiement versé par les usagers, l'entretien des pompes à main peut s'ajouter de manière rentable à leurs activités.

Au Burkina Faso par exemple, les programmes d'approvisionnement en eau en milieu rural financés par le Fonds européen de développement (FED) ont mis au point un système d'entretien des pompes extrêmement efficace dont le coût est estimé à seulement 5-10 cents par usager par an. On offre aux mécaniciens choisis pendant l'étape de la mise en oeuvre une boîte à outils d'une valeur de 600 dollars et une bicyclette et on leur donne une formation sur l'entretien de la pompe standard (en l'occurrence la pompe à pied Vergnet). Chaque mécanicien a la charge de vingt pompes environ. Il est payé par les villageois qui perçoivent les petites redevances à l'époque des récoltes et gardent cet argent dans une caisse jusqu'au moment du paiement. Les activités d'entretien de la pompe fournissent aux mécaniciens un revenu

substantiel. Ils étendraient désormais leurs activités aux villages voisins où l'entretien centralisé s'avère plus onéreux et moins fiable. Ailleurs, les mécaniciens bénéficient d'un prêt initial pour acheter les outils et l'équipement nécessaires; ils remboursent ce prêt grâce aux revenus tirés de leurs activités d'entretien.

Les mécaniciens régionaux qualifiés devraient être en mesure d'effectuer l'entretien régulier de nombreuses pompes à main jusqu'à de grandes profondeurs. La gamme des pompes à main actuellement sur le marché permet dans tous les cas, à moins que les circonstances soient extraordinaires, de choisir des pompes qui se prêtent à ce type d'entretien.

Fourniture des pièces détachées

Quel que soit le système d'entretien prévu, il ne sera efficace que si l'on dispose des pièces détachées au moment voulu. L'agence qui fait la promotion d'un programme d'approvisionnement en eau collective a certes le devoir de veiller à ce que la collectivité puisse obtenir des pièces détachées dans les meilleurs délais et à un coût abordable. Grâce à une normalisation et à une bonne coordination des projets financés par des donateurs différents, on peut s'assurer que, dans la mesure du possible, des pompes de types similaires sont choisies et que le nombre de modèles de pièces détachées pour une même pompe est minime.

On peut contourner un obstacle majeur à l'efficacité de l'entretien, à savoir la nécessité d'importer des pièces détachées, en insistant sur l'utilisation de pompes dont les pièces d'usure peuvent être fabriquées dans le pays même. De plus, il est essentiel d'avoir un bon réseau de distribution des pièces. Lorsque le système d'entretien est efficace, le marché est habituellement suffisamment important pour que des points de vente gardent en stock les pièces détachées dont l'usage est fréquent, ou pour que les mécaniciens régionaux aient eux-mêmes un stock de pièces détachées.

On peut simplifier grandement le problème des pièces détachées en adoptant un calendrier d'entretien prévoyant un examen des pompes à intervalles réguliers au cours duquel le mécanicien remplacera certaines pièces quel que soit l'état de la pompe. Grâce à une telle politique d'entretien, les mécaniciens n'ont plus qu'à transporter des paquets de pièces standard et à effectuer les remplacements conformément au calendrier d'entretien.

4.5 Recouvrement des coûts

Le principe de la planification pour assurer la viabilité des programmes d'approvisionnement en eau suppose que les collectivités contribuent le plus possible aux dépenses d'équipement et aux frais renouvelables. Cela implique aussi que les organisations collectives soient responsables de la gestion des systèmes installés. Il s'ensuit que la structure du village doit inclure un mécanisme permettant de recueillir les sommes versées par les usagers et de les distribuer selon les besoins de l'entretien. Les organisations collectives peuvent aussi choisir d'appliquer des systèmes de financement tels que des fonds renouvelables qui permettront de concrétiser une expansion ou des améliorations futures de leur approvisionnement en eau. En Thaïlande, certains projets ont établi un fonds renouvelable dans le cadre duquel les membres de la collectivité doivent rembourser les coûts des matériaux et des pompes. En Indonésie, une approche similaire a été adoptée mais il est accordé une subvention de 50 %, compte tenu de la capacité de remboursement des usagers (CRDI, 1987). La collectivité doit prendre bon nombre de décisions d'ordre pratique pour établir un système de financement collectif (se reporter au tableau 4.3).

Prévision des coûts

Tant que les puits équipés de pompes à main sont récents, les frais d'entretien sont minimes. Au fur et à mesure que les pompes vieillissent, les opérations d'entretien se font plus fréquentes et il est nécessaire de remplacer plus de pièces. De plus, la population d'utilisateurs ira croissant et les zones d'habitation se développeront, de sorte qu'il faudra davantage de puits. La planification à moyen et à long terme doit également tenir compte de la dépréciation et de l'inflation. L'équipe du projet doit bien conseiller la collectivité afin que celle-ci puisse planifier les coûts futurs prévus des pièces, les stocks nécessaires et la constitution de provisions en vue d'une expansion future.

Tarifs de l'eau

Les systèmes d'approvisionnement en eau par pompes à main ne conviennent pas à une facturation selon le débit. Il faut donc élaborer un autre mode de facturation, tâche réservée de préférence au comité de points d'eau du village ou à un autre organisme de gestion. Il est clair que les tarifs exigés devront, d'une part, être suffisants pour permettre de régler les réparations régulières et, d'autre part, servir à constituer un fonds de prévoyance en prévision des réparations majeures. La décision d'exiger le remboursement des coûts de la pompe et du puits est une décision politique et elle doit être prise à l'échelon national.

Tableau 4.3 Principales questions portant sur le financement de l'entretien à discuter au cours de la prise de décisions par le village

<i>Questions à discuter</i>	<i>Options pour le village</i>
Quels sont les coûts à budgéter?	Rémunération des responsables du système Outils et pièces détachées pour les réparations Remplacement des pompes à main Développement du système
Quels sont les fonds à utiliser?	Les fonds du village Les contributions volontaires Les paiements réguliers faits par les usagers
Quels tarifs faut-il fixer?	Un tarif forfaitaire (tous paient le même tarif) Pondéré (en fonction des avantages/de la capacité de paiement)
Comment réunir les sommes d'argent?	Réunion des fonds au moment de la panne Prélever les sommes nécessaires dans le fonds du village Réserver une partie des fonds du village pour la création d'un fonds séparé pour l'eau Perception régulière des redevances des ménages
Quand faut-il réunir les fonds?	Mensuellement Au début de l'exercice financier Après la récolte
Qui doit recueillir les fonds?	Le comité de points d'eau du village Le groupe d'utilisateurs de la pompe à main Les chefs des collectivités
Comment conserver l'argent?	Dans un compte du village Dans un compte "Eau" Qui sont les signataires?
Comment administrer les fonds?	Reçus pour la tenue des livres comptables Contrôle financier Rétroinformation de la part des usagers
Qui doit administrer les fonds?	Le comité de points d'eau du village Le comptable du village
Comment payer les responsables de l'entretien et/ou les mécaniciens régionaux?	Par intervention Par mois Par an après la récolte En espèces/en nature

Parfois, la stratégie d'entretien choisie par la collectivité consiste à demander aux usagers une contribution chaque fois que la pompe nécessite des réparations; diverses personnes sont alors chargées de réunir l'argent de tous les usagers de la pompe selon les besoins. Ce système est rarement satisfaisant. En effet, il peut être difficile pour certains usagers de trouver les sommes nécessaires au moment requis, ce qui peut entraîner des conflits. Le plus souvent, on demande à chaque ménage de verser une somme définie à intervalles réguliers (par mois, par trimestre ou à chaque récolte). Le principe du tarif forfaitaire est valable lorsque tous les ménages ont à peu près les mêmes avantages et qu'il n'y a pas de grande différence dans l'utilisation de l'eau ou la richesse des usagers. Si les différences sont importantes, lorsque par exemple certains utilisateurs profitent de la pompe pour abreuver leur détail ou lorsque les ménages comportent plus d'une famille, il est généralement plus efficace de fixer deux ou trois tarifs et de classer les ménages dans des catégories correspondant à ces tarifs.

Il est possible de recueillir les sommes d'argent au cours de visites à domicile. Le comité peut également organiser des réunions périodiques auxquelles les usagers sont sensés apporter la somme due. La motivation des femmes fait d'elles d'excellentes collectrices de fonds. Autre atout: elles peuvent visiter facilement les maisons des autres femmes pendant l'absence des hommes chefs de famille.

Systèmes de comptabilité

Il est essentiel que l'approvisionnement en eau du village soit doté d'une comptabilité adéquate pour plusieurs raisons. Tout d'abord, il ne faut pas que le trésorier soit soupçonné de détournement de fonds et les usagers doivent être convaincus que leur argent est utilisé comme prévu. Ensuite, il faudra de temps à autre ajuster les contributions en fonction du besoin plus ou moins grand d'entretien ou de pièces détachées. Finalement, une bonne gestion des revenus de l'eau peut constituer un fonds qui servira éventuellement à d'autres activités au sein de la collectivité.

Il est primordial que l'application des tarifs soit équitable; en effet, si certaines personnes ou certains groupes sont soupçonnés de favoritisme, les autres refuseront de payer et il deviendra impossible de gérer l'exploitation de la pompe.

Dans certaines collectivités rurales, les banques de crédit agricole ou d'autres institutions du secteur privé seront prêtes à fournir des services bancaires aux comités de points d'eau des villages. Ceci peut permettre d'assurer la comptabilité et la gestion qualifiée des fonds (c'est aussi une manière d'obtenir du crédit s'il y a des difficultés d'encaisse au moment de réparations majeures). Parfois également, les conseils de district locaux peuvent assumer

la responsabilité de la collecte et de la gestion des fonds de maintenance de la pompe à main. Cependant, il est rare que ce système fonctionne efficacement d'après les expériences observées. Le plus souvent, la tentation de détourner les fonds destinés à l'eau au profit d'autres urgences est trop forte.

Un suivi périodique des livres de compte et des rapports financiers réguliers aux usagers, lors d'assemblées annuelles par exemple, réduisent le risque d'une mauvaise utilisation des fonds et accroissent la confiance des usagers dans l'organisation de l'hydraulique. Une formation spéciale en matière de comptabilité et pour l'établissement d'un budget aide les membres de la collectivité concernés à comprendre en quoi consistent leurs responsabilités et à éviter les conflits dans le cas d'un différend. On trouve de plus amples informations sur le financement et les systèmes de gestion financière dans la monographie intitulée *What Price Water? (L'eau, à quel prix?)* publiée par l'IRC (Wijk-Sijbesma, C.A. van, 1989), bien que cet ouvrage se concentre sur l'approvisionnement en eau par des bornes fontaines.

5. *Emplacement et Construction des Puits*

Même si la pompe à main a été choisie avec le plus grand soin, elle ne pourra donner un rendement satisfaisant si elle a été installée au-dessus d'un puits mal conçu ou mal construit. L'un des principaux facteurs de panne des pompes à main sur le terrain est le sable qui s'infiltré dans le puits, provoquant ainsi une usure rapide des joints d'étanchéité et des soupapes, l'abrasion des parois du cylindre et l'obstruction du puits lui-même. Des forages mal alignés nuisent aux pompes dont le fonctionnement dépend du mouvement alternatif de tiges verticales. Le choix d'un emplacement adéquat pour le puits et la détermination judicieuse de la profondeur du forage et du réglage du cylindre auront d'importantes répercussions sur le rendement de toute pompe à main. De plus, le fait de capter de l'eau d'un puits risque de contaminer l'eau souterraine et il faut par conséquent assurer la protection du puits et de ses abords.

Le forage d'un puits et les méthodes de construction sont de véritables sujets et les traiter en détail dépasserait la portée du présent ouvrage. Il faut cependant bien en comprendre les principes de base et c'est pourquoi certains aspects essentiels sont soulignés dans ce chapitre. Le puits représente presque toujours un élément financier important dans un programme de pompes à main. Et pourtant, on fait habituellement peu d'efforts pour réduire ce coût. On emploie des tours de forage onéreuses et à grande production là où il est impossible de les utiliser à pleine capacité, et où il conviendrait mieux de se servir de tours de forages simples et légères dont les caractéristiques techniques sont moins performantes mais qui sont aussi beaucoup moins chères.

L'écart entre les coûts de forage des puits est très grand. Dans des conditions géologiques apparemment semblables, le coût à l'unité d'un puits d'une profondeur de 50 m peut atteindre jusqu'à 60.000 dollars en Afrique, tandis qu'en Inde, il ne sera que de 2.000 dollars. Cette disparité entre les coûts peut être due à une différence de logistique et d'organisation des travaux de forage dans ces deux régions. Dans de nombreux pays d'Afrique, des organismes du secteur public tentent d'appliquer les programmes de forage en utilisant des tours offertes par des agences d'aide bilatérale. L'accès aux sites est souvent difficile et il arrive que les tours de forage restent inutilisées pendant de longues périodes parce qu'on attend la livraison de pièces et de matériel importés. En Inde, un secteur privé florissant s'efforce de se tailler une part d'un gigantesque marché. Là les entreprises doivent, pour réussir, maintenir les coûts au plus bas et, par conséquent, bien choisir l'équipement nécessaire

aux travaux de forage. Les communications et la logistique sont habituellement meilleures et, grâce à la production locale d'une grande partie de l'équipement et en particulier des fournitures renouvelables, les travaux sont menés de manière beaucoup plus efficace.

5.1 Types de puits

Il existe de nombreuses techniques pour la construction des puits. Les options varient entre l'excavation pure et simple et l'utilisation complexe de tours munies de marteaux de fond de trou. Le choix de la meilleure technique dépend des circonstances locales, de la formation géologique, de l'infrastructure et de la logistique. Bien choisir est important car cela peut permettre de réduire considérablement les dépenses.

Puits creusés manuellement

Depuis l'époque reculée où l'homme primitif creusait déjà dans les lits des rivières asséchées pour chercher de l'eau, les communautés se sont ingénérées à mettre au point de nouvelles manières de puiser de l'eau à des profondeurs de plus en plus grandes sans recourir à une assistance mécanique. Dans de nombreux pays, le creusage des puits était nécessaire au développement des collectivités et, en général, les villageois savent très bien quels sont les meilleurs sites pour le creusage manuel, et connaissent les dangers rattachés à la construction et à l'utilisation de puits sans cuvelage. Cependant, dans les collectivités qui reçoivent de l'aide pour la première fois, il arrive qu'on n'examine pas les techniques simples qui rendraient les puits creusés à la main plus fiables et plus sûrs.

Des puits creusés manuellement dans certaines régions du Sahel en Afrique ont atteint des profondeurs de 60 m et plus, traversant parfois des zones de roches dures. Cependant, dans les programmes d'approvisionnement en eau pour les collectivités, il est rare qu'on choisisse l'option du puits creusé manuellement lorsque l'eau souterraine est à une profondeur supérieure à 20 m à cause du temps requis pour une excavation aussi importante. L'effort requis pour creuser sous la nappe phréatique limite grandement cette option. Même si l'on pompe l'eau pendant l'excavation, la limite pratique est de 2 m environ au-dessous de la nappe phréatique. Ainsi, il arrive souvent qu'on ne termine l'excavation des puits qu'à la fin de la saison sèche, ce qui, même alors, laisse peu de latitude pour les fluctuations ultérieures de la nappe phréatique.

En tenant compte de ces limites, l'excavation manuelle comporte aussi ses avantages. Grâce au grand diamètre, la recharge du puits ne devrait pas constituer un problème. De plus, il est généralement possible d'accroître la profondeur des puits creusés à la main lorsque la sécheresse ou d'autres

EMPLACEMENT ET CONSTRUCTION DES PUIITS

facteurs saisonniers provoquent un rabattement. (C'est une option qui est plus difficilement réalisable dans le cas des puits forés au trépan car il faut ramener sur les lieux l'appareil de forage.) L'excavation manuelle permet une participation maximale de la collectivité dans la construction du puits. Les puits creusés manuellement apportent une sécurité supplémentaire pour les installations de pompes à main. En effet, un grand diamètre permet d'installer plus d'une pompe à main par puits afin de répondre à une forte demande ou de parer à d'éventuelles pannes de la pompe. On peut aussi installer une corde et un seau dans un puits équipé d'une pompe à main au cas où celle-ci serait hors service.

Par contre, les puits creusés à la main sont plus longs à construire que les puits forés au trépan; leur excavation est particulièrement difficile lorsque la profondeur dépasse le niveau de la nappe phréatique; par ailleurs, les puits creusés manuellement sont, de par leur nature, bien moins à l'abri de la pollution que les puits forés au trépan. Au cours de l'étape de planification préliminaire, il faudra tenir compte des avantages et des inconvénients des puits creusés à la main ainsi que des aspects économiques des autres options.

Lorsque les puits creusés manuellement figurent parmi les options offertes à la collectivité, il est souhaitable de fournir certaines directives sur leur conception et leur construction. La première règle générale consiste à éviter les puits sans cuvelage. A l'exception des sections creusées dans un sol très stable bien au-dessous de la surface et bien au-dessus de la nappe phréatique, il est essentiel d'avoir un revêtement en béton ou en briques pour empêcher les parois du puits de s'effondrer, soit pendant la construction du puits soit pendant son exploitation.

Le diamètre minimal permettant l'accès à un homme au cours de la construction et pour un nettoyage ou un agrandissement ultérieurs du puits est de 800 mm, ce qui équivaut à un diamètre global de 1 m et plus afin de permettre la pose du revêtement. Si certaines parties du puits ne nécessitent pas de cuvelage, il est souvent préférable de creuser sur un grand diamètre dans le sol meuble en surface et d'utiliser un tubage d'un diamètre inférieur dans la partie basse du puits (système du télescope).

La figure 5.1 montre une configuration type d'un puits creusé dans le cadre du projet d'approvisionnement en eau de Buba-Tombali en Guinée-Bissau. La section supérieure a un diamètre de 1,5 m et comporte quatre anneaux en béton précontraint, d'une hauteur de 0,5 m chacun, qui ont été posés avant l'excavation du reste du puits. La section médiane, d'un diamètre de 1,0 m, a été creusée à la pioche dans de la latérite dure et il n'a donc pas été nécessaire de poser un revêtement à ce niveau. Du niveau des hautes eaux vers le bas, on a posé des anneaux de filtrage en béton précontraint au-delà du niveau

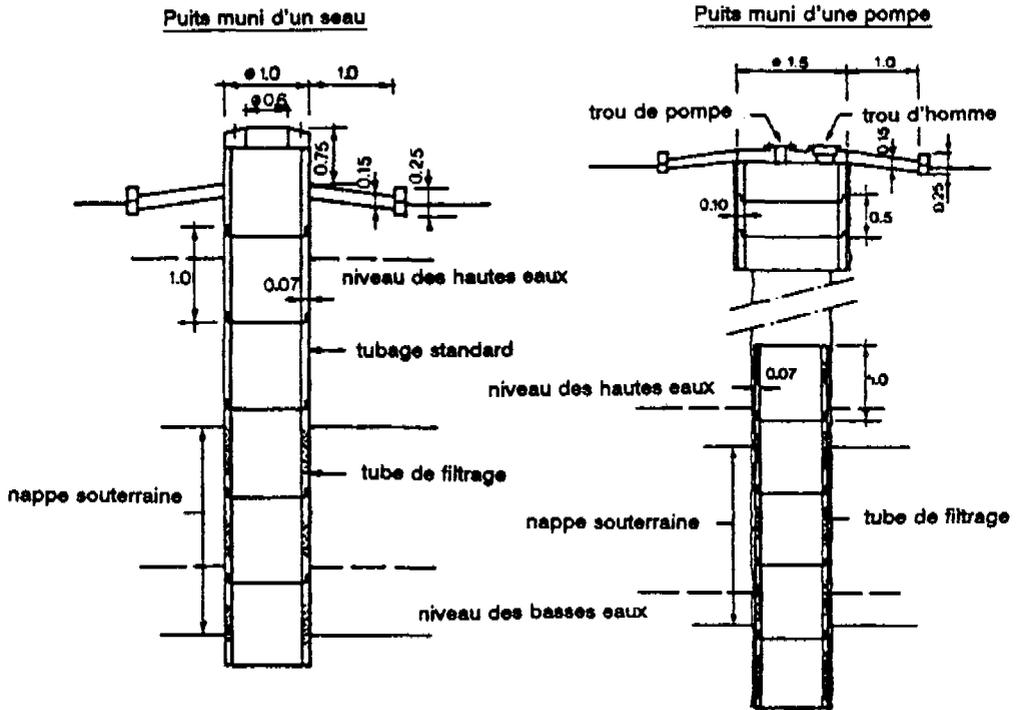


Figure 5.1 Puits caractéristiques creusés dans le cadre du projet Buba-Tombali en Guinée-Bissau.

minimal de l'eau prévu. On a continué à creuser sur une profondeur de 0,5 m dans de l'argile dure afin de disposer d'un espace de stockage au fonds du puits.

Les anneaux de cuvelage ont été précoulés dans une usine spécialement conçue à cette effet, parce qu'un revêtement en briques ou en béton coulé sur place aurait demandé plus de temps, des aptitudes supplémentaires et une plus grande surveillance à chaque emplacement. Cependant, avec cette solution, le problème du transport est aggravé. Ainsi, dans d'autres projets, les anneaux ont été fabriqués sur place, ce qui comporte l'avantage de nécessiter moins d'aide extérieure. On a utilisé un trépied muni d'une poulie pour descendre les anneaux au fur et à mesure de l'excavation du puits et les anneaux ont été posés les uns à la suite des autres en suivant la progression du creusage. La nappe phréatique une fois atteinte, on a utilisé une pompe électrique pour maintenir l'excavation à sec. En moyenne, les puits de Buba-Tombali ont une profondeur de 11 m.

On peut trouver de plus amples renseignements sur la conception et les techniques de construction de puits creusés manuellement dans les ouvrages suivants: *Hand Dug Wells and their Construction* par S.B. Watt et W.E. Wood (Watt & Wood, 1976) et *Shallow Wells* par DHV Consulting Engineers (épuisé).

Puits forés manuellement au trépan

Les puits forés manuellement sont sujets à deux inconvénients: le temps nécessaire à leur construction et la nécessité d'enlever l'eau à l'étape finale. On peut surmonter ces difficultés en utilisant un équipement de forage manuel au trépan pour construire un puits tubulaire d'un petit diamètre au lieu de creuser un puits de grand diamètre. Dans des conditions géologiques favorables (matériaux non consolidés, absence de roches dures et peu gros blocs), forer un puits prend moins d'un cinquième du temps nécessaire pour creuser à la main un puits de même profondeur. A titre d'exemple, des chiffres cités pour la Tanzanie indiquent qu'il faut de trois à sept semaines pour creuser un puits manuellement, selon la profondeur du puits et les conditions du sol, tandis que de trois à sept jours suffisent pour forer un puits équivalent (Blankwaardt, 1984).

Le matériel de forage manuel est léger et simple à utiliser. On peut aussi l'employer dans des sites difficiles d'accès où il est impossible de transporter des tours de forage. L'ouvrage de Blankwaardt donne une description complète des techniques de forage manuel au trépan. Le résumé suivant des principes de base a été tiré de cet ouvrage.

Habituellement, on utilise une tarière manuelle de 230 mm de diamètre pour forer le trou par étapes de 0,5 m. On commence par installer un trépied au-dessus de l'emplacement prévu pour le puits tubulaire. De grandes plaques en acier fixées sous chacun des pieds empêchent le trépied de s'enfoncer dans le sol. Une équipe de forage comprend au moins trois ouvriers spécialisés et quatre à six aides du village.

Le montage et le forage des deux à trois premiers mètres sont essentiels pour obtenir un trou parfaitement vertical. Blankwaardt donne quatre conseils pratiques:

- Fixer une tige de rallonge de 3 m au-dessus de la pièce transversale et demander à un homme de la maintenir centrée à la tête du trépied.
- Ajuster la position de départ du forage en maintenant un niveau à bulle d'air le long de la tarière à raclettes.
- Vérifier visuellement la position verticale de l'outil de forage dans deux directions perpendiculaires.
- Forer au trépan avec un nombre pair de personnes, réparties également sur les poignées de la barre transversale. En fonction des conditions du sol, il peut y avoir quatre, six ou huit personnes qui tournent l'outil de forage.

Après chaque section de 0,5 m, la tarière est retirée du trou à l'aide d'un treuil, mise de côté et la terre est enlevée à l'aide d'un outil spécial (ou d'un gros tournevis). Il faut enregistrer les progrès de l'excavation et noter les caractéristiques de chaque type de terre enlevée (par exemple, "sable fin, meuble, gris/brun", "argile jaune collante", etc.). D'autres tiges de rallonge sont rajoutées au-dessous de la barre transversale à mesure que le forage progresse afin de maintenir celle-ci à une hauteur convenable (de 0,75 à 1,25 m au-dessus du sol). Dans des sols plus durs ou lorsque l'on se heurte à de gros rocs, on peut utiliser divers trépons pour améliorer la force de pénétration.

Lorsqu'au cours du forage, on dépasse la nappe phréatique et que les parois du puits tubulaire commencent à s'effondrer, on enlève alors la tarière et on installe un tubage tout en enlevant le matériau excavé excédentaire par curage. (Si le sol est trop meuble, il faut poser un tubage au-dessus de la nappe phréatique.) Dans cette opération il est nécessaire que le tubage précède la cuiller de curage. Si le tubage ne descend pas de lui-même sous l'action de la gravité, on peut l'enfoncer par rotation à l'aide d'une barre transversale. Tandis qu'une équipe de deux ou trois personnes met en place le tubage, d'autres utilisent la force musculaire et le treuil pour extraire le gravier meuble ou le sable de l'intérieur du tubage. Il est important que la cuiller de curage ne dépasse pas le bord inférieur du tubage car il en résulte simplement une excavation supplémentaire inutile et un gaspillage d'efforts. Pour éviter cela, il suffit de faire une marque sur le câble de la cuiller de curage pour indiquer la longueur du tubage.

Le tubage peut par la suite atteindre une autre couche imperméable, auquel cas on reprendra le forage à la tarière si l'on n'a pas encore atteint la nappe souterraine d'eau potable. Généralement, lorsqu'on a commencé le forage avec une tarière d'un diamètre de 230 mm, les dimensions du tubage sont de 200 à 220 mm et le forage se poursuit avec une tarière de 180 mm. L'extrémité du tubage est normalement située à une certaine profondeur dans la nappe souterraine choisie ou, si celle-ci est mince, à une distance de 200 à 300 mm de la nappe dans la couche imperméable située au-dessous. On peut poursuivre ce "forage télescopique" en insérant un deuxième tubage de diamètre plus petit à l'intérieur du premier pour rendre le tubage étanche à la deuxième couche aquifère, et utiliser une tarière plus petite pour poursuivre le forage, comme le montre la figure 5.2, extraite de l'ouvrage de Blankwaardt.

L'étape finale de la construction comprend l'installation d'une crépine et d'un gravier filtre ainsi qu'un joint d'étanchéité en argile pour rendre le puits étanche aux nappes souterraines supérieures. Cette installation est extrêmement importante si on veut empêcher que le sable pénètre à l'intérieur du cylindre de la pompe à main et provoque des dégâts.

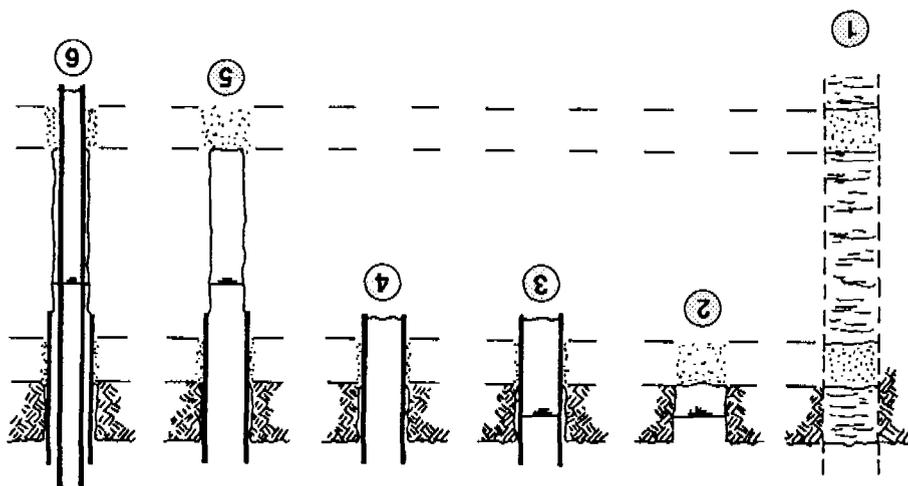


Figure 5.2 Le forage télescopique se fait en plusieurs étapes:

1. Le profil du sol indique qu'il y a une épaisse couche d'argile entre deux nappes souterraines. L'entrée d'eau à l'intérieur du puits doit être située dans la nappe inférieure.
2. La première couche d'argile est forée avec des trépan d'un diamètre de 300 mm.
3. Un tubage de 250 à 275 mm de diamètre est introduit et le curage se fait à travers la nappe supérieure. Le tubage est ensuite introduit dans la deuxième couche d'argile afin de rendre le puits entièrement étanche à la nappe phréatique supérieure.
4. L'eau est pompée à l'extérieur du tubage au moyen d'une pompe à membrane.
5. Le forage se poursuit avec des trépan de 230 mm de diamètre à travers l'épaisse couche d'argile.
6. Un tubage de 200 à 220 mm est introduit et le curage est effectué à travers la deuxième nappe souterraine. Le tubage est enfoncé dans la couche d'argile sous-jacente à l'aide de trépan d'un diamètre de 180 mm. Le puits tubulaire est terminé.

En théorie, on peut faire correspondre le calibre de tamisage du gravier filtre et les dimensions des fentes de la crépine avec le déblai de la nappe souterraine de manière à permettre aux petites particules de passer pendant le conditionnement du puits tout en empêchant le passage du sable et du limon pendant le pompage normal. C'est ici que l'épaisseur du gravier filtre revêt toute son importance.

En pratique, on peut souvent tamiser le gravier qu'on trouve sur place dans les lacs ou les lits des rivières et obtenir les divers calibres qui conviennent au filtre autour d'une crépine. Généralement, le gravier qui traverse une crépine de 5 mm et qui est retenu par une crépine de 1 mm peut servir à constituer un filtre d'une épaisseur de 50 à 80 mm autour d'une crépine dont les fentes ont

une largeur de 0,7 mm. De cette manière, les particules de 0,2 mm pourront traverser pendant le conditionnement du puits. La superficie totale de la partie perforée est généralement importante car elle détermine la vitesse d'entrée de l'eau à l'intérieur du puits. Pour des débits normaux de pompage manuel inférieurs à 3 m³/h, il faut une superficie totale de perforations de 280 cm² pour maintenir une vitesse d'entrée inférieure à la vitesse recommandée de 3 cm/s. La plupart des crépines offertes sur le marché ont une superficie de fentes de deux à trois fois supérieure à celle recommandée, pour une crépine d'une longueur habituelle de 2 m.

L'installation de la crépine et du gravier filtre dans un puits foré à la main doit être synchronisée avec le retrait du tubage de manière à n'exposer aucune paroi du puits tubulaire susceptible de s'effondrer avant la pose du gravier filtre. Il est important que la crépine et le tuyau placé au-dessus de cette dernière soient maintenus au centre du trou pendant que le gravier est versé autour de la crépine. Lorsque le puits traverse plus d'une nappe, il arrive que l'eau de la nappe supérieure (ou de la surface) contamine la couche d'eau potable, à moins d'imperméabiliser le puits après avoir enlevé le tubage. L'imperméabilisation se fait en interrompant le retrait du tubage avant qu'il ne quitte la couche d'argile et en utilisant de l'argile humide prélevée sur le matériau excavé excédentaire pour remblayer autour du tuyau de filtrage. On peut utiliser une dameuse à main pour tasser l'argile et s'assurer que le remblai est étanche. On peut ensuite poursuivre le remblayage avec un matériau sablonneux facile à trouver pendant qu'on enlève le tubage.

Au lieu de déposer un gravier filtre sur place, on peut utiliser des crépines préfabriquées à double paroi. L'UNICEF vient de les installer avec succès en Égypte, évitant ainsi les problèmes courants propres aux systèmes traditionnels.

Puits forés par jet d'eau

Le forage d'un puits au jet consiste à fluidifier les couches de sable, ce qui permet ensuite d'enfoncer un tubage de puits dans les matériaux fluidifiés. Cette technique peut s'avérer économique dans la construction de puits peu profonds dans des régions deltaïques ou des sols sablonneux.

La figure 5.3, tirée d'un ouvrage de SWS Filtration Ltd (SWS Filtration, 1986) montre la technique d'installation selon laquelle une pompe actionnée mécaniquement fait descendre de l'eau dans une "sonde à jet" composée d'un tuyau de 38 mm dont l'extrémité inférieure est terminée par un jet, et dont l'extrémité supérieure comporte un coude et un raccord fileté. A mesure que le jet fluidifie le sable, un tubage de puits en plastique pré-assemblé avec une crépine, muni d'une pointe en acier est enfoncé le long du jet. Le travail avance plus vite si une deuxième pompe pousse également de l'eau dans le

EMPLACEMENT ET CONSTRUCTION DES PUIITS

tubage de puits, mais on a tout de même obtenu des installations satisfaisantes avec une seule pompe.

La résistance à la sonde s'accroît au niveau inférieur de la couche de sable et c'est ce qui détermine le niveau le plus bas du tubage de puits. Dans la mesure du possible, le coude supérieur doit être à une distance minimale de 0,5 m au-dessous de la surface du sable. Lorsque le puits est assez profond, on met le moteur de la pompe au ralenti de manière à maintenir une zone fluidifiée autour du tubage de puits tout en permettant au sable à gros grains de tomber autour de la crépine. Si le sable du déblai est trop fin, on peut verser dans cette zone de filtrage du sable grossier pris ailleurs.

Lorsqu'on a terminé le filtre, on doit retirer la sonde et "conditionner" le puits en faisant fonctionner la pompe pour pousser l'eau dans le tube pendant quelques minutes en augmentant progressivement puis en diminuant la vitesse de l'écoulement pendant un court intervalle. On peut aussi ajouter du sable à

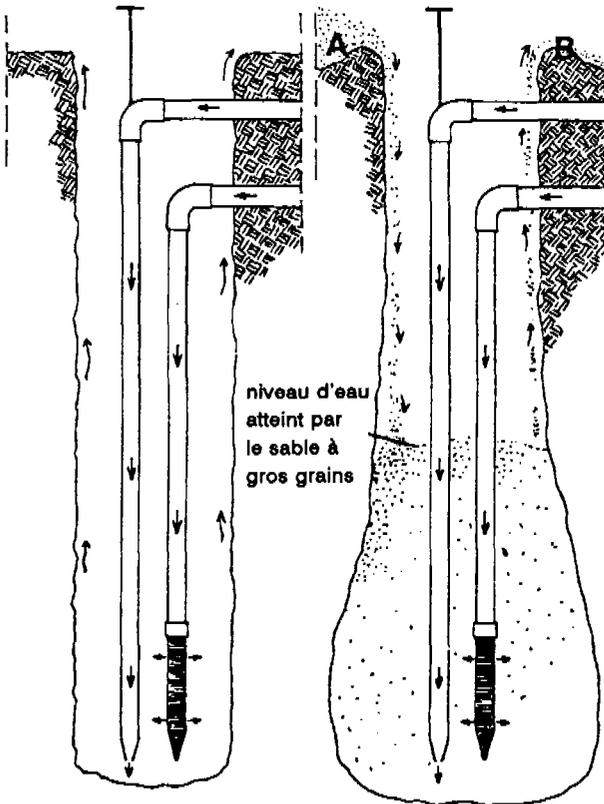


Figure 5.3 A gauche: Injection vers le bas. Il est à remarquer que l'eau est poussée à la fois dans la sonde à jet et le tubage de puits. A droite: Gravier filtre. Le sable à gros grains (A) s'enfonce à travers la colonne montante d'eau tandis que le sable fin et le limon (B) sont ramenés à la surface.

gros grains pendant cette opération. On inverse ensuite le mouvement de la pompe de manière à extraire lentement l'eau du puits qui contient du sable et du limon. Le pompage se poursuit jusqu'à ce que l'eau soit limpide; on l'arrête pendant quelques secondes et on le reprend ensuite pour enlever le limon qui pourrait encore s'y trouver. On répète le cycle à plusieurs reprises jusqu'à ce que l'arrêt et le démarrage successifs de la pompe n'entraînent plus de changements notables dans la qualité de l'eau.

Il est ensuite possible de relier le puits à une pompe aspirante à main qui peut être installée à une certaine distance du tuyau de refoulement et branchée sur celui-ci au moyen d'un tuyau d'aspiration horizontal enterré dans une tranchée. On trouvera de plus amples détails sur la technique de forage au jet dans la documentation du fabricant (SWS Filtration, 1985). Cette technique est rapide et efficace dans les régions dont les eaux souterraines sont peu profondes et où le sol est sablonneux.

La technique dite "de la pompe à boue", utilisée pour installer jusqu'à 50.000 puits par an destinés à approvisionner en eau des collectivités du Bangladesh, relève du même principe, mais celle-ci ne suppose pas l'emploi d'une pompe mécanique. En effet, les dépôts alluviaux très profonds qui recouvrent la plus grande partie du Bangladesh conviennent particulièrement au forage au jet avec un équipement très simple. En conséquence de cela, de nombreux entrepreneurs locaux ont acquis les compétences requises et sont en mesure de creuser des puits de 50 m et plus en quelques heures seulement, à des prix très économiques.

Le matériel de l'équipe de forage, composée de trois hommes, comprend un échafaudage en bambou, deux clés à tube, une corde ou une chaîne et suffisamment de tubes en fer galvanisé de 3 m de long et de 40 mm de diamètre correspondant à la profondeur de puits envisagée. On commence par imperméabiliser avec de la bouse de vache un trou carré en surface d'une profondeur de 300 mm, et de 600 mm de côté environ. On remplit le trou avec de l'eau. Un homme installé au sommet de l'échafaudage maintient un tronçon de tube à la verticale dans un coin du trou et le remplit d'eau. Cet homme se sert du tube comme d'une pompe refoulante et sa main posée à l'extrémité supérieure du tube agit comme une soupape à clapet. En levant et en poussant le tuyau, il crée le jet qui fluidifie le sable. Le sable et le limon jaillissent au sommet du tube au fur et à mesure que celui-ci s'enfonce. Les deux autres membres de l'équipe soulèvent le tube dans son mouvement ascendant, en se servant d'une perche en bambou qui pivote sur l'échafaudage et qui est fixée au tube au moyen d'une corde ou d'une chaîne (figure 5.4).

EMPLACEMENT ET CONSTRUCTION DES PUITIS

Lorsque le premier tube est descendu au niveau du trou, un deuxième tube y est vissé et ainsi de suite. Des échantillons de sable sont prélevés à intervalles réguliers. Pour ce faire, les déblais qui sortent du tube sont recueillis dans un seau et, après quelques minutes, le sable qui s'est accumulé au fond du seau est vidé. Grâce à l'UNICEF, les foreurs du Bangladesh possèdent des comparateurs simples qui leur permettent de juger si le sable est suffisamment perméable et de déterminer quel calibre de crépine utiliser. Le forage dépasse d'une longueur de tuyau le niveau déterminé pour la crépine (en général, à une profondeur de 40 à 50 m au Bangladesh).

Pour enlever le tuyau en fer galvanisé, on inverse le mouvement des cordages du levier en bambou. Le puits tubulaire est formé en insérant un tuyau en PVC raccordé par du solvant-ciment muni, à son extrémité inférieure, d'une crépine et d'une trappe à sable fixées. Le tube supérieur est en fer galvanisé et s'élève au-dessus du niveau prévu pour la plate-forme. Ainsi, ce tube constituera une protection sanitaire lorsqu'il aura été fixé par du béton et sera couronné par la pompe à main choisie.

Le conditionnement du puits suppose que le tuyau de refoulement soit prolongé temporairement de 3 m et soit rempli d'eau continuellement pendant quelques minutes. La dernière étape du conditionnement consiste à pomper sans arrêt pendant quelques heures après la pose de la pompe à main. Ce processus final a également pour but de s'assurer que toute contamination résultant des travaux de construction a été chassée du puits.

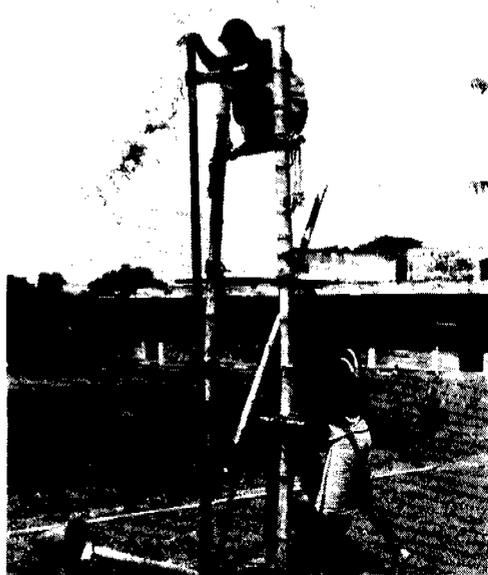


Figure 5.4 A l'aide d'un matériel très simple, on peut creuser des trous de 50 m de profondeur en quelques heures seulement (photo Richard Cansdale).

Puits forés mécaniquement

Là où les puits équipés de pompe à main sont forés mécaniquement, le choix d'un appareil de forage approprié aura de fortes répercussions sur l'ensemble des coûts du projet. Il est généralement vrai que les travaux de forage les plus économiques sont effectués dans des pays tels que l'Inde et certaines régions de l'Amérique latine. En effet, dans ces régions, les entrepreneurs locaux s'ont en concurrence les uns avec les autres et utilisent leurs propres tours de forage ou louent des tours adaptées au terrain, aux compétences disponibles et au budget du programme. Ceci contraste avec les expériences, courantes en Afrique et dans certaines parties de l'Asie, où un appareil de forage onéreux est fourni par l'intermédiaire de l'aide bilatérale, dans le cadre soit d'un programme de pompe à main spécifique, soit d'un programme global de développement rural. Il arrive souvent qu'on ne puisse satisfaire aux conditions rattachées à ces appareils; en conséquence, le matériel n'est pas utilisé de façon économique et les puits coûtent cher.

Les exigences de base du forage d'un puits d'alimentation en eau sont tout à fait dans les capacités de la plupart des tours de forage. Choisir d'engager des dépenses supplémentaires ou d'utiliser un matériel plus complexe est habituellement justifié par la nécessité de forer au travers d'une roche dure ou par l'objectif (rarement atteint) de terminer les trous rapidement.

Les trois types de forage les plus courants sont le forage par battage (outillage de forage au câble), le forage rotary et le forage par marteau de fond de trou. En termes de cadence de sortie, le forage rotary dans des formations non consolidées ou semi-consolidées et le forage par marteau de fond de trou dans des zones de roche dure présentent d'importantes économies de temps. Cependant, ces économies sont parfois illusoire si l'on tient compte de l'exploitation et de l'entretien de ces tours de forage ainsi que de leur maniabilité. De petites tours de forage par percussion sont parfois plus maniables que les grandes tours de forage par marteau de fond de trou mais on ne peut les employer pour les roches dures. Les grandes tours de forage par percussion peuvent être équipées de lourdes tables de rotation et être utilisées dans les zones de roches dures; toutefois, en général, elles seront moins appropriées et performantes qu'un appareil de forage mini d'un marteau de fond de trou. De même, la simplicité et la durabilité des tours à outillage au câble compenseront largement leur rythme de production relativement lent dans les régions où les compétences nécessaires pour l'entretien des tours de forage rotary sont insuffisantes.

Le forage par battage (outillage de forage au câble) est la méthode de forage la plus ancienne et les principales caractéristiques des tours employées n'ont guère changé au cours des siècles, bien que l'équipement et les outils actuels soient bien meilleurs. Cette méthode consiste à lever et à abaisser un train de

EMPLACEMENT ET CONSTRUCTION DES PUITTS

lourdes tiges de forage reliés à un trépan. Le matériau de la formation est concassé sous la force d'impact et forme un coulis lorsque l'on verse de l'eau dans le trou. A chaque fois que cela est nécessaire, le train de tiges est retiré du trou et un curage du coulis est effectué. Les mécanismes nécessaires au forage mécanique par battage (outillage de forage au câble) sont simples et durables; une équipe ayant reçu une formation minimale peut aisément les faire fonctionner et les entretenir. Au Malawi, une grande partie du programme de pompes à main couronné de succès a été exécuté à l'aide de tours munies d'outillage de forage au câble datant des années 30.

Le forage par battage s'applique à n'importe quelle formation, mais il progresse très lentement dans la roche dure. Des trous de 100 à 350 mm de diamètre sont possibles et des puits ont été forés jusqu'à des profondeurs de 250 m, ce qui dépasse de loin les spécifications normales des puits pour pompes à main. Le coût d'investissement d'une tour de forage par battage varie entre 20.000 et 100.000 dollars E.U. et les coûts d'exploitation sont faibles. Les besoins en entretien sont généralement inférieurs à ceux d'un véhicule à moteur, de sorte que la tour à outillage de forage au câble peut s'avérer tout aussi fiable que le matériel de forage manuel au trépan qui doit être transporté d'un trou à l'autre à l'aide de ce type de véhicule.

Le forage rotary peut atteindre des vitesses de pénétration beaucoup plus grandes que celles obtenues grâce au forage par battage. Il s'applique à diverses formations, les dimensions et le coût de la tour étant conditionnés par les travaux prévus. Le principe en est le suivant: un trépan rotatif broie la formation, les débris sont enlevés par un courant de fluide de forage, de la boue par exemple, qui descend par la tige de forage et remonte par l'espace annulaire entre la tige et la paroi du trou de sonde (circulation directe), ou bien qui descend par l'espace annulaire et remonte par la tige de forage (circulation inversée). On peut utiliser de la mousse ou d'autres additifs pour aider le fluide de forage à absorber les matériaux concassés et à les amener à la surface. Contrairement au forage par battage, le processus est continu. De plus, le fluide de forage maintient une pression constante sur les parois du puits, empêchant ainsi leur effondrement. Il est donc possible de descendre n'importe quel tubage lorsque le forage est terminé (exception faite d'un court tronçon qu'il est habituellement nécessaire de mettre en place à la surface pour stabiliser l'excédent de matériaux).

Le forage rotary est un travail spécialisé; ici l'expérience du foreur contribue largement à assurer une bonne cadence et un alignement juste. Inconvénient majeur de cette technique: la complexité du matériel et le besoin de main-d'oeuvre qualifiée et d'ateliers pour les réparations courantes.



Figure 5.5 Une tour de forage à outillage par câble (en haut) et une tour de forage rotary à grande vitesse (en bas).

Le forage par marteau de fond de trou a fait son apparition dans les années 1950. Il combine les techniques de rotation et de battage en ajoutant un marteau pneumatique à l'extrémité inférieure de la tige de forage. On peut fixer un marteau de fond de trou à n'importe quelle tour de forage rotary mais les résultats seront moins bons qu'avec une tour spécialement conçue pour le forage par marteau de fond de trou. Cette technologie est particulièrement indiquée pour la roche dure où des vitesses de pénétration de 50 à 100 m par jour sont atteintes. Ce type de forage n'est jamais utilisé dans des formations non consolidées. Il est aussi moins efficace à de grandes profondeurs sous l'eau parce que la pression de l'eau annule celle de l'air servant à actionner le marteau.

5.2 Emplacement des puits

Nous avons souligné au chapitre 4 à quel point il est nécessaire que la collectivité participe au choix des sites. Les considérations techniques tiennent également une place importante dans la sélection des emplacements des trous de forage. Dans certaines couches aquifères - dans les roches de base d'Afrique notamment - les capacités de débit varient beaucoup sur des superficies relativement limitées, et même les faibles rendements nécessaires pour une pompe à main ne seront obtenus que si les conditions hydrogéologiques sont favorables. La question de la qualité de l'eau mérite aussi que l'on s'y attarde. Une eau riche en fer n'est pas acceptable d'un point de vue esthétique et elle tache les aliments et le linge. Une eau corrosive peut endommager sérieusement de nombreux types d'éléments de pompes à main classiques. Il existe également un risque inutile de contamination bactérienne si les puits sont situés à proximité de latrines ou de dépotoirs. Par ailleurs, certains sels comme les fluorures ou les chlorures peuvent rendre l'eau dangereuse pour la santé ou lui donner un goût désagréable.



Figure 5.6 Au Sri Lanka, les villageois savent situer les puits là où l'eau souterraine est abondante grâce à la présence de types de végétation particuliers.

Dans un village du Sri Lanka où la population a toujours creusé ses propres puits, les sites appropriés sont choisis en fonction du type de sol et de la présence d'arbres *kumbuk* qui indique d'abondantes eaux souterraines. Le village compte dix spécialistes du rituel qui se servent de sept indices pour situer un puits traditionnel. Ils déterminent aussi le moment le plus propice à l'inauguration du point de vue astronomique et précisent quelles seront les offrandes requises pendant la construction afin de s'assurer que les puits seront utilisables. Il s'agit surtout de puits partagés par des voisins tout en étant des propriétés privées. Il y a des puits différents pour la consommation et pour le lavage.

La responsabilité de l'entretien incombe au propriétaire mais, en fait, ce sont les femmes et les enfants de son ménage qui effectuent la majorité des travaux. On commence par retirer toute l'eau du puits, puis on frotte les parois avec un caillou ou une coque de noix de coco et on les rince. On enlève ensuite la boue au fond du puits avec un seau ou une coque de noix de coco. Les trous dans le cuvelage du puits sont bouchés avec du plâtre et les bords du puits sont dégagés de toute végétation. Des fleurs sont jetées sur l'eau propre qui monte du puits et cette eau propre est dédiée aux dieux (Kelles-Viitanen, 1983).

Hydrogéologie et qualité de l'eau

Les études préliminaires (se référer au chapitre 3) devraient avoir permis de signaler les problèmes généraux relatifs à un rabattement saisonnier ou à la qualité de l'eau. Au cours des discussions détaillées portant sur l'emplacement des puits correspondant à des projets spécifiques, la collectivité et ses conseillers doivent être conscients des restrictions pratiques qui influent sur l'emplacement du forage. Dans les régions caractérisées par des formations alluviales, ou celles où l'eau souterraine est abondante, l'emplacement des puits est conditionné presque toujours par le souci de commodité des usagers. Il convient de respecter la condition principale cependant: les puits doivent être situés à au moins 15 m des latrines ou des fosses sceptiques (Lewis et al, 1981) et être à l'abri des inondations.

Par contre, dans les zones sèches sur des formations de roches dures, il arrive que l'équipe chargée de l'enquête hydrogéologique doive effectuer des forages d'essai et faire appel à des techniques sophistiquées telles que les mesures de résistivité électrique et de la réfraction sismique afin de déterminer un certain nombre de sites possibles pour des puits.

La collectivité choisira ensuite le site le mieux adapté à ses besoins. Au moment de déterminer la profondeur du puits, il faut aussi prévoir la hauteur de rabattement, tant celui provoqué par le fonctionnement continu de la pompe à main dans des puits à faible capacité que celui dû à des facteurs externes - les variations saisonnières et le rabattement local causé par l'utilisation à proximité de motopompes pour l'irrigation ou

EMPLACEMENT ET CONSTRUCTION DES PUIITS

l'approvisionnement industriel en eau. La participation de la collectivité à la prise de décisions est particulièrement importante lorsque les puits doivent être situés dans des endroits qui, à première vue, ne sont pas pratiques.

Quelles que soient les conditions hydrogéologiques, il faut vérifier les paramètres de la qualité de l'eau avant de fixer le choix de l'emplacement. Pour ce faire, il convient d'effectuer l'analyse chimique d'échantillons, et de déterminer ainsi leur teneur en fer, manganèse, fluorures, chlorures, sulfates et nitrates. En fonction des conditions locales (eaux souterraines peu profondes, zones fracturées) il peut être indiqué de mener des essais bactériologiques. Des "laboratoires portatifs" existent désormais, ce qui rend les essais sur place relativement faciles et rapides à réaliser; un technicien qualifié est toutefois nécessaire pour s'assurer que l'échantillonnage et l'analyse sont faits correctement.

Dans les régions sèches où la présence d'eaux souterraines est limitée, des puits peu profonds sont souvent forés au trépan dans le lit des rivières ou près de ceux-ci. Outre les risques d'inondations, ce type de puits présente un inconvénient: les usagers habitent généralement sur un terrain plus élevé à une certaine distance de la rivière. Les pompes sont par conséquent moins bien protégées et le risque d'actes de vandalisme est plus grand. De même, pendant la saison des pluies, lorsque les femmes sont accaparées par les récoltes, elles puisent l'eau à des sources d'eau plus proches comme les étangs au lieu de se rendre aux pompes plus sûres.

Des projets de pompes à main dans les régions plus sèches du Nigeria, du Kenya et de la Tanzanie, ont entamé des discussions avec les collectivités sur les conséquences du choix de l'emplacement. Ils prévoient d'ajouter à leur aide technologique des techniques de collecte des eaux pluviales pendant la saison des pluies.

Le forage et le pompage d'essai

Le matériel de forage manuel décrit à la section 5.1 convient au forage de trous de sonde à quelques endroits. Dans ce cas, on peut suivre une méthode beaucoup plus simple fondée sur l'emploi de tarières plus petites (en général de 100 mm, et réduites à 70 mm si l'on fait du forage télescopique). Il est recommandé de prélever des échantillons de sol pour chaque mètre de forage et de noter leur apparence avant qu'ils ne se dessèchent au soleil. Des échantillons d'eau devraient également être prélevés à des intervalles réguliers afin de mesurer la conductivité électrique. (Ces mesures indiquent la quantité totale de solides dissous dans l'eau et par conséquent la sapidité de l'eau.)

Lorsque le forage atteint une couche aquifère qui pourrait convenir, il est beaucoup plus économique d'effectuer un simple essai de pompage d'investigation, plutôt qu'un essai de pompage complet, lequel suppose des trous de sonde, une pompe à débit constant et une longue période de

pompage. L'essai d'investigation dure deux heures environ et nécessite une pompe d'essai manuelle, un appareil de mesure du niveau de l'eau, une montre ou un réveille-matin et un seau (Blanckwaardt, 1984).

Le trou de sonde commence par subir "conditionnement": il s'agit de pomper assez d'eau pour remplir cinq seaux. Ensuite, on pompe sans interruption pendant une heure (il conviendra de remplacer la personne qui pompe toutes les dix à quinze minutes!); Simultanément, le nombre de seaux remplis, le niveau de l'eau et sa conductivité électrique sont enregistrés à des intervalles de dix minutes. A l'issue de cette heure de pompage, on mesure la remontée de niveau en notant le niveau de l'eau toutes les minutes pendant cinq minutes. Ces données servent à calculer la porosité de la nappe aquifère comme il est expliqué ci-dessous.

Forer des trous de sonde régulièrement sur un réseau de quadrillage permet de préparer une carte géologique complète de la région du projet pour indiquer les meilleurs emplacements pour les puits. Toutefois, il n'est pas toujours nécessaire de procéder ainsi puisqu'il est probable que les essais confirmeront que les sites préférés des utilisateurs produiront une eau assez abondante et de bonne qualité. Néanmoins, cela vaut la peine de vérifier qu'un unique trou de sonde réussi n'est pas un "coup de chance" dans une petite nappe aquifère confinée qui risque de ne pas contenir assez d'eau d'une année sur l'autre. Il est possible de contrôler cela très facilement moyennant une ligne de trous de sonde qui fournit les données sur une section

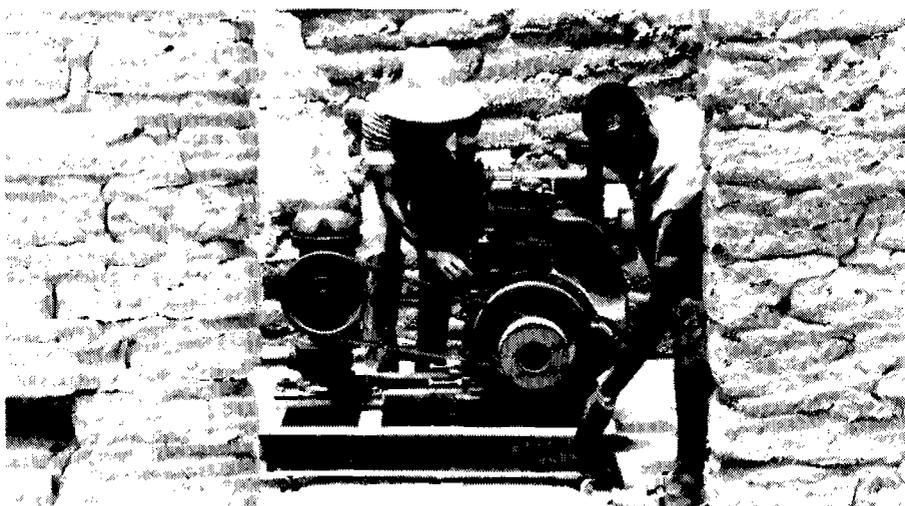


Figure 5.7 Des pompes d'irrigation comme celle-ci en Guinée-Bissau peuvent abaisser le niveau de l'eau et mettre à sec les puits équipés de pompes à main.

transversale. Ces données indiquent les strates géologiques et les niveaux d'eau, ce qui vient corroborer qu'il y a bien une continuité dans la nappe phréatique proposée.

Acceptabilité des trous de sonde

L'essai de remplissage des seaux permettra de calculer la capacité moyenne du trou de sonde pendant une heure de pompage. Pour obtenir la capacité équivalente d'un puits productif de grand diamètre, en incluant l'épaisseur du gravier filtre, il faut multiplier le débit d'essai par un facteur déterminé par le "rayon d'influence" (R), le rayon du puits d'essai (r_t) et le rayon du puits productif proposé avec gravier filtre (r_w). L'équation est la suivante:

$$Q_t = Q_w \times \frac{\log(R/r_w)}{\log(R/r_t)}$$

Prenons quelques valeurs types: un débit de 1 m³/h pour un puits productif suffit à alimenter la plupart des pompes à main. Pour un rayon d'influence de 20 m et avec un rayon de 110 mm pour le puits productif (y compris le gravier filtre), il faudrait qu'un trou de sonde de 45 mm de rayon ait un débit de 850 l/h ou plus pour que le site soit considéré comme acceptable. Avec cette forme d'analyse simplifiée, il faut tenir compte d'un facteur important: si l'on effectue l'essai de pompage pendant la saison des pluies et s'il y a une fluctuation de la nappe phréatique pendant la saison sèche, il faut ajuster la capacité en fonction de la profondeur de la nappe aquifère dont l'eau pourrait être captée dans les pires conditions. Si, par exemple, le niveau d'une nappe aquifère d'une profondeur de 4 m est abaissé de 1,5 m entre les saisons, la valeur de l'essai effectué pendant la saison des pluies devrait être haussée par un facteur de 4,0/2,5 de manière à garantir que le puits productif aura le débit requis pendant la saison sèche.

Les critères d'acceptabilité concernant la qualité de l'eau varient d'un pays à l'autre et les normes, fondées sur des directives de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS, 1983), sont habituellement fixées par l'agence nationale responsable de l'approvisionnement rural en eau.

5.3 Conditionnement d'un puits

L'eau s'écoule mieux dans le puits et les problèmes d'obstruction sont moins fréquents lorsque l'on procède au "conditionnement" approprié du puits avant la mise en service normal de la pompe à main (au Bangladesh, la pompe elle-même est utilisée pour faire le conditionnement du puits, ainsi qu'il est expliqué à la section 5.1 sous le titre *Puits forés par jet d'eau*). Lorsque le conditionnement du puits n'est pas adéquat, il arrive que la durée de vie de celui-ci soit considérablement réduite et que des infiltrations de sable excessives se produisent, ce qui peut endommager les éléments de pompage.

Le conditionnement du puits a pour objectif principal d'enlever les particules fines de la formation située près du puits, de manière à créer une zone hautement perméable autour de l'alimentation.

Parmi les méthodes proposées pour le conditionnement des puits forés, celles qui s'appliquent le mieux aux puits munis de pompes à main sont le pompage excessif, le pompage intermittent, la circulation d'eau et le pistonnage.

Pompage excessif

Cette méthode consiste à pomper le puits à l'aide d'une pompe spéciale. La vitesse du pompage augmente graduellement pour atteindre le double du débit prévu. Le pompage se poursuit jusqu'à ce que l'eau pompée ne contienne plus de particules de sable. La méthode est simple mais elle n'est pas très efficace. En effet, la zone de formation autour du puits n'est en fait soumise qu'à une succion à sens unique à travers la crépine du puits. Après le retrait initial de certaines particules fines, d'autres viennent occuper l'espace libre entre des particules plus grosses et demeurent près de la prise d'entrée. Par la suite, l'utilisation intermittente de la pompe productive déloge à nouveau les particules plus fines qui pénètrent alors à l'intérieur du puits.

Pompage intermittent

Comme le débit du pompage initial est élevé, le niveau d'eau dans le puits et dans la zone autour de celui-ci subit un rabattement considérable. Ensuite, on cesse le pompage et on remet rapidement l'eau dans le puits (on peut stocker l'eau dans des réservoirs à la surface du sol pendant le pompage initial). On répète ce processus plusieurs fois jusqu'à ce que l'eau pompée ne contienne plus de sable. L'avantage de cette méthode de pompage



Figure 5.8 Un puits bien conditionné dure plus longtemps.

EMPLACEMENT ET CONSTRUCTION DES PUIITS

intermittent est qu'on obtient de brusques changements de pression et de direction de l'écoulement dans la zone de formation autour de la crépine du puits. De ce fait, les particules fines se détachent et passent ensuite à travers la crépine pendant le pompage rapide. Une pompe airlift sans clapet de pied convient particulièrement bien à ce processus qui provoque une usure rapide du matériel de pompage.

La méthode du pompage intermittent est simple et bon marché. Elle permet d'avoir des résultats meilleurs que ceux obtenus par le pompage excessif seulement. Cependant, son efficacité est plus limitée dans les nappes aquifères à grande perméabilité.

La circulation d'eau

La méthode de la circulation d'eau est semblable à celle du pompage intermittent sauf qu'on commence par remplir le puits rapidement avec de l'eau stockée dans des réservoirs. Le remplissage rapide induit un fort écoulement d'eau à travers la crépine et le gravier filtre, puis vers la zone de formation. On pompe ensuite l'eau hors du puits afin d'inverser les pressions et les débits à l'intérieur de la zone de formation autour de la crépine. La répétition du cycle jusqu'à ce que l'eau demeure limpide achève le conditionnement du puits. La méthode est simple et généralement efficace bien qu'elle nécessite une pompe airlift ou une pompe à boue rudimentaire.

Pistonnage

Avec cette méthode, on utilise un plongeur qui provoque les écoulements en sens inverse et les changements de pression nécessaires dans la zone de formation. Le plongeur est suspendu dans le puits, de trois à cinq mètres au-dessous du niveau de la nappe aquifère. On monte et on descend le plongeur à l'aide d'une "ligne de pistonnage". Le pistonnage commence doucement et la vitesse augmente progressivement jusqu'à ce que la vitesse maximale soit atteinte, suivant la tension de la ligne. Si l'on a utilisé une tour de forage par battage pour forer le puits, la poutre de battage de la tour est idéale pour provoquer le pistonnage.

Après une période initiale de pistonnage, de 5 à 10 minutes et parfois davantage, on retire le plongeur et on enlève par curage les dépôts de sable au fond du puits. On répète ce cycle jusqu'à ce que la cuiller de curage ne contienne plus de sable.

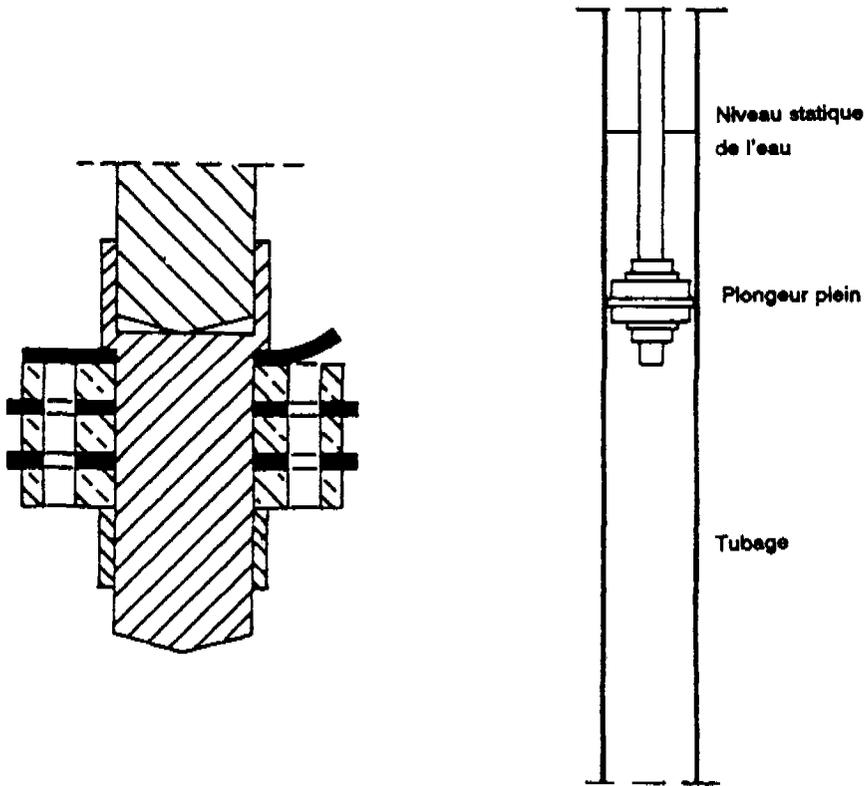


Figure 5.9 Conditionnement d'un puits à l'aide d'un plongeur de pistonnage.

Les plongeurs de pistonnage peuvent être pleins ou munis d'une soupape. Un plongeur plein comprend plusieurs disques d'acier ou de bois entre lesquels s'intercalent des disques de caoutchouc qui empêchent l'eau de pénétrer à l'intérieur du tubage ou de la colonne montante. En ce qui concerne le plongeur muni d'une soupape, une soupape à clapet, qui recouvre les trous percés dans les disques, a été incorporée. Les plongeurs pleins provoquent les mêmes déplacements d'eau dans leurs courses ascendante et descendante, tandis que les plongeurs à soupape créent un déplacement d'eau plus conséquent dans la course ascendante et un mouvement moins brusque dans la course descendante.

6. *Installation de la pompe à main*

En construisant et en réalisant un puits conformément aux prescriptions données au chapitre 5, on maximise le rendement futur de la pompe. La performance ou la durée de vie de toute pompe à main seront réduites si le puits n'est pas aligné correctement ou si l'on ne veille pas à empêcher l'infiltration du sable.

Il faut procéder à une installation soigneuse et précise de la pompe à main dans le puits de manière à assurer une durée de vie maximum à la pompe et à prévenir de fréquentes mises hors service pour entretien ou réparation. Bien souvent, les défaillances et anomalies de fonctionnement que l'on attribue à des vices de conception de la pompe sont en fait dues à une installation inadéquate. Parmi les problèmes les plus courants, citons l'endommagement des éléments de pompe à cause de l'utilisation de techniques d'installation ou d'un outillage inappropriés, la chute d'éléments dans le puits à cause d'assemblages mal fixés ou de raccords mal assujettis, le pompage d'air ou un débit très insuffisant causés par le rabattement (calage du cylindre à un niveau mal choisi) et l'obstruction du puits par le sable infiltré ou l'accumulation de limon due à des clapets de pied situés trop près du fond du puits. Dû à un serrage excessif ou insuffisant des écrous et boulons, les responsables de l'entretien peuvent, dans le premier cas, éprouver des difficultés lorsqu'ils essaient de les retirer et, dans le second cas, ces éléments risquent de tomber prématurément.

Une conception et une construction minutieuses de la tête du puits et du radier sont les meilleures garanties de la protection sanitaire du puits. Un prolongement du tubage de 150 mm au moins au-dessus du niveau prévu pour le radier préviendra les infiltrations d'eau polluée dans le puits.

L'emplacement des plaques-supports protégeant les puits creusés doit être prévu, pour les mêmes raisons, au-dessus du niveau de l'aire de propreté. De par sa conception, le radier doit permettre un écoulement des eaux usées à l'écart du puits. Les auges destinées à abreuver le bétail et les aménagements pour la lessive doivent être situés en des points suffisamment éloignés du puits (soit à au moins 15 m).

6.1 Types et degrés de complexité des pompes à main

Les divers principes de fonctionnement des pompes à main ont été décrits au chapitre 2. Ces principes ont été mis en application de façon variable par les fabricants, en vue de produire des modèles de pompe destinés à des usages



Figure 6.1 Quelques étapes de l'installation d'une pompe à main diversifiés.

diversifiés. Ainsi, chaque modèle de pompe a des caractéristiques particulières en termes d'installation et d'entretien, et l'on doit veiller, lorsque c'est possible, à obtenir du fabricant les notices d'utilisation et manuels d'instructions complets et à disposer des outils et du matériel qui conviennent à la mise en place de la pompe. Les fabricants devraient tenir du fait que l'installation, et surtout l'entretien, des pompes seront souvent effectués par des ouvriers quasiment analphabètes; à ce titre, les instructions devraient être le plus simple possible et comporter beaucoup d'illustrations.

Certaines pompes sont très faciles à installer; pour d'autres, au contraire, il faut disposer d'un matériel de levage lourd ou d'un outillage spécial et posséder certaines qualifications pour pouvoir assembler des éléments complexes. En général, on peut prétendre que les pompes pour puits profonds sont plus lourdes et d'une fabrication plus complexe, mais cette règle compte des exceptions: le seul poids de la tête de pompe de certains modèles du type aspirant offerts sur le marché peut justifier l'utilisation d'un matériel de levage.

Pompes aspirantes

La structure souterraine des pompes aspirantes, conçues pour des hauteurs d'élévation de 7 m au plus, est très simple et consiste en un tuyau d'aspiration et, parfois, un clapet de pied. Comme toutes les pièces mobiles de la pompe, à l'exception des éléments du clapet de pied, se trouvent hors sol, il n'est pas nécessaire de prévoir la descente dans le puits de tiges de pompe ou de cylindres lourds. Par conséquent, lors de l'installation d'une telle pompe, il conviendrait principalement de constituer, au niveau de la tête du puits, un joint sanitaire étanche. Certaines pompes sont boulonnées directement à une bride à l'extrémité du tuyau d'aspiration, qui se prolonge au-dessus du radier; d'autres sont fixées à une embase bétonnée dans le radier ou à une plinthe qui les élève au-delà du niveau de l'aire de propreté.

Une seconde mesure de protection consiste à placer le clapet de pied bien au-dessus du fond du puits, de façon à permettre au sable de s'accumuler dans le puits sans que cela gêne le bon fonctionnement du clapet.

Pompes à action directe

Les pompes à action directe sont de plus en plus demandées pour des élévations de 15 m ou moins, en raison notamment de la simplicité relative de leur mise en place et, par voie de conséquence, de leur exploitation et de leur entretien. Les éléments constitutifs de la plupart des pompes à action directe sont légers; les tiges de pompe sont normalement du type semi-flottant. Il faut veiller tout particulièrement à l'étanchéité de tous les joints de la tige de pompe pour en préserver la flottabilité, faute de quoi

l'utilisation de l'appareil peut devenir très pénible. L'alignement du tuyau de refoulement avec les tiges de pompe est très important, car l'espace annulaire est habituellement restreint, et l'abrasion risque, d'une part, d'endommager le tuyau de refoulement et, d'autre part, de gêner le fonctionnement de la pompe. Il est également capital de déterminer avec précision le calage du cylindre afin de tenir compte de tout rabattement éventuel et de prévenir l'accumulation de limon.

Pompes alternatives pour puits profonds

Les pompes pour puits profonds sont d'une plus grande complexité, et leur installation requiert des soins particuliers. Les cylindres des pompes à main classiques, faits de laiton, de fonte et de bronze, ont en soi une masse importante et sont encore plus difficiles à soulever lorsque raccordés à une tige en acier galvanisé de 12 mm et un tuyau de refoulement, également en acier galvanisé et d'un diamètre intérieur de 32 mm, totalisant 30 m de longueur. Les techniques permettant d'abaisser progressivement de tels assemblages dans un puits font généralement appel aux compétences d'au moins deux ouvriers qualifiés, assistés d'aides, et requièrent, tout particulièrement dans le cas des installations très profondes, l'utilisation d'un palan disposé sur un chevalet d'une grande solidité. Le bon fonctionnement

Simplicité de l'entretien

Coffre à outils de Jojo

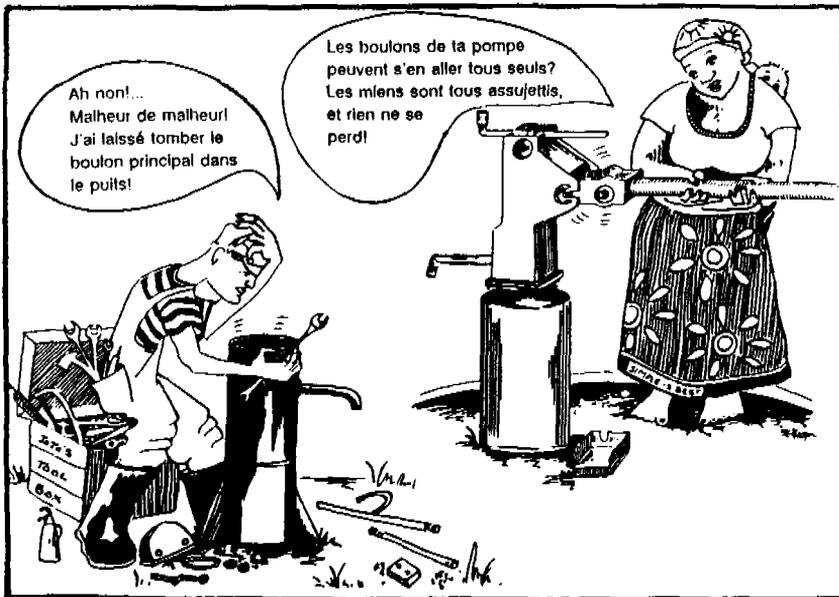


Figure 6.2 Exemple illustrant sous forme de caricature amusante les différents degrés de complexité des installations de pompe à main (tiré d'une brochure montrant les avantages de la pompe Afridev).

du piston plongeur dans le cylindre est étroitement lié à la longueur de l'ensemble tiges de pompe-tuyau de refoulement; à cette fin, il peut être nécessaire de couper et les tiges et le tuyau et d'en refaire le filetage sur place en vue d'obtenir la longueur voulue. Lorsque des tuyaux en acier galvanisé sont utilisés, il est préférable de se les procurer à des longueurs pratiques (3 m par ex.), ce qui facilite la manutention sur le chantier.

Simplicité de l'entretien

En mesurant avec précision la profondeur du puits ainsi que le calage du cylindre, on veille à ce que celui-ci se trouve à une profondeur suffisante pour admettre les rabattements éventuels du niveau de l'eau dans le puits tout en étant assez éloigné du fond pour prévenir l'accumulation de limon.

Certains modèles de pompe modernes, dessinés suivant les principes de l'EENV, utilisent des tuyaux de refoulement d'un diamètre plus gros, qui permettent le retrait du piston plongeur et du clapet de pied, pour remplacement du joint ou autre mesure d'entretien, sans qu'il soit nécessaire de déposer le tuyau de refoulement. Cette amélioration de l'entretien a pour pendant le poids plus élevé du tuyau de refoulement. L'utilisation de tuyaux de refoulement en matière plastique, solution partielle au problème du poids, va croissant, mais elle requiert des compétences supplémentaires pour les opérations de jointure ainsi que des dispositions spéciales de stockage sur le chantier afin d'éviter que ces matériaux sensibles ne soient attaqués par les rayons ultraviolets et de prévenir toutes distorsions des extrémités avant l'installation. En compensation de cet inconvénient de plus dans la mise en place et le support du tuyau de refoulement, l'installation des cylindres du type EENV est très simple et peut l'être davantage, comme dans le cas des modèles incorporant aux tiges de pompe des connecteurs rapides au lieu des raccords filetés classiques. Comme nous l'avons déjà mentionné, des villageois ont pu déposer, remplacer et réinstaller en moins d'une demi-heure des pistons plongeurs et clapets de pied dans des installations de pompe Afridev de 40 m environ, sans aucun palan et à l'aide d'un seul outil simple.

Les compétences et les outillages requis pour l'installation et, surtout, l'entretien devraient figurer parmi les critères les plus importants de la sélection de pompes à main devant être placées sur des puits profonds.

Pompes rotatives

Dans le cas des pompes rotatives, le cylindre est remplacé par un rotor/stator qui se trouve également près du fond du puits. Ici aussi, l'ensemble tuyau de refoulement en fer galvanisé et tiges de pompe ainsi que l'élément de pompe doivent être placés avec précision dans le puits. En l'occurrence, il faut ensuite les raccorder à une boîte de vitesses étanche, incorporée à la lourde



Figure 6.3 Il est essentiel de concevoir adéquatement le radier pour prévenir les situations insatisfaisantes du point de vue sanitaire.

tête de pompe. Leur installation demande donc logiquement des compétences considérables, et l'on doit prévoir l'utilisation d'engins de levage.

Pompes à diaphragme

Le fonctionnement hydraulique des pompes à diaphragme présente l'avantage indéniable d'une installation rapide et simple, même dans les puits les plus profonds. Le circuit hydraulique et le tuyau de refoulement peuvent être consister en un tuyau flexible léger, ce qui fait que l'on peut facilement descendre manuellement l'élément de pompe dans le puits. L'assemblage du cylindre primaire au niveau du sol est relativement simple, et la pompe peut être munie soit d'une tête de pompe à levier, pour fonctionnement manuel, soit d'une pédale, pour fonctionnement au pied. Dans un cas comme dans l'autre, l'assemblage peut être exécuté par des réparateurs régionaux qualifiés, sans matériel spécialisé. Comme dans toute installation de pompe, il est essentiel de constituer, au niveau de la tête de pompe, un joint étanche, garantie de la protection sanitaire. Cette exigence vaut tout particulièrement dans le cas présent, étant donné que les modèles actuels comportent une plate-forme directement par-dessus le radier, ce qui signifie que le tubage ne peut être prolongé au delà du niveau du radier.

6.2 Construction du radier

Le radier est une dalle faite d'un matériau imperméable, habituellement du béton, et qui entoure la pompe. Il a pour objet de procurer aux utilisateurs une bonne prise de pied et de permettre l'évacuation des eaux résiduelles à l'écart de la pompe pour éviter qu'elles ne s'infiltrent dans le puits et ne le contaminent. Le radier sert également à la lessive, à laver les ustensiles ou à l'hygiène personnelle. Dans de nombreux modèles, l'ancrage de la tête de pompe est encastré dans une base de béton, ou boulonné à cette base, elle-même incorporée au radier.

La conception du radier peut influencer considérablement sur l'utilisation continue d'une nouvelle pompe. Pendant les premières semaines qui suivent l'installation de la pompe, en raison de l'enthousiasme que le nouveau mode d'approvisionnement en eau génère chez les habitants desservis, la pompe devient tout naturellement le centre d'attention du village. Une conception judicieuse du radier, prévenant la formation de flaques stagnantes d'eau boueuse, encouragera les usagers à maintenir propres et ordonnés les environs de la pompe; cet aspect pourra rester un objectif important. Si l'on prévoit des aménagements adéquates pour la lessive et la toilette à l'emplacement de la pompe ou à proximité, l'installation peut également favoriser de meilleures habitudes d'hygiène et ainsi contribuer à l'amélioration de la santé de la collectivité. Il est courant dans certains pays de diriger les eaux résiduelles vers un petit potager où elles irriguent les plantations. De telles dispositions peuvent constituer une bonne manière de motiver le responsable de la pompe.

Ainsi, outre son utilité, le radier joue un important rôle d'agrément. Par ailleurs, la construction du radier fournit une bonne occasion aux villageois de participer aux travaux d'installation, alors qu'il arrive souvent que la le gros de la construction du puits et de l'installation de la pompe a été exécuté par des personnes "extérieures" au village.

L'état des radiers de pompe existants donne souvent une bonne indication de l'aptitude de la collectivité à entretenir des installations d'approvisionnement en eau. Chez les collectivités les plus compétentes, les radiers seront propres, et les fissures auront été réparées avec du mortier préparé avec des matériaux locaux.

Détails de conception

Le radier doit être fait de matériaux de construction résistants et établi sur des fondations solides, car la charge à laquelle il est soumis peut être considérable lorsque les alentours de la pompe sont très fréquentés. Comme les boulons d'ancrage maintenant la pompe au radier sont exposés à des charges élevées et

variables, ils doivent être assujettis fermement et avec précision. La configuration même du radier demeure à la discrétion de la collectivité. Certaines régions préfèrent les tracés de forme circulaire, auquel cas un rayon minimal de 1 m est recommandé; pour une forme carrée ou rectangulaire, la superficie minimale devrait être de 4 m². Lorsque aucune plate-forme séparée n'est aménagée, les dimensions du radier doivent permettre une utilisation de la pompe par trois ou quatre personnes simultanément, que ce soit pour remplir un récipient, faire la lessive, laver les enfants, etc.

Dans le cas des puits creusés à la main, une dalle de béton précoulé couvrant le revêtement intérieur du puits fera une partie intégrante du radier de la pompe. Cette dalle a pour but de rendre le puits étanche à la pollution extérieure et devra comporter un regard assez grand pour permettre le passage d'un homme lorsque le puits devra être nettoyé ou approfondi. Il est fréquent qu'une dalle en béton armé de 150 mm d'épaisseur soit moulée dans une forme excavée. Il faut prévoir un renforcement spécial sur le pourtour du trou d'homme, qui doit être également muni d'un rebord en béton pour arrêter les eaux résiduelles. On trouve dans la publication *Hand Dug Wells and Their Construction* (Watt & Wood, 1976) les détails de la construction d'une dalle de ce type.

Au niveau de la conception du radier, il convient de tenir compte des réparations futures de la pompe ou du puits. Dans certaines installations, le radier est endommagé à chaque fois qu'il est nécessaire de soulever la pompe dans le but de la réparer.

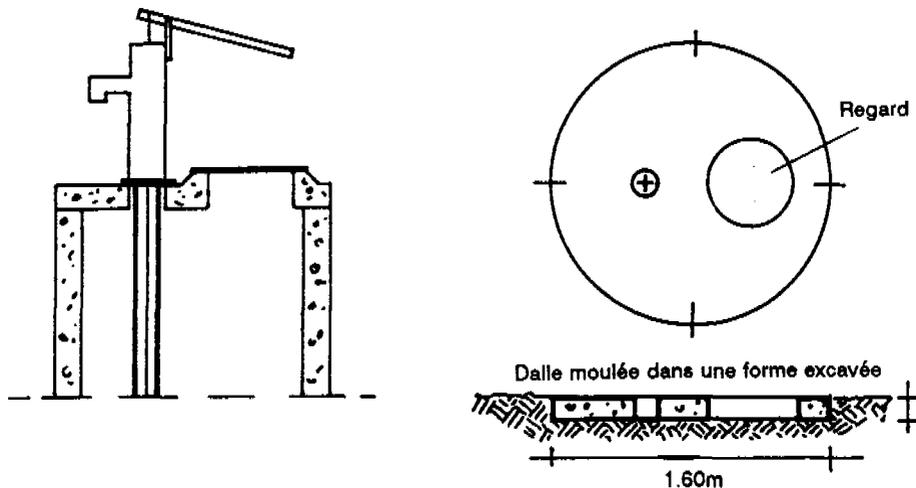


Figure 6.4 Modèle de radier pour puits creusé à la main.

Il faut donner au radier une faible pente pour évacuer l'eau du point de décharge de la pompe; les eaux de drainage doivent ensuite être dirigées vers une rigole en béton ou en maçonnerie ou vers un tuyau, qui les acheminera jusque dans une tranchée, une fosse d'infiltration (ou un potager).

L'aménagement d'une bordure de périmètre permet de s'assurer que la majeure partie des eaux résiduelles suivra le parcours prévu. Le drainage sera facilité si le puits se trouve déjà sur une petite colline, ou si l'on donne au terrain (rendu bien compact) une faible déclivité à partir du radier. Pour prévenir l'érosion de la surface ou la formation de flaques boueuses où peuvent se reproduire les insectes porteurs de maladies, il faut prévoir l'utilisation de matériaux imperméables qui retiendront les eaux s'écoulant du radier jusqu'à un point de décharge adéquat.

Les utilisateurs aiment disposer d'un petit bloc pour y poser leur récipient pendant le remplissage. La forme d'un tel bloc sera déterminée par celle des récipients utilisés localement. En suivant les modèles standard de radier, il est plus facile de s'assurer que chacune des caractéristiques importantes de la conception ont été incluses; les usagers peuvent toutefois déterminer certains aspects tels que la position de la pompe à main et l'orientation du drainage.

Construction

L'ancrage de la pompe représente le point fixe du radier; la première opération consistera à le positionner avec précision. Parfois, la tête de pompe s'ajustera directement sur le tube ou, dans le cas de certaines pompes aspirantes, sur le tuyau de refoulement. Le plus souvent, un gabarit est fourni avec la pompe pour le boulonnage dans la base de béton; on peut également incorporer au béton un châssis en acier qui permettra un ancrage rigide. Il est probable que cette structure crée des problèmes à l'avenir, et l'installation doit être effectuée avec beaucoup de soin. On compte de nombreux exemples de pompes qui ne sont plus fixées au radier parce que les boulons se sont desserrés, ont été attaqués par la corrosion ou ont été enlevés du béton. Il faut posséder des aptitudes particulières et de l'expérience pour pouvoir assujettir et niveler les ancrages d'une pompe de telle sorte qu'ils ne puissent être perturbés par la construction de la dalle; c'est là que les équipes de construction des villages auront besoin de l'aide des techniciens de l'agence de l'hydraulique.

Une fois le montage de la pompe fermement assujetti - la pompe elle-même peut parfois être installée avant la construction de la plate-forme -, la mise en place de la dalle du radier peut commencer. Il faut d'abord débarrasser la surface de construction de toute végétation et terre végétale meuble, et étendre un remblai bien compact fait de brique concassée ou d'un mélange de gravier et de sable, jusqu'à un niveau admettant une couche de béton de 100 mm environ, y compris une pente de drainage depuis l'emplacement de la

pompe jusqu'au point de décharge. Des piquets plantés dans le sol pour délimiter le périmètre prévu pour la dalle permettront non seulement d'établir le niveau définitif du béton, mais aussi de tirer une ligne pour le coffrage du rebord. (Parfois, on construit tout d'abord la bordure de périmètre en briques ou en blocs de béton, pour marquer la configuration extérieure de la dalle et constituer un petit muret de rétention de l'eau.)

Un mélange ciment-sable-agrégat de 1:2:4 donne une solide plate-forme en béton. Par ailleurs, il est important de veiller au séchage adéquat du béton en le couvrant pendant quelques jours de sacs humidifiés en permanence ou de sable mouillé. On devrait encourager les usagers à surveiller de près les opérations de bétonnage pour s'assurer que le ciment est bel et bien incorporé au béton (et non détourné vers le marché noir!) et veiller à ce que le béton soit *maintenu humide pendant le durcissement*. On peut obtenir une pente douce en nivelant le béton au moyen d'une longue planche et en le finissant avec une règle de cimentier. Un crépi de mortier peut être ajouté, pourvu que le durcissement de celui-ci soit bien effectué.

Une mesure de prévention des plus utiles consiste à enlever le bras de la pompe, ou à immobiliser autrement celle-ci, pendant que le matériau du radier durcit. En effet, toute utilisation de la pompe pendant cette étape cruciale affaiblira les ancrages. Le responsable devrait en informer les usagers et ne monter le bras de la pompe que lorsque le durcissement sera tout à fait achevé.



Figure 6.5 Un écoulement adéquat est essentiel et il est nécessaire de prévoir une fosse d'infiltration pour éviter les problèmes d'ordre sanitaire.

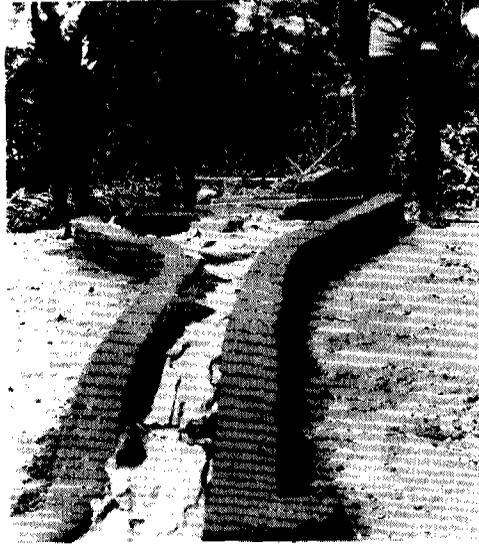


Figure 6.6 Il est plus efficace d'utiliser du sable ou des feuilles humides pour faire durcir le béton que ces sacs non mouillés. Il est essentiel de garder le béton humide pendant quelques jours pour qu'il durcisse convenablement.

Il convient de fabriquer une rigole, à partir du point de décharge du radier, dont l'inclinaison minimale sera de 1 pour 30, pour acheminer les eaux résiduelles à au moins 5 m du rebord de la dalle. Le béton est le matériau le mieux indiqué pour construire une rigole (après avoir enlevé toute terre végétale), mais on peut tout aussi bien creuser une tranchée à la surface du sol, pourvu que celui-ci soit suffisamment ferme et imperméable sous la terre végétale. Lorsque les eaux résiduelles ne servent pas à irriguer un potager ou à abreuver le bétail, il est préférable de les diriger jusqu'à une fosse d'infiltration adéquate pour ne pas former des flaques non hygiéniques. On peut créer une fosse d'infiltration en creusant un trou d'environ 800 mm de diamètre sur 1 m de profondeur, puis en le remplissant de pierres, de brique concassée et de gravier, ce qui permet de contrôler le degré d'absorption de l'eau qui s'infiltré dans le sous-sol. Lorsque le drainage naturel est insuffisant, on peut planter des arbrisseaux et des arbres qui absorberont bien l'humidité. Cette dernière solution peut s'avérer bien souvent préférable à celle de la fosse d'infiltration, qui a parfois tendance à s'obstruer rapidement, surtout dans les terres argileuses.

L'aire autour du radier doit être bien dégagée et inclinée de façon à permettre un bon drainage. Il faut remplir les dépressions que l'on repère en versant de l'eau à la surface. La voie d'accès au puits ne doit pas être en amont, étant donné qu'à la saison des pluies, elle se transformera en canal amenant jusqu'à la tête de pompe les eaux d'écoulement sales et érosives. Enfin, une clôture entourant l'aire du puits, fabriquée à partir de matériaux locaux, tiendra à distance les animaux et délimitera la zone de propreté.

Il est essentiel de bien entretenir le radier pour empêcher le développement de conditions insalubres et pour préserver le puits de toute contamination. Comme dans le cas de la pompe à main, il faut établir clairement qui seront les responsables de l'entretien du radier, et ce, avant la mise en oeuvre du programme.

6.3 Dossiers des installations

Ainsi qu'il a été souligné au chapitre 3, l'information en matière d'hydrogéologie est essentielle dans la planification d'un programme d'approvisionnement en eau collectif. A ce titre, les dossiers des installations existantes constituent une source de données précieuse et économique. Par ailleurs, les renseignements au sujet des puits et des pompes peuvent être cruciaux pour l'entretien et les réparations futurs des installations. Il est donc important de noter toutes les données pertinentes dans le cahier de suivi de la pompe, cahier ensuite confié au responsable de l'entretien de la pompe et à l'agence de l'hydraulique.

Outre les données géologiques obtenues lors des études préliminaires et de l'étape de la construction du puits, les dossiers d'installation de chaque pompe à main doivent comprendre, au minimum, les éléments suivants:

- Le nom du village et les données géographiques;
- Le diamètre du tubage et la profondeur du puits;
- La date (mois et année) de la construction du puits;
- Le niveau de l'eau, mesuré avant la mise en place de la pompe;
- Le rendement estimé;
- La marque et le modèle de la pompe;
- Le diamètre du cylindre et la profondeur du calage;
- Les données se rapportant à la qualité de l'eau (teneur en fer, en chlorures, etc., si ces éléments constituent un problème);
- La date de l'installation de la pompe;
- Le nom du responsable de l'entretien.

La plupart des agences de l'hydraulique proposent des formulaires standard pour faciliter l'enregistrement de ces données.

7. *Entretien de la pompe*

Naguère, la fréquence désastreuse des pannes de pompes à main dans de si nombreux pays était due principalement à un programme d'entretien inadéquat. Les organismes centraux ne peuvent, pour des raisons économiques et pratiques, assurer l'entretien de milliers de pompes largement disséminées dans des zones rurales, à l'échelle d'un pays ou d'une région. Or, c'est justement ce système qui a été le plus fréquemment retenu, ces quelque vingt dernières années, dans les programmes d'utilisation de pompes à main.

La conception moderne de l'entretien, où la collectivité joue un rôle de premier plan dans le maintien en bon état de la pompe, exige une planification et une organisation détaillées et impose également aux organismes chargés de l'exécution des responsabilités majeures mais cependant acceptables. Dans le présent chapitre, nous examinerons certains points faibles des stratégies d'entretien antérieures, nous analyserons les différentes solutions possibles d'après les spécifications véritables de pompes à main bien choisies et installées correctement et, enfin, nous traiterons des moyens d'organisation et de financement des stratégies retenues.

Nous ne détenons pas la clé de chaque problème qui se présente; les structures de gestion des systèmes d'approvisionnement en eau ne sont pas encore pleinement développées, bien que nombre de principes définis se dégagent des programmes qui ont été couronnés de succès.

Énumérons tout d'abord les principales causes d'échec des stratégies antérieures:

- L'entretien est souvent considéré comme un système permettant de réparer les pompes lorsqu'elles tombent en panne, alors qu'il s'agit de prévenir ces pannes;
- Il devient vite infaisable, d'un point de vue économique, de dépêcher des équipes d'entretien mobiles depuis leur dépôt central jusqu'à des pompes éloignées pour une opération d'entretien régulier telle que le remplacement d'un joint;
- Lorsqu'un village n'éprouve pas le besoin de s'équiper d'une pompe à main neuve, ses habitants peuvent ne pas apporter leur soutien à l'installation et ne manifester aucun intérêt dans son entretien, même lorsque le gouvernement en assume la part principale de responsabilité;

- L'organisation même des programmes d'entretien favorise rarement la participation des femmes alors qu'elles sont les principales utilisatrices des pompes et, par conséquent, les personnes les plus directement intéressées par leur bon fonctionnement;
- Il arrive qu'un nouveau système d'approvisionnement en eau avec une pompe à main soit rejeté et non entretenu lorsque l'eau qui en émane a un aspect ou un goût différents de ceux de l'eau des sources traditionnelles, ou lorsque le choix de son emplacement n'a pas été soumis à l'approbation de la collectivité;
- Plus la qualité de fabrication d'une pompe est médiocre, plus elle est susceptible de tomber en panne. Ce défaut peut résulter de changements de conception visant à réduire les coûts, conséquence de politiques d'acquisition favorisant de faibles dépenses d'investissement tout en refusant de prévoir les dépenses renouvelables liées à l'entretien;
- Le choix inapproprié de matériaux pour les pièces de la pompe, tels que le fer ou l'acier pour les paliers et coussinets, pourra générer des fonctions d'entretien, telles que la lubrification régulière, qui ne sont guère pratiques à exécuter. De même, l'incapacité à reconnaître la nature corrosive de nombreuses eaux souterraines conduit à utiliser des matériels tels que des tiges de pompe et des tuyaux de refoulement en acier galvanisé qui se détériorent rapidement dans de tels milieux;
- Les modèles de pompe qui requièrent des mesures d'entretien complexes ou des outils spéciaux qu'on ne peut trouver sur place se dégradent bien vite;
- De nombreuses pannes enregistrées au cours des premiers mois de mise en service sont dues à une installation médiocre;
- Très souvent, les pompes à main ne sont pas normalisées et, de ce fait, trop de modèles différents sont utilisés. En raison des diverses exigences d'entretien, il est impossible de stocker suffisamment de pièces détachées ou de former un nombre suffisant de mécaniciens qualifiés;
- Les cahiers de suivi du rendement et de l'entretien des pompes sont souvent incomplets, de sorte qu'il est impossible de prévoir les pannes ni de les prévenir par des réparations régulières ou des mesures d'entretien préventif;
- Le suivi du fonctionnement et de l'utilisation des pompes est insuffisant et les résultats ne servent pas à procéder à des changements organisationnels.

Les organismes internationaux et les agences d'aide bilatérale fournissent des fonds pour de nouvelles installations de pompe à main. Toutefois, ils n'ont pas toujours été disposés à financer les éléments d'ordre logiciel qui permettent à la gestion de l'entretien par la collectivité de réussir, ni à poursuivre leur intervention pendant les premières années de mise en service des installations. Ces responsabilités, estime-t-on, incombent aux autorités nationales et locales concernées dans les pays en développement ainsi qu'aux collectivités bénéficiaires.

Les gouvernements nationaux sont confrontés à un besoin réel d'étendre aux collectivités qui ne sont pas encore servies l'installation de systèmes d'approvisionnement en eau avec pompe à main; mais il leur est de plus en plus difficile de consacrer des fonds toujours plus importants à l'entretien des pompes existantes. Du point de vue des gouvernements, il est souvent plus avantageux, politiquement parlant, de mettre en oeuvre des programmes prévoyant de nouvelles installations que d'assurer l'entretien des installations existantes.

Ce cercle vicieux d'un entretien mal effectué se traduit tôt ou tard par une pénurie de réparateurs qualifiés et de pièces détachées ainsi que par la cessation de la rémunération des responsables de l'entretien des pompes ou l'absence de soutien accordé à ces derniers. Invariablement, l'entretien des pompes continue à se dégrader jusqu'à ce que les pannes ne puissent plus être prises en charge. En conséquence, les utilisateurs préfèrent s'en remettre aux sources traditionnelles, en dépit des risques pour la santé, plutôt que de se déplacer pour rien jusqu'à une pompe hors service.

Nous avons vu, au chapitre 3, les différents moyens de planifier les programmes de telle sorte que la technologie retenue puisse être entretenue avec les ressources dont dispose la collectivité. Première condition préalable: l'entretien doit être effectué rapidement et économiquement, et ce, d'une façon permanente. Ce principe sous-entend en outre une participation maximale de la collectivité, ce qui a été mis en relief et illustré au chapitre 4 par quelques exemples d'organisation de l'entretien qui ont réussi.

7.1 Les différents échelons de l'entretien

Etant donné l'accent mis sur la gestion de l'entretien par la collectivité et le principe selon lequel la fiabilité d'une pompe sera déterminée aussi bien par la facilité de réparation que par la fréquence des pannes, certains en sont arrivés à la conclusion selon laquelle les pompes à main devraient être conçues de façon à pouvoir être fabriquées par des ouvriers du village, à partir de matériaux locaux et au moyen d'outils de base. Ainsi, l'entretien pourrait être effectué au niveau de la collectivité, et toute panne serait réparée



Figure 7.1 L'entretien de la pompe à main SL5 de Sarvodaya, fabriquée entièrement dans des ateliers de villages au Sri Lanka, ne requiert aucune intervention externe.

sur-le-champ. On a observé en effet que de nombreuses pompes simples de conception traditionnelle ont été effectivement fabriquées et entretenues par des artisans locaux. Toutefois, de telles installations sont surtout utilisées pour de faibles élévations dans le cadre de l'irrigation et se sont avérées globalement inadéquates pour l'approvisionnement intensif en eau domestique à l'échelle d'une collectivité. Il ne faudrait cependant pas sous-estimer le potentiel des villages à fabriquer localement les pompes et à les entretenir, lorsqu'il existe une structure appropriée. L'exemple de la pompe SL5 de Sarvodaya, fabriquée sur place et entretenue par un réseau d'ateliers régionaux et locaux au Sri Lanka, a été décrit au chapitre 2.

Ce type de programme d'entretien est aux antipodes de l'entretien centralisé, où la collectivité ne joue aucun rôle si ce n'est celui de signaler les pannes. Cependant, lorsque l'entière responsabilité de l'entretien de l'installation est confiée à la collectivité, il est important que les gouvernements centraux et les administrations locales apportent leur soutien et veille au suivi de l'entretien, de manière à s'assurer que les installations sont conformes aux normes et que les conditions d'hygiène sont respectées.

En outre, il serait présomptueux de supposer que la collectivité peut faire face aux problèmes toute seule, quand bien même la pompe à main aurait été judicieusement choisie et de nombreux responsables de pompes et mécaniciens qualifiés seraient déjà présents sur place. Des problèmes, tels que l'obstruction des puits et l'infiltration de sable dans les installations, dépassent les

compétences des responsables locaux. Il est essentiel de prévoir un service d'entretien de soutien, doté des ressources et du matériel nécessaires, qui sera également en mesure de fournir rapidement et sans défaillance les pièces détachées requises. Un tel service peut être assuré entièrement par le gouvernement, ou par un organisme privé ou une ONG nationale, comme c'est le cas dans l'exemple au Sri Lanka susmentionné.

La conception et la construction de pompes résistantes qui ne demandent que peu ou pas d'entretien constitue une autre solution. Celle-ci était très répandue il y a de cela quelques décennies, plus particulièrement sous les régimes coloniaux. On installait des pompes de construction robuste dont les coussinets et autres pièces mobiles étaient scellés de manière à assurer une durée de vie maximale. Certaines de ces pompes sont encore en service, mais la plupart ont fini par tomber en panne et se sont avérées impossibles à réparer. De nos jours, il est rare que de telles pompes soient installées, en partie à cause de leur coût prohibitif, mais surtout parce qu'elles ne conviennent pas si l'on envisage de faire participer la collectivité à l'entretien.

L'utilisation de pompes, dont les pièces non sujettes à l'usure ont une longue durée de vie et les pièces d'usure peuvent être remplacées facilement et économiquement, est désormais la solution de prédilection. Ainsi, il est possible de laisser les opérations d'entretien et les réparations ordinaires au village; alors, la nécessité de faire appel au service de soutien plus onéreux pour les réparations majeures ne se fait sentir que rarement.

7.2 Systèmes d'entretien

On classe souvent les systèmes d'entretien des pompes à main suivant le nombre d'échelons de leur structure organisationnelle. Dans les systèmes à un seul échelon, une seule entité prend en charge tous les aspects de l'entretien; il peut s'agir d'un organisme central, d'une agence privée ou de la collectivité elle-même. Quant aux travaux d'entretien des systèmes à deux échelons, ils sont partagés par la collectivité bénéficiaire et un autre organisme (habituellement, le service d'approvisionnement en eau). Enfin, dans les systèmes à trois échelons, les autorités locales ou les mécaniciens régionaux assument certaines fonctions d'entretien.

Jusqu'à récemment, la centralisation des opérations était la seule solution vraiment pratique car l'entretien des modèles de pompe à main lourds et complexes qui étaient généralement en service demandait des qualifications spéciales et requéraient des outils, des pièces détachées et des appareils de levage auxquels les villages n'avaient pas accès. Cette situation a toutefois beaucoup évolué; le choix des pompes demande maintenant une analyse soigneuse des avantages et des inconvénients des diverses solutions qui s'offrent

levage auxquels les villages n'avaient pas accès. Cette situation a toutefois beaucoup évolué; le choix des pompes demande maintenant une analyse soigneuse des avantages et des inconvénients des diverses solutions qui s'offrent pour l'entretien, en gardant surtout à l'esprit que le projet mis en oeuvre aura plus de chances d'être viable et reproductible si l'on accroît le rôle que la collectivité bénéficiaire pourra tenir efficacement.

Entretien centralisé

Lorsque la responsabilité de l'entretien incombe à l'administration centrale ou locale ou au service d'approvisionnement en eau, c'est l'institution responsable qui doit fournir la main-d'oeuvre, le matériel et les moyens de transport, établir des ateliers ainsi que des magasins et assurer l'acquisition et la distribution des pièces détachées. Des équipes mobiles régionales doivent se rendre aux emplacements des pompes pour procéder à leur entretien ou, presque invariablement, à leur réparation, lorsque les collectivités bénéficiaires signalent une panne ou un mauvais fonctionnement.

Le partage des responsabilités est ainsi bien défini, mais cet avantage apparent ne pèse pas lourd face aux inconvénients. Le manque d'engagement de la part de la collectivité en est un; la nécessité d'attendre pendant longtemps avant que les installations soit réparées poussent les villageois, las de ces attentes prolongées et incapables de prendre eux-mêmes des mesures correctives, à



Figure 7.2 Les services d'équipes d'entretien mobiles coûtent cher et il devient impossible de faire appel à elles pour l'entretien régulier.

cesser de signaler les pannes. Bien que l'entretien centralisé puisse sembler efficace au cours des premières phases d'un programme d'installation de pompes à main, l'expérience indique qu'il s'agit d'une solution invariablement onéreuse et qui s'avère bientôt incapable de suivre la progression des besoins, à mesure qu'augmente le nombre de pompes et que se multiplient les pannes.

Du fait que de nombreuses pompes se trouvent disséminées dans des régions étendues, les frais de transport deviennent prohibitifs, se chiffrant souvent à plus de la moitié des coûts totaux de toute façon inabordables à long terme.

Entretien au niveau du village

Confier à un responsable de pompe basé dans le village toutes les opérations d'entretien, voilà qui serait une solution des plus séduisantes. Or, il est ni raisonnable ni réaliste de présumer que les villageois peuvent entretenir leurs installations sans aucune forme d'appui extérieur ou d'assistance technique. Il est essentiel de prévoir un système d'entretien de soutien: il est nécessaire de former les responsables des pompes et les comités pour l'eau et de contrôler leurs résultats à intervalles réguliers; les réparations majeures effectuées sur la pompe ou au niveau du puits demandent des qualifications supérieures et des équipements spécialisés; en outre, l'approvisionnement en pièces détachées ne peut être assuré qu'avec l'aide de l'administration centrale ou locale, ou du secteur privé.

Entretien au niveau de la collectivité

On a adopté l'expression "entretien au niveau de la collectivité" pour désigner l'approche selon laquelle la collectivité bénéficiaire est chargée d'effectuer le plus d'opérations d'entretien possible. Quel que soit le type de pompe utilisé, certaines tâches dépasseront toujours les qualifications et les moyens techniques du responsable de la pompe du village, qui, en outre, requerra l'assistance technique, des pièces détachées et l'aide d'un service de soutien extérieurs au village. L'essence de cette approche réside dans le fait que *l'initiative* de l'organisation de cette assistance lorsque le besoin s'en fait sentir doit émaner de la collectivité même, et que le *paiement* des services rendus ou des matériaux fournis, quels qu'ils soient, doit être organisé par celle-ci.

Le choix même de la pompe doit être compatible avec un entretien par la collectivité (pompe EENV), et les responsables des pompes doivent être formés au cours de la mise en place de la pompe et être munis de tous les outils nécessaires ainsi que d'un stock initial de pièces détachées. Il faut également qu'une structure existe au niveau du village afin de surveiller les responsables des pompes ainsi que les réparateurs et d'organiser la récupération des coûts liés à l'entretien et aux réparations.

Les travaux de recherche et de développement en cours promettent de déboucher sur la commercialisation de pompes plus légères et d'un entretien plus facile, capables de résister à des utilisations de plus en plus intensives. Les réparations majeures demanderont généralement les services d'un mécanicien qualifié au minimum. Toutefois, l'expérience a montré que des réparateurs locaux bien formés et motivés peuvent s'occuper rentablement d'une vingtaine de collectivités avoisinantes et tirer un revenu substantiel de ces activités tout en offrant un service rapide et fiable. A condition que de tels arrangements soient convenus par la collectivité concernée sur la base de ses ressources propres, il est possible d'intégrer à un système d'entretien au niveau de la collectivité une telle forme de dépendance vis-à-vis d'un réparateur régional/de bloc, rattaché à une autorité locale ou à un organisme du secteur privé (il en va de même avec les équipes d'entretien centralisées qui doivent intervenir en cas de pannes catastrophiques).

Dans sa forme idéale, le système d'entretien au niveau de la collectivité permet, en premier lieu, de faire appel aux personnes qualifiées et aux ressources du village afin d'effectuer l'entretien régulier des installations, en deuxième lieu, de requérir les services de mécaniciens régionaux pour toute réparation qui dépasse les aptitudes du responsable de la pompe, et enfin, de recourir à des équipes d'entretien régionales lorsque tous les efforts précédents ont échoué. Comme il a été précisé au chapitre 4, pour réussir un programme d'entretien au niveau de la collectivité, il est nécessaire de procéder à la planification et de prendre les décisions en collaboration avec la collectivité, et ce, dès les tous premiers stades des projets; cela suppose que les promoteurs des programmes communautaires d'alimentation en eau s'engagent, dès le départ, à établir une infrastructure collective capable d'assumer les responsabilités requises.

7.3 Besoins en matière d'entretien

Il est nécessaire de bien identifier les types d'opérations d'entretien que demandent les diverses installations en cause pour planifier un système d'entretien qui conviendra le mieux à un projet ou à un programme particulier. Certains éléments d'une pompe auront une durée de vie de plusieurs années sans demander d'entretien; d'autres devront être réparés ou remplacés périodiquement à cause de l'usure ou d'une plus grande vulnérabilité aux avaries. Par ailleurs, il existe une différence de taille entre le remplacement du joint d'une pompe aspirante, effectué à la surface, et celui d'une pompe à forte élévation dont le cylindre se trouve à quelque 40 m sous terre.

Au fur et à mesure de l'avancement du programme, l'agence chargée de l'hydraulique devrait tenter de recueillir des données quant au nombre et à la

nature des réparations effectuées sur chaque type de pompe à main et constituer un dossier des besoins en entretien. Aux stades initiaux d'un programme, il faut utiliser les autres données disponibles, comme celles fournies par le Projet PNUD/Banque mondiale d'installation de pompes à main.

Dans l'ouvrage *Approvisionnement en eau des collectivités: l'option "pompes manuelles"*, les besoins en réparation et en entretien de chaque pompe à main soumise à des essais sur le terrain ont été consignés et illustrés. Les renseignements sont ventilés suivant la fréquence des interventions essentielles requises pour chacun des éléments de la pompe (bras, pivot, support de tige, tige de pompe, tuyau de refoulement, joint du piston plongeur, élément de pompage, clapet de pied et "autres"). Bien que de tels renseignements ne puissent de toute évidence se rapporter qu'aux conditions particulières des essais sur le terrain, ils fournissent une indication précieuse sur la nature des pannes qui affectent effectivement divers types d'installations. De façon générale, 75 % de l'ensemble des réparations effectuées lors des essais sur le terrain concernaient des éléments souterrains.

Entretien à la surface

Les opérations d'entretien et de réparation effectuées sur la tête de pompe sont habituellement ce que le responsable d'une pompe à main a de plus simple à exécuter. Il faut toutefois pouvoir identifier les spécifications propres des modèles de pompe particuliers. A titre d'exemple, il est possible que des pièces mobiles apparentes dans la tête de certains modèles demandent une lubrification fréquente. Bien qu'il s'agisse d'une opération simple, cela suppose qu'il existe des réserves de graisse suffisantes et que l'on veille à ce que cette tâche ne soit pas négligée (comme c'est souvent le cas). L'utilisation d'huiles disponibles localement en guise de lubrifiant peut réduire la dépendance de la collectivité envers les sources d'approvisionnement extérieures.

Parmi les éléments de la tête d'une pompe alternative, les coussinets constituent des pièces d'usure importantes. Lorsque les coussinets du bras de pompe doivent être remplacés, il faut prévoir un dispositif pour supporter le poids des tiges de pompe pendant l'opération. En outre, le retrait et la pose des chemins de roulement à billes requièrent parfois des outils spéciaux et, dans bien des cas, le rendement futur de la pompe dépend en grande partie du bon alignement de ces éléments. Des pompes dans lesquelles les chemins de roulement ont été remplacés par des coussinets en plastique enclenchables sont maintenant commercialisées; Sans doute auront-elles la préférence à chaque fois que la simplicité de l'entretien sera l'un des critères de choix les plus importants.

Les défaillances du support de tige relèvent à vrai dire de l'entretien en surface, mais le type de réparation qu'elles entraînent les place plutôt dans la même catégorie que les bris de tige de pompe, traités dans la section sur l'entretien souterrain.

Dans le cas des pompes rotatives, la boîte de vitesses consiste habituellement en une unité scellée contenant un lubrifiant de très grande longévité. En cas d'avarie, elle ne peut donc être réparée sur place et doit être remplacée par des spécialistes. En ce qui concerne les pompes à diaphragme, il peut être nécessaire de réviser le cylindre primaire au niveau de la surface afin de réparer le piston plongeur ou de remplacer les joints. Il est facile d'accéder aux éléments de ces pompes; en Afrique occidentale, de telles réparations sont exécutées régulièrement par des mécaniciens du village au moyen d'une simple clé à écrous. Les pompes à commande directe ne comportent, à la surface du sol, qu'un bras en T traversant un manchon dans la tête de pompe; toute réparation requise peut être exécutée facilement si l'on dispose des pièces détachées adéquates.

Entretien des éléments souterrains

Parmi toutes les réparations effectuées sur les pompes à main alternatives, le quart suppose le remplacement du joint du piston plongeur. Les joints modernes, le plus souvent faits de cuir, sont bon marché et faciles à obtenir. Cependant, leur remplacement est généralement difficile et fastidieux et, pour ce faire, il est nécessaire de disposer d'outils spéciaux et de matériel de levage. La simplification de cette opération de même qu'une réduction de la fréquence des défaillances des joints contribueraient grandement à améliorer le taux de fiabilité des pompes à main.

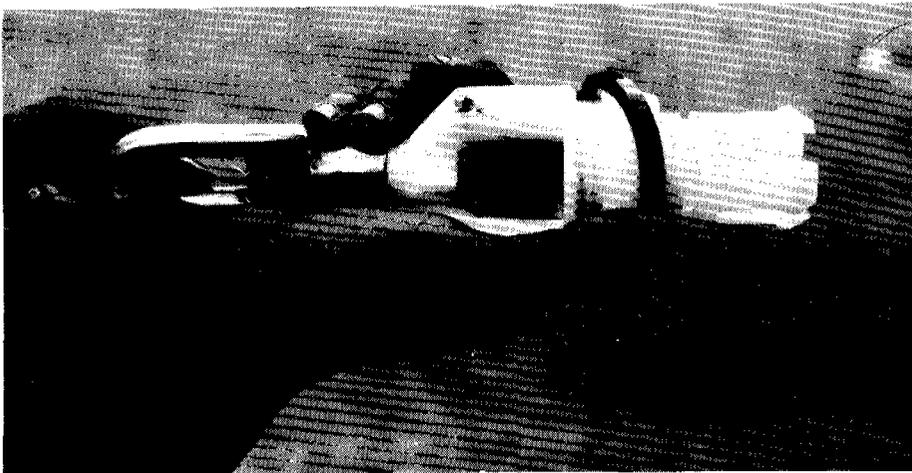


Figure 7.3 Le remplacement des joints est l'opération d'entretien la plus fréquente.

A cet égard, des progrès ont été réalisés sur les deux fronts. Les cylindres ouverts éliminent la nécessité de sortir du sol le tuyau de refoulement, car le piston plongeur et le clapet de pied peuvent être retirés par celui-ci. L'utilisation du caoutchouc nitrile au lieu du cuir pour la fabrication des joints a permis de prolonger leur durée de vie dans plusieurs modèles de pompe. Des travaux de mise au point et d'essai de pistons sans joint sont également en cours: ici un ajustage sans jeu entre le piston plongeur et la paroi du cylindre, ou encore un labyrinthe de cannelures provoquant une turbulence au niveau de l'interface, prévient toute fuite au delà du piston tout en éliminant la pièce la plus sujette à l'usure. (La pompe Volanta comporte déjà un piston plongeur sans joint.)

Similairement, les joints des clapets de pied doivent être remplacés périodiquement; faciliter leur enlèvement c'est renforcer dans une large mesure la fiabilité de la pompe.

La protection efficace du puits est un autre facteur déterminant de la durée de vie des joints. Il sera nécessaire de faire appel aux services d'un réparateur pour le remplacement beaucoup moins souvent lorsque les installations auront été munies d'un puits adéquatement construit et d'une crépine et d'un gravier filtre appropriés que lorsque celles-ci (permettant d'éviter que du sable soit continuellement pompé par le cylindre). Une mauvaise construction permettant l'infiltration et, par là même, le pompage continu du sable par le cylindre nécessitera de fréquentes interventions de la part du réparateur pour le remplacement des joints des pistons plongeurs et des clapets de pied; il est donc préférable de construire le puits adéquatement en le complétant par une crépine et un gravier filtre faisant correctement obstacle au sable.

Nombre de défaillances des pompes à main peuvent également être imputées au bris de la tige de pompe. C'est souvent la corrosion qui en est la cause. A cet égard, il est important d'admettre que les tiges de pompe en acier galvanisé sont mal protégées contre les eaux souterraines corrosives. Leur revêtement en zinc n'offre qu'une protection à court terme et, de toute façon, celui-ci est souvent endommagé lors du serrage des raccords filetés.

Il peut s'avérer très inconfortable de récupérer des éléments souterrains lorsque le tuyau de refoulement glisse ou se rompt. Pour remédier à ce problème, une précaution technique simple que peu de fabricants de pompe ont adoptée à ce jour: attacher au cylindre une ligne de sécurité permanente, en nylon de préférence, de manière à pouvoir le récupérer quel que soit le cas. Il faut veiller à bien faire comprendre aux équipes d'installation la fonction de ce dispositif de sécurité car les cordes de nylon ont une grande valeur et ont tendance à disparaître. Comme dans le cas des tiges de pompe, les tuyaux de

refoulement en acier galvanisé sont sujets à la corrosion ainsi qu'à des défaillances dues aux contraintes de fatigue, à l'abrasion interne causée par le frottement des tiges ou à une usure du filetage des raccords.

Les pompes rotatives ont un avantage sur les pompes équipées d'un piston plongeur: l'étanchéité est obtenue par l'ajustage sans jeu entre le rotor et le stator. Par conséquent, elles risquent moins d'être endommagées en raison du pompage de sable et leurs éléments souterrains requièrent beaucoup moins d'entretien. Toutefois, lorsqu'une panne survient ou que l'on constate un rendement insuffisant au niveau de l'élément de pompe, la réparation doit inévitablement être effectuée par des mécaniciens qualifiés, dotés d'un matériel de levage lourd, et les pièces détachées doivent être importées. Par conséquent, en échange d'une réduction du nombre des interventions d'entretien, il faut s'attendre à un accroissement de la complexité des opérations et des dépenses ainsi qu'à d'éventuelles longues périodes d'attente en cas de panne, ce qui contrecarre les objectifs d'approvisionnement en eau saine.

Les pompes à diaphragme ne sont pas affectées par les défaillances de joints ou par les bris de tige de pompe ou de tuyau de refoulement. Elles présentent en outre un avantage non négligeable: l'élément de pompe peut être tiré hors du trou, même s'il est à une grande profondeur, sans recourir à un matériel de levage; l'inconvénient en l'occurrence est que cet élément (le diaphragme) est une pièce importée qui coûte cher. Le diaphragme peut être endommagé par une accumulation de sable, ce qui peut, au bout du compte, provoquer sa rupture, ou par une usure excessive. Aussi est-il important de prévoir un approvisionnement et une distribution de pièces détachées si l'on envisage l'utilisation de ce type de pompe.

Dans le cas des pompes à action directe, le remplacement des joints figure parmi les réparations courantes. Cependant, du fait de la légèreté et de la simplicité inhérentes à ces pompes à faible élévation, de telles opérations sont généralement routinières et peuvent être exécutées par le responsable de l'entretien. Par ailleurs, en raison du mouvement très rapide du piston plongeur, caractéristique du pompage à action directe, ces installations se prêtent particulièrement bien à l'introduction de pistons sans joint. Les ruptures ou pertes d'étanchéité des tiges de pompe sont une autre source d'ennuis chez les pompes à action directe, et il est nécessaire d'équiper le système d'entretien proposé de façon à ce qu'il puisse utiliser n'importe quel dispositif de jointure spécial requis pour la réparation des tiges.

Entretien du puits

Même les puits les mieux construits et les mieux conditionnés auront tôt ou tard besoin d'entretien. Les mouvements du sable dans la formation

géologique peuvent provoquer une obstruction progressive du gravier filtre ou de la crépine du puits; ou encore, le sable qui passe au travers du dispositif filtrant ira éventuellement s'accumuler au fond du puits jusqu'à gêner le fonctionnement du clapet de pied.

La remise en état d'un puits foré demande habituellement la visite d'une équipe d'entretien professionnelle. Dotée du matériel requis, l'équipe enlèvera l'installation de pompe à main, videra ou pompera les dépôts de sable et conditionnera le puits à nouveau en répétant la séquence initiale des opérations de conditionnement.

Dans les puits creusés à la main également, le limon peut s'accumuler avec le temps. Plus fréquemment, ces puits peuvent se trouver taris par un abaissement progressif de la nappe phréatique environnante. Dans ce cas, les villageois possèdent généralement les qualifications et disposent des outils nécessaires pour approfondir le puits, du moins sur une courte distance. Lorsqu'il est nécessaire de prolonger le revêtement intérieur du puits, les conseils de personnes extérieures au village s'imposeront toutefois, et il faudra prévoir une motopompe pour assécher le puits pendant la réexcavation.

Entretien du radier

Pour assurer l'utilisation continue des installations de pompe à main, il convient aussi de veiller à ce que les environs de la pompe demeurent propres et ne se dégradent pas. Le radier doit être conçu de telle sorte que le responsable de l'entretien de la pompe, le comité du puits ou les utilisateurs puissent nettoyer et ranger facilement la plate-forme et préviennent la formation de flaques boueuses. Le maintien de la propreté des environs du puits doit être perçu comme une contribution de la collectivité à son nouveau mode d'approvisionnement; le suivi du rendement du point d'eau devrait inclure des inspections de l'état de propreté des lieux.

Programmes d'entretien

Dans un système d'entretien au niveau de la collectivité, le responsable de la pompe, aidé par des villageois, devrait effectuer le maximum de travaux de réparation et d'entretien. Une liste de contrôle des activités à entreprendre sera utile au responsable, de même qu'un cahier de suivi où seront consignés les détails du rendement de l'installation et de toute réparation effectuée. Idéalement, ce programme d'entretien devrait également tenter de prévoir les activités des réparateurs régionaux et toute assistance centralisée susceptible d'être requise. Le fait d'associer les diverses tâches prévues à certains jours de la semaine comme le dimanche (ou le vendredi chez les sociétés musulmanes), permet d'établir une certaine régularité et d'assimiler le travail à des services rendus à la collectivité.



Figure 7.4 L'état de propreté des environs de la pompe peut être amélioré par la mise en place d'une clôture.

Un système d'entretien entièrement planifié, qui prévoit le remplacement des pièces d'usure à des intervalles spécifiés, avant qu'elles ne lâchent, présenterait des avantages considérables au niveau de l'approvisionnement en pièces détachées et de la réduction de la durée d'immobilisation des installations. Malheureusement, de tels arrangements sont rares à l'heure actuelle, lorsqu'ils ne sont pas inexistant; le programme illustré par le tableau 7.1 représente une situation de compromis où des réparateurs régionaux effectuent des visites de diagnostic en complément des appels en cas de pannes (dans le but, espère-t-on, de réduire la fréquence de ces derniers). Tout programme de cette nature ne peut être mis sur pied qu'en fonction d'un projet particulier; les activités mentionnées sont donc sujettes à modification en fonction du type de pompe à main utilisé et des conditions locales. Ces activités sont présentées ici comme une liste de tâches à accomplir par le responsable de l'entretien, bien que certaines opérations requièrent l'appui d'un mécanicien régional.

On n'insistera jamais assez sur la nécessité de tenir des dossiers à jour et complets des tâches accomplies par le responsable de la pompe, le mécanicien régional et le service d'entretien centralisé. En se fondant sur ces dossiers, il est possible d'établir la périodicité des interventions d'entretien régulier et des révisions à effectuer sur les pompes, ce qui permet de composer des listes de tâches réalistes.

Tableau 7.1 Exemple de liste de tâches pour un responsable de pompe de village

<i>Quotidiennes</i>	<ul style="list-style-type: none"> » Nettoyer l'extérieur de la pompe et la plate-forme » Vérifier le drainage de l'eau en excès et s'assurer qu'il n'y a aucune accumulation d'eau stagnante » Encourager l'adoption de conditions hygiéniques aux environs de la pompe » Tenir les animaux éloignés » Vérifier le bon fonctionnement de la pompe » S'assurer que la pompe est bien assujettie à sa base » Consigner les points contrôlés dans le cahier de suivi.
<i>Hebdomadaires</i>	<ul style="list-style-type: none"> » Huiler ou graisser toutes les pièces mobiles de la tête de pompe » Vérifier auprès des utilisateurs s'ils ont à se plaindre au sujet du fonctionnement de la pompe » Vérifier l'état des joints du piston plongeur et du clapet de pied en actionnant la pompe lentement, par ex. à raison de 10 coups par minute; si l'eau n'a pas monté, démonter la tête de pompe, enlever le piston ainsi que le clapet de pied, nettoyer les pièces mobiles ou les remplacer si elles sont usées (appeler le réparateur régional le cas échéant) » Vérifier et resserrer tous les écrous et boulons » Consigner tout le travail effectué dans le cahier de suivi » Vérifier l'état de la haie de délimitation ou de la clôture et réparer tout dommage
<i>Mensuelles</i>	<ul style="list-style-type: none"> » Effectuer toutes les tâches hebdomadaires » Vérifier le presse-étoupe de la pompe, et régler le contre-écrou au besoin; ne pas trop serrer - admettre plutôt une légère fuite sur le pourtour de la tige de pompe » Informer le réparateur régional de la nécessité de procéder à un entretien ou d'effectuer des réparations majeures
<i>Semestrielles</i>	<ul style="list-style-type: none"> » Prêter assistance au réparateur régional dans l'inspection des éléments internes de la pompe » Participer à toute intervention d'entretien et de réparation » Réparer ou prendre les mesures nécessaires pour que soient réparés les trous et les fissures de la plate-forme, le cas échéant
<i>Annuelles</i>	<ul style="list-style-type: none"> » Vérifier l'état de corrosion de toutes les pièces exposées et mobiles de la pompe » Nettoyer les pièces à peindre, et les peindre » Vérifier l'état d'usure des pivots et des coussinets du bras, et prêter assistance au réparateur régional pour le remplacement des pièces au besoin

7.4 Besoins en main-d'oeuvre et en formation

L'exemple de système d'entretien à trois échelons, établi dans le Tamil Nadu et dans quelques autres états indiens pour la pompe India Mark II pour puits profond, est souvent cité pour illustrer le principe d'un système d'entretien au niveau de la collectivité complété par l'assistance de réparateurs régionaux et l'appui du gouvernement. En réalité, cette structure est supervisée et administrée depuis l'échelon supérieur; la gestion au niveau du village, clé de voûte du système, lui fait donc défaut. En voici les trois composantes:

- responsables de l'entretien de la pompe au niveau du village;
- réparateurs gouvernementaux au niveau du sous-district (bloc);
- équipes mobiles gouvernementales pour l'entretien au niveau du district.

Responsables de l'entretien de la pompe

Les chefs de la collectivité, ou l'agent de développement du sous-district en consultation avec ces derniers, attribue la fonction de responsable de pompe à un résident permanent de ce village. Il s'agit de plus en plus souvent d'une femme, car les jeunes hommes sont susceptibles de quitter le village s'ils trouvent un emploi à l'extérieur et demeurent, de toute façon, enclins à négliger leurs tâches d'entretien des installations lorsque qu'ils ne sont pas rémunérés. En fait, il est recommandé de prévoir un mode de rémunération, sinon le/la responsable n'aura guère de raisons d'être diligent. Parfois, c'est un artisan, un commerçant ou un assistant social de la localité qui effectue ce travail à temps partiel.

On fait suivre au/à la responsable choisi(e) un cours de base sur l'importance d'une eau saine pour la santé et on lui apprend comment effectuer l'entretien régulier et les réparations mineures de la pompe. En Inde, la pleine interchangeabilité - entre les districts et même les états - du matériel de formation, des pièces détachées, des outils, etc., liés à l'utilisation de la pompe à main India Mark II, illustre bien les avantages de la normalisation. Parfois, on remet un certificat aux responsables de pompe à l'issue des séances de formation initiales.

Il incombe au/à la responsable de veiller à l'état de propreté de la plate-forme entourant le puits et à l'entretien régulier des installations. Les outils de base nécessaires à l'exercice de ses fonctions lui sont fournis par l'organisme chargé de l'entretien dépendant de l'agence gouvernementale de l'hydraulique. Le/la responsable doit également signaler les pannes de la pompe. A cet effet, il/elle dispose de cartes postales, préaffranchies et préadressées dans la langue locale, où sont schématisés les principaux éléments de la pompe. S'il/si elle



Figure 7.5 Certificat de responsable de l'entretien d'une pompe à main émis par la Commission d'approvisionnement en eau et de drainage du Tamil Nadu, en Inde.

n'est pas en mesure de remédier à une panne, le/la responsable indique le type de réparation requise sur la carte, puis l'envoie au bureau de district de l'agence de l'hydraulique.

Réparateurs régionaux (de bloc)

En Inde, le terme "Bloc" désigne une région administrative comptant de nombreux villages. A cet échelon, les autorités locales emploient plusieurs réparateurs affectés chacun à la surveillance d'une cinquantaine de pompes. Ils travaillent sous la supervision de l'agent de développement du sous-district ou bloc et se déplacent à bicyclette d'une pompe à l'autre. Les interventions sont planifiées lorsque l'agence de l'hydraulique est avisée d'une panne.

Le réparateur peut remédier à la plupart des anomalies au niveau de la tête de pompe, mais il lui est généralement impossible d'effectuer les réparations importantes et de résoudre les problèmes majeurs qui touchent aux éléments souterrains des installations, les réglages de cylindres à plus de 25 m notamment. Si tel est le cas échéant, il avise l'agent responsable des équipes mobiles d'entretien.

Equipes mobiles d'entretien

Au niveau du district, chaque équipe mobile d'entretien est responsable de 5 à 10 blocs, soit de 300 à 500 pompes à main. Un ingénieur subalterne, un monteur, un aide et un chauffeur forment chaque équipe qui se déplace en pick-up et dispose d'un petit atelier au bureau du district. Les équipes reçoivent également un jeu d'outils spécialement conçus pour la pompe India Mark II. En théorie, les équipes mobiles ne devraient visiter les installations qu'une fois l'an pour un entretien complet car elles ne sont sensées fournir leurs services que pour les réparations majeures ou les interventions

d'entretien périodique. Il s'agit de répondre aux appels le plus rapidement possible; or le réseau devient vite surchargé lorsque fait venir les équipes d'entretien de district pour la quasi-totalité des réparations, y compris les plus simples.

Il faut compter parfois plusieurs semaines, voire plusieurs mois, avant qu'une équipe mobile puisse trouver le temps de visiter un village où l'attend une réparation majeure, comme, par exemple, repasser le filetage d'une tige de pompe ou remplacer un clapet de pied. Dans le souci de réduire le nombre des interventions, une nouvelle méthode a été mise à l'essai: celle-ci consiste à remplacer systématiquement la tête de pompe et le cylindre de chaque installation visitée, indépendamment de leur état d'usure, par une unité neuve ou remise à neuf. Les réparations ne sont plus effectuées sur le terrain mais dans les ateliers de district, où sont stockées toutes les pièces détachées. Les réparations et remises à neuf des pièces remplacées doivent avoir lieu pendant la saison des pluies, car il est alors plus difficiles de se déplacer sur les lieux des installations.

En dépit de ce nouveau procédé, la charge de travail des équipes mobiles est demeurée excessive; en conséquence, un système à deux échelons modifié a été mis au point dans l'état du Rajasthan. En l'occurrence, le réparateur local (le *mistry*) fait fonction à la fois de responsable de la pompe et de réparateur de bloc. Il reçoit une formation spécialisée s'étendant sur trois mois, à la suite de quoi on lui attribue la responsabilité de 30 à 40 pompes à main. Ce réparateur engage sa responsabilité vis-à-vis des collectivités bénéficiaires et il n'est rémunéré par le bureau de développement du bloc qu'une fois que le chef du village a certifié que la pompe fonctionne de façon satisfaisante. En effet, comme les utilisateurs de la pompe versent une redevance au bureau de développement du bloc, ils ont tout à fait intérêt à s'assurer que le réparateur fait bien son travail.

Main-d'oeuvre

L'efficacité d'un système d'entretien de pompe à main est largement tributaire de l'importance et de la compétence de la main d'oeuvre disponible. Dans le cas des systèmes à deux et trois échelons présentés plus haut, il faut compter:

- des responsables de pompes, pour l'entretien préventif et les réparations mineures;
- des mécaniciens, pour les réparations majeures et l'entretien périodique;
- un personnel administratif, pour gérer les fournitures, le matériel et les pièces détachées;

- des magasiniers, pour tenir les stocks de pièces détachées et de matériel divers;
- des chauffeurs et des mécaniciens, pour conduire et entretenir les véhicules;
- un personnel de gestion ainsi que des superviseurs.

Il existe peu de données quant au nombre d'effectifs nécessaires pour un entretien adéquat des pompes à main. Le tableau 7.2 fournit une récapitulation de la main-d'oeuvre engagée dans des activités d'entretien au Bangladesh; ces données n'incluent ni le personnel administratif ou de gestion ni le personnel chargé de la supervision au niveau de l'agence de l'hydraulique gouvernementale. On y voit à quel point le nombre de réparateurs de forages pour 10.000 pompes a diminué au fur et à mesure qu'augmentait de manière spectaculaire le nombre de pompes à main installées.

Formation

La formation des responsables de l'entretien des pompes à main et des réparateurs régionaux constitue une des tâches essentielles de l'organisme d'entretien centralisé. Il est nécessaire de compléter les exercices en atelier ainsi que l'instruction reçue en classe par une formation sur le tas, qui peut souvent être acquise commodément au cours de l'installation de la pompe à main.

La formation des réparateurs doit couvrir les principes fondamentaux du fonctionnement des pompes à main, les problèmes courants ainsi que les procédures d'entretien et de réparation pour les types et modèles de pompe utilisés. A nouveau, une normalisation des modèles de pompes s'avère cruciale car elle diminue l'ampleur de la formation requise. Des brochures bien illustrées et préparées seront particulièrement utiles, et les stagiaires

Tableau 7.2 Personnel d'entretien pour 10.000 pompes à main, au Bangladesh (responsables de l'entretien des pompes non compris)

	1977	1987
Personnel d'encadrement et de supervision	1	1
Niveau intermédiaire	9	8
Exploitation	50	30
Total	60	39

Source: CIR et UNICEF

devraient avoir accès à des manuels sur les procédures. La plupart des fabricants de pompes fournissent des manuels d'instructions portant destinés à faciliter la mise en place et l'entretien de leurs produits.

Il convient de prévoir pour les exercices un exemplaire de chaque modèle de pompe à main utilisé dans un programme donné, ainsi que les outils requis pour les démonter et les assembler à nouveau. Il est utile de disposer d'éléments de pompe brisés ou usés afin d'illustrer les diverses causes de défaillance.

Il est rare que les responsables de pompes soit disposés ou habilités à passer plus de quelques jours loin de leur village. Par conséquent, ils doivent pouvoir recevoir leur formation le plus rapidement possible, dans dans leur village ou à proximité.

7.5 Coûts et financement

Le type de système d'entretien retenu influera sensiblement sur les dépenses renouvelables d'un programme de pompes à main. Du moment où des équipes de mécaniciens qualifiés auront à se déplacer sur de grandes distances pour assurer l'entretien de pompes disséminées, les frais de personnel et de transport prédomineront. On a maintes fois tenté d'établir des comparaisons théoriques entre diverses solutions d'entretien: les chiffres indiquent invariablement qu'un système d'entretien au niveau de la collectivité est nettement plus économique qu'un système centralisé. Il existe moins de données permettant d'établir des comparaisons pratiques directes, tout simplement parce que rares sont les cas où des systèmes d'entretien différents ont été adoptés dans des circonstances similaires.

Au bas de l'échelle économique, on estime que le programme du Fonds européen de développement, mené dans deux provinces du Burkina Faso, ne coûte annuellement que 0,05 \$ par usager pour maintenir en état d'exploitation 85 % des pompes à mains; en l'occurrence le système choisi est fondé sur l'utilisation des services de réparateurs privés, formés par le biais du programme et dotés d'une trousse à outils d'une valeur de 600 \$. Quant au projet Livulezi, au Malawi, où des responsables de pompes assistés de réparateurs formés par le gouvernement et équipés de bicyclettes s'occupent des pompes à mains, il coûterait annuellement 23,90 \$ par pompe, soit 0,10 \$ par usager et par an, pièces, main-d'oeuvre, transport et frais généraux compris. Le coût annuel estimatif du système à trois échelons en Inde est de 0,20 \$ à 0,35 \$ par usager (Banque mondiale, 1987).

En comparaison, les coûts annuels par pompe des systèmes d'entretien qui sont fondés principalement sur les services d'équipes mobiles se situent dans

les centaines de dollars, ce qui correspond à des coûts par habitant de l'ordre de 0,50 \$ à 2,00 \$ par an.

Recouvrement des coûts

Dans les pays où l'approvisionnement en eau collectif est perçu comme un service public, le fardeau financier que représente l'entretien des réseaux ruraux d'adduction d'eau grève de plus en plus le budget des gouvernements. Il est nécessaire de récupérer au niveau des collectivités bénéficiaires une part substantielle des coûts inhérents aux installations de pompes à main, si l'on envisage l'exploitation à long terme et la reproductibilité de cet approvisionnement. Les villages auront du mal à apprécier entièrement les avantages d'un nouveau mode d'approvisionnement tant que celui-ci n'aura pas été exploité pendant un certain temps, et un recouvrement limité des coûts sur une courte période peut représenter une solution de compromis acceptable, permettant de parvenir ultérieurement à un recouvrement total. Du point de vue de l'agence d'approvisionnement en eau, il est important d'éviter une accumulation des coûts d'entretien et de réparation qui ne peuvent être absorbés par les fonds budgétaires ordinaires.

Il est primordial de reconnaître d'emblée le rapport existant entre les nouvelles installations et les responsabilités d'entretien, que le financement de ces installations provienne de sources nationales ou externes. Les investissements dans les pompes à mains ne seront récupérables que s'il existe une structure financière qui permette d'absorber les frais renouvelables. Il convient, avant la mise en place de la pompe, de parvenir à un accord avec la collectivité sur la contribution de celle-ci aux dépenses d'équipement et aux dépenses renouvelables.

Un comité pour l'eau ou un autre organisme local doit être créé, qui fixera le mode de paiement le mieux approprié et sera chargé de percevoir et de gérer les redevances relatives à l'eau; par ailleurs, cette instance doit être en mesure d'imposer une certaine forme de sanction ou d'amende en cas d'omission de paiement. Parvenir à ces arrangements n'est ni facile, ni rapide, mais ceux-ci sont essentiels si la collectivité doit disposer de fonds suffisants pour payer les réparations.

Systemes de financement

Il n'existe, à ce jour, que peu de données quant aux types de gestion financière qui conviennent le mieux aux installations de pompes à mains administrées par la collectivité. Fondamentalement, on compte deux systèmes: le *financement par la collectivité* et le *financement par puits*.



Figure 7.6 Un mécanicien équipé d'un outillage élémentaire et d'une bicyclette peut effectuer la plupart des opérations de révision que requièrent les pompes à main modernes.

Dans le premier cas, c'est la collectivité dans son ensemble qui contribue à l'entretien et, dans certains cas, également au remplacement, de toutes les installations d'approvisionnement en eau de la collectivité, y compris parfois l'entretien des sources traditionnelles. Les ressources proviennent soit des revenus globaux de la collectivité, lorsqu'il est possible de percevoir des impôts locaux ou de créer un fonds de roulement, soit de redevances régulières ou occasionnelles versées par les ménages.

Le financement à partir des revenus globaux de la collectivité s'inscrit bien dans une politique exonérant les consommateurs de toute redevance directe et exige aussi moins de paperasserie due à la collecte des fonds, l'établissement de reçus et à l'enregistrement de nombreux petits paiements. En revanche, l'entretien de la pompe entre alors en conflit avec nombre d'intérêts liés à l'obtention de ressources rares. Il arrive trop souvent que des fonds d'entretien préventif soient détournés au profit de projets qui, pour des raisons politiques, passent alors en premier dans l'ordre des priorités, ce qui reporte à une date ultérieure les charges d'entretien et entraîne finalement des pannes prolongées. Ce n'est qu'en établissant un budget judicieusement et en surveillant avec vigilance les dépenses réellement encourues que l'organisme d'approvisionnement en eau et les usagers auront la possibilité de prévenir tout détournement injustifié des fonds alloués à l'entretien des pompes. Le fait que le financement indirect à partir des fonds collectifs ne soit pas directement lié à l'utilisation de l'eau constitue un autre inconvénient. Les petits usagers, et plus particulièrement ceux qui ne peuvent accéder facilement à la pompe, paieront ainsi la même redevance que les usagers qui tirent d'importantes quantités d'eau, parfois même à des fins commerciales.

Les contributions de chaque ménage à l'entretien des installations d'approvisionnement en eau mettent en évidence un lien plus direct entre l'utilisation des pompes et leur financement, pourvu qu'un système équitable de tarifs, de collecte et de gestion soit adopté. Cette question, traitée plus en détail à la section 4.5, ne peut être tranchée que par la collectivité même. Les assemblées de groupes d'usagers ainsi que les comités chargés des puits peuvent jouer un rôle décisif lorsqu'il s'agira de déterminer quels ménages feront partie de telle ou telle catégorie d'usagers, et de fixer des taux uniformes ou progressifs.

Dans le cadre du système de financement par puits, chaque voisinage utilisateur d'un puits est responsable de son propre site et de la pompe à main, y compris le financement de l'entretien et des réparations. A chaque fois que le groupe d'usagers sera incapable de résoudre des problèmes, il pourra en principe faire appel à un comité pour l'eau au niveau de la collectivité. L'avantage de ce type de système est que les liens sociaux étroits favorisent une répartition plus juste des redevances et consolident le sentiment de

propriété collective. Des difficultés peuvent surgir lorsque certains voisinages sont confrontés à des problèmes techniques plus importants - la présence d'eaux corrosives en est un exemple typique - et, par voie de conséquence, à des coûts plus élevés qui dépassent leur capacité de paiement. (Le système de financement par la collectivité peut parer à une telle éventualité grâce à un interfinancement automatique.)

La publication du CIR, *L'eau à quel prix?*, contient certains détails au sujet des structures villageoises qui se prêtent à chacune des méthodes de financement, mais bien des questions demeurent toutefois sans réponse. Le financement par la collectivité est en fait un système relativement peu éprouvé. Des méthodes innovatrices devraient faire l'objet d'essais et être documentées dans le cadre de projets pilotes; par la suite, il est nécessaire de diffuser les informations sur les systèmes couronnés de succès dans des circonstances particulières et d'expliquer leur réussite. C'est sur ce domaine majeur que devraient porter les futurs travaux de recherche et développement.

7.6 Répercussions au niveau organisationnel

Du point de vue des organismes du secteur de l'approvisionnement en eau, le passage de l'entretien centralisé à un système pris en charge par la collectivité entraîne un changement radical de démarche, ce qui a en outre des répercussions sur les programmes de développement de la main-d'oeuvre et de création d'un cadre institutionnel. Les organismes de projet qui, jadis, assuraient eux-mêmes l'entretien et les réparations, veilleront désormais à la formation et à la supervision des responsables de l'entretien des pompes, des réparateurs régionaux et des comités pour l'eau des villages. Des aptitudes différentes sont nécessaires et les comportements devront changer; aussi convient-il de modifier en conséquence les programmes de formation des techniciens en approvisionnement en eau.

Education et formation

Les programmes d'études des instituts de formation technique doivent traiter des aspects socio-économiques et sanitaires. Comme il s'agit d'un domaine où l'expérience quant à des méthodes innovatrices s'accumule rapidement, les formateurs et professeurs doivent pouvoir accéder facilement aux données à jour - processus qui demande des initiatives de la part des enseignants, des chercheurs ainsi que des assistants sociaux qui produisent ces informations.

Même les cours qui traitent actuellement de sujets liés aux problèmes de la collectivité devront éventuellement être révisés au niveau de leur priorité. Dans bien des cas, on encourage les stagiaires à identifier les besoins des collectivités, par le biais d'enquêtes sociales et de discussions de groupes par exemple, ainsi qu'à éduquer et à motiver les villageois pour qu'ils puissent

élaborer des plans d'action en collaboration avec le personnel de l'agence. Toutefois, le but visé n'est pas de persuader les villageois d'accepter les changements en matière de technologie et de comportement que le personnel de l'agence estime justifiés. Comme il a été précisé aux chapitres 3 et 4, pour réussir, les projets doivent comporter un processus décisionnel bilatéral selon lequel les choix sont en fin de compte arrêtés par la collectivité: le rôle du personnel de l'agence consiste alors à répondre aux besoins manifestés par les villageois, et ce, même s'il doit faire des concessions.

Changement institutionnel

Une sélection et une formation adéquates des individus concernés conditionnent la réussite de la collaboration avec les collectivités. L'efficacité d'une gestion par la collectivité est également déterminée par la possibilité de faire appel à différents groupements de spécialistes et à une structure institutionnelle. Il convient de pourvoir les agences techniques en personnel et de les structurer; ainsi, il sera possible de mettre sur pied et d'appuyer les organismes collectifs en ce qui concerne la formation à la gestion et aux aspects techniques, et l'éducation pour l'hygiène, et au niveau de l'assistance pour l'entretien et les réparations. Il s'agit, essentiellement, de réorienter le rôle du personnel technique: leur soutien ne sera plus strictement technique mais beaucoup plus étendu. Dans cette perspective, les agences d'approvisionnement en eau devront, dans bien des cas, travailler en étroite et régulière collaboration avec d'autres ministères, à l'échelle locale. Normalement, l'agence technique devra être appuyée par des organismes spécialisés dans le développement des collectivités, la santé publique et les finances, ainsi que par des coopératives locales actives au sein de la collectivité.

Pour que la démarche coopérative soit couronnée de succès, des liens institutionnels devront être créés et officialisés, et la structure de gestion des agences d'approvisionnement en eau devra probablement être adaptée en fonction de son nouveau rôle. D'autre part, il faudra concevoir des plans de carrière individuels qui encourageront le personnel qualifié à jouer un rôle de formateur et à travailler au niveau de la collectivité.

Certains pays ont déjà réalisé des progrès considérables dans la création de structures exploitables permettant de maximiser la gestion par la collectivité des installations d'adduction d'eau. Au Malawi par exemple, les communications avec la collectivité et l'organisation de celle-ci incombent au personnel technique, dont la sélection, la formation et le plan de carrière sont déterminés par ses aptitudes au travail social ainsi que par son efficacité technique. Au Burkina Faso et dans la Haute Région du Ghana, un corps spécial d'assistants sociaux exécute les tâches collectives spécialisées, en collaboration avec le personnel technique de l'agence de l'hydraulique. Dans

le cadre de certains autres programmes, comme c'est le cas notamment dans plusieurs régions de la Tanzanie, ce sont les ministères de l'hydraulique, de la santé et du développement des collectivités qui se partagent le travail, fondé sur une répartition formelle des tâches.

Au Bangladesh, où 80 % des pompes - exploitées par 80 % de la population - sont en état de fonctionnement, une autre forme de collaboration entre la collectivité, le secteur privé et le gouvernement a été adoptée. En fait, le personnel chargé par le gouvernement de l'exécution des projets s'occupe surtout des aspects techniques, ne possédant que peu de compétences en matière de relations avec la collectivité. Le système d'entretien fonctionne adéquatement du fait que les responsables des pompes, qui ont généralement fourni la majeure partie de la contribution "collective" quant aux installations de forages et de pompes à main, sont habituellement les propriétaires des terrains où se trouvent les pompes. Lorsqu'elles tombent en panne, ils les réparent eux-mêmes ou bien font appel aux services d'un réparateur de puits forés du gouvernement, ou d'un homme à tout faire de la localité. Les autres utilisateurs des pompes tirent profit du sentiment de propriété des responsables de l'entretien qu'ils considèrent généralement comme les "propriétaires" véritables des pompes. En effet, il serait contraire aux préceptes religieux des responsables des pompes de refuser de l'eau à qui que ce soit. Chacun peut donc accéder à ces pompes, bien que les parts ne soient pas nécessairement égales.

Il ne faudrait pas négliger les possibilités de collaboration entre les agences de l'hydraulique et les ONG indigènes. En Asie, des organisations telles que la Philippines Business for Social Progress (PBSP) ou le Mouvement Sarvodaya, au Sri Lanka, ont démontré que les ONG peuvent contribuer à maximiser la participation de la collectivité dans la planification et la gestion des projets d'approvisionnement en eau. Les ONG nationales et locales possèdent souvent une expérience très étendue en ce qui concerne l'introduction des technologies de l'hydraulique villageoise et de l'assainissement des régions rurales. Leur personnel est issu des collectivités dont elles s'occupent. Etant donné que les ONG n'ont pas de but lucratif, elles n'ont aucun intérêt dans la réussite de l'exploitation. Par ailleurs, ces organismes connaissent et comprennent la culture, la politique et l'économie locales et savent quel degré d'avancement technique est nécessaire pour la création de systèmes de recouvrement des coûts et d'entretien. Désormais, il s'agit de relever le défi principal, à savoir reproduire cette expérience à une échelle beaucoup plus grande.

8. *Fabrication locale*

Il est important de réparer rapidement les pompes qui tombent en panne, pour toutes les raisons déjà mentionnées dans la présente publication. C'est souvent la pénurie de pièces détachées disponibles immédiatement qui, dans les régions rurales des pays en développement, vient freiner la réparation des pompes. Les raisons de cette pénurie sont variées: inadéquation des stocks tenus, délais dus au contrôle des importations de certaines pièces, coûts d'expédition prohibitifs ou, tout simplement, difficulté de mettre sur pied des centres de distribution appropriés dans le pays.

Il est logique de croire que la plupart de ces obstacles pourraient être surmontés si les pompes, ou du moins leurs principales pièces d'usure, étaient fabriquées dans le pays même où elles doivent être utilisées. D'autre part, la fabrication locale peut favoriser la participation des utilisateurs finaux dans la mise au point même de la pompe et dans l'adaptation de celle-ci aux conditions locales (CRDI, 1987). Cet argument a amené les promoteurs de la recherche et du développement en matière d'installations de pompes à main à encourager la conception de pompes qui se prêtent à une fabrication locale dans les pays en développement. Où sont les économies et les avantages toutefois si des pompes locales présentant des vices de fabrication produisent un rendement médiocre et ne procurent pas un service fiable.

Par conséquent, il faudrait envisager d'élaborer des spécifications pour les pompes qui correspondent au développement industriel du pays concerné et d'appuyer ces spécifications par des mesures de contrôle de la qualité et des procédures d'inspection permettant de s'assurer de la conformité aux normes prescrites. Sous ces réserves, la fabrication locale présentera les **avantages** suivants:

- un approvisionnement en pompes de bonne qualité, à un prix raisonnable;
- une fabrication dans le pays même, d'où une disponibilité des pompes, et plus particulièrement des pièces détachées, débouchant sur des économies substantielles en frais de transport;
- des économies de devises;
- une stimulation de l'industrie locale et la création d'emplois;
- une plus grande normalisation.

Il faut cependant mentionner les **embûches** qu'une telle solution peut comporter. Les pompes à main sont fabriquées à partir de nombreuses pièces différentes, et la production d'une seule pompe fait intervenir des procédés de fabrication très variés. On utilise du cuir ou d'autres matières souples pour confectionner les joints de pistons plongeurs et de clapets de pied; divers métaux entrent dans la fabrication de la tête de pompe, des cylindres, des ensembles de piston plongeur, des soupapes et autres pièces; il faut peindre les surfaces en fonte et les pièces usinées pour les protéger contre la rouille; enfin, d'autres matériaux tels que le caoutchouc, le nylon, le nitrile et les résines époxy peuvent être requis. On utilise de plus en plus les tuyaux et autres éléments en matière plastique dans la fabrication des pompes à main. Des milliers de pompes produites localement sont tombées en panne ou ont été abandonnées par leurs utilisateurs parce que leur rendement était médiocre ou qu'elles n'étaient pas fiables. Les points suivant figurent parmi les vices de fabrication les plus courants:

- la qualité médiocre de certaines pièces, telles que les éléments en fonte dont la teneur en phosphore est trop élevée;
- des tolérances trop grandes, ayant pour résultat un mauvais alignement;
- une finition grossière des cylindres entraînant une usure prématurée des joints;
- l'absence de protection contre la corrosion;
- des joints de cuvette d'un format inadéquat ou fabriqués avec un matériau impropre;
- un filetage mal exécuté ou incompatible.

L'incompatibilité du dimensionnement des éléments de pompe à main est un problème courant, ce qui rend impossible le remplacement de ces éléments et l'utilisation des pièces détachées.

La promotion de la fabrication locale des pompes à main est fondée sur deux hypothèses de base. Tout d'abord, la recherche et le développement en matière de pompes à main demandent une collaboration entre les fabricants provenant des pays industrialisés et les entreprises locales, dans le but de combiner l'utilisation des ressources, de l'expérience et du contrôle de la qualité étrangers aux avantages d'une production locale. Pour investir dans un programme de recherche et développement de cette nature, les fabricants doivent y voir une occasion de recouvrer leur investissement en s'ouvrant de nouveaux débouchés dans les pays en développement. Créer des modèles

convenant à un mode de fabrication local, simplement pour en faire profiter divers entrepreneurs des pays en développement concernés, n'est certes pas une perspective alléchante. Des joint-ventures peuvent permettre d'atteindre ce résultat, et il existe maintenant de nombreux exemples de collaboration, entre des fabricants bien établis et des entreprises de pays en développement, en vue de produire des pompes à main adaptées aux conditions locales.

La seconde hypothèse établit que le fait de promouvoir la recherche et le développement dans les pays en développement facilite la mise au point de modèles qui seront les mieux adaptés aux conditions locales. En raison des liens étroits qui existent entre les composantes techniques et logicielles, les chercheurs, promoteurs, fabricants et les personnes chargées de la réalisation doivent collaborer entre eux et tenir compte de la conjoncture sociale, politique et économique de leurs pays. Par le développement d'une structure locale pour la recherche et la production industrielle, la technologie peut être constamment réactualisée, s'améliorer et s'adapter aux changements de conditions dans le pays concerné. L'effort de recherche et développement soutenu qui résulte d'une telle démarche est capital si l'on veut atteindre, à long terme, des objectifs d'auto-suffisance.

La fabrication locale des pompes à main peut être organisée du haut vers le bas ou bien du bas vers le haut. Dans le premier cas, c'est aux producteurs commerciaux au niveau national qu'incombe la fabrication des éléments et pièces de rechange (par exemple, la pompe India Mark II et, au Burkina Faso, la pompe Volanta). Dans le second cas, la fabrication des éléments essentiels demeure centralisée et soumise à un contrôle de la qualité rigoureux, mais la production des éléments de surface et des pièces détachées principales relève du village ou est confiée en sous-traitance à des artisans. Le programme ACDI/SEEDS au Sri Lanka, décrit au chapitre 2, illustre la structure dite "du bas vers le haut".

Dans les pays industrialisés, les fabricants doivent d'abord identifier un marché éventuel avant d'investir dans la recherche et le développement d'un produit. De même, la fabrication locale de pompes à main dans les pays en développement ne se développera que si les producteurs potentiels estiment qu'il existe des débouchés pour leurs produits. Par conséquent, il est essentiel que les gouvernements qui entendent encourager la fabrication locale fassent bien comprendre aux fabricants éventuels que les programmes d'hydraulique villageoise envisageront d'acheter des pompes à main de fabrication locale, de bonne qualité et à un prix raisonnable. Les autorités doivent par ailleurs bien faire connaître l'ampleur des programmes futurs, de sorte qu'aucune ambiguïté ne subsiste quant aux marchés potentiels.

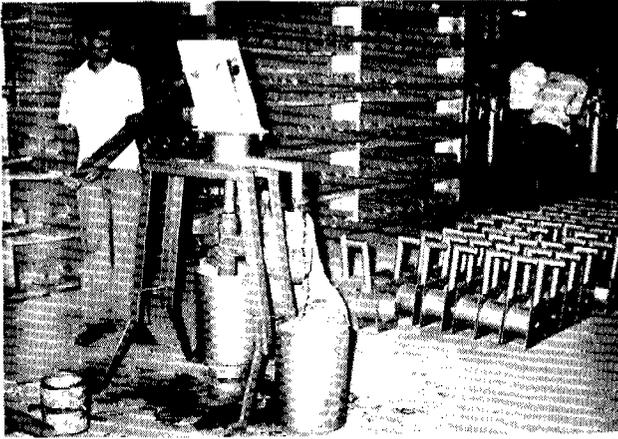


Figure 8.1 Inspection préalable à la livraison des pompes India Mark II.

Toute politique de normalisation fondée sur un seul modèle de pompe à main risque de donner à un fabricant le monopole du marché: fort de cette position avantageuse, celui-ci peut se permettre de proposer des produits de moins bonne qualité ou en augmenter les prix. Toutefois, il existe des cas - tel celui de l'Inde - où l'on a pu éviter cette situation. Le gouvernement indien a normalisé, à l'échelle du pays, l'utilisation exclusive de la pompe à main India Mark II dans le cadre du programme d'approvisionnement en eau des régions rurales; plus d'un million de ces pompes, fabriquées conformément aux normes indiennes, sont maintenant installées dans le pays. Or, une concurrence intense s'exerce toujours car le modèle de pompe normalisé est produit sous licence par quelque 36 fabricants. Le contrôle de la qualité est assuré par le biais d'une procédure rigoureuse d'inspection préalable à la livraison. Pourtant, la pompe était meilleur marché en 1988 qu'elle ne l'était en 1978.

8.1 Contrôle de la qualité

L'acquéreur tout comme le fabricant ont intérêt à ce qu'un contrôle rigoureux de la qualité soit exercé sur les produits. Si l'on néglige de maintenir un degré de qualité constant, les pompes de fabrication locale seront vite abandonnées, et l'on perdra les nombreux avantages potentiels qui découlent de ce choix.

Le contrôle de la qualité coûte cher. En Inde, où cette mesure ainsi que l'inspection sont confiées à un entrepreneur indépendant désigné par le gouvernement et l'UNICEF, il faut ajouter de 5 à 8 % au prix des pompes 'sortie d'usine', suivant l'importance de la commande, pour s'assurer que les normes strictes du pays ont été respectées.

L'inspection des matières premières qui entrent dans la fabrication des pompes devrait être le point de départ de tout contrôle de la qualité. Lorsque c'est possible, les spécifications de la pompe doivent s'aligner sur des normes nationales ou internationales de manière à fournir aux inspecteurs une base sûre de critères d'acceptation ou de rejet de lots, de fonte en gueuses par exemple, où la teneur en carbone et en silicium peut être d'une importance cruciale. L'existence d'une norme nationale précise sur les matériaux des pompes à main peut s'avérer très utile. Mentionnons à ce titre le cas du Bangladesh, où l'on fabrique avec succès des centaines de milliers de pompes en fonte n 6 conformément aux normes de l'UNICEF, parce que les fonderies locales se sont adaptées à cette norme.

En outre, avant d'amorcer la production, il convient d'inspecter et de vérifier, au niveau de la précision et du respect des dimensions, les gabarits, machines et autres pièces d'équipement des fabricants.

Au cours de la fabrication, un certain pourcentage d'éléments de pompe sélectionnés doivent être inspectés à des stades critiques du processus de production, des contrôles dimensionnels accompagnant l'inspection visuelle ainsi que les essais physiques. Là encore, le fabricant comme l'inspecteur doivent connaître les critères de sélection et les tolérances admissibles. Dans les premiers temps, il peut être nécessaire de vérifier un échantillonnage assez élevé (jusqu'à 10 %) d'éléments de pompe produits afin d'établir des normes, mais ce pourcentage peut aller en diminuant, au fur et à mesure que s'améliore le contrôle de la qualité interne.

L'inspection préalable à la livraison, effectuée sur un échantillonnage aléatoire de pompes, constitue le stade final et devrait englober la qualité du fini et de l'exécution, la précision dimensionnelle, l'alignement, la qualité des soudures et d'autres vérifications liées aux différents types de matériaux utilisés. Il peut également être nécessaire d'utiliser un sceau d'homologation reconnu pour marquer les lots de pompes qui ont été contrôlés par les inspecteurs, ou de disposer d'un autre moyen sûr pour éviter que les pompes rejetées ne réapparaissent sur le marché.

En établissant une liste d'homologation des fabricants autorisés, le gouvernement peut disposer d'une mesure de protection supplémentaire lui permettant de maintenir les normes de qualité; il aura ainsi prise sur les producteurs qui ne voudront pas risquer de se voir rayer de la liste des adjudicataires potentiels.

8.2 Fabrication de pompes en fonte

Jusqu'à une époque relativement récente, la majorité des pompes à main classiques avaient un corps en fonte ainsi que des cylindres en fonte ou en laiton. La plupart des pompes constituées d'éléments en fonte étaient importées et, sauf exceptions notables, telles que l'Inde ou le Bangladesh, les pays en développement comptaient peu de fonderies capables de produire à grande échelle des pompes à main en fonte à un niveau constant de qualité. En conséquence de cela, les pompes en fonte font place peu à peu aux pompes préfabriquées composées de sections en acier et à celles en matière plastique.

Exigences de fabrication

Une fonderie et un atelier de mécanique sont nécessaires à la fabrication de pompes à main en fonte. Pour une entreprise dont l'activité se limite à la fabrication de pompes à main, il peut être plus économique d'acheter des pièces coulées à une fonderie travaillant à la tâche. Si une fonderie fait partie des investissements du projet d'hydraulique villageoise, celle-ci devra sans doute fabriquer parallèlement d'autres types de pièces coulées pour assurer sa rentabilité. Dans la plupart des cas, il sera possible de montrer à une fonderie existante l'intérêt d'étendre son champ d'activités à la fabrication de pompes à main.

Le degré de complexité ainsi que le niveau de production prévu détermineront les machines et les outils nécessaires. Les opérations de base comprennent le coulage, le meulage, l'alésage, le perçage, le filetage et la coupe. L'alésage de gros trous demande l'utilisation d'un tour; pour l'alésage de petits trous, une perceuse d'établi suffit.

La figure 8.2 illustre l'aménagement et l'équipement d'une fonderie. L'aménagement doit permettre une circulation naturelle des matériaux et des pièces dans l'usine, ainsi que l'entreposage des éléments et des pompes assemblées. Quant à la capacité de la fonderie, elle est surtout liée à la production de l'atelier de mécanique. A titre d'exemple, si l'atelier peut travailler sur 1.200 pièces environ par semaine, la fonderie devrait pouvoir traiter un volume suffisant de fer pour permettre de produire 600 pièces par coulée, à raison de deux coulées par semaine. Ce volume de travail en fonderie pourrait être exécuté par 10 personnes environ, sous réserve du type d'équipement utilisé. Le personnel de la fonderie fabriquerait les moules, aiderait aux coulées, effectuerait les opérations de démoulage des pièces coulées et transporterait celles-ci à l'atelier de mécanique. Le contremaître et les manutentionnaires s'occuperaient aussi de charger initialement le four de matériaux (figure 8.2). La présente publication ne peut englober les détails du processus de coulage; mentionnons seulement qu'il faut avoir recours aux

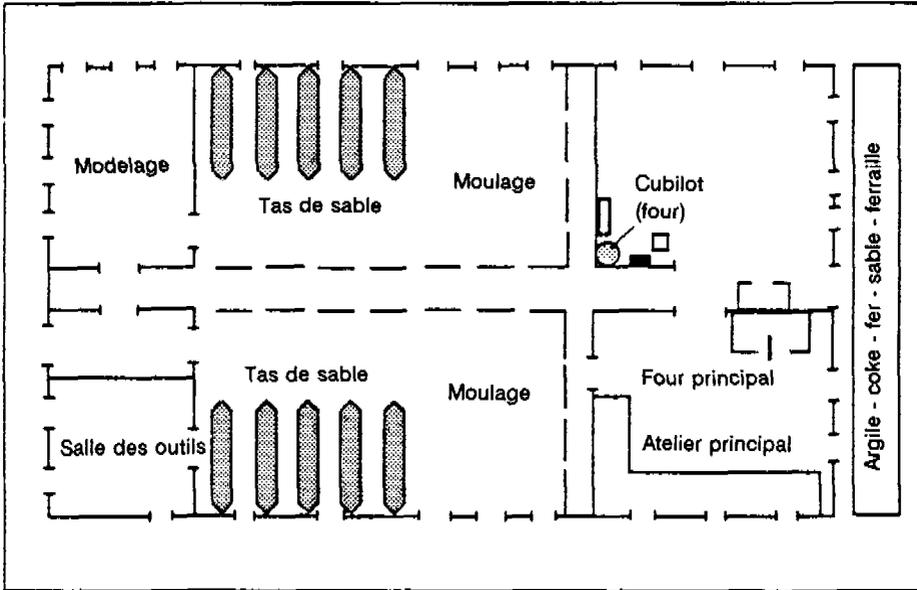


Figure 8.2 Aménagement type d'une fonderie (source: Battelle Memorial Institute).

conseils d'un expert pour établir les procédures d'exploitation et les modalités de contrôle de la qualité qui permettent de produire, sans défaillance, des pompes de bonne qualité.

Les effectifs de l'atelier de mécanique sont déterminés par le volume de production des pompes ainsi que par l'outillage et les équipements disponibles. Le tableau 8.1 fournit une indication des besoins en personnel pour une production hebdomadaire de 20 à 40 pompes.

Tableau 8.1 Dotation en personnel de l'atelier de mécanique (pour une production hebdomadaire de 20 à 40 pompes)

<i>Activité et équipements</i>	<i>Nombre de personnes</i>
Manutention et expédition des matériaux	2
Meulage	1
Tours	3
Perçage	3
Filetage des tuyaux	2
Revêtement des tuyaux	1
Inspection et peinture	1
Assemblage de filières	1
Supervision des ouvriers (contremaître)	1
Total	15

Matières premières

Les matières premières requises pour les pièces coulées de fonte grise sont la fonte en gueuses et le coke. On trouve au tableau 8.2 quelques spécifications quant à la composition de la fonte en gueuses destinée à la fabrication des pompes à main. Ces données sont extraites d'une publication du Battelle Memorial Institute (Columbus, Ohio) intitulée *Report on Foundry Pig Iron and Coke for Manufacture of the AID/Battelle Handpump* (Rapport sur l'utilisation de la fonte en gueuses et du coke dans la fabrication de la pompe à main AID/Battelle), de R.D. Fannon et S.T. Varga. On inclut souvent de la ferraille dans la fonte en gueuses, dans des proportions autorisées, ce qui a pour effet d'augmenter la dureté du cuvelage.

Tableau 8.2 Spécifications des éléments constituants de la fonte en gueuses (fourchette de pourcentages admissibles)

<i>Silicium</i>	<i>Carbone</i>	<i>Manganèse</i>	<i>Soufre</i>	<i>Phosphore</i>
de 2,50 à 2,75	de 4,10 à 3,85	de 0,50 à 1,25	0,05 max.	de 0,30 à 0,50
de 2,76 à 3,00	de 4,05 à 3,70	de 0,50 à 1,25	0,05 max.	de 0,30 à 0,50
de 3,01 à 3,25	de 3,90 à 3,65	de 0,50 à 1,25	0,05 max.	de 0,30 à 0,50
de 3,26 à 3,50	de 3,85 à 3,60	de 0,50 à 1,25	0,05 max.	de 0,30 à 0,50

Il ressort de ces quatre lignes que la teneur en silicium et la teneur en carbone sont en corrélation. Bien qu'il soit difficile de contrôler la teneur en carbone de la fonte en gueuses, les meilleurs résultats seront obtenus si l'on maintient cette teneur suffisamment près des valeurs indiquées dans ce tableau. Si la teneur en phosphore est plus élevée que la limite supérieure admissible, la fonte en gueuses sera dure, cassante et difficile à usiner.

Il est difficile d'obtenir un coke de cubilot qui soit conforme à des spécifications exactes; on peut toutefois retenir, à titre d'indication, les teneurs maximales (pourcentages en termes de masse) suivantes pour les ingrédients essentiels: carbone combiné - 88 %; matières volatiles - 1 %; cendres - 12 %; soufre - 1 %.

8.3 Construction en acier soudable

Comme la fonderie est une technologie d'un niveau de complexité normalement plus élevé que celui de la coupe et du soudage de l'acier doux, un nombre croissant de pompes à main sont fabriquées à partir d'éléments en acier soudable. Dans les pays en développement, les pompes en acier présentent un atout supplémentaire: elles sont moins vulnérables aux chocs qu'elles peuvent subir pendant le chargement et le déchargement. La plupart

des soudures des pompes à main ne sont pas particulièrement critiques et doivent simplement être étanches à l'eau, bien que certaines pompes comportent des soudures structurales (par exemple, au point de jonction du support du pivot de bras avec la tête de pompe). Une inspection visuelle est généralement une manière adéquate de vérifier l'état des soudures, à condition que l'inspecteur sache bien reconnaître les signes de défaillance.

Exigences de fabrication industrielle

Le degré de complexité du modèle de pompe choisi détermine la nature des procédés de fabrication et d'assemblage des pompes à main en acier; on peut toutefois fournir certaines indications générales, basées sur un atelier de mécanique type produisant la pompe India Mark II (figure 8.1).

La pompe Mark II est constituée essentiellement de feuilles, de tubages et de profilés en acier standard. Elle comporte un cylindre ainsi qu'un raccord de tuyau de refoulement en fonte, un manchon en laiton sans soudure, un assemblage de piston en bronze, un clapet de pied en bronze, avec soupape à papillon en caoutchouc, et un petit bout de chaîne à galets de machine. Les besoins d'une usine indienne, produisant 600 pompes Mark II par mois, avec un seul poste de huit heures, six jours par semaine, étaient les suivants:

- 100 kg d'acier doux par pompe;
- 5.000 kWh d'électricité par mois (puissance installée = 90 kW);
- 15 ouvriers qualifiés, surtout des soudeurs et des opérateurs de machine;
- 35 ouvriers non qualifiés;
- 10 employés de bureau;
- 3 ingénieurs;
- 1 ensemble complet de gabarits et de dispositifs de serrage;
- 5.000 m² de superficie au sol.

Il faut souligner que, dans le cas présent, la production du fabricant prévoyait la confection sur commande de plusieurs éléments de pompe par des sous-traitants.

Sur une plus petite échelle, on peut voir au tableau 8.3 les besoins en équipements et en main-d'oeuvre d'un atelier de mécanique de la Zambie produisant 20 pompes par mois.

Tableau 8.3 Besoins d'un atelier de mécanique en vue d'une production mensuelle de 20 pompes à main

<i>Activité et équipements</i>	<i>Nombre de personnes</i>
Tours	3
Soudure à l'arc	2
Coupe	1
Perçage	2
Supervision des ouvriers (contremaître)	1
Total	9

(Source : Technology Development and Advisory Unit, University of Zambia, Lusaka, Zambia)

Usinage

L'interchangeabilité des pièces détachées demeure un facteur important de l'entretien des pompes à main; leurs éléments doivent donc être usinés avec précision. Les sièges de soupape notamment, doivent être uniformes et lisses et ne pas présenter de soufflures, de fissures, de crevasses ni de piqûres. Les pièces d'accouplement des pompes doivent être usinées avec précision de façon à s'ajuster à plat sur un seul plan, et les écrous serrés doivent être d'équerre. Les rebords des trous doivent être usinés de manière à offrir aux goupilles, boulons et coussinets, un ajustage serré. Les traits de scie doivent être ébarbés, et les filetages de tuyaux, coupés complètement et d'une longueur qui assure une prise solide. L'usinage est tout particulièrement critique dans le cas des cylindres et des paliers, afin d'obtenir un alésage bien lisse.

Gabarits et dispositifs de serrage

Le dispositif de serrage sert à maintenir les pièces de pompe en position pour l'usinage, ou pour toute autre opération comme la coupe ou le perçage. Le gabarit maintient non seulement les pièces en place, mais incorpore aussi des fonctions spéciales permettant de guider l'outil de travail jusqu'à la position désirée.

On emploie les dispositifs de serrage pour le fraisage et le meulage, et les gabarits pour la coupe, le perçage, l'alésage et autres opérations de même nature. Grâce à l'utilisation de dispositifs de serrage et de gabarits, la précision dimensionnelle du travail peut être améliorée, ce qui permet d'obtenir l'uniformité et l'interchangeabilité des pièces. L'uniformité des produits finis est conditionnée toutefois par la qualité et l'état de ces dispositifs et gabarits; il convient donc de les vérifier régulièrement dans le cadre des inspections pour contrôle de la qualité.



Figure 8.3 Femmes travaillant sur un tour.

8.4 Pompes à main faites d'éléments de tuyau standard

Il est possible d'assembler des pompes à main à partir d'éléments de tuyau standard, bien qu'un tel choix ne soit pas nécessairement plus économique que la production de pompes spécialement conçues. La figure 8.4 illustre ce procédé par deux exemples, en Thaïlande et en Zambie, où l'on a utilisé surtout des tuyaux en fer et en acier galvanisés.

En Tanzanie, la pompe Shinyanga, élaborée pour la fabrication locale, dans le cadre du projet de puits peu profonds de la région de Shinyanga, est un autre modèle de ce type. Elle est constituée principalement d'un tuyau et de raccords en fer galvanisé, mais elle comporte également des équerres et des plaques d'acier. Les éléments constitutifs sont assemblés au moyen de boulons et d'écrous standard. Le cylindre est un tuyau en PVC de 500 mm de longueur et de 100 mm de diamètre, et le montant du pivot ainsi que le bras de pompe sont en bois.

8.5 Pompes et éléments de pompe en matière plastique

Grâce à certaines méthodes de production relativement simples, la fabrication locale d'éléments de pompe en matière plastique peut sembler, dans de nombreux pays en développement, une solution très intéressante. Le choix

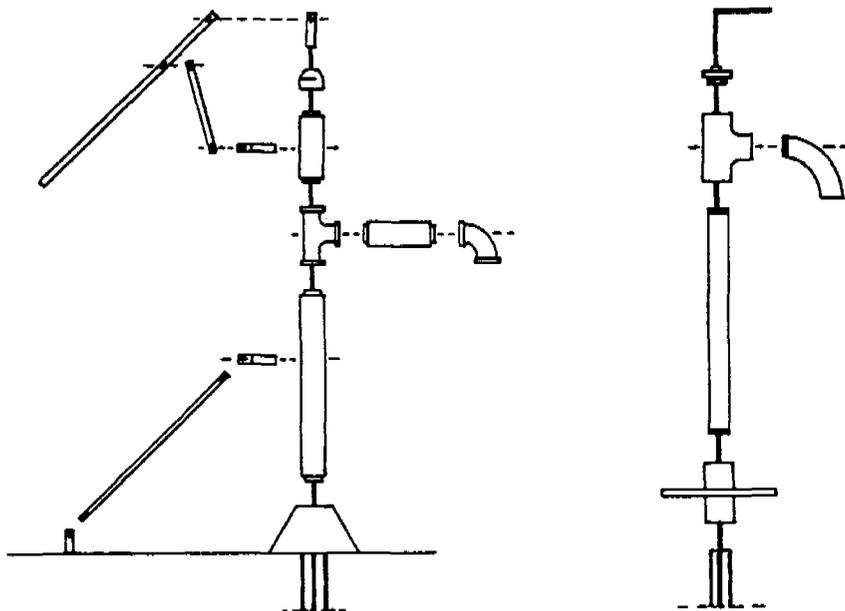


Figure 8.4 Pompes faites à partir d'éléments de tuyau standard, utilisées en Thaïlande (à gauche) et en Zambie (à droite).

des méthodes de production sera en grande partie déterminé par les propriétés des plastiques utilisés ainsi que par les dimensions et le modèle de la pompe.

Les facteurs suivants devraient favoriser l'utilisation des matières plastiques dans la fabrication locale des pompes à main:

- simplicité relative de la fabrication et de l'assemblage;
- faible coût d'une production en série des éléments;
- possibilité de sous-traiter la fabrication de certaines pièces à des producteurs de matières plastiques déjà établis;
- uniformité des éléments produits;
- simplification du contrôle de la qualité.

Parmi les procédés utilisés, on peut mentionner la coulée, le moulage par injection, le moulage par compression, l'extrusion et le façonnage.

Coulée

Les plastiques thermodurcissables et certains thermoplastiques conviennent à la coulée de pièces. La matière plastique monomère chauffée est coulée dans un moule découvert, où elle sera traitée et polymérisée. Pendant le refroidissement, la matière plastique se solidifie grâce à un catalyseur. Il s'agit d'un procédé relativement lent mais qui a certains avantages. En effet, les moules et l'équipement ne coûtent pas cher; la production de petits lots est économique et il est possible de fabriquer des pièces volumineuses et épaisses.

Les moules peuvent être faits en métal, mais des matières malléables bon marché telles que le plâtre ou le caoutchouc feront également très bien l'affaire. On maîtrise vite la technique élémentaire du coulage à la main, mais le contrôle parfait du moulage demande certaines aptitudes. Cette technique est particulièrement indiquée pour la production de petits lots d'un élément de pompe donné.

Moulage par injection

Le moulage par injection est la méthode de production d'articles en matières thermoplastiques la plus largement utilisée. Le polymère plastique sous forme de granulés vient alimenter la presse à injecter, où il est chauffé et s'écoule sous pression dans un creux de moule. Il refroidit dans le moule et, en s'y solidifiant, prend sa forme définitive.

Le moulage par injection était utilisé autrefois dans la fabrication de petits articles très légers, quelques grammes seulement. De nos jours, on peut fabriquer de cette manière des pièces de plusieurs kilogrammes. Presque tous les thermoplastiques peuvent être moulés par injection; certains thermodurcissables s'y prêtent également, mais il faut modifier l'équipement de manière à contrôler plus précisément la température, car ils ne doivent pas se polymériser avant d'avoir pris leur forme définitive.

Le moulage par injection est rapide et précis, et les coûts de production sont peu élevés. Etant donné que les moules sont onéreux, il est plus avantageux d'utiliser le moulage par injection lorsque d'importantes quantités d'éléments de pompe sont requis.

Moulage par compression

Dans le cas du moulage par compression, une quantité précise de matière plastique est chargée dans un moule chauffé, en deux parties, que l'on ferme ensuite sous pression. Le plastique chauffé est ainsi amené à épouser la forme de son contenant. Pour le durcissement des thermoplastiques, le moule doit alors être refroidi. Au bout d'un certain temps, on relâche la pression, et

l'article solidifié peut être retiré du moule. Avec les thermodurcissables, le durcissement s'obtient après traitement à hautes températures.

Le moulage par compression est un procédé relativement simple, et les moules sont moins chers que ceux employés pour l'injection. Cette technique se prête surtout à la production de pièces de très grandes dimensions.

Extrusion

Dans le cas du procédé d'extrusion, la résine plastique fondue est poussée à chaud dans une filière, dont la forme donnera le produit extrudé.

Habituellement, on fait ensuite passer la pièce extrudée, dans sa totalité, dans un bain de refroidissement à l'eau. L'extrusion s'applique surtout aux polymères thermoplastiques.

Contrairement à la plupart des autres procédés de fabrication des plastiques, l'extrusion se fait en continu; les tuyaux, feuilles, tiges et isolants de câbles en sont les produits les plus courants. Un contrôle adéquat de la température et de la pression utilisées permettra d'obtenir des produits extrudés uniformes et lisses. On fabrique ainsi, dans de nombreux pays en développement, des tuyaux pour l'approvisionnement en eau.

Façonnage des plastiques

Le façonnage à partir de matières solides est un moyen utile de produire en petits nombres des prototypes de pompe à main en matière plastique.

Cependant, la possibilité d'appliquer des techniques pour la production en série est justement l'un des gros avantages des plastiques, avantage qui est perdu lorsque toutes les pièces requièrent beaucoup d'usinage.

Les opérations d'usinage des plastiques comprennent le limage, le sciage, le sablage, le meulage, le perçage, le taraudage et le tournage. Il est possible d'usiner la plupart des plastiques au moyen de machines traditionnelles conçues pour le bois ou les métaux. L'utilisation judicieuse de gabarits et dispositifs de serrage de bonne qualité permettra d'améliorer l'exécution, la cadence de la production et de faciliter en général la fabrication.

Techniques d'assemblage

Les principales techniques d'assemblage des éléments de pompe en matière plastique sont le collage par solvant-ciment, les jointures mécaniques et le soudage des plastiques. Ce sont les usages prévus, les circonstances de l'assemblage ainsi que les propriétés même des matières plastiques qui détermineront le choix de la méthode la mieux appropriée.

Le collage par solvant-ciment est un moyen efficace, simple et économique d'unir deux surfaces en matière plastique; la résistance de la jointure dépend de l'état et de la propreté des surfaces de contact. Il est souvent préférable de rendre les surfaces rugueuses en les frottant avec du papier abrasif. L'ajustage et l'alignement sont critiques, et les parties assemblées ne devraient être soumises à un effort qu'une fois achevé le processus de durcissement, c'est-à-dire après 24 heures au moins. On applique le solvant-ciment par immersion ou, dans le cas de grandes superficies, par encollage au moyen d'un pistolet à colle ou d'un pinceau ordinaire. Les solvants-ciments permettent la soudure moyennant un amollissement des surfaces en matière plastique enduites, ce qui les fait fusionner ensemble. Comme ces ciments contiennent des substances volatiles, il faut les conserver dans des récipients hermétiquement fermés, placés à l'abri dans un endroit frais.

Parmi les jointures mécaniques utilisées pour les plastiques, on peut citer: les vis, les attaches de fixation, les rivets, les goupilles et les boulons. Ces dispositifs présentent deux atouts: on peut immédiatement soumettre à l'effort les pièces confectionnées, et le démontage est toujours possible. On trouve de plus en plus d'attaches en matière plastique sous forme de charnières à crans ou encliquetables et de fermoirs. Il est également possible d'intégrer les éléments de fixation mécanique à l'élément en plastique, comme c'est le cas pour les filets de vis.

Les thermoplastiques peuvent être assemblés par soudage à la chaleur. On expose à une source de chaleur les surfaces à assembler, on les réunit, puis elles se solidifient en refroidissant. Dans le cas du soudage au gaz chaud, l'assemblage des pièces s'effectue au moyen d'une baguette d'apport faite d'une matière semblable ou compatible. C'est une technique employée couramment avec les uPVC, mais elle est également efficace avec le polyéthylène, le polypropylène et autres thermoplastiques. Les autres méthodes de soudage dites à plaque chauffante, H.F. (hautes fréquences) et par ultrasons ne diffèrent que par la façon dont la chaleur est produite. On peut aussi utiliser une technique appelée soudage par rotation, où la chaleur est obtenue par friction, à la jonction entre une pièce fixe et une autre qui tourne.

Les pompes à main fabriquées à partir de raccords de tuyau standard en plastique

Certains modèles de pompe à main, dont la pompe Blair, peuvent être fabriqués en majeure partie à base de tuyau et de raccords standard en plastique. L'avantage de ce type de production est qu'aucune installation spéciale de fabrication, telles que les équipements de moulage ou de fonderie, n'est requise. Habituellement, ces pompes sont d'une conception simple et

peuvent être assemblées par des artisans des villages. Jusqu'à présent, leur utilisation s'est limitée aux puits peu profonds et à des groupes d'utilisateurs relativement peu importants.

8.6 Fabrication des pompes à main par les artisans des villages

Les pompes à main destinées à l'approvisionnement en eau des collectivités doivent avoir une longue durée de vie et le contrôle de la qualité doit être rigoureux. C'est pourquoi, elles doivent être fabriquées presque toujours dans des installations de production en série bien organisées. Toutefois, les artisans des villages peuvent choisir parmi un large éventail de modèles de pompes conçues pour une utilisation légère, dans un milieu où elles peuvent être réparées rapidement et facilement en cas de besoin. En général, de telles pompes serviront une ou plusieurs familles qui tirent leur eau d'un puits peu profond, probablement en deçà de la limite d'aspiration (7 m).

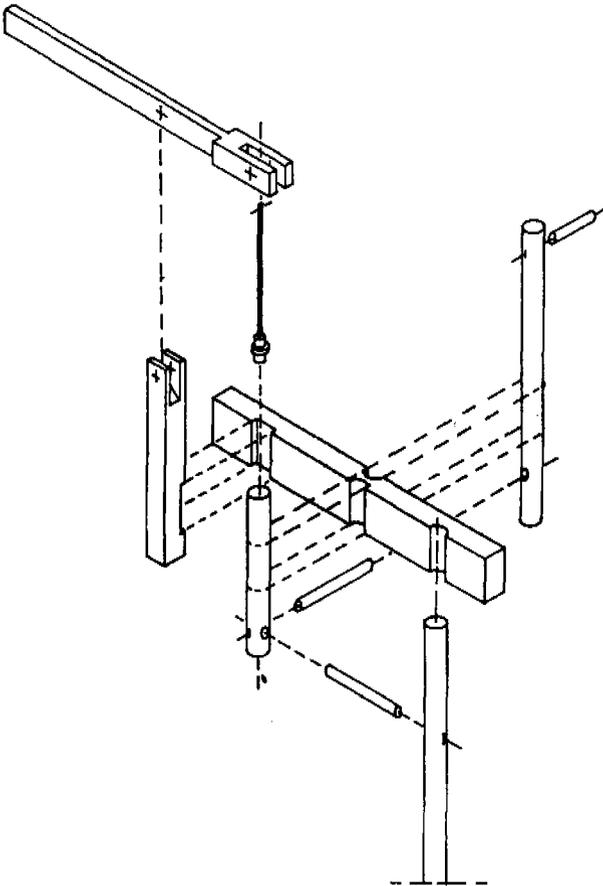


Figure 8.5 Le modèle de pompe ci-contre, dont les éléments sont en bambou, est l'oeuvre d'artisans de l'Ouest Java (source : DTC-ITB, Bandung, Indonésie).

Ainsi, les artisans sont capables de fabriquer, à partir de matériaux locaux, tels que le bois, le bambou, le cuir ou les tuyaux de PVC, des éléments de pompe fonctionnels, voire même des pompes complètes. A titre d'exemple, des ouvriers expérimentés ont pu confectionner avec succès des joints de cuvette en cuir. En cas d'urgence, ou lorsqu'on ne peut obtenir localement de nouveaux joints de cuvette, des joints de rechange peuvent être confectionnés sur place à partir de pneus usagés ou de cuir de bonne qualité. Dans le cas du cuir, on fait d'abord tremper une pièce surdimensionnée dans de l'eau, puis on la fixe à l'intérieur du piston plongeur ou d'un objet de même diamètre et de même grosseur. On introduit ensuite de force le piston dans un tuyau de même diamètre que le cylindre de la pompe. Lorsque le joint est sec, on le retire, puis l'on ébarbe le rebord plissé à l'aide d'un couteau tranchant. Après avoir fait un trou au centre et appliqué une de la graisse graphitée ou une cire sur la surface de frottement, le joint de cuvette est prêt à être monté dans le cylindre de pompe.

Des villageois ont également fabriqué des ensembles complets de pistons plongeurs et de clapets en bois, avec des joints en cuir ou en caoutchouc. Le bois est souvent retenu pour la fabrication des bras de pompe; en voici les avantages:

- ils sont plus faciles à remplacer que les bras en fer ou en acier;
- de par leur fabrication robuste et leur grande dimension, leur poids contrebalancera celui des tiges de pompe, pour une utilisation plus ergonomique;
- la surface de portée du bras en bois s'use de préférence à la goupille sur laquelle pivote le bras.

Le principal avantage des pompes de fabrication locale réside dans le fait qu'on peut les réparer ou même les remplacer sans qu'il faille attendre l'intervention d'un technicien extérieur ou d'une équipe d'entretien mobile. Le modèle montré à la figure 8.5 peut être fabriqué en deux jours à un prix économique par un artisan de village de l'Ouest Java. Et même si la pompe tombe en panne régulièrement, en raison de sa construction simple, on peut la réparer très rapidement et les utilisateurs n'ont pas à retourner à des sources d'approvisionnement contaminées.

Références et bibliographie sélectionnée

- Addison, H. (1985). *The pump user's handbook*. London, United Kingdom, Pitman & Sons.
- Agboton, I. et al (1986). *Stratégie de la maintenance des ouvrages d'hydraulique villageoise en République Populaire du Bénin. Journées Techniques du Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques,, Brazzaville, Congo, CIEH.*
- Anandarup Ray (1984). *Cost-benefit analysis: issues and methodologies*. London, United Kingdom, John Hopkins University Press.
- Andersson, I. (1982). *Wells and handpumps in Shinyanga Region, Tanzania: level of service from small-scale water supplies. (Research Paper no.77)*. Dar es Salaam, Tanzania, University of Dar es Salaam, Bureau of Resource Assessment and Land Use Planning (BRALUP).
- Andersson, I. (1984). *Improvement of traditional sources: a realistic alternative*. In Malin Falkenmark and Jan Lundqvist (eds.), *Water for all: coordination, education, participation: report from an international seminar*. Linköping, Sweden, University of Linköping, Department of Water in Environment and Society, 237-248.
- Arlosoroff, S. (1986). *UNDP-World Bank activities on low-cost water supply and sanitation management*. International Conference on Water and Waste-water Management in Asia, Singapore.
- Bannerman, R. (1981). *Handpump maintenance programme in Ghana Upper Region: paper presented at 6th. WEDC Conference, 24-28 March, 1980 at Ahmadu Bello University, Zaria, Nigeria*. Loughborough, United Kingdom, University of Technology (WEDC-Group).
- Baldwin, G.B. (1984). *The Indian Mark II handpump and its three- ties maintenance system*. *Waterlines*, 1, 4, 8-12.
- Banque mondiale, (1987). *Approvisionnement en eau des collectivités: l'option "pompes manuelles"*. Washington, D.C., USA, Banque mondiale.
- Bastemeijer, T.F. and Visscher, J.T. (1987). *Maintenance systems for rural water supplies. (Occasional Paper no.8)*. The Hague, The Netherlands, IRC.
- Bénamour, A. (1981). *Hydraulique villageoise et moyens d'exhaure*. Ouagadougou, Burkina Faso, Comité Inter-Africain d'Etudes Hydrauliques (CIEH).
- Blankwaardt, B. (1984). *Hand drilled wells: a manual on siting, design, construction and maintenance*. Dar es Salaam, Tanzania, Rwegarulila Water Resources Institute.
- Blow, C.M. (1975). *Rubber technology and manufacture*. London, United Kingdom, Newnes & Butterworths.
- Boot, M. (1984). *Making the links: guidelines for hygiene education in community water supply and sanitation: with particular emphasis on public standpost water supplies. (Occasional Paper no.5)*. The Hague, The Netherlands, IRC.
- Boot, M. (1987). *Evaluating water supply and sanitation projects: training course: modules and guide for moderators*. The Hague, The Netherlands, IRC/UNICEF.
- Brush, R.E. (1981). *Wells Construction: hand dug and hand-drilled wells*. Washington, D.C., USA, Peace Corps.
- Brydson, J.A. (1975). *Plastic materials*. London, United Kingdom, Whitefriars Press.

BIBLIOGRAPHIE

- Burgeap (1986). Maintenance des ouvrages hydrauliques moyens d'exhaure dans le cadre d'un projet d'hydraulique villageoise. Journées Techniques du Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques, Brazzaville, Congo, CIEH.
- Cairncross, S. et al (1980). Evaluation for village water supply planning (Technical Paper no.15). The Hague, The Netherlands, IRC.
- Charnock, G. (1982). Malawi's Livulezi projects provides a primer for pump studies. *World Water*, 5, 1, 22-23, 25-26.
- Chong, Kah-Lin (1983). Wear of plastic ring seals of reciprocating water pump. Kuala Lumpur, Malaysia, University of Malaya.
- Chowdhury, Z. (1978). The paramedics of Savar: an experiment in community health in Bangladesh. *Development Dialogue*, 1, 41-50.
- Chulalongkorn University (1980). The development of a PVC handpump: report by mechanical engineering department of Chulalongkorn University with support from WHO and UNICEF. Bangkok, Thailand, Chulalongkorn University.
- Collett, J. and Pearson, H. (1975). Oil soaked bearings: how to make them. *Appropriate Technology*, 2, 4, 11-13.
- Collins, H.E. (1980). *Pumps: troubles and remedies*. New York, USA, Hill Publishing Company.
- Consumers' Association Testing and Research Laboratory (1980). *Hand/foot-operated water pumps for use in developing countries: final summary report on handpumps testing project*. Harpenden, United Kingdom, Consumers' Association Testing and Research Laboratory.
- Consumer Research Laboratory (1987). *Handpumps for community water supply: report of the research and development coordination meeting and an agenda for action*. Harpenden, United Kingdom, Overseas Development Administration.
- DHV (1982). *Shallow wells*. Amersfoort, The Netherlands, DHV Consulting Engineers.
- Dijon, R. (1981). *Operation and maintenance of rural water supply schemes: paper presented at the Interregional Seminar on Rural Water Supply*, Uppsala (Sweden). New York, USA, United Nations.
- Diluca, C. (1983). *Les pompes à main en hydraulique villageoise: conditions d'utilisation et d'entretien dans les pays membres du CIEH*. Ouagadougou, Burkina Faso, Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques.
- Donaldson, D. (1983). *A technical/managerial review of USAID-assisted handpump programmes in Sri Lanka, The Philippines, Honduras, and the Dominican Republic*. (WASH Working Paper no.29). Arlington, USA, Water and Sanitation for Health Project.
- Donaldson, D. (1984). *Operation and maintenance of rural drinking water and latrine programs in Honduras*. (WASH Field Report no.129). Arlington, USA, Water and Sanitation for Health Project.
- Driscoll, F.G. (1986). *Groundwater and wells: 2nd edition*. St. Paul, Minnesota, USA, Johnson Division.
- Dworking, D. (1980). *Rural water projects in Tanzania: technical, social and administrative issues* (AID Evaluation Special Study no.3). Washington, D.C., USA, U.S. Agency for International Development.

- Dworking, D. et al. (1980). The potable water project in rural Thailand. Washington, D.C., USA, USAID.
- Eubanks, B. (1971). The story of the pump and its relatives. Salem, USA, Privately published.
- Fannon, R.D. and Varga, S.T. (1972). Report on foundry pig iron and coke for manufacture of the Aid/Battelle handpump. Columbus, USA, Battelle Memorial Institute.
- Finnwater Consulting Engineers (1980). Rural water supply construction project in Mtwara and Lindi Region: final report: January 1978 - March 1980. Dar-es-Salaam, Tanzania, Government of Tanzania/Government of Finland.
- Gibbs, K.R. (1984). Diarrhoea and the decade in a developing country: the Bangladesh case. In Institution of Civil Engineers, World Water '83: the world problem. London, United Kingdom, Thomas Telford, 189-195.
- Grey, D. and Langenegger, O. (1984). Implementation of handpump schemes for rural water supplies in Africa: paper presented at the 2nd African Water Technology Conference Nairobi. Washington, D.C., USA, World Bank.
- Hahn, R. (1983). Handpump testing and development. Lund, Sweden, Lund Institute of Technology.
- Hall, G.B. (1979). Inspection and the India Mark-II handpump. In CPHEEO and UNICEF Report of the National Conference on Deep-well Handpumps: Madurai, July 10-13, 1979. New Delhi, India, Central Public Health and Environmental Engineering Organization.
- Harkness, R.M. (1983). Village women, water and development: an evaluative study of the water supply project in Bolgatanga District, Upper Region, Ghana. Ottawa, Canada, Carleton University.
- Heffinck, P. (1978). Survey on the maintenance and condition of government handpump tubewells in rural Bangladesh. Dhaka, Bangladesh, UNICEF.
- Handpump Development News (1987). Nos 5, 6, 7. Papendrecht, The Netherlands, B&R Consulting Engineers.
- IDRC (1987). IDRC handpump network: proceedings of the meeting held in Bangkok, Thailand, 1-3 October 1986. (IDRC Manuscript Report no.159e). Ottawa, Canada. International Development Research Centre.
- Indian Standards Institution (1957). Standard specification for leather pump buckets made from vegetable-tanned leather. New Delhi, India, Indian Standards Institution.
- Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (1975). Manual del primero curso sobre operacion y mantenimiento de distemas de aqua potable en el are rural. Guyayaquil, Ecuador, Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias.
- James, B.E. (1984). USAID handpump program in Ecuador. (WASH Field Report no.123). Arlington, USA, Water and Sanitation for Health Project.
- Janssens, R.I.M. (1981). Trainer's guide to flipchart for the India Mark-II deep-well handpump caretaker training programme. New Dehli, India, UNICEF.
- Jayasinghe, K.H. et al (1983). Socio-cultural dimensions of water supply and sanitation. Helsinki, Finland, University of Helsinki, Institute of Development Studies.
- Johnson, D. (1974). Pumping capabilities of simple handpumps at different attitudes (VITA Report no.2). Arlington, USA, Volunteers in Technical Assistance.

BIBLIOGRAPHIE

- Johnston, M. (1986). Unique stimuli for action: two cases of hygiene and sanitation education. Solo, Indonesia, Yayasan Indonesia Sejahtera.
- Johst, P., and Kramer, G., and Storgaard, B. (1979). Drinking water to rural areas in Bangladesh: an evaluation of the rural tubewell water supply project. Copenhagen, Denmark, DANIDA.
- Karim, R., Miller, R.L., and Pecht, G.A. (1982). Foundry manual. New York, USA, Ammann and Whitney.
- Kirimbai, M. and Wijk, C.A. van (1983). Impact of water supply on hygiene improvements in Tanzania: a study in 8 villages in Morogoro and Shinyanga regions. The Hague, The Netherlands, IRC.
- Knight, R. (1981). Technical assistance in the manufacture and quality control of the AID/Battelle handpump in The Dominican Republic. (WASH Field Report nNo.20). Arlington, USA, Water and Sanitation for Health Project.
- Laak, F.H.J. van de (1980). Organization and maintenance of village handpumps water supplies. In: Morogoro Conference on wells: proceedings of the Morogoro Conference on wells held at Mikumi Wildlife Lodge, 18-22 August 1980. Dar es Salaam, Tanzania, Ministry of Water, Energy and Minerals.
- Laubjerg, K. (1984). Bangladesh rural water supply and environmental sanitation programme: socio-economic studies. (Report no.2). Dhaka, Bangladesh, DANIDA.
- Mammo, A. (1981). Shallow wells and handpump: rural water supply in developing countries: proceedings of a Workshop held in Zomba, Malawi, 5-12 August 1980. Ottawa, Canada, International Development Research Centre.
- Mauluka, L. (1983). Community participation in the construction and maintenance of rural groundwater supplies in Malawi. In Malin Falkenmark and Jan Lundqvist (eds.), Water for all: cooperation, education, participation: report from an international seminar. Linköping, Sweden, Department of Water in Environment and Society, 162-180.
- McJunkin, F.E. (1977). Handpumps for use in drinking water supplies in developing countries. (Technical Paper Series no.10). The Hague, The Netherlands, IRC.
- Micro Industries Development Assistance Society (1984). A comparative study of the caretaker system of the DPHE/UNICEF rural water supply programme. Dhaka, Bangladesh, Micro Industries Development Assistance Society.
- Morgan, P. (1980). A simple hand-operated water pump suitable for shallow wells. Harare, Zimbabwe, Blair Research Laboratory.
- Msukwa, L.A.H. and Kandoole, B.F. (1981). Water by the people: an evaluation of the rural water supply programme on Zomba District. Blantyre, Malawi, University of Malawi, Centre for Social Research.
- OMS (1983). La procédure d'évaluation minimale (PEM) des projets d'approvisionnement en eau et d'assainissement. Geneve, Suisse, Organisation Mondiale de la Santé.
- Osei Poku, K. (1976). Well drilling programme and selection of suitable handpumps for use in Ghana. Accra, Ghana, Ghana Water and Sewerage Corporation.
- Pacey, A. (1980). Handpump maintenance in the context of community well projects. Rev. ed. London, United Kingdom, Intermediate Technology Publications.
- Pashkevich, A. and Birch, R. (1984). Job aids for quality control in the manufacturing of the AID handpump. (WASH Field Report no.124). Arlington, USA, Water and Sanitation for Health Project.

- Pashkevich, A. and Birch, R. (1984). Job aids for quality control in the manufacturing of the AID handpump. (WASH Field Report no.124). Arlington, USA, Water and Sanitation for Health Project.
- Ploeg, J.D. van der and Wijk-Sijbesma, Ch. van (1980). Community participation in the rural well construction programme of Guinea Bissau. *Aqua*, 9/10, 21-23.
- Plumtree, A. and Rudin, A. (1977). Plastic well casings for use with hand-operated water pumps. Waterloo, Canada, University of Waterloo.
- Potts, P.W., Knight, R. and Sternber, Y.M. (1979). Feasibility of local manufacture of the AID hand-operated water pump and other technology appropriate for rural water supply programmes in The Philippines. (WASH Field Report no.3). Arlington, USA, Water and Sanitation for Health Project.
- Prasad, R. (1979). *Handpumps: problems and the search for remedies: proceedings of Indian Academy of Science*, Vol. C2, Part 4, pp.473-505.
- Roark, P. (1984). Women and water. In Peter Bourne (ed.), *Water and sanitation: economic and sociological perspectives*. Orlando, USA, Academic Press, 49-68.
- Sacher, H., Werner, H. and Beyer, M.G. (1983) How useful are rural water supply programmes: joint UNICEF/GTZ assessment of UNICEF-assisted rural water supply projects in Bangladesh, Nepal and Burma. New York, USA, UNICEF.
- Sclafani, J.A. (1981). Popular participation and the Bahr-El-Ghazal domestic water supply project: lessons and implications for UNICEF policy. Khartoum, Sudan, UNICEF.
- Scotney, N. (1980). Developing health education component for the UNICEF water and sanitation programme, Sudan. Nairobi, Kenya, African Medical and Research Foundation.
- Sharp, D. and Graham, H. (1982). *Village handpump technology: research and evaluation in Asia*. Ottawa, Canada, International Development Research Centre.
- Shaworon, J.F. (1978). *Handpump maintenance: organisational consideration: for water supply projects in developing countries*. Interim Report.
- Squire, Lyn and Tak, Herman G. van der (1975). *Economic analysis of projects*. London, United Kingdom, Johns Hopkins University Press.
- Standards for centrifugal, rotary and reciprocating pumps 13th ed.). Cleveland, USA, Hydraulic Institute.
- Sternberg, Y.M. (1978). Testing of wood bearings for handpumps. (P.U. Report no. RES 13). Washington, D.C., USA, World Bank.
- Subba Rao, R. (1975). Report on study of handpump (shallow tubewell) for WHO/UNICEF-assisted project and other rural water supplies. Phase II: Design, fabrication and testing of modified handpump. Calcutta, India, All India Institute of Hygiene and Public Health.
- SWS Filtration Ltd. (1985). Notes on the installation of small well screens. SWS Filtration Ltd.
- Tanzania, Prime Minister's Office (1984). Proceedings of the interministerial meeting on community participation and health education in the Tanzanian rural water supply programme. Dodoma, Tanzania, Prime Minister's Office.
- Tanzania, Prime Minister's Office, The Netherlands, Ministry of Foreign Affairs and IRC (1984). Project for the development of a community participation component in the Tanzanian rural water supply programme. Final report, IRC.

BIBLIOGRAPHIE

Tanzania, Prime Minister's Office (1983). Understanding and improvement of village hygiene: training/job manual for trainers, pump caretakers, village water committees and village health staff. The Hague, The Netherlands, IRC.

Tata Economic Consulting Services (1984). Semi industrial projects assisted by UNICEF in India: assessment of India Mark-II handpump project. New Dehli, India, UNICEF.

Thanh, N.C., Pescod, M.B. and Venkitachalam, T.H. (1979). Design of simple and inexpensive pumps for village water supply systems (final report no.67). Bangkok, Thailand, Asian Institute of Technology.

Trietsch, R. (1983). Shallow wells and handpumps: a Tanzanian experience. *Water Supply*, 1, 4, 31-40.

UNICEF (1979). Guide to selection and training of village handpump caretakers. Madras, India, Tansi Press.

UNICEF (1979). India Mark-II deep-ell handpump: installation and maintenance manual. New Delhi, India, UNICEF.

Visscher, J.T. and Hofkes, E.H. (1983). The Buba-Tombali water project. The Hague, The Netherlands, IRC.

Water Resources Center and Asia Foundation (1981). Installation manual for cylinder pump. Cebu City, Philippines, University of San Carlos, Water Resources Center.

Watt, S.B. (1975). Approaches to water pumping in West Africa: paper presented at FAO/Danida seminar on small-scale resources development in West Africa. Ouagadougou, Burkina Faso, Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques.

Watt, S.B. (1976). 21 chain and washer pumps from the 1958 Peking Agricultural Exhibition. London, United Kingdom, Intermediate Technology Publications.

Watt, S.B. and Wood, W.E. (1976). Handdug wells and their construction. London, United Kingdom, Intermediate Technology Publications.

Wavin (1986). Wavin direct action handpump: institutional manual for installation and maintenance. The Netherlands, Wavin Overseas.

White, A.T. (1981). Community participation in water supply and sanitation: concepts, strategies and methods. (Technical Paper no.17). The Hague, The Netherlands, IRC.

Whyte, A. (1986). Guidelines for planning community participation in water supply and sanitation projects. (WHO Offset Publication no.96). Geneva, Switzerland, World Health Organization.

World Bank (1984). Laboratory testing of handpumps for developing countries: final technical report. (World Bank Technical Paper no.19). Washington, D.C., USA, World Bank.

World Bank (1985). Rural water supply and sanitation: a framework for improving investments. Draft Policy Paper. Washington, D.C., USA, World Bank.

Wijk-Sijbesma, C.A. van (1985). Participation of women in community water supply and sanitation: roles and realities (Technical Paper no.22). The Hague, The Netherlands, IRC.

Wijk-Sijbesma, C.A. van (1987). L'eau à quel prix? (Série des Documents Occasionels no.10). La Haye, Pays-Bas, CIR.

Wijk-Sijbesma, C.A. van (1983). Maintenance and repair systems for handpump wells: an appraisal study. The Hague, The Netherlands, IRC.

Annexes:

I. Approvisionnement en Eau des Collectivités: l'Option "Pompes Manuelles" - Exposé Succinct*

Au cours de la quinzaine d'années qui nous sépare de la fin du siècle, il sera nécessaire d'améliorer l'approvisionnement en eau d'environ un milliard 800 millions d'être humains si les pays en développement sont destinés à atteindre l'objectif fixant le taux de couverture de ce service à 100 pour cent pour leurs habitants. Pendant la première moitié de la Décennie internationale de l'eau potable et de l'assainissement (1981-1990), le pourcentage de la population rurale ayant accès à une eau potable a augmenté, mais il n'y a qu'en Asie que les progrès ont été suffisamment rapides pour qu'on puisse envisager que la quasi-totalité des ruraux soient desservis d'ici la fin du siècle - soit dix ans plus tard qu'il n'avait été initialement prévu dans la Décennie. En Afrique, si le rythme actuel de progression reste inchangé, la moitié des populations rurales n'aura toujours pas d'eau potable en l'an 2000, tandis qu'en Amérique latine, il faudra peut-être attendre l'an 2010 pour que l'intégralité de ces populations y ait accès, à moins que l'on n'enregistre des progrès spectaculaires.

La progression se trouve freinée par les problèmes d'ordre technique et financier que connaissent beaucoup de pays en développement, problèmes que vient encore aggraver le nombre croissant de projets menés à bonne fin, mais dont par la suite les installations se dégradent, sont abandonnées ou fonctionnent bien en deçà de leurs capacités. Les tentatives d'améliorer plus rapidement l'approvisionnement en eau des collectivités ont souvent échoué parce que les habitants des villages n'ont pu continuer à appliquer la technologie prévue.

Pour avoir un effet durable au regard des besoins urgents, les stratégies d'approvisionnement en eau des collectivités (AEC) doivent se fonder sur des programmes susceptibles d'être maintenus et reproduits et tenir compte des délais nécessaires pour pallier à la faiblesse des ressources disponibles. Les programmes de mise en valeur des ressources humaines ne produisent des résultats qu'avec le temps et sur le plan des institutions, l'évolution ne peut être que progressive.

* Cet exposé succinct est extrait dans son intégralité de la publication de la Banque mondiale *Approvisionnement en eau des collectivités: l'option "pompes manuelles"*

Approche intégrée

Les programmes d'approvisionnement en eau des collectivités qui sont couronnés de succès équilibrent matériel et logiciel - technologie et éléments d'appui institutionnel/organisationnel - de manière à ce que chaque collectivité reconnaisse les avantages que présente une amélioration de son alimentation en eau, puisse à tout le moins couvrir les dépenses d'exploitation et d'entretien des installations et possède les compétences, les pièces de rechange et l'outillage nécessaires à leur maintien. Pour maximiser les avantages qui en découlent sur le plan de la santé il faut prévoir, parallèlement à l'amélioration de l'alimentation en eau des collectivités, des investissements au titre de programmes d'éducation sanitaire et d'assainissement.

Cette conception intégrée de la planification comporte plusieurs éléments déterminants, ayant tous une importance égale et qui, conjointement, constituent l'assise de services fiables:

- Participation effective de la collectivité à la conception, l'exécution, le maintien et le financement des améliorations prévues, les organismes promoteurs assurant l'assistance technique et les services d'appui nécessaires. Il faut faire concorder les besoins et les desiderata de la collectivité avec les moyens dont elle dispose et sa volonté de couvrir les dépenses correspondant au niveau de services escompté.
- Récupération de l'intégralité des dépenses renouvelables, assortie du financement des dépenses d'investissement (construction) pour les collectivités démunies, compensé par la récupération du total des dépenses lorsque le niveau des services est plus élevé.
- Participation maximale des entreprises nationales à la fourniture des services et biens matériels nécessaires à la construction et à l'exploitation des installations (par exemple, fourniture de pompes et pièces détachées, entretien et réparations), à la condition importante que le contrôle de la qualité et la fiabilité soient assurés et que les coûts soient compétitifs.
- Choix de technologies adaptées aux ressources disponibles pour les mettre en oeuvre.
- Programmes institutionnels et programmes de formation correspondant aux besoins du système prévu de distribution d'eau.
- Programmes parallèles d'éducation sanitaire et d'amélioration de l'assainissement.

Niveau des services et choix technologiques

La détermination du niveau des services (volume d'eau fourni par personne et facilité d'accès) à assurer à une collectivité ou à un district donné fait intervenir plusieurs des facteurs énoncés plus haut. L'objectif visé est que la technologie choisie soit de nature à offrir à la collectivité le niveau maximal de services qu'elle est résolue à financer, dont elle peut tirer profit et qu'elle a les moyens institutionnels de maintenir.

On peut être amené à opérer un choix entre eaux superficielles et eaux souterraines (éventuellement complémentées par les eaux pluviales) comme source principale d'approvisionnement - et entre pompes manuelles, bornes-fontaines et postes d'eau installés dans la cour d'habitations pour la distribution aux bénéficiaires. Les coûts et les avantages seront tous deux fonction du nombre de points d'eau, l'amélioration de la facilité d'approvisionnement étant un des principaux avantages escomptés, selon l'évaluation faite par les consommateurs.

Les eaux souterraines sont à maints égards préférables aux eaux superficielles, notamment parce que si l'emplacement des puits est judicieusement déterminé par rapport aux latrines existantes ou prévues, il est généralement possible de disposer d'une eau salubre sans avoir à la traiter - ainsi que pour d'autres raisons qui sont indiquées au chapitre 2. Les installations de traitement des eaux nécessaires pour rendre potables des eaux superficielles exigent des ressources dont ne disposent pas la plupart des collectivités et l'utilisation d'eaux superficielles non traitées comporte souvent des risques inacceptables sur le plan sanitaire.

Lorsqu'il est possible de protéger de la contamination un bassin de retenue en amont, une adduction d'eau gravitaire peut être fiable et salubre, mais cela n'est vrai que de régions où vit un faible pourcentage des populations dont l'alimentation en eau demande à être améliorée. Les eaux superficielles ne constitueront donc que rarement la source principale d'approvisionnement dans les programmes; les choix technologiques analysés dans le présent rapport s'appliquent essentiellement aux systèmes de pompage d'eaux souterraines.

Partant de l'hypothèse que les différents systèmes envisagés sont également fiables, les trois principales options techniques - pompes manuelles, bornes-fontaines et postes d'eau dans la cour d'habitations - correspondent généralement à des niveaux de services de plus en plus élevés et exigent, pour leur exploitation comme pour leur entretien, des ressources financières et techniques croissantes. Le choix de la technologie qui convient à un programme ou projet donné doit tenir compte des limites imputables aux

ressources, notamment de la capacité qu'ont les utilisateurs d'exploiter et d'entretenir les différents systèmes considérés.

On retrouve cette notion de *fiabilité* tout au long du présent document. Un des facteurs les plus importants de la fiabilité d'un système est la durée d'immobilisation d'une pompe endommagée. Le temps qu'il faut à certains services d'entretien centralisés pour intervenir peut atteindre plusieurs mois. Si l'on se réfère à l'encadré 5.2 (chapitre 5), on constate que lorsque l'entretien d'une pompe manuelle incombe à un réparateur local, qui la remet en état dans un délai d'une semaine après qu'elle soit tombée en panne, une pompe immobilisée en moyenne tous les huit mois est plus "fiable" qu'une autre qui fonctionnerait sans problèmes pendant dix-huit mois en moyenne mais devrait attendre deux mois l'arrivée de l'équipe mobile d'entretien.

La fiabilité est un paramètre important du niveau de services lié à une technologie donnée. C'est ainsi qu'avec une pompe manuelle fiable, qui aurait un débit de 30 litres par jour et par personne pendant 95 pour cent de l'année, le niveau des services serait plus élevé que pour un poste d'eau installé dans la cour d'une habitation, dont le débit potentiel correspondant serait de 150 litres, mais qui ne fonctionnerait que deux heures par jour en moyenne en raison de fuites, pannes, pénuries de carburant ou quantité d'eau limitée à la prise.

Les comparaisons portant sur les coûts, les besoins en matière de ressources et les avantages des diverses options touchant l'approvisionnement en eau des collectivités doivent se fonder sur une évaluation réaliste de la fiabilité et de la viabilité de chaque technologie.

Incidences financières

Pour les trois technologies citées, les investissements initiaux se chiffrent généralement de 10 à 30 dollars E.U. par habitant pour les puits équipés de pompes manuelles, 30 à 60 dollars E.U. dans le cas des motopompes et bornes-fontaines et 60 à 110 dollars E.U. ou plus pour les postes d'eau de cour. Cela signifie que pour répondre aux besoins en matière d'alimentation en eau des collectivités d'ici à l'an 2000, les dépenses globales à prévoir oscillent entre 50 milliards et 150 milliards de dollars E.U., suivant la technologie choisie.

Compte tenu des difficultés évidentes que pose la mobilisation de ressources financières pour des investissements de cet ordre de grandeur, il ne sera possible de progresser rapidement dans la satisfaction des besoins essentiels que si une grande partie de la population qui en a besoin reçoit des services correspondant aux échelons inférieurs de la gamme des coûts. Le passage à

un niveau de services plus élevé pourra être ultérieurement financé par la collectivité, lorsque les avantages tirés des investissements initiaux et d'actions entreprises dans d'autres domaines auront accru les ressources disponibles.

L'analyse de données provenant d'un vaste éventail de projets dans ce domaine fait ressortir, touchant les dépenses renouvelables (exploitation et entretien) relatives aux trois options, des différences analogues à celles que l'on a déjà constatées pour les investissements initiaux. Avec un système d'entretien centralisé, le coût annuel par habitant de l'entretien d'un système à pompe manuelle peut varier de 0,50 à 2 dollars E.U. La planification judicieuse de l'entretien au niveau de la collectivité peut faire baisser ce chiffre à 0,05 dollars E.U. (voir encadré 3.1, chapitre 3). En revanche, l'entretien centralisé d'un système à borne-fontaine avec motopompes coûte de 2 à 4 dollars E.U. par personne et par an et pour les postes d'eau dans les cours, la fourchette est de 4 à 8 dollars E.U.

Il arrive que des collectivités accordent tant de valeur au temps économisé grâce à la facilité d'accès d'un poste d'eau de cour qu'elles soient disposées à payer le supplément lorsqu'elles en ont les moyens. La méthode analytique exposée à l'Annexe 3 a pour but d'aider à identifier de telles collectivités. Plus fréquemment, la grave pénurie de liquidités signifiera que les dépenses renouvelables devront être maintenues à un minimum et que les pompes manuelles représenteront la solution indiquée.

Ressources nécessaires

Comme sur le plan financier, la comparaison entre les ressources qu'exigent les diverses technologies fait ressortir l'importance du rôle que jouent les pompes manuelles dans la satisfaction des besoins essentiels des êtres humains. La différence majeure entre les projets prévoyant l'utilisation de pompes manuelles et ceux qui font appel à des bornes-fontaines ou à des postes d'eau dans les cours est que, pour les deux derniers, il est indispensable de disposer de motopompes et, partant, d'un approvisionnement énergétique fiable et de réparateurs de pompes qualifiés si un réseau de distribution sous conduite est mis en place.

Lorsque du courant électrique bon marché est fourni par un réseau central, une pompe électrique peut être un instrument relativement peu dispendieux et d'un fonctionnement simple. Les collectivités qui disposent des ressources financières et techniques leur permettant d'exécuter et de maintenir des projets ayant recours à des pompes électriques devraient y être vivement encouragées, de façon à libérer les maigres fonds provenant du secteur public et de l'aide extérieure pour les affecter à des projets en faveur de collectivités plus pauvres. Mais le nombre de celles qui bénéficient d'un

approvisionnement électrique fiable est actuellement réduit, représentant bien moins de 10 pour cent de la totalité de la population rurale d'Afrique, un pourcentage à peine supérieur dans la majorité des pays d'Asie, pour atteindre de 40 à 50 pour cent en Chine et dans les pays plus développés d'Amérique latine.

Faute d'énergie électrique fiable, l'autre source énergétique utilisable pour les pompes à moteur est le carburant diesel. Les problèmes logistiques que pose un approvisionnement régulier en diesel de collectivités dispersées ont rarement été résolus et il n'y a que peu de systèmes d'alimentation en eau des zones rurales faisant appel au moteur diesel qui soient exploités avec succès à long terme; le coût du transport par camion s'avère généralement prohibitif. Les progrès de la technologie solaire finiront peut-être par rendre économique le recours aux pompes solaires pour l'alimentation en eau potable, mais à l'heure actuelle, des projets de cet ordre demandent des investissements initiaux très élevés et des services d'entretien qualifiés. Il en est de même des éoliennes.

Si l'on ajoute à ce qui précède les problèmes d'ordre institutionnel et la grave pénurie de réparateurs qualifiés que connaissent les pays en développement, les motopompes ne conviennent manifestement que pour une minorité des nouveaux utilisateurs à desservir dans les prochaines années. Pour les autres, il est évident que des puits forés ou creusés équipés de pompes manuelles représenteront la solution appropriée. Il est donc indispensable que les projets mettant en oeuvre des pompes manuelles soient planifiés et exécutés de manière à assurer qu'ils soient efficaces, viables et susceptibles d'être largement reproduits.

Le Projet "pompes manuelles"

En 1981, dans le cadre des activités d'appui à la Décennie internationale de l'eau potable et de l'assainissement, le Programme des Nations Unies pour le développement et la Banque mondiale ont lancé un projet mondial/interrégional d'essais en laboratoire et sur le terrain et de mise au point technique de pompes manuelles pour l'approvisionnement en eau des collectivités (le Projet). Ses principaux objectifs étaient de promouvoir l'élaboration de conceptions et de stratégies d'exécution propres à améliorer la fiabilité de systèmes d'exploitation des eaux souterraines avec pompes manuelles, qui seraient gérés par les collectivités et reproduits à grande échelle.

Les problèmes rencontrés jusque-là avec les systèmes à pompes manuelles étaient considérés comme relevant essentiellement de la technologie et, au titre du Projet, des tests en laboratoire ont été faits au Royaume-Uni et des

essais sur le terrain menés dans 17 pays en vue de mesurer l'efficacité d'environ 2.700 pompes manuelles. Les essais sur le terrain ont duré deux ans au moins pour la plupart des pompes et ont porté sur quelque 70 modèles différents. Les résultats et les conclusions des tests d'efficacité concernant chaque type de pompe encore commercialisé sont consignés dans le Répertoire des pompes figurant à la fin du présent document. Aux chapitres 5 et 6, les pompes ont été "cotées" dans différentes conditions d'exploitation et les résultats d'essais effectivement réalisés illustrent diverses applications de la sélection des pompes.

Dès l'origine, le Projet a préconisé le concept de l'exploitation et de la gestion de l'entretien au niveau des villages (EENV) comme moyen de surmonter certains des principaux obstacles auxquels se heurte le maintien des systèmes d'alimentation en eau. Ce concept, dont il est maintenant admis qu'il constitue un des principes fondamentaux de l'approvisionnement en eau des collectivités, vise à éviter, pour la réparation des pompes manuelles, les problèmes opérationnels que pose le recours à des organismes centralisés d'entretien, notamment leur coût élevé, le retard qu'ils apportent à se rendre sur les lieux et la médiocrité des services qu'ils assurent.

L'échec de systèmes d'alimentation en eau des collectivités a souvent été dû aux faiblesses des organismes centralisés d'entretien où un service des eaux envoie des équipes de techniciens qualifiés qui se déplacent en véhicule à moteur à partir d'un camp de base desservant fréquemment un district très étendu, pour répondre à une demande de réparations ou procéder à un entretien régulier. Il faudrait au contraire que ce soit la collectivité qui ait la charge de l'entretien des pompes - et par voie de conséquence que ces dernières soient conçues de façon à pouvoir être réparées par un préposé qualifié ou par un réparateur de zone munis d'un outillage élémentaire et que la collectivité puisse se procurer facilement les pièces de rechange et ait les moyens de les payer. Il est vivement recommandé dans le Projet que la responsabilité de l'entretien des pompes soit confiée à des comités de village et qu'elles soient sélectionnées dans cette perspective.

Il est de plus en plus fréquent que les gouvernements de pays en développement et les organismes donateurs modifient leurs politiques de façon à inclure ces principes dans leurs projets et programmes - ce qui diffère considérablement de ce qui avait lieu jusque-là, notamment en Afrique, où de nombreux types de pompes ne convenant pas ont été importées dans un pays au titre de l'assistance de donateurs. Les organismes bénéficiaires ont pris de ce fait des engagements qu'ils n'étaient pas en mesure de tenir touchant un entretien confié à des services mobiles du secteur public.

Planification et exécution

Peu d'échecs de systèmes à pompes manuelles sont uniquement imputables à la pompe. D'autres causes majeures sont l'affectation à l'entretien de crédits d'un montant insuffisant ou peu réaliste, la faiblesse de la gestion, de la supervision, du suivi et de l'évaluation, des puits mal conçus ou mal construits, où le sable peut pénétrer et endommager des éléments de pompe, enfin l'action corrosive des eaux souterraines, qui est beaucoup plus forte qu'on ne l'avait soupçonné.

Dans le cadre du Projet, les données de l'expérience acquise sur le terrain ou tirées de nombreux autres projets d'alimentation en eau des collectivités ont permis de formuler des directives applicables à ce type de projets avec des puits équipés de pompes manuelles. Ces directives, qui sont développées au chapitre 3, portent sur six éléments d'une importance capitale: la collectivité; la couche aquifère; la conception et la construction du puits; la pompe manuelle; le système d'entretien; le financement.

Participation de la collectivité

Un projet a d'autant plus de chances d'être viable que la collectivité participe à toutes ses phases, et ce dès la planification. Si le système est destiné à continuer à être exploité de manière satisfaisante, il faut que la population admette la nécessité d'améliorer le service, ait les moyens et la volonté de couvrir les dépenses d'entretien (et éventuellement de construction) et soit disposée à se charger de cet entretien.

Analyse de la couche aquifère

Les autres besoins en eau à satisfaire, comme le pompage pour l'irrigation, doivent être pris en considération lorsque l'on évalue le potentiel d'une couche aquifère pour des projets mettant en cause des pompes manuelles. Pour éviter de gonfler inutilement le montant des dépenses, le puits doit être suffisamment profond pour supporter un abaissement saisonnier ou, à long terme, du niveau de la nappe phréatique, mais ne pas dépasser cette profondeur. Dans certaines régions, il est nécessaire de promulguer une législation, appliquée par l'administration, visant à éviter un pompage excessif pour l'irrigation, qui entraîne un abaissement du niveau hydrostatique mettant les pompes manuelles dans l'impossibilité de fonctionner.

Conception et construction des puits

Lorsque la roche n'est pas entièrement consolidée, il est indispensable d'installer des crépines et des filtres pour empêcher la pénétration de sable et de limon qui provoque une usure rapide des joints et valves couramment utilisés. Le choix judicieux du matériel de forage, appuyé par une bonne

organisation des opérations, peut réduire considérablement le coût du forage et rendre les puits plus fiables.

Sélection des pompes

Le coût de la pompe proprement dite n'est pas seul à influencer sur la sélection des pompes manuelles: au nombre des principaux facteurs à faire intervenir, on peut citer leur adaptation au système d'entretien prévu (par exemple, la possibilité de les faire réparer par un préposé qualifié), leur durabilité et leur débit. Le choix d'une pompe sera fonction de l'élévation et du nombre d'utilisateurs. Se limiter, pour chaque pays, à un seul type de pompe, ou en restreindre le nombre, permet une normalisation susceptible d'avoir un impact notable sur l'entretien et constitue un important critère de sélection; il faut également tenir compte de la résistance à la corrosion lorsque les eaux souterraines sont très corrosives.

Dans le cadre du Projet a été élaboré un *dossier type d'appel d'offres* pour l'achat de pompes, afin d'aider les gouvernements et les organismes d'appui à prendre en considération certaines caractéristiques importantes lors de l'achat de pompes à l'issue d'appels d'offres internationaux.

Gestion de l'entretien par la collectivité

Dans le système recommandé dans le Projet, c'est la collectivité qui organise et finance toutes les opérations et l'entretien régulier des pompes manuelles. Les travaux sont effectués soit par un membre désigné de la collectivité ayant reçu une formation minimale, soit par un réparateur de zone (se déplaçant généralement en bicyclette ou en vélomoteur) qui a la responsabilité d'un certain nombre de pompes. Les pouvoirs publics ont un rôle important à jouer dans la formation de préposés à l'entretien et de réparateurs, ainsi que dans l'organisation d'un réseau adéquat de distribution de pièces de rechange, mais devraient ensuite confier la charge de l'entretien aux bénéficiaires.

Gestion financière

Même quand la collectivité est disposée à financer et à gérer le maintien de son système d'approvisionnement en eau, le projet peut ne pas réussir faute d'instituer un mécanisme approprié pour recueillir les fonds, faire faire les réparations et payer les préposés à l'entretien et les réparateurs. Il est des pays où la formation minimale de certains membres des comités de l'eau à des tâches simples de comptabilité et de gestion financière s'est avérée efficace. On recherche, au titre du Projet, des exemples concrets de mécanismes de récupération des coûts et de gestion au niveau de la collectivité à ajouter à ceux qui sont décrits au chapitre 3.

Les pompes manuelles actuelles

Les méthodes appliquées pour les tests en laboratoire et les essais sur le terrain ont révélé de nombreuses faiblesses dans la conception des pompes existantes. Les fabricants ont réagi positivement: ils ont modifié leurs produits, introduit de nombreux modèles et l'on trouve actuellement sur le marché beaucoup plus de pompes durables permettant aux habitants des villages de prendre une part importante à leur entretien.

Il est de ce fait possible, dans la grande majorité des pays en développement, de mettre au point un système d'approvisionnement en eau fondé sur l'utilisation de pompes manuelles susceptibles de fonctionner de manière fiable, sans avoir à dépendre de l'intervention continue de services centralisés.

Dans le cadre du Projet, on a aidé un certain nombre d'entreprises de pays en développement à commencer à fabriquer des pompes manuelles. Les fabricants des pays industrialisés sont également encouragés à s'associer à des entreprises de pays en développement pour cette fabrication, en vertu d'accords de licence ou de co-entreprise. Lorsque la fabrication a lieu dans le pays même et est appuyée par la mise en place d'installations de distribution et de points de vente au détail relevant du secteur public ou privé, il y a beaucoup plus de chances que les pièces détachées soient disponibles au moment voulu et la normalisation des types de pompes en usage dans un pays est facilitée, ce qui simplifie la formation des préposés à l'entretien et le stockage des pièces.

Aussi encourageante que soit cette évolution, il n'existe encore que peu de modèles de pompes utilisables dans un système EENV (exploitation et entretien au niveau des villages) dont l'élévation soit supérieure à 25 mètres environ (encore que la majorité des populations à desservir vive dans des régions où la nappe phréatique n'atteint pas cette profondeur). Les éléments souterrains sont si lourds qu'il est difficile d'extraire tout l'assemblage quand il s'agit d'un puits profond. Un problème supplémentaire est dû à ce que les pompes manuelles ont un débit plus faible lorsque la profondeur de pompage augmente. Les pompes font alors l'objet d'une utilisation intensive et s'usent rapidement - et le problème est encore aggravé par la tendance à faire desservir davantage de personnes par un puits profond, afin de répartir le coût plus élevé du puits et de la pompe parmi un plus grand nombre d'utilisateurs.

Pour une faible élévation (pouvant atteindre une douzaine de mètres), les pompes à commande directe, comme le prototype Tara mis au point au Bangladesh - où l'utilisateur soulève et abaisse un bras en forme de T raccordé directement aux tiges de pompe - présente plusieurs avantages.

L'élimination des coussinets, qui sont un élément des pompes actionnées par un levier ou un volant, réduit les opérations d'entretien et les pompes peuvent être fabriquées dans des pays en développement à un coût relativement faible. Grâce à une large utilisation des matières plastiques, elles sont plus légères et résistantes à la corrosion. Les pompes à commande directe ont une grande supériorité sur les pompes aspirantes: leur élévation peut dépasser les 7 mètres au-delà desquels les pompes aspirantes ne fonctionnent plus (ce qui est important en raison de l'abaissement du niveau des eaux souterraines dans de nombreuses régions du monde) et elles n'ont pas besoin d'être amorcées, ce qui évite le risque de contaminer les puits en y versant de l'eau polluée.

Pour une forte élévation (pouvant atteindre quelque 45 mètres), la solution qui offre les perspectives les plus encourageantes pour un système EENV consiste à concevoir les éléments souterrains de façon à pouvoir extraire le piston - et si nécessaire le clapet de pied - sans avoir à enlever le cylindre et le tuyau de refoulement. Il n'y a toutefois que très peu d'éléments souterrains de ce type qui soient peu coûteux, durables et résistants à la corrosion et aient été utilisés avec succès, lors de tests préliminaires, pour des élévations allant de 25 à 45 mètres. La mise au point de nouvelles pompes EENV utilisables au-delà de 25 mètres demeure une tâche importante pour la prochaine phase du Projet - de même que pour les fabricants et les agents d'exécution.

Afin d'améliorer encore la normalisation, on s'emploie actuellement à mettre au point des modèles dont certains des éléments puissent être montés sur des pompes conçues pour différentes élévations. Dans le cadre des activités de conception pour l'Afrique de l'Est, par exemple, des cylindres normalisés de 50 mm de diamètre, munis des mêmes pistons, clapet de pied et tige de pompe sont testés avec différentes têtes de pompe pour toute une gamme d'élévations allant de 0 à 45 mètres. Lorsque l'élévation est faible, les éléments souterrains sont reliés à un bras en T et fonctionnent comme une pompe à commande directe; pour de plus fortes élévations, on utilise un bras à levier dont la longueur varie (deux possibilités) en fonction de l'élévation.

Aux chapitres 5 et 6, on est parti des données du suivi et de l'expérience acquise par le personnel du Projet et par d'autres personnes pour "coter" chacune des 42 pompes testées au titre du Projet qui sont encore commercialisées, en vertu d'une série de critères de conception susceptibles d'influer sur la sélection des pompes. Ceux-ci ne s'appliquent pas toujours exactement aux conditions dans lesquelles certaines pompes ont été mises à l'essai sur le terrain: pour évaluer la performance des pompes dans tout un éventail de situations, les membres du personnel du Projet ont souvent dû prendre des décisions au mieux de leur appréciation, en fonction de leur propre expérience et de la disponibilité de données recueillies lors des essais sur le terrain et en laboratoire. On a suggéré une méthode d'utilisation de ces

"cotes" pour l'établissement d'une liste succincte de pompes acceptables pour un projet ou un programme donné et quelques exemples concrets illustrent l'application des procédures de sélection à des cas particuliers. Il ressort de ces exemples que certaines pompes sont beaucoup mieux adaptées que d'autres aux conditions qui caractérisent les pays en développement et qu'à mesure que l'élévation augmente, le nombre des pompes appropriées à un entretien au niveau des villages diminue rapidement.

Tâches futures

C'est sur l'exécution que la deuxième phase du Projet (1987-1991) mettra surtout l'accent. Dans le cadre de leur collaboration avec les gouvernements et les organismes donateurs, les administrateurs du Projet insisteront pour que "l'approche systèmes" fasse partie intégrante des programmes d'approvisionnement en eau des collectivités.

Toutes les occasions seront mises à profit pour recueillir des données, procéder à la démonstration des méthodes utilisées avec succès et élaborer des directives détaillées touchant la mise en oeuvre des éléments critiques identifiés lors de la première phase: techniques de forage et conception des puits; participation de la collectivité; formation à tous les niveaux; fabrication dans le pays, normalisation et distribution des pièces de rechange; corrosion et qualité de l'eau; complémentarité de l'alimentation en eau, de l'assainissement et de l'éducation sanitaire; évaluation des avantages et détermination du niveau des services; usages non domestiques des eaux souterraines.

Gouvernements et donateurs ont un rôle important à jouer en finançant l'exécution de programmes peu onéreux d'approvisionnement en eau des collectivités et en se communiquant des données d'expérience, afin que l'on puisse en tirer des leçons et mettre au point des stratégies modèles pour chaque élément de ces programmes. Chaque fois que cela sera possible, une assistance technique sera octroyée pour appuyer les activités visant à promouvoir la gestion par la collectivité de systèmes peu coûteux d'approvisionnement en eau et d'assainissement.

II. Estimation des débits de pompes alternatives

La capacité de débit théorique d'une pompe à piston à effet simple est le produit du volume de liquide déplacé dans le cylindre par le piston durant la course ascendante et du nombre de coups par unité de temps. Si l'on se reporte à la figure II.1, le volume déplacé V , dans le cylindre, pour une section transversale A et une longueur de course S , sera donné par:

$$V = A.S$$

Pour un cylindre circulaire de diamètre D , la capacité de débit Q de la pompe fonctionnant à raison de N coups par minute sera donnée par:

$$Q = \frac{\pi}{4} D^2 . S . N$$

En général, le débit réel diffère quelque peu du débit théorique car les soupapes ne se ferment pas instantanément lorsque le sens de la course du piston change et parce qu'il y a toujours une certaine fuite autour du piston pendant le pompage. On appelle fuite la différence entre le débit réel et le débit théorique. On calcule cette fuite comme suit:

$$\text{Fuite} = \frac{Q_t - Q_a}{Q_t} \times 100\%$$

où:

Q_t = capacité de débit théorique

Q_a = débit réel

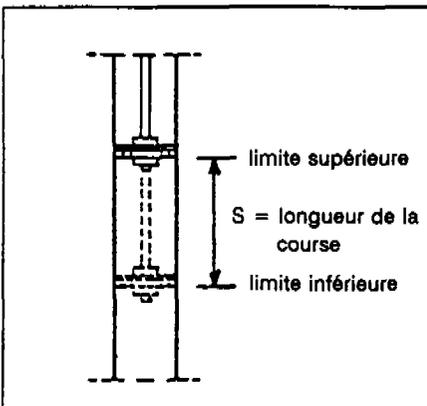


Figure II.1 Volume d'eau déplacé par un piston dans le cylindre d'une pompe.

Habituellement, l'effort de pompage requis diminue à peu près proportionnellement avec la fuite. Par conséquent, pour chaque litre d'eau pompé, l'effort fourni par l'opérateur est plus ou moins identique, même lorsque les valeurs de fuite sont très élevées. Avec certaines installations de pompe munies d'un long tuyau d'aspiration de faible diamètre suspendu à partir du cylindre, la vitesse du débit peut être suffisamment élevée pour maintenir le clapet de pied en position ouverte sur une partie de la course descendante, de sorte que le débit réel est supérieur au maximum théorique. On appelle ce phénomène *fuite négative*.

La plupart des pompes à main alternatives ne refoulent l'eau que pendant la course ascendante: elles sont dites à *simple effet*. On qualifie de pompes à *double effet* celles dont le refoulement d'eau se produit aussi bien lors de la course ascendante que lors de la course descendante; ces pompes comportent des dispositifs de soupapes plus complexes.

Hauteur statique

La hauteur de charge statique contre laquelle fonctionne une pompe manuelle est la distance verticale entre le niveau de l'eau "au repos" (dans le puits) et celui auquel l'eau est déversée. La figure II.2 montre quatre assemblages de pompe différents, afin d'illustrer comment on détermine la hauteur de charge statique.

Dans le cas I, le cylindre de la pompe est immergé dans l'eau au fonds du puits. L'eau est élevée sur une distance D , jusqu'au dégorgeoir de la pompe, mais l'eau dans le puits qui occupe l'espace à l'extérieur du tuyau de refoulement exerce sur le piston une pression positive équivalant à la charge S . Par conséquent, la hauteur de refoulement du piston sera $D - S$, ou W . Dans le cas II, le cylindre de pompe se trouve au-dessus du niveau de l'eau dans le puits. Ici, la hauteur de charge statique correspond à la hauteur d'élévation à partir du piston, jusqu'au dégorgeoir de la pompe, plus la hauteur d'aspiration requise pour élever l'eau jusqu'au piston. Ainsi, $W = D + S$. Les cas III et IV sont analogues aux cas I et II mais incluent une hauteur piézométrique nécessaire pour amener l'eau au-dessus de la bouche de pompe, jusqu'à une citerne. Dans chacun de ces cas, la hauteur de charge statique augmente de la hauteur, F , où se trouve la citerne.

Rabattement

Lorsque l'eau d'un puits est pompée, il se produit une baisse du niveau de l'eau. L'importance de cet abaissement du niveau de l'eau, ou rabattement, est déterminée par la vitesse du pompage et celle à laquelle le puits est réalimenté par les eaux souterraines. La hauteur de refoulement en conditions

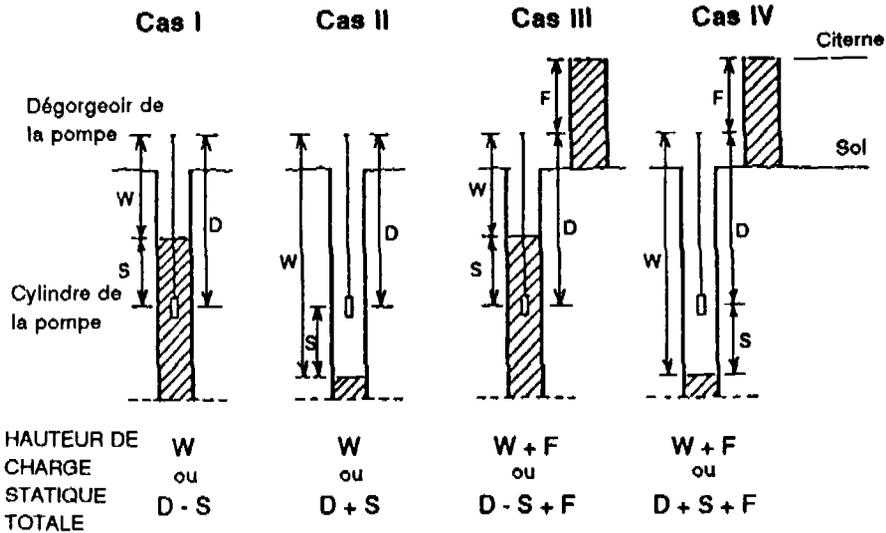


Figure II.2 Détermination de la hauteur de charge statique.

d'exploitation, y compris le rabattement, est souvent appelée *charge dynamique*; il s'agit de la mesure réelle de la hauteur de refoulement en fonction de laquelle la pompe manuelle doit être conçue.

Pour la plupart des pompes à main, le taux d'extraction est de l'ordre de $1 \text{ m}^3/\text{h}$, et il est très probable que le rabattement résultant d'un taux aussi faible soit négligeable dans la plupart des cas. Toutefois, dans des puits alimentés par des formations aquifères de faible rendement, les pompes à main peuvent produire un rabattement de plusieurs mètres si l'on pompe sans interruption pendant un certain temps. Lors d'essais sur le terrain menés conjointement en Afrique occidentale par le PNUD et la Banque mondiale, on a enregistré à certains puits des rabattements de plus de 10 m dans des conditions de pompage quotidien normal, doublant parfois la hauteur de charge statique.

Dans les régions où l'on utilise des pompes motorisées pour fournir l'eau d'irrigation, le rabattement de la nappe phréatique peut être considérable, et les puits de pompage risquent de se tarir si l'on a pas pris les dispositions nécessaires pour régler le calage du cylindre.

Perte de charge due au frottement

Pendant le pompage, d'autres facteurs provoquent des pertes de charge supplémentaires: le frottement hydraulique dans le tuyau de refoulement; la turbulence aux points où l'écoulement de l'eau est perturbé par les soupapes, la tige de pompe et les raccords ou rondelles de réglage du tuyau de refoulement; et les pertes par inertie dues à l'alternance d'accélération et de décélération

de l'écoulement. Lorsque la tuyauterie d'une installation de pompe à main est de la bonne grosseur et que les cylindres et soupapes sont bien conçus, les pertes de charge dues au frottement sont généralement faibles et constituent un pourcentage négligeable de la charge dynamique totale.

Hauteur d'aspiration

Le cylindre des pompes pour puits profonds devrait toujours être installé à une profondeur suffisante pour qu'il demeure submergé lorsque l'eau dans le puits se trouve à son niveau le plus bas. Les pompes pour puits profonds fonctionnent donc sans hauteur d'aspiration. Dans le cas des pompes aspirantes, dont le cylindre se trouve au-dessus du niveau de l'eau, la hauteur d'aspiration maximale admissible est déterminée par la qualité de la pompe et par l'altitude où se trouve le site du projet. Il est courant de limiter la hauteur d'aspiration réelle aux deux tiers de la hauteur d'aspiration théorique possible, afin de compenser les défauts d'étanchéité et la réduction consécutive de la hauteur de la colonne d'eau qui peut être soutenue par la pression atmosphérique. On trouve au tableau II.1 la hauteur d'aspiration maximale recommandée pour différentes altitudes.

Tableau II.1 Hauteur d'aspiration maximale admissible pour des pompes aspirantes de bonne qualité, à différentes altitudes

<i>Altitude au-dessus du niveau moyen de la mer (m)</i>	<i>Pression barométrique équivalente (hauteur de refoul., m)</i>	<i>Hauteur d'aspiration maximale recommandée</i>
0	10.4	6.9
300	10.0	6.6
600	9.6	6.4
900	9.3	6.2
1200	8.9	5.9
1800	8.3	5.6
2400	7.7	5.2
3000	7.2	4.8

Analyse de la puissance

L'actionnement des pompes à main s'obtient, par définition, au moyen de l'énergie humaine, et c'est le niveau de travail requis, ou puissance produite, qui constitue le paramètre énergétique le plus important. En général, l'utilisateur ne pompera pas pendant plusieurs heures d'affilée mais seulement pendant les quelques minutes nécessaires pour remplir son récipient, après quoi il cédera sa place à quelqu'un d'autre.

Il existe peu de données fiables sur la puissance humaine requise pour le pompage manuel; on l'évalue souvent à 60-75 W (de 0,08 à 0,10 ch). Des valeurs plus faibles sont parfois utilisées; en Indonésie par exemple, on a adopté la valeur de 50 W, référence sur laquelle se base la conception des pompes à main. L'énergie fournie par certains opérateurs de pompe peut atteindre des valeurs plus élevées sur de courtes périodes, mais le pompage manuel ne doit pas être fatiguant, et la puissance requise devrait demeurer dans des limites confortables, compte tenu du fait que les usagers sont le plus souvent des femmes et des enfants. La facilité d'utilisation encourage les usagers à prendre de grandes quantités d'eau et à revenir plus souvent, ce qui peut aider énormément l'amélioration des conditions sanitaires.

Des observations faites au Zimbabwe ont permis de vérifier la pertinence de la valeur de calcul recommandée de 50 à 60 W. On a converti en puissance utile effective les mesures du temps nécessaire pour remplir des récipients à partir de trois puits peu profonds, dont les hauteurs de pompage étaient différentes mais qui avaient un cylindre de même diamètre (50 mm). La comparaison directe du travail fourni pour pomper l'eau aux trois installations, a permis d'établir la puissance utile effective à 25-30 W. Pour un rendement mécanique type de pompe à main, soit 50 %, la puissance fournie par l'utilisateur sera par conséquent de l'ordre de 50 à 60 W.

La puissance requise pour l'utilisation d'une pompe à main peut également être calculée au moyen de la formule suivante:

$$P = \frac{\rho_w \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta}$$

où :

- P = puissance fournie (W)
- Q = débit (l/s)
- H = hauteur de refoulement (m)
- g = constante d'accélération gravitationnelle (m/s²)
- ρ_w = masse volumique de l'eau (kg/l)
- η = rendement global de la pompe (%)

La puissance requise augmente proportionnellement à la hauteur d'élévation ou au débit, et diminue avec l'augmentation du rendement de la pompe. Il est possible de calculer approximativement le débit, pour une hauteur de refoulement donnée, en intégrant dans la formule ci-dessus des valeurs types de 60 W, pour la puissance requise, et de 50 %, pour le rendement mécanique. La formule est donc réduite à ce qui suit:

$$Q \times H = 3$$

En exprimant Q en l/min, on obtient l'équation correspondante:

$$Q \times H = 180$$

Bien que cette équation ne soit qu'une approximation, elle permet de déterminer à l'avance si les pompes pourront convenir aux usagers. Elle indique par exemple qu'une pompe type devrait en principe fournir 18 l/min environ, contre une hauteur de charge de 10 m. Il s'ensuit que des pompes dont le débit est nettement inférieur à cette valeur ne devraient pas être retenues pour un tel usage.

Analyse des forces

Dans une pompe à main alternative, c'est pendant la course ascendante que s'exercent, sur le piston, la tige de pompe et les raccords, sur le bras et les coussinets ainsi que sur le support de pompe, les forces les plus importantes. Les forces liées à l'utilisation de la pompe sont déterminées par la profondeur à partir de laquelle l'eau est pompée, le poids de la tige de pompe, le frottement dû au glissement des joints du piston et le frottement des coussinets.

La charge hydraulique exercée sur le piston est celle d'une colonne d'eau dont la hauteur équivaut à la hauteur de refoulement. La charge hydraulique d'un piston circulaire est la suivante:

$$F = \frac{\rho_w \cdot g \cdot H \cdot \pi D^2}{4}$$

où :

- F = charge hydraulique sur le piston (N)
- ρ_w = masse volumique de l'eau (kg/m^3)
- g = constante d'accélération gravitationnelle (m/s^2)
- H = hauteur de refoulement (m)
- D = diamètre du piston (m)

Le poids immergé de la tige de pompe et des raccords doit être ajouté à la force hydraulique pour donner la force totale requise pour la course ascendante. Le poids des autres éléments mobiles et le frottement dû au glissement du piston peuvent généralement être négligés.

Prenons par exemple une pompe à main équipée d'un cylindre de 76 mm placé à 15 m au-dessous de la surface, le niveau de l'eau dans le puits se trouvant à

10 m de la surface. Ajoutant une hauteur de dégorgeoir de pompe de 1 m et une pression de débit équivalant à 2 m de hauteur, et admettons un rabattement de 2 m, pour obtenir une hauteur de refoulement totale de 15 m. Une tige de pompe en acier de 12,7 mm de diamètre aura un poids de 10 N (1,0 kgf) par longueur de 1 m. La force hydraulique, calculée suivant la formule ci-dessus, sera de 667 N, ou 67 kgf. Ajoutons à cette valeur le poids de la tige de pompe, soit 150 N (15 kgf), pour obtenir une force de course ascendante totale de 82 kgf.

Il s'agit là de la force théorique moyenne durant la course ascendante. Les essais de pompes effectués au moyen de dynamomètres ont indiqué que les forces maximales exercées dans la tige de pompe correspondent généralement au double ou au triple de cette valeur calculée. Il va sans dire que la tige de pompe, les raccords, le bras et les coussinets doivent être suffisamment solides pour résister à ces forces maximales. Notons également que la force hydraulique varie avec le carré du diamètre de la pompe, de sorte que la force active d'un cylindre de 50 mm est inférieure à la moitié de celle d'un cylindre de 76 mm.

La ligne pleine abcd de la figure II.3 représente la variation de force théorique du fonctionnement *idéal* d'une pompe, c'est-à-dire en excluant les forces dues au poids, au frottement et à l'inertie. En position *a*, le piston est au fond du cylindre. La contrainte exercée sur la tige de pompe est égale à zéro, étant donné que, idéalement, le poids de la tige de pompe et du piston est nul. Au début du pompage, le piston commence son mouvement ascendant, ce qui fait passer à *b* la contrainte sur la tige de pompe. Cette force reste constante jusqu'à ce que le piston arrive au point haut, en *c*. Lorsque le piston s'arrête, aucun travail n'est effectué et la force retombe au niveau *d*, le même que *a*. Le piston retourne alors à sa position de départ, soit au point *a*, et le cycle recommence.

Comparons les forces réelles, représentées par la ligne pointillée *efghij*. A la position *e*, le piston se trouve au repos, à son point le plus bas, et la contrainte sur la tige de pompe n'est que le résultat de son propre poids. Au début du pompage, la contrainte sur la tige de pompe augmente rapidement jusqu'à *f*, étant donné que la tige est étirée pour développer la force et vaincre le frottement et la résistance due à l'inertie dans la colonne d'eau. De *f* à *g*, la masse d'eau est maintenue en mouvement par une force de réduction. L'à-coup de *g* à *h* est dû à la fermeture de la soupape du piston. En *i*, le piston ralentit et, arrivé au point *j*, prend le sens opposé. Dû au poids de la tige de pompe, le piston revient à son point de départ, en *e*. On trouvera dans *Essais en laboratoire et sur le terrain des pompes à main* (Goh Sing Yau, 1985) une analyse plus détaillée des forces qui agissent sur la tige de pompe pendant un cycle complet de pompage.

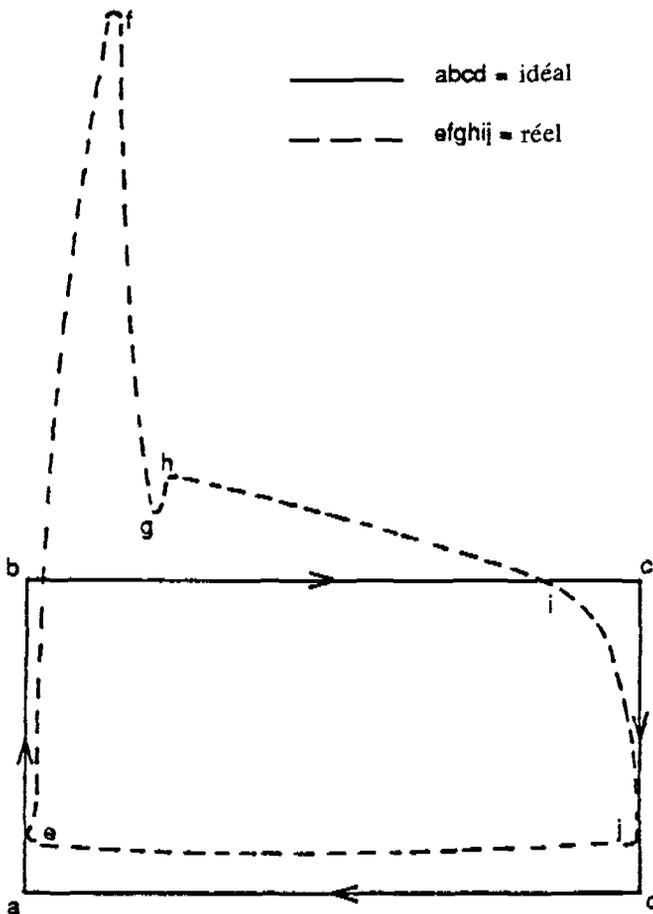


Figure II.3 Variations de la contrainte exercée sur la tige de pompe.

La plupart du temps, la force réelle exercée par le bras ou le mécanisme à volant d'inertie sur la tige d'une pompe alternative dépassera les 1.000 N (100 kgf), et peut même atteindre 2.000 N (200 kgf). La force musculaire qu'un utilisateur peut développer sans inconfort au niveau du bras de la pompe ou du volant est de l'ordre de 250 à 300 N seulement (de 25 à 30 kgf). Grâce à l'avantage mécanique que procure un bras de levier ou un volant, il est possible de multiplier suffisamment la puissance musculaire appliquée pour extraire de l'eau à partir de profondeurs pouvant aller jusqu'à 80 m. Dans la pratique toutefois, les pompes à main ne devraient pas être utilisées pour des hauteurs d'élévation de plus de 60 m, sauf s'il n'y a pas d'autres solutions. Toute hauteur supérieure à 45 m doit être envisagée avec réserve, étant donné que le débit sera faible et qu'il sera très difficile d'assurer un entretien approprié.

Dans la majorité des cas, un avantage mécanique au bras de levier de 5 pour 1 devrait suffire. Les avantages mécaniques inférieurs sont valables, réduisant d'autant l'arc de mouvement requis pour assurer la course totale du piston. C'est dans cette optique que le Projet de pompes à main mené par le PNUD et la Banque mondiale remet en cause l'idée reçue selon laquelle les diamètres du cylindre devraient être inversement proportionnels à la profondeur du puits pour permettre d'obtenir des débits plus élevés. Le Projet soutient au contraire que la longueur de la course doit être augmentée et l'avantage mécanique, rester faible, afin de procurer un arc de mouvement confortable et de diminuer les contraintes sur la tige de pompe du fait de la réduction de la charge hydraulique.

III. Recherche et développement en matière de pompes à main

Au cours des années 1980, des efforts intensifs ont été consacrés à la modification des modèles de pompes à main et à la correction des faiblesses identifiées. La recherche a porté surtout sur les différents moyens de simplifier l'entretien des pompes et d'améliorer la distribution de pièces détachées.

Des matériaux modernes, les matières plastiques notamment, sont mis à l'essai dans le but de les appliquer à la fabrication de nombreux éléments de pompes exposés à la corrosion; Ils offrent en outre les avantages non négligeables d'un poids réduit et de la possibilité d'une production en série. Certaines pompes sont déjà commercialisées dont divers éléments, tels que les coussinets, les pistons plongeurs, les joints, les clapets de pied, les raccords de tige et les tuyaux de refoulement, sont en matière plastique. Certains composants en sont encore au stade expérimental, mais d'autres ont subi avec succès des essais rigoureux en laboratoire et sur le terrain.

Les recherches en cours visent encore à découvrir des moyens d'améliorer la fiabilité et de réduire le coût des principales pièces d'usure, en mettant l'accent sur la conception de type EENV (exploitation et entretien au niveau du village) des pompes à main pour puits profonds. Les chercheurs sont optimistes quant à une percée prochaine dans l'utilisation des matières plastiques pour la fabrication des tuyaux de refoulement destinés à des cylindres placés en profondeur. Ces développements permettraient de remédier à deux des inconvénients majeurs des pompes à main classiques: la défaillance prématurée des tuyaux de refoulement en acier galvanisé en présence d'une eau ou d'un sol corrosifs; et la difficulté de levage du tuyau de refoulement, avec les tiges de pompe et le cylindre, lorsque vient le moment de remplacer le joint de cylindre.

Le problème de la corrosion est particulièrement marqué en Afrique occidentale, où l'on estime à 70 % environ la proportion d'eaux souterraines de type agressif (c.-à-d. d'un pH inférieur à 6,5). Les deux-tiers environ, des pannes de pompes à main installées en Afrique occidentale ont pu être, directement ou indirectement, attribuées à la corrosion (Langenegger, O. 1987). On trouve au tableau III.1 quelques directives préliminaires au sujet de l'utilisation de matériaux galvanisés dans divers types d'eaux souterraines.

Tableau III.1 Directives pour l'utilisation de tuyaux de refoulement et de tiges de pompe en acier galvanisé dans des pompes à main, dans des conditions corrosives (le pH étant pris comme indice de corrosion)

<i>pH</i>	<i>Propriété agressive de l'eau</i>	<i>Application de matériaux galvanisés</i>
pH 7	Négligeable	Appropriée
6,5 pH 7	De faible à moyenne	Limitée
6,0 pH 6,5	De moyenne à forte	Non recommandée
pH 6	Forte	Non recommandée

Parmi les activités de recherche qui ont été lancées en raison de l'importance accordée à la technologie des pompes à main, mentionnons le montage d'essai construit spécialement à l'association des consommateurs du Royaume-Uni (Consumers Association). Au cours des huit dernières années, plus de 40 modèles de pompes y ont été soumis à des essais d'endurance, et d'autres essais sont prévus. Parmi les nouvelles propositions, il a été suggéré de modifier la méthode, uniforme et douce, d'utilisation de la pompe qui est appliquée dans les essais d'endurance, de façon à mieux refléter les mouvements saccadés et brusques de nombreux utilisateurs ainsi que les efforts latéraux qui sont généralement exercés.

Tuyaux de refoulement

Les pompes à main classiques sont équipées de tuyaux de refoulement en acier galvanisé, dont le prix est assez abordable et qui sont très faciles à obtenir dans les pays en développement. Ces tuyaux comportent toutefois deux inconvénients majeurs: la tuyauterie se détériore rapidement au contact d'eaux corrosives, ce qui a pour conséquence de donner un goût désagréable à l'eau pompée et de provoquer une défaillance prématurée du tuyau de refoulement même; en outre, le matériau utilisé est relativement lourd lorsqu'il est nécessaire d'extraire le tuyau d'un puits profond.

Grâce à l'utilisation de cylindres ouverts et de tuyaux de refoulement de gros diamètres, nouveaux modèles de pompe éliminent la nécessité de déposer le tuyau de refoulement dans le but d'effectuer l'entretien régulier. Le revers de la médaille: des tuyaux d'un coût plus élevé et plus lourds doivent être employés lors de l'installation.

Afin de remédier au problème de la corrosion affectant l'acier galvanisé, on a utilisé des tuyaux en acier inoxydable, mais les coûts en sont très élevés et le poids demeure un problème. Les tuyaux de refoulement en matière plastique apparaissent nettement plus avantageux: on a déjà largement employé avec succès le PVC et autres matières plastiques pour des tuyaux de refoulement allant jusqu'à des profondeurs de 30 m environ.

Au delà de cette profondeur, on a noté certaines défaillances, attribuables en partie au fluage du matériau et en partie à des ruptures dues à la fatigue causées par l'inversion de l'effort. Des programmes de recherche ont déjà été lancés dans le but de résoudre ces deux problèmes, et il a été accordé priorité absolue à la production d'un manuel pour la conception de tuyaux de refoulement en matière plastique appliqués à des profondeurs allant jusqu'à 50 m. Avec l'appui financier du gouvernement des Pays-Bas, un forage d'essai de 100 m de profondeur a été réalisé et la société néerlandaise d'experts conseils Inter Action Design étudie le comportement dynamique du tuyau de refoulement et d'autres éléments, en mettant l'accent sur les pompes utilisées à des réglages de plus de 45 m (Handpump Development News (HDN), n 5, 1987). Au nombre des recherches futures figurent des études sur des systèmes de raccordement autres que les joints collés au solvant-ciment et les joints filetés, qui posent problème dans leurs applications aux tuyaux de refoulement.

Les problèmes liés à la qualité sont également abordés. Tout indique que la qualité des tuyaux en uPVC, même lorsqu'ils semblent avoir été fabriqués selon une même norme, peut varier considérablement d'une source à l'autre. Des directives doivent être développées, qui couvriront des normes qualitatives, des procédures de contrôle de la qualité et des essais simples pour la fabrication de tuyaux en uPVC dans les pays en développement (Consumer Research Laboratory, 1987).

Tiges de pompe

Comme dans le cas des tuyaux de refoulement, les tiges de pompe en acier galvanisé de fabrication classique se détériorent rapidement dans des eaux corrosives. A l'heure actuelle, la seule solution de rechange vraiment pratique, bien qu'onéreuse, demeure l'utilisation de l'acier inoxydable. Quelques modèles de pompe à main avec tige de pompe en plastique renforcé à la fibre de verre ou en bois d'oeuvre se sont avérés efficaces; dans le cas des pompes à action directe, les tiges flottantes en matière plastique ont aussi de réels avantages.

Les travaux de recherche porteront notamment sur l'élaboration de diverses méthodes pour remédier au problème de la corrosion, qu'il s'agisse de différents types de revêtement (par galvanoplastie, des revêtements en

plastique et en caoutchouc ou de manchons en plastique) ou encore de mesures anticorrosives telles que la protection cathodique.

Le système de raccordement des tiges de pompe a déjà bénéficié des activités de recherche. En effet, les filets de vis sont source de problèmes lorsque les tiges doivent être démontées et remplacées au cours de l'entretien. Aussi des connecteurs rapides ont-ils été mis au point, conjointement avec le programme de recherche Afridev appuyé par le projet PNUD/Banque mondiale. Cela permet de démonter puis de remonter les tiges de pompe, très rapidement et sans outils. Le contrôle de la conception et de la fabrication est toutefois décisif, car les connecteurs doivent pouvoir résister au cycle de pompage sans se casser et sans entraîner de jeu au niveau de la tige de pompe. Les expériences se poursuivent, et l'on demeure confiant que l'utilisation des connecteurs rapides sera couronnée de succès.

En Suède, à l'Institut de technologie de Lund, des chercheurs étudient diverses solutions au problème du raccordement du bras aux tiges de pompe de la pompe India Mark II. Bien que la chaîne actuellement utilisée soit fiable (pendant 3 à 5 ans), on lui cherche un substitut qui serait à la fois plus simple et plus économique. On a obtenu des résultats encourageants avec une bande double en matière synthétique, qui serait moins chère que la chaîne à galets et dont le remplacement par un villageois responsable de pompe serait plus facile.

Des résultats positifs ont également été obtenus, dans le cadre du projet de recherche néerlandais susmentionné, avec un autre mode de raccordement flexible entre la tige de pompe et le roulement du support de la tige de pompe; l'utilisation d'un pivot permettrait de réduire considérablement l'effort de flexion à l'extrémité supérieure de la tige (HDN, 7, 1987).

Cylindres

Un nombre croissant de nouveaux modèles de pompes à main, s'écartent du type standard comprenant un cylindre à mouvements alternatifs, constitué d'une chemise en fonte ou en laiton et d'un piston plongeur en bronze muni d'un ou de deux joints de cuvette en cuir. De tels cylindres sont invariablement difficiles à extraire en raison de leur poids considérable, et il faut prévoir un remplacement fréquent des joints de cuvette.

On retient souvent les matières plastiques dans la conception des cylindres modernes, les moulages par injection offrant, pour les pays en développement, des avantages non négligeables en termes d'économie de production de pièces détachées. On a utilisé avec succès des cylindres en PVC sur plusieurs modèles de pompe, parfois avec des manchons en acier inoxydable, qui améliorent la résistance à l'abrasion, lorsque l'on craint le pompage de sable.

Les plastiques techniques sont actuellement utilisés dans la fabrication des pistons et des clapets de pied, et il existe une tendance marquée vers l'adoption de cylindres de format standard pour toute la gamme des élévations (principe de "famille de pompes"), en vue de minimiser le stockage des pièces détachées.

La recherche suédoise sur la pompe India Mark II, déjà mentionnée, comporte une comparaison entre divers clapets de pied et soupapes de refoulement. Les clapets de pied en plastique auraient ainsi donné les meilleurs résultats, le joint torique représentant le seul point faible.

D'autres recommandations ont été formulées suite aux travaux de l'Université de Malaisie, à Kuala Lumpur, sur la conception des soupapes de refoulement et des clapets de pied. Des recherches effectuées sur le rendement des soupapes et clapets dans des puits peu profonds ont montré que les clapets de soupape plus lourds étaient plus efficaces que les plus légers, bien qu'un certain compromis soit nécessaire afin de ne pas trop augmenter le travail requis (Goh Sing Yau, 1985).

Les joints en élastomère - le plus souvent, du caoutchouc néoprène - seraient plus avantageux que les joints en cuir, offrant une plus grande résistance à l'usure, tout particulièrement en eaux sablonneuses; toutefois, il sera peut-être difficile, dans certains pays, d'établir un contrôle de la qualité adéquat au niveau de la fabrication. On attend des chercheurs qu'ils étudient des moyens d'étanchéité innovateurs, y compris ce que l'on nomme l'étanchéité "dynamique" (les fluides en mouvement formant, au niveau de l'interface entre les parois du piston et du cylindre, un joint "naturel", sans l'aide d'un dispositif mécanique quelconque). Certains modèles de pompe incluent déjà des pistons à ajustage serré qui ne comportent aucun joint mécanique, avec ou sans cannelures en labyrinthe qui augmentent la résistance hydraulique à l'interface. Dans le cas de pompes à action directe, dont la vitesse du piston est supérieure à celle des pompes à action par levier, l'utilisation de pistons sans joint représente une solution faisable.

Les cylindres ouverts se sont déjà avérés pratiques et avantageux du point de vue de l'entretien; on poursuit les recherches en vue de découvrir les moyens de modifier certains modèles de pompe existants en fonction de ce nouveau principe.

Têtes de pompe

Il existe, dans le monde entier, de nombreux types différents de support de pompe, et il est vraisemblable que cette situation ne changera pas.

L'interchangeabilité des têtes de pompe est une idée séduisante, permettant aux agences des eaux de disposer d'une marge de manoeuvre s'il advient qu'un

type de pompe particulier se révèle inadéquat ou que les pièces de rechange soient difficiles à obtenir. L'utilisation d'embases normalisées, permettant le montage de différents types de pompe sans qu'il soit nécessaire de reconstruire la dalle du radier, constituerait à ce titre un réel avantage à long terme. On encourage de tels développements dans certains pays (comme la Tanzanie) en incluant des points et des types de boulonnage normalisés dans le cadre des spécifications standard sur la construction des pompes à main.

Le remplacement des roulements à aiguilles en acier par des roulements à rouleaux a nettement amélioré la fiabilité de la pompe à main et réduit l'endommagement des bras et des têtes de pompe. Cependant, il est toujours difficile pour les mécaniciens des villages de réparer avec précision les chemins de roulement, et l'usure des roulements reste une cause de panne fréquente.

On a mis au point des roulements en acétal et en nylon dans le cadre de la pompe Afridev. Les résultats des premiers essais ont été positifs, mais le logement des roulements pose toujours problème. Les résultats des essais menés au Consumers Research Laboratory (Royaume-Uni) sur les roulements en élastomère sont assez prometteurs, bien que là encore des études plus poussées s'imposent avant qu'il soit possible d'émettre des recommandations définitives à ce sujet.

IV. Comparaisons des couts

Choisir parmi toute une gamme de pompes à main possibles suppose nécessairement une comparaison des coûts.

L'une des méthodes, basée sur le concept de la valeur de l'argent en relation avec le temps, consiste à calculer la *valeur actuelle* de chaque coût. Ainsi, la valeur d'un coût particulier est inférieure lorsque ce coût sera engagé dans le futur (un coût de 100 \$ engagé dans un an aurait une valeur actuelle de 93 \$ environ à un taux d'actualisation de 8 %, étant donné que ce dernier montant, s'il était déposé maintenant, atteindrait 100 \$ dans un an à un taux d'intérêt de 8 %). La formule qui sert à calculer la valeur actuelle (VA) d'un coût (C) engagé dans n années, à un taux d'intérêt courant r, est la suivante:

$$VA = \frac{C}{(1 + r)^n}$$

Le facteur d'actualisation $1/(1 + r)^n$ est donné pour diverses valeurs de n et de r au tableau IV.1.

Tableau IV.1 Facteurs d'actualisation

Taux d'actualisation %	Années						
	4	6	8	10	12	15	20
6	0,792	0,705	0,627	0,558	0,497	0,417	0,312
8	0,735	0,630	0,540	0,463	0,397	0,315	0,215
10	0,683	0,564	0,467	0,386	0,319	0,239	0,149
12	0,636	0,507	0,404	0,322	0,257	0,183	0,104
15	0,572	0,432	0,327	0,247	0,187	0,123	0,061

Par conséquent, sur la durée de vie prévue (n années) d'une pompe, la valeur actuelle de tous les coûts engagés dans 1, 2, 3... n années est donnée par la formule:

$$VA = C_0 \frac{C^1}{(1 + r)} + \frac{C^2}{(1 + r)^2} + \dots + \frac{C^n}{(1 + r)^n}$$

où C_0 = coût d'investissement initial

En supposant que les dépenses renouvelables resteront les mêmes chaque année, la valeur actuelle des coûts pour la durée de vie est donnée par:

$$VA = C_0 + C x \frac{(1 + r)^n - 1}{r (1 + r)^n}$$

Tableau IV.2 Facteurs d'annuité

Taux d'actualisation %	Années						
	4	6	8	10	12	15	20
6	3,465	4,917	6,210	7,360	8,384	9,712	11,47
8	3,312	4,623	5,747	6,710	7,536	8,559	19,82
10	3,170	4,355	5,335	6,145	6,814	7,606	8,51
12	3,037	4,111	4,968	5,650	6,194	6,811	7,47
15	2,855	3,784	4,487	5,019	5,421	5,847	6,26

Dans ce cas, le multiplicateur pour les dépenses renouvelables C est appelé facteur d'annuité, et les valeurs pour diverses combinaisons de n et de r sont données au tableau IV.2. Comme exemple d'utilisation de ce tableau, considérons une pompe à main dont le coût d'investissement initial (C_0) est de 300 \$ et dont les dépenses renouvelables futures (C_1, C_2, \dots, C_n) sont estimées à un niveau constant de 120 \$ par an, pour la durée de vie prévue (n) de huit ans. Pour un taux d'actualisation (r) de 10 %, le facteur d'annuité lu au Tableau IV.2 est 5,335, et la valeur actuelle (VA) des coûts pour la durée de vie totale peut être calculée comme suit:

$$VA = 300 \$ + 120 \$ \times 5,335 = 940 \$$$

En appliquant un principe semblable, on peut aussi faire une comparaison des coûts par la méthode des *coûts annuels équivalents* (CAE). L'avantage de cette méthode est qu'elle peut être utilisée pour comparer des pompes de durées de vie prévues différentes. On convertit le coût d'investissement initial de chaque pompe en un montant annuel équivalent en multipliant ce coût par ce qu'on appelle le facteur de recouvrement des coûts (tableau IV.3). Le coût d'investissement est ainsi réparti sous forme de coûts annuels équivalents sur la durée de vie prévue de la pompe. Si l'on ajoute les dépenses renouvelables

moyennes par année, on peut comparer des pompes d'après le coût annuel équivalent total.

Tableau IV.3 Facteurs de recouvrement des coûts

Taux d'actualisation %	Années						
	4	6	8	10	12	15	20
6	0,289	0,203	0,161	0,136	0,119	0,103	0,087
8	0,302	0,216	0,174	0,149	0,133	0,117	0,102
10	0,315	0,230	0,187	0,163	0,147	0,131	0,118
12	0,329	0,243	0,201	0,177	0,161	0,147	0,134
15	0,350	0,264	0,223	0,199	0,184	0,171	0,160

$$CAE = C \times \frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1}$$

où

- CAE = coût annuel équivalent
- C = coût d'investissement initial
- n = durée de vie prévue
- r = taux d'actualisation

En utilisant le même exemple que précédemment, on multiplie le coût d'investissement initial de 300 \$ par le facteur de recouvrement des coûts d'investissement pour une durée de vie prévue de huit ans et à un taux d'actualisation de 10 %. Le tableau IV.3 établit cette valeur à 0,187. En ajoutant le montant estimé à 120 \$ pour les dépenses annuelles renouvelables, on obtient le montant suivant pour le coût annuel équivalent (CAE):

$$CAE = 0,187 \times 300 \$ + 120 \$ = 176 \$$$

Quelle que soit la méthode de calcul employée, le taux d'actualisation utilisé peut influencer la comparaison. Par exemple, une pompe simple pas très durable, dont le coût d'investissement initial serait bas mais les dépenses renouvelables élevées en comparaison, serait favorisée par un taux d'actualisation élevé si elle était comparée à une pompe robuste plus chère, dont les dépenses renouvelables seraient relativement faibles, parce que les coûts futurs élevés de la première pompe seraient escomptés davantage.

Exemple de comparaison des coûts

Dans cet exemple, on suppose que trois pompes à main identifiées par les lettres A, B et C ont été pré-sélectionnées suivant la procédure déjà décrite. On peut par conséquent présumer que les trois pompes satisfont aux exigences prescrites, soit la facilité d'entretien et de réparation, la capacité de débit, la hauteur de pompage, la fiabilité et la disponibilité des pièces détachées. Pour comparer les pompes, on calcule le coût équivalent annuel de chacune. Le calcul pour la pompe A est donné à titre d'exemple.

Premièrement, la valeur actuelle des pièces détachées est donnée par:

$$VA_{\text{dét.}} = \frac{C_2}{(1+r)^2} + \frac{C_4}{(1+r)^4}$$

$$VA_{\text{dét.}} = \frac{100}{(1,1)^2} + \frac{100}{(1,1)^4}$$

$$VA_{\text{dét.}} = 82,6 \$ + 68,3 \$ = 151 \$$$

Le coût annuel équivalent pour le coût d'investissement initial et la valeur actuelle des pièces détachées est donné par:

$$CAE_{\text{inv.}} = (C + VA_{\text{dét.}}) \times \text{facteur de recouvrement des coûts} \\ \text{(tableau IV.3)}$$

$$CAE_{\text{inv.}} = (300 \$ + 151 \$) \times 0,230$$

$$CAE_{\text{inv.}} = 104 \$$$

Il faut ajouter à ceci les dépenses renouvelables annuelles moyennes (entretien), de sorte qu'on obtient:

$$CAE_{\text{total}} = 104 \$ + 100 \$ = 204 \$$$

Le tableau IV.4 présente les données sur lesquelles se fonde la comparaison des coûts et les résultats des calculs pour les pompes A, B et C; les coûts sont les coûts réels, exprimés en prix constants, sans ajustement pour tenir compte de l'inflation.

Tableau IV.4 Données de comparaison des coûts pour trois pompes à main

<i>Coûts</i>	<i>Pompe A</i>	<i>Pompe B</i>	<i>Pompe C</i>
Coût d'investissement (\$)	300	600	700
Durée de service prévue (années)	6	10	12
Coût du remplacement des pièces (\$)	100 à la 2e et à la 4e année	120 à la 3e, 6e et 9e année	150 à la 4e et à la 8e année
Taux d'actualisation	10	10	10
Coût d'entretien annuel (\$)	100	80	60
Valeur actuelle des pièces de rechange	151	209	173
Coûts annuel équivalent de l'inv. + pièces dét. (\$)	104	132	128
CAE total (incluant l'entretien) (\$)	204	212	188

C'est la pompe C qui s'avère la plus rentable, bien que son coût d'investissement initial soit le plus élevé.

PUBLICATIONS DU CIR

Les livres bleus de la série Documents techniques du CIR couvrent un large éventail de sujets et sont utilisés par des milliers de professionnels du secteur de l'approvisionnement en eau pour les collectivités. Cette série vise une intégration des problèmes techniques aux constituantes logicielles, comme par exemple la participation des collectivités ainsi que l'exploitation et l'entretien par celles-ci des installations d'approvisionnement en eau et d'assainissement. Ces publications sont régidées conjointement par le personnel du CIR et des experts-conseils.

Les titres de la série Documents occasionnels reflètent les travaux en cours au CIR et au sein des organismes afférents. Les sujets y sont traités dans une approche vulgarisée et répondent aux besoins de groupes cibles choisis. La série Documents de formation touche aux éléments d'information ainsi qu'aux connaissances pratiques qui peuvent entrer dans la formation de divers groupes cibles. Quant à la série Documents de référence, elle comprend des annuaires, des répertoires, des lexiques, des glossaires et d'autres outils d'information à l'appui des échanges de données techniques destinés aux programmes d'approvisionnement en eau et d'assainissement à l'intention des collectivités. Ces publications sont conçues pour aider les documentalistes et les membres du personnel technique dans la collecte, le stockage, la recherche et l'utilisation d'informations.

Publications du CIR en relation avec le présent ouvrage:

MAINTENANCE SYSTEMS FOR RURAL WATER SUPPLIES

préparé par T.F. Bastemeyer et J.T. Visscher

(OP8) 46 pages 1987

L'EAU A QUEL PRIX? La participation communautaire et la prise en charge des coûts d'entretien par les usagers préparé par Christine van Wijk-Sijbesma

(OP10) 94 pages 1987