



**OMS**  
**Centre International de Référence**  
**pour**  
**Alimentation en Eau Collective**

232.2 79P0

Octobre 1979

# Pompes à main



Publié conjointement sous l'égide du  
**Programme des Nations Unies**  
**pour l'Environnement**

et de l'



**Organisation Mondiale de la Santé**

**10**

**Série des documents techniques**

232.2-79P0-8939

## RESUME

"Pompes à main destinées à l'approvisionnement en eau potable dans les pays en voie de développement". Document technique No 10, Centre International de Référence pour Alimentation en Eau Collective, Voorburg, (La Haye), Pays-Bas. Différentes mises en pages (environ 210 pp.). Juillet 1977.

Etat du Rapport en la matière. Les thèmes proposés incluent les mobiles d'utilisation des pompes à main, l'histoire des pompes à main, la description de différents types de pompes à main (y compris les pompes alternatives, les pompes à diaphragme, les pompes rotatives et rotatives hélicoïdales, les élévateurs à chaîne et à godets, les treuils et différents élévateurs traditionnels, les dispositifs d'élévation des eaux dormantes dont l'utilisation remonte à l'Antiquité).

Les principes de fonctionnement, la nomenclature, l'analyse des aspects hydraulique, structurel et énergétique, ainsi que le plan de construction de chaque élément des pompes à main alternatives sont présentés au moyen d'exemples, de même que l'administration relative aux programmes de pompes à main, et plus particulièrement les techniques de montage et d'entretien. Etude récente sur les pompes à main et les pompes indigènes fabriquées au moyen d'éléments de matière plastique, d'acier, de bois et de bambou. Un dernier chapitre décrit la fabrication des pompes dans les fonderies et les ateliers d'usinage par l'application d'une technologie intermédiaire.

Mots-clé: pompes à main, approvisionnement en eau en milieu rural, pays en voie de développement, pompes alternatives, technologie appropriée, plan de construction de pompes à main, entretien de pompes à main, fabrication de pompes à main, recherche et développement en matière de pompes à main.

Etabli en 1968 à l'Institut National des Pays-Bas pour l'approvisionnement en eau à Voorburg (La Haye), le Centre International de Référence pour Alimentation en Eau Collective est basé sur une convention passée entre l'Organisation Mondiale de la Santé et le gouvernement des Pays-Bas. En contact étroit avec l'OMS, le CIR fait office de lien dans un réseau mondial d'institutions collaborant sur le plan régional et national, tant dans les pays industrialisés que dans les régions en voie de développement.

Le premier objectif du CIR est de promouvoir une coopération internationale au niveau de l'approvisionnement en eau des collectivités. Le CIR, dans son rôle de catalyseur, entretient des rapports étroits avec les institutions poursuivant le même but, ainsi qu'avec des institutions nationales et internationales et des particuliers.

Les demandes d'informations sur le CIR ou toute autre question touchant à un problème spécifique peuvent être adressées directement au

Centre International de Référence pour Alimentation en Eau Collective,  
Service d'Information, Case postale 140, 2260 AC Leidschendam (Pays-Bas).

CENTRE INTERNATIONAL DE REFERENCE  
POUR  
ALIMENTATION EN EAU COLLECTIVE

POMPES A MAIN  
DESTINEES A L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE  
DANS LES PAYS EN VOIE DE DEVELOPPEMENT

PRÉPARÉ PAR F. EUGÈNE McJUNKIN

et publié conjointement sous l'égide du

PROGRAMMA DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT  
ET DE L'  
ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ

Traduction française par  
L'Institut du Génie de l'environnement de  
l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (Suisse)

Document technique No. 10  
Octobre 1979

Nw. Havenstraat 6; Voorburg (La Haye)  
Pays-Bas

Adresse postale:  
Case Postale 140, 2260 AC Leidschendam (Pays-Bas)  
CENTRE INTERNATIONAL DE REFERENCE  
PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT  
ET DE L'ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ  
COMMUNITY WATER SUPPLY  
TECHNOLOGY (COWS)  
2800 AD The Hague  
Tel. (070) 314911 ext. 141/142  
UN 8939  
LCS: 232.2 79PO

Les informations sur les pompes à main présentées dans ce manuel ont été rassemblées au cours de plusieurs années. La matière a été revue et corrigée tout au long de l'année 1976 et du premier semestre de 1977. Un effort particulier a été fourni pour inclure dans ces pages toute information jugée pertinente.

Bien qu'étant très complet en ce qui concerne les pompes à main, ce manuel n'a toutefois pas la prétention d'être exhaustif ou de portée définitive. Certains travaux d'étude et de développement en matière de pompes à main, ainsi que certains programmes d'essai peuvent avoir échappé à notre recherche d'informations. En outre, la poursuite des programmes en cours aboutira sans nul doute à de nouveaux renseignements et de nouvelles données importantes sur les pompes à main.

Ce document sera par conséquent sujet à révision dans un proche avenir, et il est prévu d'entreprendre ce travail en temps opportun.

Les lecteurs sont invités à nous faire part de leurs commentaires et de leurs suggestions pour toute modification, correction ou adjonction qu'ils jugeront nécessaires ou utiles. De telles contributions seront acceptées avec reconnaissance et prises en considération dans la prochaine révision de ce manuel.

Toute communication à ce sujet devra être adressée au Centre International de Référence pour Alimentation en Eau Collective, Case postale 140, 2260 AC Leidschendam (Pays-Bas).

E.H.A. Hofkes  
Coordinateur du projet

Traduit de l'anglais par Martine Ammann

Note de la traductrice

Ce document sur les pompes à main étant avant tout destiné à être une base de transit et de discussion, il a semblé judicieux de remplacer, dans certains cas, la terminologie purement scientifique par les expressions techniques les plus couramment usitées.

M. Ammann

Ce rapport, édité sous la responsabilité du Centre International de Référence pour Alimentation en Eau Collective et de l'OMS, ne représente pas nécessairement les décisions ou les directives de l'Organisation Mondiale de la Santé ou du Programme des Nations Unies pour l'Environnement.

## TABLE DES MATIERES

<u>Chapitre:</u>	<u>Page:</u>
PREFACE . . . . .	9
RESUME . . . . .	11
1. INTRODUCTION . . . . .	21
1.1 Considérations fondamentales . . . . .	21
1.2 Sources d'information . . . . .	24
1.3 Limites du rapport . . . . .	25
2. TYPES DE POMPES A MAIN . . . . .	29
2.1 Historique . . . . .	29
2.2 Pompe élévatoire à mouvements alternatifs pour puits peu profonds . . . . .	31
2.3 Pompe à mouvements alternatifs pour puits profond . . . . .	33
2.4 Pompes foulantes à mouvements alternatifs . . . . .	34
2.5 Pompe foulante à diaphragme . . . . .	36
2.6 Pompe rotative . . . . .	36
2.7 Pompes à godets . . . . .	39
2.8 Chapelets hydrauliques . . . . .	40
2.9 Puits d'extraction pour treuil et seau . . . . .	41
2.10 Béliers hydrauliques . . . . .	42
2.11 Dispositifs traditionnels d'élévation d'eau . . . . .	44
3. POMPES A MAIN: STADE DE LA TECHNOLOGIE . . . . .	47
3.1 Généralités . . . . .	47
3.2 Nomenclature . . . . .	47
3.3 Notions fondamentales d'hydraulique . . . . .	50
3.4 Analyse structurale . . . . .	57
3.5 Analyse énergétique . . . . .	65
3.6 Assemblage du bras . . . . .	72
3.7 Pièce de raccordement, axes et paliers . . . . .	84
3.8 Support de pompe (montant, cylindre, tête, bouche d'eau, corps de pompe, colonne) . . . . .	93
3.9 Calotte de pompe (couverture, calotte, plaque-support) . . . . .	95
3.10 Tige de pompe (tige de raccordement, tige de plongeur, tige de piston, tige de pompe aspirante, tige de puits) . . . . .	98
3.11 Tuyau de chute (tuyau de montée, colonne ascendante, tuyau de refoulement, tuyau d'aspiration, tuyau ascen- dant d'aspiration) . . . . .	99
3.12 Tuyau d'aspiration (voir également tuyau de chute) . . . . .	102

3.13	Assemblage du piston (plongeur, piston, piston à clapets, piston à clapets ascendant, piston de pompe aspirante) . . . . .	103
3.14	Joints de cuvette (cuvettes, pistons à clapets, cuvettes de plongeurs, cuvettes de pistons, joints en cuir, cuvettes de garniture, cuirs de garniture) . . . . .	103
3.15	Soupapes (voir texte pour les différentes dénominations)	106
3.16	Cylindres . . . . .	113
3.17	Comparaison de coûts entre différentes pompes à main .	116
3.18	Spécifications de la pompe à main . . . . .	121
4.	ADMINISTRATION D'UN PROGRAMME DE POMPES A MAIN . . . . .	125
4.1	Organisation . . . . .	126
4.2	Planification et génie technique . . . . .	127
4.3	Installation . . . . .	128
4.4	Entretien . . . . .	135
5.	RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT EN MATIERE DE POMPES A MAIN	153
5.1	Historique . . . . .	153
5.2	Développement de la pompe à main AID/Battelle . . . . .	154
5.3	Etude des pompes à main existantes pour les puits instantanés peu profonds près de Calcutta . . . . .	162
5.4	Etude et développement de pompes à main pour puits profonds - réf. OMS/UNICEF/Indes 0268 (pompe Bangalore) .	164
5.5	Programme de développement UNICEF/Bangladesh pour pompes à main de puits peu profonds . . . . .	172
5.6	Etudes du Comité Inter-africain d'Etudes Hydrauliques (CIEH) en Haute-Volta, comprenant l'hydro-pompe Vergnet	178
5.7	Autres travaux de recherche et de développement . . . . .	185
5.8	Technologie intermédiaire . . . . .	196
5.9	Observations générales . . . . .	187
6.	FABRICATION LOCALE DE POMPES A MAIN . . . . .	199
6.1	Considérations fondamentales . . . . .	199
6.2	Pompes à main conventionnelles en fonte . . . . .	200
6.3	Pompes à main faites d'éléments de tuyaux en acier, en bois ou en matière plastique . . . . .	215
6.4	Soudure d'atelier et fabrication . . . . .	218
6.5	Pompes à main réalisées par des artisans de village . .	222
6.6	Dispositifs "traditionnels" d'élévation d'eau . . . . .	226
6.7	Cylindres de pompe . . . . .	226
6.8	Cuirs de pompes (cuvette et soupapes) . . . . .	226
6.9	Bras de pompe . . . . .	229

<u>Chapitre:</u>	<u>Page:</u>
Bib. Bibliographie . . . . .	231
L. Liste de littérature de fabricants . . . . .	247
Annexe A Liste des participants à la conférence-atelier internationale sur les pompes à main . . . . .	251
Annexe B Liste des collaborateurs . . . . .	153
Annexe C Répertoire des fabricants de pompes à main . . . . .	257
Annexe D Abréviations des institutions spécialisées . . . . .	263
Annexe E Conversion des unités de mesure . . . . .	265

## FIGURES

<u>Chapitre:</u>	<u>Page:</u>
Résumé: "Pompes de cour de ferme" . . . . .	13
1. 1.1 La population de la plupart des pays en voie de développement est en grande majorité campagnarde . . . . .	22
1.2 Comment fonctionne une pompe à main (système) . . . . .	27
2. 2.1 Pompe élévatoire de puits peu profond . . . . .	31
2.2 Illustration du fonctionnement d'une pompe à piston . . . . .	32
2.3 Pompe élévatoire de puits profond . . . . .	33
2.4 Pompes foulantes . . . . .	35
2.5 Coupe transversale d'une pompe à diaphragme . . . . .	36
2.6 Coupe transversale d'une pompe rotative . . . . .	37
2.7 Coupe transversale d'une pompe semi-rotative . . . . .	38
2.8 Coupe transversale d'une pompe à rotor hélicoïdal . . . . .	38
2.9 Pompe à godets . . . . .	39
2.10 Chapelet hydraulique . . . . .	39
2.11 Puits d'extraction par treuil et seau . . . . .	41
2.12 Béliet hydraulique typique . . . . .	43
2.13 Puits foncé amélioré et épuisette à contrepoids utilisée aux Philippines . . . . .	45
3. 3.1 Nomenclature de pompe à main . . . . .	49
3.2 Volume de cylindre parcouru . . . . .	51
3.3 Nomogramme pour le refoulement des pompes à main . . . . .	52
3.4 Hauteur de charge statique pour les pompes à main . . . . .	55
3.5 Tension de la tige de pompe mesurée par dynamomètre . . . . .	61
3.6 Avantage mécanique du bras de pompe en tant que levier . . . . .	62
3.7 Géométrie du bras . . . . .	75

<u>Chapitre:</u>	<u>Page:</u>
3.8 Mécanismes de levier d'articulation pour le fonctionnement vertical des tiges de pompe sans mouvement latéral . . . . .	78
3.9 Exemples de pompes à main alternatives fonctionnant par manivelles et roues rotatives . . . . .	79
3.10 Support et bras de pompe à main indigène, développée par Care/Tunisie . . . . .	82
3.11 Forces au pivot . . . . .	83
3.12 Pompe à main "Kenya" (type pour puits profonds) . . . . .	83
3.13 Calcul de la pression des coussinets pour paliers lisses . . . . .	87
3.14 Pompe à main munie d'un presse-étoupe et d'une tige de pompe destinée à une utilisation comme pompe foulante	96
3.15 Détail de l'assemblage d'un piston . . . . .	104
3.16 Cylindres de pompes et soupapes de cylindres de pompe .	108
3.17 Utilisation intensive des pompes à main dans les pays en voie de développement . . . . .	120
4. 4.1 Installation de pompe à main dans des puits et galeries d'infiltration . . . . .	130
4.2 Autre source d'eau . . . . .	131
4.3 Pompe à main avec drainage inadéquat . . . . .	132
4.4 Entretien nécessaire pour les différents éléments de pompes à main . . . . .	149
4.5 Page d'un manuel laotien sur l'entretien pratique d'une pompe à main (original en laotien et en anglais) . . . .	150
4.6a Entretien d'une pompe à main . . . . . (cylindre ouvert - Refoulement au dégrgeoir)	151
4.6b Remplacement des joints de cuvette dans des cylindres avec retrait de la tige de pompe . . . . .	152
5. 5.1a Pompes Battelle - configuration de puits peu profond . .	156
5.1b Pompe Battelle - configuration de puits profond . . . .	157
5.2 Hauteurs de bras déterminant un fonctionnement aisé ou malaisé . . . . .	168
5.3 Exemples de défauts courants dans l'articulation du pivot du bras . . . . .	169
5.4 Défauts de planification et de fabrication de pompes à main pour puits profonds fabriquées aux Indes . . . .	170
5.5 Cylindre de pompe Bangalore . . . . .	173
5.6 Nouvelle pompe à main No 6 (Bangladesch) . . . . .	176
5.7 Deux pompes à main utilisées en Afrique occidentale	179
5.8 Hydro-pompe Vergnet - montage schématique . . . . .	181

<u>Chapitre:</u>	<u>Page:</u>
5.9 Hydro-pompe "Vergnet" . . . . .	183
5.10 Mécanisme de l'extrémité supérieure de la pompe à main Sholapur pour puits profond . . . . .	186
5.11 Pompe à main U.S.T. (Kumasi) . . . . .	187
5.12 La pompe Petro . . . . .	189
5.13 Pompe à main en chlorure de polyvinyl (PVC) . . . . .	192
5.14 Pompe "Kangourou" . . . . .	195
6. 6.1 Schéma et équipement typiques d'une fonderie . . . . .	204
6.2 Schéma d'une fonderie et d'un atelier mécanique destinés à la production de pompes à main . . . . .	212
6.3 Pompes à main Shinyanga . . . . .	216
6.4 Pompe fabriquée à Korat (Thaïlande) sur la base d'éléments de tuyaux . . . . .	220
6.5a Pompe à main à tuyau de bambou ou de PVC (général) . . . . .	223
6.5b Pompe à main à tuyau de bambou ou de PVC (soupapes) . . . . .	224
6.6 Pompe de type chapelet hydraulique fabriquée au moyen d'une corde . . . . .	227
6.7 Pompe à diaphragme (Bodek) . . . . .	228

**TABLEAUX**

<u>Chapitre:</u>	<u>Page:</u>
3. 3.1 Hauteur d'aspiration maximale pour pompes à main alternatives à différentes altitudes et pour une eau à 60°F (15.6°C) . . . . .	58
3.2 Hauteur de chute maximale permettant de manoeuvrer aisément une pompe de puits profond . . . . .	64
3.3 Energie produite par l'homme . . . . .	66
3.4 Débits de pompage d'une éolienne présentant un refoulement en gallons par minute (litres par minute) . . . . .	73
3.5 Coefficients de frottement . . . . .	89
3.6 Coûts de coussinets spéciaux achetés chez des fabricants de coussinets . . . . .	100
3.7 Diamètre minimal des tuyaux de chute . . . . .	101
3.8 Classification des pompes à main en fonction du rendement requis (exemples) . . . . .	122
4. 4.1 Domages courants des pompes à main et remèdes correspondants . . . . .	143
4.2 Programme d'entretien pour pompe à main simple . . . . .	147

Chapitre

Page:

5.	5.1	Observations pratiques sur les utilisateurs de pompes à main pour puits profonds, dans l'Etat de Karnataka, aux Indes . . . . .	165
6.	6.1	Spécifications du fer de gueuse de fonderie . . . . .	201
	6.2	Spécifications du coke de fonderie . . . . .	202
	6.3	Personnel de l'atelier mécanique . . . . .	213
	6.4	Personnel de fonderie . . . . .	214

## PREFACE

L'approvisionnement en eau potable dans les pays en voie de développement fait actuellement l'objet d'études et de recherches approfondies. Dans de nombreux cas, une eau saine peut être obtenue au moyen de puits instantanés ou de puits fonçés et une attention toute particulière est accordée aujourd'hui aux différentes pompes à main permettant de recueillir cette eau.

Le besoin d'une information complète et digne de foi sur les pompes à main se fait par conséquent de plus en plus pressant.

C'est à la demande de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) que le programme des Nations Unies pour l'Environnement décida en avril 1975 d'apporter son appui financier à l'élaboration d'un manuel sur les pompes à main. Après délibérations avec l'OMS, le Centre International de Référence pour Alimentation en Eau Collective accepta de prendre en main ce projet.

En accord avec le CIR, c'est M. F.E. McJunkin qui se chargea de la préparation de ce document. C'est donc à lui que va en premier lieu notre reconnaissance pour le travail considérable qu'il accomplit en réunissant, compulsant et analysant toutes les informations qui lui servirent à rédiger ce rapport.

Notre reconnaissance va également à M. L.A. Orihuela et à son équipe de la Division de l'assainissement et de l'approvisionnement en eau des collectivités de l'OMS, Genève et en particulier au Dr R.C. Ballance en remerciement d'une assistance et d'un soutien constants.

Ce manuel fut au stade de projet soigneusement revu dans le cadre d'une réunion d'experts qui se tint à Voorburg (La Haye), Pays-Bas, du 12 au 16 juillet 1976.

Les commentaires et suggestions proposés par les participants au cours de cette réunion furent accueillis avec reconnaissance et inclus dans ce rapport. Les noms des experts ayant participé à cette séance de travail figurent à l'annexe A.

Nombreuses sont les personnes qui par une collaboration indirecte ont apporté une aide précieuse à l'élaboration de ce manuel, soit par des interviews, soit encore en facilitant l'accès à des documents écrits.

Les commentaires présentés par les gouvernements nationaux, les organisations internationales et les fabricants de pompes à main sur un projet préliminaire qui leur fut soumis pour examen constituèrent également un apport appréciable.

Le but de ce document est d'apporter un soutien aux fonctionnaires de santé publique, aux ingénieurs et aux personnes travaillant sur le terrain dans la planification et le développement des programmes d'approvisionnement en eau au moyen de pompes à main. Il est souhaitable que ce manuel facilite l'accès à l'information en matière de pompes à main et contribue à une amélioration générale de cette technique en facilitant le choix parmi les pompes existantes et en favorisant le développement de nouveaux modèles.

## RÉSUMÉ

### CONSIDERATIONS FONDAMENTALES

Plusieurs millions de personnes dépendent aujourd'hui déjà de l'utilisation de pompes à main\* pour leur approvisionnement en eau potable. D'importants programmes de pompes à main sont en cours de réalisation ou tout au moins de planification dans de nombreux pays. On relève une nouvelle prise de conscience du rôle important que les pompes à main auront à jouer à l'avenir dans l'approvisionnement en eau potable de millions de personnes habitant les zones rurales de pays en voie de développement.

L'expérience montre toutefois que de nombreuses installations de pompes à main se révèlent défectueuses ou ont même dû être abandonnées en raison d'imperfections au niveau de la planification, de la fabrication, de l'installation, du fonctionnement et de l'entretien. Le moindre défaut d'une pompe peut rendre un puits inutilisable. Il est nécessaire d'établir, ceci en particulier pour les pays en voie de développement, des critères de construction adaptés aux conditions de fonctionnement prédominantes ainsi qu'aux exigences en matière d'hygiène. Le modèle de pompe requis ne doit présenter aucun défaut, être plus résistant à l'usage, hygiénique et peu coûteux; sa construction (matériaux, équipement et main-d'oeuvre) ainsi que son entretien doivent pouvoir être assurés dans le cadre des capacités locales; son fonctionnement doit être simple et à la portée de tous les utilisateurs, y compris femmes et enfants.

---

\* Le terme de pompe à main tel qu'il est utilisé dans ce contexte s'applique à tout dispositif simple de remontée d'eau actionné par l'énergie humaine et utilisé pour l'approvisionnement en eau potable des régions rurales.

Les objectifs de ce document peuvent se définir comme suit:

- 1) Rassembler et contrôler les informations sur les pompes à main publiées tant dans les pays en voie de développement que dans les régions industrialisées.
- 2) Rassembler et contrôler les informations disponibles sur des modèles de pompes simples pouvant être fabriqués par des artisans de village sur la base de matériaux de provenance locale.
- 3) Rassembler et contrôler les informations sur le développement des pompes à main et sur les expériences d'ordre pratique, en particulier sur les programmes visant à déceler les causes de ruptures ou du mauvais fonctionnement d'une pompe, y compris les défauts relevés au niveau du plan de construction, du fonctionnement et de l'entretien.
- 4) Préparer, sur la base de l'analyse et de l'interprétation des informations précédentes, des directives et des recommandations en matière de plan de construction, de choix, de fabrication et d'entretien de pompes à main.
- 5) Procurer une documentation de base pour tout travail de développement sur les pompes à main et pour les réunions de travail organisées sur ce thème.

## **TECHNOLOGIE DE LA POMPE**

Les dispositifs d'élévation de l'eau ou pompes mus par l'énergie humaine sont utilisés depuis les premiers jours de l'histoire. Le type de pompe le plus répandu est le dispositif répondant à la définition de "pompe alternative à effet simple et déplacement positif"\* appelé aussi plus couramment pompe de ferme (cf. photo ci-après).

---

\* *Le système de la corde et du seau est peut-être plus fréquent encore, mais se révèle inadéquat pour l'approvisionnement en eau d'un village.*

La technologie des pompes à main à mouvements alternatifs peut encore être subdivisée en deux catégories: les pompes à main pour puits peu profonds et les pompes à main pour puits profonds. Dans les deux catégories de pompe, un plongeur ou piston enfermé dans un cylindre fait remonter l'eau dans le déversoir de pompe.

Dans le cas de la pompe pour puits peu profonds, le piston et son cylindre sont situés au-dessus du niveau de l'eau, généralement à l'intérieur du corps de pompe lui-même. Etant donné qu'elle utilise la pression

### "POMPE DE FERME"

Exemple typique de "pompe à main alternative (piston) à effet simple (cylindre) et déplacement positif fonctionnant au moyen d'un levier". Le modèle de pompe, développé tout d'abord en Europe et en Amérique du Nord, est aujourd'hui encore largement utilisé dans l'approvisionnement en eau des régions en voie de développement. Les pompes sont actionnées avant tout par des femmes et des enfants.

(Photo : OMS/Pérou)



atmosphérique pour faire monter l'eau dans son cylindre, cette pompe est limitée à des élévations d'eau d'environ 22 pieds (6.7 m).

Pour sa part, la pompe pour puits profonds dispose d'un cylindre et d'un piston situés au-dessous du niveau de l'eau dans le puits. Cette pompe peut faire monter de l'eau provenant de puits profonds de 600 pieds (180 m). Les forces et l'usure engendrées par la pression en colonne d'eau\* augmentent proportionnellement à la profondeur du niveau de la nappe aquifère. Ainsi donc, les problèmes d'entretien et de réparation sont plus difficiles à résoudre pour les cylindres situés dans la profondeur des puits que pour ceux des pompes de puits peu profonds. C'est la raison pour laquelle les travaux de planification et de calculation des coûts se révèlent plus délicats pour les pompes de puits profonds.

Les plans de construction doivent, du point de vue hydraulique, prendre en considération différents éléments tels que le débit de refoulement, la pression à vaincre pour faire monter l'eau, les forces structurales engendrées par le dispositif d'élévation d'eau, l'énergie requise pour le fonctionnement, ainsi que la fréquence et la longueur des courses de piston transmises par le bras de la pompe.

Ces facteurs jouent un rôle important dans les plans relatifs à l'assemblage du bras, au corps de pompe, aux paliers situés aux points d'articulation du bras, à la tige de pompe reliant le bras et l'assemblage du piston, au cylindre et au joint hydraulique entre le piston et la paroi du cylindre.

Cinq éléments d'importance primordiale se révèlent contraignants au niveau du fonctionnement:

---

\* *Distance verticale que l'eau doit parcourir pour monter de son niveau dans le puits à son point de refoulement libre, par ex. le déversoir de la pompe.*

- 1) L'apport d'énergie est limité, moins de 0.1 horse-power (75 watts) pour un homme d'âge adulte;
- 2) les pompes à main doivent résister à une utilisation intense, généralement 250 utilisateurs par pompe, parfois plus de 1000 (le bétail en sus);
- 3) les capitaux pouvant être investis dans l'achat de pompes sont fortement limités dans les pays en voie de développement;
- 4) la qualité de fabrication peut être médiocre;
- 5) les ressources destinées à l'entretien sont souvent limitées.

La technologie de base est désormais acquise. Les pompes de type alternatif, déjà connues dans l'Antiquité, sont utilisées très couramment depuis 200 ans au moins. Les pompes de la fin du 19<sup>me</sup> siècle sont pour ainsi dire semblables à celles que l'on connaît aujourd'hui.

## **ENTRETIEN**

Considérant l'âge de la technologie des pompes à main, on est en droit de se demander pourquoi les experts cherchent aujourd'hui à reconsidérer le problème. Trois raisons fondamentales sont à la base de cette démarche: tout d'abord les pompes à main actuelles s'inspirent dans leur conception des pompes d'Europe ou d'Amérique du Nord destinées à l'usage d'une seule famille, alors que dans les régions en voie de développement, une pompe à main doit souvent fournir l'eau à des centaines de personnes. En second lieu, la qualité de fabrication de ces pompes à main est souvent médiocre, et enfin, le manque de ressources des pays en voie de développement implique la nécessité de réduire au maximum le coût unitaire de ces pompes à main. La technologie existante permet de fabriquer des pompes à main résistantes, ne requérant

pour ainsi dire aucun entretien, mais à quel prix?\*

Ainsi donc, une utilisation intensive, une qualité médiocre et un coût peu élevé sont à la base de l'entretien disproportionné requis pour le fonctionnement correct et efficace des pompes utilisées dans les pays en voie de développement. Le manque d'entretien et/ou l'absence de pompes de qualité suffisante pour justifier un entretien est l'un des problèmes les plus importants à résoudre dans les programmes de pompes à main.

### RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT

Les efforts entrepris au cours des dernières décennies pour favoriser l'approvisionnement rural en eau dans les pays en voie de développement ont encouragé de nouveaux développements de pompes au niveau international, comme par exemple:

- 1) la pompe Battelle/AID. Un programme de cinq ans pour développer une pompe résistante et sûre destinée à toutes les sortes de puits de faible et de grande profondeur des pays en voie de développement. Bien que n'ayant jamais fait l'objet d'une production de masse, cette pompe a, par la recherche qu'elle a occasionnée, stimulé et influencé la plupart des autres programmes de développement sur les pompes à main;
- 2) la pompe Bangalore. Développée par le gouvernement des Indes avec le concours de l'OMS, cette pompe pour puits profonds en est encore à son stade expérimental. Elle comporte certaines innovations au niveau des plans de construction et reprend certains éléments

---

\* Actuellement en effet, certaines pompes présentent des qualités pour ainsi dire analogues, mais leur coût se révèle prohibitif pour une utilisation à grande échelle.

développés aux Indes par les agences "Mission" pour les pompes "Jalna".

- 3) Nouvelle pompe No 6. Pompe de puits profonds développée au Bangladesh avec l'aide de l'UNICEF; cette pompe fait actuellement l'objet d'une production de masse. Reprenant de nombreuses caractéristiques de la pompe Battelle, elle a toutefois substitué ses joints en cuir par des joints en matière plastique (PVC);
- 4) Hydro-pompe Vergnet. Développée par un fabricant français, cette pompe à diaphragme actionnée par le pied est actuellement soumise à de nombreux tests en Afrique occidentale. Se détournant radicalement de la pompe à mouvements alternatifs, ce nouveau type de pompe pourrait être promis à un bel avenir.

De nombreuses autres études en cours sur les pompes sont décrites dans ce rapport. Les matériaux conventionnels tels que le cuir des joints et des soupapes, le fer ou le laiton des cylindres y sont très souvent remplacés par des matériaux de substitution, en particulier par les matières plastiques. Certains plans de construction prévoient un tubage de puits servant de cylindre de pompes, d'autres incorporent les paliers à billes et les dispositifs antifricition dans l'assemblage du bras.

#### **FABRICATION LOCALE DE POMPES A MAIN**

L'opportunité d'une fabrication locale de pompes à main peut être déterminée par les disponibilités suivantes:

- 1) investissements avantageux au niveau de la production,
- 2) économies au niveau des transports,
- 3) possibilités de change intéressantes,
- 4) développement de l'industrie locale et du marché indigène du travail,
- 5) disponibilité de pièces sur place, et
- 6) production d'une pompe à main adaptée aux conditions locales.

Il existe dans les faits deux types de fabrication locale:

Le premier type est constitué par la production de masse en fonderies, en ateliers mécaniques et en fabriques de pompes à main, semblables à celles rencontrées sur le marché international d'exportation. Cette forme de fabrication est pratiquée couramment dans de nombreux pays en voie de développement. Le second type de fabrication défini comme "technologie intermédiaire" ou encore "technologie appropriée" vise à une production de petites quantités réalisée par des artisans de village et des petits ateliers. Diverses variations hybrides entre ces deux types de fabrication sont également possibles. Face à une forte demande de pompes à main à usage collectif, c'est généralement le premier type de fabrication qui sera préféré en raison des possibilités qu'il offre de produire de façon massive des pompes plus résistantes et plus facilement interchangeables.

Les pompes à main sont composées d'un grand nombre d'éléments distincts; c'est la raison pour laquelle l'assemblage complet d'une pompe requiert le concours de fournisseurs de pièces de fonte et de cuir, de tiges, de tuyaux, de soupapes, d'axes, d'écrous, de boulons et d'autres pièces encore. De plus, les fabricants de corps de pompes à main devraient également être à même de fabriquer des béliers hydrauliques, des boîtes à soupape et des jauges, des couvercles à trous d'homme et d'autres pièces de fonte utilisées dans des travaux d'assainissement et d'approvisionnement.

Ce rapport propose certaines directives pour le travail en fonderie et en atelier et présente entre autres les spécifications du fer et du coke. Il décrit également une autre forme de production reposant sur des éléments en acier, en matière plastique et en bois, ainsi que les exigences à respecter dans le déroulement des opérations annexes, telles que la préparation des pièces de cuir.

Le dernier chapitre traite de la fabrication des pompes à main par les artisans de village en s'appuyant sur de nombreux exemples comme les pompes en bambous, les chapelets hydrauliques, les pompes à diaphragme, les pompes à corde et les pompes à treuil; la production locale des cuirs de pompe et des bras de levier en bois pour pompes conventionnelles y est aussi décrite.

### **BIBLIOGRAPHIE**

Une bibliographie riche et détaillée est annexée.

### **REPERTOIRE DES FABRICANTS**

Un répertoire international d'adresses renfermant les noms de quelque 90 fabricants de pompes à main connus des auteurs en juin 1977 est annexé. Toute information supplémentaire sera accueillie avec reconnaissance. L'inclusion ou l'omission d'un fabricant sur la liste annexée ne constitue aucune forme de jugement qualitatif.



# 1. INTRODUCTION

## 1.1 CONSIDÉRATIONS FONDAMENTALES

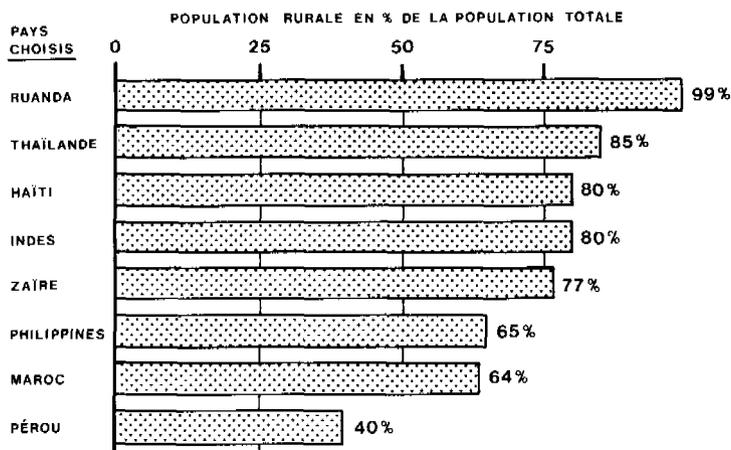
Une étude réalisée en 1973 par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) laisse apparaître qu'en 1970 plus d'un milliard de personnes résidant dans les zones rurales des pays en voie de développement ne disposait d'aucun accès raisonnable à un point d'eau potable. De nombreux travaux de recherches en épidémiologie ont permis de déterminer qu'une eau contaminée se révélait être le principal agent de transmission de la typhoïde, du choléra, de la dysenterie bacillaire et d'autres maladies diarrhéiques. Dans de nombreux pays en voie de développement, les maladies d'origine hydrique ou provoquées par l'eau font partie des trois premières causes de maladie et de mort. De plus, même ces eaux douteuses du point de vue pathologique ne peuvent souvent être recueillies qu'au prix d'un effort quotidien long et pénible.

Un objectif de la seconde décennie de développement des Nations Unies est d'augmenter à 36% la proportion de population rurale disposant d'un approvisionnement direct en eau potable. Cet objectif, si modeste soit-il, requièrerait déjà des investissements de l'ordre de 6.5 milliards de dollars dans des régions où le revenu par habitant est généralement fort bas. Tout doit être entrepris pour limiter au maximum le coût de l'approvisionnement d'eau par habitant, si l'on veut qu'un jour une proportion importante de cette population dispose d'eau potable en suffisance.

De nombreux observateurs s'accordent pour reconnaître le bien-fondé d'une analyse récente de la Banque Mondiale où il est spécifié que dans les régions disposant d'une nappe souterraine à une profondeur raisonnable la construction de puits équipés de pompes à main se révèle être

FIGURE 1-1

LA POPULATION DE LA PLUPART DES PAYS EN VOIE DE DEVELOPEMENT EST EN GRANDE MAJORITE CAMPAGNARDE



de loin la solution la plus économique pour un approvisionnement sûr en eau potable (IBRD, p. 16, 1975).

Le coût d'implantation d'un programme d'approvisionnement en eau par pompes à main est relativement modeste et varie entre 0.50 \$ et 3.00 \$ par habitant, en fonction du coût du puits et de la densité de population. Bien que l'objectif final soit d'amener l'eau sous pression par tuyaux dans les maisons et aux postes de pompage publics, des milliards de personnes devront toutefois encore recourir aux pompes à main comme solution intermédiaire, voire même peut-être définitive.

En outre, de nombreuses régions ne disposent pas d'électricité, ce qui impliquerait l'utilisation de moteurs à combustion interne pour la production de l'énergie de pompage. Seuls des moteurs Diesel pourraient dans ce cas être pris en considération en raison de leur sécurité de fonctionnement. Ces moteurs, d'une puissance minimale de 4.5 ch/v sont coûteux à l'usage en raison de l'importation du carburant; ils présentent dans bien des cas un excès de puissance ou nécessitent alors de fréquents arrêts causant alors un surcroît d'usure et de travail. Enfin,

leur coût d'investissement est quatre fois plus élevé que celui des pompes à main (Allison).

Plusieurs centaines de millions de personnes disposent déjà de pompes à main pour leur approvisionnement en eau potable. D'importants programmes de pompes à main sont actuellement en cours de réalisation ou de planification dans de nombreux pays. Citons pour exemple Afghanistan, Burma, Indes, Indonésie, Pakistan, Philippines et Thaïlande; Ethiopie, Ghana, Kenya, République du Malagasy, Malawi, Mali, Tanzanie, Tunisie et Zambie; Bolivie, Costa Rica, Honduras, Equateur et Nicaragua. Le Bangladesh projette d'installer à lui seul plus de 400'000 pompes à main au cours de cette décennie.

L'expérience montre malheureusement que de nombreuses installations d'approvisionnement d'eau par pompes à main se révèlent déjà défectueuses ou ont déjà été abandonnées en raison des défauts relevés au niveau des plans, de la fabrication, du montage, du fonctionnement et de l'entretien des pompes. Les critères de choix au niveau des plans de construction doivent être adaptés aux conditions prédominantes de fonctionnement.

La technologie la plus courante en matière des pompes à main propose des plans de pompes développés il y a plus de 50 ans pour les exploitations familiales des Etats-Unis et d'Europe alors qu'aux Indes, par exemple, plus de 1000 personnes peuvent être appelées à utiliser régulièrement une seule et même pompe (Emmanuel). Les pompes requises doivent être plus résistantes et parfaites du point de vue du fonctionnement; leur entretien doit pouvoir être assuré dans le cadre des capacités locales. Elles doivent en outre être irréprochables du point de vue sanitaire, peu coûteuses, à la portée de tous les utilisateurs, y compris femmes et enfants et adaptées aux conditions locales de fabrication (matériaux, équipement et main-d'oeuvre).

Au cours des dix dernières années, plusieurs études sur les différents types de pompes à main ont été parrainées ou prises en charge par des institutions internationales, des fabricants de pompes et d'autres encore. Plusieurs organisations ont également porté leur attention sur des méthodes simples d'élévation d'eau au moyen de pompes réalisées par des artisans locaux. Un grand nombre de ces pompes laissent espérer une utilisation judicieuse dans d'autres lieux avec ou sans ajustements au niveau des plans.

## 1.2 SOURCES D'INFORMATION

Les sources conventionnelles d'information telles que les journaux scientifiques récents ne fournissent aucune indication sur les pompes à main. Des informations substantielles à ce sujet peuvent être recherchées dans ce qu'on appelle parfois la "littérature éphémère", c'est-à-dire une littérature qui n'apparaît jamais dans les sommaires ou les périodiques spécialisés, en raison du caractère officieux, limité ou privé de sa publication. La plupart des informations recueillies proviennent de rapports polycopiés, de circulaires, de correspondances ou de documents distribués en quelques exemplaires seulement et préparés par le personnel des agences internationales. Les informations de base sont constituées pour un tiers environ des documents fournis par l'OMS et l'UNICEF. Une seconde source d'information peut être recherchée dans des études entreprises aux Etats-Unis à la fin du 19<sup>me</sup> siècle et au début du 20<sup>me</sup> siècle par des stations expérimentales de recherches agricoles, des écoles d'agriculture et des centres gouvernementaux de recherches. Mentionnons encore comme troisième source d'information différents livres et manuels de la même époque. Les conditions favorables offertes par la Bibliothèque du Congrès (la Bibliothèque nationale

des Etats-Unis) et de l'Université de l'Etat de Caroline du Nord se révélèrent inestimables dans les deux dernières catégories d'information. Une quatrième source fut constituée par la littérature des fabricants; une bibliographie riche et détaillée figure à la fin de ce rapport\*. Une autre source précieuse d'information fut constituée par les interviews personnels sur les problèmes relatifs aux pompes à main dans les pays en voie de développement.

Le groupe d'experts (mentionné précédemment) réuni pour la Conférence-atelier Internationale sur les pompes à main qui se tint au Centre International de Référence pour Alimentation en Eau Collective en juillet 1976 se révéla être également une excellente source d'information, tant au niveau du groupe qu'à celui de l'individu.

### 1.3 LIMITES DU RAPPORT

Ce rapport ne couvre volontairement qu'une partie du système des pompes à main. Comme le montre la figure 1-2, pour bien fonctionner, un programme de pompes à main doit pouvoir se baser sur des relations satisfaisantes entre les utilisateurs, la technologie et les structures existantes. Comme le dit un ingénieur PAHO qui jouissait d'une longue expérience en matière d'approvisionnement d'eau en milieu rural: "la pompe à main est un petit instrument technologique dans un grand système sociologique".

Ce rapport se concentre sur la technologie des pompes, sur leur fabrication, leur montage et leur entretien, sans toutefois renier

---

\* *Les lecteurs sont priés d'envoyer au CIR les copies de toute publication personnelle ou de tiers sur les pompes à main qui ne figurerait pas dans la bibliographie. Ces informations seront intégrées dans les prochains programmes de pompes à main et permettront une remise à jour périodique de ce document.*

l'importance d'autres facteurs tels que la gestion, les utilisateurs, les sources d'eau et la technologie du puits\*. En effet, à la figure 1-2, l'utilisateur est délibérément placé au centre. Ce rapport, tout comme la pompe à main, est imparfait et, tout comme la pompe à main encore, trop important pour se permettre d'attendre la perfection.

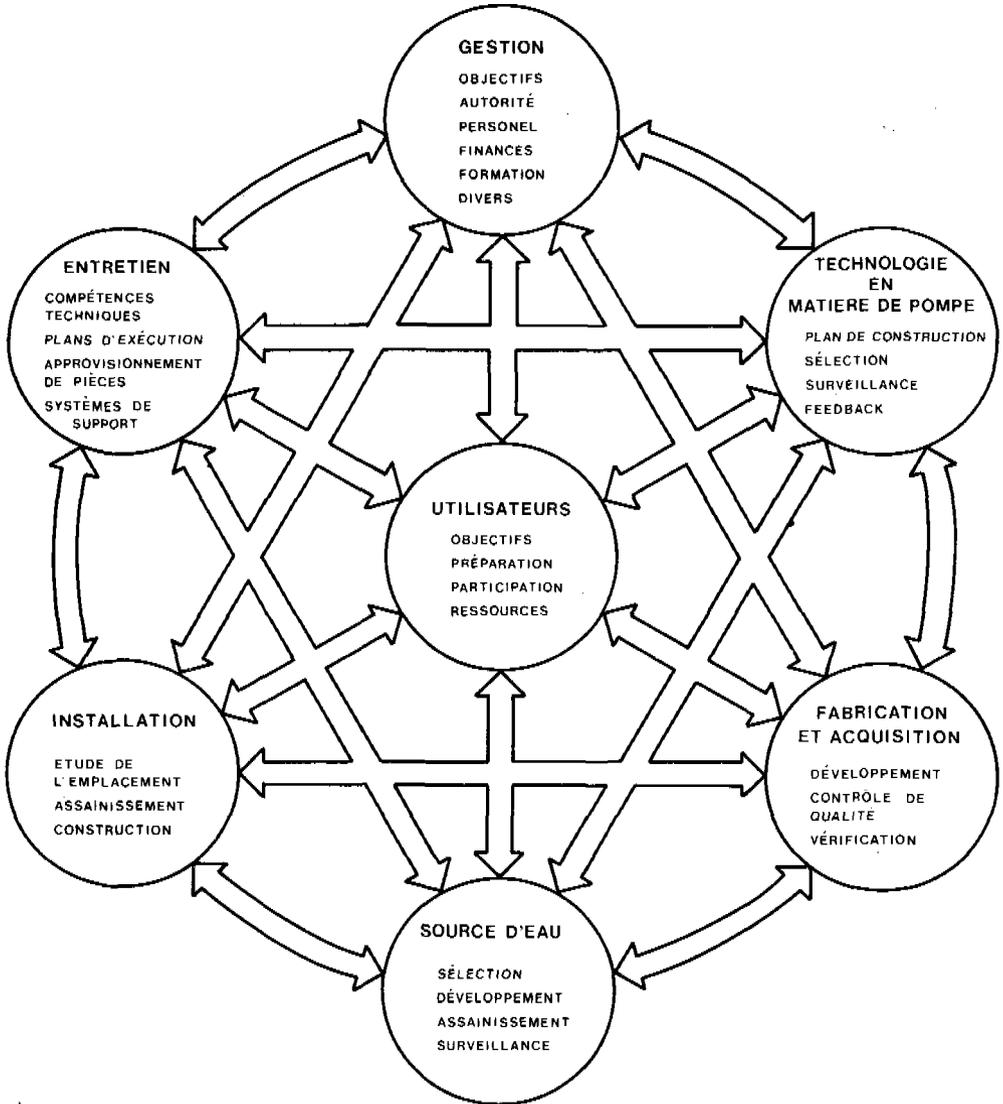
Les sujets traités apportent souvent autant de questions que de réponses. Le but n'est en fait pas d'apporter une réponse définitive au problème posé, mais bien de présenter des options qui seront le moment venu sélectionnées par les personnes concernées.

---

\* Une bibliographie détaillée permet de se documenter sur de nombreux sujets qui n'ont pas été traités ici (par ex. Pisharoti sur l'éducation en matière d'hygiène).

FIGURE 1-2

COMMENT FONCTIONNE UN SYSTEME DE POMPES A MAIN





## 2. TYPES DE POMPES A MAIN

### 2.1 HISTORIQUE

Si l'on considère les pompes comme des dispositifs d'élévation d'eau, l'inventeur de la pompe à main est alors celui de nos ancêtres qui le premier joignit ses mains pour boire. Toutefois, le type de pompes à main le plus fréquemment utilisé aujourd'hui pour l'approvisionnement en eau des collectivités est la pompe à piston à mouvements alternatifs et déplacement positif.

L'origine précise de la pompe alternative, attribuée parfois à Ctesibius (an 275 avant J.-C. environ), reste obscure. Cette pompe, utilisée alors pour combattre le feu, était un dispositif d'élévation à deux cylindres, avec soupapes extérieures et sans garniture entre le piston et la paroi du cylindre. Cette pompe était d'ailleurs bien connue de Hero (2me siècle avant J.-C) et de Vitruvius (1er siècle avant J.-C.). Des restes archéologiques de pompes à mouvements alternatifs datant de la fin de l'époque romaine sont encore parfois mis à jour en Europe.

Dans son "Histoire de l'Hydraulique" (1856), Ewbank affirme qu'une pompe alternative en bois était utilisée comme pompe de bateau sur les premiers navires grecs et romains. On ne sait rien de précis sur la construction de ces pompes. Il se peut toutefois qu'elles aient été semblables à celles décrites par Agricola au 16me siècle.

Agricola (1556) montre en effet clairement les plans utilisés au 16me siècle en Saxe. Au piston conique en cuir venaient fréquemment s'ajouter à cette époque des pistons en forme de disques de bois ou de fer perforés, les perforations étant alors recouvertes d'un disque de cuir faisant office de soupape. Le clapet de pied était constitué

d'une lame métallique à charnière fixée sur un siège de soupape métallique. Cette pompe comprenait généralement trois parties distinctes: celle du milieu était constituée par le cylindre de pompe, alors que la petite partie inférieure renfermait la soupape d'aspiration. Ces premières pompes en bois étaient en fait conçues comme dispositifs d'élévation; toutefois, lorsqu'elles étaient construites en métal, il était coutume de placer le cylindre au sommet de la pompe et d'équiper celle-ci d'un fin tuyau d'aspiration, ceci pour des raisons d'économie de matériel et de coûts de fabrication. La soupape d'aspiration était toujours placée à l'extrémité inférieure du cylindre. Des pompes aspirantes en plomb de ce type étaient couramment utilisées au 16<sup>me</sup> siècle.

L'Angleterre du 17<sup>me</sup> disposait de nombreuses pompes à mouvements alternatifs construites en bois ou en plomb et équipées de garnitures de piston en cuir. Ce n'est en fait que vers le milieu du 19<sup>me</sup> siècle que l'amélioration des transports et des communications rendit possible d'un point de vue économique la fabrication et la distribution à grande échelle de pompes à main en fonte et en métal.

On assista à la fin du 19<sup>me</sup> et au début du 20<sup>me</sup> siècle à la production d'un très grand nombre de modèles de pompes à main (près de 3000 fabricants de pompes aux Etats-Unis seulement). Toutes ces pompes utilisaient les mêmes principes de fonctionnement et étaient dans leurs grandes lignes semblables à celles dont on dispose aujourd'hui, à la seule différence que les pompes de l'époque étaient destinées à l'usage d'une seule famille et de son bétail. Elles étaient souvent reliées à des moulins à vent ou à des réservoirs. Eubanks (1971) dispose de nombreux dessins de pompes datant de cette époque.

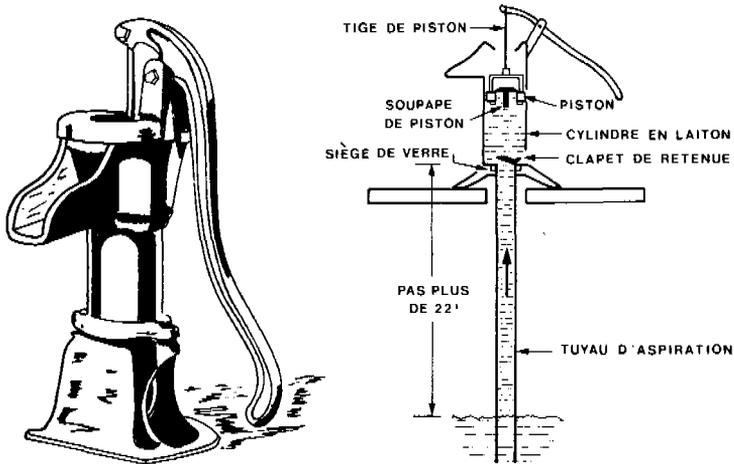
La pompe à main vit aujourd'hui une seconde jeunesse. L'importance de son rôle dans l'approvisionnement en eau des milieux ruraux de nombreux pays en voie de développement est aujourd'hui largement reconnue.

## 2.2 POMPE ÉLEVATOIRE À MOUVEMENTS ALTERNATIFS POUR PUIITS PEU PROFONDS

La figure 2-1 montre une pompe élévatoire à commande manuelle pour puits peu profonds. Le corps de la pompe renferme un piston à soupape qui monte et descend (d'où son nom). Le principe de son fonctionnement peut être suivi sur la figure 2-2:

- 1) Lorsque la pompe est amorcée (croquis A), le piston est en haut. Comme l'air ne peut circuler en raison du joint hydraulique, un vide partiel se crée dans le cylindre, réduisant ainsi la pression d'air à la surface de l'eau contenue dans le tuyau d'aspiration. La pression atmosphérique agissant sur l'eau du puits est maintenant supérieure à la pression d'air agissant sur l'eau du tuyau, ce qui force la montée de l'air et de l'eau dans le tuyau en suivant la montée du piston. Le volume du cylindre situé en dessous du piston se remplit d'air en provenance du tuyau.

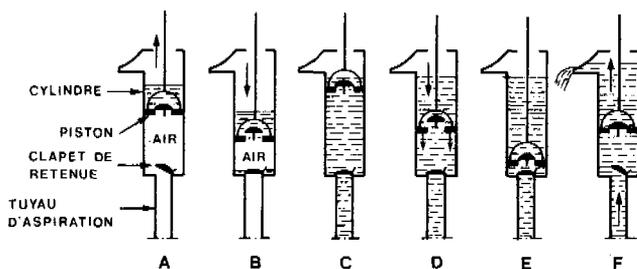
FIGURE 2-1 POMPE ELEVATOIRE DE PUIITS PEU PROFOND



- 2) Au sommet du cylindre, le piston s'arrête et le clapet de retenue se ferme par son propre poids, emprisonnant l'air dans le cylindre.
- 3) A la prochaine descente du piston, l'air emprisonné est comprimé entre le piston et le fond du cylindre. Lorsque la pression devient plus forte que la pression atmosphérique exercée sur le cylindre, plus le poids de la soupape et de l'eau d'amorçage, l'air soulèvera la soupape du piston et s'échappera. (croquis B)

- 4) Lors de la prochaine remontée du piston, une plus grande quantité d'air sortira du tuyau et l'eau montera encore, entrant éventuellement dans le cylindre sous le piston (croquis C).
- 5) Lorsque le cylindre et le tuyau sont pleins d'eau (croquis C), le clapet de retenue se ferme par la pesanteur emprisonnant l'eau dans le cylindre.
- 6) A la prochaine course descendante, le piston et la soupape traversent l'eau (croquis D).
- 7) Lorsque le piston atteint le fond du cylindre et s'arrête, sa soupape se ferme, emprisonnant l'eau au-dessus du piston (croquis E).
- 8) A la prochaine remontée du piston, l'eau emprisonnée au-dessus de lui est poussée hors de la pompe (F). L'eau entre alors à nouveau de force dans le cylindre par le clapet de retenue.
- 9) A chaque descente de piston, l'action reprend à E, à chaque montée, à F. Ainsi donc, la pompe refoule de l'eau à chaque mouvement ascendant.

FIGURE 2-2 ILLUSTRATION DU FONCTIONNEMENT D'UNE POMPE A PISTON



La pompe n'aspire pas l'eau de la source, comme on le croit souvent, mais réduit la pression atmosphérique sur l'eau contenue dans le tuyau d'aspiration et c'est la pression atmosphérique agissant sur l'eau stockée à l'extérieur du tuyau d'aspiration qui pousse l'eau vers le haut et la fait entrer dans la pompe.

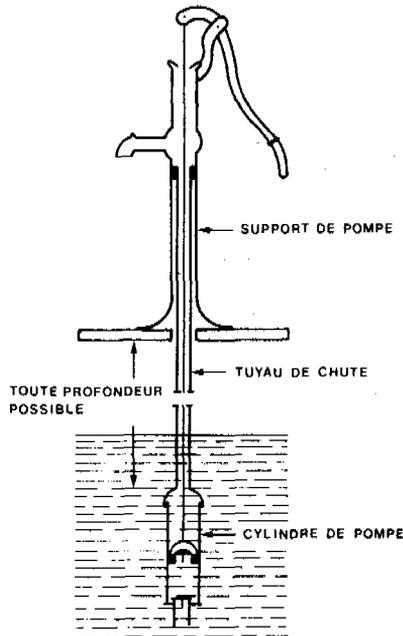
Dans la mesure où elles s'appuient sur la pression atmosphérique pour faire monter l'eau dans le tuyau d'aspiration, ces pompes pour puits peu profonds sont dans leur usage limitées aux cas où le niveau de la nappe aquifère ne se trouve pas à plus de 22 pieds (6.7 m) de la soupape d'aspiration au moment du pompage, quand bien même la "pression atmosphérique standard" est d'environ 34 pieds (10.4 m). (Voir tableau 3-1).

### 2.3 POMPE À MOUVEMENTS ALTERNATIFS POUR PUIITS PROFOND

Ce type de pompe est présenté à la figure 2-3.

Le système de fonctionnement des pompes pour puits profond est semblable à celui décrit précédemment, la seule différence résidant dans l'emplacement du cylindre qui est généralement immergé afin d'éviter tout désamorçage. Ce dispositif peut pomper de l'eau située à plus de 22 pieds au-dessous du dégorgeoir de pompe.

FIGURE 2-3 POMPE ELEVATOIRE DE PUIITS PROFOND



La dénomination de puits profond ou peu profond en matière de choix de pompe se réfère à la distance entre la surface du puits et le niveau de l'eau dans le puits et non à la profondeur du forage ou du tubage du puits. Par exemple, un puits foré d'une profondeur de 300 pieds

(91.5 m) dans lequel le niveau de la nappe est à 15 pieds (4.6 m) au-dessous de la surface pourra être équipé d'une pompe à main pour puits peu profond (ou bien entendu également d'un modèle pour puits profond). Inversement, un puits foré de 40 pieds seulement (12.2 m), mais dans lequel le niveau de la nappe est à 35 pieds (11.7 m) au-dessous de la surface devra nécessairement être équipé d'une pompe pour puits profond avec un cylindre placé au minimum à 35 moins 22, soit à 13 pieds (4 m) au-dessous de la surface, de préférence encore au-dessous du niveau de la nappe, c'est-à-dire à une profondeur supérieure à 35 pieds (11.7 m).

#### 2.4 POMPES FOULANTES À MOUVEMENTS ALTERNATIFS

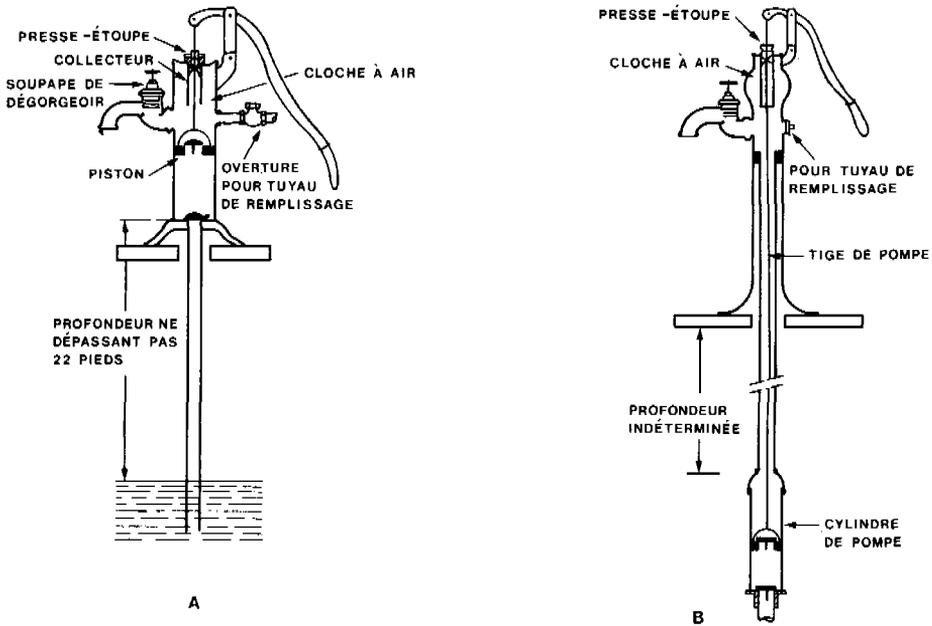
Les pompes foulantes sont destinées à pomper de l'eau d'une source et à la rejeter soit plus haut, soit sous pression. Elles sont utilisées essentiellement pour pomper de l'eau dans des bassins ou des réservoirs sous pression. Tous les systèmes hydrauliques sous pression ont recours à des pompes foulantes. Elles sont fermées de façon que l'eau soit contrainte de couler sous pression. Elles sont utilisables pour toutes les profondeurs de puits.

Ces pompes sont présentées à la figure 2-4.

Une pompe foulante pour puits peu profond est illustrée à la figure 2-4A. Son principe de fonctionnement est le même que celui de la pompe élévatrice à piston à effet simple, à la seule différence qu'elle est fermée à son sommet et qu'elle peut donc contraindre l'eau à monter plus haut que la pompe elle-même, soit par un raccord séparé, soit par un tuyau fixé au dégorgeoir.

Seules les pompes foulantes requièrent des dégorgeoirs munis de soupapes, soit pour permettre l'utilisation d'une seconde sortie, soit comme clapet de retenue entre la pompe et le réservoir. Généralement, ces pompes disposent d'une cloche à air pour régulariser le débit de

FIGURE 2-4 POMPES FOULANTES

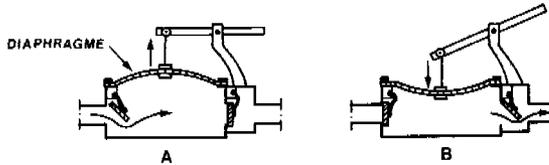


refoulement. Lorsque le piston monte, l'air contenu dans la cloche est comprimé et lorsque le piston descend, l'air se dilate pour permettre de maintenir un débit de refoulement constant. Le tube collecteur sert à empêcher toute fuite autour de la tige du piston.

Le fonctionnement des pompes foulantes pour puits profond est identique à celui reproduit à la figure 2-4A, la différence principale résidant dans l'emplacement du cylindre. Lorsque le cylindre est placé dans la profondeur du puits, il est alors possible de tirer de l'eau d'une profondeur supérieure à 22 pieds (6.7 m). Voir figure 2-4B. Il s'agit par conséquent d'une pompe pour puits profond.

## 2.5 POMPE FOULANTE À DIAPHRAGME

FIGURE 2-5 COUPE TRANSVERSALE D'UNE POMPE A DIAPHRAGME



Un autre type de pompe à déplacement positif pouvant utiliser un bras à mouvements alternatifs est la pompe à diaphragme inventée en 1730 et largement utilisée comme pompe à essence automotrice. Lorsque le diaphragme, constitué par une membrane élastique, est levé, le liquide est aspiré au travers de la soupape d'admission que l'on voit à gauche du croquis. Lorsque le diaphragme est baissé, le liquide est chassé sur la droite. La pompe Vergnet et la pompe Petro, toutes deux décrites au chapitre 5, sont de nouvelles variantes de la pompe à diaphragme promises à un bel avenir comme pompes à main pour l'approvisionnement en eau des collectivités rurales.

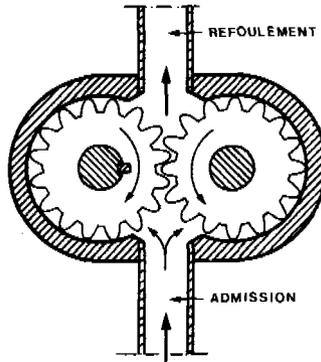
## 2.6 POMPE ROTATIVE

Les pompes qui utilisent un ou plusieurs rotors à grande vitesse dans une garniture ou un stator fixe sont généralement appelées pompes rotatives. On peut citer comme exemple deux couronnes dentées de rotation engrenées dans un boîtier comme le montre la figure 2-6.

La force n'est imprimée qu'à l'une des deux couronnes dentées qui à son tour entraîne l'autre. Cette pompe fonctionne de la façon suivante: la rotation dans la direction indiquée entraîne le désengrenage des dents qui à son tour crée un vide partiel au-dessus de l'admission

FIGURE 2-6

COUPE TRANSVERSALE D'UNE POMPE ROTATIVE



d'air. Le liquide, ainsi poussé dans la pompe par la pression atmosphérique, vient remplir les interstices entre les dents; le liquide logé entre les dents est entraîné par la rotation vers l'extérieur de la pompe, là où les dents s'imbriquent à nouveau les unes dans les autres. L'engrenage des dents provoque le rejet sous pression du liquide. N'ayant aucune soupape, ces pompes sont particulièrement adaptées au pompage des liquides visqueux et de ce fait utilisées partout comme pompes à huile. Les pompes rotatives à main servent souvent à vider des réservoirs d'huile. La figure 2-7 présente une pompe semi-rotative parfois utilisée pour l'approvisionnement en eau.

Un autre type de pompe rotative, la pompe rotative hélicoïdale, appelée aussi souvent pompe à cavité progressive, consiste en un rotor hélicoïdal à filetage simple tournant dans un stator hélicoïdal à filetage double (voir figure 2-8). Les surfaces hélicoïdales engrenées poussent le liquide vers le haut par un mouvement uniforme semblable à celui d'un piston se mouvant lentement dans un cylindre d'une longueur infinie. Le joint constant et efficace produit par le contact entre le rotor et le stator dispense de l'installation de soupapes.

Les pompes rotatives hélicoïdales à main peuvent être utilisées pour

FIGURE 2-7

COUPE TRANSVERSALE D'UNE  
POMPE SEMI-ROTATIVE

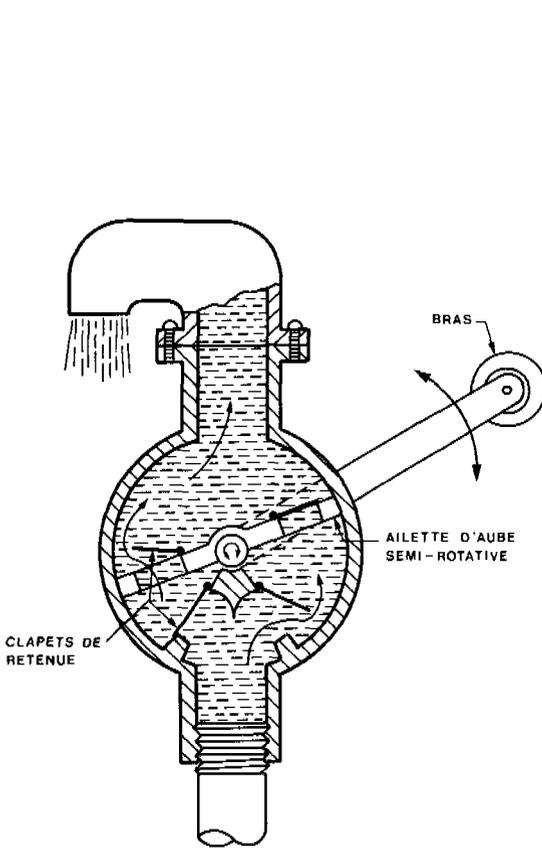
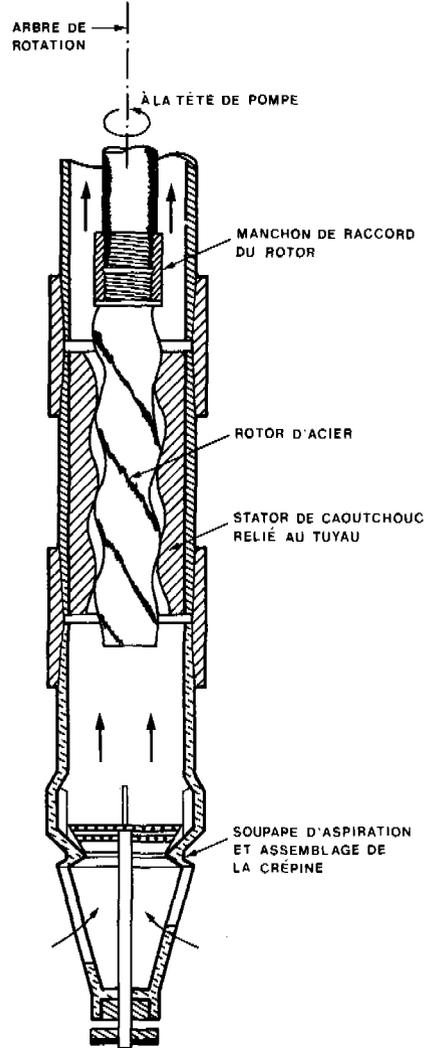


FIGURE 2-8

COUPE TRANSVERSALE D'UNE  
POMPE A ROTOR HELICOIDAL



des puits d'une largeur de 3 pouces (75 mm) ou plus. Bien que d'un prix relativement élevé, cette pompe a déjà rendu de précieux services en Afrique et en Asie où elle est connue sous le nom de pompe "Mono", d'après le nom de son fabricant anglais.

## 2.7 POMPES À GODETS

La pompe à godets représente un autre type de pompe à main à déplacement positif (voir exemple de la figure 2-9).

FIGURE 2-9

POMPE A GODETS

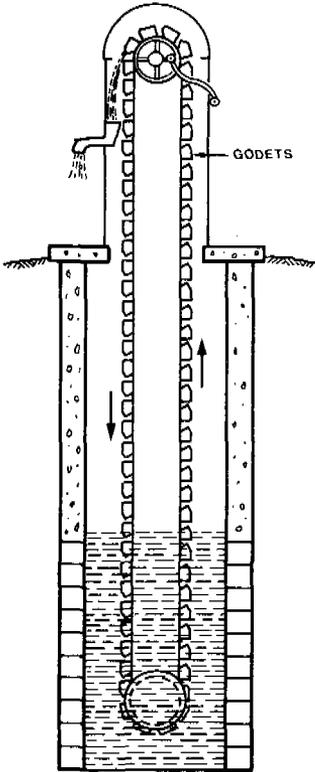
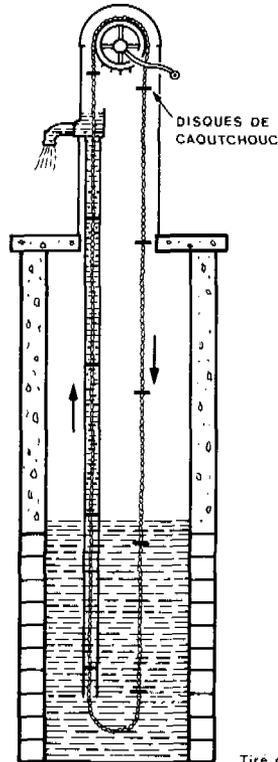


FIGURE 2-10

CHAPELET HYDRAULIQUE



Tiré de la Serie de  
Monographies de  
l'OMS. No 42

De petits godets sont fixés à une chaîne sans fin tournant autour de deux pignons; chaque godet puise l'eau de la source au fond du puits, la transporte jusqu'au sommet et la vide dans le dégorgeoir lorsqu'il passe au-dessus du pignon supérieur. Un fabricant au moins a mis au point une pompe dans laquelle les godets sont remplacés par une cein-

ture faisant office d'éponge et un racloir destiné à évacuer l'eau amenée au sommet de la pompe. Une autre version prévoit l'utilisation d'une corde entraînée par une roue de bicyclette et l'aménagement d'un virage brusque au sommet du dispositif permettant la libération de l'eau par la force centrifuge. Ces pompes sont principalement utilisées pour des citernes et des puits peu profonds.

Ce même principe de fonctionnement se retrouve dans les dispositifs traditionnels d'irrigation actionnés par des animaux, tels que la roue persane, la sakia, la noria et d'autres encore dans lesquels les godets peuvent être remplacés par des récipients de terre cuite ou des boîtes de bois ou de métal et où le mouvement horizontal circulaire de l'animal peut être transformé par engrenage en un mouvement rotatif vertical destiné à entraîner la chaîne.

## **2.8 CHAPELETS HYDRAULIQUES**

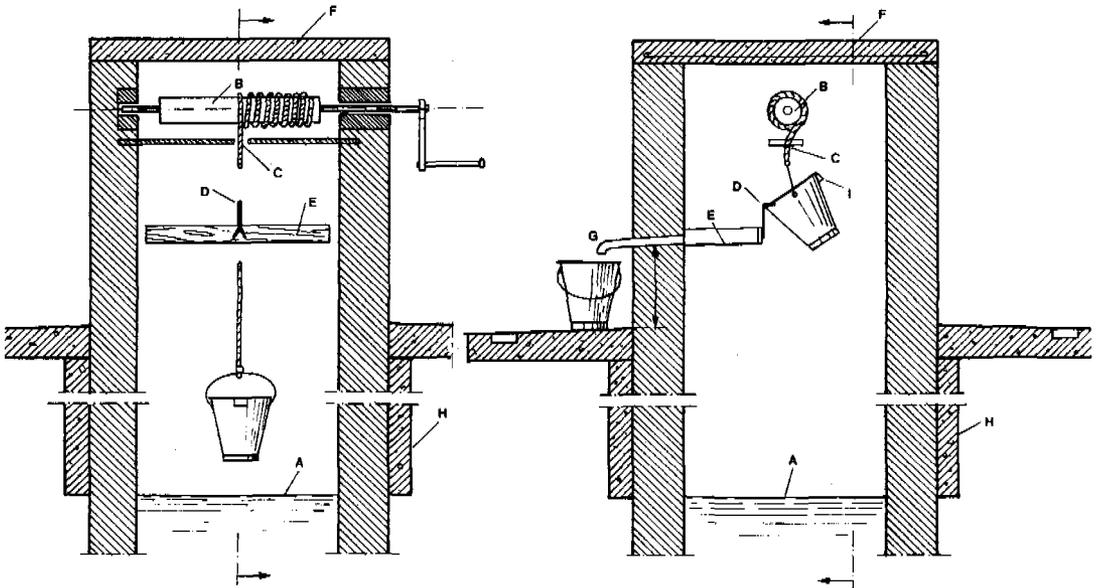
Dans le chapelet hydraulique, des disques de caoutchouc fixés à une chaîne sans fin passant sur un pignon sont poussés vers le haut à travers un tuyau pour faire monter l'eau mécaniquement jusqu'au dégorgeoir. Tout comme la pompe à godets, ce type de pompe est utilisé principalement dans les réservoirs et les puits foncés peu profonds et s'adapte facilement à une fabrication locale. Voir figure 2-10.

Des chapelets hydrauliques munis de chiffons et de boules à la place des disques servaient fréquemment à drainer les mines au temps d'Agricola (1556). Il semblerait de plus que des chapelets hydrauliques actionnés par des animaux soient fort utilisés en Chine pour le pompage d'irrigation (Watt, 1975 environ).

## 2.9 PUIITS D'EXTRACTION POUR TREUIL ET SEAU

Ce système, développé par l'OMS (Wagner et Lanoix) et présenté à la figure 2-11 conserve toute son actualité. Ce dispositif destiné aux puits foncés est d'un entretien simple et facile. Une construction

FIGURE 2-11 PUIITS D'EXTRACTION PAR TREUIL ET SEAU



Tiré de la Série de Monographies de l'OMS, No 42

A = NIVEAU DE L'EAU DANS LE PUIIS  
B = TREUIL  
C = TROU DE GUIDAGE POUR LA CORDE

D = CHROCHET D'ARRET  
E = AUGE  
F = COUVERCLE ÉTANCHE AMOVIBLE  
G = DEGORGEOIR

H = ARGILE COMPACTÉE OU GLACIS DE BÉTON  
I = LEST FIXÉ AU BORD SUPÉRIEUR DU SEAU POUR ASSURER UN MOUVEMENT DE BASCULE À LA SURFACE DE L'EAU

soigneuse lui permettra de rendre de précieux services et de protéger le puits de toute pollution. En raison de sa grande simplicité de construction, différents détails peuvent être facilement modifiés pour répondre aux exigences locales. Le couvercle devrait être amovible pour faciliter l'entretien. Une dalle en béton armé de 4 pouces d'épais-

seur et de 3 pieds de diamètre peut être déplacée par deux hommes.

L'inconvénient majeur de ce type de dispositif de pompage est son faible débit de refoulement. Il fonctionnera toutefois de façon satisfaisante comme approvisionnement collectif d'un village.

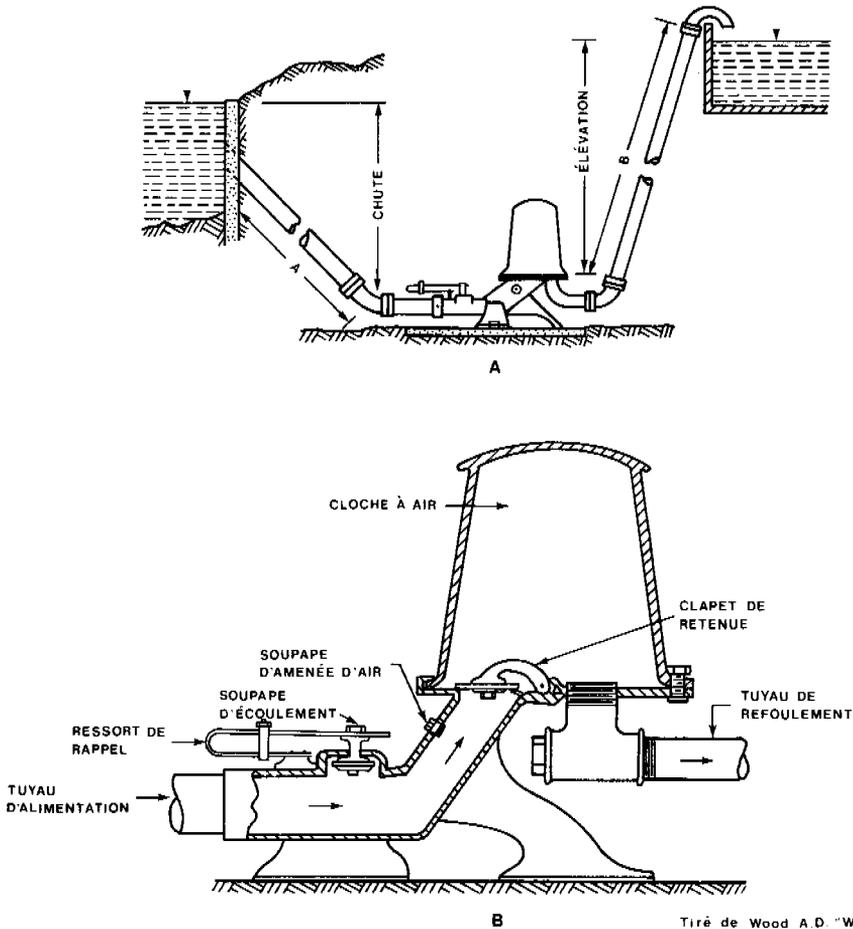
## 2.10 BÉLIER HYDRAULIQUE

Lorsqu'on dispose d'un approvisionnement continu et d'une certaine hauteur de chute, l'énergie potentielle des eaux résiduelles peut être valorisée en utilisant un bélier hydraulique pour élever une partie de l'eau à un niveau supérieur. (Voir figure 2-12). Bien qu'il ne s'agisse pas d'une pompe à main, la plupart des fonderies équipées pour fabriquer des pompes à main devraient être en mesure de construire ces béliers hydrauliques. Au coût initial situé entre 200 \$ et 3000 \$ s'ajoute celui des canalisations d'amenée et de refoulement. Le bélier hydraulique peut fonctionner 24 heures sur 24 pendant nombreuses années avec un entretien réduit.

La construction du bélier prévoit la soupape d'écoulement tournée vers le haut, le clapet de retenue tourné vers le bas. Le cycle du fonctionnement débute par l'ouverture de la soupape d'écoulement qui s'effectue soit à la main pour amorcer l'opération, soit automatiquement par la suite. La colonne d'eau dans le tuyau d'alimentation s'accélère sous la charge de l'approvisionnement, la soupape de refoulement reste fermée sous la pression du refoulement. L'eau en provenance du tuyau d'alimentation s'écoule alors directement vers le trop-plein. Alors que la vitesse d'écoulement par la soupape augmente, la pression dynamique sur la soupape d'écoulement atteint alors rapidement une valeur suffisante pour fermer cette soupape presque instantanément. L'effet du coup de bélier engendré par la fermeture brutale de

la soupape d'écoulement\* force pour ainsi dire immédiatement l'ouverture de la soupape de refoulement. L'écoulement se poursuit au travers de la soupape de refoulement jusqu'à ce que l'énergie cinétique propre

FIGURE 2-12 BELIER HYDRAULIQUE  
A) INSTALLATION B) COUPE TRANSVERSALE



Tiré de Wood A.D. "Water Lifters and Pumps for the Developing World" 1976

\* Le bruit est un inconvénient important de ces béliers hydrauliques; en effet, les soupapes claquent de 25 à 100 fois par minute.

à la colonne d'eau du tuyau d'alimentation soit tarie. La chute momentanée de pression dans la chapelle (chambre à soupapes) entraîne la fermeture de la soupape de refoulement, l'ouverture de la soupape d'écoulement et la répétition du cycle.

## 2.11 DISPOSITIFS TRADITIONNELS D'ÉLEVATION D'EAU

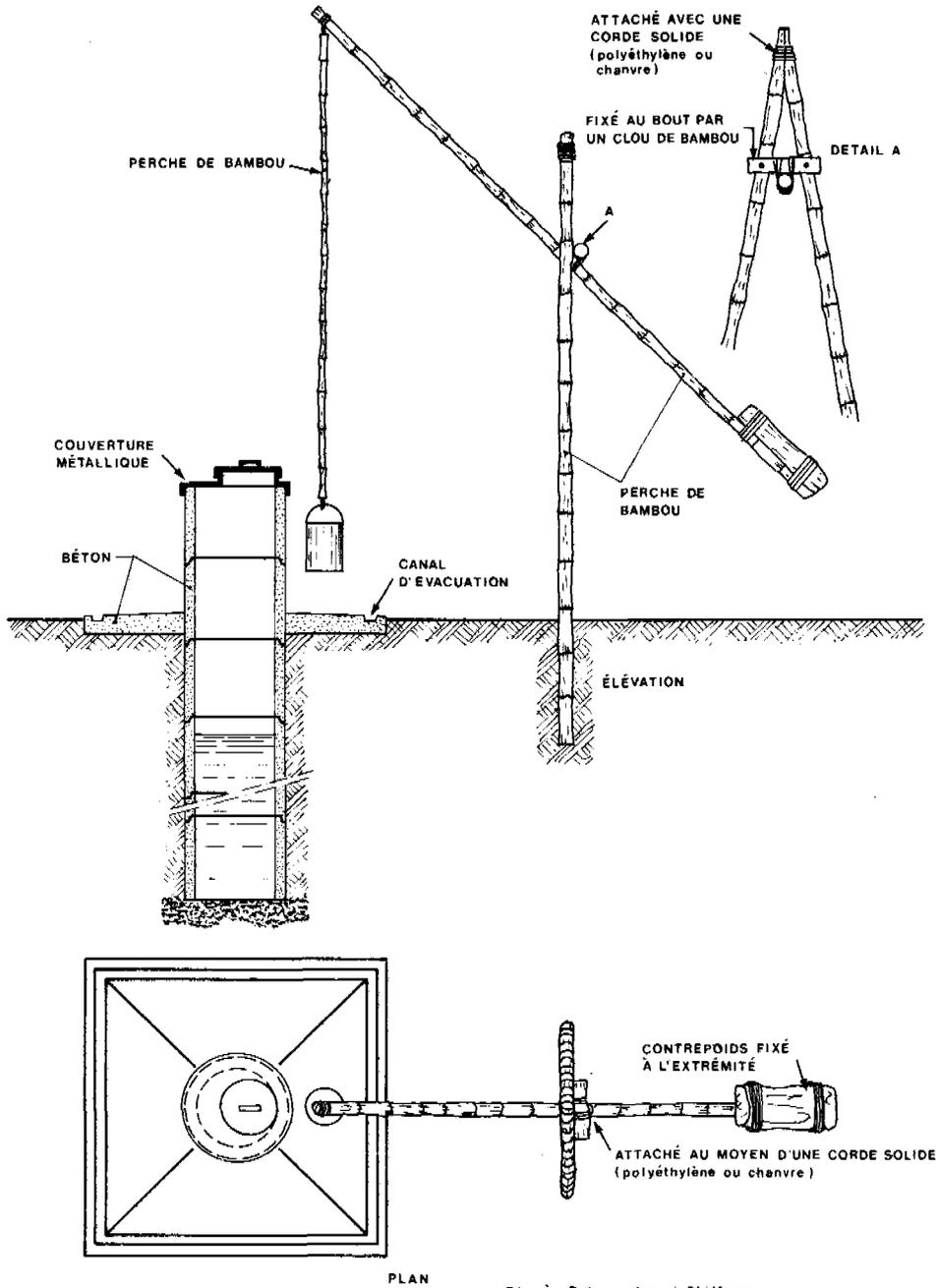
Nombreux sont les autres systèmes d'élévation d'eau qui pourraient être mentionnés ici, comme par exemple les vis d'Archimède, les installations de corde et de seau appelées couramment mohte, charsa, ramioko, daly, delu et mota; des élévateurs à contrepoids connus également sous différentes dénominations telles que shadouf, shaduf, shadoof, chadouf, khetara, kerkaz, kheeraz, guenina, cigoñal, bascule, dhenkali, dhenkli, dhingli, picottah, lat, picotas, guimbalete, et autres encore; doon, baldeo balti et jantu; les roues à aubes, les échelles à eau et les différents chapelets hydrauliques et pompes à roues mentionnés précédemment.

Ces dispositifs, souvent actionnés par des animaux, sont fréquemment utilisés pour les pompages d'irrigation. La grande majorité des pompes à main servant à l'approvisionnement des villages en eau potable appartiendra toutefois à l'un des types décrits précédemment.

Le shadouf ou épuisette à contrepoids fut récemment employé sous une forme modifiée dans un projet-choléra de l'OMS (Rajagopalan et Shiffman). (Voir figure 2-13).

FIGURE 2-13

PUITS FONCE AMELIORE ET EPUISSETTE A CENTRE POIDS UTILISEE AUX PHILIPPINES



D'après Rajagopalan et Shiffman  
Reproduit avec l'autorisation de l'Organisation  
Mondiale de la Santé



### **3. POMPES A MAIN: STADE DE LA TECHNOLOGIE**

#### **3.1 GÉNÉRALITÉS**

La majorité des pompes à main de village appartiennent aux différents types de pompes alternatives à piston décrits au chapitre précédent. Les pompes à main alternatives utilisées aujourd'hui sont le résultat d'une évolution empirique de plus d'un siècle. De nombreuses pompes sont des copies d'articles ayant rencontré un grand succès commercial. Effectuer un choix parmi les modèles existants disponibles se révèle toujours plus économique que de réaliser un nouveau plan de construction, sauf dans le cas de commandes très importantes. Toutefois, qu'il s'agisse d'établir les plans d'une nouvelle pompe ou de choisir parmi les modèles existants, les mêmes principes s'appliquent à l'analyse et à l'appréciation d'une pompe à main.

Alors que ce chapitre traite essentiellement des pompes à piston à mouvements alternatifs, les principes de base qui y sont présentés sont également valables pour les autres types de pompes à déplacement positif, la "pompe Petro", la "pompe Vergnet" et les chapelets hydrauliques.

#### **3.2 NOMENCLATURE**

Les différents éléments d'une pompe à mouvements alternatifs utilisée pour le pompage en puits ou trous de mine peuvent être sur la base de leur fonction réparties arbitrairement en 3 catégories:

- 1) l'assemblage du support de pompe au sommet du puits;
- 2) l'assemblage du cylindre de pompe en contact avec l'eau;
- 3) l'assemblage des pièces reliant le support de pompe et le cylindre.

(Voir figure 3-1).

Dans les puits profonds, ces trois parties sont bien distinctes dans leur emplacement; dans les puits peu profonds, par contre, le cylindre et la tige conductrice peuvent être placés dans le support de la pompe. (Voir figures 2-1, 2-2 et 2-4).

Ces trois parties peuvent être achetées séparément, ce qui est d'ailleurs souvent le cas. Par exemple, un support de pompe fabriqué sur place peut venir compléter un assemblage de cylindre importé. Les assemblages de liaison, tels que tige de pompe et tuyau de chute, sont souvent achetés et stockés séparément.

La nomenclature relative aux pompes à main varie fortement d'un pays à l'autre. Nous avons choisi d'utiliser ici les dénominations les plus courantes, les mots moins usités étant proposés entre parenthèses. Les unités de mesure les plus fréquemment employées dans les programmes de pompes à main sont le pied (pouce), la seconde et le gallon. Les unités du système métrique figureront donc au besoin dans les parenthèses.

### 3.2.1 Assemblage du support de pompe (bâti, tête de pompe, bouche de pompe, corps de pompe)

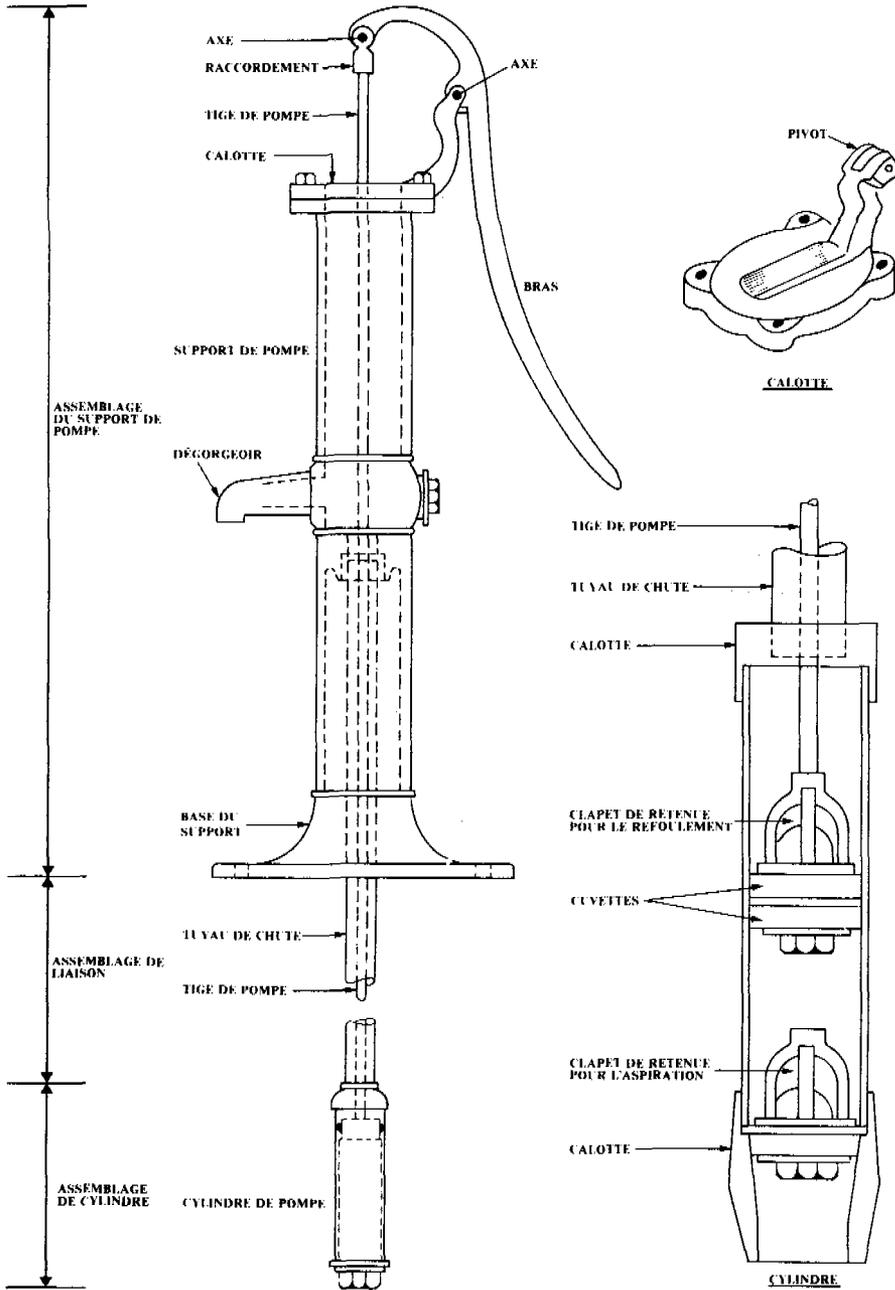
L'assemblage du support de pompe remplit trois fonctions: 1) transmission de la puissance motrice à la tige de pompe; 2) disposition d'un point de refoulement (dégorgeoir) et 3) protection sanitaire de la source d'eau. A l'exception d'une petite partie de la tige de pompe, cette partie est le seul élément visible de la pompe; elle est constituée du bras, de l'articulation du bras, du support de pompe, de la base du support, de la bague de calotte, du presse-étoupe et du gland, et du dégorgeoir. Ces différents éléments seront décrits plus loin.

### 3.2.2 Assemblage du cylindre

L'assemblage du cylindre est l'élément pompant à proprement parler.

FIGURE 3-1

NOMENCLATURE DE LA POMPE A MAIN



(Voir figures 2-2 et 3-1). Il comprend l'assemblage du piston, les joints de cuvettes, les soupapes d'aspiration et de refoulement et généralement un cylindre séparé avec calottes (voir figure 3-1 et description ci-après). Les parois intérieures du support de pompe peuvent remplir cette même fonction dans les pompes pour puits peu profonds. La configuration de certains puits profonds permet l'utilisation du cuvelage du puits ou du tuyau de chute comme paroi de cylindre.

### 3.2.3 Assemblage de liaison (voir tige de pompe et tuyau de chute)

L'assemblage de liaison est constitué en premier lieu de la tige de pompe et du tuyau de chute. La tige de pompe transmet les forces entre le bras et le piston et le tuyau de chute transporte l'eau du piston dans le dégorgeoir.

## 3.3 NOTIONS FONDAMENTALES D'HYDRAULIQUE

### 3.3.1 Débit de refoulement (Q)

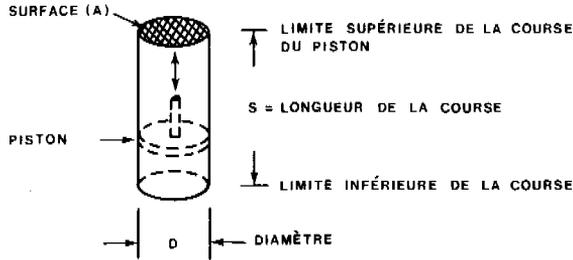
Le débit de refoulement théorique d'une pompe à main alternative à effet simple est fonction du volume du cylindre (V) parcouru par le piston durant sa course ascendante et pompante et du nombre de courses de pompage par unité de temps (N). Ce qui équivaut à  $Q = VN$ . Comme on le voit à la figure 3-2, le volume V est le produit de la surface horizontale de la coupe transversale (A) et de la longueur de la course du piston (S). Récrivons l'équation en fonction du diamètre du cylindre (D) et du rapport de la circonférence du cylindre à son diamètre ( $\pi$  ou  $\pi$ ):

$$Q = \frac{\pi}{4} D^2 NS \dots\dots\dots(3-1)$$

Le nomogramme présenté à la figure 3-3 apporte une solution à l'équation 3-1 dans les deux systèmes d'unité (pouce, gallon, minute

et millimètre, litre, minute).

FIGURE 3-2 VOLUME DE CYLINDRE PARCOURU



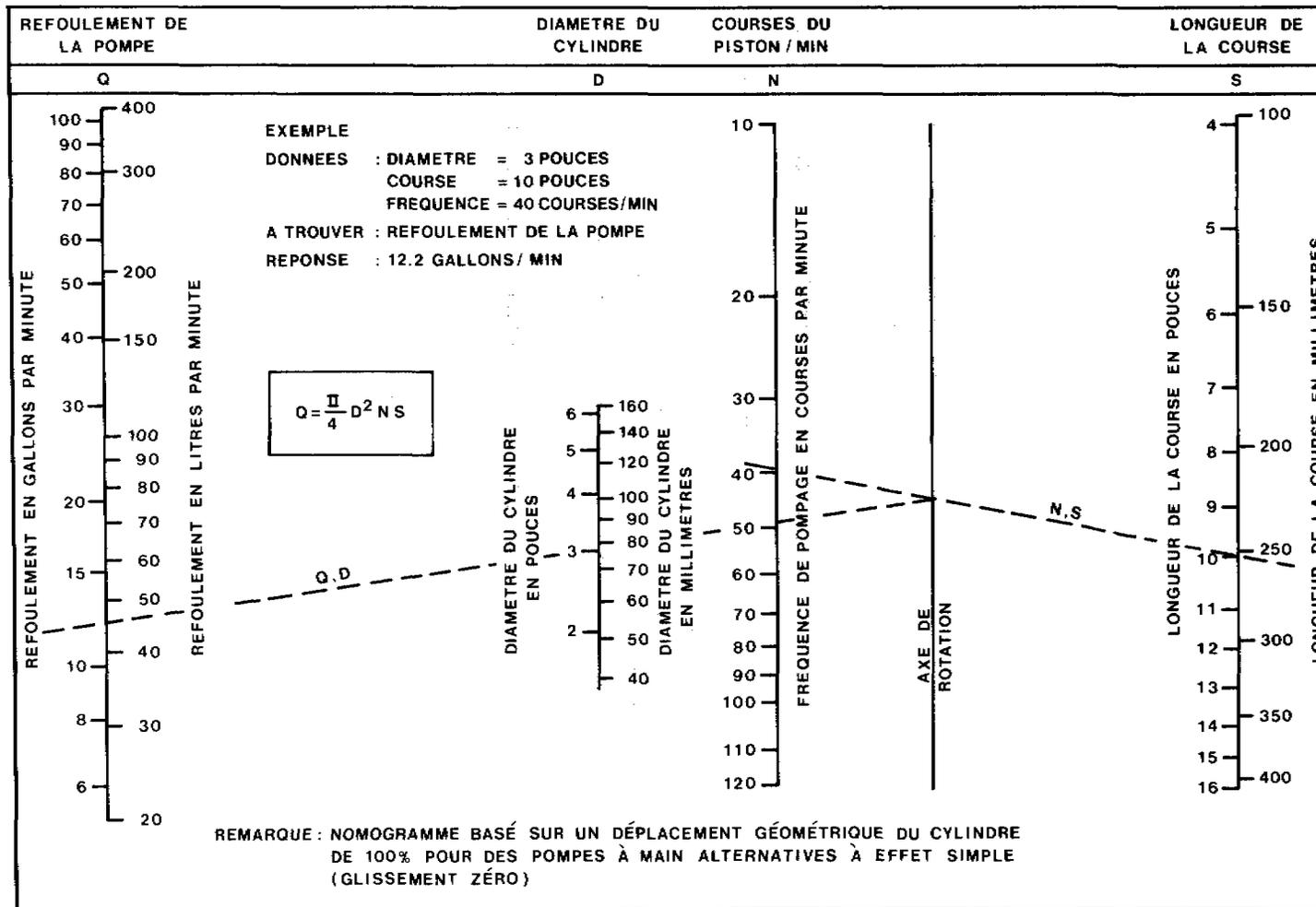
Le débit réel de refoulement varie souvent légèrement du refoulement théorique tel qu'il ressort de l'équation 3-1. Ceci est dû au fait que les soupapes ne se ferment pas instantanément lorsque le piston change de direction et n'empêchent pas les fuites entre le piston et la paroi du cylindre pendant le pompage. Cette différence se définit comme l'écart entre le refoulement théorique ( $Q_t$ ) et le refoulement réel ( $Q_r$ ) en tant que pourcentage du refoulement théorique, soit:

$$\text{écart} = \frac{Q_t - Q_r}{Q_t} \quad (100) \dots\dots\dots(3-2)$$

L'écart ne devrait pas être supérieur à 15%, et de préférence ne pas dépasser 5% pour une pompe bien construite et bien entretenue. Un écart négatif est également possible. En effet, le refoulement réel peut dans certaines conditions dépasser le refoulement théorique (exprimé en volume de cylindre parcouru). Par exemple, un tuyau d'aspiration long et étroit au-dessous du cylindre peut provoquer une vitesse de refoulement suffisamment élevée pour que la soupape de refoulement du piston reste ouverte pendant une partie de son mouvement ascendant.

FIGURE 3-3

## NOMOGRAMME POUR LE REFOULEMENT DES POMPES A MAIN



Bien que pouvant conduire à un rendement hydraulique de plus de 100%, cette situation peut provoquer un coup de bélier excessif et même une cavitation si les pertes de charge dynamique à l'entrée abaissent la pression de l'eau au-dessous de sa tension de vapeur immédiatement sous le piston. Le rendement hydraulique en termes de volume de cylindre parcouru ne devrait pas être confondu avec le rendement mécanique qui ne peut jamais dépasser 100%.

Le produit du nombre de courses de pompage du piston par unité de temps (N) et de la longueur de cette course de pompage (S) est déterminé comme la vitesse de régime du piston ou de la pompe, soit:

$$\text{vitesse de régime du piston} = NS \dots \dots \dots (3-3)$$

Dans pour ainsi dire toutes les pompes à mouvements alternatifs, le piston ne refoule que lors de sa course ascendante, le refoulement obtenu au cours du mouvement descendant est négligeable (pour des pompes sans cloche à air). Les pompes alternatives dont les pistons ne refoulent que dans une seule direction sont appelées des pompes à effet simple. Les pompes qui, par contre, refoulent lors des deux mouvements opposés du piston sont appelées pompes à effet double. Leur fonctionnement, généralement mécanique, s'effectue souvent au moyen de deux cylindres ou plus disposant chacun de deux jeux de soupapes d'aspiration et de refoulement.

Pour une pompe à effet simple, la vitesse de régime NS posée aux équations 3-1 et 3-3 est la vitesse moyenne du piston calculée dans une seule direction au cours d'un cycle. La vitesse moyenne absolue (sans considération de la direction) est en fait 2NS. Dans l'équation 3-1, N représente aussi bien le nombre de cycles de pompage que le nombre de courses de pompage par unité de temps.

Les méthodes empiriques de calcul pour la vitesse de régime

s'appliquent aux pompes alternatives mécaniques, mais apparemment fort mal aux pompes à main pour lesquelles les limites de la force humaine se révèlent déterminantes. Néanmoins, le concept de la vitesse de régime présente un certain intérêt pour la compréhension du fonctionnement de la pompe à main. Par exemple, réduire la longueur de la course du piston de moitié sans changer les autres données ( $Q$  et  $D$ ) signifie que le nombre de courses par minute doit être doublé. Relevons également que le refoulement  $Q$  est directement proportionnel à  $N$  ou à  $S$ .

### 3.3.2 Hauteur de charge statique

La hauteur de charge statique est la distance verticale que l'eau doit parcourir pour s'élever de son niveau statique le plus bas à son niveau le plus haut, soit au refoulement libre au dégorgeoir, soit à un réservoir surélevé. La figure 3-4 illustre la charge statique à surmonter.

Le cas I de cette figure présente un cylindre de pompe immergé. Le piston doit élever une colonne d'eau jusqu'au dégorgeoir de pompe, soit sur une distance  $D$ . Une colonne d'eau d'une hauteur  $S$  exerce une force ascendante sur le piston. La hauteur de charge sur le piston est la résultante de  $D$  et  $S$ , soit  $D-S$  ou  $W$ .

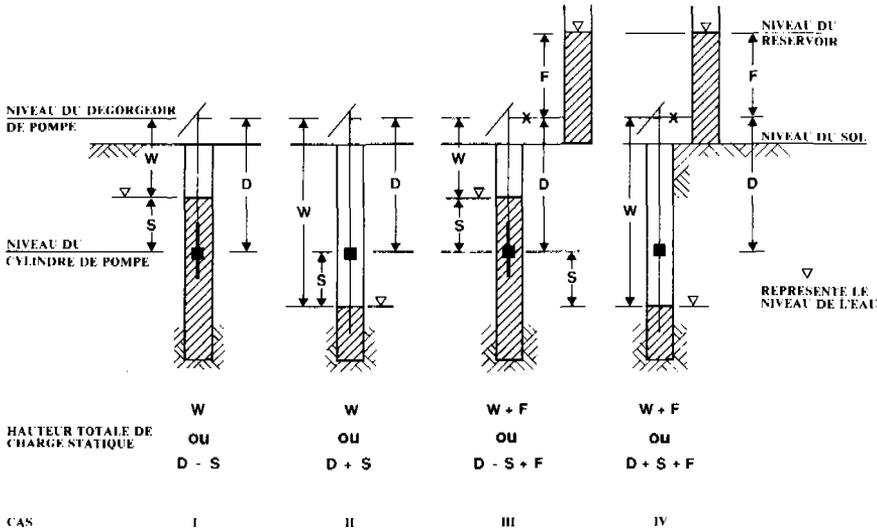
Le croquis II reproduit le cas d'un cylindre situé au-dessus du niveau de l'eau dans le puits. La hauteur totale de charge statique est la distance verticale  $D + S$  ou  $W$  située entre le niveau statique de l'eau et le dégorgeoir de pompe.

Les cas III et IV sont destinés aux pompes foulantes et présentent une augmentation  $F$  dans la hauteur de charge statique pour le pompage dans des réservoirs surélevés.

Les cas II et IV pourraient également représenter une installation pour puits peu profond disposant d'un cylindre incorporé dans l'assem-

blage du support de pompe.

FIGURE 3-4 HAUTEUR DE CHARGE STATIQUE POUR POMPES A MAIN



### 3.3.3 Rabattement

Le début du pompage entraînera un abaissement du niveau de l'eau dans le puits. La vitesse d'écoulement et la distance d'abaissement (rabattement) dépend des débits de pompage et de réapprovisionnement du puits par la nappe souterraine.

### 3.3.4 Perte de charge due au frottement

Lors du pompage, une certaine quantité d'énergie supplémentaire sera nécessaire pour surmonter 1) le frottement hydraulique entre le flux de l'eau et les parois des tuyaux d'aspiration, de refoulement ou de chute, le dégorgeoir du cylindre etc.; 2) la turbulence hydraulique

associée à la contraction et à l'expansion du flux au niveau des changements de section de soupapes, de la crépine ou du cylindre, etc.

3) la turbulence due à des pertes d'inertie inhérentes aux débits alternatifs comprenant une accélération et une décélération constante de la masse d'eau. Les pertes dues au frottement relevées sous 1) peuvent être évaluées approximativement en utilisant les formules de débit pour des tuyaux standard. Les pertes indiquées sous 2) et 3) peuvent être grossièrement estimées comme pourcentage de la charge due à la vitesse lors de chaque obstruction de l'écoulement de l'eau.

En règle générale, les pertes de charge dues au frottement sont négligeables dans les installations de pompes à main disposant de tuyaux d'aspiration et de refoulement de bonnes dimensions, de pompes munies de soupapes bien conçues et de cylindres immergés.

### 3.3.5 Hauteur d'aspiration

Les cylindres de puits profonds devraient être installés à une profondeur suffisante pour leur assurer une immersion constante à tout moment et en toute saison, ce qui élimine la nécessité d'amorcer la pompe (diminuant ainsi les risques de contamination) et prolonge la durée d'existence du cylindre.

Toutefois, pour les pompes à main de puits peu profonds, les critères d'économie et de facilité d'entretien des cylindres incorporés à l'assemblage du support de pompe peuvent conduire au choix d'un cylindre placé dans le puits, au-dessus du niveau de l'eau. A quelle distance du niveau de l'eau le cylindre peut-il être placé et pomper encore de l'eau comme le montre la figure 2-2 ? Quelle est la hauteur d'aspiration maximale ?

La hauteur d'aspiration maximale idéale est fonction de la pression barométrique, ainsi que de la température et de la tension de vapeur

de l'eau. Au niveau de la mer et à 60°F (15.6°C), la pression barométrique est égale à 14.7 psi (1.03 kg/cm<sup>2</sup>), ce qui correspond à une hauteur de refoulement d'eau de 34.0 pieds (10.36 m). Cette pression pousse l'eau dans la pompe selon le processus décrit au chapitre 2-2. La hauteur d'aspiration maximale idéale est alors d'environ 34 pieds (10 m).

La hauteur d'aspiration maximale diminue avec l'élévation de l'altitude et de la température de l'eau, 3% environ par 1000 pieds (300 m) d'augmentation d'altitude, 1% environ par 10° F (4°C) d'augmentation de température. Pour la plupart des eaux de puits destinées à la consommation, la température n'est pas un facteur déterminant. Toutefois, une altitude élevée peut abaisser sensiblement les possibilités d'aspiration. (Voir tableau 3-1).

Dans la pratique, les hauteurs d'aspiration tolérables doivent également être réduites pour tenir compte des pertes de charge dues au frottement et la charge d'aspiration due à la vitesse. Cette donnée peut être calculée approximativement pour chaque installation ou mesurée dans un laboratoire d'hydraulique. Une valeur pratique utilisée couramment dans les calculs de la hauteur maximale d'aspiration est égale aux deux tiers de la hauteur idéale. Si le rabattement quotidien ou saisonnier se révèle important, les valeurs du tableau 3-1 devraient subir une réduction correspondante.

### **3.4 ANALYSE STRUCTURALE**

#### **3.4.1 Force hydraulique**

La charge structurale la plus importante agissant sur le piston, la tige de pompe, les raccords, l'assemblage du bras, les paliers et sur le corps de pompe advient lors de la course ascendante de pompage du piston; cette charge est exercée par la pression de l'eau sur le

piston résistant à son mouvement, par le poids immergé de la tige de pompe et de l'assemblage du piston et par le frottement de glissement aux paliers et aux joints de cuvettes.

TABLEAU 3-1

**HAUTEUR D'ASPIRATION MAXIMALE POUR POMPES À MAIN  
ALTERNATIVES À DIFFÉRENTES ALTITUDES ET POUR UNE  
EAU À 60 °F (15.6 °C)**

Altitude au-dessus du niveau moyen de la mer		Pression barométrique Air    Hauteur de refoul. équivalente de l'eau			Hauteur d'aspiration effective de la pompe	
Pieds	Mètres	Psi	Pieds	Mètres	Pieds	Mètres
0	0	14.7	34.0	10.36	22.6	6.91
1000	305	14.2	32.8	10.00	21.9	6.67
2000	610	13.7	31.5	9.60	21.0	6.40
3000	914	13.2	30.4	9.27	20.3	6.18
4000	1219	12.7	29.2	8.90	19.5	5.93
6000	1829	11.8	27.2	8.29	18.1	5.53
8000	2438	10.9	25.2	7.68	16.8	5.12
10000	3048	10.1	23.4	7.13	15.6	4.75

La force hydraulique nette (F) sur le piston est égale au produit de la pression hydraulique nette (P) et de la surface de coupe transversale A dans le plan horizontal, soit  $F = PA$ . La pression hydraulique nette (P) est égale au produit de la hauteur de refoulement (H) et du poids spécifique ( $\gamma$ ) de l'eau, soit  $P = \gamma H$ . Pour un piston circulaire, sa surface (A) exprimée en fonction du diamètre du piston (D) est égale à  $A = \pi D^2/4$ .

En résumé:

$$F = PA = \frac{\gamma H \pi D^2}{4} \dots\dots\dots(3-4)$$

Le poids immergé de la tige de pompe doit être ajouté à la force hydraulique. Le poids des autres éléments se révèle généralement négligeable.

Exemple: Prenons une pompe à main équipée d'un cylindre de 3 pouces (75 mm) placé à 60 pieds (21.3 m) au-dessous de la pompe. La hauteur d'élévation d'eau est de 50 pieds (15.2 m). On admet un poids spécifique de l'eau de 62.4 lb/ft<sup>3</sup> (998 kg/m<sup>3</sup>) à 60°F (15.6°C) et une pression d'une atmosphère. Le diamètre de la tige de pompe en acier est de 1/2 pouce (12.7 mm).

$$F = \frac{\gamma H \pi D^2}{4} = \frac{(62.4 \text{ lb/ft}^3)(50 \text{ ft})(3.14)(3/12 \text{ ft})^2}{4}$$

Force hydraulique F = 153 lb (69.5 kg)

Le poids de la tige de pompe varie légèrement en fonction du type et du nombre de raccords. Le poids de l'eau déplacée par la tige devrait théoriquement être déduit, mais peut toutefois être négligé; son poids et celui de l'assemblage du piston s'annulant pour ainsi dire l'un l'autre. Selon catalogue de fabricant, une tige de pompe de 1/2 pouce en acier raccordé et fileté pèse 0.685 lb/ft (1.02 kg/m).

$$\text{Poids de la tige de pompe} = 60 \text{ pieds} \times 0.685 \text{ lb/ft} = 41 \text{ lb} \\ (18.7 \text{ kg})$$

Force totale calculée = 153 lb + 41 lb = 194 lb (88.2 kg)

Relevons dans l'exemple reproduit ci-dessus que la force est avant tout fonction de la hauteur de refoulement, et non de la profondeur du cylindre. La force calculée est également indépendante du refoulement.

La force calculée est une moyenne sur le cycle de pompage. En réalité, les essais de pompes effectués au moyen de dynamomètres (Hood, et al.) indiquent que les forces de pointe peuvent représenter deux ou trois fois les forces calculées. Il va sans dire que la tige de pompe, les raccords, les pièces de connexion filetées et les axes doivent être suffisamment solides pour résister aux forces de pointe, d'où les marges de sécurité importantes.

La figure 3-5 montre la variation possible de la tension d'une tige de pompe pendant le cycle d'une pompe à main particulière. La ligne pleine abcd représente le fonctionnement "idéal", sans frottement ni turbulence. En position "a", le piston est au fond du cylindre. La tension de la tige de pompe est égale à zéro; dans un cas idéal, la tige de pompe et le piston sont sans poids. Au début du pompage, le piston commence son mouvement ascendant; instantanément et conformément à l'équation 3-4, la tension de la tige de pompe augmente à "b". Cette tension reste constante lorsque le piston se déplace vers "c", sommet du cylindre. Lorsque le piston s'arrête au sommet du cylindre, au point "c", aucun travail n'est effectué et la tension retombe au niveau "d", le même que "a". Le piston retourne à "a".

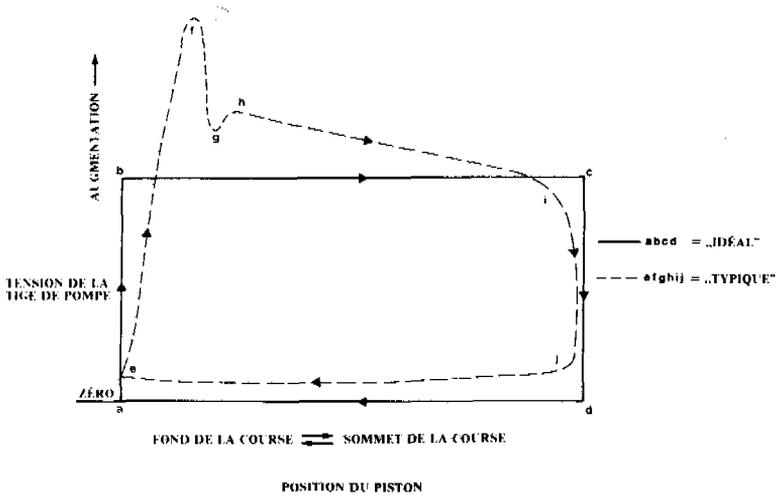
Il arrive fréquemment que la tension de la tige de pompe au début de la course ascendante du piston n'augmente pas instantanément. Lorsque le piston accélère dans sa course ascendante, le jeu entre la tige de pompe et les raccords se compense et la tension de la tige de pompe s'accroît rapidement de "e" à "f". Les forces d'inertie requises pour donner une accélération suffisante à l'eau au "repos" est à la base de la tension maximale "f" qui dépasse la valeur calculée "b". L'eau circulant maintenant de "f" à "g" diminue la force extérieure requise. Le "coude" formé entre "g" et "h" est dû à la fermeture de la soupape du piston. En "i", le piston ralentit et prend la direction opposée en "j". Le poids de la tige de pompe se traduit par une tension de la tige de pompe lorsque le piston revient de "j" à "e".

#### 3.4.2 Avantage mécanique

Comme il ressort de l'exemple du paragraphe précédent, la force exercée sur la tige de pompe et, par la tige, sur le bras de cette pompe peut facilement dépasser 100 lb (45.4 kg). Toutefois, la force

FIGURE 3-5

TENSION DE LA TIGE DE POMPE MESURÉE PAR DYNAMOMETRE



musculaire disponible pour un pompage continu assuré par une seule personne varie généralement entre 20 et 40 lb seulement (9 à 18 kg)\*. Le principe du bras de levier permet une multiplication de la puissance musculaire suffisante pour faire fonctionner des pompes à main dans des puits d'une profondeur pouvant aller jusqu'à 600 pieds (180 m).

Le bras de pompe du type levier présenté à la figure 3-6 pivote librement autour de l'axe du pivot. A une extrémité d'une distance  $L_p$  du pivot, le bras est relié par un axe à la tige de pompe. Par cet axe, la force exercée par la tige de pompe,  $F_p$ , tire sur le bras. A l'autre extrémité du bras, d'une distance  $L_h$  du pivot, la main abaisse le bras exerçant une force  $F_h$ .

Si les distances  $L_p$  et  $L_h$ , de même que les forces  $F_p$  et  $F_h$  étaient égales, le bras resterait en équilibre et sans mouvement. Si la

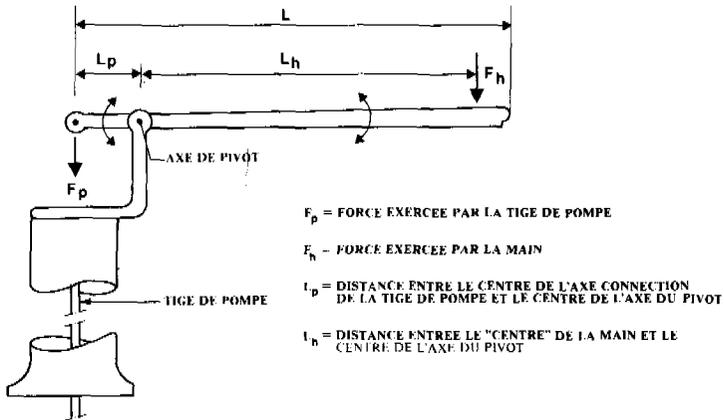
\* La plupart des expériences pratiques confirment ces données. Aucune étude ergonométrique satisfaisante n'a apparemment été faite jusqu'à présent.

distance  $L_h$  était le double de la distance  $L_p$ , mais que la force  $F_h$  n'était que la moitié de la force  $F_p$ , alors le bras continuerait à être en équilibre\*. En effet, toute combinaison dans laquelle le produit (ou "moment" comme on le définit en mécanique) de la distance et de la force sur l'un des côtés du pivot est égal au produit de la distance et de la force sur l'autre côté du pivot entraînerait la stabilité. Soit en équilibre  $F_h L_h = F_p L_p$ . Le rapport de la distance du bras  $L_h$  à la distance de la tige de pompe  $L_p$  est appelé avantage mécanique:

$$\text{Avantage mécanique} = MA = \frac{L_h}{L_p} \dots\dots\dots(3-5)$$

Notons qu'en position d'équilibre  $F_h L_h = F_p L_p$

FIGURE 3-6 AVANTAGE MECANIQUE D'UN BRAS DE POMPE EN TANT QUE LEVIER



AVANTAGE MECANIQUE (MA) =  $\frac{L_h}{L_p}$

FORCE D'EQUILIBRE  $F_h$  =  $\frac{F_p L_p}{L_h} = \frac{F_p}{MA}$



\* Selon le même principe que les balançoires d'enfants

Remanions l'équation:  $F_h = F_p \frac{L_p}{L_h} = \frac{F_p}{MA} \dots\dots\dots(3-6)$

ou  $F_p = F_h MA \dots\dots\dots(3-7)$

Selon une analyse similaire, l'avantage MA d'un arbre rotatif muni d'un bras de manivelle ou d'une roue (voir Figure 3-9) peut être exprimé de la façon suivante:

$$MA = \frac{\text{rayon de rotation de la manivelle}}{\text{rayon de rotation de l'arbre rotatif}} \dots\dots\dots(3-8)$$

Les forces impliquées ci-dessus sont en équilibre. Si  $F_h$  dépasse  $F_h$  en position d'équilibre, l'extrémité du bras descendra. Si  $F_p$  dépasse  $F_p$  en position d'équilibre, c'est la tige de pompe qui descendra.

Exemple: Supposant une force de tige de pompe de 194 lb (88.2 kg), quelle est la force requise au niveau du bras si l'avantage mécanique de celui-ci est de 4 à 1.

$$F_h = \frac{F_p}{MA} = \frac{194 \text{ lb}}{4} = 48.5 \text{ lb (22,0 kg)}$$

Cette valeur peut se révéler excessive, en particulier pour des pompes à main actionnées par des femmes ou des enfants. On peut alors comme alternative soit allonger le bras pour obtenir un avantage mécanique plus important, soit encore réduire la force de la tige de pompe en utilisant un cylindre de diamètre plus petit.

Si R représente la force maximale admise sur l'extrémité actionnée du bras et MA l'avantage mécanique du bras, alors la force admise sur la tige de pompe  $F_{pa}$  ne peut dépasser le produit de R et MA:

$$F_{pa} \leq R(MA) \dots\dots\dots(3-9)$$

Sachant que la force de la tige de pompe est la somme de la force hydraulique sur le piston (équation 3-4) et du poids de la tige de pompe et de l'assemblage du piston, la hauteur de chute maximale pour un diamètre de cylindre donné peut être calculé approximativement comme suit:

$F_{pa} = F + UL$  où  $F$  est déterminé selon équation 3-4  
 $U$  est le poids par unité de longueur de la tige de pompe  
 $L$  est la longueur de la tige

Supposant  $L$  pour ainsi dire égal à la hauteur de chute  $H$ :

$$F_{pa} = \frac{\gamma H \bar{\pi} D^2}{4} + UH = H \left[ \frac{\gamma \bar{\pi} D^2}{4} + U \right] \leq R \text{ (MA)}$$

$$H \leq \frac{4 R \text{ (MA)}}{\gamma \bar{\pi} D^2 + 4U} \dots \dots \dots (3-10)$$

TABLEAU 3-2

**HAUTEUR DE CHUTE MAXIMALE PERMETTANT DE MANOEUVRER  
AISÉMENT UNE POMPE DE PUIITS PROFOND**

DIAMETRE DU CYLINDRE		HAUTEUR DE CHUTE (ELEVATION)	
Pouces	mm	Pieds	Mètres
2	51	jusqu'à 75	jusqu'à 25
2½	63	jusqu'à 60	jusqu'à 20
3	76	jusqu'à 45	jusqu'à 15
4	102	jusqu'à 30	jusqu'à 10

Remarque: Voir texte pour les hypothèses qui prévoient une force de bras maximale de 40 lb (18.2 kg) et un avantage mécanique de 4 à 1.

Le tableau 3-2 résoud l'équation 3-10 pour une force de bras moyenne n'excédant pas 40 lb (18.2 kg), un avantage mécanique conventionnel de 4 à 1, une tige de pompe en acier d'un diamètre de ½ pouce (12.7 mm) et admet que la longueur de la tige de pompe est approximativement égale à la hauteur de chute. Cette dernière hypothèse est soutenable pour une pompe dont le cylindre est situé juste au-dessous du niveau de l'eau dans le puits.

### 3.5 ANALYSE ÉNERGÉTIQUE

#### 3.5.1 Besoins en matière d'énergie

Dans les pompes, le régime du fonctionnement ou puissance est le paramètre énergétique le plus important:

$$\text{Puissance} = \frac{QH}{e}$$

où Q est le débit de refoulement, H la hauteur de chute et e le rendement mécanique de la pompe. La puissance est très souvent exprimée en horse-power (Hp = 33'000 ft/lb par minute) ou en kilowatts (1000 watts ou 1000 joules par seconde. Un Hp équivaut à 0.746 kilowatt. Pour Q en gallons par minute, H en pieds et le rendement exprimé comme fraction, la puissance en Hp est calculée de la façon suivante:

$$\text{Puissance (en Hp)} = \frac{QH}{3960 e} \dots\dots\dots(3-11)$$

#### 3.5.2 Energie humaine

C'est par définition l'homme (la femme ou l'enfant) qui est la force motrice de la pompe à main.

L'énergie libérée par la musculature humaine dépend de l'individu, de l'environnement, du rendement de la conversion et de la durée du travail.

L'énergie fournie par des travailleurs jeunes et sains pour une activité utile de longue haleine, par exemple 8 heures par jour, 48 heures par semaine, est souvent estimée entre 0.08 et 0.10 Hp (60 à 70 watts). Cette valeur doit être réduite pour des individus en mauvaise santé, mal nourris, de faible constitution ou âgés. Elle doit également être réduite en cas de haute température et d'humidité élevée. Lorsque l'homme est mal adapté à la tâche qui lui incombe (devant par exemple pomper courbé en avant), une grande partie de l'investissement

énergétique est gaspillée. Une production d'énergie à court terme peut être doublée par l'effet de l'action directe des grands muscles - pompe à pied (Krendel, 1960).

L'énergie fournie pendant des périodes de travail de courte durée est proportionnellement beaucoup plus grande. Le tableau ci-dessous représente les prestations d'athlètes bien entraînés produisant jusqu'à 2 Hp pour des efforts de 5 à 10 secondes. Le tableau 3-3 est une adaptation de Krendel.

TABLEAU 3-3

ENERGIE PRODUITE PAR L'HOMME

AGE	PUISSANCE UTILE PAR TEMPS D'EFFORT (en Hp)					
Années	5 min.	10 min.	15 min.	30 min.	60 min.	480 min.
20	0.29	0.28	0.27	0.24	0.21	0.21
35	0.28	0.27	0.24	0.21	0.18	0.10
60	0.24	0.21	0.20	0.17	0.15	0.08

Adaptation de Krendel (1967)

La plupart des pompes à main utilisées pour l'approvisionnement en eau domestique sont actionnées par de nombreux utilisateurs, chacun d'entre eux pompant pendant quelques minutes seulement\*. Les utilisateurs se recrutent plus facilement parmi les femmes et les enfants que parmi les hommes. Sans disposer de mesures précises dans ce domaine, on peut toutefois estimer la production moyenne d'énergie humaine à environ 0.10 Hp (75 watts).

\* Les pompes à main destinées à l'irrigation fonctionnent souvent pendant toute la journée et ne sont actionnées que par une ou deux personnes.

Admettant un rendement mécanique spécifique de la pompe d'environ 60% et une production d'énergie de 0.10 Hp, l'équation 3-11 peut donc prendre la forme suivante:

$$Q H = 240 \dots\dots\dots(3-12)$$

pour Q en gallons par minute et H en pieds de hauteur de chute.

L'équation 3-12 donne donc une approximation rapide du débit de refoulement pour une hauteur de chute donnée. Par exemple, pour une hauteur de chute de 60 pieds, le débit de refoulement Q serait égal à environ 4 gallons par minute.

### 3.5.3 Energie animale

Bien qu'ils constituent une source d'énergie courante et vitale dans les pays en voie de développement, les animaux de trait ne sont pas utilisés très fréquemment pour le pompage des eaux à usage domestique. (Ils sont par contre très largement utilisés en Afrique et en Asie pour le pompage des eaux d'irrigation en provenance de puits ouverts peu profonds et à très large diamètre). L'énergie animale s'adapte fort mal à l'entraînement direct des pompes verticales à mouvements alternatifs. Le rendement de l'animal se révèle optimal lorsqu'il est utilisé à emplacement fixe et harnaché pour tirer des balanciers rotatifs circulaires ou pour actionner des trépineuses avec ses pattes. Ces deux méthodes requièrent la présence d'engrenages et de pompes lentes à grand déplacement. Un second facteur important dans le pompage de l'eau potable en milieu rural est que chaque famille tire généralement l'eau dont elle a besoin. Par conséquent, l'effort fourni pour atteler et désatteler un animal pour quelques minutes de pompage ne se justifie généralement que dans les puits profonds avec un dispositif de pompage à la corde et au seau (déplacement de plusieurs gallons).

Un cheval de 1'500 à 1'900 lb (700 à 850 kg) peut travailler jusqu'à 10 heures par jour à une puissance de 1 Hp (0,746 kw). Pour des efforts brefs de 5 à 30 minutes, un cheval peut fournir 4 Hp (3 kw) environ. L'énergie animale fournie par des specimens adultes en pleine santé peut être évaluée pour d'autres animaux conformément à la relation suivante (Brody):

$$\text{Puissance animale} = \text{Hp} (\text{masse de l'animal/masse du cheval})^{0.73} \dots (3-13)$$

#### 3.5.4 Energie naturelle

Les autres sources d'énergie non mécaniques comprennent les forces naturelles du vent, de l'eau, du soleil, de la gravité et la chaleur géothermique qui est naturellement très spécifique du lieu et n'est pas disponible sur une grande échelle. La gravité, présente en tout lieu, fera bien entendu l'objet d'un choix préférentiel chaque fois que l'occasion se présentera; toutefois, dans bien des cas, l'eau disponible se trouve au-dessous et non au-dessus du lieu où elle est requise. Les pompes à énergie solaire existent déjà aujourd'hui, mais ne sont toutefois pas réalisables d'un point de vue économique et ne le seront vraisemblablement pas pour de nombreuses années à venir. Les chutes d'eau peuvent être utilisées pour actionner des pompes, mais c'est là une solution également liée à la spécificité du lieu. Les béliers hydrauliques sont décrits au chapitre 2. Parmi les sources motrices naturelles, c'est encore le vent qui est le plus fréquemment utilisé.

#### 3.5.5 Energie éolienne

Le pompage par énergie éolienne est réalisable (Golding, Wagner et Lancix et al.) si:

- 1) les vents en présence ont une vitesse minimale de 5 milles par heure (8 km/h) pendant au moins 60% du temps;
- 2) l'eau du puits peut être pompée continuellement sans provoquer de

rabattement excessif;

- 3) un stockage a été prévu permettant de subvenir aux besoin de 3 jours ou plus, ceci pour parer aux périodes sans vent;
- 4) l'accès du vent à l'éolienne est direct, c'est-à-dire si l'éolienne est placée au-dessus des obstacles environnants (tels que arbres ou bâtiments) sur une distance de 400 pieds (125 m); l'éolienne peut être fixée sur une tour de 15 à 20 pieds (4.5 à 6 m); et si
- 5) l'équipement relatif à l'éolienne peut fonctionner pour ainsi dire indépendamment pendant de longues périodes, six mois ou plus. Le mécanisme de transmission devrait être couvert et équipé d'un système d'huilage automatique. Les ailettes et manches à vent devraient être fortement galvanisées ou protégées par une peinture époxy.

Un pompage direct de l'eau effectué par éolienne requiert l'adaptation de l'éolienne et de la pompe au régime local des vents. La solution de ce problème incombe en règle générale au fabricant qui se base alors sur les informations fournies par le client.

Le type de pompe éolienne de loin le plus fréquent est la roue à vent d'allure lente entraînant une pompe à piston. La pompe est généralement munie d'une tige de pompe qui se prolonge au travers du support de pompe et de la pièce de guidage avec un trou pour permettre la connexion entre la tige de pompe et l'éolienne. Des dispositions adéquates peuvent être prises pour instaurer un pompage manuel pendant les périodes de grand calme.

Les éoliennes modernes s'orientent automatiquement dans le vent pour le pompage. Elles sont également munies d'un système de réglage automatique de la roue permettant de modifier l'orientation en cas de vents excessifs (30 à 35 mph, 48 à 56 km/h.).

Les voiles ou pales sont également serrées automatiquement pour empêcher la roue de tourner trop rapidement par grands vents. L'éolien-

ne ne commencera à pomper que lorsque le vent aura atteint une vitesse d'environ 5 à 6 milles par heure (8 à 9 km). Le débit du pompage augmente alors proportionnellement à la vitesse du vent, jusqu'à une vitesse d'environ 15 mph (24 km/h.), après quoi la roue commence à se tourner automatiquement hors du vent, limitant ainsi le débit du pompage à une vitesse maximale du vent correspondant à 24 km/h.

Le diamètre des roues d'éoliennes peut varier entre 6 et 20 pieds (2 et 6 m). Les prix approximatifs payés en 1975 pour des éoliennes achetées aux Etats-Unis (coûts de transports non compris) étaient les suivants: 6 pieds: 500 \$; 8 pieds: 700 \$; 10 pieds: 1200 \$; 12 pieds: 2000 \$ et 14 pieds: 3000 \$. Un pylône d'acier de 22 pieds (7 m) coûte de 600 \$ à 700 \$ environ auprès du fabricant d'éoliennes. Toutefois, des pylônes solides peuvent être aisément construits sur la base de matériaux locaux.

Si A représente la zone balayée par le rotor de l'éolienne d'un diamètre D, V la vitesse du vent et  $\gamma_a$  le poids spécifique de l'air, alors le poids W de l'air par unité de temps disponible pour actionner la roue est égal à  $W = AV\gamma_w$  et sa puissance est égale à  $\frac{WV^2}{2g}$ , g étant une constante représentant l'accélération de gravitation. La puissance P fournie par le vent à la roue de l'éolienne est donc:

$$P = \frac{WV^2}{2g} = \frac{A \gamma_w V^3}{2g} = \frac{\eta D^2 \gamma_w V^3}{8g}$$

L'énergie requise pour faire monter l'eau sera inférieure au rendement mécanique du système vent/eau de toute l'unité de pompage par éolienne. Golding estime que ce rendement ne dépassera que rarement 20%.

En combinant les constantes comprenant les valeurs moyennes de g et  $\gamma_w$ , la puissance réelle de pompage en Hp peut se calculer de la façon suivante:

$$\text{Pompage net H.P.} = 0.0000052 D^2 V^3 e \dots\dots\dots (3-14)$$

où D est le diamètre du rotor à vent, en pieds,

V est la vitesse du vent, en milles par heure, et

e est le rendement mécanique du système vent/eau.

De façon similaire:

$$\text{Pompage net KW} = 0.0000020 D^2 V^3 e \dots\dots\dots (3-15)$$

où D est le diamètre du rotor à vent, en mètres,

V est la vitesse du vent en km/h, et

e représente le rendement mécanique du système vent/eau.

Le refoulement Q pour un diamètre de roue donné et une vitesse de vent connue serait inversement proportionnel à la hauteur d'élévation d'eau. La combinaison des équations 3-14 et 3-11 (le terme de rendement dans l'équation 3-11 apparaît déjà dans l'équation 3-14) nous permet d'obtenir:

$$H_p = \frac{QH}{3960} = 0.0000052 D^2 V^3 e \dots\dots\dots (3-16)$$

ou 
$$Q = 0.020 \frac{D^2 V^3 e}{H}$$

où Q représente le refoulement en gallons par minute

D représente le diamètre du rotor à vent en pieds

V représente la vitesse du vent en milles par heure

H est la hauteur d'élévation d'eau, en mètres, et

e est le rendement mécanique du système vent/eau.

Le tableau 3-4 présente quelques calculs basés sur une valeur e estimée par Golding à 20%.

Le tableau 3-4 démontre à quel point le refoulement dépend de la vitesse du vent:  $Q \sim V^3$ .

Alors que le refoulement à court terme peut être évalué facilement, le refoulement à long terme et le stockage permettant de remédier aux périodes d'accalmie ne peut être évalué que si le régime des vents

peut être prédit pour l'endroit en question. Ces prévisions ne concernent pas seulement la fréquence et la vitesse des différents vents, mais également leur persistance tout au long de l'année.

### 3.5.6 Crics mécaniques

Les pompes à main à mouvements alternatifs peuvent être facilement équipées d'un moteur électrique ou à essence utilisant des crics mécaniques. Des crics à engrenage solides et de bonne qualité pouvant être utilisés avec des moteurs d'une puissance de  $\frac{1}{2}$  Hp coûtent entre 150 \$ et 200 \$. Ces modèles sont particulièrement utiles dans les programmes d'essais de pompes.

## 3.6 ASSEMBLAGE DU BRAS

Le bras sert à la transmission du mouvement et de l'énergie de l'utilisateur de la pompe à main à la pompe elle-même. Bien que le bras de type levier, tel qu'il est présenté à la figure 3-1, soit le plus courant, d'autres moyens existent comprenant des roues et des vilebrequins, des pédales et des crics.

### 3.6.1 Avantage mécanique

La force de la tige de pompe requise pour faire monter le piston de pompe dans une pompe à main à mouvements alternatifs peut facilement dépasser la force musculaire de l'utilisateur de la pompe. Toutefois, comme il est montré au paragraphe 3.4.2 et à la figure 3-6, la force descendante du bras requise pour faire monter la tige de pompe peut être réduite par l'avantage mécanique (le principe du levier) du bras, conformément à l'équation 3-6.

$$F_h = F_p \frac{L_p}{L_h} = \frac{F_p}{MA}$$

TABLEAU 3-4

**DÉBITS DE POMPAGE D'UNE ÉOLIENNE PRÉSENTANT HAUTEUR  
UN REFOULEMENT EN GALLONS PAR MINUTE (LITRES PAR MINUTE)**

VITESSE DU VENT	HAUTEUR DE CHUTE = 50 pieds (15 m) DIAMÈTRE DE L'ÉOLIENNE			HAUTEUR DE CHUTE = 100 pieds (30.5 m) DIAMÈTRE DE L'ÉOLIENNE		
	6 pds (2 m)	8 pds (2.5 m)	10 pds (3 m)	6 pds (2 m)	8 pds (2.5 m)	10 pds (3 m)
Mph / km/h						
5 ( 8.1)	0.4 ( 1.4)	0.7 ( 2.7)	1.0 ( 3.9)	0.2 ( 0.7)	0.3 ( 1.3)	0.5 ( 2.5)
7 (11.3)	1.0 ( 3.8)	1.8 ( 6.8)	2.8 (11 )	0.5 ( 1.9)	0.9 ( 3.4)	1.4 ( 5.5)
10 (16.1)	3.0 (11 )	5.2 (20 )	8.2 (31 )	1.5 ( 5.6)	2.6 ( 9.9)	4.1 (15 )
12 (19.3)	5.0 (20 )	8.8 (24 )	14 (53 )	2.5 ( 9.7)	4.4 (12 )	7.0 (26 )
14 (22.6)	7.9 (31 )	14 (53 )	22 (85 )	4.0 (15 )	7.2 (26 )	11 (42 )
16 (25.8)	12 (46 )	21 (80 )	33 (125 )	5.9 (23 )	11 (40 )	16 (62 )

Remarque: - le rendement du système vent/eau est supposé être de 20%  
- les unités métriques sont données entre parenthèses.

où  $F_h$  = force exercée sur le bras par la main de l'utilisateur

$F_p$  = force exercée sur le bras par la tige de pompe

$L_p$  = distance entre le centre de l'axe de la tige de pompe et le centre de l'axe du pivot

$L_h$  = distance entre le centre de l'axe du pivot et le "centre" de la main de l'utilisateur

et MA = avantage mécanique du bras.

Un avantage mécanique typique pour une pompe de puits peu profond est égal à environ 4 à 1; ce qui revient à dire qu'une force de tige de pompe peut être équilibrée par une force de bras égale à environ un quart de celle-ci. L'avantage mécanique peut atteindre 10 à 1 dans les puits profonds.

L'avantage mécanique ne peut être accru sans limite. Comme le montre la figure 3-7, l'augmentation de la distance  $L_h$  entre le pivot et la main entraîne l'agrandissement de l'arc ab parcouru par l'extrémité du bras. Un arc trop large rend le fonctionnement difficile. Une diminution de la distance  $L_p$  séparant la tige de pompe du pivot accroît l'avantage mécanique, mais diminue simultanément la longueur S de la course de la tige de pompe et de son piston.

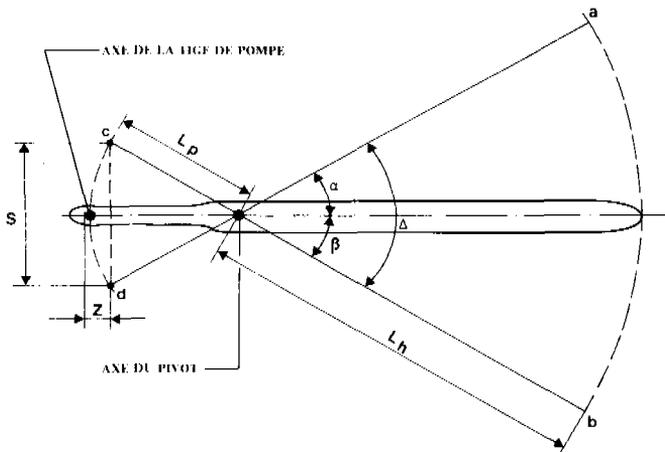
### 3.6.2 Articulation

La figure 3-7 représente le mécanisme de bras le plus élémentaire que l'on retrouve fréquemment dans les pompes pour puits profonds: un bras d'une seule pièce muni de deux axes de raccord, l'un à la tige de pompe, l'autre au pivot.

Relevons dans la figure 3-7 que l'arc cd parcouru par l'axe de la tige de pompe détermine la distance verticale S, égale à la longueur de course du piston et une distance horizontale Z. Ceci revient à dire que le sommet de la tige de pompe se déplace aussi bien horizontalement que verticalement. Etant donné que le tuyau de chute (voir figure 3-1)

et le cylindre de pompe sont fixés, l'extrémité inférieure de la tige de pompe (attachée au piston) ne peut se déplacer horizontalement, tout en restant libre de ses mouvements verticaux. Donc, si la distance  $Z$  est trop grande, la tige de pompe viendra heurter le tuyau de chute (ou la paroi du corps de pompe selon les dimensions relatives). Un second problème réside dans le fait que le mouvement horizontal de la tige de pompe rend difficile la lutte contre la contamination par obturation du sommet du corps de pompe. Un troisième problème est que l'inclinaison du piston peut causer une usure excessive des joints de cuvette du piston. Un quatrième problème, lié en fait au deuxième, est que le sommet de la pompe doit être obturé dans le cas des pompes foulantes.

FIGURE 3-7 GEOMETRIE DU BRAS



La figure 3-8 présente plusieurs bras de pompe à main et mécanismes d'articulation de tige de pompe fréquemment utilisés pour garantir le fonctionnement de la tige de pompe dans le seul plan vertical.

La pompe A utilise deux axes mobiles et un axe fixe, une articu-

lation de pivot rotative et un presse-étoupe fonctionnant comme pièce de guidage pour la tige de pompe. Ce système est utilisé dans les modèles de pompes comme les Dempster 23 EX, Godwin HLS et HLD. Ce système se révèle économique; toutefois, dans les puits profonds, le presse-étoupe peut s'user de façon excessive et des fatigues de flexion peuvent apparaître dans la tige de pompe.

La pompe B comprend également deux axes mobiles et un axe fixe, ainsi qu'une articulation de pivot rotative. Bien que cette pompe dispose également d'un presse-étoupe, la tige de pompe est guidée par un tourillon de tête de piston monté sur deux colonnes de guidage. Les pompes Wasp et Beatty constituent des exemples de ce type. L'alignement des éléments est délicat en raison des risques de grippage.

La pompe C est une version de la pompe B à une seule colonne de guidage. Ce montant peut également apparaître du côté du bras de la pompe. La pompe "Baker Monitor" en est un exemple.

La pompe D utilise aussi deux axes mobiles et un axe fixe, mais avec un pivot fixe. Le presse-étoupe est utilisé pour guider la tige de pompe. Citons comme exemples les pompes EDECO et NWSA.

La pompe E utilise un seul axe conventionnel comme pivot. Le bras est attaché à la tige de pompe par une chaîne de motocyclette courte et flexible. La pesanteur alliée à un secteur circulaire soudé à l'extrémité du bras est utilisée pour assurer un véritable mouvement vertical. Cette pompe fonctionne seulement dans des puits assez profonds et /ou à des vitesses assez lentes pour permettre au piston d'effectuer sa course sous l'effet de la pesanteur. Citons pour exemples les types Sholapur et Jalna (Inde).

La pompe F utilise un levier à deux axes mobiles et un axe fixe

muni de deux bras le reliant à un axe de démontage de la tige de pompe placé de façon concentrique au-dessus de celle-ci; les pompes Uganda et Shinyanga en sont un exemple. (Voir figures 3-11 et 6-3).

La pompe G utilise un système de crémaillère et de pignon. Le secteur de pignon tourne autour de l'axe du pivot, permettant ainsi à la crémaillère de monter et de descendre contre deux rouleaux fixes. Citons comme exemples les pompes Korat 608, Stewart et Lloyd 103 D. Les commandes de pompes à crémaillère et pignon existent en deux versions de bras dans lesquelles la crémaillère est dentée sur des côtés opposés.

La figure 3-9 montre comment le mouvement de la tige de pompe peut être limité au plan vertical pour les pompes à main fonctionnant par manivelle et roues rotatives. Pour ces pompes, l'extrémité inférieure de la tige reliant la manivelle est limitée au seul plan vertical par le tourillon de tête de piston, alors que l'extrémité supérieure de la tige de raccord est libre de suivre la rotation de la manivelle. Ce mécanisme est certainement le plus couramment utilisé pour les bras rotatifs.

Les mécanismes présentés sont destinés à éviter tout mouvement latéral à la tige de pompe. Ce faisant, la plupart d'entre eux provoquent des tensions latérales à l'extrémité de la tige de pompe; ces tensions augmentent avec le mauvais alignement des pièces, un manque de graissage et d'entretien. Les bras rotatifs, généralement plus coûteux, distribuent les forces latérales plus uniformément et les tensions maximales qui en résultent sont plus basses. L'énergie cinétique accumulée dans la roue facilite souvent le fonctionnement.

FIGURE 3-8

MECANISMES DE LEVIER ET D'ARTICULATION POUR LE FONCTIONNEMENT VERTICAL DES TIGES DE POMPE SANS MOUVEMENT LATERAL.

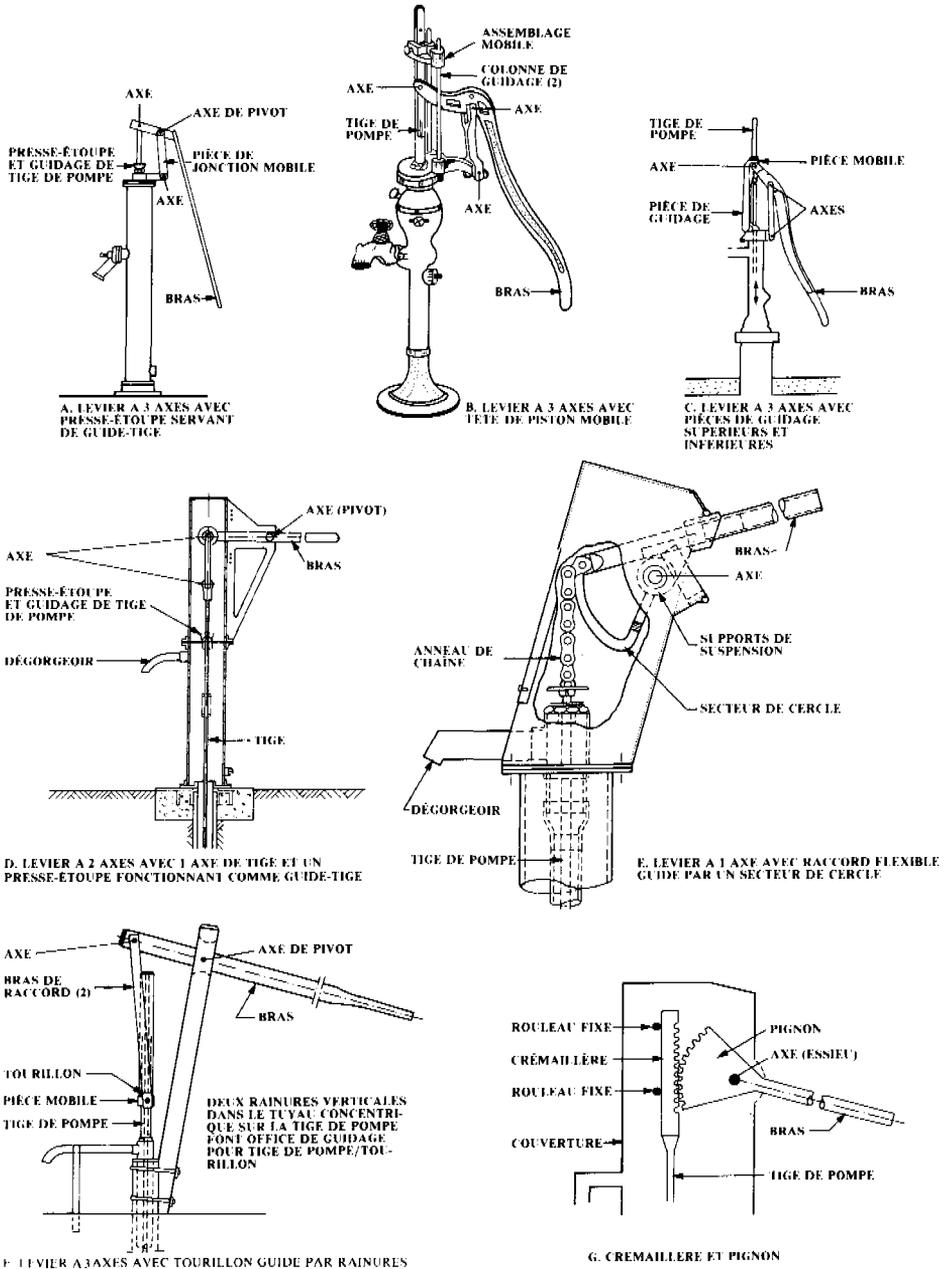
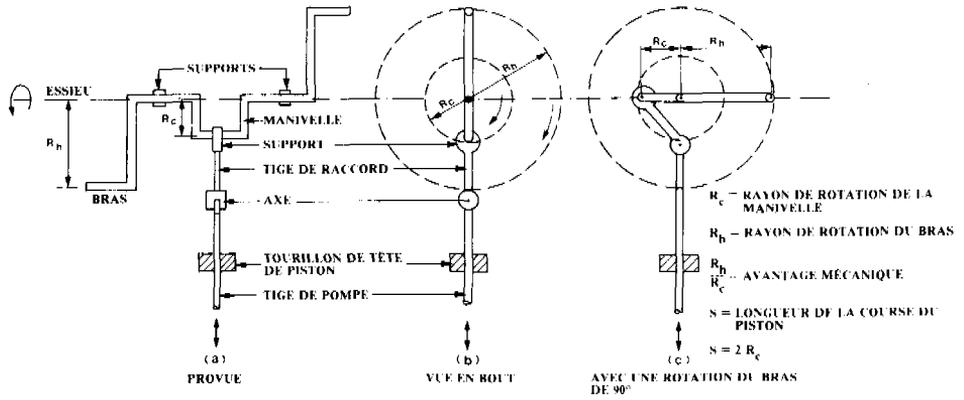
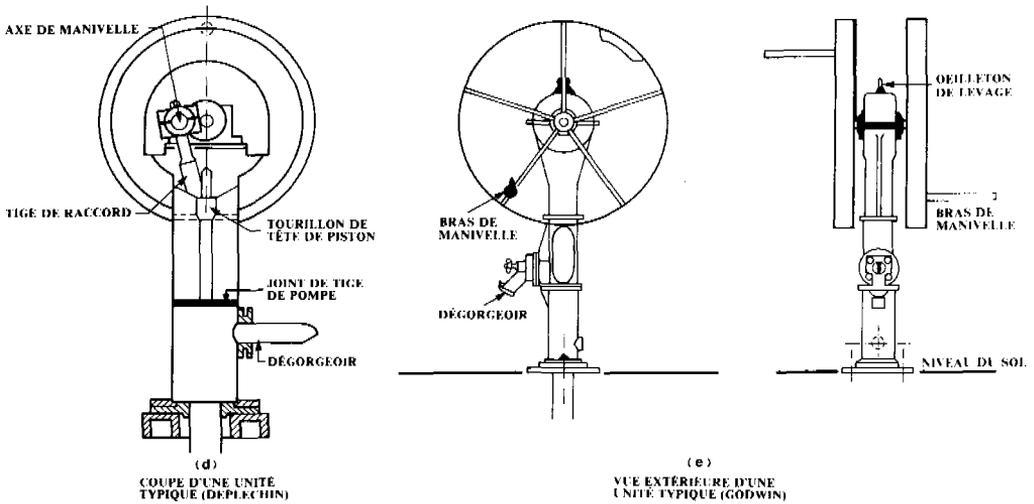


FIGURE 3-9

EXEMPLES DE POMPES A MAIN ALTERNATIVES FONCTIONNANT PAR MANIVELLES ET ROUES ROTATIVES



MECANISME TYPIQUE D'UNE MANIVELLE A COULISSEAU



### 3.6.3 Génie ergonomique

La hauteur, la longueur et l'arc parcouru par le bras jouent un rôle important pour le confort et l'efficacité de l'utilisateur de la pompe. Un bras long peut avoir un avantage mécanique important, mais l'utilisateur pourrait ne pas être capable de le lever ou de l'abaisser suffisamment pour utiliser toute la longueur de course du piston.

Pour un bras de trois pieds (0.914 m) disposant d'un avantage mécanique de 5 à 1 et parcourant un arc de  $90^\circ$  (un quart de cercle), la main se déplacerait sur une distance de quatre pieds (1.22 m) et la course du piston serait d'environ 8 pouces (19.3 cm). (A la figure 3-7,

la longueur de l'arc  $ab = 2 \pi L_h \times \frac{[\alpha + \beta]}{360^\circ}$  )

L'harmonisation de ces trois dimensions est déterminée dans une large mesure par des facteurs humains d'ordres anthropométrique, ergonomique et psychologique. Les mesures faites sur le terrain dans différentes conditions sont fort rares. Les théories actuelles en matière de mouvement (voir par ex. Barnes, Brouha, Karger et Bayha, Meynard, et al.) nous permettent d'avancer quelques réflexions d'ordre général:

- 1) Les dimensions de l'assemblage du bras de la pompe à main devraient être déterminées par la taille des utilisateurs, c'est-à-dire par la taille des plus petits d'entre eux (femmes et enfants). Lorsque plusieurs pompes à main sont installées dans un même lieu, leurs bras respectifs devraient être de hauteurs différentes.
- 2) Les dimensions prescrites devraient permettre d'éviter toute déformation de la position du corps pendant le pompage. La position voûtée de l'utilisateur diminue son rendement physique de plus de la moitié.
- 3) On peut dire dans une certaine mesure que les battements du coeur et la respiration sont en relation linéaire avec les dépenses d'énergie et le travail accompli. Les battements du coeur sont facilement mesurables par le système des pulsations. En considérant le rendement de deux pompes (ou d'une même pompe disposant de bras de hauteurs ou de longueurs différentes), leur refoulement  $Q$  et la hauteur de chute  $H$  étant de même valeur, on peut dire que c'est l'utilisateur dont le rythme de pulsations augmente le moins qui permettra à la pompe d'obtenir son meilleur rendement. Une augmentation du rythme des pulsations d'environ 30 battements par minute

peut être considérée comme la limite optimale de performance pour un travail de pompage de longue haleine.

- 4) Le rendement musculaire optimal est obtenu lorsque la force exercée est égale à environ la moitié de sa valeur maximale et la vitesse de mouvement environ un quart de sa valeur maximale (Wilkie).
- 5) Pour les puits de grande profondeur, des dispositions adéquates devraient être prises pour que le pompage s'effectue avec les deux mains ou par plus d'une personne à la fois. Le rendement à court terme peut être augmenté du tiers ou de la moitié par l'utilisation des deux mains. Les bras du type à roue rotative sont très bien adaptés à ce mode d'utilisation.

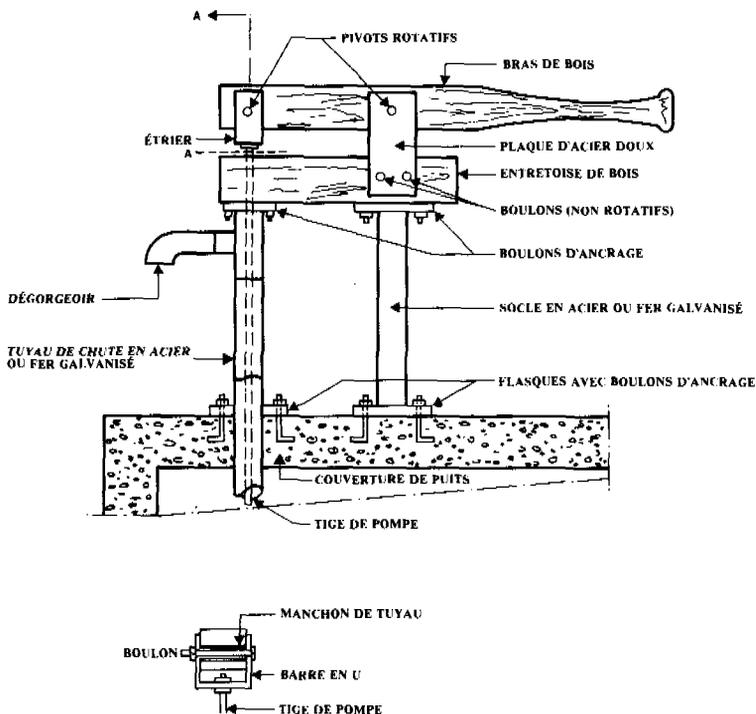
L'importance des dimensions et des charges du bras en matière de pompes à main est souvent masquée par la grande adaptabilité des utilisateurs. La charge est-elle trop importante ? L'utilisateur pompera alors plus lentement. Le bras est-il trop long ? L'utilisateur raccourcira la course. Un choix judicieux des dimensions du bras jouera un rôle important dans l'accueil que l'utilisateur réservera à la pompe à main. En outre, l'aspect traditionnel et esthétique peut également se révéler un facteur important. (Voir figure 3-10, page suivante).

#### 3.6.4 Charge structurale du bras

La charge structurale exercée sur le bras par la tige de pompe,  $F_p$ , est produite par les forces de gravitation et les forces hydrauliques décrites précédemment au chapitre 3.4. A celles-ci s'ajoute la force exercée par la main de l'utilisateur,  $F_h$ . Le pivot doit résister à ces deux forces descendantes, comme le montre la figure 3-11. La force sur le bras du pivot correspond à  $F_f = F_p + F_h$ . Du point de vue de sa structure, le bras est une bascule attachée au pivot par un axe et chargée à chaque extrémité. Le fonctionnement d'une telle bascule peut être entravé par des efforts de traction, de compression ou de cisaillement. Le dommage le plus fréquent rencontré dans la pratique provient du cintrage de la bascule au-dessus du pivot.

FIGURE 3-10

SUPPORT ET BRAS DE POMPE A MAIN INDIGENE DEVELOPPÉE PAR CARE (TUNISIE)



DÉTAIL DE L'ÉTRIER COUPE A-A

C'est là un problème typique relatif au plan de construction. Des formules et des tables adéquates peuvent être facilement utilisées à cet effet (voir Baumeister).

Les plans de construction devraient être minutieux; de nombreux problèmes pratiques proviennent des chocs ou des coups reçus au cours du transport, d'une fabrication de mauvaise qualité, de fêlures ou de fissures ou encore de la fragilité des matériaux utilisés, en particulier dans le cas de la fonte.

FIGURE 3-11 FORCES AU PIVOT

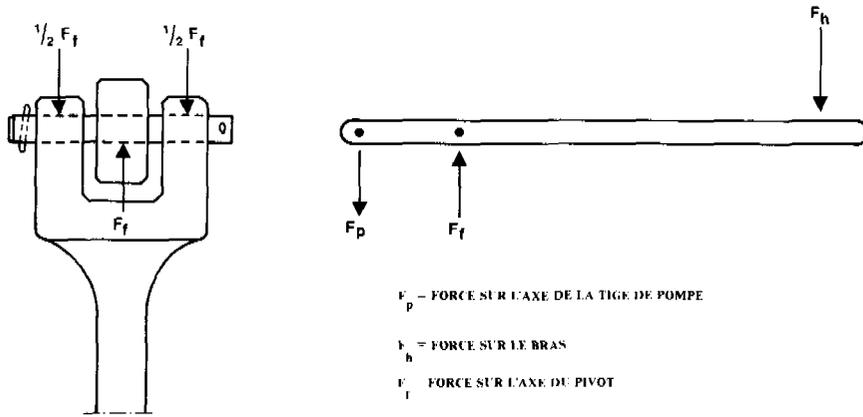
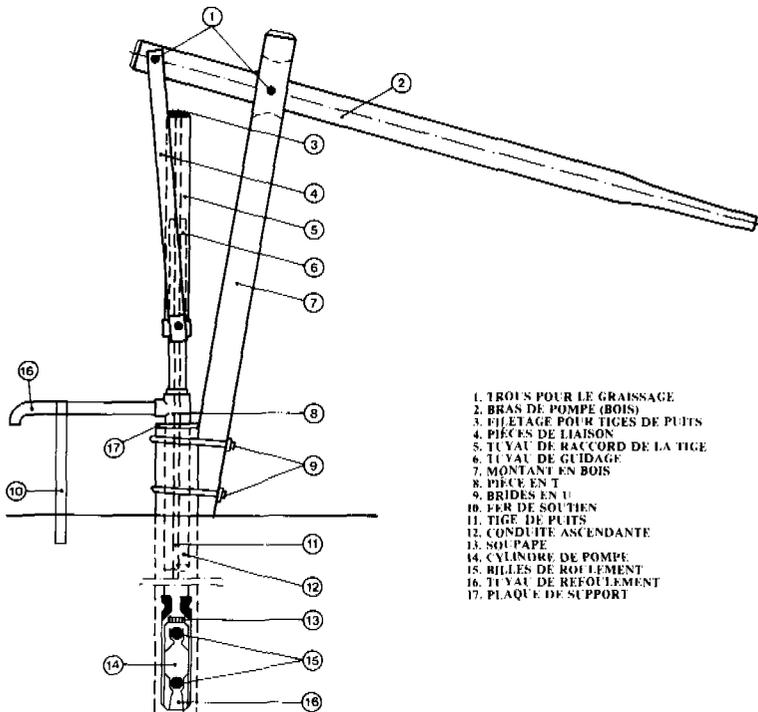


FIGURE 3-12 POMPE A MAIN „KENYA” (TYPE POUR PUIITS PROFONDS)



De nombreuses pompes de métal sont équipées de bras de bois - par exemple: la pompe Uganda d'Afrique orientale présentée à la figure 3-12. CARE a développé en collaboration avec le Ministère tunisien de la Santé publique un assemblage de support de pompe muni d'un bras de bois qui peut être monté sur place pour 62 \$ (prix 1976). (Voir figure 3-10). Ces deux pompes obtiennent de bons résultats opérationnels pour des puits de profondeur moyenne. Les bras de bois peuvent présenter plusieurs avantages: possibilité d'économie au niveau des coûts, en particulier pour les pompes de puits profonds, à bras longs; possibilité de réparation et de remplacement de pièces sur place; enfin, l'usure aux points de pivot se concentre sur ce bras relativement tendre et épargne ainsi les axes métalliques plus coûteux et plus difficiles à remplacer.

### **3.7 PIÈCE DE RACCORDEMENT, AXES ET PALIERS**

Les pièces de raccordement articulées sont la cause de nombreux problèmes généralement dus: 1) à des plans de construction inadéquats, 2) à une fabrication de qualité médiocre, 3) à un mauvais entretien, particulièrement au niveau des graissages et 4) à des actes de vandalisme et de chapardage. Une pompe à main peut comprendre jusqu'à cinq pièces de raccordement, voire même plus (voir figures 3-8 et 3-9).

#### **3.7.1 Paliers et coussinets**

Les problèmes d'assemblage dus à des plans de construction inadéquats sont très souvent le résultat de paliers ou de coussinets d'axes surchargés, c'est-à-dire que les paliers sont trop petits pour les charges qui leur sont imposées. Le type de palier le plus courant et le moins coûteux utilisé dans les pompes à main est le palier à douille présenté à la figure 3-13. Le diamètre  $D$  et la longueur  $L$  du coussinet dépendent de l'importance de la charge radiale  $F$  et de la pression sur

le coussinet P admissible pour la combinaison des matériaux utilisés pour le coussinet et pour le palier. En résumé, pour tout système d'unités appropriées, la pression sur le coussinet P pour un palier lisse est égale à :

$$P = \frac{F}{LD} \dots\dots\dots (3-18)$$

où P est la pression sur le coussinet

F est la force radiale ou charge

L est la longueur du coussinet

et D est le diamètre du coussinet

Pour des coussinets en acier ou en fonte dans des paliers en fonte, la pression sur le coussinet ne devrait pas dépasser 100 psi (70 kg/cm<sup>2</sup>) et 30 psi (20 kg/cm<sup>2</sup>) pour de l'acier sur du bois dur.

Exemple: Prenons une pompe à main en fonte munie d'un bras d'une pièce à deux axes simples (semblable à la figure 3-6). La force  $F_p$  à l'axe de tige de pompe est de 150 lb (68 kg) et l'avantage mécanique du bras de fonte de 1 pouce x 3 pouces (25 mm x 75 mm) est de 4 à 1. La pression admise sur le coussinet est de 100 psi (70 kg/cm<sup>2</sup>). Trouvez les dimensions appropriées des deux coussinets d'acier dans le pivot et des deux coussinets du bras de la pompe (à l'axe de la tige de pompe et à l'axe du pivot). (voir figure 3-10).

Solution: Force donnée de la tige de pompe  $F_p = 150$  lb

Force du bras  $F_h = F_p \div MA = 150/4 = 37.5$  lb

Force au pivot (bras)  $F_f = F_p + F_h = 150 + 37.5 = 187.5$

Force au pivot (chaque côté du bras)  $\frac{1}{2} F_f = 187.5 = 93.8$  lb

$P = \frac{F}{LD}$  ou  $LD = \frac{F}{P}$ ,  $P \leq 100$  psi pour acier sur fonte

et  $L_p D_p = \frac{F_p}{P} = \frac{150 \text{ lb}}{100 \text{ psi}} = 1.5$  sq in

$$L_f D_f = \frac{F_f}{P} = \frac{187.5 \text{ lb}}{100 \text{ psi}} = 1.88 \text{ sq in}$$

$$L_{\frac{1}{2}f} D_{\frac{1}{2}f} = \frac{\frac{1}{2}F_f}{P} = \frac{93.8}{100} = 0.94 \text{ sq in}$$

la largeur du bras est de 1 pouce (25 mm)

$$\text{donc } L_p = L_f = 1.00 \text{ in}$$

$$\text{et } D_p = \frac{L_p D_p}{L_p} = \frac{1.5 \text{ sq in}}{1.00 \text{ sq in}} = 1.5 \text{ in}$$

$$\text{et } D_f = \frac{L_f D_f}{L_f} = \frac{1.88 \text{ sq in}}{1.00 \text{ sq in}} = 1.88 \text{ in}$$

Arrondi à un axe de dimensions standard:  $D_f = 2$  pouces

Pour limiter le nombre d'axes de grandeurs différentes à stocker:

$$D_p = 2 \text{ in et}$$

$$L_{\frac{1}{2}f} = \frac{L_{\frac{1}{2}f} D_{\frac{1}{2}f}}{D_f} = \frac{0.94 \text{ sq in}}{2 \text{ in}} = 0.47 \text{ in, soit } \frac{1}{2} \text{ pouce}$$

Exemple: Prenons la même pompe à main et admettons un diamètre de 1 pouce (25 mm) pour tous ses axes. Quelle serait alors la pression maximale sur le coussinet?

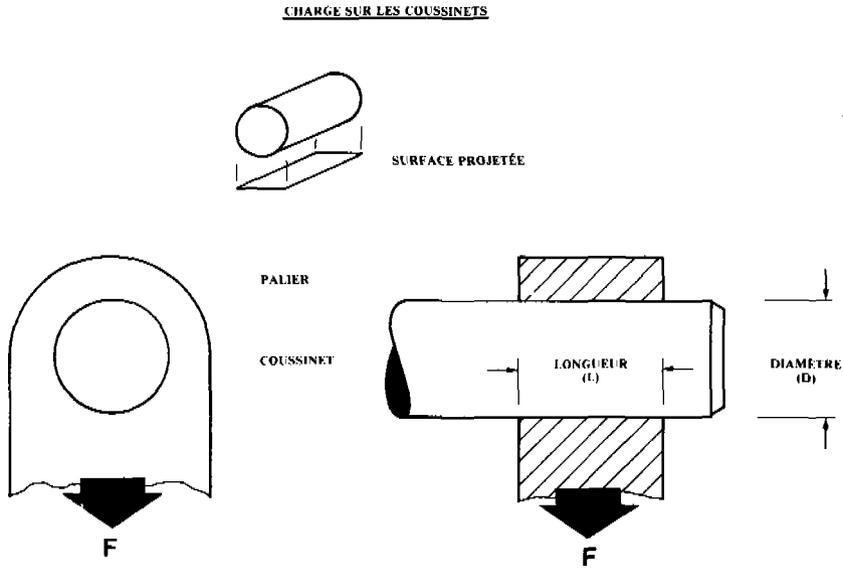
Solution: Le problème précédent nous indique que la charge la plus importante s'exerce à l'axe du pivot:

$$P = \frac{F_f}{L_f D_f} = \frac{187.5 \text{ lb}}{(1.00 \text{ in})(1.00 \text{ in})} = 187.5 \text{ psi}$$

- Remarques: 1) des trous de palier trop larges peuvent entraîner une surcharge du bras. Les charges du bras au palier peuvent être réduites en épaississant ce bras aux paliers, c'est-à-dire en y ajoutant généralement un épaulement ou un bourrelet;
- 2) pour les coussinets lubrifiés à la graisse, on choisira de préférence des coussinets longs (soit des coussinets dont le rapport L/D est supérieur à 1) en raison de leur meilleure faculté de rétention du lubrifiant. Un nouveau dessin du bras (conformément à la remarque 1), représenterait une autre solution.

FIGURE 3-13

CALCUL DE LA PRESSION SUR LE COUSSINET POUR DES PALIERS LISSES



Les dessins des coussinets de palier utilisés dans les machines à grande vitesse reposent sur des données scientifiques basées sur une lubrification par film d'huile hydrodynamique entre des éléments mobiles s'emboîtant les uns dans les autres, sans toutefois se toucher. C'est le coussinet qui repose sur le film d'huile et non le palier et la résistance au mouvement provient de la viscosité du lubrifiant, de la vitesse et de la charge.

Dans la plupart des pompes actuelles, les coussinets de paliers ne sont pas lubrifiés sur base hydrodynamique, mais fonctionnent avec un contact continu entre le coussinet et le palier, dans des conditions de lubrification marginale ou limite.

La lubrification marginale au niveau des coussinets de pompes à main est principalement due aux facteurs suivants:

- 1) un jeu relativement important entre la tige du coussinet et le trou du palier. Dans le cas des pompes à main, un jeu de 1/32 pouce (0.3 mm) est souvent toléré pour les coussinets (valeur dix fois supérieure au moins à celle requise pour une lubrification limite). Ceci met en évidence le coût plus élevé des ajustements précis, des tolérances et des jeux réduits et l'incapacité de nombreux fabricants de pompes à main de respecter des normes de fabrication plus strictes;
- 2) la nécessité de pouvoir monter et permuter les différentes parties et pièces dans l'usine et sur le terrain est liée à ce qui précède. Un examen attentif de la figure 3-10 montre que les axes centraux des 3 paliers doivent former des angles droits avec l'axe de la pompe, afin que l'axe du pivot puisse passer au travers de celui-ci. Dans certaines constructions (qui ne devraient d'ailleurs pas être encouragées) l'axe du pivot doit passer à travers deux trous supplémentaires dans la calotte de pompe, soit cinq trous au total;
- 3) des surfaces de paliers et de coussinets relativement rugueuses qui peuvent présenter des irrégularités de surface supérieures à l'épaisseur du film d'huile. Les aspérités perforent le film d'huile et sont soumises à un frottement réciproque, vu qu'elles ne sont séparées que par un film d'une épaisseur de 1 ou 2 couches moléculaires. La friction, et par-là même la chaleur et l'usure, en sont ainsi augmentées;
- 4) la vitesse lente d'oscillation des pompes à main ne favorise pas la formation d'un film d'huile;
- 5) une lubrification inadéquate provenant non seulement d'une fréquence insuffisante, mais également du choix d'un lubrifiant de mauvaise qualité.

Dans des conditions de lubrification limite, le coussinet et le palier sont partiellement en contact; le choix de ces deux matériaux s'avère donc délicat. Le tableau 3-5 donne la liste des coefficients relatifs à différents matériaux utilisés dans la fabrication des pompes à main.

Dans le cas d'une lubrification marginale, les matériaux devraient être choisis en fonction de leur résistance à l'usure et de leur coefficient de frottement. En règle générale, l'utilisation de matériaux semblables entraîne une usure excessive.

TABLEAU 3-5

COEFFICIENTS DE FROTTEMENT

MATERIAUX:	SECS:	GRAISSEUX:
Acier dur sur acier dur	0.42	0.029
Acier dur sur métal antifriktion (ASTM No 1)	0.33	0.16
Acier doux sur acier doux	0.57	0.09
Acier dur sur fonte	0.23	0.133
Laiton sur fonte	0.30	---
Bronze sur fonte	0.22	0.077
Fonte sur fonte	0.15	0.070
Fonte sur chêne	0.49	0.075
Cuir sur fonte	0.56	0.36 (eau)
	---	0.13 (huile)
Plastique laminé sur acier	0.35	0.05
Coussinet de caoutchouc strié sur acier	---	0.05
Ganiture de presse-étoupe de chanvre ou de coton	---	0.06 à 0.11

D'après Fuller.

La fonte et l'acier constituent toutefois des exceptions, particulièrement s'ils sont de dureté différente\*. Des matériaux plus durs sont à préférer dans la mesure où les autres données restent semblables. D'autres caractéristiques souhaitables sont par exemple la faculté d'absorber l'huile, une plasticité suffisante pour s'adapter aux légères irrégularités et pour résister aux grippages, une rigidité de cons-

\* La dureté en degré Brinell, tant pour le palier que pour le coussinet, devrait être d'au moins 150.

truction, une résistance à la corrosion, une résistance à l'usure du métal, une grande conductivité thermique et naturellement un coût relativement bas. Aucun coussinet de palier ne réunira jamais toutes ces propriétés; le responsable du projet devra donc choisir des matériaux répondant au mieux aux exigences les plus importantes, soit la solidité, la résistance et un coût avantageux.

En plus de l'acier et de la fonte, les matériaux utilisés pour la fabrication des coussinets comprennent également des métaux antifric-tion, des bronzes et d'autres alliages de métaux, ainsi que diverses matières non métalliques, telles que le bois, les matières plastiques, y compris le nylon, les fluorocarbones (Teflon), les résines époxydes et époxydes renforcés, le caoutchouc et la pierre. Les alliages de métaux sont utilisés comme manchons de paliers; ils requièrent en règle générale des ajustements très précis, un outillage spécial pour le remplacement des pièces sur le terrain et sont plus coûteux que leurs homologues d'acier et de fonte (voir tableau 3-6). A l'exception du bois, les matières non métalliques ne sont pas fréquemment utilisées dans la construction des pompes à main. Des manchons de nylon ont été prévus sur une pompe bien introduite sur le marché; leur fonctionnement ne donne toutefois pas entière satisfaction. De nombreuses pompes sont équipées de bras de bois; mais, dans la plupart des cas, les paliers ont des manchons de tuyau en métal. Plusieurs de ces matériaux sont autolubrifiants ou prêts à recevoir des lubrifiants solides de longue durée.

Les coussinets de palier doivent être résistants au frottement. Une autre catégorie de coussinets, appelés coussinets antifric-tion, pivotent dans le sens opposé à la friction de roulement. Un exemple courant de ce type est le roulement à billes utilisé avec les arbres de transmission de véhicules. Ces coussinets, généralement d'acier,

sont fabriqués par des maisons spécialisées. Ils présentent un coefficient de frottement relativement bas, une usure lente et une longue durée de vie.

Ils se révèlent plus coûteux (voir tableau 3-6), requièrent des ajustements très précis, de même qu'un outillage particulier pour l'installation et le remplacement des pièces. Une lubrification est prescrite, bien que dans le cas d'une protection adéquate, ces coussinets fonctionneront pendant des mois sans nouvelle lubrification. Les roulements à billes ou à rouleaux sont toujours utilisés dans les pompes d'un prix élevé (voir figure 3-9e).

A l'exception peut-être de l'usure des joints de cuvette du cylindre, les problèmes relatifs aux coussinets de l'assemblage du bras et du support de pompe constituent les causes de panne les plus fréquentes. L'amélioration des coussinets dans les modèles de pompes existants (même s'il ne s'agit que de les agrandir) représente souvent le seul perfectionnement important réalisable. Des ajustements plus précis, une amélioration de la lubrification (comprenant si possible des anneaux de rétention d'huile, des graisseurs, des mèches et des bains d'huile, des coussinets à pattes d'araignée, ainsi que d'autres caractéristiques rarement rencontrées sur des pompes à main) et la trempe à la flamme des paliers de fonte (en chauffant à rouge et trempant à l'eau) sont des mesures promises à un bel avenir. (Tableau 3-6, page 97).

### 3.7.2 Axes

La pratique par trop répandue d'utiliser des barres de renforcement d'acier pour les axes n'a aucun avenir. Les axes devraient être lisses et durs, de préférence d'aciers carbonés perlitique ou austénitique. Les axes de dimensions standard peuvent être obtenus avec des traitements de surface destinés à limiter l'usure; ce sont toutefois ces axes

qui devraient être sensibles à l'usure plutôt que leurs paliers, étant donné qu'ils se remplacent plus facilement que les bras, les pivots, les tiges d'assemblage et les raccords de tige de pompe.

### 3.7.3 Attaches

Deux écoles de pensée s'affrontent en matière d'attaches de pompes à main : les adeptes des attaches filetées et ceux des attaches à goupilles ou chevilles.

Les boulons et écrous filetés, souvent disponibles en dimensions standard, sont généralement moins coûteux; le réassortiment et le remplacement de ces pièces sont également plus faciles que dans le cas des axes. La qualité du filetage se révèle toutefois souvent médiocre. De plus, les attaches filetées peuvent être utilisées à d'autres fins, ce qui augmente les risques de vol.

Les axes non filetés maintenus en place par de solides goupilles sont des objets moins convoités. Les goupilles-ressorts ne peuvent être retirées qu'avec un outillage spécial, ce qui diminue également le risque de vol et de vandalisme. Les axes maintenus en place par des vis de pression filetées n'offrent généralement pas une grande sécurité de fonctionnement.

Les attaches, en particulier celles fixées à la tige de pompe, ne devraient pas se desserrer pendant le fonctionnement de la pompe. L'utilisation d'un frein d'écrou présentera des avantages certains au niveau de la sécurité. Les différents types de freins d'écrou comprennent :

(1) le contre-écrou ou écrou d'arrêt : écrou mince utilisé sous un écrou plein ou un boulon mâle fileté;

(2) l'écrou à rainures : écrou muni d'une encoche radiale destinée à recevoir une goupille passant au travers d'un trou diamétral percé dans le boulon ou la tige;

(3) le frein d'écrou à rotation libre : écrou tournant librement sur un boulon ou une tige fileté mâle jusqu'à ce qu'il s'ajuste sur une surface de base; un serrage ultérieur conduit alors à un blocage par effet d'élasticité dans l'écrou, provoquant une flexion de la partie supérieure fileté de l'écrou vers l'intérieur et la prise du boulon sous pression;

(4) les écrous auto-bloquants : écrous avec l'un de ces différents types d'action : déformation d'une pièce rapportée élastique ou filetages aplatis sur l'écrou, etc.

Les freins d'écrous peuvent également être utilisés pour éviter la rotation des axes dans le bras, mesure destinée à provoquer l'usure de l'axe plutôt que celle de l'assemblage du bras (plus difficile à remplacer). La rotation des axes peut être évitée par des projections coulées sur l'épaulement d'un palier.

### **3.8 SUPPORT DE POMPE (MONTANT, CYLINDRE, TÊTE, BOUCHE D'EAU, CORPS DE POMPE, COLONNE)**

#### **3.8.1 Fonctions**

Le plan de construction d'un support de pompe est largement déterminé par les fonctions de ce support :

(1) sa base permet de fixer la pompe au puits. La base du support de pompe (partie intégrante ou non de ce support) est fixée au puits par un assemblage à vis avec le cuvelage du puits ou par des boulons d'ancrage fixés au revêtement de fondation en béton. Les dimensions des pas de vis et des boulons d'ancrage doivent être ajustées. L'entraînement du pas de vis devrait être d'au moins 2 pouces (5 cm). Le cuvelage du puits devrait toujours être construit en saillie (2 pouces ou 5 cm au moins) par rapport aux fondations, afin d'éviter que les eaux d'écoulement n'entrent dans le puits;

(2) il procure une plateforme adéquate pour l'assemblage du bras de pompe et plus particulièrement pour le pivot qui est souvent directement coulé avec le corps de pompe, ou alors soudé ou fixé à celui-ci au moyen de boulons. La présence d'angles intérieurs tranchants, de brèches ou de fissures à l'endroit où le pivot rencontre le support ou la calotte de pompe peut conduire à une rupture du pivot. Pour les pompes disposant de bras très longs ou de supports en matière plastique, le pivot peut être fixé séparément et ne pas être attaché au support de pompe;

(3) il représente une plateforme pour la suspension du tuyau de chute et pour les assemblages de tige de pompe/cylindre/piston/soupape. Le tuyau de chute est généralement fixé au support de pompe par des filets pour tuyaux. La tige de pompe et ses accessoires sont suspendus à l'axe bras/tige de pompe (tourillon de la tête de piston dans les bras rotatifs). Toutes les forces décrites précédemment tendent à comprimer et/ou à faire basculer le support de pompe;

(4) il procure une protection sanitaire pour le puits et son eau en évitant toute contamination extérieure provenant du sommet du puits (pour autant toutefois qu'il soit conçu de façon adéquate et qu'il soit muni d'une calotte fermée). Le support et son dégorgeoir (robinet) procure également une conduite pour amener l'eau du tuyau de chute au récipient de l'utilisateur;

(5) pour de nombreuses pompes de puits peu profonds, le support de pompe sert également de cylindre de pompage. Un traitement spécial de la surface intérieure se révèle souvent indispensable pour éviter une usure excessive. Le même support peut être utilisé pour des pompes de puits profonds ou de puits peu profonds (la pompe Battelle/AID en est un exemple).

### 3.8.2 Dégorgeoir de pompe (robinet, douille, bouche d'eau, déversoir, sortie d'eau)

Le dégorgeoir devrait par sa conception permettre d'éviter toute contamination volontaire ou accidentelle du puits et, en matière de dimensions, correspondre aux récipients des utilisateurs de la pompe. Les lois de la pesanteur au niveau du dégorgeoir jouent généralement un rôle déterminant dans la lutte contre la contamination. Il peut arriver qu'une crépine soit insérée dans le dégorgeoir de pompe.

L'écoulement du dégorgeoir doit être placé suffisamment au-dessus de la plateforme du puits et suffisamment loin du support de pompe pour permettre un remplissage direct des récipients à eau d'usage local. Un dégorgeoir placé à une hauteur excessive rendrait cette opération délicate par grands vents. Les sites par trop venteux nécessiteront l'installation de parois de protection autour du dégorgeoir. Il serait nécessaire, le cas échéant, de tenir compte de la place requise par les récipients transportés à dos d'animal. Le dégorgeoir devrait en outre être suffisamment

solide pour résister au poids à pleine charge du récipient le plus grand pouvant être suspendu ou posé sur son goulot.

Les dégorgeoirs utilisés pour les pompes foulantes devraient en règle générale être filetés ou munis de soupapes. Certains supports de pompes pour pompes foulantes sont équipés de deux dégorgeoirs.

### 3.8.3 Autres considérations

La structure du support de pompe doit être robuste, solide et capable de résister pendant de longues années à un usage collectif constant. La plupart des pompes à main sont aussi soumises à des conditions atmosphériques difficiles.\* Leurs plans sont plus souvent basés sur des contraintes de fabrication que sur une analyse structurale détaillée. Les problèmes relatifs au fonctionnement des supports de pompe sont très souvent dus à l'utilisation de matériaux de mauvaise qualité ou à des procédés de fabrication inadéquats.

## 3.9 CALOTTE DE POMPE (COUVERTURE, CALOTTE, PLAQUE-SUPPORT)

### 3.9.1 Fonctions

La calotte de pompe peut avoir différentes fonctions (figure 3-14) :

(1) la calotte de pompe peut avec son presse-étoupe obturer le sommet de la pompe et la protéger ainsi d'une contamination éventuelle. Même sans presse-étoupe ou tige de pompe guidée verticalement, l'usage d'une calotte de pompe à rainures réduit la surface d'air libre au sommet de la pompe. La rainure permet en outre le mouvement latéral de la tige de pompe pendant le pompage;

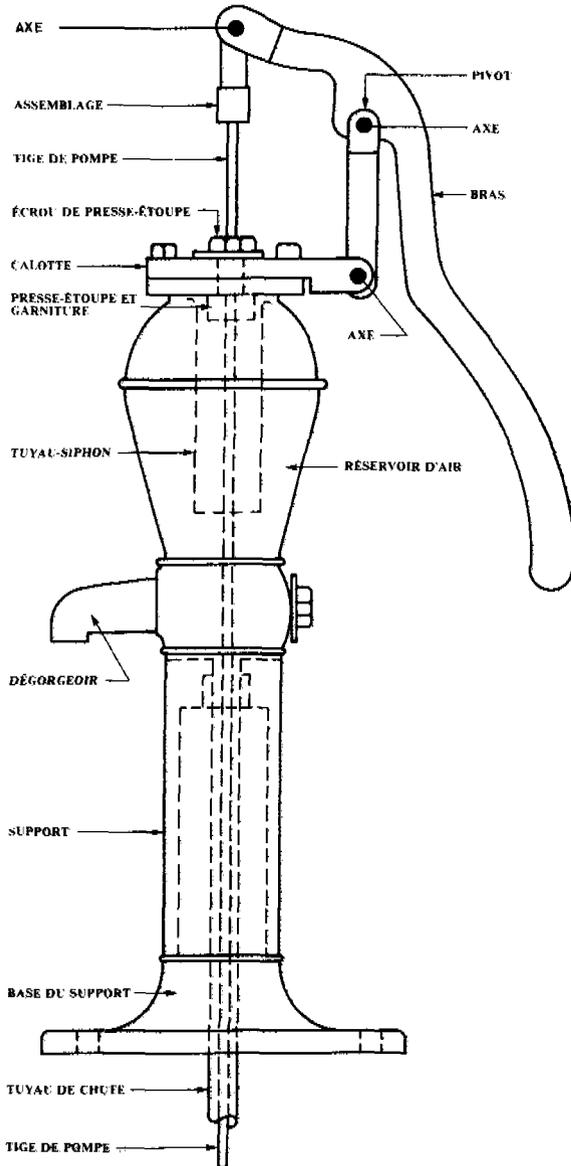
(2) ce même dispositif d'étanchéité du presse-étoupe permet à la pompe de fonctionner comme pompe foulante (par extension du dégorgeoir), c'est-à-dire d'élever l'eau au-dessus du niveau du support de pompe;

---

\* *des dispositions doivent être prises pour drainer le support de pompe et le tuyau de chute en présence de risques de gel.*

FIGURE 3-14

POMPE A MAIN MUNIE D'UN PRESSE - ETOUPE ET D'UNE TIGE DE POMPE GUIDEE POUVANT ETRE UTILISEE COMME POMPE FOU-LANTE



(3) la calotte de pompe et son presse-étoupe ou douille-guide sont souvent utilisés comme pièce de guidage de la tige de pompe. A la figure 3-14, cette disposition sert à limiter le mouvement latéral de la tige de pompe;

(4) la calotte fait généralement office de siège pour l'articulation du pivot et pour les montants de guidage de la tige de pompe.

La calotte peut être fixée au support de pompe par chevilles, par boulons ou au moyen d'une soudure. Elle doit de plus être aussi résistante et stable que le support de pompe. Les surfaces de contact devront être usinées et/ou munies d'un joint pour éviter que la calotte ne se fissure au moment du serrage des boulons et pour garantir une certaine imperméabilité.

### 3.9.2 Presse-étoupe, écrou, bague et garniture

Le presse-étoupe fait office de dispositif d'étanchéité pour le contrôle des fuites d'eau provenant du sommet du support pour les pompes foulantes et de coussinet et pièce de guidage pour la tige de pompe (voir figure 3-14, ainsi que figures 3-8 et 2-4; les figures 4-5 et 4-6 présentent le remplacement de la garniture du presse-étoupe).

La partie visible du presse-étoupe est généralement un écrou placé de façon concentrique par rapport à la tige de pompe et qui est serré vers le bas, comprimant ainsi un matériau souple de garniture entourant la tige de pompe. Une fois serrée, cette garniture constituée de chanvre tressé ou de grosse toile forme un joint hydraulique entre la tige et le support de pompe. Un anneau cylindrique, appelé plus communément gland, peut être fixé entre l'écrou et la garniture.

La garniture est lubrifiée et refroidie par eau (le frottement avec la tige en mouvement engendre de la chaleur et provoque une usure rapide de la garniture). C'est pour cette raison que l'écrou devrait être serré de manière à ne permettre qu'un léger suintement de l'eau le long de la

tige de pompe. De la graisse et du graphite peuvent également être utilisés; le graphite devrait toutefois être retiré lorsque la pompe n'est pas en activité, afin d'éviter toute piquûre du métal de la tige de pompe.

Une tige piquée ou rayée accélère le processus d'usure de la garniture.

La figure 2-4 présente un tuyau-siphon placé autour du presse-étoupe, créant ainsi un réservoir d'air au sommet du support de pompe. Certains fabricants estiment que la compression de l'air pendant le mouvement de pompage du piston régularise le fonctionnement de la pompe. Les pompes foulantes mécaniques disposent souvent de réservoirs d'air extérieurs.

### **3.10 TIGE DE POMPE (TIGE DE RACCORDEMENT, TIGE DE PLONGEUR, TIGE DE PISTON, TIGE DE POMPE ASPIRANTE, TIGE DE Puits)**

La tige de pompe relie le bras à l'assemblage du piston. La tige et ses raccords (généralement filetés) doivent être suffisamment solides pour supporter les forces décrites au chapitre 3.4. Pendant le mouvement ascendant du piston, la tige est soumise à une traction; au cours de son mouvement descendant, la tige sera en compression si le fonctionnement du bras est plus rapide que la chute gravitationnelle de la tige et du piston. Ce sont toutefois les efforts de traction qui déterminent généralement le diamètre minimal de la tige.

Les diamètres de tiges sont communément arrondis au diamètre standard supérieur. Les tiges de pompes à main pour puits peu profonds sont généralement en acier poli ou en laiton lorsqu'ils sont achetés chez les fabricants et en acier doux ordinaire s'ils sont achetés sur le marché local. Les tiges en acier galvanisé munies d'extrémités filetées sont souvent utilisées pour les pompes de puits profonds. Les dimensions courantes des tiges en acier sont 10 ou 20 pieds de longueur (3 ou 6 m) et 7/16 et 1/2 pouce de diamètre (11 et 13 mm). Une tige d'acier correctement file-

tée de 1/2 pouce (13 mm) devrait supporter une force de 400 lb (180 kg).

Les tiges de pompe en bois sont souvent utilisées avec les éoliennes et les cylindres ouverts à leur sommet. Le remplacement du bois par l'acier a comme avantage de réduire la charge de la tige lors de sa poussée. Contrairement à la tige d'acier, le bois ne se cristallise pas et ne se rompt pas aux raccords. Sa section plus large (généralement 1 1/2 pouce de diamètre octogonal) est plus rigide en état de compression et crée un effet de pompage à action partiellement double (pompage lors des deux mouvements du piston). L'avantage du coût est en fait réduit par l'acquisition de vis et d'importants raccords d'acier pour relier les tiges de bois, ainsi que d'un tuyau de chute plus grand.

Les principaux problèmes de fonctionnement relatifs aux tiges de pompes se résument aux ruptures et à la corrosion. Les risques de rupture peuvent être réduits par l'utilisation d'écrous de blocage aux points critiques (voir 3.7.3) et par un filetage et un entraînement fileté corrects. La résistance à la corrosion peut être améliorée par l'emploi d'acier galvanisé ou d'alliages résistants à la corrosion, mesure obligatoire dans des eaux fortement acides ou alcalines.

### **3.11 TUYAU DE CHUTE (TUYAU DE MONTÉE, COLONNE ASCENDANTE, TUYAU DE REFOULEMENT, TUYAU D'ASPIRATION, TUYAU ASCENDANT D'ASPIRATION)**

Le tuyau de chute supporte le cylindre dans le puits et sert également de tuyau de refoulement du cylindre (voir figure 3-1). Les cylindres fermés à leur sommet peuvent être retirés du puits en tirant le tuyau de chute vers le haut. Dans les cylindres ouverts, l'assemblage du piston (et la soupape d'aspiration dans certaines pompes) est extrait par le tuyau de chute en utilisant la tige de pompe pour le tirer vers le haut.

TABLEAU 3-6

**COÛTS DE COUSSINETS SPÉCIAUX ACHETÉS CHEZ DES FABRICANTS DE COUSSINETS**

TYPE DU COUSSINET	DIMENSIONS (pouces)	COUT UNITAIRE (dollars)
COUSSINETS DE PALIER AVEC MANCHONS		
Imprégnés d'huile	0.627 $\emptyset$ int. 0.878 $\emptyset$ ext. 3/4 long.	\$ 0.33
Bronze	5/8 $\emptyset$ int. 7/8 $\emptyset$ ext. 3/4 long.	\$ 0.60
Composé de teflon	0.630 $\emptyset$ int. 0.876 $\emptyset$ ext. 3/4 long.	\$ 1.14
Nylon noir	5/8 $\emptyset$ int. 3/4 $\emptyset$ ext. 3/4 long.	\$ 0.14
COUSSINETS ANTIFRICTION		
Roulements à billes (précision)	5/8 $\emptyset$ int. 1 1/4 $\emptyset$ ext. 1/2 larg.	\$ 3.31
Roulements à billes	5/8 $\emptyset$ int. 1 5/8 $\emptyset$ ext. 1/2 larg.	\$ 0.86
Roulements à aiguilles 1	5/8 $\emptyset$ int. 1 3/16 $\emptyset$ ext. 3/4 larg.	\$ 0.92
Remarque : les prix sont donnés pour des lots de 500 unités dans des fabriques américaines (niveau juillet 1976)		
Source : R.D. Fannon, Jr. (Communication personnelle)		

L'élargissement du diamètre du tuyau de chute entraînera une diminution de la perte de charge due au frottement, mais une augmentation du coût. Pour les tuyaux de chute courts ou moyens, le diamètre généralement choisi représente environ la moitié du diamètre intérieur nominal du cylindre (voir tableau ci-après), avec une dimension minimale de 1 1/4 pouce (32 mm).

Pour certains modèles de pompes à main, les fonctions du tuyau de chute, du cylindre et du cuvelage du puits sont réunies en un seul tuyau.

TABLEAU 3-7

DIAMÈTRE MINIMAL DES TUYAUX DE CHUTE

DIAMÈTRE NOMINAL DU CYLINDRE		DIAMÈTRE NOMINAL DU TUYAU DE CHUTE	
Pouces	Millimètres	Pouces	Millimètres
Moins de 3 1/2	Moins de 90	1 1/4	30
3 1/2	90	1 1/2	40
4	100	2	50

Remarques : 1) le genre de filetage et le diamètre du bouchon sur le cylindre doivent être adaptés au filetage du tuyau de chute;

2) les diamètres de tuyaux de chute présentés ci-dessus doivent être augmentés lorsque les diamètres des tiges de pompe en bois ou en acier sont supérieurs à 1/2 pouce (13 mm) ou lorsque la longueur du tuyau de chute dépasse 75 pieds (25 m).

### 3.12 TUYAU D'ASPIRATION (VOIR ÉGALEMENT TUYAU DE CHUTE)

Le terme de tuyau d'aspiration s'applique à tout tuyau de pompe situé au-dessous du cylindre. Etant donné que le cylindre d'une pompe pour puits profonds devrait être installé au-dessous du niveau de rabattement de l'eau, les tuyaux d'aspiration ne devraient pas se révéler nécessaires pour ces pompes. Avec certains cylindres ou certaines soupapes d'aspiration, un petit tuyau de chute peut se révéler nécessaire pour permettre le montage d'une crépine d'admission.

Les tuyaux d'aspiration pour les crépines de puits peu profonds sont dimensionnés de la même façon que pour les tuyaux de chute. Il arrive fréquemment qu'un long tuyau d'aspiration cause certains problèmes de fonctionnement qui peuvent être dus à un diamètre de tuyau d'aspiration trop petit, à une obstruction ou encore à d'autres facteurs d'engorgement du tuyau. L'action du piston (et du bras de levier) peut être comparée à celle d'un ressort sous tension. Si le flux d'arrivée au cylindre n'est pas aussi libre que son refoulement, un vide partiel se créera et le piston plongera immédiatement pour rétablir l'équilibre, pour autant que le bras de levier soit relâché rapidement après sa poussée vers le bas. La remontée brusque du bras peut se révéler dangereuse.

Le tuyau d'aspiration et le tuyau de chute devraient tout deux être étanches pour assurer une efficacité maximale du système. Le débit de la pompe est fortement réduit en cas de fuite d'eau. Toutefois, une fuite presque imperceptible dans le tuyau de chute est utilisée dans les climats très froids pour protéger le tuyau pendant les périodes de repos.

### **3.13 ASSEMBLAGE DU PISTON (PLONGEUR, PISTON À CLAPETS, PISTON À CLAPETS ASCENDANT, PISTON DE POMPE ASPIRANTE)**

L'assemblage du piston élève l'eau jusqu'au dégorgeoir de pompe pendant son mouvement ascendant et supporte la soupape de contrôle du reflux. (Voir figure 3-5). L'assemblage du cylindre devrait dans sa construction tenir compte de la force nécessaire pour guider l'ouverture et la fermeture de la soupape, d'une possibilité rapide de remplacement des joints et devrait prévoir au moins autant de surface hydraulique d'écoulement que le tuyau de chute. Il est généralement constitué d'un étrier de liaison à la tige de pompe, d'une soupape de contrôle pour le reflux et de joints de cuvettes, de couvercles de cuvettes et de rondelles de réglage. Les joints de cuvettes et les soupapes sont présentés plus en détail aux chapitres 3-14 et 3-15.

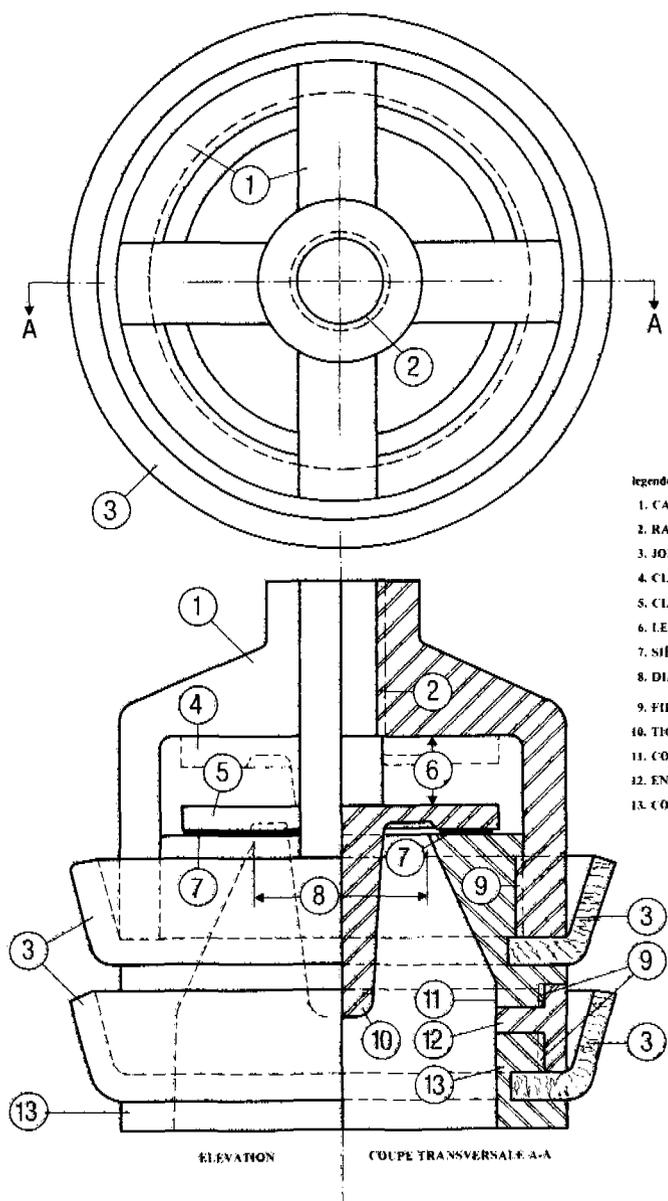
Dans le domaine des pompes à main, les termes de "plongeur" et de "piston" sont utilisés de façon interchangeable. "Piston" est certainement le terme le plus approprié, bien que "plongeur" soit fréquemment utilisé dans ce secteur.

### **3.14 JOINTS DE CUVETTE (CUVETTES, PISTONS À CLAPETS, CUVETTES DE PLONGEURS, CUVETTES DE PISTONS, JOINTS EN CUIR, CUVETTES DE GARNITURE, CUIRS DE GARNITURE)**

Les joints de cuvette ont comme fonction principale d'empêcher tout reflux entre le piston et les parois du cylindre pendant le pompage (mouvement ascendant du piston dans les pompes à effet simple). Des pièces de cuir ou d'autres matériaux souples sont appliquées sur la surface frontale du piston (voir figure 3-15), formant ainsi un godet ou une cuvette. Lorsque le piston monte, la lèvre de la cuvette est pressée contre la paroi du cylindre, faisant l'effet d'un joint. Le mouvement de la lèvre vers l'intérieur pendant la descente du piston diminue le frotte-

FIGURE 3-15

DETAIL DE L'ASSEMBLAGE D'UN PISTON



legende

1. CAGE DE SOUPE OU ÉTRIER
2. RACCORD FILETÉ POUR LA TIGE DE POMPE
3. JOINT DE CUVETTE DU PISTON
4. CLAPET DE SOUPE EN POSITION OUVERTE
5. CLAPET DE SOUPE EN POSITION FERMÉE
6. LEVÉE DE SOUPE
7. SIÈGE ET JOINT DE SOUPE
8. DIAMÈTRE DU SIÈGE DE SOUPE ( $D_v$ )
9. FILETAGES UNINÉS
10. TIGE ET POIDS DU CLAPET
11. COUVERCLE DE PISTON
12. ENTRETOISE
13. COUVERCLE DE JOINT DE CUVETTE

ment et l'usure. Un frottement répété entre les cuvettes et la paroi du cylindre peut conduire à l'usure des cuvettes qui devront être périodiquement remplacées.

Les joints de cuvette devraient être de matière non toxique, résistants à l'usure, aux piqûres, aux moisissures et autres attaques biologiques, avoir un coefficient de frottement relativement bas, être suffisamment souples pour colmater les irrégularités de la paroi du cylindre, tout en conservant une certaine rigidité pour éviter de se retourner sous l'effet du changement de direction du piston, résister à la succession cyclique de la dessiccation et de l'assèchement et finalement être rapidement disponibles et peu coûteux.

Aucun joint de cuvette ne peut naturellement remplir toutes ces conditions. Le cuir a toujours été le matériau de prédilection pour ces pièces en raison de son coût relativement bas et de sa disponibilité sous toutes les latitudes. La résistance de ce cuir sous forme de joints de cuvette peut être singulièrement développée par un choix approprié des peaux, un soin particulier apporté à leur traitement (planage, tannage), ainsi que par l'utilisation d'additifs (imprégnation avec de la cire fondue).

Les cuvettes en chlorure de polyvinyle sont utilisées actuellement dans plusieurs programmes de puits peu profonds. Leur principal avantage est d'être plus résistantes. Elles ne peuvent toutefois être utilisées avec des cylindres de PVC. Citons encore comme autre matériau possible le caoutchouc, le néoprène, ainsi que les résines époxydes ou les élastomères renforcés textile.

Le meilleur moyen de réduire le frottement, et par là-même l'usure, est d'utiliser des cylindres à parois lisses ou des garnitures de cylin-

dres (voir chapitre 3.16). Un contrôle soigneux du diamètre extérieur maximal du joint devrait être (avant son installation) de quelque 1/16 de pouce inférieur au diamètre intérieur nominal du cylindre; les cuvettes de PVC nécessitent un ajustement un peu plus précis. Le ou les couvercles de cuvettes ou rondelles de réglage devraient être serrés contre les cuvettes, sans toutefois causer de déformation. La pression de l'eau qui s'exerce sur la cuvette pendant le pompage retroussera la lèvre vers l'extérieur, assurant ainsi le contact périmétrique avec la paroi du cylindre.

L'usure accélérée des joints de cuvette est l'une des raisons qui détermina l'installation de pièces de guidage pour les tiges de pompes pour puits profonds. Frink et Fannon (1967) se basent sur des tests de grande envergure pour affirmer que "...l'usure des cuvettes est plus de deux fois plus rapide dans les pompes (puits profonds) à tige non guidée que dans les cuvettes de pompe à tige guidée" (p. 10).

Il est fréquent d'utiliser plusieurs cuvettes dans des puits d'une profondeur supérieure à 100 pieds (30 m), soit en ajoutant une nouvelle cuvette tous les 50 ou 100 pieds ( 15 ou 30 m). Le supplément de hauteur de chute augmente le débit de refoulement qui est contrecarré par le joint en forme de labyrinthe constitué par la succession de ces multiples cuvettes.

### **3.15 \*SOUPAPES (VOIR TEXTE POUR LES DIFFÉRENTES DÉNOMINATIONS)**

#### 3.15.1 Fonction et nomenclature

Les pompes à main à mouvement alternatif disposent généralement de

---

\* *Les pompes foulantes peuvent être munies de clapets de retenue, de robinet-vanne ou de soupapes à boulet sur le dégorgeoir ou sur tout autre tuyau de refoulement. Cette catégorie n'est pas incluse ici.*

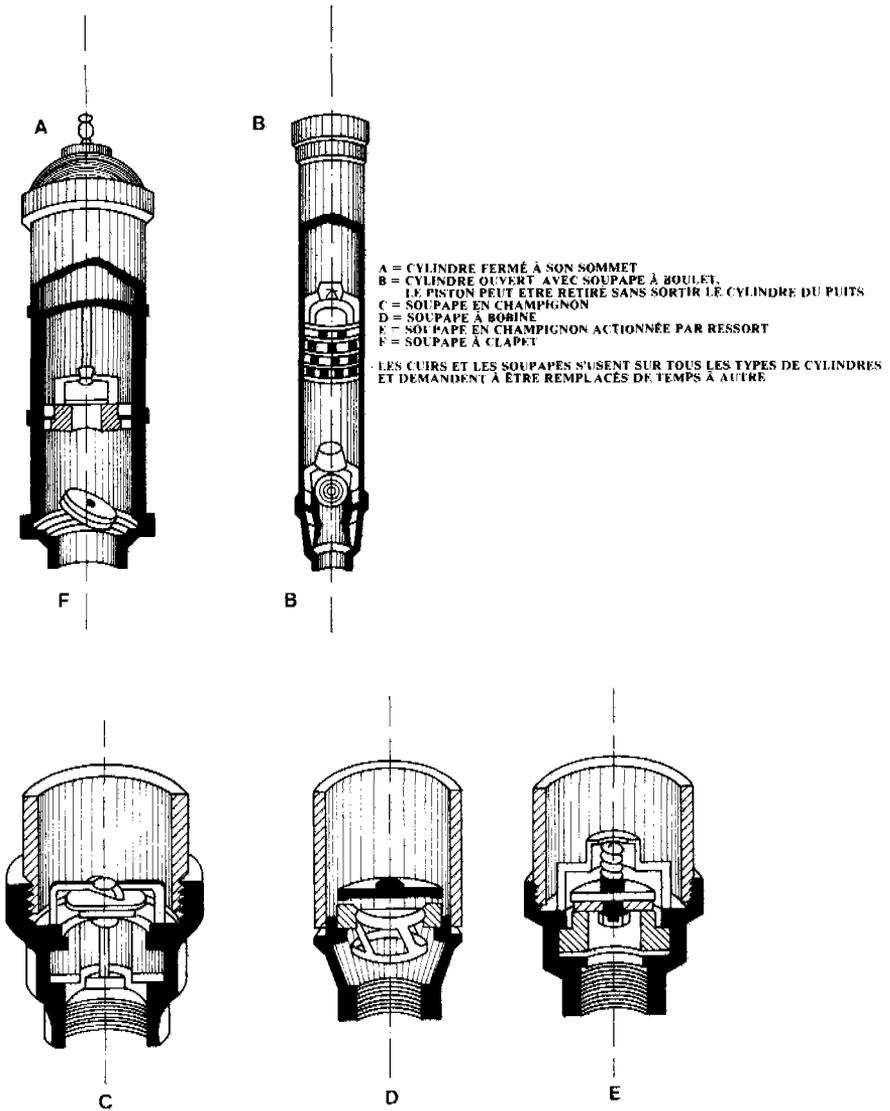
deux soupapes dans le cylindre : une soupape dans l'assemblage du piston et l'autre au fond du cylindre ou à son extrémité d'aspiration. La soupape de piston est également dénommée soupape de refoulement, soupape d'échappement ou encore piston à clapet. La soupape ou clapet d'aspiration porte aussi souvent le nom de clapet de pied, moins fréquemment celui de soupape d'admission. La soupape de piston et le clapet d'aspiration sont tous deux des clapets de retenue, c'est-à-dire des soupapes limitant l'écoulement à une seule direction, soit verticalement de bas en haut dans le cas des puits.

Le clapet de retenue du piston se ferme pendant le mouvement ascendant du piston pour refouler l'eau au-dessus de lui et s'ouvre pendant sa course descendante pour se réapprovisionner, remplaçant ainsi l'eau évacuée au cours du précédent cycle de pompage. Le clapet de retenue d'aspiration s'ouvre pendant le mouvement ascendant du piston et se ferme pendant son mouvement descendant. (Voir explication du principe de fonctionnement à la figure 2-2). Le clapet de retenue d'aspiration permet alors de maintenir la pompe en condition d'amorçage, éliminant ainsi le risque de réamorcer avec une eau contaminée et l'assèchement temporaire des joints de cuvette, des clapets et des sièges de soupape, ainsi que des garnitures de cylindres en cuir (la dessiccation et le détrempeage successifs du cuir en accélère son usure).

Les soupapes sont également désignées d'après leur mécanisme ou leur dispositif d'ouverture ou de fermeture. Les soupapes présentées ci-après peuvent être utilisées soit comme clapet de retenue du piston, soit comme clapet de retenue d'aspiration (plusieurs d'entre elles sont présentées aux figures 3-15 et 3-16) :

FIGURE 3-16

CYLINDRES DE POMPES ET SOUPAPES DE CYLINDRES DE POMPES (D'APRÈS HENDERSON ET ROBERTS)



1) soupape à clapet : soupape munie d'un disque horizontal souple et à charnière, généralement en cuir, qui s'ouvre et se ferme sur l'ouverture de la soupape. C'est le modèle de soupape le plus ancien et le moins coûteux qui est d'ailleurs encore largement utilisé comme clapet de retenue d'aspiration dans les pompes de puits peu profonds. Son principal inconvénient réside dans la nécessité de remplacer fréquemment les clapets de cuir. Le néoprène renforcé a un avenir prometteur à cet égard;

2) soupape à papillon : soupape à clapet articulée sur son diamètre en deux parties sur deux ouvertures de soupape ou plus ou articulée de façon concentrique en quatre parties sur quatre ouvertures de soupape ou plus. Elles présentent une ouverture et une fermeture plus rapides et permettent un débit plus important pour la même élévation;

3) soupape en champignon ("T") : un disque de métal guidé par une tige fixée à son centre monte et descend horizontalement, recouvrant ainsi l'ouverture de la soupape. Une coupe opérée au travers du disque et de la tige (généralement d'une seule pièce) constitue un "T". Cette soupape et sa version ailée décrite ci-dessous sont les deux soupapes métalliques les plus courantes;

4) soupape en champignon ("ailée") : soupape en champignon dont la coupe horizontale de la tige présente une forme en "x". Le diamètre maximal de ce "x" peut approcher le diamètre de l'ouverture de la soupape. Les quatre "ailettes" constituées par la tige peuvent parfois être recourbées pour favoriser la rotation du disque lors de la montée de l'eau. Cette rotation a pour but de régulariser l'usure et l'ajustage du disque et de son siège.

5) soupape en forme de lance : soupape en champignon ailée dont les dimensions verticales de la tige ailée sont exagérément grandes. Les ailettes se terminent par une pointe arrondie sous le disque. Le siège de la soupape est incliné pour épouser l'inclinaison des ailettes;

6) soupape à bobine : soupape à disque horizontal dans laquelle la pièce de guidage de la tige centrale est remplacée par une paroi verticale concentrique près du périmètre du disque. Cette soupape peut être appelée à tourner (voir figure 3-16);

7) soupape à boulet : l'ouverture de la soupape est obturée par un boulet de métal ou d'un autre matériau d'un poids spécifique approprié. Le boulet est généralement guidé par une cage nervurée. L'utilisation de ces soupapes est parfois recommandée pour les puits profonds.

### 3.15.2 Sièges de soupape

La surface périmétrique de l'ouverture de la soupape en contact avec le clapet, le disque en champignon ou le boulet est appelée siège de soupape. Le contact devrait être étanche, en particulier en ce qui concerne le clapet de retenue d'aspiration qui doit retenir l'eau pendant toute

la nuit si la pompe reste amorcée.

Différentes mesures peuvent être prises pour assurer une bonne étanchéité : un usinage soigneux du siège de la soupape et de la surface de contact des champignons ou des boulets en métal et/ou la fixation de joints souples sur l'une des deux parties en contact. L'utilisation des bords en biseau à la place de sièges de soupape plats ainsi que de poids de soupape peuvent faciliter l'ajustage. Les fermetures à ressort, telles qu'elles apparaissent dans les pompes mécaniques à grande vitesse représentent une alternative qui n'a pourtant pas été retenue pour les pompes à main.

### 3.15.3 Ouvertures de soupapes

Les ouvertures de soupapes devraient être suffisamment larges pour réduire à leur minimum les pertes de charge dues au frottement. De plus, elles devraient se fermer rapidement pour réduire l'écoulement à son minimum. Toutes choses restant égales, les soupapes de petites dimensions se ferment plus rapidement. La construction d'une soupape est pour cette raison un compromis d'équilibre entre les pertes de charge et les pertes d'eau. De plus, l'ouverture de la soupape est limitée par le diamètre du cylindre et par la place requise par les joints de cuvette, les couvercles, les rondelles de réglage, les étriers, les cages, les axes et la tige de pompe. La prédiction de l'efficacité des soupapes reste une chose incertaine.

Ces incertitudes ont conduit à l'établissement et l'utilisation de certaines règles empiriques. La surface en coupe horizontale de l'ouverture par le siège de soupape,  $D_v$ , devrait être égale à 40 ou 50 pourcent de la surface en coupe horizontale de l'ouverture du cylindre,  $D$ .

Soit :

$$\frac{\tilde{\Pi} D_v^2}{4} = (1/2) \left( \frac{\tilde{\Pi} D^2}{4} \right)$$

ou  $D_v = 0.7 D$  .....(3-19)

où  $D_v$  représente le diamètre de l'ouverture du siège de soupape

et  $D$  représente le diamètre du cylindre.

Le refoulement vertical au travers du siège de la soupape ouverte sera dévié en un refoulement horizontal par le disque en champignon, le boulet ou le clapet soulevé alors au-dessus du siège de soupape par l'écoulement de l'eau. Ce flux doit passer au travers d'un cylindre vertical imaginaire d'une longueur  $L$  égale à l'élévation totale du disque. La surface horizontale d'écoulement est égale à celle des parois du cylindre imaginaire. On peut dire par expérience que cette surface devrait être égale à la surface d'écoulement du siège de la soupape, soit :

$$L \tilde{\Pi} D_v = \frac{\tilde{\Pi} D_v^2}{4}$$

ou  $L = 1/4 D_v$  .....(3-20)

où  $D_v$  représente le diamètre de l'ouverture du siège de soupape

et  $L$  est la hauteur d'élévation du champignon

La soupape à clapet soulevée est fixée par une charnière à une de ses extrémités, c'est pourquoi son cylindre imaginaire est tronqué. Si  $L$  représente l'élévation maximale de l'extrémité libre, on peut écrire en suivant la même règle :

$$\frac{L}{2} \tilde{\Pi} D_v = \frac{\tilde{\Pi} D_v^2}{4}$$

ou  $L = 1/2 D_v$  .....(3-21)

où  $D_v$  représente le diamètre de l'ouverture du siège de soupape  
et  $L$  est la hauteur maximale de l'élévation du clapet.

Un bloc de choc peut être placé sur le gond du clapet afin de limiter son élévation à la valeur calculée, réduisant ainsi au minimum la courbure et l'usure superflues. (Voir comme exemple la "nouvelle pompe No 6").

#### 3.15.4 Crépine

Des crépines peuvent être placées au besoin au-dessous du clapet d'aspiration. Elles constituent une protection de la pompe face aux matières en suspension dans l'eau qui pourraient conduire à une usure ou un engorgement excessifs. La surface d'écoulement d'eau de la crépine devrait être au minimum égale à trois fois celle du tuyau de chute.

#### 3.15.5 Matériaux

Le bois fut utilisé pendant de nombreux siècles, mais aujourd'hui, la plupart des corps de pompe sont en fonte ou en laiton. Différentes matières plastiques ont un avenir prometteur, mais leur utilisation en est encore à son stade expérimental (1976). Les composés ferreux ne devraient pas être utilisés avec des eaux fortement acides ou alcalines.

Le cuir reste le matériau le plus largement utilisé pour la fabrication des clapets. Sa qualité devrait être égale à celle du cuir employé pour les joints de cuvette. Les clapets, les joints de cuvette et les garnitures de couvercle de cylindre constituent ce qu'on appelle communément les "cuirs de pompe". Les matériaux synthétiques offrent ici également des solutions d'avenir intéressantes. (Voir chapitre 6).

### 3.16 CYLINDRES

#### 3.16.1 Fonction

Le cylindre est un tuyau qui abrite l'assemblage du piston et le clapet de retenue d'aspiration. Le joint hydraulique formé par le contact mouvant entre la paroi du cylindre et le ou les joints de cuvette du piston crée un vide partiel permettant la montée d'aspiration (voir chapitre 2.2).

#### 3.16.2 Dimensionnement

La longueur du cylindre est fonction de la longueur du mouvement du piston qui est généralement de l'ordre de 5 à 10 pouces (125 à 250 mm) pour les pompes à main et de plusieurs fois cette longueur pour les pompes d'éoliennes. Une longueur supplémentaire est requise pour les couvercles et pour les assemblages de piston et de clapet d'aspiration, pour les tolérances nécessaires dans la mesure des longueurs du tuyau de chute et de la tige de pompe et pour prévenir les dommages causés par l'utilisateur. Les cylindres sensibles à l'usure sont parfois construits en double longueur, ce qui permet de refixer le piston et de continuer à pomper sans retirer et replacer le cylindre. Les longueurs standard de cylindres disponibles sur le marché s'échelonnent entre 10 et 42 pouces (0.25 et 1.10 m).

Le diamètre du cylindre diminue généralement avec l'augmentation de la hauteur de pompage (voir chapitre 3.4 et tableau 3-2). Les diamètres standard typiques s'échelonnent entre 3 et 4 pouces (70 et 100 mm) pour les puits peu profonds et 2 pouces (50 mm) ou moins pour les puits plus profonds. On trouve sur le marché des cylindres standard d'un diamètre de  $1 \frac{11}{16}$  pouces (40 mm) destinés à des puits de 2 pouces (50 mm) de

diamètre.

### 3.16.3 Emplacement et type du cylindre

L'emplacement du cylindre est déterminé par la hauteur d'aspiration et par le type de construction de la pompe ou du puits. Trois possibilités sont à envisager.

1) Emplacement dans le support de pompe : pour des puits peu profonds disposant de hauteurs d'aspiration ne dépassant pas celles présentées au tableau 3-1, le cylindre peut être une partie intégrante ou une garniture du support de pompe. (Voir la "nouvelle pompe No 6" présentée à la figure 5-6). Les pompes dont les cylindres sont placés dans les supports de pompe ont souvent des difficultés à retenir leur eau d'amorçage. Ainsi donc, un détrempeage et une dessiccation répétés des cuirs de la pompe accélèrent le processus d'usure et augmentent le besoin d'entretien. Cette disposition du support de pompe et du cylindre reste toutefois la plus avantageuse du point de vue du coût initial et de l'accessibilité des éléments en vue de l'entretien.

2) Emplacement sous le tuyau de chute : les cylindres pour puits profonds doivent être placés dans le puits lui-même, de préférence au-dessous du niveau de la nappe. Le cylindre est le plus souvent suspendu au tuyau de chute, comme le montre la figure 3-1. Le marché actuel propose deux types de cylindres destinés à être suspendus aux tuyaux de chute (voir figure 3-16) :

cylindre fermé : ce type de cylindre est muni d'un couvercle fileté pour recevoir un tuyau de chute normal. Pour remplacer ou réparer les soupapes ou les joints de cuvette du piston, la tige de pompe et le tuyau de chute doivent être retirés du puits;

cylindre ouvert : ce type de cylindre est muni d'un couvercle ou anneau fileté destiné à recevoir un tuyau de chute d'un diamètre suffisamment large pour permettre la remontée de la tige de pompe et de l'assemblage du piston. Le démontage du tuyau de chute n'est pas nécessaire. Ce cylindre et son tuyau de chute sont plus coûteux à l'achat que l'installation équivalente avec cylindre fermé. Son avantage principal est constitué par une grande facilité de retrait et de remplacement des cuirs de pompe.

3) Emplacement dans le cuvelage du puits : dans des puits cuvelés avec un tuyau lisse d'un diamètre approprié (voir 3.16.4), le cuvelage lui-même peut servir de cylindre de puits (voir exemple à la figure 6-4). Dans certains puits, un tuyau court de laiton ou d'acier recouvert de laiton peut être inséré dans le cuvelage du puits pour servir de cylindre. Dans ce type d'installation, le cuvelage du puits joue également le rôle de tuyau de chute. Cette technique, courante aux grandes heures des pompes en bois (voir par exemple Agricola), présente aujourd'hui un nou-

vel intérêt en raison du développement de matériaux synthétiques pour le couvelage des puits (en particulier des tubes de chlorure de polyvinyle).

Le tuyau de chute peut de la même façon être utilisé simultanément comme cylindre. En raison de leur diamètre important, les tuyaux de chute sont généralement indispensables pour les pompes à main installées au sommet des puits foncés.

#### 3.16.4 Rugosité des parois d'un cylindre

La rugosité de l'enduit de la paroi du cylindre joue un rôle primordial dans la durée d'existence des joints de cuvette des pistons.\* C'est la raison principale qui encourage à utiliser des cylindres de laiton ou recouverts de laiton à la place de cylindres de fonte, malgré leur prix plus élevé. \*\* Les cylindres en laiton de bonne qualité présentent une rugosité de 4 à 8 micropouces (0.1 à 0.2 micromètres), alors que celle des cylindres de fonte usinés de bonne qualité est de 50 à 200 micropouces (1.3 à 5.1  $\mu\text{m}$ ). L'alésage d'un cylindre rouillé peut présenter une rugosité de 1000 micropouces (25  $\mu\text{m}$ ) ou plus.

Les tuyaux en acier lisse ont un enduit intérieur d'une rugosité de 140 à 180 micropouces (3.5 à 4.5  $\mu\text{m}$ ), comparable à celle des cylindres de fer. Ceci s'explique peut-être par le fait que bien que la rugosité moyenne soit pour ainsi dire la même, le tuyau d'acier présente plus de déviations en crêtes et la fonte plus de déviations en vallées et les pics plus durs et plus tranchants du tuyau d'acier tendent à user et déchirer les cuvettes plus rapidement. Ainsi donc, les cuvettes atténuent les imperfections plus rapidement dans les cylindres de fer que dans les cylindres d'acier.

Les cylindres en PVC ont une rugosité d'environ 4 à 10 micropouces

---

\* Cette observation courante sur le terrain a été confirmée par d'importantes recherches entreprises par le "Battelle Columbus Laboratories" (voir Frink et Fannon; Fannon; Fannon et Varga)

\*\* Le laiton est plus résistant à la corrosion en milieux acides.

(0.1 à 0.3  $\mu$ m). L'expérience a montré que l'usure des cuvettes de cuir des cylindres en PVC est semblable à celle des cuvettes de cuir des cylindres en laiton. Etant relativement tendre, le PVC est plus sensible au grippage dû à la boue et aux impuretés solides contenues dans l'eau ou dû au piston lorsque les cuvettes sont abîmées ou complètement usées. Des cylindres de PVC ne devraient pas être utilisés avec des joints de cuvette en PVC. L'usure des parois de cylindres en PVC fait fréquemment (1976) l'objet de programmes intensifs d'essais. A quelques exceptions près, l'efficacité et le rendement se sont révélés satisfaisants et les cylindres de PVC sont désormais commercialisés par un fabricant au moins.\*

Des tuyaux d'acier recouverts de porcelaine, de résine époxydes et de polyuréthane représentent d'autres possibilités de revêtement de cylindre.

On peut dire en résumé que le laiton est le matériau industriel standard, que la fonte est utilisée lorsque le facteur du coût est déterminant et que le PVC, encore peu répandu dans ce secteur, a toutefois un avenir très prometteur.

### 3.17 COMPARAISON DE COÛTS ENTRE DIFFÉRENTES POMPES À MAIN .

Seuls les programmes de pompes à main de grande envergure peuvent se permettre de concevoir et de développer de nouvelles pompes à main. Les autres programmes doivent nécessairement faire leur choix parmi les pompes disponibles sur le marché. Dans le cas de commandes importantes, il est possible d'envisager certaines modifications de pompes existantes. La

---

\* Ces cylindres sont équipés d'un piston et de soupapes de retenue entièrement en laiton et de deux joints de cuvette en cuir; le catalogue de prix 1976 de ce fabricant propose pour ces cylindres fermés en PVC des prix de 13 à 19 % inférieurs à ceux des cylindres correspondants en laiton.

sélection d'une pompe à main s'effectue dans tous les cas sur la base du coût total relatif, des investissements d'achat et d'installation, ainsi que des coûts de fonctionnement et d'entretien.

Dans la mesure où les pompes n'ont pas toutes la même durée de fonctionnement, les investissements doivent être placés sur une base commune (convertis généralement en coût annuel uniforme) permettant d'additionner les coûts annuels de fonctionnement et d'entretien, afin d'obtenir des coûts totaux comparatifs sur une base annuelle.

L'exemple relaté ci-dessous sous une forme très simplifiée pourrait être étendu et appliqué à d'autres choix de pompes. On admet au départ un rabais de 10 %.

Données : deux pompes A et B présentant les caractéristiques requises en matière de refoulement, de hauteur de chute, de puissance, de force de bras de levier, d'acceptabilité de son utilisateur, d'hygiène, etc.

	Pompe A	Pompe B
Investissements, P	\$300	\$600
Durée de service, n	5 ans	10 ans
Coût de fonctionnement et d'entretien par an, M	\$120	\$100

Trouvez : quelle est la pompe la plus économique ?

Solution : investissement annuel d'un seul paiement de P dollars pendant n années à l'intérêt annuel composé i :

$$R = P \times \text{facteur de recouvrement du capital}$$

$$= P \times \frac{i (1 + i)^n}{1 (1 + i)^n - 1} \dots\dots\dots (3-22)$$

Pour la pompe A

$$P_a = \$300, i = 0.10, \text{ et } n = 5$$

$$\text{et } R_a = \$300 \times \text{FRC} = \$300 \times 0.26380$$

$$R_a = \$79$$

Pour la pompe B

$$P_b = \$600, i = 0.10, \text{ et } n = 10$$

$$\text{et } R_b = \$600 \times \text{FRC} = \$600 \times 0.16275$$

$$R_b = \$98$$

Coûts totaux par an C = coût annuel du capital R + coût annuel de fonctionnement et d'entretien M

Pour la pompe A

$$C_a = R_a + M_a$$

$$C_a = \$79 + \$120 = \$199, \text{ soit}$$

$$C_a = \$200$$

Pour la pompe B

$$C_b = R_b + M_b$$

$$C_b = \$98 + \$100 = \$198, \text{ soit}$$

$$C_b = \$200$$

Réponse : le coût annuel de ces deux pompes est identique.

On pourra objecter que la pompe B prêtera ses services pendant 10 ans, alors que la pompe A ne fonctionnera que pendant 5 ans. La différence des durées de service se reflète dans le choix du facteur de recouvrement du capital de 5 ans pour la pompe A, soit 0.26380 et de 10 ans pour la pompe B, soit 0.16275. L'estimation d'une durée de vie de 10 ans pour la pompe B impliquerait donc que son fonctionnement se prolonge au moins pendant toute cette période. Bien que les coûts annuels pour la pompe A soient calculés pour 5 ans seulement, le service doit être poursuivi au-delà de cette échéance. Il est à prévoir que les coûts annuels de la pompe au-delà de la première période de 5 ans seront sensiblement les mêmes.\*

Supposons qu'il existe une pompe C d'un coût d'achat et d'installation de 600\$ et garantissant une durée de service de 15 ans. Escompté à 10%,

\* Un nouvel investissement de 300\$ pour la pompe A après 5 ans aurait une valeur actuelle, escomptée à 10 %, de  $300\$ \times (\text{facteur de valeur actuelle}) = (300\$) (1 + i)^{-n} = (300\$) (0.6209) = 186\$$ . Ajouté au paiement actuel de 300\$ (année 0) et multiplié par le facteur de recouvrement du capital en 10 ans,  $P_a = (300\$ + 186\$) (0.16275) = 79\$$  comme précédemment.

son coût annuel s'éleverait à environ 79\$, soit un coût égal à celui de la pompe A, alors que le coût initial d'investissement était de 600\$/300\$, soit deux fois celui de la pompe A. La durée de fonctionnement des différents modèles de pompes à main est difficile à prévoir avec exactitude et varie en fonction des conditions de service et du degré d'entretien \*. Toutefois, comme le montre l'exemple cité, le prix unitaire de catalogue ne devrait pas être le seul critère de comparaison en matière de pompes à main.

On ne dispose que de peu de données précises sur les frais d'entretien des pompes à main, frais qui sont difficiles à prévoir a priori et dépendent en premier lieu des circonstances locales. Ils sont inmanquablement sous-estimés. Tout programme présentant une estimation de coût annuel d'entretien inférieure à 50\$ par pompe à main doit être considéré comme suspect. Certains programmes pour puits profonds peuvent requérir jusqu'à 150\$ ou plus par pompe.

D'autres considérations de coût comprennent les facteurs suivants :

1) Coût de mise en valeur du puits : le coût de la pompe à main devrait être en relation avec le coût, le rendement et la régularité de fonctionnement du puits.

2) Conditions de fonctionnement : la fatigue et l'usure d'une pompe à main sont directement proportionnelles au nombre d'utilisateurs et à la hauteur d'élévation de l'eau dans le puits. Un nombre considérable de personnes (voir figure 3-17) et une nappe située à une grande profondeur sont des facteurs d'usure importante qui justifient un prix d'achat plus élevé pour la pompe à main (choisir par exemple des cylindres en laiton plutôt qu'en fonte).

3) Sécurité de fonctionnement : là où les pompes à main représentent la seule possibilité d'approvisionnement en eau d'une population, un

---

\* On pourrait prétendre qu'un entretien parfait comprenant le remplacement à long terme de toutes les pièces pourrait prolonger éternellement la vie des pompes à main. Toutefois, le coût d'installation de ces nouvelles pièces se répercutera dans la rubrique F & E et c'est le coût du capital plus celui de la rubrique F & E qui deviendraient alors déterminants.

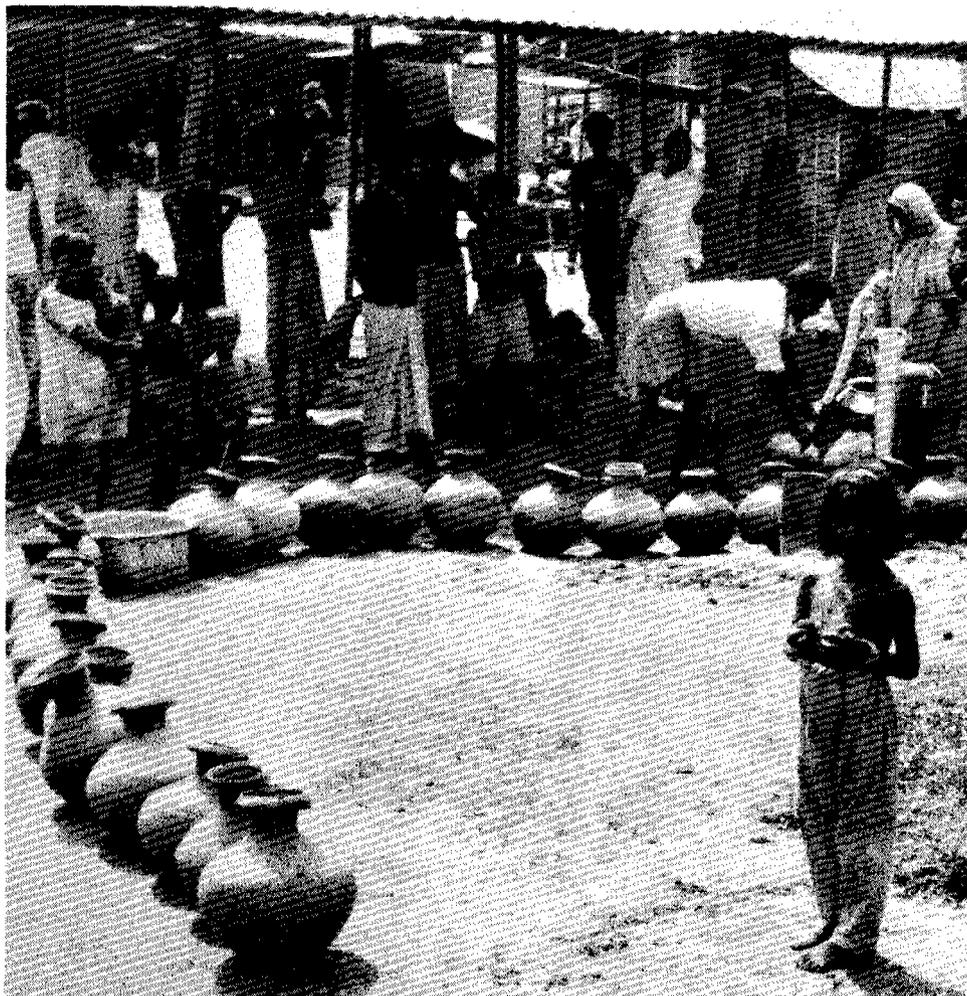


Photo mise à disposition par R.D. Fannon, Jr.

*Dans certaines parties du globe, plus de 1000 personnes doivent s'approvisionner en eau potable à une seule et même pompe. De nombreux modèles de pompes à main, conçus à l'origine pour être utilisés par une seule famille, se révèlent inadaptés aux conditions actuelles d'utilisation des pays en voie de développement.*

investissement supplémentaire à l'achat peut se justifier pour garantir un bon fonctionnement.

4) Comparaison pompes indigènes/pompes d'importation : le coût d'une monnaie forte peut influencer le choix d'une façon décisive.

5) Répartition des paiements : des objectifs d'ordre social peuvent orienter le choix vers des pompes à main coûteuses en matière d'entretien et économiques du point de vue de l'investissement initial, afin d'augmenter les possibilités de revenus de la population locale.

### **3.18 SPÉCIFICATIONS DE LA POMPE À MAIN**

Les paragraphes suivants constituent une liste de contrôle pour la préparation des spécifications générales de pompes à main. Les installations particulières requièreront des indications nécessairement plus précises, comme par exemple la profondeur exacte du montage du cylindre.

#### **3.18.1 Généralités**

Les spécifications devraient être orientées vers un nombre limité de modèles basés sur des qualifications préalables, acquises de préférence par des essais sur le terrain ou par des expériences réalisées dans des conditions locales, complétées par une révision partielle des plans. La prolifération de modèles de pompes différents dans un même programme peut causer de sérieux problèmes au niveau de l'entretien, des stocks de pièces de rechange, des achats de lubrifiants, de l'instruction, etc. Solution optimale en matière de standardisation, l'utilisation d'un seul modèle de pompe devrait toutefois être évitée dans la mesure où quelques pompes seulement sont susceptibles de s'adapter parfaitement à toutes les installations et où la situation de dépendance face à un seul fournisseur comporte certains risques en matière de concurrence et de service.

### 3.18.2 Exigences de rendement

Les exigences de rendement dans le cadre du programme devraient être déterminées et classées. Le tableau 3-8 nous fournit un exemple en la matière.

TABLEAU 3-8

#### CLASSIFICATION DES POMPES À MAIN EN FONCTION DU RENDEMENT REQUIS (EXEMPLES)

HAUTEUR D'ELEVATION D'EAU	POPULATION ALIMENTEE PAR LA POMPE					TOTAL
	50	100	300	500	1000	
Pieds (mètres)	V	W	X	Y	Z	
15 ( 5)	A 5	20	250	6	1	282
50 (15)	B 8	160	27	2	1	198
100 (30)	C 40	23	3	2	4	72
150 (45)	D 0	12	6	4	0	22
200 (60)	E 0	5	2	0	0	7
TOTAL	53	220	288	14	6	581

L'analyse du tableau 3-8 fait ressortir un besoin de quelque 282 pompes de puits peu profonds durables et de bonne qualité (rangée A) avec un entretien particulièrement soigneux pour 7 d'entre elles (rangée A, colonnes y et Z, soit blocs AY et AZ).

Une pompe pour puits profond d'un prix modéré peut vraisemblablement se révéler satisfaisante pour les blocs BV, BW, BX, CV et CW, soit quelque 258 pompes. Les blocs CV et CW nécessiteront des pompes d'un diamètre de cylindre plus petit.

Les 41 pompes restantes devront être des pompes pour puits profond à

fort rendement, équipées dans la mesure du possible d'un bras à roue rotative et de coussinets antifricition.

Ainsi donc, trois modèles de pompes à main peuvent répondre de façon efficace et économique aux exigences posées dans l'exemple du tableau 3-8.

Une fois l'inventaire établi, les exigences ergonomiques (force, puissance, etc.) et anthropométriques (hauteur, accessibilité, etc.) peuvent être satisfaites au moyen d'une gamme appropriée de diamètres de cylindre, d'avantages mécaniques, de dimensions du bras, de longueurs de courses de piston et de vitesse de pompage (voir chapitre 3). Cette information pourrait alors pour chaque pompe être spécifiée par une gamme de débits ( $Q$ ) pour une hauteur d'élévation d'eau donnée ( $H$ ), une vitesse de pompage ( $N$ ) et une longueur de course de piston ( $S$ ). L'écart maximal et le rendement mécanique minimal peuvent être spécifiés pour autant qu'un moyen de vérification soit à disposition.

### 3.18.3 Exigences en matière de dimensions

Les dimensions et le filetage des tiges de pompes, des tuyaux de chute, des cylindres et des couvercles ou calottes de cylindres devraient être standardisés et interchangeables même entre les différents modèles de pompes. (Ces pièces peuvent également être soumissionnées individuellement). Ces différentes dimensions doivent être adaptées à celles du puits utilisé.

Les dimensions minimales des coussinets peuvent être calculées pour chaque pompe. Il serait également judicieux de limiter le nombre d'axes de grandeurs différentes et d'utiliser des systèmes de filetage et de chevilles unifiés. Pour de petites commandes, l'assortiment standard du fabricant en matière de coussinets et d'axes devrait être considéré comme satisfaisant.

Les ajustements et les tolérances requises devraient être soigneusement définis. Des indications à ce sujet sont disponibles auprès de Baumeister; Camm et Collins; LeGrand; Obeng, et al.; et Rothbart); la fabrication locale peut toutefois nécessiter une solution de compromis.

#### 3.18.4 Exigences relatives aux matériaux

Le matériau de construction de chaque partie devrait être spécifié, de même que tous les matériaux de remplacement. Chaque traitement particulier, tel que la trempe ou la galvanisation, devrait être décrit en se référant aux normes et pratiques en usage sur le marché.

#### 3.18.5 Exigences particulières

D'autres indications devraient être spécifiées, telles que

- 1) type du cylindre (ouvert ou fermé), des manchons et des garnitures,
- 2) types de soupapes,
- 3) indication de goulot le cas échéant pour le filet et la soupape,
- 4) exigences relatives au presse-étoupe,
- 5) pièces de rechange nécessaires,
- 6) lubrifiants nécessaires.

#### 3.18.6 Spécification internationale

Aucune normalisation internationale des spécifications de pompes à main n'est actuellement disponible. Il n'existe encore de nos jours (1976) aucune norme ou protocole largement reconnu en matière d'estimation ou de comparaison de pompes à main; un tel protocole est aujourd'hui en cours d'élaboration. Les normes et les modèles désormais acceptés au niveau des pompes mécaniques peuvent toutefois fournir certaines directives (voir par exemple Institut hydraulique, 1975).

#### 4. ADMINISTRATION D'UN PROGRAMME DE POMPES A MAIN

L'administration d'un programme de pompe à main ressemble en beaucoup de points à celle d'un programme d'approvisionnement en eau en milieu rural :

- le développement institutionnel
- l'autorité légale
- les relations avec les consommateurs au niveau de la motivation et du soutien collectifs
- l'éducation en matière d'hygiène
- la gestion et l'instruction du personnel
- la planification financière et le contrôle fiscal comprenant les inscriptions au budget, la facturation, les encaissements et la comptabilité
- la gestion des fournitures comprenant l'achat, le contrôle des stocks, des véhicules à moteurs et de l'équipement
- le génie technique comprenant la planification, les plans de construction, la surveillance de la construction et du forage du puits, la cartographie, l'emplacement des sources, etc.
- le contrôle de la qualité de l'eau
- l'organisation et la gestion des services d'entretien
- l'enregistrement des observations
- la planification pour les cas d'urgence.

Ces sujets sont en grande partie traités en détail dans les Séries de Monographies No 42, 49 et 63 de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et les Séries Techniques publiées par le Département du Génie et de la Science de l'Environnement de l'Organisation Pan Américaine de la Santé. Certains aspects administratifs d'un intérêt particulier pour les programmes de pompes à main sont présentés brièvement ci-dessous. L'entretien sur place des pompes à main, facteur important pour le succès des programmes, sera examiné en détail.

## 4.1 ORGANISATION

### 4.1.1 Organisation locale

Un programme de pompage judicieux et efficace ne se résume pas à des considérations d'ordre technologique, mais implique tout à la fois la technologie, les institutions et des êtres humains appelés à projeter, fabriquer, financer, acheter, installer, manoeuvrer, entretenir, superviser et utiliser ces pompes. L'agence centrale devrait en principe être secondée par des organisations locales développées au niveau du village sous la forme d'un comité ou de tout autre groupement humain propre à la région concernée. L'importance d'un comité local réside dans le fait qu'il représente le village, qu'il met jour après jour les dirigeants et les personnes influentes du lieu en contact direct avec les problèmes de fonctionnement et de gestion du système et qu'il est à même d'éduquer et de motiver les utilisateurs de pompes à main. Les hygiénistes publics, les mass media, ainsi que les écoles devraient également être gagnés à cette cause.

L'usage, courant dans certaines régions, de fixer une taxe même minime pour l'eau pompée revêt une importance particulière si elle est pour les villageois le symbole de leur participation personnelle au système et qu'elle permet de plus de réunir certains fonds pour subvenir à différents travaux d'entretien et de réparations. Chaque village ne s'appuie toutefois pas sur une économie monétaire. Les statuts et les règlements officiels en la matière peuvent aider à fixer les conditions et les limites d'utilisation, ainsi que les responsabilités des utilisateurs.

### 4.1.2 Organisation centrale

La multitude des petits systèmes de pompes à main rend indispensable la création d'une organisation centrale chargée de la planification, de

la recherche de fonds, du génie technique, des achats, de la construction, de l'instruction, de la surveillance et du contrôle. Une telle organisation peut tirer profit des possibilités d'achats en gros, de mesures de standardisation et d'un personnel qualifié.

L'organisation centrale est également responsable de l'administration du programme et des questions politiques au niveau national; elle fixe les normes à respecter et contrôle l'exécution du programme; c'est à elle qu'incombe d'obtenir l'adhésion et la participation de la collectivité et de faire connaître les notions fondamentales d'hygiène aux membres des comités et à la population des villages, en mettant l'accent sur les avantages d'une eau pure et saine et d'un entretien correct du système. L'organisation centrale se doit d'aider les comités locaux à mettre sur pied les systèmes de prélèvements de taxes et de leur application.

Cette organisation devrait en outre disposer de magasins centraux et régionaux de pièces de rechange, d'outils et de gros matériel utilisés fréquemment dans certains travaux particuliers de réparations.

L'assistance technique pourrait inclure également une participation à l'étude de différents problèmes et l'instruction au niveau de la collectivité. L'assistance financière, au niveau local, pourrait comprendre la recherche de fonds, les stocks de pièces détachées, l'outillage, le transport et l'ouverture d'un fonds pour l'alimentation en eau collective. Ce fonds pourrait être augmenté par les revenus des taxes prélevées pour l'utilisation de la pompe à main.

## **4.2 PLANIFICATION ET GÉNIE TECHNIQUE**

L'évaluation et la planification constituent des activités constantes dans les programmes de pompes à main. Elles sont exercées de façon centralisée et comprennent des éléments tels que :

- 1) inventaire, identification et cartographie des zones et des populations alimentées et à alimenter, y compris étude de la situation sanitaire et économique;
- 2) établissement des critères de priorités : examen de l'opportunité et de la date de mise en exploitation des puits ouverts ou des sources, des pompes à main, des fontaines publiques et d'autres systèmes d'approvisionnement par tuyaux;
- 3) évaluation des ressources requises et disponibles : argent, main-d'oeuvre, capacités, équipement, matériaux, transport, communication, soutien de la collectivité, possibilités et qualité de la fabrication locale, organisation politique, etc.;
- 4) estimation des besoins et des désirs de la population;
- 5) inventaire, identification et évolution quantitative et qualitative des ressources d'eau à disposition (eaux souterraines et de surface);
- 6) coordination avec d'autres institutions, comme par exemple les autorités compétentes en matière de forage de puits, de logement, d'agriculture et d'hygiène;
- 7) estimation constante des besoins en personnel et en instruction;
- 8) établissement et contrôle constant des normes de projets et de spécifications, des manuels, des coûts unitaires et du rendement du système, y compris celui des pompes à main de provenance locale ou étrangère.

### 4.3 INSTALLATION

#### 4.3.1 Choix de l'emplacement

Différentes considérations doivent être faites à ce propos.

- 1) Quantité et qualité de l'eau disponible : l'évaluation de toute source doit s'effectuer sur la base d'un approvisionnement garanti pendant une année entière (y compris les périodes de sécheresse) et de conditions d'utilisation extrêmes pouvant troubler la régularité du fonctionnement, par exemple dans le cas d'un rabattement dû non seulement au pompage du puits en question, mais également à l'activité de puits avoisinants.

Le critère principal de qualité est la sécurité bactériologique de l'eau d'approvisionnement, soit plus précisément l'absence de toute contamination par excréments humains. Les installations de traitement de l'eau, ainsi que les procédés de chloration se révélant problématiques dans l'approvisionnement en milieu rural, on accordera alors la préférence aux sources protégées d'eaux souterraines généralement plus pures et moins coûteuses. En plus des puits, les sources peuvent comprendre des galeries d'infiltration, des citernes, des canaux et des réservoirs d'eaux traitées.

(Voir figure 4-1).

Bien que la qualité bactériologique soit primordiale, d'autres paramètres qualitatifs se révèlent importants comme par exemple les concentrations parfois trop élevées de chlorures, d'arsenic ou de fluorures dans les eaux souterraines. Le goût, l'odeur et la turbidité d'une eau peuvent influencer l'accueil que la population réservera à cette nouvelle eau d'approvisionnement (voir figure 4-2).

- 2) Protection sanitaire de la pompe et des eaux: l'emplacement doit être à l'abri de toute contamination existante ou potentielle par excréments humains ou animaux; il doit être situé au-dessus du niveau des marées et à distance respectable des canaux de décharge, des égoûts, des eaux résiduaires, des latrines et des fosses septiques. Le choix d'un emplacement devrait s'appuyer sur une étude de l'état sanitaire de la source et de son environnement. Des directives ont déjà été proposées à cet effet (McJunkin, OMS, 1976).
- 3) Adaptation aux besoins et désirs des utilisateurs: le succès d'une installation dépendra en dernier ressort de l'accueil réservé par les utilisateurs, c'est pourquoi le choix de l'emplacement devrait également prendre en considération des facteurs tels que le degré de préparation psychologique et pratique de la population, la proximité des lieux d'habitation, les différences ethniques ou sociales entre les utilisateurs et les risques de vols ou de vandalisme. Un trop grand nombre d'utilisateurs par pompe ou un trop long chemin à parcourir peut décourager une population, en particulier s'il existe à proximité d'autres sources, même d'eau non potable, comme par exemple des canaux d'irrigation (Figure 4-2). L'installation de deux pompes ou plus devrait être envisagée lorsque le nombre des utilisateurs est trop élevé, cette solution procurant également une pompe de remplacement en cas de panne.
- 4) Accès facile pour les utilisateurs et les équipes d'entretien: les pompes publiques devraient être situées sur des voies de passage publiques\* et accessibles pour les travaux de réparation et si possible pour les équipes et les véhicules de forage. La hauteur libre au-dessus du puits devrait permettre de tirer la pompe hors du puits.

#### 4.3.2 Protection de la santé

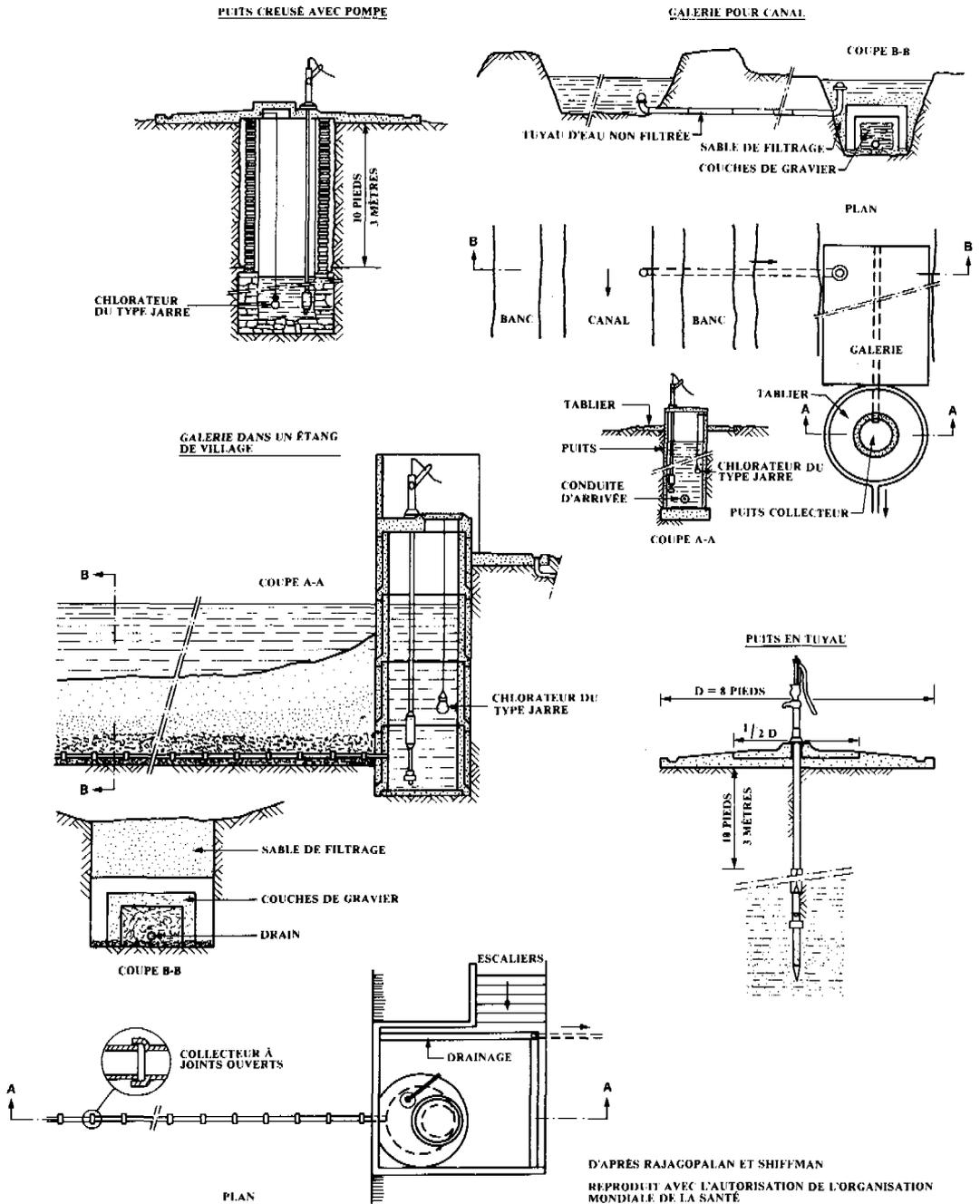
En plus du choix proprement dit de l'emplacement, les puits et les réservoirs doivent être scellés pour éviter toute contamination des eaux de surface. La figure 4-1 présente l'utilisation de tabliers et de dispositifs d'étanchéité. Les puits et les pompes devraient être désinfectés dans la mesure du possible avant leur mise en service ou à tout autre moment lorsqu'une contamination est suspectée.

---

\* A l'écart toutefois des véhicules. L'utilisation des pompes à main pour attacher le bétail n'est pas à conseiller.

FIGURE 4-1

INSTALLATION DE POMPES A MAIN DANS DES PUIITS ET GALERIES D'INFILTRATION



D'APRÈS RAJAGOPALAN ET SHIFFMAN  
REPRODUIT AVEC L'AUTORISATION DE L'ORGANISATION  
MONDIALE DE LA SANTÉ

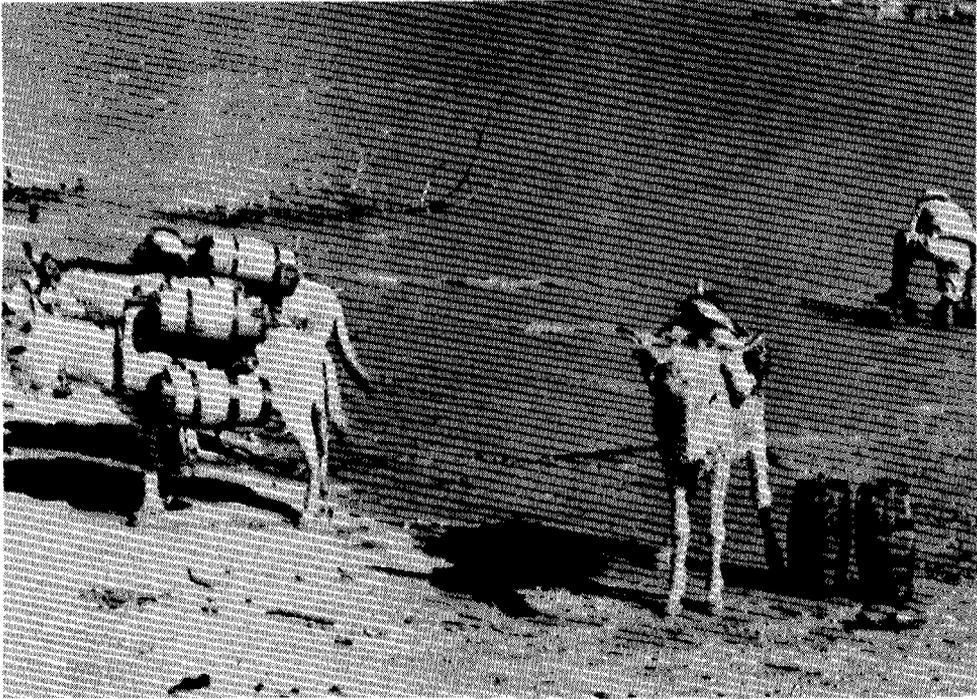


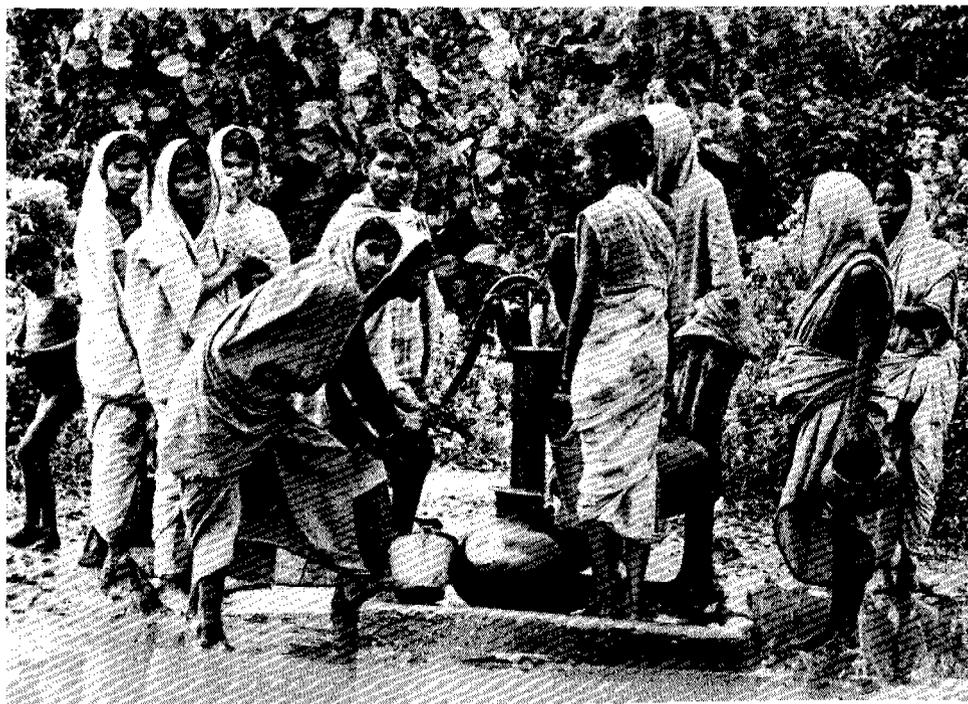
Photo mise à disposition par CROP

La désinfection en cours d'exploitation est également recommandée pendant les épidémies de maladies d'origine hydrique, telles que le choléra.

Il serait nécessaire de mettre sur pied un drainage des eaux usées ou des eaux d'écoulement comprenant des fosses ou tout autre moyen destinés à éviter la formation de mares et de flaques favorables au développement des moustiques et autres vecteurs de maladies. La figure 4-3 présente de mauvaises conditions de pompage.

L'entretien des soupapes d'aspiration est d'une importance capitale pour la protection sanitaire du puits. Lorsqu'elles fonctionnent correctement, ces soupapes suppriment la nécessité d'un nouvel amorçage qui représente souvent une source de contamination.

*FIGURE 4-3 POMPE A MAIN AVEC DRAINAGE INADEQUAT*



#### 4.3.3 Directives relatives à l'installation sanitaire

L'équipement de pompage destiné tant aux systèmes électrique que manuel devrait être conçu et installé de façon à empêcher la pénétration d'éléments de contamination dans le puits ou dans l'eau de pompage. Les facteurs suivants devraient être pris en considération:

- 1) les plans de la tête de pompe devraient permettre d'éviter toute pollution de l'eau par des lubrifiants ou autres matériaux d'entretien utilisés pendant le fonctionnement de l'installation. La pollution en provenance d'un contact manuel, de la poussière, de la pluie, d'oiseaux, de mouches, d'animaux rongeurs ou autres et de sources similaires devrait être stoppée avant d'atteindre le réservoir d'eau de la pompe ou la source d'approvisionnement. Le dégorgeoir devrait être entièrement couvert et ouvert vers le bas pour empêcher que des objets solides n'atteignent directement le puits;
- 2) la base de la pompe devrait être conçue de façon à permettre l'installation d'un joint sanitaire dans la couverture ou le cuvelage du puits;
- 3) dans la mesure du possible, le cylindre devrait être placé à proximité ou sous le niveau statique de l'eau dans le puits, afin d'éliminer la nécessité de l'amorçage. Cette disposition permet d'augmenter la durée de vie et l'efficacité des cuirs de pompes en leur évitant une dessiccation et un détrempe constants. Une fuite au clapet de pied (qui permettrait également d'éliminer la nécessité de l'amorçage) est toutefois moins probable. En outre, une faible hauteur d'aspiration au-dessous du cylindre diminue les risques de cognement qui abrégeraient également la vie d'une pompe;
- 4) dans les climats froids, une vidange de la pompe à l'intérieur du puits devrait être possible, afin de limiter les risques de gel;
- 5) les parois latérales du puits devraient être obturées de façon étanche sur 10 pieds (3 m), au-dessous du niveau du sol;
- 6) les couvercles de trous d'homme placés au sommet du puits devraient être surélevés et plus larges que le trou d'homme lui-même; ils devraient en outre permettre l'écoulement de l'eau loin du puits;
- 7) les abreuvoirs pour le bétail devraient être installés à une distance minimale du puits de 30 pieds (10 m);
- 8) l'emplacement du puits doit permettre d'effectuer aisément les différents travaux d'entretien et de réparations (y compris le retrait du tuyau de chute et autres accessoires).

La pompe devrait être placée sur une base en béton étanche et surélevée d'un diamètre de 8 pieds (2.5 m) ou plus et d'une épaisseur

de 4 pouces au minimum. Le sommet de la base de support devrait être incliné pour permettre le drainage de toutes les eaux pouvant y stagner.

Le presse-étoupe placé autour de la tige de pompe de la plupart des pompes foulantes constitue une protection efficace contre la contamination. Le dégorgeoir de pompe devrait être fermé et dirigé vers le bas. De par ses plans, la base de la pompe devrait: 1) procurer un élément de support pour la pompe reposant sur la couverture du puits ou le sommet du cuvelage et 2) obturer l'ouverture du puits ou le sommet du cuvelage, évitant ainsi toute entrée d'eau contaminée ou d'autres matériaux nocifs. Cette base devrait être d'une pièce, solide, entièrement vissée ou coulée avec la colonne ou le support de la pompe. Son diamètre et sa profondeur doivent être suffisants pour permettre à un cuvelage du puits de 6 pouces (152 mm) de dépasser d'au moins 1 pouce (25 mm) la surface d'appui de la base de pompe. Il est recommandé d'utiliser un manchon encastré dans la couverture du puits en béton ou une bride filetée ou fixée au sommet du cuvelage pour former un support pour la base de la pompe. Seuls des joints bien adaptés devraient être utilisés afin d'assurer une fermeture hermétique.

La fermeture de protection ainsi que les risques de pollution à l'amorçage rendent essentiel le fait d'éviter toute nécessité d'amorçage par un emplacement approprié des cylindres de pompe.

#### 4.3.4 Enregistrement des données et évaluation

Les données concernant les puits telles que diamètre et profondeur, dimension, longueur et emplacement des rainures de la crépine, qualité et rendement de l'eau, année de fonçage, etc. devraient être enregistrées pour chaque puits afin d'en faciliter l'évaluation, l'entretien.

Les modèles et fabrications identiques de pompes à main, les dia-

mètres et emplacements de cylindres, les dates d'installation et les nombres d'utilisateurs devraient également être enregistrés et accessibles en tout temps.

#### 4.4 ENTRETIEN

##### 4.4.1 Considérations fondamentales

La forte proportion de pompes à main défectueuses ou abandonnées\* n'est pas simplement le reflet d'une mauvaise qualité de fabrication, mais également de travaux d'entretien, de réparations non appropriés. On affirme très souvent dans les milieux autorisés que c'est l'entretien qui est le point critique de tous les programmes de pompes à main. Les différentes causes d'un mauvais entretien peuvent donner un aperçu des améliorations à envisager.

- 1) Mauvaise qualité au niveau des plans et de la fabrication de la pompe à main. Cette situation est dans une très large mesure le résultat d'une longue recherche d'offres avantageuses qui ne répondent en fait pas aux exigences requises. Les critères de sélection ignorent trop souvent encore les coûts de fonctionnement et d'entretien.
- 2) La technologie adoptée requiert des lubrifications fréquentes: paliers et coussinets de fer et d'acier, mauvais ajustements, absence de réservoirs à lubrifiant, exposition à la pluie, etc.
- 3) Sous-estimations ou mauvaises appréciations en matière de charges structurales ou charges de palier dans les pompes pour puits profonds.
- 4) De nombreux modèles de pompes à main en fonction requérant un grand nombre de pièces détachées différentes: très peu d'interchangeabilité dans les pièces de rechange, parfois même entre les mêmes modèles d'un même fabricant; remarque également valable pour les dispositifs de fixation, tels que les boulons et les écrous.
- 5) Manque de feedback entre le personnel d'entretien et les responsables de la technique et des achats: peu d'analyses des défauts les plus courants, mauvais enregistrement et classification inadéquate des données.

---

\* Il n'est en effet pas rare de rencontrer dans un programme de pompes à main 30% à 80% de pompes hors d'usage.

- 6) Manque de capacité en matière d'entretien, manque d'entraînement, outillage non approprié (par exemple, peu de personnes chargées de l'entretien des pompes au niveau d'un village disposent d'un crochet pour remonter la tige de pompe, le tuyau de chute et le cylindre), manque de moyens de transport et manque de contrôle.
- 7) Caractère invisible de l'entretien et absence d'urgence des travaux: les utilisateurs retournent à leur source précédente; les personnes chargées du contrôle de l'entretien ne sont pas sur place.
- 8) Manque d'intérêt: l'ajournement des travaux d'entretien et de réparations est souvent la première résolution prise en période de crise budgétaire; l'entretien ne conduit que rarement à une promotion ou à une satisfaction financière.
- 9) Manque d'appréciation en matière d'entretien préventif. L'entretien est encore trop souvent considéré comme un travail de réparation.

#### 4.4.2 Niveaux de responsabilité

La plupart des programmes d'entretien de pompes à main peuvent être considérés comme système à un ou deux niveaux. Le système à un niveau implique que tous les travaux d'entretien incombent à l'administration centrale. Dans l'organisation à deux niveaux, les activités d'entretien sont réparties entre l'organisation centrale et les villages ou collectivités locales.

##### Systemes d'entretien centralisé:

C'est généralement l'organisation centrale qui dans les deux systèmes installe la pompe. La préparation du puits peut être de son ressort ou de celui d'une autre agence centrale. Pour les puits foncés, le village peut procurer la main-d'oeuvre qui travaillera sous la surveillance de l'agence centrale. C'est généralement cette dernière qui dans les deux systèmes se charge des réparations importantes ou des remplacements de pompes. Elle dispose de stocks de pièces détachées et de lubrifiants et assure le transport et l'instruction. Lorsque l'entretien de routine est assuré par l'agence centrale, celle-ci utilise à cet effet un homme ou une équipe tournante d'entretien qui peut réviser de 20 à 200 pompes (les nombres pouvant varier selon les circonstances).

Systèmes mixtes ou systèmes à responsabilités partagées:

Dans ce système, c'est la collectivité locale ou un habitant employé à l'agence centrale qui est responsable des travaux de lubrification et de réparations simples, comme le remplacement des joints de cuvette ("cuirs") des puits peu profonds. Lorsqu'il incombe aux habitants du village de s'occuper des travaux réguliers d'entretien, le service central peut alors, à intervalles réguliers (par exemple tous les trois mois), procéder à une révision soignée de la pompe. C'est le système adopté dans certaines régions de l'Inde.

Certains programmes prévoient de donner une instruction relativement complète en matière d'entretien à quelques habitants du village et de leur confier toutes les responsabilités à cet égard. C'est la solution envisagée au Kenya et en Tanzanie. Chaque village est appelé à nommer avant le fonçage du puits une personne qui sera envoyée pendant deux semaines à l'office du district pour se familiariser avec la construction et l'entretien d'un puits peu profond et plus particulièrement avec les problèmes de pompes. Cette personne sera alors responsable du puits et disposera d'un petit stock d'éléments de cuir et de pièces de rechange. Si le dommage se révèle trop important, elle retournera à l'office des eaux du district, soit pour y prendre les pièces nécessaires à la réparation, soit pour inviter toute personne compétente à exécuter le travail (Pacey).

Systèmes basés sur l'indépendance du village :

Certains milieux prétendent que si une pompe peut être conçue et fabriquée par un artisan du village en utilisant un outillage simple et des matériaux locaux, ce fabricant pourrait alors toujours être à même d'entretenir et de réparer ses pompes; le village pourrait ainsi se suffire entièrement à lui-même.

Cette argumentation est appuyée par le fait que de nombreuses pompes d'irrigation "traditionnelles" sont construites et entretenues par des artisans de village. Ces pompes ne sont toutefois pas très souvent utilisées pour des approvisionnements collectifs. D'autres modèles de pompes, mieux adaptés à l'approvisionnement en eau potable, ont été proposés, construits et mis en service avec des résultats très divers. La plupart d'entre eux se sont révélés mal adaptés à une utilisation collective intensive, tant d'un point de vue fonctionnel que structurel, particulièrement dans le cas de pompes pour puits profonds : durée d'existence trop brève et coût trop élevé \* ou inacceptables pour les utilisateurs ou les marchés locaux.

Lorsqu'une pompe à main est soumise à des conditions d'isolement et de fonctionnement difficiles et qu'une mise hors service aurait un impact vital pour ses utilisateurs, il est alors possible d'utiliser des pompes à main très coûteuses, ne demandant pour ainsi dire aucun entretien. Ces pompes disposent de volants, d'arbres munis de coussinets anti-friction, de lubrification sous pression, etc, et fonctionnent de façon très satisfaisante pendant de longues périodes avec une seule révision par année. Leur coût très élevé limite toutefois fortement leur utilisation.

#### 4.4.3 Le développement, le bien-être et l'économie

La promotion de l'approvisionnement collectif est considérée par beaucoup comme le véhicule d'une éducation sociale et du développement

---

\* Lorsque ces pompes sont produites en petites quantités, il semblerait que tant la production que l'entretien requièrent une "masse critique" qui ne pourrait vraisemblablement être atteinte que grâce à une subvention initiale. L'artisan local ne dispose naturellement jamais des moyens nécessaires.

de la collectivité. La prise de responsabilité en matière d'entretien peut représenter une étape importante sur cette voie. Si toutefois l'entretien local se révèle inadéquat, c'est alors un pas en arrière qui est franchi sur ce chemin qui doit conduire une population entière vers un approvisionnement sain en eau potable, vers une amélioration de son bien-être. A ce problème s'ajoute encore la nécessité d'arriver à un rendement économique permettant un approvisionnement en eau avec des ressources très limitées. Pacey (1976) développa ce thème en détail dans une excellente étude relative aux programmes de pompes à main.

#### 4.4.4 Ruptures ou pannes les plus courantes

Le dessin ou le choix d'une pompe aussi bien que son entretien devraient être orientés vers une réduction des risques de pannes ou de tout autre dommage. L'expérience acquise dans de nombreux pays permet de déterminer les éléments de pompes délicats qui requièrent le plus d'attention. Ce sont d'abord tous les axes d'articulation sur lesquels le bras de levier pivote, les risques de rupture de ce bras, l'usure, la disparition ou la rupture de boulons, d'écrous ou d'autres pièces, ainsi qu'une lubrification insuffisante et une utilisation maladroite.

Une autre cause de panne qui se révèle d'ailleurs être le problème le plus courant dans de nombreux pays est l'usure des joints de cuir dans le cylindre. L'acuité du problème peut être diminuée par l'utilisation de revêtements de cylindres en laiton ou en matière plastique, ou par le choix de cuirs de haute qualité. Le remplacement du cuir par des matières synthétiques offre actuellement des résultats prometteurs. Les joints de cuvette en PVC peuvent même atténuer la rugosité de la paroi du cylindre.

Les problèmes de soupapes dans le cylindre représentent également une cause importante de panne. Les soupapes à boulet sont généralement simples et sûres, mais le martellement du boulet d'acier peut déformer l'assiette de métal. Les soupapes en champignons avec garnitures de coussins de caoutchouc se sont parfois révélées pour cette raison plus efficaces à long terme, mais elles deviennent sensibles à la corrosion avec le temps. Les soupapes à clapet sont probablement celles qui se réparent le plus facilement, mais qui requièrent également les soins les plus fréquents.

Un autre problème relativement courant est la rupture des tiges de pompes et des assemblages de tiges de pompe et les ennuis relatifs aux manchons de tiges, aux serre-garnitures et aux presse-étoupe.

Les problèmes courants de fonctionnement, ainsi que leurs causes et les réparations qu'ils requièrent sont résumés au tableau 4-1.

Les premiers et les derniers jours d'un programme de pompes à main enregistreront une proportion d'ennuis et de dommages nettement plus élevée que la moyenne; nombreuses sont en effet les pompes qui souffriront d'abord de "maladies d'enfance", entreront ensuite dans une période de fonctionnement pour ainsi dire parfait pour finalement "mourir de vieillesse". (Morrow).

#### 4.4.5 Revision périodique, lubrification, réparation

Bien qu'un projet ou un choix effectué avec soin permette d'éviter de nombreuses difficultés, un entretien régulier reste la clé d'un fonctionnement satisfaisant. Le tableau 4-2 et la figure 4-4 présentent les travaux d'entretien requis par des pompes à main de construction simple. Cette description se réfère plus spécifiquement au modèle Dempster 23F, à la pompe Craelius et à des pompes similaires fabriquées aux Indes (WASP, Kirti, et Kaveri) et en Grande-Bretagne (Godwin & Lee, Howl). Le tableau 4-2 a été établi sur la base de conseils de fabri-

cants et du programme d'entretien proposé et recommandé par SATA au Cameroun. Pour d'autres modèles, le tableau 4-2 devrait être amendé en fonction des instructions des fabricants et de l'expérience locale.

Pour des pompes de village utilisées de façon intensive, le tableau 4-2 recommande des travaux d'entretien de haut niveau. La fréquence des travaux d'entretien peut naturellement être adaptée pour des pompes moins sollicitées. Dans certains projets, il a été prévu de munir quelques personnes du village de cartes postales adressées et affranchies devant servir à appeler une équipe de réparations de secours en cas de besoins. Une possibilité d'action rapide se révélera toujours nécessaire pour les cas de panne. Certaines de ces cartes présentent un dessin de la pompe sur lequel l'expéditeur peut signaler la partie défectueuse. Cette information facilite le travail de l'équipe de réparation et fournit, avec l'accumulation des cartes, un répertoire général des pannes et des dommages, permettant ainsi d'envisager différentes améliorations au niveau des plans de construction ou des méthodes d'entretien.

#### 4.4.6 Recommandations du fabricant

Les recommandations du fabricant relatives au montage, à l'installation, à la lubrification et à l'entretien devraient être scrupuleusement respectées. La pompe devrait être contrôlée avec soin et, le cas échéant, réglée et ajustée avant l'installation.

#### 4.4.7 Instruction

Les programmes d'instruction sur l'entretien des pompes devraient mettre l'accent sur l'installation, le fonctionnement et l'entretien, ce dernier étant d'une importance vitale pour la pompe. Les notices des fabricants et des agences devraient être complétées par une instruction sur les lieux mêmes du pompage. La figure 4-5 reproduit une page d'un

manuel laotien sur l'entretien d'une pompe à main. Les figures 4-6a et 4-6b sont d'autres exemples du même type.

Les instructeurs ou moniteurs devraient être soigneusement informés du fonctionnement de la pompe, de ses causes de panne les plus courantes et des travaux de réparation. L'instruction ne devrait pas se limiter à des lectures, bien bien impliquer l'instructeur en tant que personne physique (par exemple par une participation aux travaux d'installation d'une pompe).

Des modèles de pompes à main d'usage local accompagnés de l'outillage nécessaire pour les démonter et les remonter devraient être disponibles au niveau de l'enseignement, de même qu'une série de pièces cassées ou usées pouvant servir à des fins pédagogiques.

TABLEAU 4-1

**DOMMAGES COURANTS DES POMPES À MAIN ET REMÈDES CORRESPONDANTS**

DOMMAGES	CAUSE PROBABLE	REMEDE
<p>1. Le bras de levier de la pompe fonctionne, sans toutefois faire remonter d'eau.</p>	<p>A. Pas d'eau à la source. Puits tari.</p>	<p>Réalimenter le puits, développer de nouvelles sources d'eau.</p>
	<p>ou</p>	
	<p>B. Le niveau de l'eau a baissé au-dessous de la distance d'aspiration de la pompe.</p>	<p>Peut être contrôlé au moyen d'une jauge à vide ou d'une corde à poids. Réduire la vitesse de pompage ou abaisser le cylindre de pompe.</p>
	<p>ou</p>	
	<p>C. La pompe s'est désamorcée.</p>	<p>Amorcer la pompe. La pompe se désamorce continuellement : le pompage peut périodiquement assécher le puits, la tuyauterie d'aspiration peut avoir une fuite, la soupape d'aspiration, le clapet de retenue de refoulement peuvent avoir une fuite. Réparer la tuyauterie ou la soupape. Contrôler 1A et 1B.</p>
	<p>ou</p>	
	<p>D. Les joints de cuvette du cylindre ("cuirs") sont usés.</p>	<p>Remplacer les joints de cuvette du cylindre ("cuirs").</p>
	<p>ou</p>	
	<p>E. Les soupapes ou sièges de soupapes peuvent être usés ou corrodés.</p>	<p>Remplacer les soupapes et réparer ou remplacer les sièges.</p>
	<p>ou</p>	
	<p>F. La tige du piston peut être cassée dans le cas d'une pompe à piston pour puits profond.</p>	<p>Ce dommage serait signalé par un fonctionnement plus libre et plus tranquille de la pompe. Faire tourner la pompe à la main et déterminer si une résistance s'exerce sur la course ascendante du piston. Les tiges cassées doivent être remplacées, ce qui signifie généralement qu'il faut sortir le tuyau de chute et le cylindre du puits.</p>
	<p>ou</p>	

## DOMMAGES

## CAUSE PROBABLE

## REMEDE

<p>1. Le bras de levier de la pompe fonctionne, sans toutefois faire remonter d'eau.</p>	<p>G. La soupape d'arrêt peut être fermée (pompe foulante).</p> <p>ou</p> <p>H. Trou dans le tuyau d'aspiration.</p> <p>ou</p> <p>I. Le tuyau d'aspiration peut être obturé par des développements de bactéries ou des sédiments.</p> <p>ou</p> <p>J. Le cylindre de pompe peut être fissuré.</p> <p>ou</p> <p>K. Fuite à la base du cylindre.</p> <p>ou</p> <p>L. Un ou plusieurs clapets de retenue restent ouverts en présence de déchets ou de dépôts calcaires.</p>	<p>Ouvrir la soupape.</p> <p>Remplacer le tuyau d'aspiration. Le cylindre peut être abaissé au-dessous du niveau de l'eau dans le puits.</p> <p>Peut être contrôlé par la jauge à vide. Retirer le tuyau d'aspiration pour le nettoyer ou le remplacer.</p> <p>Remplacer le cylindre.</p> <p>Remplacer la garniture du cylindre.</p> <p>Retirer les clapets et examiner les dommages. Pour les pompes à piston de puits profonds, ceci signifie sortir du puits le cylindre de pompe ou le piston et les clapets.</p>
<p>2. La pompe fonctionne, mais ne fait remonter qu'une faible quantité d'eau.</p>	<p>A. Cuir de piston fortement usés (pompes à piston)</p> <p>ou</p> <p>B. Le puits ne produit pas suffisamment d'eau.</p> <p>ou</p> <p>C. Cylindre fissuré.</p> <p>ou</p>	<p>Remplacer les cuirs</p> <p>Diminuer la demande ou rechercher de nouvelles sources.</p> <p>Remplacer le cylindre.</p>

## DOMMAGES

## CAUSE PROBABLE

## REMEDE

<p>2. La pompe fonctionne, mais ne fait remonter qu'une faible quantité d'eau.</p>	<p>D. La ou les soupapes de retenue ont des fuites.</p> <p style="text-align: center;">ou</p> <p>E. La crépine ou la soupape d'aspiration peut être obstruée.</p> <p style="text-align: center;">ou</p> <p>F. Les tuyaux d'aspiration sont trop petits.</p> <p style="text-align: center;">ou</p> <p>G. Les soupapes d'aspiration peuvent être endommagées.</p> <p style="text-align: center;">ou</p> <p>H. Tuyau de chute ou assemblage fissuré.</p>	<p>Réparer les soupapes en question.</p> <p>Retirer et nettoyer.</p> <p>Peut être contrôlé à l'aide d'une jauge à vide. Installer un tuyau plus large ou, pour une pompe de puits profond, abaisser le cylindre de pompe au-dessous du niveau de l'eau dans le puits.</p> <p>Réparer les soupapes en question.</p> <p>Remplacer le tuyau de chute ou l'assemblage.</p>
<p>3. La pompe requiert trop de courses de piston pour démarrer.</p>	<p>A. La pompe s'est désamorcée.</p> <p style="text-align: center;">ou</p> <p>B. Les joints de cuvette du cylindre peuvent être usés.</p>	<p>Amorcer la pompe. Elle se désamorce encore : le pompage peut périodiquement assécher le puits, la tuyauterie ou la soupape d'aspiration peut avoir une fuite. Réparer ou remplacer.</p> <p>Remplacer les joints de cuvette du cylindre ("cuirs").</p>
<p>4. Le bras de levier rebondit après la descente du piston</p>	<p>A. Le tuyau d'aspiration est obstrué au-dessous du cylindre de pompe</p> <p style="text-align: center;">ou</p>	<p>Sortir la pompe et nettoyer le tuyau. Si le puits est plein de fange jusqu'au tuyau d'aspiration, procéder au nettoyage du puits ou couper le tuyau.</p>

## DOMMAGES

## CAUSE PROBABLE

## REMEDE

<p>4. Le bras de levier rebondit après la course descendante du piston.</p>	<p>B. Le clapet de retenue du piston ne s'ouvre ou ne se ferme pas.</p> <p>ou</p> <p>C. Le tuyau d'aspiration est trop petit.</p> <p>ou</p> <p>D. L'eau est trop loin au-dessous de la pompe (tuyau d'aspiration trop long)</p>	<p>Réparer le clapet de retenue</p> <p>Remplacer par un tuyau d'aspiration plus grand.</p> <p>Placer le cylindre plus près de l'eau.</p>
<p>5. Fuites au presse-étoupe.</p>	<p>A. La garniture est usée ou désajustée.</p> <p>ou</p> <p>B. Tige de piston fortement rayée.</p>	<p>Remplacer ou resserrer la garniture. Laisser l'écrou de presse-étoupe suffisamment desserré pour permettre un faible écoulement d'eau servant de lubrifiant.</p> <p>Remplacer la tige du piston.</p>
<p>6. La pompe est bruyante.</p>	<p>A. Les coussinets ou quelque autre pièce mobile de la pompe sont désajustés.</p> <p>ou</p> <p>B. La pompe est mal ajustée sur ses montures.</p> <p>ou</p> <p>C. Dans le cas de pompes à piston pour puits profond disposant d'une tige de piston en acier, cette tige peut venir heurter la conduite de chute.</p>	<p>Resserrer ou remplacer les pièces en question.</p> <p>Resserrer les montures.</p> <p>Utiliser une tige de bois ou installer des pièces de guidage pour la tige ou redresser le tuyau de chute s'il est courbé.</p>

TABLEAU 4-2

**PROGRAMME D'ENTRETIEN POUR POMPE À MAIN SIMPLE**

- Chaque jour:
- 1) Blocage et déblocage de la pompe aux heures prévues par le village.
  - 2) Nettoyage de la tête du puits.
- Chaque semaine:
- 1) Nettoyage soigneux de la pompe, de la tête du puits et des environs.
  - 2) Huiler ou graisser tous les axes d'articulation, les coussinets et toutes les pièces de glissement après avoir contrôlé qu'il ne s'y développe aucune rouille.
  - 3) Enregistrer tous les commentaires des utilisateurs concernant les irrégularités de fonctionnement - corriger ces irrégularités dans la mesure des possibilités.
- Chaque mois:
- 1) Ajuster si nécessaire le presse-étoupe ou le serre-garniture, ceci ne s'appliquant pas à la pompe Craelius - cette opération s'effectue généralement par le serrage de l'écrou de presse-étoupe; celui-ci ne devrait pas être trop serré (un ajustement correct devrait en effet permettre un léger suintement).
  - 2) Contrôler que tous les écrous ou boulons soient correctement serrés et qu'il n'y ait aucun signe évident de raccord desserré sur les tiges de la pompe.
  - 3) Détecter tout signe d'usure des cuirs en relevant tout commentaire d'utilisateur relatif à des pertes éventuelles dans l'eau de pompage - remplacer les cuirs si la pompe ne remonte pas d'eau par fonctionnement lent (par exemple 10 courses de piston par minute).
  - 4) Procéder à tous les travaux d'entretien hebdomadaires.
- Par année:
- 1) Peindre les parties exposées afin de prévenir tout développement de rouille.
  - 2) Réparer toute fissure du béton dans la tête du puits et ses environs.
  - 3) Contrôler l'usure des coussinets du bras de levier et les remplacer au besoin - les manchons ou coussinets de la pompe Craelius peuvent être remplacés par des éléments de tuyau d'un diamètre approprié.

- 4) Contrôler la soupape de piston et le clapet de pied, les remplacer si des fuites y sont décelées.

Chaque année (suite): 5) Contrôler la tige de pompe et remplacer les éléments ou raccords défectueux.

- 6) Remplacer le serre-garniture du presse-étoupe (ceci ne s'appliquant pas à la pompe Craelius).

- 7) Procéder à tous les travaux d'entretien mensuels.

---

D'après Placey (1976)

FIGURE 4-4

ENTRETIEN NECESSAIRE POUR LES DIFFERENTS ELEMENTS DE POMPE (D'APRÈS PACEY, 1976)

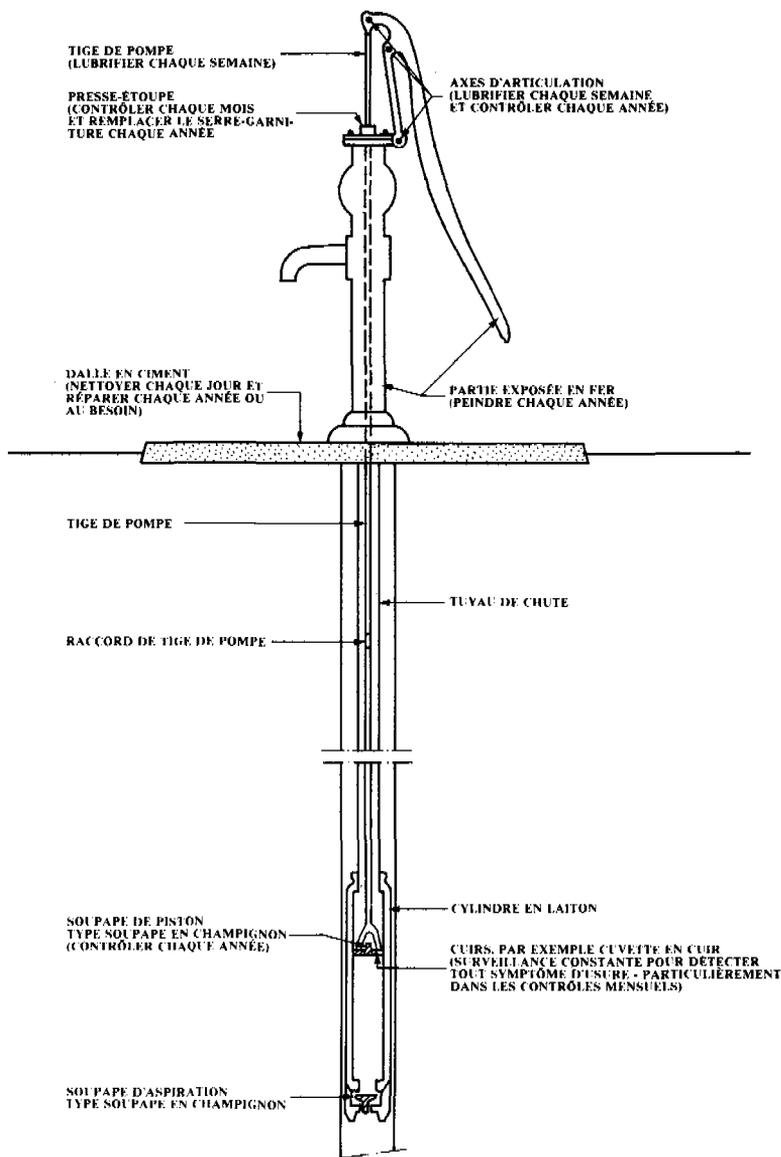


FIGURE 4-5 PAGE D'UN MANUEL LAOTIEN SUR L'ENTRETIEN PRATIQUE D'UNE POMPE A MAIN  
(TEXTE ORIGINAL EN LAOTIEN ET EN ANGLAIS)

COMMENT REMPLACER UNE GARNITURE USÉE

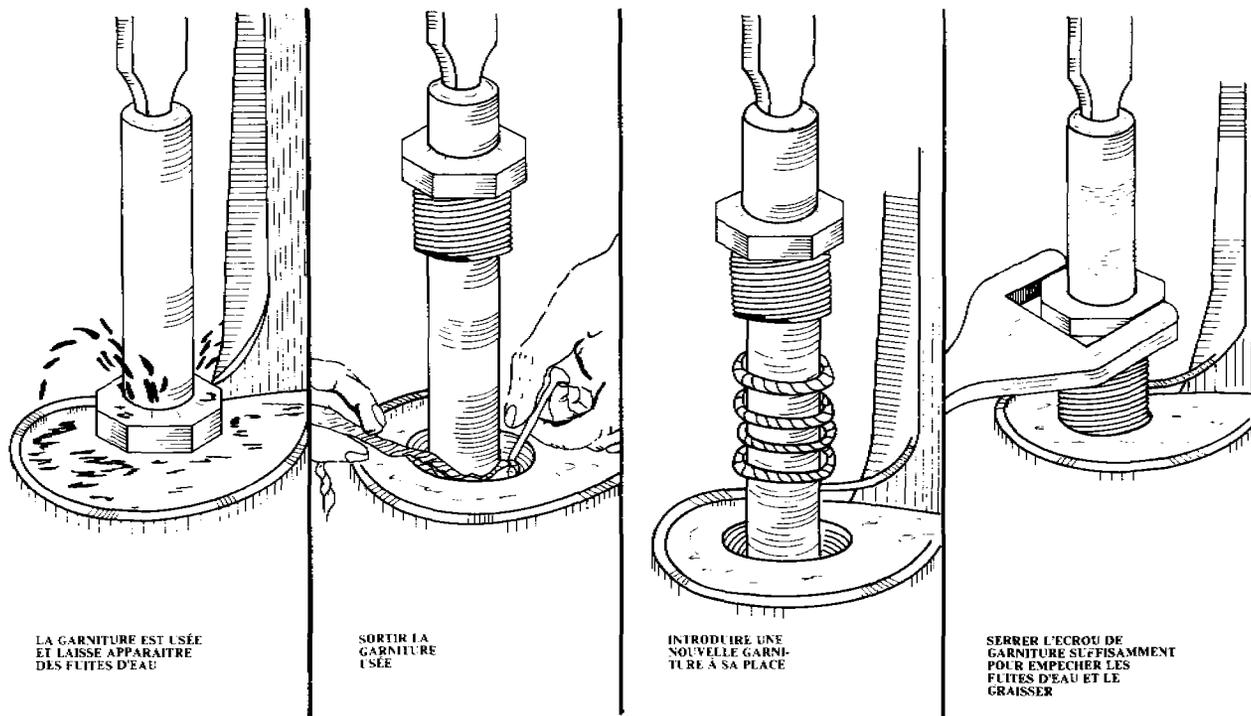
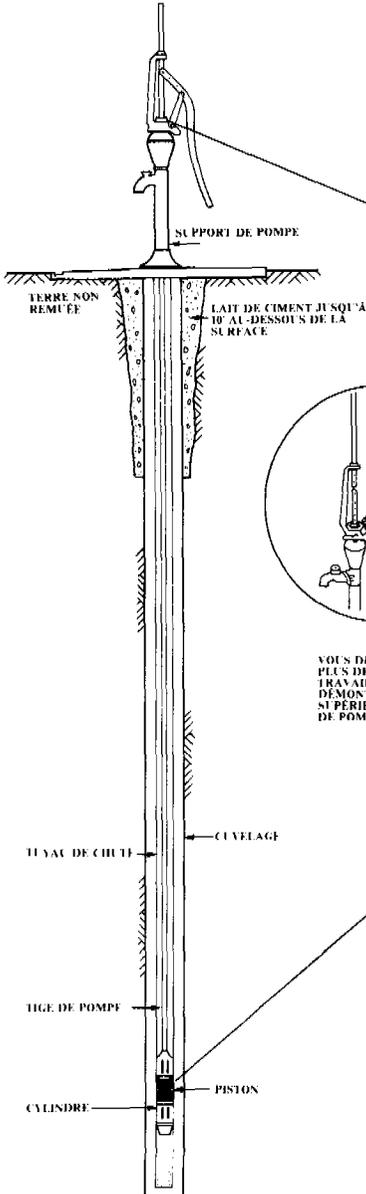


FIGURE 4-6A

- EXEMPLE EXPLICATIF \*

SOIN ET ENTRETIEN D'UNE POMPE A MAIN  
(CYLINDRE OUVERT - REFOULEMENT OU DEGORGEOIR)



CONSERVER LA PENTE DU SOL DE PART ET D'AUTRE DE LA DALLE DU Puits, APIN QUE L'EAU DE PLUI SECULE LOIN DU Puits. IL EST JUDICIEUX DE PREVOIR UN BRIS-VENT OU ABRI ATOUR DE LA POMPE, PARTICULIEREMENT DANS LES CLIMATS FROIDS.

S'ASSURER QUE RIEN NE PUISE VENIR ENDOMMAGER LA POMPE. S'ABSTENIR PAR EXEMPLE D'ATTACHER DES CHEVAUX A LA POMPE OU DE LAISSER DES ENFANTS JOUER A SA PROXIMITE.

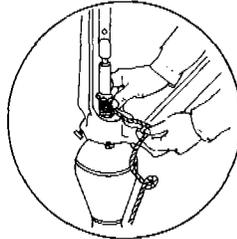
DEUX CHOSAS A FAIRE DE TEMPS A AUTRE POUR CONSERVER VOTRE POMPE EN BON ETAT DE MARCHÉ:

① FIXER LE PRESSE-ETOUPE

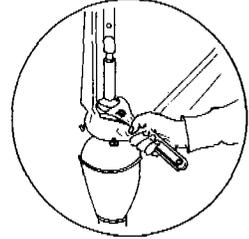
SI L'EAU FUIT DU SOMMET DE LA POMPE, IL SERAIT NECESSAIRE DE RESERRER L'ECROU AU SOMMET DU PRESSE-ETOUPE OU D'INSERER UNE NOUVELLE GARNITURE.



VOUS DISPOSEREZ DE PLUS DE PLACE POUR TRAVAILLER SI VOUS DEMONTEZ LA PARTIE SUPERIEURE DU BRAS DE POMPE.



DEVISSEZ L'ECROU DE PRESSE-ETOUPE, ENROULEZ LA GARNITURE ATOUR DE L'AXE ET RESERRER L'ECROU DE PRESSE-ETOUPE.



② REMPLACER LES JOINTS DE CUVETTE DE CUIR DANS LE CYLINDRE

SI LA POMPE N'ELEVE PAS L'EAU CORRECTEMENT DU Puits, IL SE POURRAIT ALOINS QUE VOUS DEVIEZ REMPLACER LES JOINTS DE CUVETTE EN CUIR DANS LE CYLINDRE. LA FIGURE SUIVANTE VOUS EN DONNE LA MARCHE A SUIVRE.

DONNEES CONCERNANT VOTRE POMPE ET VOTRE Puits

VOTRE POMPE EST UNE .....MODELE.....

VOTRE Puits A .....PIEDS DE PROFONDEUR.

POUR REMPLACER LES JOINTS DE CUIR DU CYLINDRE, VOUS DEVEZ REMONTER .....PIEDS DE TIGES DE POMPE ET .....PIEDS DE TUYAU DE CHUTE. LE CYLINDRE COMPTE .....CURS DE CUVETTE D'UNE LARGEUR DE .....POUCHES, ON COMPTE EGALEMENT .....SOUPAPES DE CUIR D'UN DIAMETRE DE .....POUCHES.

\* Adapté d'une brochure du Service de la Santé Publique des Etats-Unis.

FIGURE 4-6B

REPLACEMENT DES JOINTS DE CUVETTE DANS DES CYLINDRES REQUERANT LE RETRAIT DE LA TIGE DE POMPE

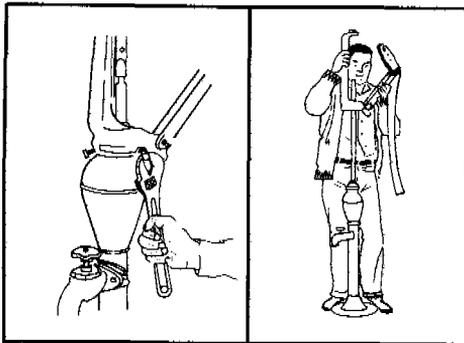
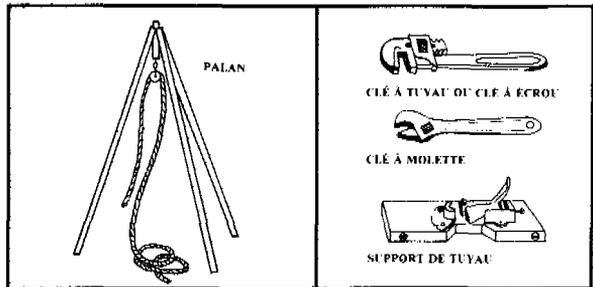
LE REMPLACEMENT DES JOINTS DE CUIR DE CUVETTE DANS LE PISTON NECESSITE LE RETRAIT DE LA TIGE DE PISTON DU PUIT. VOICI LES OUTILS NECESSAIRES A CETTE OPERATION.

CET OUTILLAGE PEUT ETRE TROUVE A

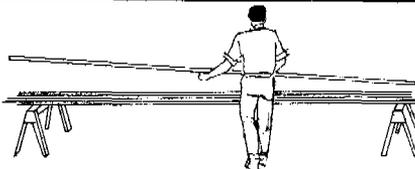
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

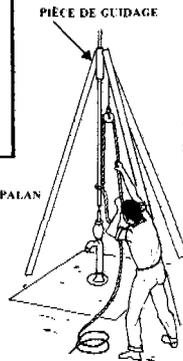
\_\_\_\_\_



LIBÉREZ LA PARTIE SUPÉRIÈRE DU SUPPORT DE POMPE EN DESSERRANT LES TROIS BOULONS SITUÉS SUR LE BOURRELET ET TIREZ LA PARTIE SUPÉRIÈRE DE LA POMPE VERS LE HAUT.

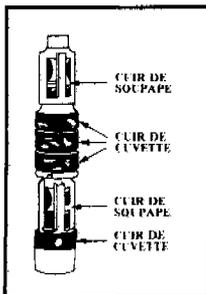


PLACEZ LES DIFFÉRENTES SECTIONS DE TUYAUX SUR DES CHEVALETS, AFIN QU'ELLES NE SE SALISSENT PAS.



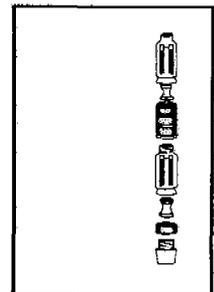
FAITES MONTER LA TIGE DE POMPE AU MOYEN DU PALAN. SOYEZ PRUDENT ET NE LAISSEZ PAS LA TIGE DE POMPE RETOMBER DANS LE PUIT.

LA DEMI-CLÉ À CAPELER CONSTITUE UN OUTIL PRÉCIEUX POUR CE GENRE D'OPÉRATION



VOICI L'ASPECT DE VOTRE PISTON DE POMPE LORSQU'IL SORTIRA DU CYLINDRE (VOTRE POMPE PEUT TOUJOURS COMPTER PLUS OU MOINS DE CUIRS).

OBSERVEZ BIEN LE PISTON AVANT DE LE DÉMONTÉ, CAR APRES AVOIR CHANGÉ LES CUIRS, VOUS DEVREZ REDONNER AU PISTON SA FORME INITIALE. CE DESSIN PRÉSENTE LES DIFFÉRENTS ÉLÉMENTS DU PISTON. NOTEZ QUE LE BORD OU L'ARÊTE DES CUIRS DE CUVETTE DOIT ÊTRE EN HAUT, SOIT DIRIGÉ VERS LE SOMMET DU PUIT.



## RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT EN MATIERE DE POMPES À MAIN

### 5.1 HISTORIQUE

L'origine des pompes à main se perd dans la nuit des temps\*. La production en masse des pompes à mouvements alternatifs construites en fer remonte au milieu du 19e siècle environ. Les travaux de l'époque étaient plus souvent le résultat d'une recherche empirique que de l'application de grands principes. Les nouvelles idées surgissaient dans les champs ou dans les ateliers, et non devant les planches à dessin. Les réalisations qui le méritaient ont survécu; des milliers d'autres ont péri. Les plans que l'on possède actuellement ont évolué au rythme des générations, subissant des centaines de modifications apportées par des utilisateurs ou de petits entrepreneurs et rarement mentionnées dans la littérature spécialisée.

C'est à la fin du 19e siècle que les grandes plaines d'Amérique du Nord connurent leur grand essor agricole. Le développement simultané des centres d'enseignement et des stations de recherches conduisit aux premiers essais et résultats scientifiques de qualité en matière de pompes à main. (Le travail de Hood en la matière, publié en 1898, en est un exemple parfait). A la même époque, de ce côté de l'Atlantique, un professeur allemand, Julius Weisbach,\*\* déterminait les équations fondamentales permettant de calculer le rendement des pompes à main à mouvements alternatifs.

---

\* *Vitruvius (1er siècle avant J.-C.) attribue l'invention de la pompe à mouvements alternatifs à Ctesibius (environ 275 avant J.-C.). D'autres types de pompes sont toutefois antérieurs à la pompe à mouvement alternatif.*

\*\* *Mieux connu par son équation de débit Darcy-Weisbach.*

Le développement de la mécanisation et de l'électrification vint affaiblir et même paralyser pendant plus de 50 années le marché des pompes (et les activités de recherches) dans les pays industrialisés. Ce sont en fait les programmes internationaux d'approvisionnement en eau en milieu rural qui donnèrent un nouvel essor à cette branche d'activités. Toutefois, les fonds consacrés à la recherche et au développement des pompes à main se sont révélés très faibles par rapport aux investissements globaux réalisés et requis dans le cadre du développement de l'approvisionnement en eau en milieu rural.

## **5.2 DÉVELOPPEMENT DE LA POMPE À MAIN AID/BATTELLE**

C'est en 1966 que l'Association Internationale de Développement des Etats-Unis (AID) passa un contrat avec les Laboratoires du Battelle Memorial Institute Columbus pour la construction d'une pompe à main destinée à l'approvisionnement en eau en milieu rural dans les pays en voie de développement. Les spécifications de base d'une telle pompe furent établies comme suit :

- 1) coûts de production peu élevés;
- 2) longue vie dans des conditions d'existence rigoureuses;
- 3) entretien facile au moyen d'un outillage simple et d'un travail non qualifié;
- 4) conversion facile pour installations de puits profonds ou peu profonds, nécessitant quelques modifications mineures seulement;
- 5) fabrication simple réalisable sur place avec un investissement minimal;
- 6) fonctionnement simple pouvant être assuré par des personnes petites, y compris femmes et enfants;
- 7) particularités de conception propres à décourager le vol et le vandalisme.

Le programme de développement de cette pompe à main perfectionnée pour usage domestique s'articulera en trois étapes bien distinctes:

- 1) étude des conditions existantes;
- 2) développement de la pompe et examen en laboratoire;
- 3) programme d'évaluations pratiques.

#### 5.2.1 Etude des conditions existantes

Son étude de la situation des pays en voie de développement permet à Battelle de déterminer les conditions et usages suivants:

- 1) manque de pompes et peu de possibilités d'en fabriquer;
- 2) certaines régions ont été équipées de modèles de pompes très différents, sans toutefois disposer d'un service d'entretien adéquat et des pièces de rechange nécessaires;
- 3) manque total d'esprit communautaire face aux systèmes collectifs d'approvisionnement en eau, pouvant aller même jusqu'au vandalisme;
- 4) répugnance des autorités gouvernementales à mettre en oeuvre tous les moyens dont elles disposent;
- 5) plans de construction de pompes inadéquats (valables aussi bien pour les plans établis dans le pays que pour ceux provenant de l'étranger):
  - a) cylindres trop rugueux
  - b) cuvettes de piston de mauvaises dimensions (généralement trop larges)
  - c) pivots et bras de levier soumis à de très fortes charges, situation aggravée par un mauvais alignement et une tolérance inadéquate
  - d) surfaces de coussinets trop petites
  - e) sièges de soupape mal coulés et mal usinés, et
  - f) boulons et écrous de mauvaises fabrication;
- 6) possibilités de stockage inadéquates (de nombreuses pièces sont détériorées au point d'être inutilisables);
- 7) pompes à main ne résistant pas à un usage rigoureux sans un entretien approprié.

FIGURE 5-1A POMPES BATTELLE - CONFIGURATION DE PUIXS PEU PROFOND

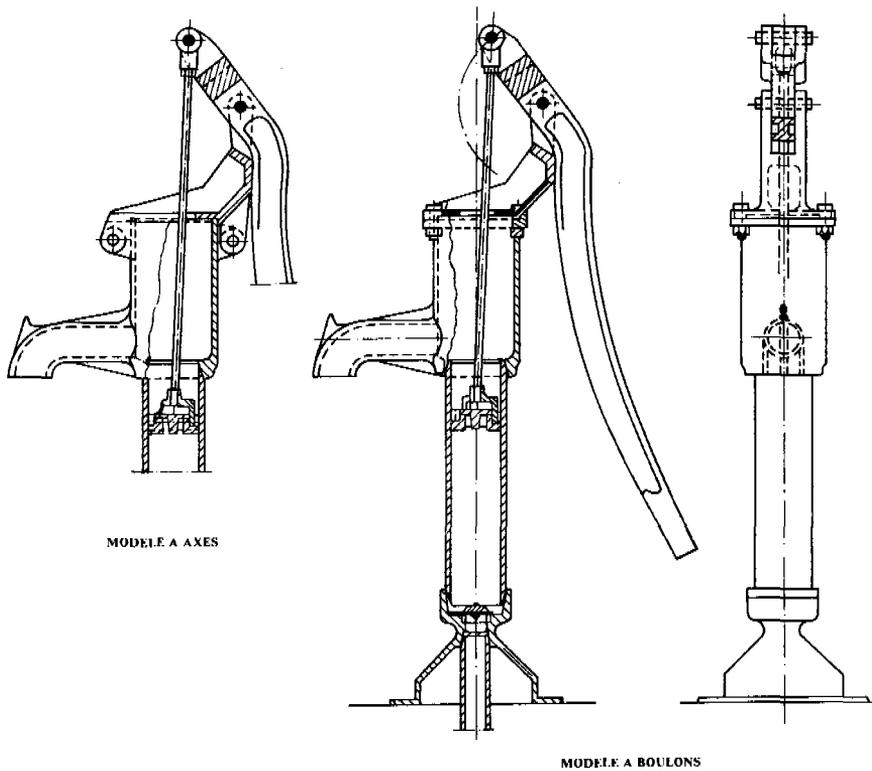
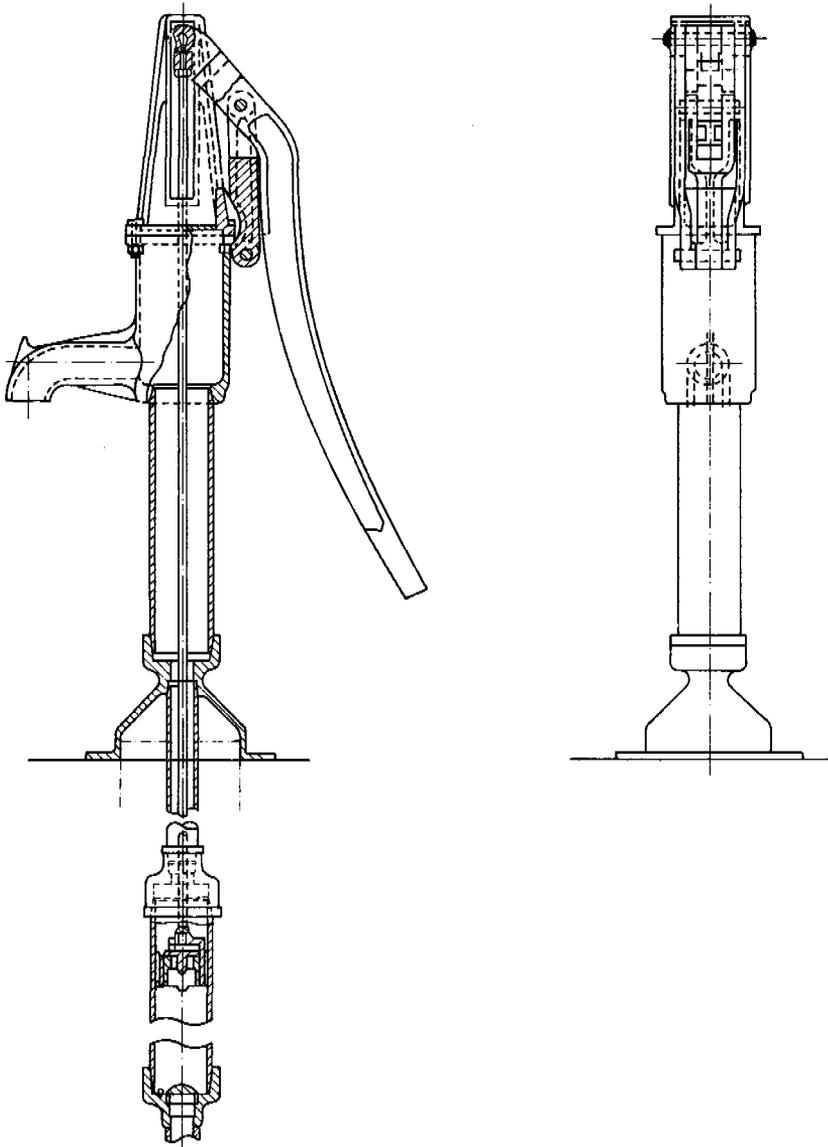


FIGURE 5-1B POMPE BATTELLE - CONFIGURATION DE PUIXS PROFOND



### 5.2.2 Développement de la pompe et évaluation

Des configurations topographiques de pompes pour puits profonds et peu profonds furent développées en tenant compte des améliorations de dessins pour de nombreux défauts relevés. Des prototypes de pompes furent fabriqués et soumis à des tests rigoureux en laboratoire. Les découvertes et conclusions les plus importantes de Battelle en la matière sont les suivantes:

- 1) Une surface de coussinet de  $5/8$  de pouce de diamètre x  $1\frac{1}{2}$  pouce de longueur doit être considérée comme un minimum; des conditions extrêmes exigeraient de plus grandes dimensions. Dans la mesure du possible, les coussinets de palier en fonte devraient être trempés ou durcis. Dans le cas d'une main-d'oeuvre qualifiée et de matériaux disponibles sur place, on pourrait aussi envisager les garnitures de coussinets.
- 2) Des assemblages à axes non rotatifs peuvent être acceptés si l'utilisation est relativement faible et que des boulons et des écrous corrects ne sont pas disponibles. Toutefois, les assemblages à boulons sont préférables en raison d'un usinage plus facile et d'une meilleure homogénéité pour une utilisation continue.
- 3) Un prolongement de tige de pompe avec un seul palier guide supérieur ne procure pas une résistance satisfaisante dans des conditions rigoureuses de pompage en puits profond. (Dans son projet de pompe pour puits profonds, Battelle projeta un bloc coulissant qui ne requiert aucun prolongement de tige de pompe).
- 4) En raison de l'augmentation des coûts de matériaux, des difficultés d'approvisionnement et de transport, les pompes à main devraient être aussi légères que possible tout en garantissant toutefois un bon fonctionnement et une résistance adéquate.
- 5) Aucun type particulier de soupape ne s'est révélé meilleur que l'autre; toute fabrication soignée doit pouvoir assurer un fonctionnement satisfaisant.
- 6) La composition chimique du fer et du coke utilisés pour le moulage doit correspondre aux normes d'acceptabilité pour faciliter les opérations et obtenir un produit correct. La teneur en phosphore est particulièrement critique.
- 7) La pompe doit être montée et installée sur la base des éléments prescrits, afin d'assurer un fonctionnement satisfaisant.

- 8) La faible rugosité de la paroi du cylindre dans lequel le piston s'active est le secret d'une longue vie pour les cuvettes, une rugosité\* moyenne de ligne médiane de 8 à 12 micropouces ou moins.
- 9) L'utilisation de cylindres de fer recouverts d'époxyde et de tuyaux ou de garnitures de cylindres en chlorure de polyvinyle (PVC) se révèle très prometteuse pour l'avenir.
- 10) L'usage de cuir de bonne qualité, non teint et imprégné de cire est recommandé pour la fabrication des cuvettes de piston.
- 11) Les autres options possibles en matière de "cuirs de pompe" sont le "Corfam" pour la fabrication des cuvettes de piston, les structures de nylon recouvertes de Néoprène pour la fabrication des soupapes à clapet et l'utilisation de tuyaux en matières plastiques pour la construction de puits tubulaires, de crépines de puits ou comme utilisation directe comme tuyau d'aspiration.
- 12) Les sièges de soupape doivent être résistants et bien finis pour permettre aux pompes de maintenir leur amorçage.
- 13) Toutes les surfaces de fer non protégées (non enduites), telles que les cylindres de fer, les sièges de soupape, les coussinets et les parties filetées, doivent être graissées ou huilées pendant leur stockage.
- 14) Les surfaces d'appui devraient être conçues avec les tolérances les plus faibles possibles, afin de prolonger leur durée de fonctionnement.
- 15) Aucun cylindre d'un diamètre de plus de 3 pouces (approximativement 75 mm) ne devrait être utilisé; cette remarque se base sur une observation de Battelle selon laquelle les cuvettes de cuir tendent à tomber en panne avant de s'user complètement dans des pompes pour puits peu profonds de  $3\frac{1}{2}$  pouces.

### 5.2.3 Evaluations sur le terrain

Bien que les prototypes de la pompe Battelle aient été soumis à des essais en laboratoire rigoureusement contrôlés, aucun test de grande envergure ne put être entrepris sur le terrain, en dépit des efforts déployés par Battelle et par l'AID pour organiser sur place des projets d'évaluation en coopération avec les programmes locaux d'approvisionnement en eau.

---

\* Plus la rugosité de ligne médiane est faible, plus la surface est lisse. Un micropouce est égal à la millionième partie d'un pouce ( $10^{-6}$ ) ou à 0.25 micron.

Quatre pompes Battelle pour puits profonds furent installées dans le cadre d'un programme de développement rural accéléré de Thaïlande.

Les conclusions de Battelle peuvent se résumer ainsi:

- 1) Les cylindres pour puits profonds en PVC se révèlent économiques et efficaces.
- 2) Les pompes peuvent être coulées dans de petites fonderies de milieu rural et usinées de façon acceptable.

En outre, Battelle admit également que son projet initial de prolongement de tige de pompe et de pièce de guidage pour la tige de calotte de pompe entraînerait une usure excessive. Battelle reprit son projet, remplaçant cet assemblage par un bloc de glissement n'ayant alors pas fait l'objet de tests approfondis.

Bien que 100 pompes Battelle furent coulées dans une fonderie du Nigeria, peu d'entre elles semblent encore en service, ceci provenant d'une part de leurs prix élevés et d'autre part de "certaines difficultés dans le pompage de l'eau". Ce problème au niveau du pompage était probablement dû à l'utilisation d'un tuyau de chute sous-dimensionné, de tige de pompe et d'assemblages de tiges de pompe surdimensionnés et de cylindres d'un diamètre de 3 pouces (76 millimètres) à des profondeurs de 180 pieds (55 mètres). L'UNICEF cherche actuellement à envoyer certaines de ces pompes à Ouagadougou pour les soumettre à l'examen du Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques (CIEH).

Différentes pompes Battelle pour puits peu profonds furent également testées dans le cadre du programme de développement de pompes entrepris au Bangladesh avec l'assistance de l'UNICEF. La pénurie locale de fer et de coke nécessita le développement d'une pompe plus légère. Le programme de pompes conçu pour le Bangladesh est actuellement en cours et, bien que le modèle couramment produit ressemble fort à l'ancienne pompe, certaines caractéristiques de la pompe Battelle ont tou-

tefois été incorporées dans ce projet du Bangladesh.\* Le nouveau projet de la pompe Battelle pour puits profond a été envoyé au Bangladesh pour évaluation; aucune information n'est toutefois encore disponible.

#### 5.2.4 Fabrication des pompes à main

Les analyses et évaluations de Battelle concernèrent également la qualité métallurgique, les techniques d'atelier pour le coulage et l'usinage, les méthodes de revision et les matériaux de remplacement. Battelle développa également des normes de qualité pour la fonte et le coke. (Voir rapport publié en 1972 à ce sujet).

#### 5.2.5 Documentation

Les études réalisées par Battelle sont fort bien documentées (voir Frink et Fannon - 1967, Fannon et Frink - 1970, Fannon et Varga - 1972 et Fannon - 1975). Le dernier rapport, disponible à l'Office de la Santé, Bureau d'Assistance Technique, AID, Washington D.C. 25203, U.S.A., résume les travaux précédents et présente les plans de construction complets de pompes pour puits profonds et peu profonds munies de raccords à axes ou à boulons. La figure 5-1 présente les différents assemblages.

#### 5.2.6 Portée du programme de recherche Battelle/AID en matière de pompes

Bien que les pompes Battelle n'aient pas fait l'objet de larges applications, ce programme de recherches acquit toutefois une grande valeur par le rapport précis qu'il permit d'établir entre la rugosité de la paroi du cylindre et l'usure des joints de cuvette du

---

\* Se référer aux pages suivantes pour la discussion sur la "Nouvelle pompe à main No 6" UNICEF/BANGLADESH.

piston, par la définition des différentes qualités requises pour les pompes en fonte, par ses découvertes en matière de dessin de coussi-nets et de développement de soupapes, par ses travaux sur les maté-riaux de remplacement pour le cylindre et les enduits pour parois de cylindre et sur d'autres matériaux de remplacement pour les joints de cuvette de cuir et les clapets de soupape. Ces travaux influencèrent tous les grands programmes de pompes à main qui suivirent.

L'AID conclut récemment (1976) un contrat avec le Georgia Institute of Technology pour poursuivre sur le terrain les tests relatifs à la pompe AID/Battelle.

### **5.3 ETUDE DES POMPES À MAIN EXISTANTES POUR LES PUITES INSTANTANÉS PEU PROFONDS PRÈS DE CALCUTTA**

A la base, ce programme était une étude des besoins d'entretien pour les pompes aspirantes de fabrication locale utilisées dans les zones rurales des alentours de Calcutta. Cette étude fut entreprise par l'Institut Indien d'Hygiène et de Santé Publique avec le soutien de l'OMS et de l'UNICEF (voir Majumder et Sen Gupta). Les pompes en ques-tion étaient de type conventionnel à mouvements alternatifs munies de bras de levier, de soupapes de refoulement en champignon, de soupapes d'aspiration à clapet et de cylindres de 3 ½ pouces (approximativement 90 mm) intégrés dans le corps de pompe. Chaque pompe, d'une élévation de 10 à 15 pieds (3 à 5 m) était utilisée par 125 personnes environ.

#### **5.3.1 Constatations**

Deux groupes de pompes - 14 pompes dans l'un et 15 dans l'autre - furent installés et mis en observation respectivement pendant 2 ans et pendant 9 mois. Le premier groupe, dont les pompes ne subirent

aucune modification préalable, nécessita un "service d'entretien" d'environ 1.5 fois par an et par pompe. Les remplacements les plus fréquents requis par le premier groupe de 14 pompes concernèrent les soupapes et les cuvettes de cuir. De nombreux remplacements furent également dus à un mauvais filetage des tiges de piston, des vis, des boulons et des écrous. On releva une grande diversité dans la fréquence des besoins de réparations entre les diverses pompes, y compris entre celles d'un même fabricant.

Avant leur installation, les 15 pompes du second groupe subirent quelques améliorations au niveau de l'usinage et du filetage, des trous furent percés, les tolérances furent développées, ces pompes furent aussi munies de soupapes et de cuvettes en polyéthylène et d'écrous et de rondelles de la "meilleure qualité disponible sur le marché". Au cours des 9 mois de tests, ces 15 pompes ne requièrent que deux interventions au total.

L'examen attentif des opérations d'entretien requises pendant une année pour 412 pompes de fabrication et de finitions standard permet de dénombrer les remplacements des pièces suivantes: corps de pompe: 10; cuvettes de cuir: 390; soupapes de cuir: 348; tiges de piston: 82; bras: 50; boulons et écrous: 1101. On enregistra un total de 2296 remplacements de pièces et de 724 jours de service.

### 5.3.2 Recommandations

Voici les principales recommandations d'usage:

- 1) La teneur en phosphore de la fonte devrait être inférieure à 0.20% afin d'éviter la fabrication de corps de pompe durs et cassants, sujets aux fissures et difficiles à usiner, ce qui conduit à des parois de cylindre rugueuses et des tolérances faibles.
- 2) Les tiges de pompe devraient être faites de barres d'acier doux de forme circulaire, les tiges d'acier plates présentent de mauvais filetages. Le filetage ne résiste en effet pas longtemps lorsqu'on

chauffe la barre pour l'arrondir. Contrairement aux éléments ronds, les éléments plats ne peuvent recevoir un filetage que sur 40% de leur surface.

- 3) Les boulons et les écrous maintenant les poids des soupapes de cuir devraient être galvanisés.
- 4) Des axes en acier poli avec deux rondelles et deux goupilles à chaque extrémité devraient remplacer les boulons et les écrous dans l'assemblage du bras. Une lubrification occasionnelle prolongera la vie des axes et des trous.
- 5) Les tolérances devraient être réduites au minimum à chaque raccord par axe, non seulement pour prévenir une usure excessive à ces points, mais également pour réduire l'usure et le dommage pouvant résulter de pièces branlantes mal centrées.
- 6) Le cuir disponible à Calcutta est le meilleur matériau de soupapes pour les alésages de cylindres. La perte d'élasticité due au détrempeage et à la dessiccation cyclique du cuir est le dommage le plus fréquent rencontré dans les soupapes à clapet; le dommage survient au point de contact avec le poids. La durée moyenne d'un joint de cuvette en cuir est de 200 jours environ.
- 7) Le stockage approprié des pompes et des éléments de pompe se révèle être un problème important. Il est nécessaire de prévoir une peinture adéquate, une protection des pièces usinées contre la rouille et une protection du cuir contre les fissures.
- 8) Une standardisation se révèle nécessaire.
- 9) L'entretien est la clé d'un bon fonctionnement.

#### **5.4 ETUDE ET DÉVELOPPEMENT DE POMPES À MAIN POUR PUIITS PROFONDS — RÉF. OMS/UNICEF/INDES 0268 (POMPE BANGALORE)**

Les objectifs de ce projet furent de développer aux Indes une pompe à main pour puits profonds répondant aux exigences d'une utilisation collective et d'en réduire le coût. On procéda pour ce faire à une étude de pompes à main alternatives pour puits profonds de fabrication locale. Le Gouvernement de Karnataka, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et le Fonds des Nations Unies pour l'Enfance (UNICEF) prirent part à ce projet qui débuta en mars 1973 pour se terminer en décembre 1974. (Voir OMS/SEARO, 1976).

TABLEAU 5-1

**OBSERVATIONS PRATIQUES SUR LES UTILISATEURS DE POMPES  
À MAIN POUR PUIITS PROFONDS, DANS L'ETAT DE KARNATAKA,  
AUX INDES**

Description ou paramètre	Caractéristique ou statistique	Mesure ou calculation	Unités
Classification des utilisateurs	Femmes	57.4	Pour-cent
	Enfants (âge indéterminé)	34.8	Pour-cent
	Hommes	7.8	Pour-cent
Utilisateurs par pompe et par jour	Moyenne	non calculé	Utilis/pompe
	Médiane	665	Utilis/pompe
	Mode	665	Utilis/pompe
	Limite	240-1340	Utilis/pompe
Grandeur des utilisateurs	Moyenne	151.2	Centimètres
	Médiane	152.6	Centimètres
	Mode	152.7	Centimètres
	Limite	92.6-187.5	Centimètres
Fréquence des coups de piston pompe de 2½ in pompe de 3 in pompe de 4 in	Moyenne	64	Coups/minute
	Moyenne	58	Coups/minute
	Moyenne	48	Coups/minute
Longueur des coups de piston pompe de 2½ in pompe de 3 in pompe de 4 in	Mode	11.8	Centimètres
	Mode	11.8	Centimètres
	Mode	8.2	Centimètres
Refolement de la pompe pompe de 2½ in pompe de 3 in pompe de 4 in	Moyenne	26.9	Litres/minute
	Moyenne	30.0	Litres/minute
	Moyenne	34.8	Litres/minute

1 centimètre : 0.4 pouce (environ)

1 litre/minute : 0.26 gallons par minute

Les éléments principaux de ce projet sont les suivants:

- 1) étude sur le terrain des caractéristiques des utilisateurs dans le but de définir les critères de base au niveau des plans de construction;
- 2) examen en atelier des pompes disponibles de provenance locale ou extérieure, afin d'en déterminer les points forts et les points faibles au niveau du dessin et de la fabrication;
- 3) recherche de matériaux de substitution répondant aux exigences de construction de la pompe;
- 4) dessin, fabrication et essai d'un prototype de cylindre;
- 5) dessin, fabrication et essai d'un prototype de tête de pompe.

#### 5.4.1 Etudes relatives aux utilisateurs

Ce programme est unique en son genre par le fait qu'il inclut des mesures anthropométriques et ergométriques de la dimension du mouvement et du travail d'une population de 20 personnes par pompe, utilisant un total de 100 pompes à main. Ce travail, résumé brièvement au tableau 5-1, souligne le caractère hétérogène de cette population d'utilisateurs.

Les photographies de la figure 5-2 montrent l'importance primordiale de la position des bras de pompe. (Photos mises à disposition par V.-J. Emmanuel).

#### 5.4.2 Critères pratiques de construction

On déterminera sur la base des études faites dans le terrain que la hauteur de la pompe devrait être de 1.00 m (3.28 pieds), sans compter la hauteur de la fondation qui ne devrait pas dépasser le niveau de la plate-forme de plus de 100 millimètres (4 pouces). On opta pour un diamètre de cylindre de  $2\frac{1}{2}$  pouces (68 mm) et pour une longueur de coups de piston de 144 mm (4.5 pouces), la fréquence des coups de piston utilisée dans les calculs étant de 50 par minutes (il s'agit vraisemblablement de doubles coups).

#### 5.4.3 Etude en atelier

Cette partie du travail se composa d'une analyse des défauts de planification et de fabrication des pompes disponibles sur le marché, soit des modèles "Patel", "Mahasagar", "Economy", "Seneco", "Wasp", "Cauvery", "Jalvad" (ces modèles étant fabriqués en Indes), ainsi que des pompes "Dempster" (E.U.) et "Mono" (G.B) . A l'exception de la "Jalvad" et de la "Mono", toutes ces pompes ont des assemblages de tête conventionnels.

Dans les pompes avec têtes de pompes conventionnelles, on a relevé que toutes les parties mobiles étaient mal ajustées, que les tolérances étaient excessives et permettaient aux bras et aux articulations de pivot de basculer latéralement. Voir figure 5-3 pour exemple. De plus, les pièces de guidage n'étaient pas réellement verticales, les axes de pivot et les coussinets pas réellement horizontaux; les vis de serrage avaient fréquemment du jeu, les tire-fonds se révélaient trop petits et plusieurs pompes présentaient d'importants défauts dans les raccords avec le cuvelage ou les tuyaux de chute.

La tête "Jalvad" (mise en discussion dans un prochain chapitre) était sujette à la corrosion et le maillon reliant la tige de pompe et le point de pivot était souvent décentré.

Le contrôle de tolérance dimensionnelle des éléments du cylindre fut considéré comme insuffisant. Les joints de cuvette en cuir se révélaient être de qualité médiocre, gonflant à l'état humide et se durcissant à l'état sec, perdant généralement toute forme avec le temps. Les trous étaient souvent excentriques.



**CÉ BRAS DE POMPE EST TROP BAS POUR PERMETTRE UNE MANIPULATION AISÉE**

**FIGURE 5-2 HAUTEURS DE BRAS DETERMINANT UN FONCTIONNEMENT AISE OU MALAISE**



**CETTE POMPE EST TROP BASSE POUR SON UTILISATEUR QUI DOIT SE PENCHER EN AVANT POUR L'ACTIONNER**



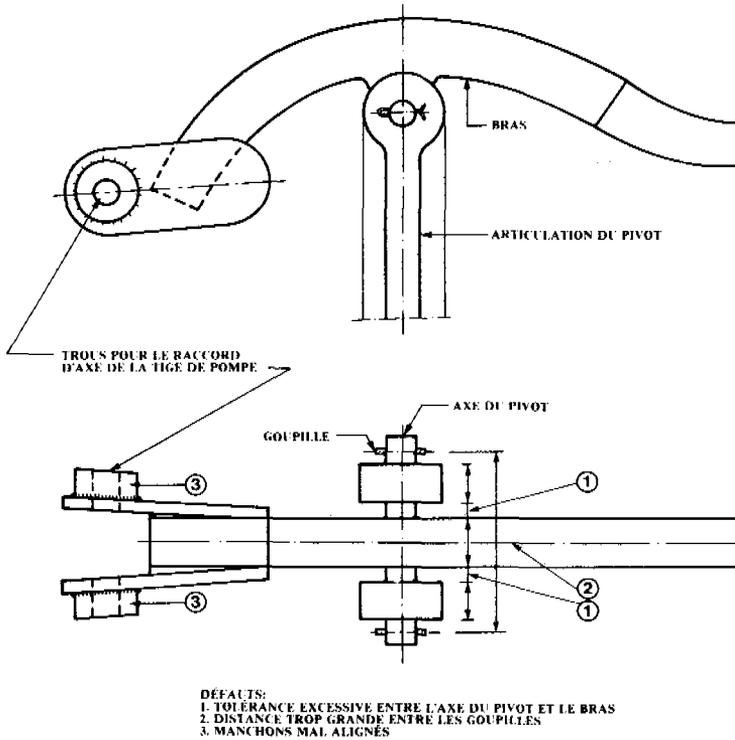
**CETTE JEUNE FILLE ACTIONNE LA POMPE AVEC AISANCE EN UTILISANT PRESQUE LA TOTALITE DU POIDS DE SON CORPS. LA POSITION DU BRAS AU REPOS EST TOUTEFOIS TROP ELEVEE.**

**LA POSITION BASSE DU BRAS PERMET UNE MANIPULATION A BRAS TENDUS**



FIGURE 5-3

EXEMPLE DE DÉFAUTS COURANTS DANS L'ARTICULATION DU  
PIVOT DU BRAS



La figure 5-4 présente certains exemples de défauts rencontrés dans la pratique.

5.4.4 Plan de construction de la pompe Bangalore

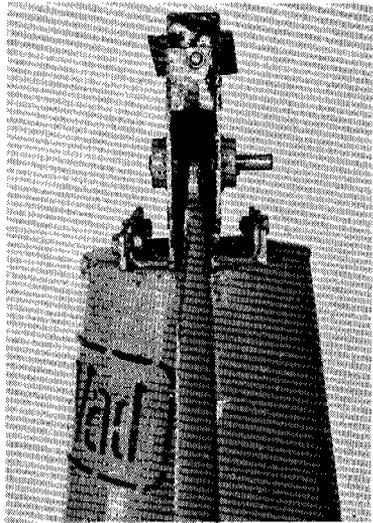
Le dessin de cette pompe à main pour puits profonds se différencie des pompes conventionnelles par plusieurs points :

- 1) le raccord du bras à la tige de pompe n'utilise qu'un seul pivot (comme dans les pompes "Mission", Jalna et Sholapur), ceci grâce à une articulation de chaînes à rouleaux, la chaîne courant sur un cadran placé tangentiellement à la tige de pompe à l'extrémité chargée du bras de levier. (Le principe de fonctionnement est dérivé de celui présenté à la figure 5.10, "La pompe Sholapur").

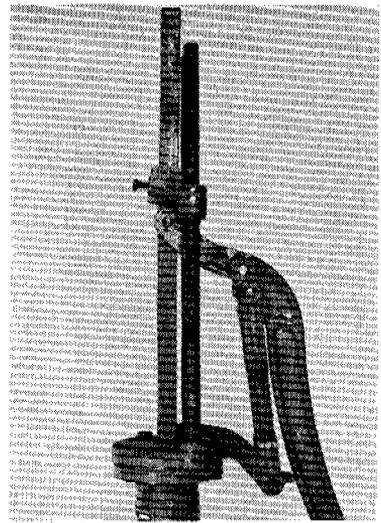
FIGURE 5-4

DEFAUTS DE PLANIFICATION ET DE FABRICATION DE POMPES A MAIN POUR PUIITS PROFONDS FABRIQUEES AUX INDES

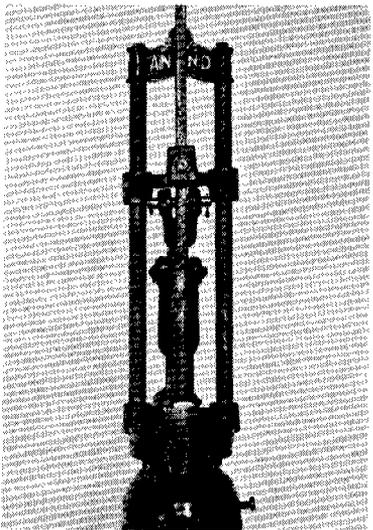
(Photos mises à disposition par V.J. Emmanuel)



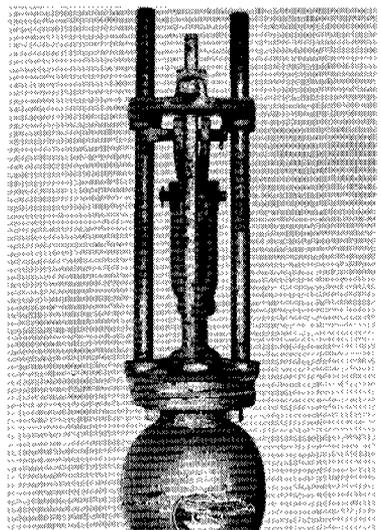
A) L'AXE DU PIVOT N'EST PAS HORIZONTAL (ALIGNEMENT DÉFECTUEUX DES COUSSENETS)



A) LA TIGE DU PISTON N'EST PAS VERTICALE  
B) FRICTION DE LA PIÈCE DE GUIDAGE EN POSITION ÉLEVÉE



A) LES MONTANTS DE GUIDAGE NE SONT PAS PARFAITEMENT VERTICAUX  
B) TROP GRANDE TOLÉRANCE ENTRE LA PISTON  
C) LES MANCHONS D'AXE DE LA FOURCHE DU BRAS SONT MAL ALIGNÉS  
D) L'AXE FOURCHE DU BRAS/TIGE DU PISTON N'EST PAS HORIZONTAL



A) TROP GRANDE TOLÉRANCE ENTRE LES FOURCHES ET LES POINTS DE PIVOT  
B) MAUVAIS ALIGNEMENT DES POINTS DE PIVOT  
C) LE COULISSEAU NE SE DÉPLACE PAS DE FAÇON HORIZONTALE

- 2) La tête de pompe couramment projetée (1976) utilisera un corps d'acier soudé.
- 3) Le pivot couramment projeté utilisera des roulements à billes.
- 4) Les billes de nylon importées sont utilisées dans le piston et les clapets de pieds.
- 5) Les joints de cuvette sont faits de caoutchouc polyacrylonitrile (néoprène) avec un jeu d'ajustage de 0.2 mm avec la paroi du cylindre.
- 6) Toutes les autres soupapes ou éléments de piston sont en caoutchouc, en nylon, en néoprène ou en fibres de verre ou de coton imprégnées de résine époxyde.
- 7) Le cylindre est constitué d'un corps de tuyau standard en fer galvanisé muni d'un tube "gainé" ou "manchon" fait d'un tissu de coton imprégné de résine époxyde. Les manchons sont fabriqués aux Indes pour d'autres utilisations en différentes longueurs ou diamètres et épaisseurs de parois par Hylam Bakelite, de Bombay, sous l'appellation commerciale de "Hylam TF 2211". Une spécification de rugosité de 250 micropouces est proposée pour le fini intérieur du manchon. La figure 5-5 présente une illustration de ce cylindre.

#### 5.4.5 Essai de la pompe Bangalore

Un prototype de cylindre et de tête de pompe fut construit et soumis à différents tests. Le cylindre, raccordé à une tête de pompe conventionnelle, fut entraîné pendant 1000 heures par un moteur électrique à une vitesse de 40 à 48 coups de piston par minute; la longueur du coup de piston était de 4.5 pouces, le débit variant entre 21 et 25 litres par minute. La durée du test représentera donc l'équivalent de "quatre mois d'utilisation pratique sur le terrain". L'usure du cylindre que l'on pût relever fut inférieure à 0.001 pouce. Après une usure initiale de l'ordre de 0.6 mm et de 0.9 mm, les deux joints de cuvette (clapets ou rondelles) ne présentèrent aucun signe d'usure pendant au moins les 534 dernières heures d'essai.

La tête de pompe prise en considération pour les tests se révèle fondamentalement différente de celle projetée actuellement (1976). Le prototype en question utilisait un câble métallique en guise de "tige" reliant le bras et le piston. Les coussinets de pivot du proto-

type original étaient faits de bronze concrétionné retenant l'huile. La tête de pompe en fonte a été redessinée sur la base d'une construction en acier fabriqué. Ce modèle est connu sous la dénomination de "pompe à main pour puits profonds, marque India II".

#### 5.4.6 Coût de la pompe Bangalore

Les estimations de coûts pour une production en série du cylindre de pompe Bangalore de 3 pouces varient entre 80 roupies (9 \$) et 250 roupies (28 \$).<sup>\*</sup> La pompe "Sholapur" mentionnée précédemment est équipée d'un cylindre en laiton de 3 pouces qui se vend au prix approximatif de 250 roupies (28 \$).<sup>\*</sup> La conception de la tête de pompe la plus courante est à tel point différente de celle du prototype que son prix n'a plus aucune valeur indicative. Une tête de pompe Sholapur qui ressemble fortement à la pompe Bangalore est généralement vendue sur le marché (1976) pour environ 500 à 600 roupies (50 \$).

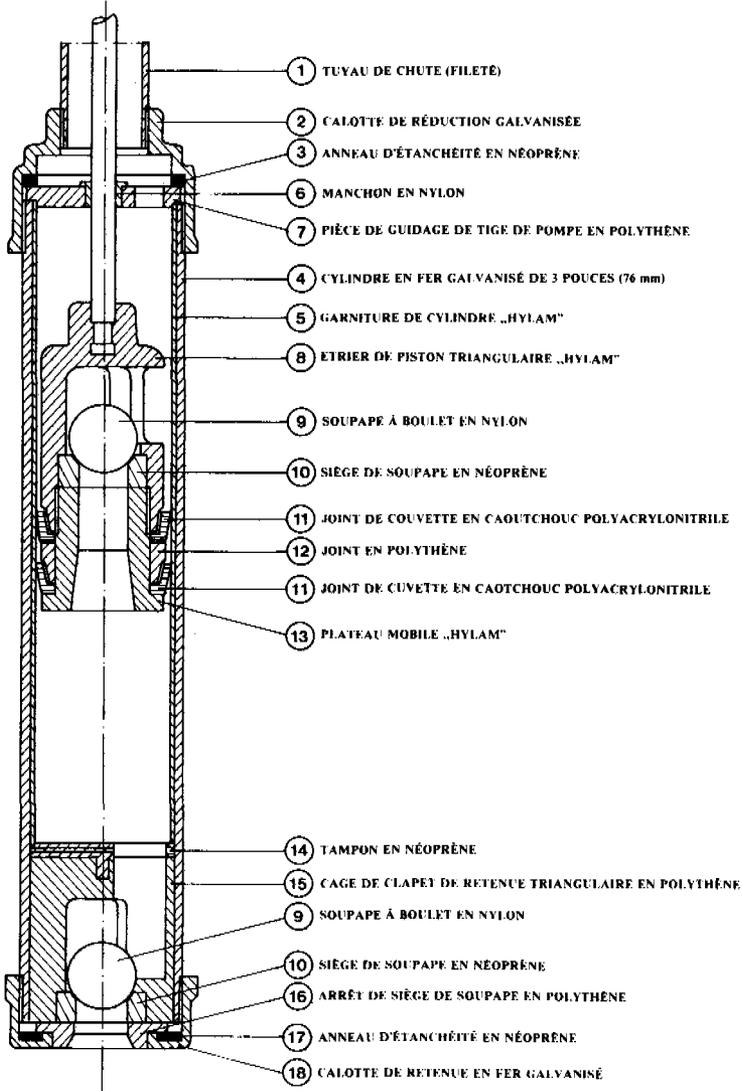
### 5.5 PROGRAMME DE DÉVELOPPEMENT UNICEF/BANGLADESH POUR POMPES À MAIN DE PUITES PEU PROFONDS

L'UNICEF a pendant quelques années prêté son concours au Département de Génie sanitaire du Bangladesh pour ce qui se révèle être peut-être le programme de pompes à main le plus important du monde. Ce programme, prévoyant la fabrication et l'installation de plus de 400.000 nouvelles pompes à main dans un laps de temps relativement court, a motivé de nombreux travaux de recherche et essais de prototypes, et entraîné d'importantes modifications dans les plans de pompes à main pour puits peu profonds. Deux facteurs importants ont joué un rôle dans la réalisation de ce programme: 1) l'étendue du projet offrait une excellente occasion d'étudier sur une grande échelle les

<sup>\*</sup> Taux de change à Amsterdam au 12 juillet 1976: 11.30 US \$ pour 100 roupies.

FIGURE 5-5

CYLINDRE DE POMPE BANGALORE



Reproduit du rapport OMS  
 SEA/Env.San./168  
 SEARO 1976

améliorations et les économies réalisables au niveau de la conception des pompes et 2) les problèmes d'entretien relatifs à la technologie existante auraient requis une proportion de ressources suffisante à menacer la viabilité du programme. Les améliorations apportées sont le fruit d'une évolution de plusieurs années et d'une succession de plusieurs générations de modifications basées sur des observations pratiques sur le terrain.

#### 5.5.1 "Nouvelle pompe No 6"

Ce modèle récent, dont plus de 300.000 unités devront être installées d'ici à 1979, est communément appelé "Nouvelle pompe No 6" (voir figure 5-6). Cette pompe représente une combinaison entre la pompe Battelle et l'ancienne pompe Maya No 6. Son nom a été choisi pour favoriser son acceptation au niveau local. (No 6 désigne un diamètre de cylindre de 3.5 pouces, soit environ 90 mm).

Les améliorations principales par rapport à la pompe No 6 traditionnelle sont:

- 1) agrandissement des surfaces d'appui sur les axes de pivot et les parties mobiles en fonte;
- 2) utilisation aux points de pivot d'axes ronds en acier doux maintenus par des goupilles en lieu et place de boulons et d'écrous;
- 3) tige de piston avec surfaces d'appui renforcées et écrou d'arrêt à l'extrémité du piston;
- 4) remplacement du cuir par du chlorure de polyvinyle (PVC) pour le joint de cuvette ou le piston à clapet;
- 5) configuration plus stable de quatre boulons et écrous situés aux points "talon" et "pied" de la couverture à la place des trois points de l'ancien dessin;
- 6) dimension standardisée (2.5 pouce x  $\frac{1}{2}$  pouce) pour tous les boulons et écrous au lieu de trois ou quatre dimensions sur les pompes précédentes; des rondelles de blocage (environ 65 mm x 13 mm) ont été ajoutées aux boulons et aux écrous;
- 7) un bras de levier plus fort avec un avantage mécanique plus élevé et une longueur de coup de piston de 8 pouces (20 cm). La coupe transversale du bras fut transformée pour passer d'un "I" à un "T".

Le dessin de la pompe fut fortement influencé par la pénurie de fonte et la technologie de coulage alors en usage au Bangladesh. Par exemple, la "Nouvelle pompe No 6" pèse environ 20 lb (9 kg), soit 15% de moins que la pompe Battelle pour puits peu profond. Ces économies de poids furent réalisées en partie par un nouveau dessin de la dalle de base du support de pompe (raccords filetés au cuvelage du puits), permettant l'interchangeabilité de ce support avec des pompes de puits profonds.

#### 5.5.2 Joints de cuvette en chlorure de polyvinyle(PVC)

Les joints de cuvette en PVC utilisés au Bangladesh ont fait preuve d'une résistance 2 à 3 fois plus grande et d'un fonctionnement plus régulier que les traditionnels clapets en cuir généralement disponibles. Les joints en PVC sont au Bangladesh moins coûteux que les cuvettes de cuir.\* Etant donné que l'usure des joints de cuvette était l'un des facteurs principaux de panne (environ 25% à 30% des cas), l'introduction des cuvettes en PVC apporta une nette amélioration en matière d'entretien. Les cuvettes de PVC lubrifiées à l'eau peuvent avec le temps adoucir les parois de fer du cylindre.

#### 5.5.3 Cylindres et manchons en chlorure de polyvinyle(PVC)

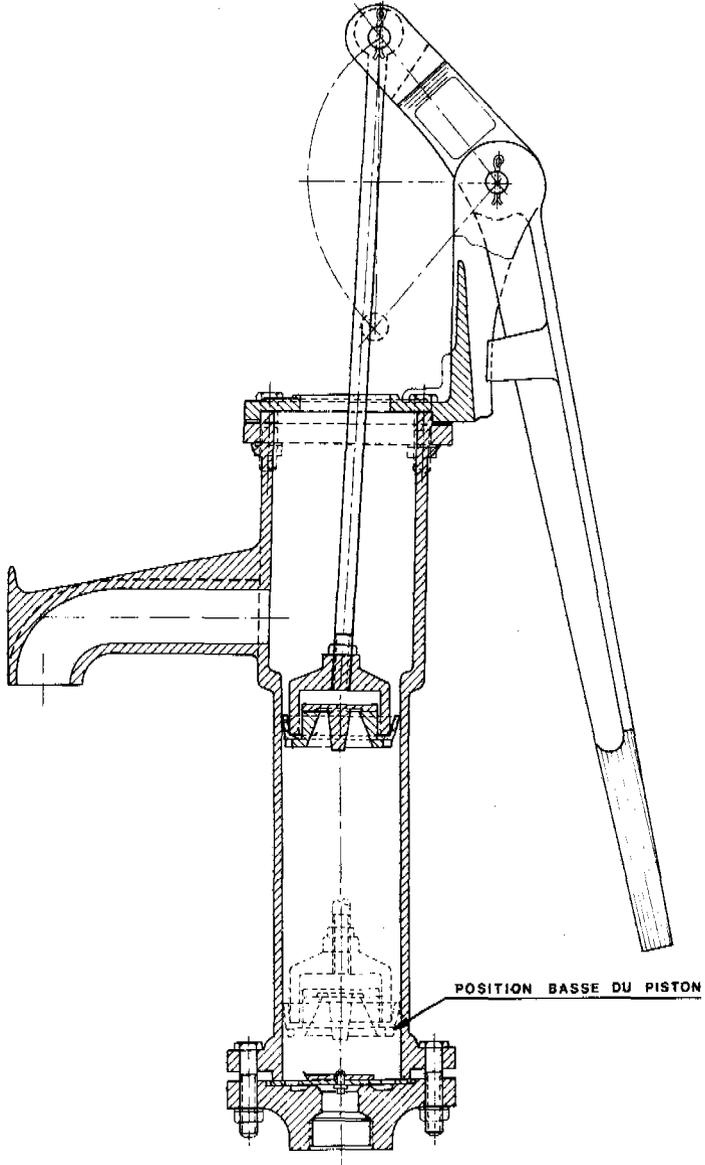
Introduits en 1969, les manchons en PVC munis de joints de cuvette en cuir furent testés dans le cadre des pompes à main pour puits peu profonds du Bangladesh; toutefois, aucun d'entre eux n'est encore en service. La plus grande partie de ces manchons fut retirée de la circulation pendant la guerre civile de 1971-72, car on ne disposait alors que de joints de cuvette d'un diamètre de 3½ pouces (89 mm), trop larges en fait pour s'ajuster dans les manchons de PVC. En 1975, quelques

---

\* Environ 0.12 \$ la pièce en PVC et 0.25 \$ en cuir.

FIGURE 5-6

NOUVELLE POMPE A MAIN NO. 6 (BANGLADESH)



manchons restant encore sur place furent examinés et tous présentaient une forte usure sur un des côté de la paroi épaisse de 1/8 de pouce (3 mm). On attribua cette usure à l'oscillation de la tige de piston de la pompe No 6 pour puits peu profond. De nouveaux tests entrepris en 1975 avec un tuyau de PVC d'une épaisseur de paroi de 1/4 de pouce (6 mm) donnèrent des résultats mitigés: un échantillon présentait une usure rapide correspondant à une augmentation de diamètre de 1/8 de pouce (3 mm) par mois; un autre échantillon est toujours en place après deux ans de fonctionnement avec une usure négligeable; il a toutefois été rayé probablement par des corps étrangers introduits par le haut. Le succès des cuvettes de PVC conduisit à l'abandon du programme de manchon en raison des problèmes d'entretien qui résulteraient de la présence de cuvettes en PVC et en cuir dans une même pompe.

Les cylindres pour puits profonds en PVC "Dempster" fabriqués aux Etats-Unis ont été testés pendant une année au Bangladesh avec de bons résultats. L'UNICEF est actuellement en train d'équiper 500 puits profonds avec ces cylindres.

#### 5.5.4 Cuvelage de puits en chlorure de polyvinyle (PVC)

Des tuyaux de PVC ont été utilisés pour des cuvelages de puits au Bangladesh. En raison de la faible adhérence des tuyaux de PVC face aux inversions de charges, l'adaptation par filetage de pompes à main en fonte aux cuvelages de puits en PVC est à déconseiller. C'est pour cette raison qu'on utilise au Bangladesh un élément de tuyau d'acier de 20 pieds (6 m) pour relier la pompe à main et le cuvelage en PVC. En outre, deux mesures peuvent être prises pour éviter toute rotation entre les tuyaux d'acier et de plastique : 1) souder une barre horizontale d'acier aux extrémités du diamètre du tuyau d'acier et 2) construire une

plate-forme en ciment comprenant la barre et le tuyau d'acier pour la pompe à main.

#### 5.5.5 Programme basé sur l'expérience pratique

Le programme de développement de pompes à main du Bangladesh a démontré les avantages importants d'une base opérationnelle dans le terrain et d'un personnel qualifié constamment à disposition. Le programme UNICEF/DPHE a testé certains prototypes sur place, analysant les données recueillies tant au niveau des tests pratiques qu'à celui du fonctionnement régulier et a adapté aux conditions locales une nouvelle pompe à main de fabrication artisanale et peu coûteuse (moins de 20 \$). De plus amples informations sont contenues dans les différentes publications de Hussain, Phillips et Shawcross.

### **5.6 ETUDES DU COMITÉ INTER-AFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES (CIEH) EN HAUTE-VOLTA, COMPRENANT L'HYDRO-POMPE VERGNET**

Le Comité Inter-africain d'Etudes hydrauliques (CIEH), organisation internationale siégeant à Ouagadougou, étudie, en accord avec l'OMS et avec l'assistance de l'UNICEF, l'utilisation des petites pompes à main pour l'approvisionnement en eau en Afrique occidentale. Cette étude comprend un inventaire, de même que l'essai et le contrôle de pompes fabriquées en Afrique, telles que l'"ABI", la "Majestic" de Bodin, l'"Africa" de Briau et l'"Uganda" de Craelius, ainsi que des pompes importées, telles que les modèles "27F EX" de Dempster (USA), "Royale" de Briau (France), et "WIH 51" et "54" de Godwin (GB). (Voir figure 5-7).

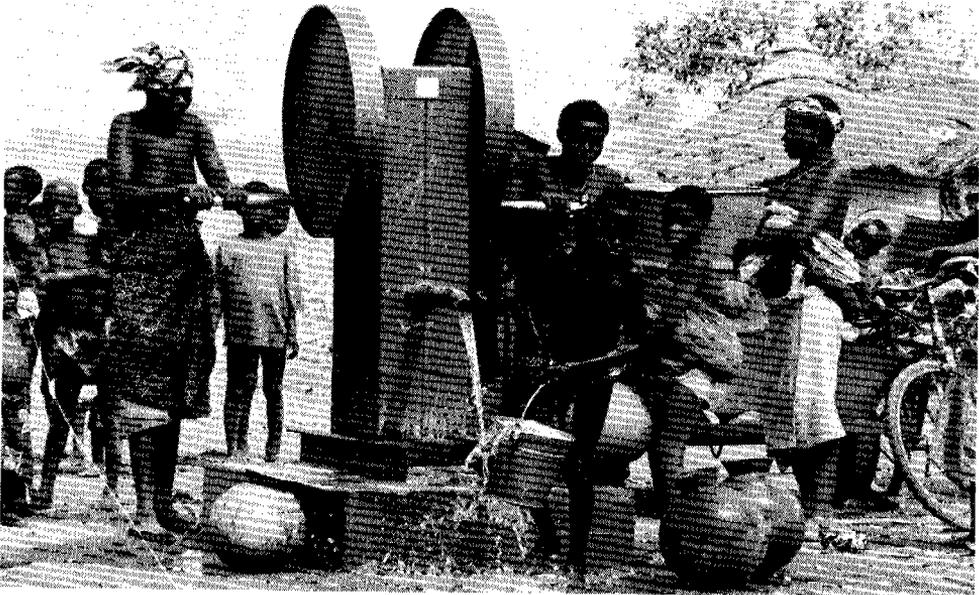
L'essai sur le terrain d'une nouvelle pompe, l'"hydro-pompe Vergnet", développée par le Français Mengin tient une place importante dans ces études. Plusieurs prototypes de ces pompes furent mis à dispo-



FIGURE 5-7 DEUX POMPES A MAIN  
UTILISEES EN AFRIQUE  
OCCIDENTALE

"ABI"

"AFRICA"



sition et sont actuellement testés à Ouagadougou et dans le village de Koupela situé à quelque 140 km à l'est de la capitale.

#### 5.6.1 L'"hydro-pompe Vergnet" (description)

Cette pompe introduit un nouveau mode de fonctionnement. Un manchon flexible à diaphragme est placé à l'intérieur d'un cylindre rigide plongé dans le puits. L'utilisation d'un système pilote hydraulique actionné par une pédale à pied permet ainsi au manchon flexible de se tendre et de se contracter alternativement, pompant ainsi l'eau du cylindre rigide jusqu'à la surface. Ce fonctionnement peut être expliqué clairement par étape sur la base de la figure 5-8. Au début de l'opération, la pompe est amorcée\* et la pédale de pied en position élevée:

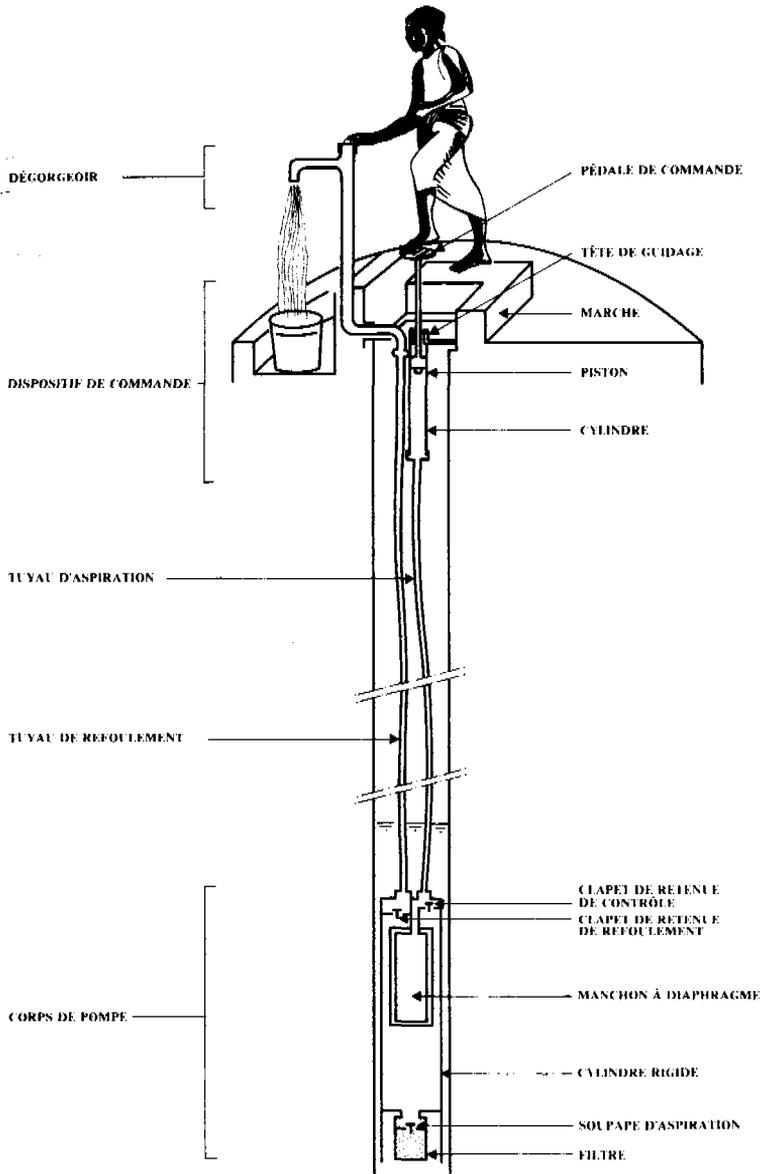
- 1) l'utilisateur actionne la pédale, forçant ainsi le piston à descendre dans le cylindre;
- 2) l'eau dans le cylindre de piston est poussée par le cylindre au travers du tuyau de guidage et, de là, dans le manchon à diaphragme muni de parois flexibles semblables à des ressorts;
- 3) l'augmentation de la pression de l'eau dans le manchon flexible tend ses parois, dilatant ainsi son volume;
- 4) l'augmentation de volume du petit cylindre fait augmenter la pression de l'eau dans le grand cylindre rigide entourant le petit cylindre;
- 5) la pression montante dans le cylindre rigide ferme la soupape d'aspiration et ouvre la soupape de décharge (refoulement);
- 6) l'eau contenue dans le cylindre rigide est poussée vers la surface au travers de la soupape et du tuyau de refoulement ou manchon au moment où le petit cylindre se gonfle;
- 7) l'utilisateur lève son pied, réduisant ainsi la pression dans le système pilote;
- 8) le cylindre flexible en forme de ressort reprend sa position initiale, poussant l'eau dans le manchon pilote et repoussant la pédale à sa position initiale élevée;

---

\* *Cylindre rigide autour du manchon flexible amorcé - système pilote rempli d'eau au moment de l'installation.*

FIGURE 5-8

HYDRO-POMPE VERGNET - MONTAGE SCHEMATIQUE



Mis à disposition par les établissements Pierre Mengin, Montargis, France

- 9) la contraction du cylindre flexible diminue la pression de l'eau à l'intérieur du cylindre rigide;
- 10) la chute de pression dans le cylindre rigide occasionne la fermeture de la soupape de refoulement et l'ouverture de la soupape d'aspiration, permettant ainsi le remplissage du cylindre rigide;
- 11) l'utilisateur appuie à nouveau son pied sur la pédale et le cycle recommence.

Tant le manchon à diaphragme que le cylindre et le tuyau sont au moment de l'installation remplis d'eau en provenance de la surface. Le système pilote étant complètement fermé, mis à part une soupape de remplissage, il ne devrait y avoir aucun risque latent de contamination de l'eau pompée.

#### 5.6.2 Observations

En dépit d'un travail de développement consciencieux et de nombreux tests en laboratoire, différentes modifications du plan original de la pompe "Vergnet" se révélèrent nécessaires en raison des difficultés rencontrées sur le terrain. Le PVC utilisé pour le cylindre rigide, trop sensible aux fissures, fut remplacé par de l'acier inoxydable. Les joints de cuvette en cuir utilisés dans le cylindre pilote donnèrent des signes d'usure très rapide ; une amélioration sensible fut réalisée par l'introduction de bagues de piston munies de joints en cuir ou en uréthane.

Une tuyauterie flexible et légère réduisant les problèmes d'installation et d'entretien peut être utilisée pour le montage de la pompe "Vergnet" lorsqu'elle est destinée à des puits de moins de 30 mètres de profondeur. Les tuyaux et l'unité de pompage peuvent être facilement retirés du puits. Deux hommes devraient en règle générale pouvoir effectuer ce travail à la main.

L'utilisation de matériaux légers devrait également permettre d'économiser sur les coûts de transport. L'usure des joints de cuvette



(Photos mises à disposition  
par L.A. Orihuela

**1. POMPE EN FONCTIONNEMENT**

**2. PÉDALE DE CONTRÔLE, PISTON ET CYLINDRE DE TRANSMISSION, DALLE DE MONTAGE ET MANCHONS DILATABLES DE CONTRÔLE ET DE DÉCHARGE UNE FOIS RETIRÉS DU PUIT**

**3. REMPLACEMENT DU COUVERCLE DE CUIR ET DU PISTON ET**

**4. REMONTÉE DU CYLINDRE DE POMPAGE HORS DU PUIT. CE CYLINDRE CONTIENT LA CHAMBRE D'EXPANSION ÉLASTIQUE ET LES TROIS SOUPAPES (ASPIRATION, REFOULEMENT ET RÉMORÇAGE).**

se révèle être le principal problème d'entretien des pompes à main à mouvements alternatifs, particulièrement des pompes pour puits profonds dans lesquels la tige de pompe, le cylindre et le tuyau de refoulement doivent être remontés pour permettre le remplacement des joints. Dans la pompe "Vergnet", toutes les parties soumises à un frottement sont facilement accessibles. Les bras, les tiges de pompes et leurs raccords, sources courantes de problèmes d'entretien dans les pompes conventionnelles, sont des éléments inexistantes dans la pompe "Vergnet".

En raison de son fonctionnement par le pied, la pompe "Vergnet" peut être actionnée avec plus de force et moins de fatigue que les pompes conventionnelles à levier. Le mouvement linéaire de la pédale à pied élimine tout élément rotatif.

La pompe "Vergnet" requiert un cuvelage de puits de 4 pouces (100 mm) ou plus. Elle peut être utilisée comme pompe élévatrice, mais non comme pompe d'aspiration; son cylindre de pompage doit être immergé.

Selon le fabricant (Mengin), des 2000 pompes "Vergnet" installées jusqu'à présent (juin 1977), environ 70% fonctionnent à des profondeurs de pompe variant de 20 m (70 pieds) à 60 m (200 pieds). Des pompes "Vergnet" ont été installées dans la plupart des pays d'Afrique; 500 pompes sont actuellement en service en Côte d'Ivoire où un premier programme gouvernemental vient de s'achever (juin 1977). Hors d'Afrique, cette pompe n'a pas encore trouvé beaucoup de débouchés. Différents facteurs semblent freiner l'extension de ce système:

- 1) le prix relativement élevé de 600 \$ (liste de prix d'octobre 1976) pour une pompe du type A ou C complète avec un jeu de pièces de rechange et d'outils;
- 2) la nécessité d'importer différents éléments tels que le manchon dilatable à diaphragme, le cylindre et la pédale de pied en acier inoxydable ainsi que la tuyauterie.

### 5.6.3 Rapport CIEH

Le rapport de cette étude est prévu pour 1977. Une étude précédente du CIEH (environ 1964) décrit les méthodes de pompage par force humaine et animale utilisées couramment en Afrique occidentale. (Voir également publications de Benamour, CIEH, Gagara, et Vergnet et la littérature de fabricant de Mengin).

## 5.7 AUTRES TRAVAUX DE RECHERCHE ET DE DÉVELOPPEMENT

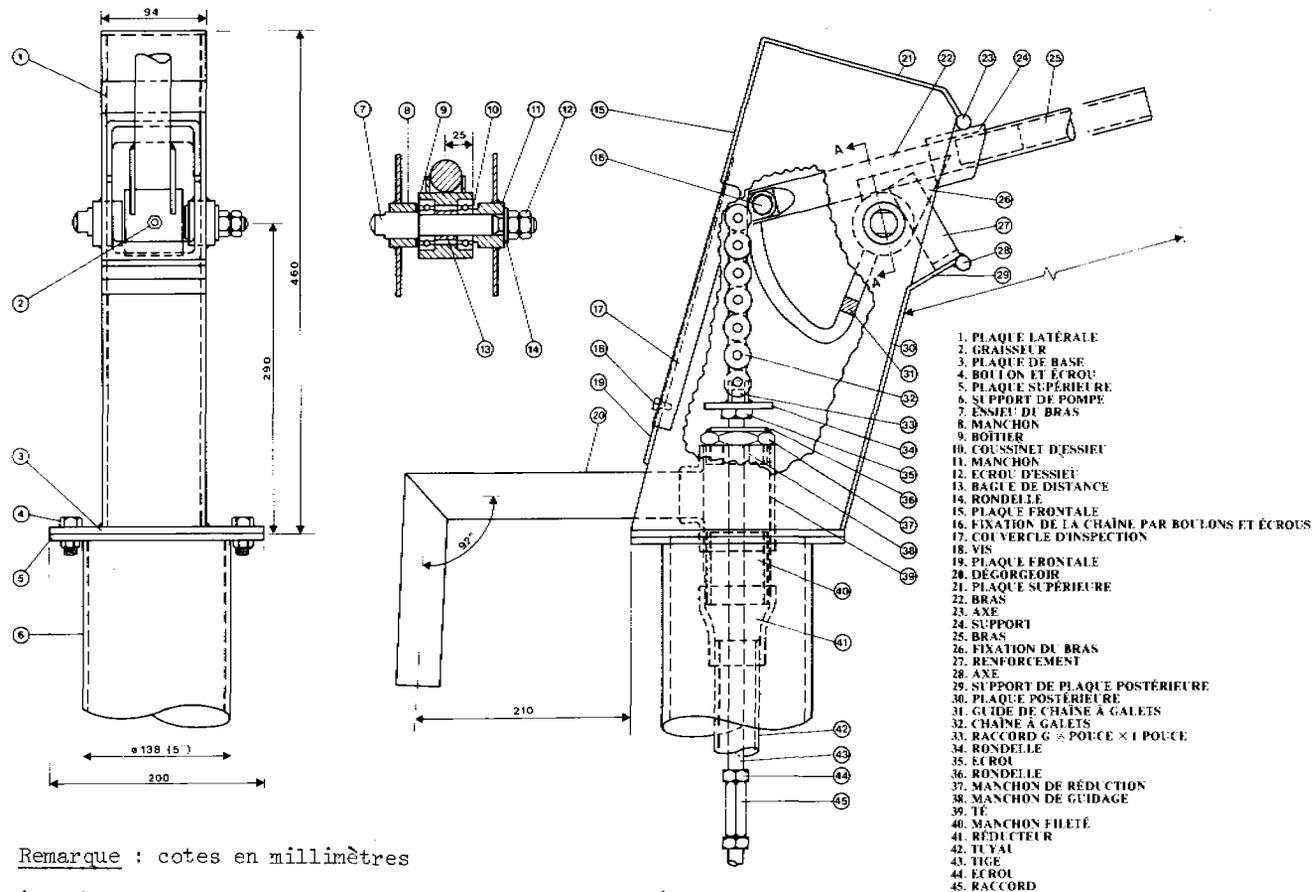
### 5.7.1 Pompe du type Sholapur ou Jalna

De nombreuses pannes de pompes pour puits profond proviennent de l'assemblage du bras. Différentes institutions spécialisées travaillant aux Indes développèrent au cours de ces dernières années une pompe de construction robuste appelée pompe "Sholapur", pompe "Jalna" ou encore pompe "Mission". Cette pompe devrait en principe fonctionner une année sans service d'entretien. (McLeod, 1974). De fabrication locale, elle est équipée de 100 pieds de tuyau de chute et de tige de pompe et est installée dans des villages indiens pour un coût unitaire d'environ 235 \$. Cette pompe en acier soudé dispose de roulements à billes, de graisseurs et d'un seul pivot reliant le bras à la tige de pompe par une courte chaîne de motocyclette. Tous les éléments mobiles sont renfermés dans un boîtier d'acier. (Voir figure 5-10). Cette pompe est en outre largement utilisée dans les programmes de réhabilitation de la pompe à main (Jagtiani).

### 5.7.2 Pompe U.S.T. ou Kumasi

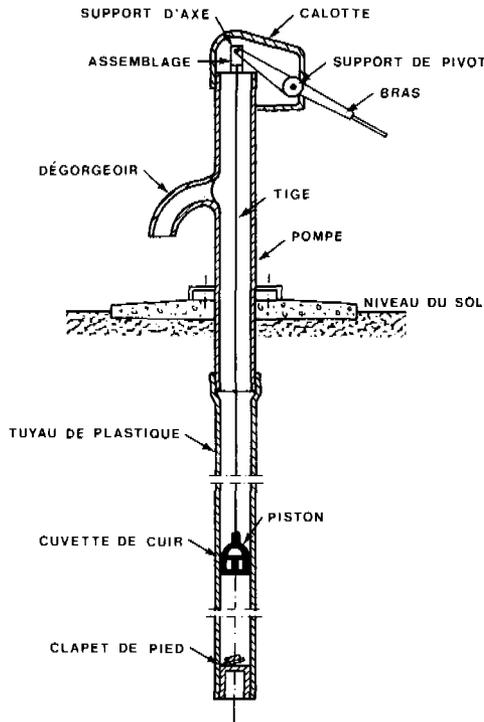
Une pompe répondant aux exigences d'une fabrication locale est développée depuis 1972 à l'Université des Sciences et de la Technologie de Kumasi au Ghana. Cette pompe, présentée à la figure 5-11, est

FIGURE 5-10 MECHANISME DE L'EXTREMITE SUPERIEURE DE LA POMPE A MAIN SHOLAPUR POUR PUIITS PROFOND



munie d'un support en acier soudé d'un diamètre de 3 pouces, d'une articulation du bras à deux axes avec roulement à billes au pivot et d'un manchon en laiton à l'assemblage de la tige de pompe et du bras; elle dispose en plus d'un piston coulé en laiton\* et d'un joint de cuvette en cuir. Le cylindre est un tuyau de plastique de 3 pouces de diamètre fixé au corps de pompe. Des tests préliminaires ont été entrepris à des profondeurs allant jusqu'à 100 pieds (30 m). Les essais se poursuivent avec succès.

FIGURE 5-11 POMPA A MAIN U.S.T. (KUMASI)



Dessin mis à disposition  
par Dr. A Abrobah - Cudjoe

\* Le coulage obtenu par le processus du moulage à cire perdue est utilisé depuis des siècles en Afrique et en Asie.

### 5.7.3 La pompe Petro (Suède)

La pompe Petro, adaptée au pompage en puits profond, est une nouvelle version intéressante de la pompe à diaphragme. L'élément de pompage ou cylindre est constitué d'un manchon élastique en caoutchouc renforcé par deux couches en spirale de fil d'acier recouvert de laiton et est muni à chaque extrémité d'une soupape de retenue en acier inoxydable du type champignon. Le boîtier de la soupape d'aspiration, situé à l'extrémité inférieure du manchon, est fixé dans le puits par des mâchoires extensibles qui sont calées contre les parois du cuvelage du puits et qui peuvent être relâchées en tournant le faisceau de tuyaux une douzaine de fois dans le sens des aiguilles d'une montre. Le boîtier de la soupape de refoulement est fixé à un faisceau de tubes galvanisés de 3/4 pouce (19 mm) servant à la fois de tige de pompe et de tuyau de chute. L'extrémité supérieure du faisceau muni du dégorgeoir d'écoulement est relié à la tête de pompage.

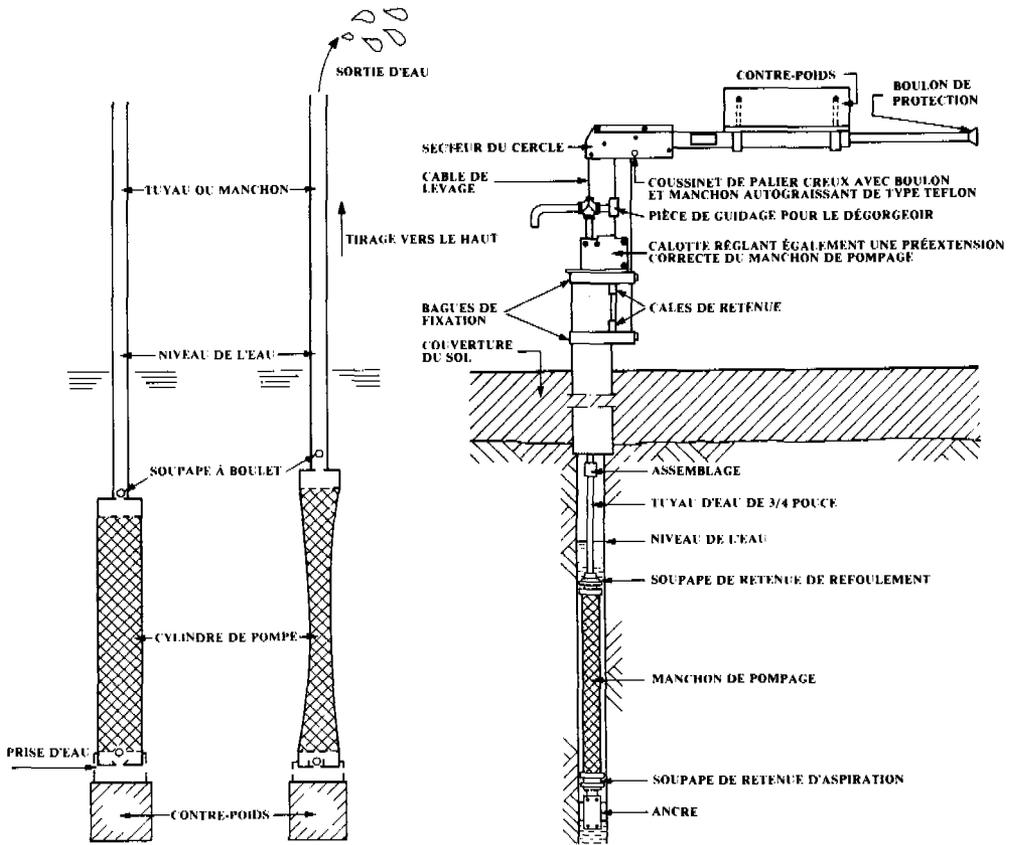
Une nouvelle tête de pompage a été dessinée spécialement pour s'adapter aux caractéristiques élastiques du manchon de pompage; une tête de pompage traditionnelle se révèle toutefois parfaitement satisfaisante.

Le débit de refoulement de l'élément de pompage standard est d'environ 0.5 litre par 10 cm (4 pouces) de longueur de coup de piston et peut être agrémenté par l'utilisation d'un manchon plus long. La pompe Petro peut être conçue en petits diamètres.

Voici comment fonctionne la pompe "Petro":

- 1) L'abaissement du bras provoque la levée du faisceau de tubes et l'extension du manchon de caoutchouc renforcé de 10 cm environ (4 pouces).
- 2) Sous l'effet de la compression des spirales d'acier, le manchon diminue de volume; l'augmentation de pression à l'intérieur du manchon force l'ouverture de la soupape de refoulement et l'eau est poussée à la surface par la colonne du tuyau.

FIGURE 5-12 LA POMPE PETRO



REMARQUE: L'UTILISATION DE CALES OU DE MÂCHOIRES EXTENSIBLES PERMET ÉGALEMENT DE FIXER L'EXTREMITÉ INFÉRIEURE DU CYLINDRE AU CUVELAGE DU PUIS.

- 3) Au retour du bras, le manchon en caoutchouc reprend son volume initial, plus grand; la soupape de retenue d'aspiration s'ouvre et de l'eau fraîche est aspirée dans le dispositif.

Les avantages évidents de cette nouvelle conception de pompage sont:

- 1) L'élimination des joints de cuvettes ou des soupapes à clapets. Il

n'y a pratiquement aucun frottement au cours du pompage et l'eau contenant du sable fin ou du limon peut également être pompée sans usure sensible pour le manchon de pompage.

- 2) La combinaison de la tige de pompe et du tuyau de chute entraîne des économies considérables en matière de tuyauterie. Le poids relativement faible de la tuyauterie requise simplifie les problèmes d'installation, de contrôle et d'entretien. Il est même affirmé que l'élément de pompage et le faisceau de tubes peuvent être installés à la main, éliminant donc tout recours à des palans, des échafaudages ou des chariots de montage.
- 3) Aucun presse-étoupe n'est nécessaire lorsque la pompe est utilisée comme pompe foulante. Deux types de pompes "Petro" sont actuellement (juin 1977) disponibles sur le marché:
  - le type 95 avec cales standard approprié pour des puits de 4 à 4½ pouces (95 à 120 mm);
  - le type 48 approprié pour des puits de 2 pouces (diamètre de 48 à 60 mm).

Ce dernier modèle devrait se révéler particulièrement intéressant pour des puits de petit diamètre dans lesquels le niveau d'eau est situé à une profondeur supérieure à 22 pieds (6.7 m), soit lorsqu'un pompage d'aspiration ne peut être pratiqué.

Le prix d'une pompe complète (élément de pompage avec fixation et tête de pompage) est de 2000 couronnes suédoises (440 \$).

Le poids brut d'une pompe complète n'est que de 43 kg (95 lb), ce qui permet de réaliser des économies au niveau des coûts de transport.

#### 5.7.4 Pompe Shinyanga

Le programme de puits peu profonds du district de Shinyanga débuta en octobre 1974 sous la forme d'un projet bilatéral des gouvernements de Tanzanie et des Pays-Bas. (Projet Shinyanga de puits peu profonds, 1976). Ce projet prévoyait la création d'ateliers de fabrication. La pompe conçue et utilisée dans le cadre de ce programme, appelée pompe Shinyanga, dispose d'une tête de pompage en bois ressemblant fortement à la Craelius Uganda, fabriquée à Nairobi et largement utilisée en Afrique orientale. (Voir figure 6-3). Toutefois le cylindre en laiton de la pompe Uganda a rapidement dû être abandonné et remplacé par un

cylindre en chlorure de polyvinyle (PVC). En raison de ses sols de latérite, les eaux souterraines de Shinyanga présentent un PH de 3, ce qui réduit la vie de certains éléments en fonte à quelques mois seulement.

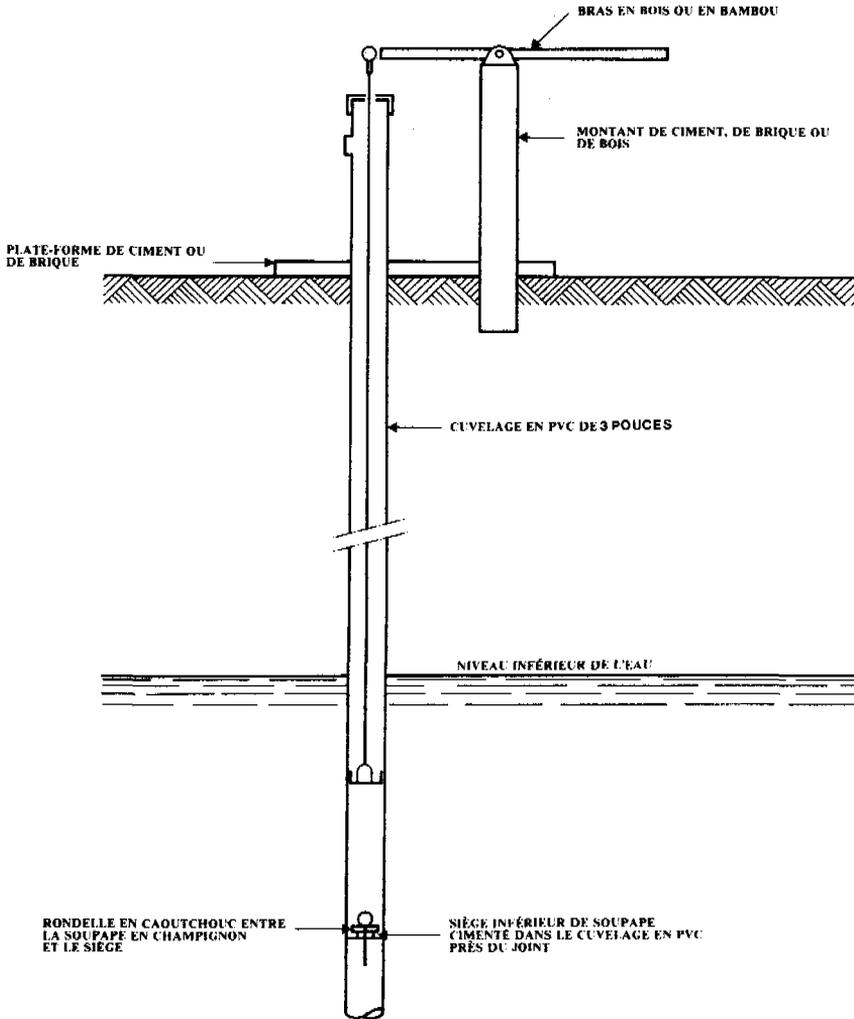
Le cylindre Shinyanga utilise également un joint de cuvette en double anneau de caoutchouc muni d'une bague intérieure en acier inoxydable empêchant toute déformation. Ce dispositif est fabriqué et utilisé en Europe dans le secteur des machines hydrauliques. La cuvette doit être importée et son coût est relativement élevé (environ 10 \$ pièce). Sa durée de vie est toutefois estimée à 10 ans, dépassant ainsi celle des autres éléments de la pompe. Le cylindre est également muni de soupapes à boulet en néoprène.

#### 5.7.5 Pompe à tuyaux plastiques

Le chlorure de polyvinyle (PVC) est une matière actuellement fort utilisée dans le secteur de la construction des pompes. Des cylindres faits de tuyaux de PVC sont aujourd'hui disponibles (par ex Dempster), mais de nombreux modèles (pompes DIY, SISCOMA, U.S.T. et autres encore) proposent également des cuvelages de puits en PVC en guise de parois de cylindre; ceci revient à dire que le cuvelage du puits lui-même est un long cylindre, bien que la longueur de la course du piston soit normale, soit de l'ordre de moins d'un pied (0.3 m). Voir pour exemple la figure 5-13 (Spangler, 1976). Cette idée marque un retour aux pratiques courantes des anciens temps; elle n'a pas encore fait ses preuves sur une grande échelle, mais elle est à même d'offrir des possibilités intéressantes en matière d'économie et de production locale. Les indications les plus complètes nous sont données par Journey (1976) qui décrit dans les grandes lignes les soupapes potentielles en PVC et présente en détail plusieurs pompes expérimentales testées au Bangladesh en 1974. Ces dernières sont peut-être les seules disposant d'un

FIGURE 5-13

POMPE A MAIN EN CHLORURE DE POLYVINYLE (PVC)



D'après Spangler  
(VITA)

support de pompe en plastique qui en règle générale se révèle moins résistant à l'usure et aux ruptures.

Les supports de pompe en plastique dans lesquels le plastique est appelé à supporter le pivot ne rendront vraisemblablement pas de bons services en raison de la sensibilité du plastique aux intempéries et aux rainures (fatigue). Fixer le support de pompe au cuvelage de façon traditionnelle devient problématique en raison des éléments de plastique hors terre qui doivent être munis d'une couverture protectrice supportant la charge mécanique. Un support de pompe devant être monté sur les lieux du puits devrait comporter un tréteau de montage pour assurer le centrage de la tige de pompe.

Le pompage de sable dans un cylindre plastique peut conduire à une usure rapide; ce risque peut être évité par un choix judicieux de la dimension de mailles de la crépine du puits et par un "développement" adéquat du puits destiné à stabiliser l'aquifère.

Le Centre International de Recherches sur le Développement, ainsi que la Banque Mondiale projettent de procéder à un développement et une estimation des pompes munies d'éléments de matière plastique et d'un support de pompage en bois.

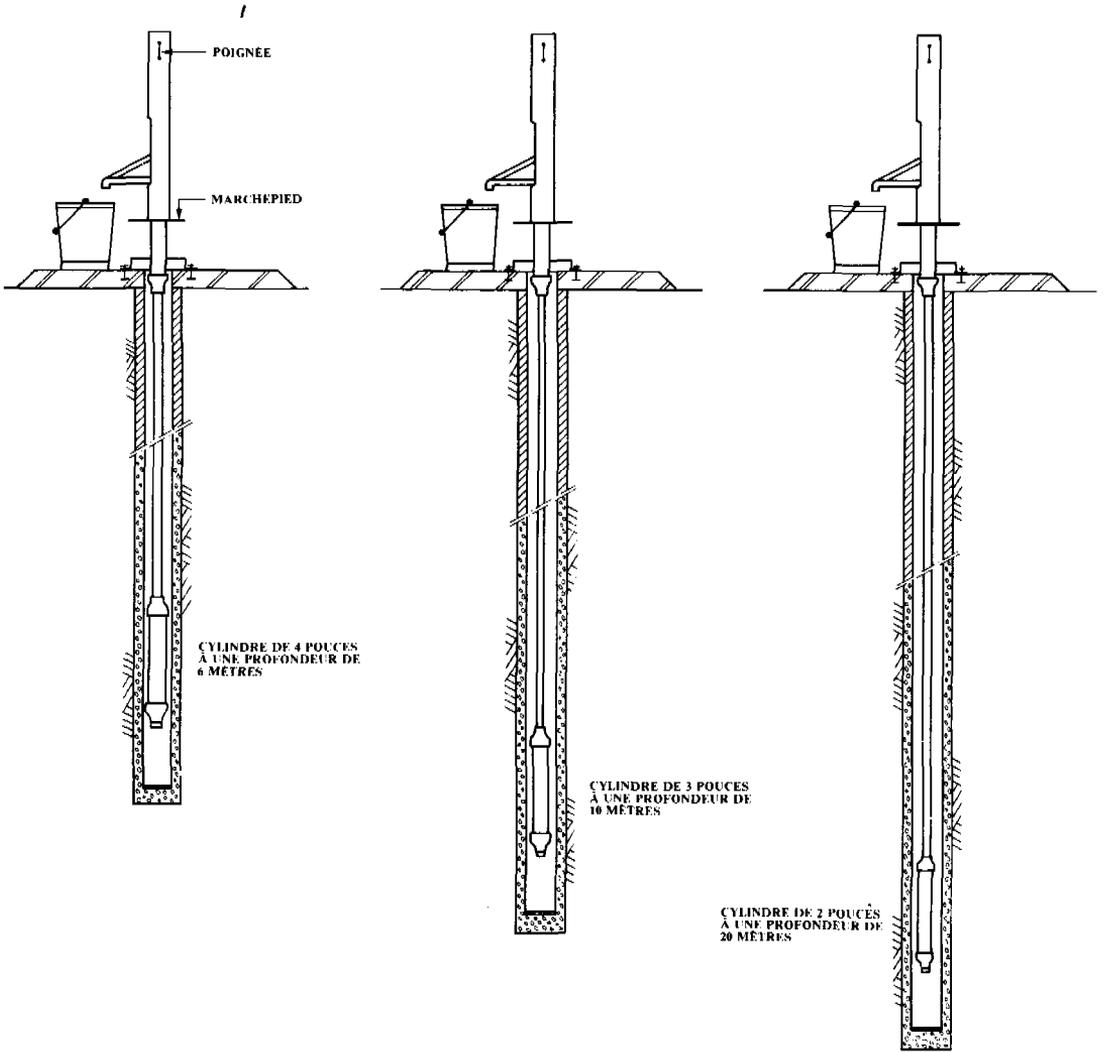
#### 5.7.6 Autres travaux de recherches et de développement

- 1) L'Institut Asiatique de Technologie étudia avec l'aide de l'OMS l'utilisation de pompes à pieds de faible élévation comme pompe d'appoint ou pompe de remplacement dans les installations hydrauliques en milieu rural (Thanh, et al.). Ce travail est la conséquence directe d'une étude entreprise en 1973 par Frankel sur le fonctionnement en Thaïlande de 165 installations villageoises d'approvisionnement en eau. Cette étude révélait en effet que les problèmes de pompage paralysaient l'exploitation des installations pendant 17% de la période considérée et étaient à la base de 57% de toutes les périodes d'arrêt. Les pompes incriminées fonctionnaient à l'électricité ou au pétrole.

L'une des pompes soumises à examen fut développée pour l'irrigation à l'Institut International de Recherches sur le riz aux Philippines sur mandat de recherches de l'AID.

- 2) Une pompe à main standard de fabrication américaine (modèle Dempster 23F EX) est aujourd'hui largement utilisée par l'UNICEF et par d'autres organisations dans des puits de faible profondeur, après avoir subi différentes modifications, telles qu'une amélioration de la résistance à la contrainte, l'utilisation d'axes en acier cadmié munis de manchons de nylon, la fixation d'un tampon de choc en polyuréthane sur l'articulation du pivot pour amortir les coups du bras de levier et de goupilles d'axes non rotatives. Cette pompe est généralement mise en vente avec des cylindres en laiton munis de soupapes en bobines. Son attrait principal est son prix qui est de moins 150 \$ (1975). Dempster a également développé des cylindres en PVC qu'il lance actuellement sur le marché.
- 3) Deux pompes développées par SISCOMA à Dakar, la "Pompe à balancier" et la "Pompe à pied", reprennent au niveau de la conception deux caractéristiques déjà décrites précédemment, soit l'utilisation d'un tuyau de chute ou d'un cuvelage de puits en PVC en guise de cylindre de pompe (pompe U.S.T.) et d'un câble en acier en guise de tige de pompe (pompe Bangalore). La "pompe à pied" est pour sa part munie d'une pédale. (Christensen, de Pury).
- 4) Une pompe à pied appelée "Pompe Kangourou" (voir figure 5-14) a été commercialisée par un fabricant hollandais et testée dans différents projets d'approvisionnement en eau. La tête de pompe est constituée de deux tuyaux glissant l'un sur l'autre et séparés par un ressort. Le tuyau extérieur est relié à la tige de pompe et actionne le piston dans le cylindre de pompe. La course descendante du piston sert à comprimer le ressort qui est ensuite relâché pour permettre la remontée du piston entraînant l'eau de refoulement. Une telle pompe a été testée en Ethiopie (Jensen, 1976).  
Les diamètres de cylindres conventionnels sont de 4 pouces jusqu'à 6 mètres de profondeur, de 3 pouces jusqu'à 10 mètres et de 2 pouces jusqu'à 20 mètres. Le débit varie de 600 à 2000 litres/heure.
- 5) Une entreprise de la R.F.A. travaille au développement de cylindres plastiques. Un rapport préliminaire sur leur vaste programme d'essais est actuellement disponible (Journey, 1976).
- 6) L'adaptation aux besoins indigènes et la production locale de la pompe Battelle/AID sont à l'étude dans plusieurs pays.
- 7) L'Université de Maryland (USA) procède actuellement à différents essais sur les paliers de bois.
- 8) Les possibilités de perfectionnement de la pompe "Uganda" sont à l'étude en Ethiopie.
- 9) Des programmes comparatifs d'essais et d'évaluation en matière de pompes sont en cours ou tout au moins projetés dans plusieurs pays comme le Ghana et l'Ethiopie.
- 10) Une pompe utilisant des carcasses de tuyaux en fer galvanisé, la pompe Sialkot, est en cours de développement au Pakistan.
- 11) Un fabricant anglais concentre actuellement ses recherches sur des pompes à main à éjection.

FIGURE 5-14 LA POMPE "KANGOUROU"



- 12) Le Centre International de Recherche sur le Développement finance des travaux d'évaluation sur les nouveaux développements de pompes dans les secteurs chimique et bio-médical et sur leurs applications possibles sur les pompes à main.
- 13) D'importants travaux de recherches sont en cours dans les secteurs du pompage solaire et de la technologie éolienne.

#### 5.7.7 Développement de pompes entrepris par les institutions nationales

Au cours de ces dernières années, les institutions nationales ont dans de nombreux pays entrepris de développer ou d'améliorer le système indigène de pompes. De tels travaux sont en cours dans les pays suivants: Afghanistan, Bangladesh, Burma, Indes, Indonésie, Pakistan, Philippines et Thaïlande, Ethiopie, Kenya, République Malgache, Malawi, Mali, Tanzanie, Tunisie et Zambie, Bolivie, Costa Rica, Honduras, Equateur et Nicaragua.

### 5.8 TECHNOLOGIE INTERMÉDIAIRE

Certaines organisations, telles que les "Volunteers for International Technical Assistance"(VITA), the Intermediate Technology Group, Ltd. (ITG), s'intéressent de très près au développement d'une technologie "appropriée" ou "intermédiaire" pour les zones rurales et ont rassemblé un nombre considérable de renseignements sur des pompes pouvant être fabriquées en ateliers et par des artisans de village. De nombreuses idées recueillies par les institutions susmentionnées et par une enquête réalisée dans le cadre de l'IRC sont énumérées dans la bibliographie. Certains parmi les projets les plus prometteurs sont présentés en détail dans les chapitres 6.4 à 6.8. Le groupe VITA a récemment publié un rapport (Spangler, 1975) sur des pompes à main de village en caoutchouc, bois et matières plastiques pouvant être construites dans le cadre d'ateliers locaux. (Voir figure 5-13). De telles

pompes ont été produites en petites quantités dans plusieurs pays.

## 5.9 OBSERVATIONS GÉNÉRALES

Les observations suivantes se basent sur de récents travaux de recherches et de développement en matière de pompes à main :

- 1) Des améliorations qui se révèlent évidentes dans les bureaux et les laboratoires n'ont souvent aucune application pratique sur le terrain. On en déduit donc que le succès d'un projet en laboratoire ne garantit pas son succès sur le terrain.
- 2) De nombreux chercheurs semblent ignorer le fonctionnement des autres pompes à main. La littérature disponible à ce sujet est pour ainsi dire inexistant et la communication entre les chercheurs se révèle difficile. Les moyens de communication sont inadéquats.
- 3) Les informations en matière de coût sont insuffisantes pour permettre des décisions opérationnelles. Les coûts de renouvellement ne sont jamais analysés.
- 4) L'établissement de comparaisons et d'évaluation de pompes à main nécessiterait des définitions, des critères de jugement et des méthodologies communes, ce qui fait actuellement défaut. Certains chercheurs ont même omis de mesurer la hauteur d'élévation d'eau, d'autres de compter les cycles de leurs tests.
- 5) La méthodologie expérimentale est rarement précisée; souvent même l'hypothèse n'est énoncée qu'implicitement. L'objectivité scientifique laisse beaucoup à désirer. Les conclusions sont souvent tirées hâtivement sur la base de tests limités dans le temps et dans l'ampleur et de prototypes de fabrication artisanale.
- 6) De nombreuses hypothèses de base restent invérifiées. Par exemple, aucune étude consciencieuse et définitive n'a encore été publiée (1976) sur l'usure et l'abrasion des tuyaux de PVC utilisés comme cylindres de pompes.
- 7) Les études interdisciplinaires sont rares. Les découvertes récentes en matière d'ergonomie, d'anthropométrie, de métallurgie, de lubrification, de frottement, de science des matériaux et autres encore ont été à quelques exceptions près ignorées.
- 8) De nombreux chercheurs ont grossièrement sousestimé l'usure et la charge des coussinets courantes dans les pompes à main pour puits profonds d'usage collectif. De nombreux bras de pompes reçoivent plus de 5 millions de coups de piston par an. La tension moyenne de la tige de pompe est supérieure à 300 lb (140 kg) pour un cylindre de trois pouces (environ 75 mm) et sous une hauteur de chute de 100 pieds (30 m); une charge instantanée peut conduire à une tension beaucoup plus forte.

- 9) Tous les programmes de recherches et de développement, à l'exception des plus importants, devraient débiter modestement par l'amélioration des modèles existants disponibles sur place et concentrer leurs efforts sur un entretien mieux adapté, des coussinets plus larges, de meilleurs joints de cuvette et des cylindres plus lisses.
-

## 6. FABRICATION LOCALE DE POMPES A MAIN

### 6.1 CONSIDÉRATIONS FONDAMENTALES

L'opportunité d'une production locale de pompes à main est basée sur la présence de différents facteurs, tels que:

- (1) coûts d'investissement avantageux
- (2) économie en matière de transport
- (3) réduction des exigences de change
- (4) encouragement de l'industrie et de la main-d'oeuvre locales
- (5) meilleure accessibilité aux pièces de rechange
- (6) production d'une pompe à main adaptée aux conditions locales.

Il y a de par le monde des centaines de milliers, voire des millions de pompes à main abandonnées. Aucune économie ne pourra être réalisée avec des pompes qui ne fonctionnent pas. C'est pour cette raison que les pompes à main fabriquées sur place (ou importées) devraient justifier d'une qualité suffisante pour répondre aux exigences requises.

Avant de se lancer dans une fabrication, il est nécessaire d'examiner les différentes alternatives possibles. Par exemple, les éléments de la pompe doivent-ils être achetés sur place, importés d'un pays voisin ou fabriqués dans le pays; les différentes pièces de la pompe doivent-elles être coulées en fonte (ce qui implique des installations de fonderie), fabriquées au moyen de soudures ou sur la base de diverses formes plastiques. L'aspect économique et technique de chaque alternative doit être consciencieusement étudié.

Deux types de fabrication locale doivent être considérés. Le premier est une production de masse dans les fonderies, les ateliers de construction mécanique et dans les industries de pompes d'acier ou de fonte semblables à celles travaillant pour le marché d'exportation. Cette forme de fabrication se révèle pratique et est adoptée dans de nombreux pays en voie de développement. Le second type de fabrication, qui se satisfait d'un niveau technologique inférieur, conduit à une production

de petite importance réalisée par des artisans de village. Ces deux types de fabrication jouent un rôle important; toutefois, à l'exception des cas des pays les plus petits, les moins peuplés ou les moins développés, c'est le premier type qui se révélera généralement le plus efficace en raison de la capacité qu'il offre pour une production massive de pompes plus durables et plus facilement interchangeables.

Les pompes à main sont constituées d'éléments très dissemblables, c'est la raison pour laquelle le montage d'une pompe complète requiert le concours de fournisseurs de pièces en fonte et en cuir, de tiges, de tuyaux, de soupapes, d'axes, d'écrous, de boulons et autres encore.

## **6.2 POMPES À MAIN CONVENTIONNELLES EN FONTE**

### **6.2.1 Pratiques de coulage**

La plupart des pompes à main pour eau potable existant de par le monde dispose de corps de pompe en fonte et de cylindres en fonte ou en laiton. Ces matériaux ont donné entière satisfaction pendant plus de 100 années déjà, et continueront vraisemblablement à braver pendant longtemps encore la concurrence des autres matériaux. De nombreuses fonderies des pays en voie de développement ont prouvé que cette forme de fabrication était dans le cadre de leurs possibilités. Trop souvent toutefois, un contrôle de qualité consciencieux a été négligé pour favoriser une compétition méprisant les critères qualitatifs de base en matière de produit.

### **6.2.2 Composition et qualité du fer et du coke**

Les matériaux de base pour les pièces coulées grises sont le fer de gueuse et le coke. Le fer de gueuse utilisé pour les pompes devrait correspondre aux normes présentées au tableau 6-1 (Fannon et Varga, 1972).

Les valeurs proposées pour le carbone ne constituent qu'une indica-

TABLEAU 6-1

## SPÉCIFICATIONS DU FER DE GUEUSE DE FONDERIE

valeurs en pour-cent

<u>Silicium</u>	<u>Carbone</u>	<u>Manganèse</u>	<u>Soufre</u>	<u>Phosphore</u>
2.50 - 2.75	4.10 - 3.85	0.50 - 1.25	0.05 max.	0.30 - 0.50
2.76 - 3.00	4.05 - 3.70	0.50 - 1.25	0.05 max.	0.30 - 0.50
3.01 - 3.25	3.90 - 3.65	0.50 - 1.25	0.05 max.	0.30 - 0.50
3.26 - 3.50	3.85 - 3.60	0.50 - 1.25	0.05 max.	0.30 - 0.50

D'après Fannon et Varga (1972)

tion de la teneur désirée en carbone. Obtenir du fer de gueuse de fonderie à des teneurs spécifiques en silicium et en carbone se révèle difficile. Celles-ci devraient toutefois être équilibrées, afin d'éviter de trop grandes variations dans la composition des pièces produites. La teneur en silicium devrait et peut correspondre aux valeurs prescrites, la teneur en carbone devrait pour sa part s'en approcher raisonnablement. Par exemple, la teneur en silicium peut être spécifiée entre 2.76 et 3.25%, la teneur correspondante en carbone devrait être de l'ordre de 4.05 à 3.65%. (Les teneurs en carbone sont mentionnées intentionnellement dans l'ordre décroissant parce que l'augmentation de la teneur en silicium dans la fonte entraîne la diminution de la teneur en carbone. C'est là l'une des caractéristiques du processus de haut fourneau utilisé pour la fabrication de la fonte). Une forte concentration de phosphore peut conduire à la formation de cémentite, mélange eutectique de carbure et de phosphore de fer qui peut causer une fragilité excessive, présenter une faible résistance aux chocs et être difficile à usiner. Les spécifi-

cations devraient également comporter une analyse chimique périodique du fer de gueuse mise à disposition par le fournisseur et vérifiée par de nouvelles analyses avant l'acceptation du matériau.

L'achat du coke de fonderie devrait également être conditionné par les spécifications, bien que celles-ci soient plus difficiles à atteindre que pour le fer de gueuse; les spécifications devraient en fait servir de ligne directrice dans les contrats d'achat. Le tableau 6-2 présente une spécification recommandée pour le coke (Fannon et Varga, 1972). En outre, le pouvoir calorifique devrait atteindre en moyenne 2500 millions BTU par tonne courte, soit 0.694 Gcal/tonne. Pendant son stockage, le coke devrait être couvert et protégé de l'humidité.

TABLEAU 6-2

**SPÉCIFICATIONS DU COKE DE FONDERIE \***

POIDS PAR POUR-CENT

<u>Carbone fixé</u>	<u>Matière volatile</u>	<u>Teneur en cendres</u>	<u>Teneur en soufre</u>
88.0 min.	1.0 max.	12.0 max.	1.0 max.

\* D'après Fannon et Varga (1972)

Les valeurs proposées ci-dessus peuvent servir de directives pour l'achat du coke de fonderie; toutefois, tout devrait être entrepris pour obtenir des coques de fonderie présentant des teneurs en cendres minimales. La teneur en soufre devrait également être aussi faible que possible. Une teneur élevée en soufre dans le coke de fonderie se retrouvera dans la fonte produite, provoquant ainsi une augmentation des risques de problèmes métallurgiques.

### 6.2.3 Préparation des moules et des noyaux

La fabrication d'une pompe en fer requiert un plan de fabrication à l'échelle servant à préparer à l'aide d'un tour un modèle de bois de la forme et de la taille du corps principal de la pompe. Le bras ainsi que les autres parties indépendantes sont préparés séparément. De par sa forme creuse, c'est le corps de pompe qui est le plus difficile à réaliser. Le modèle ou gabarit est coupé par sa moitié dans la longueur. Des trous d'assemblage sont percés, afin de permettre un montage parfait des pièces. Un second modèle destiné à s'ajuster dans l'alésage de la pompe est appelé "noyau". Voir figure 6-1.

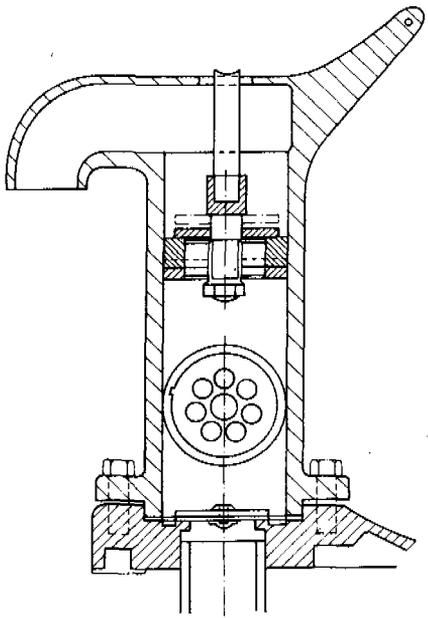
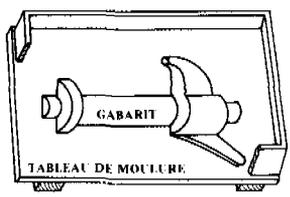
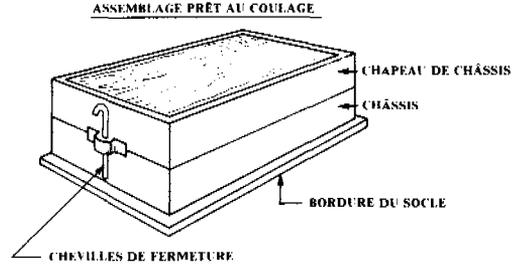
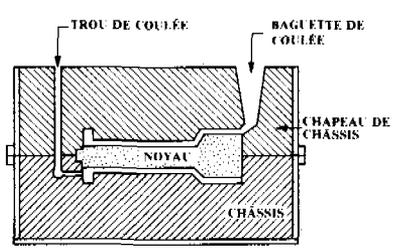
Le noyau est utilisé pour former la cavité dans la pompe; cette cavité est ensuite usinée jusqu'à l'obtention des dimensions et de la tolérance requises pour l'adaptation du piston dans de nombreuses pompes à main pour puits peu profonds. Ce noyau cylindrique est inséré dans le moule après que le gabarit de bois en ait été retiré. Le noyau est préparé dans des moules en bois (boîtes à noyaux) et placé dans un four à basse température (environ  $400^{\circ}\text{C} = 752^{\circ}\text{F}$ ) pour durcir et sécher.

Pendant le coulage, le noyau est entouré de métal très chaud; étant par conséquent exposé à des températures très élevées, il doit être constitué d'un sable à noyau spécial à forte proportion de silice. Des liants spéciaux doivent être mélangés au sable à noyau pour en améliorer l'agglomération. Ces matériaux, se présentant tant sous une forme liquide que solide, sont généralement constitués de farine de blé, de seigle bouilli, de résine en poudre et d'huile de lin.

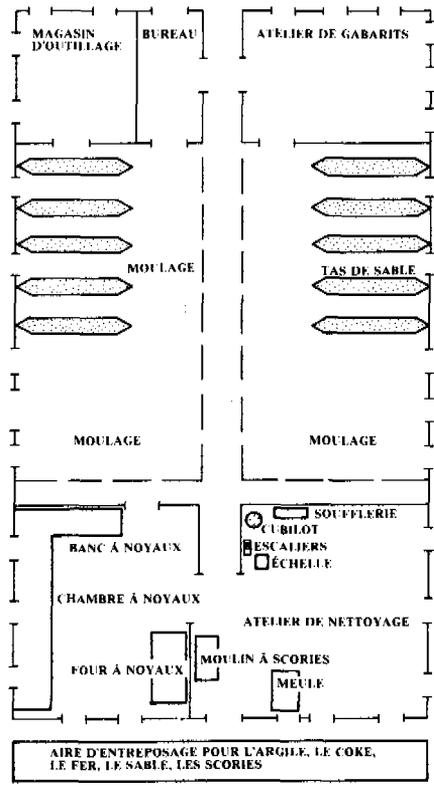
L'élément le plus important du travail est la préparation des cavités dans le sable, c'est-à-dire la préparation des moules; en effet, si ce travail n'est pas effectué correctement, il s'ensuivra

FIGURE 6-1

SCHEMA ET EQUIPEMENT TYPIQUE D'UNE FONDERIE



COUPE TYPIQUE D'UNE PETITE POMPE POUR PUISIS PEU PROFOND



un coulage défectueux. Les moules sont façonnés à la main pour atteindre la forme requise. Les gabarits de bois pour le moule devraient être surdimensionnés pour permettre un retrait dans la pièce en fonte. En passant de la chaleur de fusion à la température ambiante, la fonte se rétracte d'environ 1/8 de pouce par pied (environ 1%).

Seul un examen attentif du sable disponible permet d'obtenir une qualité excellente adaptée à l'utilisation en fonderie. Le sable devrait être bien trié, soigneusement examiné et disposer d'un point d'agglomération élevé de 2500°C (4532°F). Un nouveau moule doit être préparé pour chaque opération de coulage. Le sable sélectionné avec soin peut être redamé et utilisé pour d'autres moules en y ajoutant du sable nouveau pour permettre une meilleure agglomération. La perméabilité ou la propriété du sable damé de permettre le passage des gaz est un élément très important. Les sables fins composés de particules mordantes et anguleuses se révèlent mieux adaptés aux travaux généraux de moulage, étant donné qu'ils présentent une bonne porosité et des qualités appréciables en matière d'agglomération, ceci en raison d'une structure plus ouverte que celle des sables à grains ronds.

Pour faire le moule, un long châssis sans fond ni sommet est posé sur une planche plate de grandes dimensions. Une moitié de la pompe est posée, le côté plat sur la planche, à l'intérieur du châssis. Du sable de moulage est versé autour du gabarit pour être ensuite foulé et damé jusqu'à l'obtention d'une consistance ferme.

Le demi-moule est soigneusement retourné et le surplus de sable enlevé au râteau. La seconde moitié du gabarit est placée sur les chevilles, afin d'obtenir un assemblage parfait des deux moitiés. Le sable qui se détache sera arrosé pour empêcher tout effet de collage sur le moule.

Le chapeau ou dessus du châssis de moulage est alors fixé, serré,

rempli de sable et fortement damé. Un trou de coulage est aménagé en introduisant un bâton rond dans le sable à la hauteur du gabarit ou près de celui-ci. Les deux parties sont séparées et le gabarit est retiré, après avoir imprimé au moule la forme et la taille exactes de la pompe.

Le noyau est désormais prêt à être placé dans le moule. Mais auparavant, ce noyau ainsi que l'intérieur du châssis de moulage seront recouverts d'une couche de graphite destinée à éliminer tout risque d'adhérence et à adoucir la surface de la pièce moulée. Un axe ou un prolongement fixé en saillie à chaque extrémité du noyau repose dans une rainure qui le tient suspendu dans le moule. De petits séparateurs de métal, semblables à des clous courts munis de deux têtes et appelés "supports d'âme", sont destinés à assurer le maintien du noyau en bonne position. Ces séparateurs sont absorbés dans la pièce moulée.

La fabrication en aluminium d'une série complète des gabarits principaux d'une pompe à main peut coûter plusieurs milliers de dollars. C'est pour cette raison qu'une institution visant à la standardisation de ses pompes à main et désireuse de respecter la concurrence des prix pour de petites commandes peut envisager de posséder ses propres gabarits et de les prêter à des conditions intéressantes.

Les trous de coulée sont des canaux aménagés dans le moule pour permettre au métal en fusion d'atteindre la cavité de la pièce coulée. La baguette de coulée est cette partie du moule où s'écoule le métal en excès sur la pièce coulée; elle sert en outre à maintenir le corps du moule plein et à récupérer toute forme de saleté et d'écume. La baguette de coulée est également appelée à évacuer l'air chassé du moule par l'arrivée du métal au moment du remplissage du moule. Dans le cas d'une pièce coulée de petites dimensions, une seule baguette et un seul trou de coulée suffisent, étant donné que le métal en fusion

n'a pas un long chemin à parcourir.

#### 6.2.4 Fusion des métaux

Le cubilot est le fourneau de fonderie le plus répandu pour la fusion du fer destiné à des pièces coulées ordinaires. Le cubilot est chargé de fer de gueuse, de pierre à chaux, de riblons (pièces coulées défectueuses, vannes et baguettes de coulée) et de vieux fers, le tout dans une proportion calculée en fonction de la composition désirée pour les pièces à couler. Ce cubilot est un fourneau droit ouvert à son sommet, recouvert de briques réfractaires et muni de portes de chargement situées à mi-paroi. On introduit donc en alternance dans ce four des couches de coke et de fer, ajoutant une petite quantité de pierre à chaux pour fondre la cendre de coke et rendre les scories plus fluides. Les scories sont constituées de cendres de coke, d'impuretés du métal et de matériaux provenant des parois latérales du cubilot. La quantité de coke utilisée dans chaque chargement varie entre un quart et un douzième du poids du fer fondu, cette proportion étant déterminée par la quantité de vieux fers utilisée et la température désirée pour le coulage.

De l'air destiné à brûler le coke et à produire la chaleur nécessaire pour fondre le fer est introduit par les tuyères. Le fond du cubilot est pour sa part muni de deux portes en fonte à charnières qui seront rabattues lorsque tout le métal fondu aura été retiré, ceci devant permettre la chute et l'évacuation des résidus de fer restés dans le cubilot. Le cubilot est entouré à sa base d'une boîte à vent où l'air s'engouffre sous l'action d'un ventilateur. La boîte à vent est reliée à l'intérieur du cubilot par des tuyères de fonte s'évasant légèrement vers le haut.

La composition chimique du métal coulé du cubilot est déterminée

par la composition chimique des matières métalliques introduites, la quantité de coke utilisée et la proportion d'air injectée dans le cubilot. L'adjonction d'alliages de fer dans la poche de coulée ou dans l'avant-creuset (si une telle installation est à disposition) permet de procéder à de légères rectifications de la composition chimique lorsque le métal est déjà coulé. Ces techniques ne sont toutefois pas toujours facilement applicables dans les pays en voie de développement.

#### 6.2.5 Coulage de la pièce de fonte

La partie supérieure du moule, appelée chapeau de châssis, doit être alourdie d'un poids pour éviter que la force du métal ne la soulève et ne permette ainsi au métal de s'écouler entre le chapeau de châssis et le châssis lui-même et de s'y solidifier. Le mouleur prend du four une poche de métal en fusion à une température adéquate pour la verser sur le trou de coulée du moule en un flot constant qui ne doit en aucun cas être interrompu. Le trou de coulée devrait rester constamment rempli de métal pour réduire au minimum le processus de lavage du sable dans le moule. La coulée doit se poursuivre jusqu'à ce que le niveau du métal atteigne le sommet de la baguette de coulée. Le métal, appelé à refroidir et à se solidifier avant d'être sorti du moule, apparaît alors comme la pièce coulée brute. Le trou et la baguette de coulée sont coupés de la surface de la pièce de fonte et le corps brut de la pompe passe au nettoyage.

#### 6.2.6 Nettoyage de la pièce coulée

La première opération est généralement le retrait du noyau de sable sec par ébranlement. Les baguettes de coulée peuvent ensuite être cassées au moyen d'un marteau et d'un ciseau ou coupées à l'aide d'une scie à métaux. L'élimination des aspérités s'effectue à l'aide d'une meule portable électrique et le sable de surface qui pourrait avoir

fondu avec la pièce coulée peut être nettoyé avec une brosse en fer.

#### 6.2.7 Bras de levier, calotte et autres pièces coulées

Dans la mesure où ces éléments sont des pièces coulées beaucoup plus simples, les procédés employés sont les mêmes que pour le corps de pompe.

#### 6.2.8 Usinage

Le finissage du corps de pompe, de la plaque de fond et du piston s'effectue dans l'atelier.

Un peu de sable adhère toujours très fortement à la surface des pièces coulées, même après les nombreux chocs et secousses enregistrés au moment du retrait des baguettes de coulée. Ce sable peut être évacué par nettoyage à la brosse métallique ou par l'application d'une technique particulière consistant à tirer à grande vitesse sur les pièces coulées des petites balles d'acier ou d'autres métaux relativement durs. Le choc de millions de ces petites balles se révèle très efficace pour l'élimination de ce sable. Une autre méthode préconise l'utilisation d'eau à haute pression pour cette opération. Des tambours peuvent être utilisés pour les pièces de petites dimensions.

Le meulage abrasif est utilisé pour éliminer toute aspérité sur la pièce de métal. L'opération de meulage consiste à rectifier à la meule les irrégularités du métal et à conférer à cette partie de la pièce coulée la forme et le contour désirés. Certains défauts se manifestant par des protubérances métalliques sur la pièce coulée proviennent du processus de coulage lui-même. Ces protubérances peuvent également être éliminées par meulage. Il existe deux méthodes classiques de meulage, l'une utilisant des meules fixées à une base installée sur le sol et l'autre employant des outils de meulage à main. La première méthode

s'applique aux pièces coulées pouvant être prises en main pour l'opération. Des gabarits et des supports sont généralement utilisés pour permettre de n'éliminer que les parties en excès. Pour l'élimination de protubérances métalliques sur des pièces coulées de grandes dimensions, on se servira généralement de meules à main équipées de roues d'un diamètre de 6 à 8 pouces (15 à 20 cm). Des outils de meulage plus petits encore, disposant de meules cylindriques ou à pointe, sont utilisés pour des pièces de toute dimension lorsqu'il s'agit d'éliminer des protubérances métalliques dans des cavités profondes ou sur des surfaces au relief compliqué.

Après avoir été meulées, les pièces de fonte sont prêtes pour l'étape suivante qui est constituée par les opérations d'alésage, de perçage, de filetage et de dressage. Tous ces travaux peuvent être menés à bien à l'aide de tours et de perceuses. Bien que des installations automatiques soient à disposition pour la production de masse, les petits ateliers doivent pour leur part se satisfaire de supports, de gabarits et de meules préparés par leurs soins. Des cavités permettant de positionner les trous à percer, les gabarits et les supports seront nécessaires pour garantir l'interchangeabilité des pièces, des jauges et de l'outillage spécial dans le cas d'une production plus grande.

#### 6.2.9 Exigences requises pour l'installation d'une unité de fabrication

L'agencement complet d'une installation de fabrication de pompes à main comprend une fonderie et un atelier mécanique. Si l'occasion se présente, il pourrait se révéler plus économique de commencer par acheter les pièces coulées à des tiers, ce qui permettrait de limiter l'investissement initial aux seuls coûts d'installation d'un atelier de machines. Si une fonderie est construite dans le cadre des

investissements de base, la fabrication de pièces coulées pour des tiers peut également être envisagée.

L'équipement en matière de machines et d'outils dépendra du niveau de production, les opérations de base comprenant toujours le meulage, l'alésage, le perçage, le filetage et le découpage. Une meule simple, un disque ou encore une courroie à poncer peuvent être utilisés pour polir les surfaces de contact. Le tour sert à percer des trous de grandes dimensions. Les outils destinés au filetage se révèlent également nécessaires, y compris les matrices de taraudage de tuyaux (raccordement pour le tuyau de chute). Une perceuse d'établi est utilisée pour les trous de faibles dimensions, alors que le découpage des cuirs peut se faire à l'aide d'une presse à bras.

La figure 6-2 reprend un schéma "modèle" proposé par Battelle pour un atelier mécanique et une fonderie. Ce croquis prévoit une surface de quelque 256 pieds carrés par machine (soit approximativement 5 mètres sur 5), mais ne détermine pas la place exacte des machines - outils, des couloirs ou des pièces à travailler, ceci dépendant largement des possibilités d'organisation. Ce croquis est conçu de façon à respecter le déplacement naturel des matériaux et des pièces à travers l'atelier. La fonderie est placée sur la gauche; les pièces coulées circulent donc de gauche à droite vers l'atelier des machines, traversent les secteurs de vérification, de peinture, de stockage, d'assemblage pour enfin atteindre l'expédition. Les pièces terminées sont stockées, puis assemblées juste avant l'expédition. L'assemblage des pièces pourrait parfaitement s'effectuer avant le stockage, toutefois, comme il ressort du croquis, les éléments de pompe stockés peuvent être soit assemblés pour constituer des pompes complètes, soit expédiés sous forme de pièces détachées.

FIGURE 6-2 SCHEMA D'UNE FONDERIE ET D'UN ATELIER MECANIQUE DESTINES À LA PRODUCTION D'UNE POMPE À MAIN  
(D'APRÈS FRINCK ET FRANNON)

REMARQUE : TOUTES LES MESURES SONT EN PIEDS

<p>FONDERIE 56 x 64 = 3584</p>	STOCKAGE DE TUYAUX ET DE TIGES 8 x 24 = 192		COUPAGE DES TUYAUX ET DES TIGES 8 x 24 = 192		FILIÈRE À TUYAUX 16 x 16 = 256	NETTOYAGE . ENROBAGE ÉTUVAGE 16 x 32 = 512		
	STOCKAGE DE PIÈCES COULÉES ET MEULAGE 16 x 32 = 512	TOUR 16 x 16 = 256		PERCEUSE 16 x 16 = 256		MEULE POUR OUTILS 8 x 16 = 128	STOCKAGE DE CYLINDRES ET D'AXES 8 x 16 = 128	EXPÉDITION 16 x 16 = 256
		TOUR 16 x 16 = 256		PERCEUSE 16 x 16 = 256		CONTRÔLE ET PEINTURE 16 x 32 = 512		
	BUREAU 16 x 16 = 256	TOUR 16 x 16 = 256		PERCEUSE 16 x 16 = 256		ENTREPOSAGE 16 x 32 = 512		
	ASSEMBLAGE 16 x 32 = 384							

Le tableau 6-3 indique les besoins en personnel pour un atelier de machines produisant de 20 à 40 pompes ou plus par jour. L'estimation de 20 pompes par jour est basée sur l'utilisation d'un minimum de gabarits et de supports et d'outils de découpage simples. Le passage à un outillage plus sophistiqué, semi-automatique, permettrait d'accroître la production à 40 pompes complètes ou plus par jour sans augmentation de personnel.

Quelque 3600 pieds carrés (330 m<sup>2</sup>) ont été réservés pour la zone de fonderie; ces dimensions pourront être ajustées aux exigences de l'ouvrier de fonderie en fonction de la méthode utilisée pour la préparation des moules et le coulage. Les 330 m<sup>2</sup> susmentionnés ne comprennent pas beaucoup d'espace autour du cubilot ou de l'aire de

TABLEAU 6-3

**PERSONNEL DE L'ATELIER MÉCANIQUE\***

Activité	Nombre de personnes
Matériaux, manutention, expédition, réception (manoeuvres)	2
Meulage	1
Tournage	3
Travail à la perceuse	3
Découpage	1
Filetage des tuyaux	1
Enrobage des tuyaux	1
Contrôle et peinture	1
Assemblage de filière	1
Chef d'atelier	1
Total	15

\* Le nombre de personnes se base sur une production minimale de 20 pompes par jour. D'après Frink et Fannon (1967)

stockage des matières premières.

Le tableau 6-4 présente les exigences en matière de personnel de fonderie.

Le fonctionnement de la fonderie dépend en réalité des besoins de l'atelier mécanique. La production de la fonderie se monte à quelque 1200 pièces par semaine, ce qui, dans le cas de deux coulées par semaine, équivaut à 600 pièces par coulée ou environ 4300 livres. On estime que 10 personnes peuvent accomplir ce travail, le résultat dépendant toutefois de leur motivation et des outils dont ils disposent. Un développement de la production impliquerait une augmentation de personnel en premier lieu dans le cadre de la fonderie. Le personnel de fonderie devrait être appelé non seulement à fabriquer les moules, mais également à participer au coulage, à l'extraction des pièces et à leur transport à l'atelier mécanique. Ce sont le chef d'atelier et les préposés aux matériaux qui devraient effectuer le premier chargement du cubilot, aidés ensuite par les mouleurs au moment du coulage. L'unité de fabrication en question, représentant quelque 9000 pieds carrés et 25 personnes, peut produire de 20 à 40 pompes complètes ou plus par

TABLEAU 6-4

**PERSONNEL DE FONDERIE\***

<u>Fonction</u>	<u>Nombre de personnes</u>
Mouleurs	7
Fabricants de noyaux	1
Préposé aux matériaux	1
Chef d'atelier	1
Total	10

\* *Personnel basé sur le coulage de 4300 livres (600 pièces) deux fois par semaine. D'après Frink et Fannon (1967)*

jour. Une augmentation de la production pourrait être assurée par l'engagement de quelques unités supplémentaires dans le personnel de fonderie. Aucune spécification particulière n'est donnée pour les dimensions du cubilot; toutefois, le modèle le plus petit commercialisable aux Etats-Unis peut produire environ une demi-tonne par heure et n'occuperait qu'une petite surface dans la fonderie.

#### 6.2.10 Information supplémentaire

La société américaine du personnel de fonderie, Golf and Wolf Roads, Des Plains, Illinois 60016 (U.S.A.) publie de nombreux guides, manuels et autres documents sur les aspects pratiques du travail de fonderie. Le groupe de technologie intermédiaire, 9 King Street, Londres WC2 8HM édite une publication sur la fonderie.

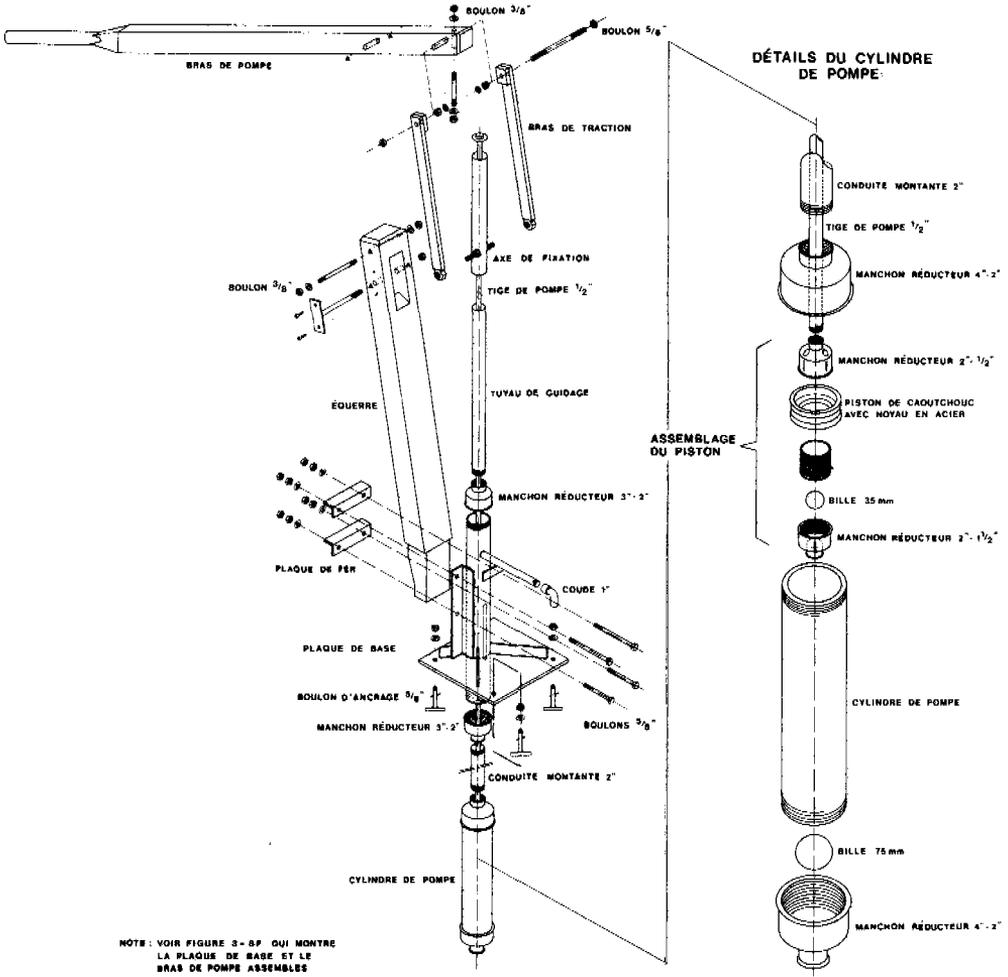
### **6.3 POMPES À MAIN FAITES D'ÉLÉMENTS DE TUYAUX EN ACIER, EN BOIS OU EN MATIÈRE PLASTIQUE**

L'utilisation de pompes composées d'éléments standards de tuyaux ou d'éléments soudés représente une alternative aux pompes en fonte. Les premières ne sont pas nécessairement moins coûteuses, mais elles contournent la nécessité d'une fonderie; elles sont généralement faites d'un tuyau d'acier ou de fer galvanisé ou, dans quelques cas, d'un tuyau en matière plastique.

Les exemples sont très répandus. L'une de ces pompes utilisée en Afrique Orientale est la pompe "Uganda" ou "Craelius" présentée à la figure 3-12. Cette pompe, fabriquée à Nairobi, comprend également du bois dans le bras de levier et l'articulation du pivot. Cette pompe devrait en principe résister aux manipulations peu scrupuleuses et ne nécessiter que peu d'entretien. Relevons encore qu'elle dispose d'un cylindre en laiton muni de soupapes à boulets, ce qui représente une construction coûteuse.

FIGURE 6-3

POMPE A MAIN SHINYANGA



Mis à disposition par le  
 Projet de Puits peu profonds Shinyanga

La pompe "Shinyanga", fabriquée sur place dans le cadre du projet de puits peu profonds de la province du Shinyanga, Tanzanie, représente un autre type de pompe utilisée en Afrique Orientale. La pompe "Shinyanga" dispose d'un bras de levier et d'un pivot en bois. Bien d'autres pièces sont standardisées et en fer galvanisé comme les tuyaux, les raccords, les coudes, les écrous et les boulons. De par son support et le montage de son bras, la pompe "Shinyanga" ressemble fortement à la pompe "Uganda". (Voir figures 3-11 et 6-3).

La pompe "Shinyanga" utilise un seul assemblage de cylindre pour puits profond qui est un fragment de tuyau de PVC non plastifié. Cette solution a été choisie en raison de l'action corrosive des eaux souterraines locales sur la fonte (pH 3) et de la forte proportion de vols de cylindres de laiton (pour en faire des bijoux). Des soupapes à boulets en néoprène sont utilisées tant dans les clapets de piston que dans les soupapes d'aspiration. Les sièges de soupapes sont des manchons réducteurs standard. En lieu et place des joints de cuvette traditionnels, on utilise ici un piston standard industriel de caoutchouc avec centre en acier (coût approximatif 4 \$) en provenance d'Europe occidentale où il est utilisé dans le secteur des machines hydrauliques.

Plusieurs points particuliers d'entretien sont à relever. Les responsables du projet s'attendent à une durée de vie du piston de caoutchouc de 10 ans, ce qui représente à peu près la durée de vie de la pompe et du puits. Les paliers (trous) du bras en bois s'usent rapidement (2-3 mois); toutefois, l'adjonction de manchons de tuyaux de  $\frac{1}{2}$  pouce (13 mm) (avec graissage régulier) prolonge leur espérance de vie à deux ans ou plus.

Le département de la santé de la Province du Korat (Thaïlande) tenta de développer une pompe constituée d'éléments trouvés sur place,

tant pour en faciliter la fabrication que l'entretien (Unakul et Wood). Le corps de pompe et le cylindre sont faits d'un tuyau de 2 pouces sans joint. Des billes d'acier provenant de coussinets anti-friction sont utilisées dans les soupapes de retenue. Le cuir des cuvettes de piston est de provenance locale, de même que le bois dur utilisé dans le bras: la pompe fut montée par un atelier mécanique local. Cette pompe est présentée à la figure 6-4. Des pompes du même genre ont été montées (généralement en petits nombres) au Kenya (Stanley), aux Philippines (Valdes-Pinilla), en Zambie (Suphi) et en d'autres endroits encore.

Les matières plastiques ont été largement utilisées dans les cylindres de pompe, mais rarement dans les têtes de pompe, alors qu'elles étaient souvent proposées à cet effet. Les expériences pratiques réalisées avec des prototypes de pompes à corps plastique au Bangladesh et en Thaïlande ne se sont pas révélées concluantes (Journey, 1974; Beyer, 1975). De nombreuses matières plastiques sont sensibles aux rayons ultraviolets et ne devraient par conséquent pas être exposées constamment à la lumière du soleil (McJunkin, 1971). Il a également été suggéré d'utiliser un tuyau plastique comme tuyau de chute; toutefois, dans de nombreux puits profonds, il arrive que la tige de pompe frotte et use la paroi du tuyau. VITA (Spangler, 1975), de même que Chatiketetu (1973) et d'autres encore ont publié des plans pour des pompes en matières plastiques pour puits peu profonds. Egalement Chatiketetu (1973) et autres.

#### **6.4 SOUDURE D'ATELIER ET FABRICATION**

Les méthodes pratiquées dans les ateliers mécaniques sont trop différentes les unes des autres pour en donner un aperçu récapitulatif. Des directives de premier choix peuvent être puisées dans des publica-

tions à grand tirage (par ex. Baumeister; Camm et Collins; Lascoe, Nelson et Porter; Le Grand; Maynard; Oberg, Jones et Horton; Rothbart, et autres). Ce chapitre met l'accent sur l'évaluation et le contrôle de la qualité de fabrication dans le cadre des programmes de pompes.

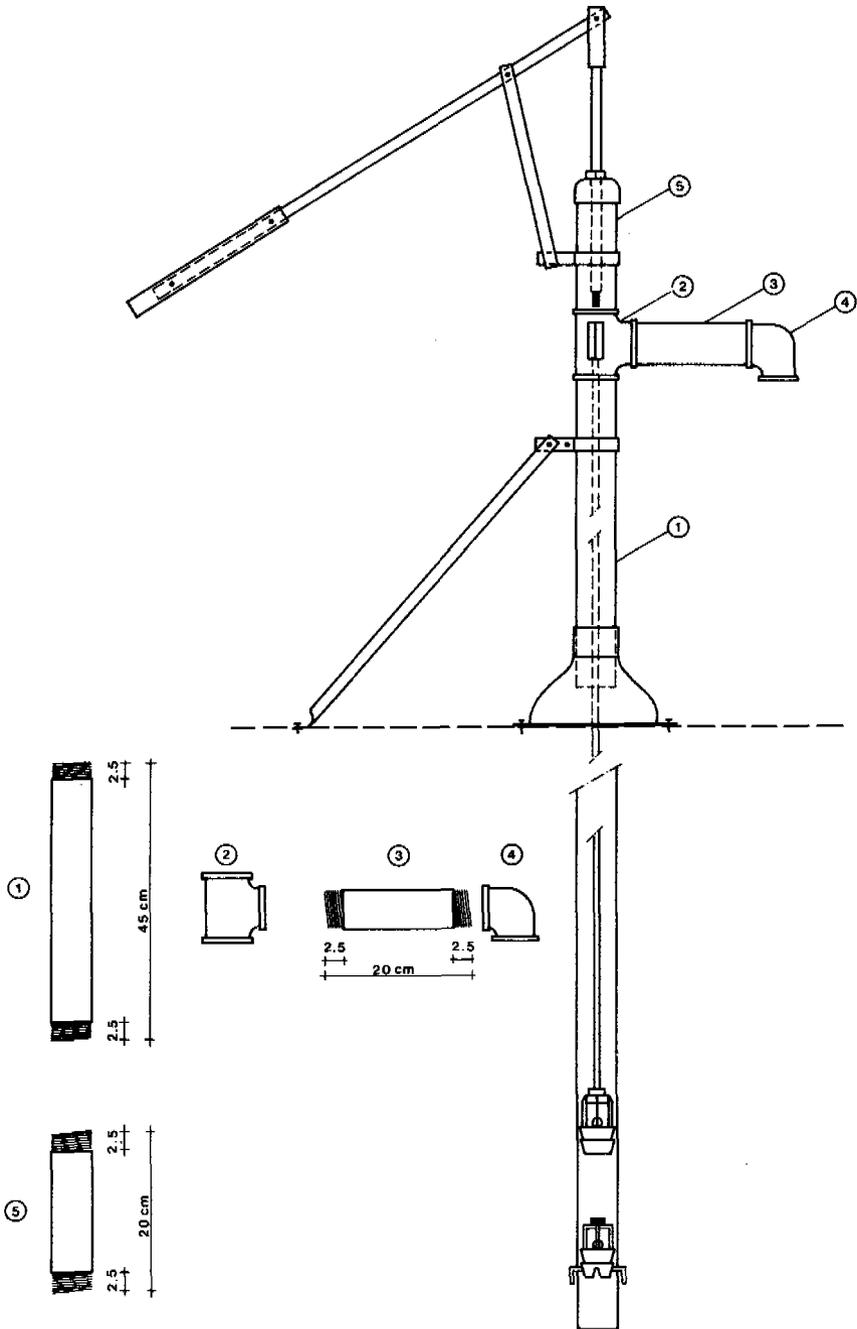
#### 6.4.1 Soudure

Pour de nombreux types de soudure, la seule garantie de qualité est fournie par un examen visuel approprié. C'est la méthode de contrôle la plus largement utilisée en raison de sa facilité et rapidité d'application et de son coût relativement peu élevé. L'examen visuel permet de déterminer dans quelle mesure la soudure répond aux exigences des spécifications.

Le contrôleur devrait être parfaitement au courant des normes d'exécution et des méthodes pratiquées dans les ateliers en question. L'élément à contrôler devrait être fort bien éclairé, au besoin à l'aide d'une lampe balladeuse ou d'un projecteur. Un verre grossissant de faible puissance peut se révéler utile pour l'évaluation qualitative d'une surface. D'autres instruments tels que la loupe et les miroirs dentaires sont précieux pour le contrôle de soudures dans des endroits resserrés ou à l'intérieur de conduites. Les soudures qui ne sont pas accessibles dans le produit fini devraient être contrôlées en cours d'exécution.

Les surfaces et les angles des éléments à souder devraient être contrôlés pour y déceler tout feuilletage, soufflure ou paille. Les grosses écailles, les couches d'oxyde, la graisse, la peinture, l'huile, de même que les résidus de soudures précédentes devraient être éliminés. Il est nécessaire de contrôler immédiatement la forme et la taille des pièces à souder. Tout matériau gondolé, gauchi ou voilé devrait être décelé au cours des premiers stades de fabrication. La préparation des

FIGURE 6-4 POMPE REALISEE AU KORAT (THAILANDE)  
SUR LA BASE D'ELEMENTS DE TUYAUX



arêtes, les angles en biseau, l'alignement des éléments et des montages devraient être contrôlés. C'est la vitesse de mouvement de l'électrode dans la pièce à souder qui déterminera la taille et la forme de la soudure. Une vitesse trop élevée produira un cordon de soudure irrégulier.

L'examen visuel, généralement la première étape de contrôle d'un travail de soudure terminé, permet de déterminer différents facteurs de qualité:

- (1) précision du travail de soudure en matière de dimensions,
- (2) conformité aux exigences des spécifications en ce qui concerne l'étendue, la distribution, la taille, le contour et la continuité des soudures,
- (3) aspect extérieur de la soudure,
- (4) soufflures de surface, telles que crevasses, porosité, cratères, particulièrement aux extrémités des soudures, irrégularités, etc.

Les soudures ne devraient présenter aucune crevasse ou piqûre et aucun caniveau important; elles doivent être lisses et présenter des cordons raisonnables. Une pièce soudée choisie au hasard devrait être pliée jusqu'à la cassure pour tester la prise de la soudure.

#### 6.4.2 Usinage

Les sièges de soupape usinés ne devraient présenter aucune soufflure, crevasse ou piqûre. L'égalité de surface des trous de cylindres et de paliers devrait être vérifiée. Les cordons de galvanisation devraient être éliminés des surfaces de contact. Les pièces appelées à correspondre devraient s'ajuster à plat sur un plan. Les couvercles de support de pompe devraient reposer à plat sur le support, sans risque de basculer. Les trous devraient être adaptés aux axes et vice-versa. Les axes longitudinaux des chevilles et les trous correspondants devraient être correctement alignés.

Les traits de scie devraient être ébarbés; les filets de tuyaux devraient être entièrement coupés et assurer leur propre entraînement,

pas moins de 0.420 pouce pour des tuyaux de  $1 \frac{1}{4}$  pouce et  $1 \frac{1}{2}$  pouce, 0.682 pouce pour des tuyaux de  $2 \frac{1}{2}$  pouces et 0.766 pouce pour des tuyaux de 3 pouces\*.

#### 6.4.3 Supports et gabarits

Un support est un dispositif destiné à tenir un objet pendant que l'outil tranchant effectue son travail, alors que le gabarit est un dispositif qui non seulement tient l'objet mais comprend également un système permettant de guider l'outil dans une position appropriée. Les gabarits sont principalement utilisés dans les opérations de perçage et d'alésage, etc; les supports sont pour leur part employés pour le fraisage et le meulage.

L'usage de supports et de gabarits permet non seulement d'augmenter le taux de la production, mais également de faire appel à du personnel moins qualifié, d'augmenter la précision en matière de dimensions, d'améliorer les ajustages de montage et le caractère interchangeable des éléments.

### 6.5 POMPES À MAIN RÉALISÉES PAR DES ARTISANS DE VILLAGE.

#### 6.5.1 Pompes alternatives en bois et en bambou

Le bois fut jusqu'à la moitié du 19<sup>me</sup> siècle un matériau de construction classique pour les pompes à main (Robins). Avec l'apparition d'un nouvel intérêt pour les technologies appropriées, le bois est promis à un bel avenir, bien que le vieux problème de sa résistance demeure avec autant d'acuité. Des pompes en bois ou en bambou construites et entretenues de façon appropriée et soumises à une utilisation relativement faible, peuvent durer plusieurs années. Ce choix peut se

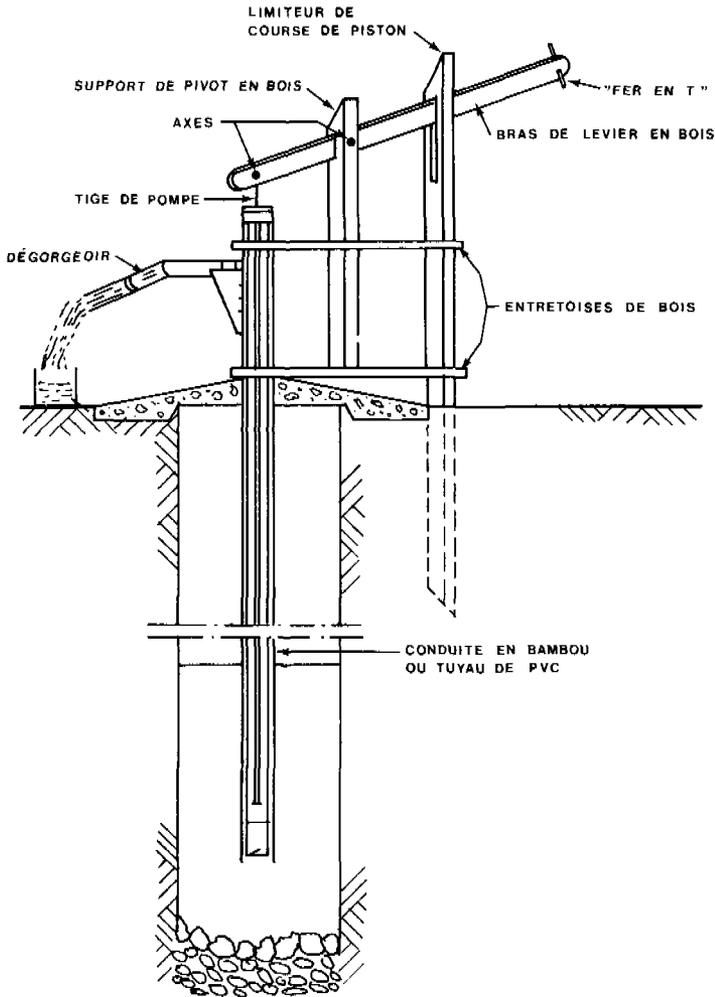
---

\* Les tuyaux de chute au diamètre métrique devraient avoir un entraînement fileté minimal comparable.

révéler économique dans certaines circonstances, lorsque par exemple ces pompes relèvent du domaine privé.

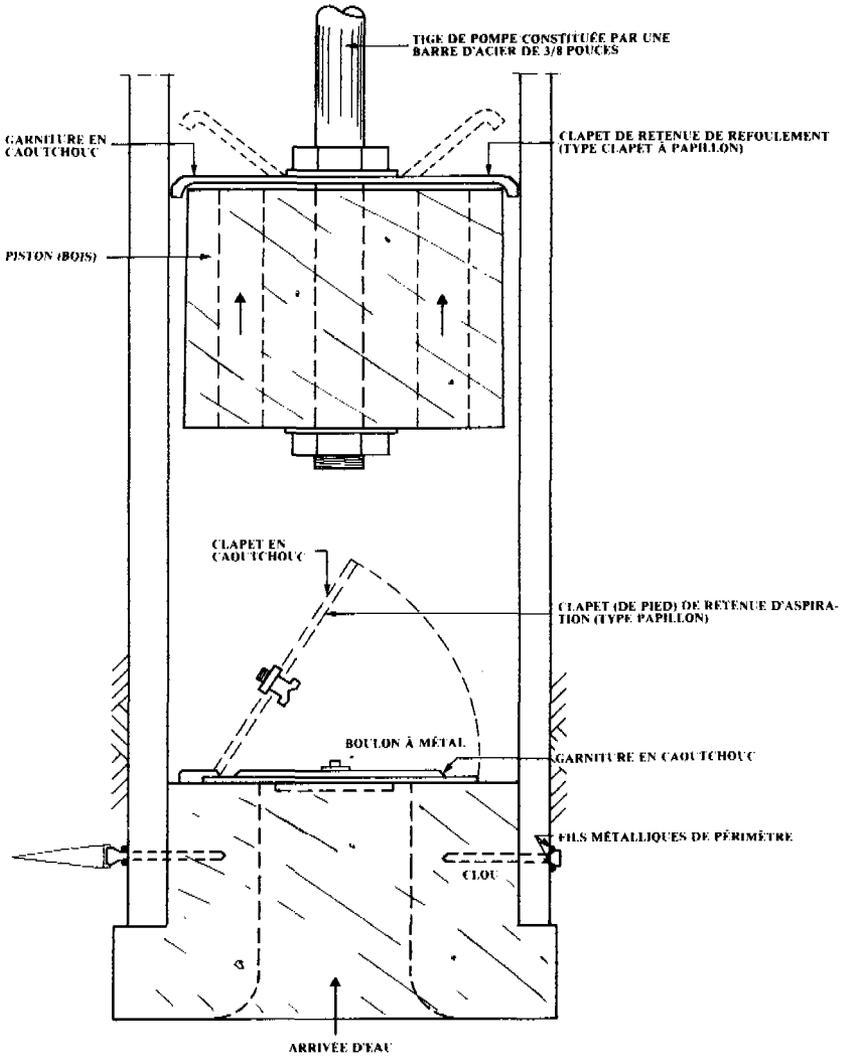
Les figures 6-5A et 6-5B présentent la pompe "DIY" utilisée au Nigéria pour les puits peu profonds (Chatiketetu). Un long élément de bambou en une seule pièce peut être utilisé.

FIGURE 6-5A POMPE A MAIN À TUYAUX DE BAMBOU OU DE PVC (GENERAL)



(D'après Chatiketetu)

FIGURE 6-5B POMPE A MAIN À TUYAUX DE BAMBOU OU DE PVC (SOUPAPES)



Des tuyaux de PVC peuvent venir remplacer les conduites en bambou. La bibliographie fait état de plusieurs autres tuyaux de bois ou de bambou (Bradley; Hazbun; Jolly; Mann (ITDG); et VITA, 1969).

#### 6.5.2 Chapelets hydrauliques ou pompes à godets

Les pompes à godets, telles qu'elles ont été présentées au chapitre 2, peuvent facilement être fabriquées par des artisans de village. Plusieurs exemples sont proposés dans les publications suivantes: "Village Technology Handbook"(VITA) et "21 Chain and Washer Pumps" (ITDG). Une version extrêmement simple est proposée à la figure 6-6. Cette catégorie de pompe est également disponible sur le marché.

#### 6.5.3 Pompe à treuil

Le dispositif de remontée d'eau basé sur une corde et un treuil à godets a également été présenté au chapitre 2. Les éléments de ce type de pompe, qui bien que d'usage malcommode rend de précieux services, sont fabriqués aisément avec des matériaux indigènes. Leur utilisation est toutefois limitée aux puits peu profonds à large diamètre.

#### 6.5.4 Béliers hydrauliques

Le béliet hydraulique peut facilement être adapté à une fabrication basée sur des éléments standard de tuyaux. Des instructions complètes comprenant dessins et croquis sont actuellement disponibles (Kindal ou Watt).

#### 6.5.5 Autres pompes

Les pompes à diaphragme, de même que les pompes à mouvements alternatifs se prêtent fort bien à une fabrication artisanale. La figure 6-7 présente l'une de ces pompes développées par le Brace Research Institute du Canada (Bodeck, 1965).

## **6.6 DISPOSITIFS "TRADITIONNELS" D'ÉLEVATION D'EAU**

L'origine de nombreux types d'installations de remontée d'eau utilisés dans les pays en voie de développement, plus particulièrement pour l'irrigation, remontent à de nombreux siècles. Résultat d'une "survivance des mieux adaptées", ces pompes comprennent entre autres des modèles de sakias, de mothes, de norias, de shadoofs et de roues hydrauliques. A l'exception de la corde et du seau, ces types de pompes n'ont pas été très souvent adoptés pour l'approvisionnement en eau potable.

## **6.7 CYLINDRES DE POMPE**

La rugosité des parois d'un cylindre et l'usure des cuvettes qui en découle représentent un élément clé dans l'entretien et la durée d'existence d'une pompe. Un mauvais usinage est souvent à la base de cylindres en fonte de qualité insatisfaisante. Le laiton, mieux adapté aux exigences requises, se révèle toutefois d'un coût prohibitif. Les tuyaux en matière plastique, aujourd'hui très répandus, (McJunkin & Pineo, 1971) présentent une surface de paroi lisse et sont d'un coût avantageux; c'est pourquoi ils représentent une alternative de choix pour une fabrication locale de cylindres. L'utilisation de couches d'époxyde pour améliorer la qualité des cylindres en fonte semble également avoir un avenir prometteur (Fannon, 1970, 1975).

## **6.8 CUIRS DE POMPES (CUVETTE ET SOUPAPES)**

La fabrication des cuirs de cuvette relève autant de l'art que de la science; elle peut toutefois fort bien être assurée au niveau artisanal du village. En cas d'urgence, il suffira de prendre des courroies industrielles ou un bon cuir de harnais, de le tremper dans l'eau, de

FIGURE 6-6

POMPE DU TYPE CHAPELET HYDRAULIQUE REALISEE AU MOYEN D'UNE CORDE

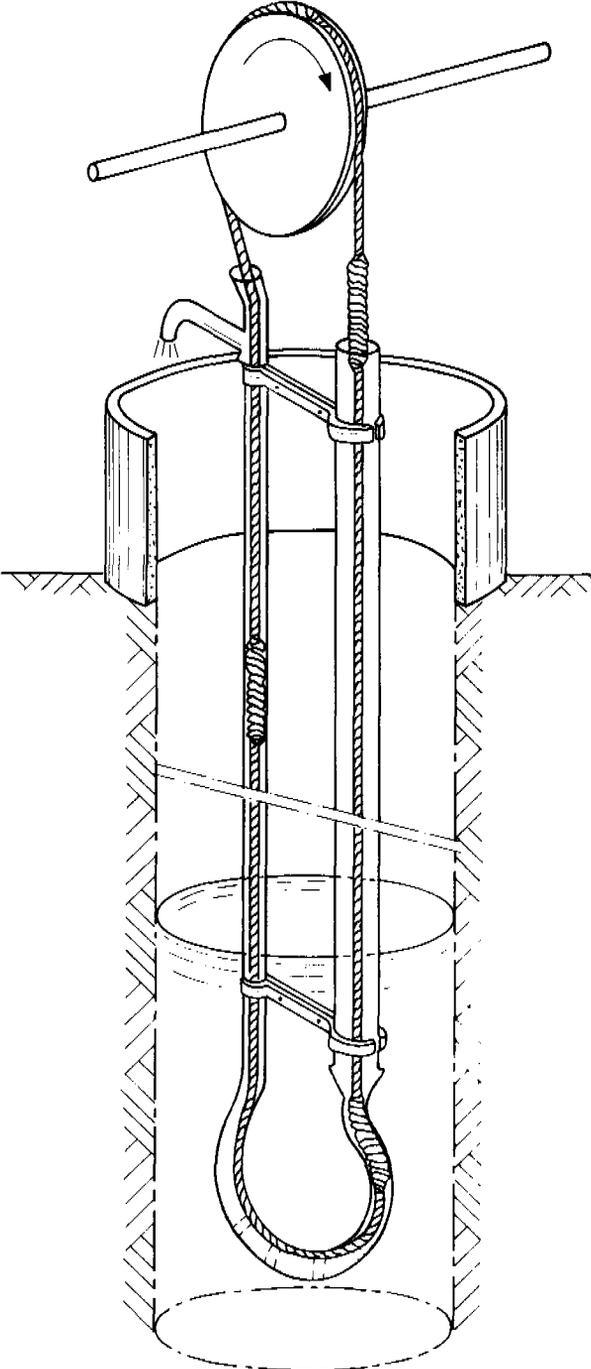
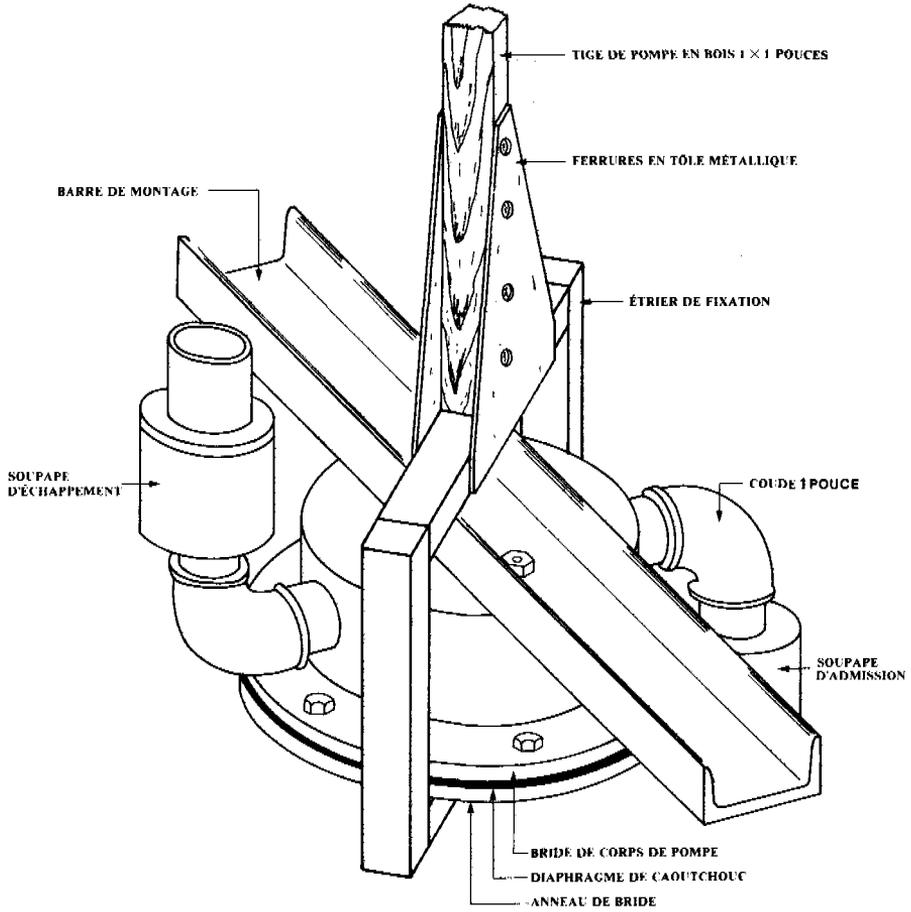


FIGURE 6-7 POMPE A DIAPHRAGME (BODEK)



le fixer sur le piston (ou sur tout objet de diamètre identique) et de l'introduire dans un tuyau d'un diamètre identique à celui du cylindre de pompe. Une fois sec, il faudra alors le retirer, égaliser les bords (y compris le trou central) avec un couteau tranchant, le plonger pendant 12 heures dans de l'huile comestible (huile de pied de boeuf de préférence), le cirer et y appliquer une légère couche de graphite sur la surface exposée à l'usure.

Des formes de bois pourront être utilisées pour la "production de masse". La préparation des formes s'effectue sur la base de planches de bois d'une épaisseur d'environ 3/4 de pouce (approximativement 19 mm) munies de trous présentant le même diamètre que les cylindres de pompe et clouées à une planche de fixation rigide. Des blocs cylindriques, d'un diamètre inférieur de 3/8 de pouce (environ 9.54 mm) sont boulonnés de façon concentrique à l'intérieur des ouvertures circulaires. Les boulons devraient être suffisamment longs pour permettre l'extension des cuirs souples et humides sur les formes de bois. Il suffira pour la suite de se conformer à ce qui précède.

Des composés récents de chlorure de polyvinyle (PVC), de néoprène et de caoutchouc ont été utilisés en Asie et en Afrique pour le remplacement des cuirs de cuvette. Les cuvettes de PVC sont facilement réalisables et d'un coût avantageux.

L'un des principaux avantages des soupapes à clapets réside dans le fait que les clapets de cuirs, qui sont généralement les pièces à remplacer, peuvent être également fabriqués sur place. Il n'a pas encore été possible de fabriquer des clapets de retenue satisfaisants en PVC.

## **6.9 BRAS DE POMPE**

De nombreuses pompes à main de village sont équipées de bras de bois

fabriqués sur place. Cette solution peut s'avérer avantageuse: (1) les bras de bois sont plus facilement remplacés sur place que les bras de fer et d'acier; (2) ils peuvent être réalisés dans de plus grandes dimensions (bras plus long et avantage mécanique plus grand), les rendant mieux adaptés à une utilisation en puits profonds et plus facilement utilisables par des personnes de petite taille; et (3) les surfaces de support du bras s'useront plus rapidement que celles du corps de pompe ou des axes qui sont en fait plus difficiles à remplacer. Un bois dur résistant aux éclats et aux termites devrait être utilisé. De nombreux bras de bois de grandes dimensions disposent d'un pivot séparé de la pompe qui réduit l'effort exercé sur le corps de pompe. Toutefois, un mauvais alignement pourra augmenter l'effet d'usure sur les axes, les cylindres et les cuvettes. Ce mauvais alignement a d'ailleurs été un élément important dans les problèmes relatifs aux supports de pompes en matières plastiques.

---

**BIBLIOGRAPHIE**

- Abbott, Edwin. "A Pump Designed for Village Use". American Friends Service Committee, Philadelphie, USA. 6 pp. 1955, 1 p. addenda, 1956.
- Abrobah-Cudjoe, A. "Activities on the U.S.T. Hand Pump". Université de Science et de Technologie, Kumasi, Ghana. 7 pp., juillet 1976.
- Addison Herbert. The Pump Users Handbook. Pitman & Sons, Ltd., Londres 122 pp. 1958.
- AFYA-Environmental Sanitation Unit. "Water Supply for Small Communities - Demonstration Project - Hand Dug Wells". Document OMS - TAN/3201/ESP 21/73. Organisation Mondiale de la Santé, Dar es Salam. 22 pp. mai 1973.
- Agricola, Georgius. De Re Metallica. Traduit de la Première Edition Latine de 1556 par Herbert Clark Hoover et Lou Henry Hoover, 1912. Republié par Dover Publications Inc., New York. 638 pp. 1950.
- Alles, Jinapala et Ratnaïke, Jayananda. "Learning Components in Safe Water for Drinking Programmes". Programme commun d'éducation UNESCO-UNICEF. UNESCO, Paris. 14 pp. y compris annexes, avril 1976.
- Allison, S. "The Need for Improved Technology in Manual Pumping of Irrigation Water". Memorandum. Banque Internationale pour la Reconstruction et le Développement, Washington D.C. 8 pp., 30 octobre 1975. Publié en annexe à Journey (1976).
- Alt, Harold L. Tanks and Pumps. International Correspondence Schools 4ème éd. Scranton, Pa. USA 111 pp. 1965.
- Arbuthnot, S. Communication personnelle. Novembre 1974
- Association Internationale de Développement (AID). "Manufacture of Hand Pumps". Technical Inquiry Service TR/30634. Washington. 8 pp. 1963.
- Association Internationale de Développement (AID). "Shallow Well Hand Pumps". Industry Profile No 66169. Egalement "Pump, Small Hand and Power Driven". Industry Profile No 66221. Washington. 7 pp. et 6 pp. Sans date, mais remontant probablement à 1966.
- Association Internationale de Développement (AID). "Wind Driven Devices for Pumping Water and Generating Electric Power". Technical Digest Service, Communications Resources Division, AID, Washington. v + 48 pp. Sans date.
- Association Internationale de Développement (AID). "How to Maintain a Pump". Rural Development Division and Well Drilling Branch, Public Works Division, AID-USA, Laos. (En anglais et en laotien). 19 pp. Non daté.
- Attack, D., et Tabor, D. "The Friction of Wood". Proceedings Royal Society (Londres), vol. A246, pp. 539 - 555. 1958.

- Banque Internationale pour la Reconstruction et le Développement, Public Utilities Department. "Issues in Village Water Supply". Rapport No 793. Washington. xiv + 49 pp. + annexes (18 pp.), juin 1975.
- Bhattacharyya, D., Doraiswami, G., Roy, P. Banerjee, B.N., et Majundar, S. "Improvement on the Performance of Hand-Operated Tube-Well Pumps". Mechanical Engineering Bulletin (Inde), vol. 4, pp. 127-131. 1972.
- Barbour, Erwin Hinkely. "Wells and Windmills in Nebraska". Water Supply and Irrigation Paper of the United States Geological Survey No 29. Document de la Chambre des Représentants No 299, 55ème Congrès, 2ème session. Washington.
- Barnabas, A.P. "Evaluation of Village Water Programs". Institut Indien d'Administration Publique, Nouvelle-Dehli. (En préparation). 1976.
- Barnes, Ralph M. Motion and Time Study, Design and Measurement of Work. 5ème éd. Wiley, New York. 739 pp. 1963.
- Bassett, Henry Norman. Bearing Metals and Alloys. Edward Arnold & Co., Londres. 248 pp. 1937.
- Battelle. Voir Fannon et également Frink et Fannon.
- Baumeister, Theodore, Editeur. Standard Handbook for Mechanical Engineers. 7ème éd. McGraw-Hill Book Co., New York. 1967
- Benamour, André. "Les Moyens d'Exhaure en Afrique de l'Ouest - Quelques aspects du Problème". Comité Inter-Africain d'Etudes Hydrauliques (C.I.E.H.). Ouagadougou. 8 pp. mimeo. Non daté.
- Beyer, Martin G. "Water Supply for Rain Catchment, Spring and Ground Water Resources/Some Suggestions for Technological Work". Global Workshop on Appropriate Water and Waste Water Treatment Technology for Developing Countries. Centre International de Référence pour Alimentation en Eau Collective - OMS, Voorburg, (La Haye). 10 pp. + 4 pp. annexes, novembre 1975.
- Beyer, Martin G. "Technology for Domestic Water Supply". Carnets de l'Enfance/Assignment Children (UNICEF). 23 pp. (sous presse 1976).
- Bodek, A. "How to Construct a Cheap Wind Machine for Pumping Water". Do-It-Yourself Leaflet No 5. Brace Research Institute, Montréal. 12 pp. 1965.
- Bossel, Helmut. "Low Cost Windmill for Developing Countries". VITA, Mt. Rainier, Md. USA, 37 pp. 1970.
- Bradley, William. "Wooden Hand Pump". Memorandum non publié à l'organisation VITA, Mt. Rainier, Md. USA, 3 pp. + 8 pp. dessins. Non daté.
- Brody, Samuel. Bioenergetics and Growth. Reinhold Publishing Corp., New York. 1023 pp. 1945.
- Brouha, Lucien. Physiology in Industry. Presse Pergamon. New York. 145 pp. 1960.

- Brown, Chandler C.A. "Pump for Farm Water Supply". Institut de Recherches en Génie Agricole, Université d'Oxford. Oxford. 42 pp. 1934.
- Burton, Ian. "Domestic Water Supplies for Rural Peoples in the Developing Countries : the Hope of Technology". In Human Rights in Health, Associated Scientific Publishers, Amsterdam. pp.61-79 (y compris discussion). 1974.
- Camm, F.S. et Collins, A.T., éditeurs. Newnes Engineer's Reference Book. Geo, Newnes Ltd., Londres. pp. 303-313. 1946.
- Centre International de Référence pour Alimentation en Eau Collective. "Hand Pumps for Water Supply Use". Rapport sur la conférence-atelier internationale sur les pompes à main tenue à La Haye (Voorburg), Pays-Bas, 12-16 juillet 1976. (Sous presse).
- Centre International de Référence pour Alimentation en Eau Collective. "List of Contributors to a Mailing Survey on Practical Solutions in Drinking Water Supply and Wastes Disposal for Developing Countries". Global Workshop on Appropriate Water and Waste Treatment Technology for Developing Countries Voorburg (La Haye). pp. 11-13 ("Pumping", "Hydraulic Rams", et "Hand Pumps"). Novembre 1975.
- Chatiketu, S. Communication personnelle, août 1973
- Christensen, K. Communication personnelle, juillet 1974
- Christie, W.D. "Present Status of Rural Hand Pumps (Ghana Upper Region Water Supply Project)". W.L. Wardrop & Associated Ltd. Winnipeg, Canada. 7 + 22 pp. Mimeo janvier 1976, non daté, avril 1976.
- Clauss, Francis J. Solid Lubricants and Self-Lubricating Solids. Presse Académique, New York. 260 pp. 1972.
- Collett, J., et Pearson, H. "Oil Soaked Bearings : How to Make Them". Appropriate Technology, vol. 2, No 4, pp. 11-13, 1975. Voir également brochure "Oil Soaked Bearings : How to Make Them and How They Perform". Intermediate Technology Publications Ltd., Londres.
- Collins, Hubert E. Pumps, Troubles and Remedies. Hill Publishing Company, New York. 99 pp. 1908.
- Comité Inter-Africain d'Etudes Hydrauliques (CIEH). "Etude et Recherche de Matériel d'Exhaure pour l'Afrique de l'Ouest". Ouagadougou. 86 pp. + 16 pp. annexes, octobre 1964.
- Comité Inter-Africain d'Etudes Hydrauliques (CIEH). "Expérimentation d'un Nouveau Modèle de Pompe". Ouagadougou. 4 pp.. décembre 1973.
- Comité Inter-Africain d'Etudes Hydrauliques (CIEH). "Petites installations d'Approvisionnement en Eau; Essai sur le Terrain de Pompes à Main Mise au Point d'un Nouveau Type de Pompe". Ouagadougou. 6 pp. Non daté.
- Corcoran, Tom. "Chad Chain Pump". Peace Corps Tech Notes, vol. 2, No 2, pp. 8-9, août 1969.

- Cousins, W.J. Community Involvement and Responsibility. Résumé dans la Conférence-atelier sur les Pompes à Main pour Puits profonds Gouvernement des Indes/Organisation Mondiale de la Santé, op. cité, pp. 10-12, 1975.
- Davis, H.K., et Miller, C.I. "Human Productivity and Work Design". Dans Maynard, op. cité, pp. 7-74 à 7-101. 1971.
- Denny, D.F. "Friction of Flexible Packings". Institution of Mechanical Engineers, vol. 163, pp. 98-102. Discussion pp. 103-110. 1950.
- Département de l'Armée. "Wells". Technical Manual No 5-297. Service des imprimés du gouvernement américain, Washington, D.C. pp. 264. 1957.
- de Fury, Pascal. "Description of Pump Operated by Human or Animal Energy". Commission de la participation des églises au développement, Conseil Mondial des Eglises, Genève, 9 pp. + 4 pp. dessins. 1975.
- Diehl, Charles E. "A Researcher Looks at Maintenance Management - In a Systems Context". Dans Maintenance Management, Rapport spécial 100, Highway Research Board, Conseil National de la Recherche, Washington. pp. 27-36. 1968.
- Diehl, Charles E. et Dickman, Robert E. "The Maintenance Management Profile : How Does Your Organization Stack Up ?" Public Works (USA) pp. 72-73, 152-153, mai 1968.
- Dirección Ingeniería Sanitaria, Secretaría de Salubridad y Asistencia. Manual de Saneamiento : Agua. Centre Régional d'Aide Technique (RTAC) Association Internationale de Développement (AID), Mexico, D.F. 56 pp. 1964.
- Direction du génie sanitaire, "Facts About a Tube Well". Gouvernement du Pakistan oriental (maintenant Bangladesh), Dacca, 23 pp. Non daté.
- Doughty, Venton Levy, Vallance, Alex et Kriesle, Leonardt F. Design of Machine Members. 4ème éd. McGraw-Hill Book Co., New York, 520 pp. 1964.
- Etablissements Pierre Mengin. "Instructions for the Use of 'Vergnet' Hydro Pumps". Instruction No 821. Montargis, France. 15 pp. Non daté.
- Etablissements Pierre Mengin. "Instructions pour l'Utilisation des Hydropompes 'Vergnet'". (Avec traduction anglaise de deux pages de Georges Ponghis). 15 pp. y compris 4 planches détaillées. Montargis, France. Non daté.
- Eubanks, Bernard. This is a Story of the Pump and Its Relatives. Publication privée. Salem, Oregon (USA). 183 pp. 1971.
- Ewbank, Thomas. A Descriptive and Historical Account of Hydraulic and Other Machines for Raising Water, Ancient and Modern; Including the Progressive Development of the Steam Engine. Tilt et Bogue, Londres, 1842. The Arno Press, New York. 582 pp. 1972.
- Ewing, Paul A. "Pumping from Wells for Irrigation". Farmers Bulletin No 1404. Département américain de l'Agriculture, Washington. 27 pp. 1924.

- Fannon, R.D. Jr. et Frink, D.W. Final Report on the Continued Development and Field Evaluation of the AID Hand-Operated Water Pump to Office of the War on Hunger, Health Services Division, Association Internationale de Développement. Battelle Memorial Institute, Columbus, Ohio, USA. 37 pp. 1970.
- Fannon, R.D. Jr. et Varga, John. Task I Report on a Water Supply Reconstruction Program in Bangladesh to United Nations Children's Fund. Battelle Memorial Institute, Columbus, Ohio, USA. 40 pp. 1972.
- Fannon, R.D. Jr. Interim Report on Development of a Hand Operated Water Pump for Developing Countries. Association Internationale de Développement - USA, Washington. 12 pp. + 2 dessins. 1974.
- Fannon, R.D. Jr. Final Research Report on Field Research and Testing of a Water Hand Pump for Use in Developing Countries. Association Internationale de Développement - USA, Washington. 21 pp. + 2 annexes. 1975.
- Farrar, D. M. "Simple Water-Raising Devices". Thèse, Département d'Histoire de la Science et de la Technologie, Université de Manchester, Institut de Science et Technologie, Manchester, GB. 25 pp. 1969.
- Fisher, Edward W. "Packings". Dans Baumeister, op. cité, pp. 8 -188 à 8 -193. 1967.
- Forman, K. "A Proposed Programme for Training Village Hand Pump Caretakers". Fonds des Nations Unies pour l'Enfance (UNICEF), Nouvelle-Déhli. 2 pp. + 3 pp. "Syllabus" + 1 p. "Handbill". Mai 1976.
- Franda, Marcus F. "Drilling for Drinking Water in Drought Prone India" American Universities Field Staff Reports, South Asia Series, vol. XIX, No 11 (Inde). 11 pp. 1975.
- Frankel, R.J. "An Evaluation of the Effectiveness of the Community Potable Water Project in Northeast Thailand". Institut Asiatique de Technologie, Bangkok. 109 pp. 1973.
- Frassanita, John R. "Portapump". (4 pages + 8 photographies + lettre). Burbank, California, USA. 1967.
- Frink, D.W., et Fannon, R.D. Jr. Final Report on the Development of a Water Pump for Underdeveloped Countries to Agency for International Development Battelle Memorial Institute, Columbus, Ohio, USA. 61 pp. 1967.
- Fuller, Dudley D. "Friction", et "Fluid Film Bearings". Dans Baumeister, op. cité, pp. 3-34 à 3-45 et 8-156 à 8-169. 1967.
- Fuller, Myron L. Domestic Water Supplies on the Farm. Wiley, New York. 180 pp. 1912.
- Gagara, G. "Experimentation and Perfectioning of the Vergnet Pump". Comité Inter-Africain d'Etudes Hydrauliques (CIEH), Ouagadougou. 4 pp. 1976.
- Gale, W.K.V. "The Simple Pump". (Explication du béliet hydraulique). The Consulting Engineer. GB 2 pp. août 1975.

- Garver, Harry L. "Safe Water for the Farm". Farmers Bulletin No 1978.  
Département américain de l'Agriculture, Washington. 45 pp. 1948.
- Golding, E.W. "Windmills for Water Lifting and the Generation of Electricity on the Farm". Informal Working Bulletin 17. Division du Génie agricole, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rome. 60 pp. Non daté, remontant probablement à 1957.
- Gouvernement de l'Inde - Organisation Mondiale de la Santé. "Report on Government of India-World Health Organization Workshop on Deepwell Hand Pumps in the Rural Water Supply Programmes". (Vidhana Veedhi, Bangalore, Karnataka, 26 juin 1975). Projet OMS IND BSM 001. 20 + 4 pp. 1975.
- Greene, Arthur M., Jr. Pumping Machinery. Wiley, New York. 703 pp. 1919.
- Gwynnes, Allen. "Metric Range of Screw Pump". APE Engineering. Bedford, Angleterre. 4 pp., avril 1973.
- Hadekel, R. Displacement Pumps and Motors. Pitman and Sons, Ltd. Londres. 172 pp. 1951.
- Haijkens, J. Editeur. Drinking Water Supplies by Public Hydrants in Developing Countries. Centre International de Référence pour Alimentation en Eau Collective - OMS, Voorburg (La Haye). En préparation, 1977.
- Henderson, G.E., et Roberts, Jane A. "Pumps and Plumbing for the Farmstead". Tennessee Valley Authority. Washington. 199 pp. 1940.
- Henry, David. "Will it Work ? Will it Last ? Can I Afford it ?" Centre de Recherche pour le Développement International (CRDI). Ottawa. 4 pp. Mimeo. 20 avril 1976.
- Hood, Ozni Porter. "New Tests of Certain Pumps and Water Lifts Used in Irrigation". Water Supply and Irrigation Papers of the United States Geological Survey No 14. Document parlementaire No 509, 55ème congrès, 2ème session. Washington D.C. 91 pp. 1898.
- Hussain, M.A. "A Discussion on Future Hand Pump Tubewells in Rural Areas of Bangladesh". Département de Génie sanitaire, Dacca, 4 pp. juillet 1976.
- (Indonésie) Direction de l'Hygiène et de l'Assainissement, Ministère de la Santé. "The Hand Pumps in West Java, Indonesia". Bandung, 5 pp. 20 juin 1976.
- Institut Hydraulique. Hydraulic Institute Standards for Centrifugal, Rotary & Reciprocating Pumps. 13ème éd. Institut Hydraulique, Cleveland, Ohio, USA, 328 pp. 1975.
- Jagtiani, Kumar et Talbot, Rupert. "Hand Pump Developments in India's Village Water Supply Programme". Fonds des Nations Unies pour l'Enfance (UNICEF), Nouvelle-Delhi. Approx. 26 pp. Environ 1976.
- Jensen, K. "Simple, Novel Pumps". Infrastructure Series No 011. Développement par Campagne de Coopération, Unité de Recherche et de Développement. Addis Abéba. Mimeo. Juin 1976.

- Johnson, Daniel. "Pumping Capabilities of Simple Hand Pumps at Different Altitudes". Vita Report No 2. VITA, Mt. Rainier, Md., USA, 2pp. Non daté.
- Johnson, Edward E., Inc. Ground Water and Wells. Edward E. Johnson, Inc., St. Paul, Minnesota, USA. 440 pp. 1ère édition 1966 (édition espagnole disp.)
- Johnston, Clarence T. "Egyptian Irrigation". Office of Experiment Stations Bulletin No 130. Département américain de l'Agriculture, Washington. 100 pp. 1903.
- Jolly, P.W. Communication personnelle. Juin 1975
- Journey, W.K. "A Hand Pump for Rural Areas of Developing Countries". Rapport P.U. No RES9. Banque Mondiale, Washington D.C. 9 pp. + annexes et figures. Mimeo. Octobre 1976.
- Karger, Delmar W. et Bayha, Franklin H. Engineered Work Measurement. 2ème éd. Industrial Press, New York. 715 pp. 1965.
- Karp, Andres. "Diseno y Calculos Para Abastecimiento de Agua Por Medio de Arietes Hidráulicos". CARE, Guatemala. 23 pp. 1975.
- Kindel, Ersal W. "A Hydraulic Ram for Village Use". VITA, Mt. Rainier, Md. USA. 7 pp. + 6 dessins. Non daté.
- Koepke, C.A. et Whitson, L.S. "Power and Velocity Developed in Manual Work". Mechanical Engineering, vol. 62. 1940.
- Krendel, E.S. "Man and Animal Generated Power". pp. 9-209 et 9-210 dans Baumeister, op. cité, 1967.
- Krendel, Ezra S. "Design Requirements for Man Generated Power". Ergonomics, vol. 3, No 4 pp. 329-337. 1960.
- Krusch, Peter A. "Water Wheels". Peace Corps Tech Notes, vol. 2, No 2, pp. 2-3. Août 1969.
- Lascoe, Orville D., Nelson, Clyde A. et Porter, Harold W. Machine-shop Operations and Setups. 4ème éd. American Technical Society, Chicago. 582 pp. 1973.
- LeGrand, Rupert, Editeur. New American Machinist's Handbook. McGraw Hill Book Co., New York. 1955.
- Lewis, R.B. "Predicting the Wear of Sliding Plastic Surfaces". Mechanical Engineering, vol. 86, pp. 32-35. 1964.
- Lynde, Carleton S. Home Waterworks. Sturgis & Walton Company, New York. 270 pp. 1911.
- Majumder, N. et Sen Gupta, J.N. Final Report on Study of Hand Pump (Shallow Tube Well) for OMS/UNICEF Assisted Projects and Other Rural Water Supplies. Génie sanitaire. Institut Indien d'Hygiène et de Santé Publique, Calcutta. 47 pp. Non daté.

- Mann, H.T. et Williamson, D. "Water Treatment and Sanitation : A Handbook of Simple Methods for Rural Areas in Developing Countries". Publications de Technologie Intermédiaire, Londres. 60 pp. 1973.
- Mast, A.D. "Animal Powered Chain Pump for Irrigation". VITA, Mt. Rainier, Md., USA. 2 pp. + 1 p. dessin. 1974.
- Maynard, H.B., Editeur. Industrial Engineering Handbook. 3ème éd. McGraw-Hill Book Co., New York. 1971.
- McJunkin, F. E. "Jetting Small Tubewells by Hand". Water Supply and Sanitation in Developing Countries. Série AID-UNC/IPSED thème No 15. Chapel Hill, N.C., USA. 5 pp. 1967.
- McJunkin, F.E. et Pineo, C.S. The Role of Plastic Pipe in Water Supplies in Developing Countries. Association Internationale de Développement, Washington. 66 pp. + annexes (108 pp.). 1971.
- McJunkin, F.E. Guide to Surveillance of Drinking Water Quality. Série de Monographies No 63. Organisation Mondiale de la Santé, Genève. 135 pp. 1976a.
- McJunkin, F.E. "Rural Water Supply and Sanitation Programs Assisted by the United States Agency for International Development (USAID) in Tunisia". Division des Programmes Internationaux de la Santé, Association américaine de la Santé Publique, Washington. vi + 36 pp. + 8 annexes. 4 mai 1976b.
- Medina, Gerry. A Guide to Planning for Maintenance Management. Fonds des Nations Unies pour l'Enfance (UNICEF), Bangkok. 162 pp. 1974.
- Merriam, Marshal F. "Windmills for Less Developed Countries". Technos, vol. 1, No 2. pp. 9-23. Avril-juin 1972.
- Minnesota (Département de la Santé). "Hand Pump Installations". Chapitre V du Manual of Water Supply Sanitation. St. Paul, Minnesota, USA. 21 pp. 1945.
- Mitchell, P.D. "Design of Bearings with Plastic Materials". British Plastics, vol. 37, pp. 616-619. 1964.
- Molenaar, Albert. "Water Lifting Devices for Irrigation". FAO Agricultural Development Paper No 60. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rome. 76 pp. 1956.
- Morrow, L.C. Editeur. Maintenance Engineering Handbook. 2ème éd. McGraw-Hill Book Co., New York. 1966
- Murphy, Edward Charles. "Windmills for Irrigation". Water Supply and Irrigation Paper of the United States Geological Survey No 8. Document parlementaire No 350, 54ème congrès, 2ème session, Washington D.C. 49 pp. 1897.
- Murphy, Edward Charles. "The Windmill : Its Efficiency and Economic Use", 1ère partie, United States Geological Survey Water Supply Paper No 41. Document parlementaire No 484, 56ème congrès, 2ème session, Washington D.C., 1901 et 2ème partie, United States Geological Survey Water Supply Paper No 42. Document parlementaire No 485, 56ème congrès, 2ème session, Washington D.C., 1901.

- National Institute of Agricultural Engineering, Département d'outre-mer.  
 "Simple Water Pump". Bulletin No 1 (revu). Silsoe, Bedford, GB, 8 pp.  
 Non daté.
- National Water Well Association. NWWA Master Library of Water Well Equipment  
 and Maintenance Data. 88E. Broad Street, Columbus, Ohio. 43215, USA. Mis à  
 jour périodiquement.
- Needham, Joseph. "Physics and Physical Technology." Vol. 4 de Science and  
 Civilization in China. Cambridge University Press, Cambridge, GB. 1951.
- Neysos, A. "A Roman Double-piston Oakwood Pressure Pump from Vicus  
 Belginum". (En allemand). V.D.I. Technikgesch. Vol. 39, No 3. pp. 177-185.  
 1972.
- Oberg, Eric, Jones, Franklin D., et Horton, Holbrook L. Machinery's  
 Handbook. 20ème éd. Industrial Press, New York. 2482 pp. 1975.
- O'Flaherty, Fred, Roddy, William T., et Lollar, Robert M. "Hydraulic and  
 Mechanical Leathers". Dans The Chemistry and Technology of Leathers, vol. 3  
 Reinhold Publishing Co. New York. pp. 359-364. 1962.
- Ohlemutz, Rudolf Erwin. The Hydrostatic Pump and Other Water Lifting Devices  
 in the Context of the Intermediate-Technology Approach. Thèse de doctorat.  
 Université de Californie, Berkeley, USA. 149 pp. 1975.
- Organisation Mondiale de la Santé, Programme de recherche et de développement  
 en matière d'alimentation en eau collective. "The Village Tank as a Source  
 of Drinking Water". Document OMS/CWS/RD/69.1 Genève. 1969.
- Organisation Mondiale de la Santé. "Community Water Supply and Disposal in  
 Developing Countries (End of 1970)". World Health Statistics Report, vol. 26,  
 No 11. pp. 720-783. 1973. Voir également Pineo et Subrahmanyam.
- Organisation Mondiale de la Santé - Office régional pour le Sud-Est asiatique  
 (SEARO). "The Bangalore Pump". Document SEA/Env. San./168 (limité).  
 Nouvelle-Delhi. 43 pp. Offset. 1976.
- Organisation Panaméricaine de la Santé-PAHO. Manual de Operación Mantenimiento  
 de Instalaciones y Equipos en un Acueducto. Document No 7, série technique  
 du Département de Génie en Sciences de l'Environnement, Washington. 136 pp.  
 1970.
- Osei Poku, K. "Well Drilling Programme and Selection of Suitable Hand Pumps  
 for Use in Ghana". Ghana Water and Sewerage Corporation, Accra. 8 pp.  
 Juillet 1976.
- Pacey, A. "Hand Pump Maintenance and the Objectives of Community Well  
 Projects". Document international OXFAM, GB. 21 pp. 1976. Intermediate  
 Technology Publication, Londres.
- Palmer, Wibur E. "Toward a Dependable Hand Pump". Mission de coopération  
 technique américaine à l'Inde, New Dehli. 12 pp. 1960.

- Phillips, Arthur L., éditeur. "Inspection of Welding". Partie 1, chapitre 6, du Welding Handbook, 6ème éd., AWS. New York. pp. 6.22-6.26. 1968
- Phillips, R. Communication personnelle. Février 1976.
- Phillips, R. "Some Observations on UNICEF's Experience with the Battelle Pump Design in Bangladesh, 1972 - 1975". Fonds des Nations Unies pour l'Enfance (UNICEF). Dacca. 8 pp. Février 1976.
- Phillips, R. "Shallow Hand Pump Design : Summary". Fonds des Nations Unies pour l'Enfance (UNICEF). Dacca. 4 pp. 5 juin 1976.
- Phillips, R. "Bangladesh Rural Water Supply Programme, Hand Pumps in Bangladesh, 1972 - 1976". UNICEF Rural Water Supply Workshop. Dacca. 33 pp. Mimeo. Mai 1976.
- Phillips, R. "Bangladesh Rural Water Supply Programme, An Outline of Choices Associated with Hand Pump Tubewell Programme and Hand Pump Design". UNICEF Rural Water Supply Workshop. Dacca. 19 pp. Mimeo. Mai 1976.
- Pineo, C.S. et Subrahmanyam, D.V. "Community Water Supply and Excreta Disposal in the Developing Countries". Publication Offset OMS No 15. Organisation Mondiale de la Santé, Genève. 41 pp. 1975.
- Pisharoti, K.A. Guide to the Integration of Health Education in Environmental Health Programmes. Organisation Mondiale de la Santé, Genève. 81 pp. 1975.
- Plan National d'Intégration de la Population Aborigène. "La Bomba 'Martine'". Ministerio de Trabajo y Asuntos Indígenos Acción Andina, Puno, Pérou. 15 pp. Non daté.
- Pohlentz, W., éditeur. Pumpen für Flüssigkeiten. VEB Verlag Technik. Berlin. 350 pp. y compris chapitre sur les pompes à main par G. Crabow et U. Adolph. 1970.
- Rajagopalan, S. et Schiffman, M.A. Guide to Simple Sanitary Measures for the Control of Enteric Diseases. Organisation Mondiale de la Santé, Genève. 103 pp. 1974.
- Raynes, F. W. Domestic Sanitary Engineering and Plumbing. Longmans, Green and Co., Londres. 474 pp. 1920.
- Richardson, J.S. "Cost and Performance Analysis for a Range of Simple Pumps". Thèse. Département de Génie Mécanique, Université de Manchester, Institut de Science et Technologie, Manchester, GB. 40 pp. 1972.
- Robins, F.W. The Story of Water Supply. Oxford University Press, Londres. 207 pp. 1946.
- Robinson, Alan. Rapport au Fonds des Nations Unies pour l'Enfance (UNICEF), New York, décrivant les pompes à main et les programmes y relatifs au Bangladesh. Détails sur la pompe "Economy". Dacca. 11 pp. Octobre 1973.

- Ross Institute, The. "Small Water Supplies". Bulletin No 10. Institut d'Hygiène et de Médecine Tropicale, Londres. 67 pp. 1964.
- Rothbart, Harold A., éditeur. Mechanical Design and System Handbook. McGraw-Hill Book Co., New York. 1964.
- Salvato, Joseph A., Jr. Environmental Sanitation. John Wiley & Sons, Inc., New York. 600 pp. 1ère éd. 1958.
- San, U. Ngwe. "Burma and Hand Pumps". Division de l'alimentation en eau en milieu rural, Département de la mécanisation agricole. Rangoon. 5 pp. Juillet 1976.
- Saunders, Robert J., et Warford, Jeremy J. "Village Water Supply and Sanitation in Less Developed Countries : Economics and Policy". Banque Internationale pour la Reconstruction et le Développement, Washington. A publier (1976) par Johns Hopkins University Press, Baltimore. Voir également rubrique Banque Mondiale.
- Schiøler, Thorkild. Roman and Islamic Water-Lifting Devices. Odensee University Press, Danemark, 201 pp. 1973.
- Shawcross, John F. "Hand Pump Tubewells in Bangladesh, Distribution and Use". Fonds des Nations Unies pour l'Enfance (UNICEF), Dacca. 21 pp. Février 1976.
- Shawcross, John F. "Bangladesh Rural Water Supply Programme, Summary of Developments 1972 - 1976". UNICEF Rural Water Supply Workshop. Dacca. 9 pp. Mimeo. Mai 1976.
- Shawcross, John F. "UNICEF-Bangladesh Water Programmes, Outline Note for Presentation". Conférence-atelier internationale sur les pompes à main, Centre International de Référence pour Alimentation en Eau Collective - OMS, La Haye. 3 pp. 15 juillet 1976.
- Shigley, Joseph Edward. Mechanical Engineering Design. 2ème éd. McGraw-Hill Book Co., New York. 753 pp. New York 1972.
- Shinyanga Shallow Wells Project (Tanzanie). "Shallow Wells (Third and Fourth Progress Report)". Dwars, Heederik en Verhey, Ingénieurs-conseil, Amersfoort, Pays-Bas. 55 pp. Avril 1976.
- Silverstone, I.J. Lettre à la Division de l'alimentation en eau en milieu rural, Département de la Santé, Bangkok, décrivant la pompe à main en PVC proposée. Samut Sakhon, Thaïlande. 1 p. 22 mars 1975.
- Simmons, Daniel M. Wind Power. Noyes Data Corporation, Park Ridge, N.J. USA 300 pp. 1975.
- Singer, Charles J. History of Technology. Vol. 2, pt. 1, pp. 105-108; 114-117; 207-209; vol. 3, pp. 329-334. Oxford University Press, Clarendon (GB). 1954-1958.
- Spangler, C.D. "Hand Pumps for Village Wells". VITA-Volontaires pour l'assistance technique internationale, Mt. Rainier, Md., USA. 14 pp. y compris 7 pp. de dessins. 1975.

- Stanley, Dick. "Deep Well Cylinder Pump". (Afrique orientale). VITA-Volontaires pour l'assistance technique internationale, Mt. Rainier, Md., USA. 21 pp. y compris 8 pp. croquis et dessins. Environ 1975.
- Subba Rao, S. "Provisional Report on the Project, Study of Hand Pump". Institut indien d'Hygiène et de Santé publique. Calcutta, 5 pp. 5 décembre 1975.
- Suphi, H.S. Communication personnelle. 1975.
- Tabor, David. "Friction, Lubrication, and Wear". Chapitre 11 dans Rothbart, op. cité, pp. 11-1 à 11-16. 1964.
- Tabor, Henry Z. "Power for Remote Areas". International Science and Technology. pp. 52-59. Mai 1967.
- Technical Inquiry Service. "Shallow Well Hand Pumps". Administration pour la Coopération internationale, Washington D.C. 9 pp. + 1 p. dessin 1958.
- Thanh, Nguyen Cong, Pescod, M.B. et Venkitachalam, T.H. "Progress Report/ Evaluation of Simple and Inexpensive Pumps for Community Water Supply Systems". Division du Génie de l'Environnement, Institut asiatique de Technologie, Bangkok. 15 pp. Mars 1975.
- Troften, Fredrik. "The Petro Pump". Kenya 1st Water Well Drilling Seminar, Nairobi, Kenya. 10 pp. 1975.
- Troften, Fredrik. "The Petro Pump". 7 pages publication de presse. Juin 1976.
- Unakul, Somnek et Wood, Bruce T. "A Hand Operated Water Pump". (En anglais et thaïlandais). Département de la Santé de la Province du Korat, Thaïlande. 13 pp. Juillet 1959.
- Unakul, Somnek et Wood, Bruce T. "A Hand Operated Water Pump". Département de la Santé de la Province du Korat, Thaïlande. 9 pp. Non daté.
- UNICEF-OMS Joint Committee on Health Policy. "Assessment of Environmental Sanitation and Rural Water Supply Programmes, Assisted by the United Nations Children's Fund and the World Health Organization (1959-1968)". JC/UNICEF-OMS/69.2, Organisation Mondiale de la Santé, Genève. 43 pp. 1969.
- UNICEF Headquarters. Programme d'eau potable. "Indian-UNICEF-Assisted Village Water Supply Programme : Installation of the New 'Sholapur' Pump and Promotion for Pump Maintenance". WS/171/75/6. India. Fonds des Nations Unies pour l'Enfance (UNICEF), New York. 3 pp. + 3 pp. notes techniques + 1 p. dessin. Mai 1975.
- UNICEF Packing and Assembly Centre (UNIPAC). Price List. Fonds des Nations Unies pour l'Enfance (UNICEF), Copenhague, Danemark. 196 pp. Juillet 1975.
- UNICEF - Fonds des Nations Unies pour l'Enfance. UNICEF Guide List OLGA. OSU-6400. UNICEF, New York, 324 pp. 1975.  
Remarque : préparé de concert avec l'Organisation Mondiale de la Santé, Maurice A. Porter, expert-conseil.

- UNICEF - Fonds des Nations Unies pour l'Enfance. "Documents for Local Procurement of Cast Iron Hand Pumps". UNICEF Rural Water Supply Workshop. Dacca. Mimeo. Mai 1976.
- U.S. Department of Commerce, Office of Technical Services. "Wind-driven Devices for Pumping Water and Generating Electric Power". Association Internationale de Développement, Washington. 48 pp. Non daté.
- Valdes-Pinilla, Raul. "The 'NWSA' Hand Pump". Doc. WPR/EH/2, Organisation Mondiale de la Santé, Manille. 9 pp. 1965.
- Vergnet, Marc. "Expérimentation et Optimisation d'un Nouveau Modèle de Pompe à Main". Bulletin du Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques. No 25. pp. 2-13. Mai 1976.
- Vitruvius. The Ten Books on Architecture. Traduit en anglais par Morris Hickey Morgan. Harvard University Press, Cambridge, Mass., USA. 331 pp. 1914.
- Volontaires pour l'assistance technique internationale - VITA. Construction and Maintenance of Water Wells for Peace Corps Volunteers. United States Peace Corps, Washington. 170 pp. 1969.
- Volontaires pour l'assistance technique internationale - VITA. Water Purification, Distribution, and Sewage Disposal. United States Peace Corps, Washington. 243 pp. 1969.
- Volontaires pour l'assistance technique internationale - VITA. Village Technology Handbook. Mt. Rainier, Md., USA. 400 pp. Revu 1970.
- Wagner, Edmund G., et Lanoix, J.N. Approvisionnement en eau des zones rurales et des petites agglomérations. Série de Monographies No 42. Organisation Mondiale de la Santé, Genève, 110 pp. 1975.
- Walshaw, A.C. et Jobson, D.A. Mechanics of Fluids. Longmans, Green and Co. Ltd., Londres. pp. 484-497. 1962.
- Walters, John David. "Water Supply of the Farmhouse". Kansas State Engineering Experiment Station Bulletin No 4, Manhattan, Kansas, USA. 43 pp. 1916.
- Warren, George M. "Water Systems for Farm Homes". Farmers' Bulletin No 941. Département américain de l'Agriculture, Washington. 68 pp. 1918.
- Warren, George M. "Farmstead Water Supply". Farmers' Bulletin No 1448. Département américain de l'Agriculture, Washington, 38 pp. 1925.
- Watt, S.B. "A Manual of Information on the Automatic Hydraulic Ram for Pumping Water". Groupe de développement de technologie intermédiaire. Londres. 37 pp. 1974.
- Watt, S.B. "Approaches to Water Pumping in West Africa". FAO/DANIDA - Séminaire sur le développement des ressources de faible importance en Afrique occidentale. Ouagadougou. 25 pp. Septembre 1975.

- Watt, S.B. "The Mechanical Failure of Village Water Well Pumps in Rural Areas".  
Mémoire non publié. 6 pp. + 1 fig. + 8 planches (photos). Non daté.
- Watt, Simon, Compilateur. "21 Chain and Washer Pumps". (De l'exposition  
agricole de Pékin - 1958). Intermediate Technology Publications Ltd.,  
Londres. 48 pp. Non daté.
- Weber, William Oliver. "Efficiency of Centrifugal and Reciprocating Pumps".  
Transactions American Society of Mechanical Engineering, vol. 7, pp. 598-611.  
1886.
- Weisbach, Julius et Herrmann, Gustave. The Mechanics of Pumping Machinery.  
(traduit de l'allemand). McMillan and Co., Ltd. Londres. 300 pp. 1897.
- Wescott, G.F. Pumping Machinery. Handbook of the Collections (Musée de la  
Science, Londres), partie I - notes historiques. Her Majesty's Stationery  
Office, Londres, 103 pp. 1932.
- White, C.M. et Denny, D.F. "The Sealing Mechanism of Flexible Packings".  
Ministry of Supply Scientific and Technical Memorandum No 3147, H.M.S.O.,  
Londres. 1948.
- White, H.S. "Small Oil-Free Bearings". Research Paper 2709, National  
Bureau of Standards, vol. 57, No 4. pp. 185 - 203. Washington. 1956.
- Wignot, Robert E. "The Condition of UNICEF-Assisted Demonstration Rural  
Water Supplies in Kenya". Fonds des Nations Unies pour l'Enfance (UNICEF),  
Nairobi. 28 pp. Décembre 1974.
- Wilkie, D.R. "Man as a Source of Mechanical Power". Ergonomics. Vol. 3,  
No 1. pp. 1 - 8. 1960.
- Wilson, Herbert M. "Pumping Water for Irrigation". Water Supply and  
Irrigation Papers of the United States Geological Survey No 1. Document  
parlementaire No 108, 54ème congrès, 2ème session. Washington. 57 pp.  
1869.
- Wilson, S.S. "Pedal Drives for Borehole Pumps and Low Lift Irrigation  
Pumping". Université d'Oxford, Oxford. 12 pp. 1976.
- Wilson, Warren E. Positive-Displacement Pumps and Fluid Motors. Pitman  
Publishing Corp., New York. 250 pp. 1950.
- Wilson, W.E. "Performance Criteria for Positive-Displacement Pumps and  
Fluid Motors". Transactions American Society of Mechanical Engineers,  
vol. 71. pp. 115 - 120. 1949.
- Wood, Alan D. "Water Lifters and Pumps for the Developing World".  
M.S. Thesis. Département de Génie civil, Université de l'Etat de Colorado,  
Ft. Collins, Colo., USA. 303 pp. 1976.
- Wright, Forrest B. Rural Water Supply and Sanitation. John Wiley & Sons,  
Inc. New York. 268 pp. 1939.

Yates, Edwin T. Guidebook for Mechanical Designers and Draftsmen. Hayden Book Co., Inc. New York. 148 pp. 1965.

Zambel, Alfranio R., éditeur. Manual de Aparelhos de Bombeamento de Agua. Escola de Engenharia de Sao Carlos. Sao Paulo. 275 pp. Voir en particulier chapitre IV (pp. 44-63) et chapitre VII (pp. 131-142) sur les pompes à piston et les pompes à godets. 1969.



## LISTE DE LITTÉRATURE DE FABRICANTS

- Abidjan Industries. "Pompe Alternative - ABI Type 'M'." 4 pp.  
(Côte-d'Ivoire)
- Aeromotor. "Windmills." 6 pp.  
(USA)
- Atlas Copco. "Uganda Hand Pumps." 4 pp.  
(Suède)
- Baker Mfg. Co. "Monitor Jacks, Pumps & Well Supplies." 8 pp.  
(USA)
- Balaji Industrial & Agricultural Castings. "Balaji Pumps." 2 pp.  
(Inde)
- Beatty. "Pumps, Cylinders and Windmills." 2 pp.  
(Canada)
- Blake, John Ltd. "Blake Hydrams." Publications No 650. 6 pp.  
(GB) "Double Acting Piston Pumps." Publication No 654. 4 pp.
- Borja S.L. "Bombas." 8 pp.  
(Espagne)
- Briau S.A. "Pompes à Bras." 4 pp.  
(France) "Série Supérieure Royale." 2 pp.  
"La Pompe Africa." 7 pp.  
"Eoliennes pour pompage de l'eau." 2 pp.
- Champenois, Ets. "Pompe Elévatrice 'l'Africaine'." 4 pp.  
(France)
- Clayton Mark & Co. "Water Well Systems." 2 pp.  
(USA) "Instructions for Installation." 7 pp.
- Craelius Terratest. "Hand Pumps." 4 pp.  
(Kenya & Uganda)
- Dandekar Bros. "Javakar Pump." 1 p.  
(Inde)
- Dempster Industries Inc. "Pumps and Cylinders." 8 pp.  
(USA) "Pumps and Water Systems." Catalog. 8 pp.  
"PVC Cylinder." 2 pp.  
"Model 23F ou 23F (CS)-Ex." 4 pp.
- Deplechin Pompes. "Pompes à Volant (Type I & II)." 6 pp. Egalement en anglais  
(Belgique) et en espagnol
- Douglas, W. & B., Pumps Co. "Hydraulic Ram." 4 pp.  
(USA)

- English Drilling Eqmt. Co. "Edeco Hand Operated Lift Pump." 4 pp.  
(GB)
- Gens, Carlos S.L. "Bombas para Pozos." 68 pp.  
(Espagne)
- Godwin, H.J., Ltd. "Godwin Hand Pumps (Models 'HLD', 'HLS', 'WIH', 'X')." 4 pp.  
(GB) "Godwin Pump Cylinders." 4 pp.
- Heller-Aller Co. "Water Supplies for Home & Farm." Catalogue No 37. 19 pp.  
(USA)
- Iquiniz S.A. "Lago Bombas." 5 pp.  
(Argentine)
- Kawamoto Pump Mfg. Co. "Kawamoto Dragon Hand Pump (Modèle No 2C & 2D)." 4 pp.  
(Japon)
- Kitrick Mgmt. Co. "GEM G.I. Chain Pump." 2 pp.  
(USA)
- Kumar Industries. "Kumar Lift Hand Pumps." 2 pp.  
(Inde)
- Lee, Howl & Co. Ltd. "Oasis Pump." 4 pp.  
(GB) "Patay Pump." 5 pp.
- Maurer, A. "Impact Pressure Pump DSP 20-15." 10 pp.  
(USA)
- Maya Eng. Works Pty. Ltd. "Maya Water Pumps." 6 pp.  
(Inde)
- Mengin, Ets. Pierre. "Hydropompe Vergnet." 18 pp.  
(France) "Instructions pour l'emploi des Hydropompes 'Vergnet'."  
Notice No 821. 15 pp.  
"Vergnet Hydro-Pump." Rapport à la Banque Mondiale. 6 pp.
- Mono Pumps (Eng.) Ltd. "Mono Rotary Hand Pump." 7 pp.  
(GB) "Mono Lift Borehole Pumps." 8 pp.  
"Mono Pumps - Applications." 12 pp.  
"Mono Pumps - Installation Instructions." 5 pp.  
"Mono Turbolift - Borehole Pumps." 4 pp.
- Myers, F.E. & Bros. Co. "Force Tank Pumps." 2 pp.  
(USA)
- Petro Pump. "The Petro Pump." 4 pp.  
(Suède) "Performance Tests of the Petro Pump (20 mai 1976, Stockholm)." 1 p.
- Pijpers Water Supply Eng. "The Kangaroo Pump." 1 p.  
(Pays-Bas)
- Rife Hydraulic Mach. Co. "Rife Ram."  
(USA)

- Robbins & Myers. "Moyno Hand Pumps." Bulletin 277. 4 pp.  
(Canada)
- Rochfer, Industries Mecanicas Ltda. "Bombas Hidráulicas." 8 pp.  
(Brésil)
- Standard Pressed Steel Co. "New Quick-Click Self-Retained Pins." 1 p.  
(USA)
- Stewarts & Lloyds. "Hand Pumps." 3 pp.  
(Afrique du Sud)
- Tsuda Shiki Pump Mfg. Co. "Tsuda Shiki Pump." 24 pp.  
(Japon)
- Vammalan Konepaja Oy. "NIRA Pressure Pumps." 2 pp.  
(Finlande)
- Warner Danby Corp. "Hand and Windmill Force Pumps." 2 pp.  
(USA) "Complete Water Well Supplies for Farm and Home."  
Catalogue No 31. 10 pp.  
"Windmills. House Force Pumps."
- Toowoomba Foundry Ltd. "Southern Cross Hand Operated Diaphragm Pump." 2 pp.  
(USA)



**LISTE DES PARTICIPANTS À LA CONFÉRENCE-ATELIER  
INTERNATIONALE SUR LES POMPES À MAIN**

**ANNEXE A**

- ABROBAH-CUDJOE, Dr. A., Faculty of Engineering, University of Science and Technology, Kumasi, Ghana
- ATTALAH, S., Ministry of Public Health, Bab Saadoun, Tunis, Tunisie
- DE AZEVEDO NETTO, Professeur J.M., University of Sao Paulo, Rua Padra Joao Manoul 1039, 01411 Sao Paulo, Brésil
- BALLANCE, Dr. R.C., Community Water Supply and Sanitation Unit, Division of Environmental Health, Organisation Mondiale de la Santé, 1211 Genève 27, Suisse
- BENNELL, B.M.U., Ministry of Overseas Development, Eland House, Stag Place, Londres SW1E 5DH, Angleterre
- BONNIER, C.J., Shallow Wells Programme, Shinyanga Region, P.O. Box 169, Shinyanga, Tanzanie
- CHAKRAVARTY, Dr. A., Mechanical Engineering Research and Development Organization, CSIR, Campus, Adyar, Madras 600020, Inde
- CHATNARONG, L., Community Water Supply Division, Department of Health, Ministry of Public Health, Devavos Palace, Bangkok, Thaïlande
- COWAN, A.D., Industrial Liaison Unit, Intermediate Technology Development Group, 36 Derby Road, Hinckley, Leicestershire LE10, Angleterre
- EMMANUEL, V.J., WHO, c/o WHO Representative to Indonerie, P.O.Box 302, Djarkarta, Indonésie
- FANNON, R.D., Battelle Memorial Institute, Columbus Laboratories, 505 King Avenue, Columbus, Ohio 43201, USA
- GAGARA, G., Comité Inter-Africain d'Etudes Hydrauliques, B.P. 369, Ouagadougou, Haute-Volta
- HENRY, D., Population and Health Sciences, International Development Research Centre, P.O.Box 8500, Ottawa, Canada K1G 3H9
- HUSSAIN, M.A., Department of Public Health Engineering, Government of the People's Republic of Bangladesh, 12/c. Dilkosha Commercial Area, Dacca, Bangladesh
- JAGTIANI, K., Water Supply and Sanitation Section, UNICEF Regional Office, 11 Jorbagh, Nouvelle-Dehli 11003, Inde
- JOURNEY, W.K., Conseiller, Public Utility Department, Banque Mondiale, 1818 H. Street, N.W., Washington D.C. 20433, USA
- LEON DE LA BARRA, P., Direccion de Agua Potable y Drenaje, Comision Constructora e Ingenieria Sanitaria S.A.A., Durango 81-2<sup>o</sup> Piso, Mexico 7, D.F. Mexique
- OSFI POKU, K., Ghana Water and Sewerage Corporation, P.O.Box M194, Accra, Ghana
- POTTS, P.W., Economic Development Laboratory, Engineering Experiment Station Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia 30332, USA
- RAU, B.B., Central Public Health and Environmental Engineering Organization, Ministry of Works and Housing, Gouvernement, Nouvelle-Dehli, Inde

ROBERTSON, L.H., Department of Community Development, P.O.Box 5700, Limbe,  
Malawi

SCHUTHOF, J., Ministry of Water, Energy and Minerals, P.O.Box 9153, Dar es Salam,  
Tanzanie

SCHAWCROSS, J.F. UNICEF, P.O.Box 58, Dacca, Bangladesh

SUKAPRADJA, D., Provincial Health Office, West Java, Jalan Prof. Eykman 45,  
Bandung, Indonésie

U NGWE SAN, Rural Water Supply Division, Agricultural Mechanization Department,  
459 Prome Road, Rangoon, Burma

YILMA, W.E., Relief and Rehabilitation Commission, P.O.Box 5685, Addis-Abéba,  
Ethiopie

Expert conseil

McJUNKIN, F.E., Environmental Services Corporation, P.O.Box 2427, Chapel Hill,  
North Carolina 27514, USA

Observateur

MEINARDI, C., National Institute for Water Supply, P.O.Box 150, Leidschendam,  
Pays-Bas

Secrétariat

OMS Centre International de Référence pour Alimentation en Eau Collective,  
Voorburg (La Haye), Pays-Bas

VAN DAMME, J.M.G.

HOFKES, E.H.A.

HESSING, E.L.P.

Assistance administrative :

KELTZER, Miss Peggy

## LISTE DES COLLABORATEURS

## ANNEXE B

Ce rapport a été préparé sous l'égide du Programme des Nations Unies pour l'Environnement et de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

Nombreuses sont les personnes qui par des interviews, des lectures, des commentaires et des suggestions ont participé à l'élaboration de ce document. Les collaborateurs mentionnés ci-après trouveront ici l'expression de notre reconnaissance :

Abrobah-Cudjoe, A., University of Science and Technology, Kumasi, Ghana  
Acheson, M.A., Office régional OMS sud-est asiatique, Nouvelle-Dehli, Inde  
Allison, S.V., Banque Mondiale, Washington D.C., USA  
Atallah, S., Ministère de la Santé Publique, Tunis, Tunisie  
Azevedo Netto, J.M. de, Université de Sao Paulo, Brésil  
Ballance, R.C., Organisation Mondiale de la Santé, Genève, Suisse  
Bennell, B.M.U., Ministère du Développement d'Outre-Mer, Londres, Angleterre  
Beyer, M.G., UNICEF, New York, USA  
Bonnier, C.J., DHV Consulting Engineers, Amersfoort, Pays-Bas  
Chainarong, L., Ministère de la Santé Publique  
Chakravarty, A., Mechanical Engineering Research and Development Organization, Madras, Inde  
Codrea, G.R., VITA, Mt. Rainier, Md., USA  
Cowan, A.D., Industrial Liaison Unit, Groupe de développement pour une technologie intermédiaire, Hinckley, Angleterre  
Donaldson, D., Organisation Panaméricaine de la Santé, Washington D.C., USA  
Dufford, H., Industries Dempster, Beatrice, Nebraska, USA  
Emmanuel, V.J., Ingénieur sanitaire OMS, Djakarta, Indonésie  
Fannon, R.D., Jr., Battelle Laboratories Columbus, Ohio, USA  
Feachem, R.G., Ross Institute of Tropical Hygiene, Londres, Angleterre  
Freedman, J., Banque Mondiale, Washington D.C., USA  
Gagara, M.G., Comité Inter-Africain d'Etudes Hydrauliques, Ouagadougou, Haute-Volta  
Greene, M.P., VITA, Mt. Rainier, Md., USA  
Haack, F.E., Canadian International Development Agency, Ottawa, Canada  
Henry, D., Centre de Recherches pour le Développement International, Ottawa, Canada  
Hockman, E.L., U.S. Environmental Protection Agency, Washington D.C. USA  
Hussain, M.A., Département de Génie Sanitaire, Dacca, Bangladesh

Jagtiani, K., Office régional UNICEF, Nouvelle-Dehli, Inde

Journey, W.K., Banque Mondiale, Washington D.C., USA

Kuttner, D.O., Inst. Int. de Recherches sur le Riz, Manille, Philippines

Leon de la Barra, F., Comisión Constructora e Ingeniería Sanitaria, Mexico

McGarry, M.G., Centre de Recherches pour le Développement International, Ottawa, Canada

McJunkin, F.E., Environmental Services Corporation, Chapel Hill, N.C., USA

Meinardi, C., National Institute for Water Supply, Voorburg, Pays-Bas

Mengin, Ets. Pierre, Montargis, France

Moore, W. Clayton Moore Co., Lake Zurich, Ill., USA

Neave, J., Association Internationale de Développement, Washington, D.C., USA

Osei Poku, K., Ghana Water and Sewerage Corporation, Accra, Ghana

Pacey, A., OXFAM, Oxford, Angleterre

Phillips, R., UNICEF, Dacca, Bangladesh

Potts, P.W., Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia, USA

Qureshi, M.F., Département de Génie Sanitaire, Lahore, Pakistan

Rau, B.B., CPHEEO, Ministère des Travaux Publics, Nouvelle-Dehli, Inde

Radcliffe, G.H., CARE/MEDICO, Tunis, Tunisie

Robertson, L.H., Département du Développement, Limbe, Malawi

Robinson, A., UNICEF, New York, USA

Rodriquez Ogarrio, G., Ingénieur sanitaire OMS, Mount Lavinia, Sri Lanka

Sandberg, L., Service des puits Sholapur, Sholapur, Inde

Shawcross, J.F., UNICEF, Dacca, Bangladesh

Schippers, C., IWACO Consulting Engineers, Bandung, Indonésie

Schuthof, J., Ministère de l'eau et de l'énergie, Dar es Salam, Tanzanie

Spangler, C.D., Banque Mondiale, Washington D.C., USA

Sperandio, O.A., Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Lima, Pérou

Stanley, R.J., Projet pilote Arusha, Arusha, Tanzanie

Stapleton, C.K., UNICEF, Nairobi, Kenya

Sukapradja, D., Office provincial de la Santé, Bandung, Indonésie

Swisher, A.D., Association Internationale de Développement, Washington, D.C., USA

Tröfthen, P.F., Petro, Saltsjöbaden, Suède

Unakul, S., Office régional OMS sud-est asiatique, Nouvelle-Dehli, Inde

U Ngwe San, Département de la mécanisation agricole, Rangoon, Burma

Unrau, G.O., Fondation Rockefeller, St. Lucia, USA

Watt, S.B., Groupe int. de développement technologique, Londres, Angleterre

Yilma, W.E., Commission d'aide et d'assainissement, Addis Abeba, Ethiopie



AFRIQUE DU SUD

Stewarts and Lloyds of South Africa Ltd.  
Windmill Division  
P.O.Box 74  
Vereniging 1930  
Afrique du Sud

Southern Cross Windmill  
and Engine Co. (Pty.) Ltd.  
Nuffield Street  
Bloemfontein  
Afrique du Sud

ALLEMAGNE (République fédérale d')

Moderne Pumpen Ernest Vogel  
Prager Strasse 6  
Stockerau  
République fédérale d'Allemagne  
("Vogel")

Preussag Aktiengesellschaft  
Kunststoffe und Armaturen  
Postfach 9, Eixer Weg  
D-3154 Stederdorf, Kr. Peine  
République fédérale d'Allemagne  
(cylindres, crépines, cuvelages PVC)

Pumpenfabrik Beyer  
2400 Lubeck 1  
Glockengiesserstrasse 61  
République fédérale d'Allemagne

ARGENTINE

Iquiniz Sociedad Anonmia  
Hortiguera 1882  
Buenos Aires  
Argentine  
("Lago", "Brisa", "Aeromotor")

AUSTRALIE

John Drake and Son Pty. Ltd.  
391-403 Bourke Street  
Melbourne  
Australie

Intercolonial Boring Co. Ltd.  
450-466 Ann Street  
Brisbane  
Australie

Metters  
Murray House  
77-79 Grenfell Street  
Adelaide  
Australie

Southern Cross Engine and Windmill  
Co. Pty. Ltd.  
Grand Avenue  
Granville  
Sydney, New South Wales  
Australie  
(fabriquant sous le nom de  
"Toowoomba")

\* Ce répertoire n'entend être qu'une source d'informations en matière d'adresses de fabricants de pompes et d'éléments de pompes à main. L'inclusion ou l'omission d'un fabricant sur cette liste ne représente aucune forme de jugement quant à la qualité de ses produits.

Cette liste a été établie par l'auteur sur la base d'un tour d'horizon rapide. Son exactitude et son actualité n'ont pas été vérifiées en tout point. Toutes les corrections et adjonctions seront reçues avec reconnaissance.

Les noms des modèles de pompes de certains fabricants sont mentionnés entre parenthèses; par exemple, ("Lago") est une série de pompes fabriquée en Argentine par Iquiniz S.A.

Toowoomba Foundry Pty. Ltd.  
259 Ruthven Street  
Toowoomba, Qld. 4350  
Australie

BANGLADESH

Bangladesh Light Casting, Dacca  
Eastern Foundry, Dacca  
Essential Products Ltd., Dacca  
National Iron Foundry, Khulna  
Unique Metal Industry, Dacca  
Zahed Metal Industries, Bogra

Tout renseignement sur ces fonderies  
ou sur d'autres unités de fabrication  
peut être obtenu à l'adresse suivante :  
UNICEF Supply Section  
UNICEF Dacca  
P.O.Box 58  
Dacca  
Bangladesh

BELGIQUE

Ateliers Deplechin  
Avenue de Maire, 28  
B-7500 Tournai  
Belgique

Duba S.A.  
Nieuwstraat  
B-9200 Wetteren  
Belgique  
("Tropic I", "Tropic II")

BRESIL

Industrias Mecanicas Rochfer Ltd.  
Caixa Postal 194  
Franca, Sao Paulo  
Brésil  
(pompes à piston fonctionnant à l'eau)

CANADA

Beatty Bros. Limited  
Fergus, Ontario  
Canada  
("Beatty") ("Dominion")

Monarch Machinery Co. Ltd.  
Winnipeg  
Canada

Robbins and Myers Company  
of Canada Limited  
Brantford, Ontario  
Canada  
("Moyno")

Tri-Canada Cherry Burrel Ltd.  
Mississauga, Ontario  
Canada  
(type stator-rotor hélicoïdal)

CHINE (République populaire de)

China National Machinery and  
Export Corporation  
Kwangtung Branch  
61 Yanjiang Yilu  
Kwangchow  
République populaire de Chine  
("SB 38-1", "SB 40-1")

ESPAGNE

Bombas Borja  
Avda. P. Emilio Baro 25  
Valencia  
Espagne

Bombas Geyda  
Avenida Carlos Gens, S.L. Burjasot, 54  
Valence  
Espagne  
("Geyda" principalement pour le marché  
espagnol)

ETATS-UNIS D'AMERIQUE

Aeromotor  
800 E. Dallas St.  
Broken Arrow, Oklahoma 74012  
Etats-Unis d'Amérique  
(production discontinuée aux USA,  
mais concessionnaire en Argentine)

Baker Manufacturing Company  
133 Enterprise St.  
Evansville Wisconsin 53536  
Etats-Unis d'Amérique  
("Monitor")

Colombiana Pump Co.  
131 E. Railroad  
Columbiana, Ohio 4408  
Etats-Unis d'Amérique

Dempster Industries, Inc.  
Box 848  
Beatrice, Nebraska 68310  
Etats-Unis d'Amérique

Heller-Aller  
Perry and Oakwood Streets  
Napoleon, Ohio 43545  
Etats-Unis d'Amérique  
("Heller Aller")  
("H.A.")

Kitrick Management Company  
4039 Creek Road  
Cincinnati, Ohio 45241  
Etats-Unis d'Amérique  
(pompe à godets "Gem")

Mark Controls Corporation  
International Division  
1900 Dempster Street  
Evanston, Illinois 60204  
Etats-Unis d'Amérique  
(cylindres, soupapes et cuirs  
"Clayton Mark")

A.Y. McDonald Mfg. Co.  
P.O.Box 508  
Dubuque, Iowa 52001  
Etats-Unis d'Amérique  
("Red Jacket")

F.E. Meyers & Bro. Co  
400 Orange Street  
Ashland, Ohio 44805  
Etats-Unis d'Amérique

Rife Hydraulic Engine Mfg. Co.  
Box 367  
Milburn, New Jersey  
Etats-Unis d'Amérique  
("Rife Ram")

#### FINLANDE

Vammalan Konepaja Oy  
38200 Vammala  
Finlande  
("Nira")

#### FRANCE

Les Pompes André Bodin  
37150 Bléré  
France  
("Solo") ("Majestic") ("Celtic")

Ets. Pierre Mengin  
Zone Industrielle d'Amilly  
B.P. 163  
45203 Montargis  
France  
("Hydropompe Vergnet")

Briau S.A.  
B.P. 43  
37009 Tours Cedex  
France  
("Royale") ("Murale") ("Aral")  
("Classique") ("Africa")  
("Éliers hydrauliques")

Etablissements Champenois  
Chamouilley 52710 Chevillon  
France  
("l'Africain", pompe du type à godets  
munie d'une courroie de nylon)

#### GRANDE-BRETAGNE

Autometric Pumps Ltd.  
Waterside  
Maidstone  
Kent  
Grande-Bretagne

Barclay, Kellett & Co. Ltd.  
Joseph Street  
Bradford, Yorks BD3 9HL  
Grande-Bretagne

Barnaby Engineering Co., Ltd.  
Bourne Road  
Bexley, Kent  
Grande-Bretagne  
("Climax")

John Blake Limited  
P.O.Box 43  
Royal Works  
Accrington, Lancashire BB5 5LP  
Grande-Bretagne  
("Hydrams")

Consallen Structures Ltd.  
291 High Street  
Epping, Essex. CM16 4BY  
Grande-Bretagne  
("Consallen")

English Drilling Equipment Co. Ltd.  
Lindley Moor Road  
Hudders Field, Yorkshire HD3 3RW  
Grande-Bretagne  
("EDECO")

H.J. Godwin Ltd.  
Quenington, Cirencester  
Gloucestershire GL7 5BX  
Grande-Bretagne  
("WH") ("X") ("HLD") ("HLS")

Jobson & Beckwith Ltd.  
62-6 Southwark Bridge Road  
Londres SE1  
Grande-Bretagne  
(Diaphragme)

Lee, Howl & Co. Limited  
Alexandria Rd.  
Tipton, West Midlands DY4 8TA  
Grande-Bretagne  
("Oasis") ("Colonial")

Mono Pumps (Engineering) Limited  
Mono House  
Sekforde Street  
Clerkenwell Green  
Londres EC1R OHE  
Grande-Bretagne  
("Mono-lift")

Saunders Valve Co. Ltd.  
Grande Road  
Cwmbran  
Mon  
Grande-Bretagne  
(Diaphragme)

Stanhope Engineers (Bradford) Ltd.  
92 Harris Street  
Bradford BD1 5JA  
Grande-Bretagne

Thomas & Son, Limited  
P.O. Box 36  
Worcester  
Grande-Bretagne  
("Climax")

Wilkinson Rubber Linatex Ltd.  
Stanhope Road  
Camberely  
Surrey  
Grande-Bretagne  
(Diaphragme)

#### INDE

Balaji Industrial and Agricult. Castings  
Hill Street Ranigunj  
Secunderabad-3

Inde  
("Balaji" - Jalna)

Charotar Iron Factory  
opp. New Ramji Mandir  
Anand. Gujarat  
Inde  
(Type Wasp)

Coimbatore Water and Agricultural  
Development Project  
69 Venkatasami Road, R.S. Puram  
Coimbatore 641002  
Inde  
(Type Jalna)

Dandekar Brothers  
Shivaji Nagar Factory Area  
Sangli  
Maharashtra  
Inde  
("Jal Javahar")

Gujarat Small Industries Ltd.  
Nanavati Estate, près de  
Chakudia Mahadeo  
Rakhial, Ahmedabad-23  
Inde  
("Kirti")

JPSR Company (Mitra Das Ghose & Co.)  
Howrah, près de Calcutta  
Inde  
(faible élévation & puits profonds)

Kumar Industries  
P.O. Edathara 678611  
Palghat District, Kerala State  
Inde  
(différents modèles)

Lifetime Products Corporation  
P.O.Box No. 102  
Jodhpur  
Inde  
(Type Wasp)

Marathwade Sheti Sahayya Mandal  
Jalna, Dist. Aurangabad  
Maharashtra  
Inde

Maya Engineering Works Private Ltd.  
200A Shyamaprosad Mukherjee Road  
Calcutta-700 026  
Inde  
("Maya Nos 4, 5, 6")

Mohinder & Co.  
Kurali, Dist. Rojar  
Punjab  
Inde  
(pompes de faible élévation)

Richardson and Crudass Ltd.  
(entreprise du gouvernement indien)  
Madras  
Inde

Senco Industries  
A-12, Coimbatore Private Industrial  
Estate  
Coimbatore-21  
Inde  
("Senco", également Jalna)

Sholapur Well Service  
560/59 South Sadar Bazaar  
Civil Lines  
Sholapur-3  
Maharashtra  
Inde

Vadala Hand Pump  
Marathi Mission  
Ahmednagar  
Maharashtra  
Inde

Water Supply Specialists Private Ltd.  
P.O.Box 684  
Bombay-1  
Inde  
("Wasp")

#### COTE-D'IVOIRE

Abidjan Industries  
Boîte postale 343  
45, Rue Pierre et Marie Curie  
Abidjan Zone 4c  
Côte-d'Ivoire  
(type ABI "M") ("Africa")

#### JAPON

Kashima Trading Co., Limited  
P.O.Box 110  
Higoshi, Nagoya  
Japon

Kawamoto Pump Mfg. Co. Ltd.  
P.O.Box Nagoya Naka No. 25  
Nagoya  
Japon  
("Dragon") ("No. 2 (C) et (D)")

Tsuda Shiki Pump Mfg. Co. Ltd.  
2658 Mimani-Kannon-Machi  
Hiroshima Prefecture  
Japon  
("Keibogo") ("Delta")

#### KENYA

Atlas Copco Terratest Ltd.  
Norwich Union House  
P.O.Box 40090  
Nairobi  
Kenya  
("Kenya", précédemment "Uganda")

#### REPUBLIQUE DE MADAGASCAR

Comptoirs Sanitaires de Madagascar  
B.P. 1104  
Tananarive  
République de Madagascar  
("Mandritsara")

#### PAYS-BAS

Pijpers International Water Supply  
Engineering  
Nijverheidsstraat 21  
P.O.Box 138  
Nijkerk  
Pays-Bas  
("Pompe Kangourou")

PHILIPPINES

Avenue Mfg. Co. Inc  
P.O.Box 3629  
Manille  
Philippines  
(Pompes Pitcher)

Dong Tek Foundry  
699 Elcano Street  
Manille  
Philippines  
(Pompes Pitcher)

M/S Sea Commercial Co., Inc.  
3085 R, Magsaysay Blvd. Cor  
V. Crus, St. Mesa  
Manille  
Philippines  
(Concessionnaire Kawamoto)

New Asia Foundry Mfg. Co. Inc.  
272 Rizal Avenue Ext. Calcoocan City  
Philippines  
(Pompes Pitcher)

Occidental Foundry Corp.  
Km. 16 McArthur Highway  
Malanday, Vanlenzuela  
Bulacan  
Philippines  
(Pompes Pitcher)  
(puits profond "England")

Triumph Metal Mfg. Corp.  
P.O.Box 572  
Manille  
Philippines  
(Pompes Pitcher)

SENEGAL

SISCOMA  
B.P. 3214  
Dakar  
Sénégal  
(différentes pompes, certaines  
d'origine française)

SUEDE

Petro Pump  
Carl Westmans Väg 5  
S-13300 Saltsjöbaden  
Suède

TANZANIE

Shallow Wells Programme  
Shinyanga Region  
P.O.Box 168  
Shinyanga  
Tanzanie

TCHÉCOSLOVAQUIE

Vaclavske Namesti 60  
Prague  
Tchécoslovaquie  
("Intersigma")

UGANDA

Craelius East African Drilling  
Company Ltd.  
P.O.Box 52  
Soroti  
Uganda

AID	Association Internationale de Développement (USA)
CARE	Coopérative pour l'Aide américaine au Monde entier
CIEH	Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques
IBRD (BIRD)	Banque Internationale pour la Reconstruction et le Développement (Banque Mondiale)
IDRC (CRDI)	Centre de Recherches pour le Développement International
IRC	Centre International de Référence pour Alimentation en Eau Collective
ITDG	Groupe de développement pour une technologie intermédiaire
OXFAM	Oxfam-Amérique (Comité de lutte contre la famine)
PAHO (OPS)	Organisation Panaméricaine de la Santé
UNEP	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
UNESCO	Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture
VITA	Volontaires en assistance technique
WHO (OMS)	Organisation Mondiale de la Santé



CONVERSION DES UNITÉS DE MESURE

ANNEXE E

LONGUEUR

1 pouce (in)	=	2.54 centimètres (cm)
1 centimètre (cm)	=	0.394 pouce (in)
1 pied (ft)	=	0.3048 mètre (m)
1 mètre (m)	=	3.281 pieds (ft)

SURFACE

1 square inch (in <sup>2</sup> )	=	6.4516 centimètres carrés (cm <sup>2</sup> )
1 centimètre carré (cm <sup>2</sup> )	=	0.1550 square inch (in <sup>2</sup> )
1 square foot (ft <sup>2</sup> )	=	0.0929 mètre carré (m <sup>2</sup> )
1 mètre carré (m <sup>2</sup> )	=	10.764 square foot (ft <sup>2</sup> )

VOLUME

1 cubic foot (ft <sup>3</sup> )	=	28.317 litres (l)
1 U.S. gallon (US gal)	=	3.7854 litres (l)
1 G.B. gallon * (GB gal)	=	4.5461 litres (l)
1 litre (l)	=	0.264 U.S. gallon (US gal)
1 litre (l)	=	0.220 G.B. gallon (GB gal)

REFOULEMENT

1 U.S. gallon par minute (US gal/min)	=	227.12 litres par heure (l/h)
1 G.B. gallon * par minute (GB gal/min)	=	272.77 litres par heure (l/h)
1 litre par seconde (l/sec)	=	15.85 U.S. gallons par minute (US gal/min)
1 litre par seconde (l/sec)	=	13.12 G.B. gallons par minute (GB gal/min)

\* Appelé également gallon impérial

MASSE (poids)

1 livre (lb)	=	0.4536 kilogramme (kg)
1 kilogramme (kg)	=	2.205 livres (lbs)

PRESSION

1 livre par square inch (psi)	=	0.07031 kilogramme par centimètre carré (kgf/cm <sup>2</sup> )
1 kilogramme par centimètre carré (kgf/cm <sup>2</sup> )	=	14.223 livres par square inch (psi)
1 pied (colonne d'eau)	=	0.0305 kilogramme par centimètre carré (kgf/cm <sup>2</sup> )
1 mètre (colonne d'eau)	=	1.422 livres par square inch (psi) = 0.1 kg/cm <sup>2</sup>

PUISSANCE

1 horsepower (hp)	=	0.7457 kilowatt (kw)
1 kilowatt (kw)	=	1.341 horsepower (hp)