

PN-ABF-146

66' 70

ETUDE DES METHODES D'EXHAURE AU TCHAD

Préparée pour

L'AGENCE AMERICAINE POUR LE DEVELOPPEMENT INTERNATIONAL  
TCHAD

Réf: 0018

Date: 18 août 1986

I T POWER, Inc.,  
1015 Eighteenth Street, N.W.  
Suite 801  
Washington, D.C. 20036  
(202) 775-8777  
Télex: 262550 POWER UR

## TABLES DES MATIERES

	<u>PA</u>
SOMMAIRE	
Préface	
Introduction	
Section I - Examen de la Documentation	1
1.1. Introduction	1
1.2. Pompes adaptées à l'irrigation à faible hauteur d'élévation	1
1.2.1 Mécanismes à action directe alternatifs et cycliques	2
1.2.2 Mécanismes élévatoires directs rotatifs	5
1.2.3 Pompes à piston alternatives	13
1.2.4 Pompes à mouvement rotatif	28
1.2.5 Pompes alternatives à inertie	41
1.2.6 Types de pompes à inertie rotatives	43
1.3. Générateurs de forces motrices et ressources énergétiques	
1.3.1 Traction humaine	50
1.3.2 Traction animale	50
1.3.3 Energie solaire	52
1.3.4 Moteurs à combustion interne	55
1.3.5 Energie éolienne	59
1.3.6 Energie hydraulique	60
1.3.7 Energie électrique	64
1.3.8 Biomasse et charbon	64
1.4. Les systèmes commercialisés	68
1.4.1 Les pompes solaires	70
1.4.2 Les éoliennes	70
1.4.3 Les motopompes	74
1.4.4 Pompes à bras et à traction animale	74
1.5. Sources de données	77
Section II - Enquêtes sur le terrain	91
2.1. Installations de pompage au Tchad	92
2.2. Observations	
2.2.1 La vallée entre le Chari et le Logone	92
2.2.2 La vallée au Nord du Chari-Karal	104
2.2.3 Karal-Tourba-Bol	107
2.2.4 Bol 108	107
2.2.5 Bol - Doumdoum - Mao	
2.2.6 Mao 109	109
2.2.7 Autres projets de micropérimètres	110
2.3. Fourniture de systèmes d'exhaure	111
2.4. Fabricants, entretien et matières premières	
2.4.1 La SIMAT	113
2.4.2 L'Hydraulique Pastorale (ONHPV)	113
	114

2.4.3	Missions Catholiques	115
2.4.4	SECADEV	115
2.4.5	CARE/ N'Djamena	115
2.4.6	PAM/AAA-Mao	116
2.4.7	L'ONDR	116
Section III	- Sélection des pompes et programme de suivi sur le terrain	117
3.1	Analyse des options technologiques	117
3.1.1	Pompes regroupées d'après leurs puissance et hauteur utile	117
3.1.2	Options de ressources hydrauliques	118
	3.1.2.1 Zones de ouadis et de polders	118
	3.1.2.2 La vallée moyenne du Chari et du Logone	123
3.1.3	Plages de puissance de forces motrices et ressources énergétiques	125
	3.1.3.1 Energie humaine	127
	3.1.3.2 Traction animale	128
	3.1.3.3 Energie solaire	131
	3.1.3.4 Moteurs à combustion interne	133
	3.1.4.5 Energie éolienne	135
	3.1.4.6 Energie électrique	137
	3.1.4.7 Energie hydro-électrique	137
	3.1.4.8 Energie d'origine végétale (biomasse)	138
3.1.4	Adaptation des capacités de puissance des différents types de pompes aux plages de puissances des générateurs de forces motrices	138
3.2	Considérations économiques	140
3.3	Systèmes d'exhaure commercialisés pour le programme de tests sur le terrain	146
3.4	Programme de suivi sur le terrain	149
3.4.1	Objectif	149
3.4.2	Méthodologie du programme de suivi	149
3.4.3	Collecte des données	150
3.4.4	Tableaux généraux, communs à tous les sites	151
3.4.5	Tableaux des technologies spécifiques	157
3.4.6	Analyse des données	157

ANNEXE

## TRADUCTION OFFICIEUSE

### SOMMAIRE

#### STRATEGIE

La politique de l'USAID au Tchad vise à augmenter la productivité agricole par le biais du développement de petits périmètres irrigués. Jusqu'ici, l'absence de techniques appropriées en matière d'exhaure a été un obstacle important à la mise en place de parcelles irriguées productives et économiquement viables qui puissent être cultivées par des paysans individuels.

La stratégie qui est actuellement adoptée pour apporter des améliorations aux techniques d'exhaure destinées à l'agriculture peut-être résumée comme suit:

1) Par le biais de services fournis par IT Power, Inc., l'USAID est en train de sélectionner les technologies d'exhaure qui correspondent le mieux aux ressources énergétiques et hydrauliques du Tchad et qui présentent le meilleur potentiel pour un approvisionnement en eau fiable et économique destinée à l'agriculture irriguée.

2) Les technologies d'exhaure sélectionnées seront intégrées dans un programme de tests sur le terrain visant à identifier les technologies qui fonctionnent bien dans un environnement sur le terrain, qui apportent des stimulants aux utilisateurs et qui peuvent être entretenues. Le programme de tests sur le terrain sera intégré dans le projet "Initiatives de Développement par les Organisations Non Gouvernementales (ONG)".

3) Les problèmes sociaux et les critères économiques relatifs à l'agriculture irriguée à petite échelle au Tchad seront examinés. Un Appel d'Offres (A.O.) pour la fourniture de ce service a été lancé le 15 juillet 1986 par l'USAID/N'Djamena.

Cette stratégie aboutira à la définition d'un programme local de fabrication/assemblage et d'une infrastructure d'entretien envisagés comme composantes d'un futur projet d'irrigation.

#### AGENCEMENT DE L'ETUDE

Cette étude sélectionne des systèmes d'exhaure qui pourraient être intégrés dans un programme de tests sur le terrain et définit le programme de tests; elle comporte trois sections importantes, à savoir:

##### SECTION I:

- Une description systématique des types d'appareils qui peuvent être utilisés au Tchad.
- Une présentation des forces motrices et des ressources énergétiques qui peuvent être utilisées pour actionner ces appareils.
- Un résumé des technologies commercialisées.

##### SECTION II:

- Une évaluation quantitative des systèmes installés dans les périmètres irrigués au Tchad.

- Des observations d'ordre général faites sur le terrain et se rapportant aux ressources, installations et expériences opérationnelles.
- Une récapitulation des fournisseurs locaux d'appareils de pompage et des moyens d'entretien et de fabrication actuels.

### SECTION III:

- Une analyse des options technologiques, destinée à déterminer les meilleures combinaisons pouvant être obtenues entre les ressources respectives (énergétiques, humaines et hydrauliques) et les appareils d'exhaure.
- Un examen des avantages et des inconvénients économiques des diverses options.
- Une discussion sur l'expérience en matière d'irrigation à faible hauteur d'élévation au Tchad.

Les résultats des points susmentionnés sont utilisés pour définir:

1. Les systèmes d'exhaure qui devraient être intégrés dans le programme de tests sur le terrain, et
2. Un programme de suivi sur le terrain.

### OPTIONS TECHNOLOGIQUES

L'objectif de la Section I est de présenter à l'USAID et aux personnes responsables du choix et de la sélection des futurs systèmes de pompage à faible hauteur d'élévation, un ensemble complet d'options technologiques. Cette évaluation systématique permet d'obtenir une estimation plus complète et plus professionnelle des avantages et des inconvénients des options respectives, en mettant l'accent sur la traction humaine et animale et sur les appareils utilisant des énergies renouvelables, ainsi qu'il l'a été stipulé dans les Conditions de Référence.

L'eau peut être déplacée par la mise en pratique de n'importe lequel (ou n'importe quelle combinaison) des six différents principes mécaniques; cependant, les types de pompes à levage direct et à inertie (charge de la vitesse) sont mieux adaptés pour être appliqués à l'irrigation par puisage à faible profondeur et s'adaptent mieux à la traction humaine, animale et aux forces motrices actionnées par des énergies renouvelables.

Si l'on prend en considération les ressources énergétiques et les options en matière de forces motrices devant actionner les types de pompes, les options manuelles (à pied ou à bras) présentent plusieurs alternatives. On a au Tchad très peu d'expérience en matière d'utilisation des animaux pour la traction, cependant, les options en matière d'énergie vont de l'âne (75 à 200 W) au chameau (400 à 700 W). Les ressources en énergies renouvelables les plus abondantes au Tchad sont le soleil et le vent, tous les deux étant plus favorables dans le nord, et l'énergie hydraulique utilisant le

courant des fleuves le long du Chari et du Logone. La biomasse est exclue en tant qu'option de ressource énergétique à cause de la complexité de la transformation de cette ressource en énergie.

Bon nombre d'options en matière de systèmes d'exhaure susceptibles de s'adapter à l'irrigation à petite échelle au Tchad ne peuvent être obtenues dans le commerce. Bien qu'un grand nombre de systèmes de pompage ait été fabriqués ces dernières années, la plupart sont destinés à la fourniture d'eau aux villages et au bétail, et non pas à l'irrigation à petite échelle. La seule exception notable concerne les moteurs à combustion interne fonctionnant aux hydro-carbures et actionnant les pompes centrifuges.

Certains pays en voie de développement (notamment la Chine et, dans une moindre mesure, l'Inde) ont accompli beaucoup en matière d'élaboration et de fabrication d'appareils à technologie intermédiaire, le plus souvent actionnés par l'homme et/ou par des animaux. On a également acquis une très grande expérience en Egypte, par exemple, en ce qui concerne les appareils d'irrigation à traction animale, et en Crète en ce qui concerne les appareils d'irrigation éoliens. Tous ces appareils sont fabriqués pour le marché local et on ne les trouve pas facilement dans le commerce.

Etant donné que le contexte de ce programme impose de ne pas consacrer trop d'efforts à la fabrication d'appareils, l'accent doit être mis sur l'adaptation des technologies existantes au nouvel environnement où elles seront appelées à fonctionner. Par conséquent, le recours aux technologies existantes constitue une condition préalable.

#### LA SITUATION AU TCHAD

Au cours des études qu'il a menées au Niger et au Mali, "Rapid Country" a dressé un inventaire des systèmes de pompage opérationnels utilisés à des fins d'irrigation dans chacun de ces deux pays. L'enquête sur le terrain menée au Tchad a adopté la même méthodologie pour dresser un inventaire des appareils, des fournisseurs, et des capacités d'entretien et de fabrication dans le pays.

L'enquête révèle qu'environ 130 pompes à moteur diesel et à essence fonctionnent actuellement. 141 unités additionnelles ont été achetées par des organisations donatrices et par le Gouvernement du Tchad (GDT) et doivent être installées dans un proche avenir. La superficie totale cultivée irriguée par des motopompes ne dépasse pas 1200 ha et n'est vraisemblablement pas supérieure à 900 ha. Au Niger, 7850 ha sont irrigués par des motopompes, dont 20% entièrement dans le cadre d'initiatives du secteur privé.

Le chadouf, technique consistant à faire basculer un seau au bout d'une corde, et utilisant l'énergie humaine, est utilisé dans les ouadis et les polders où le puisage n'excède généralement pas 3m. On estime à plusieurs milliers le nombre de chadoufs en fonctionnement, chacun irrigant de 100 à 1250 m<sup>2</sup> par jour, s'il fonctionne de manière continue. L'ONDR rapporte que 3400 ha de terres de ouadis et de polders sont actuellement en train d'être développées à des fins de réinstallation des populations; ce chiffre dénote un besoin de 30.000 chadoufs au cas où cette technologie serait employée sur l'ensemble des périmètres de réinstallation.

Les autres formes de technologie de pompage pour l'irrigation sont rares. Les seules technologies identifiées sont deux turbines hydrauliques actionnées par le courant des fleuves et trois éoliennes.

L'expérience passée en matière de motopompes au Tchad a montré que les utilisateurs sont incapables en général d'exploiter les périmètres de manière efficace et économique quand les coûts récurrents et les responsabilités de gestion leur sont transférés. Il y a des indications selon lesquelles la charge des coûts récurrents liés au fonctionnement des pompes actionnées aux hydro-carbures dépasse les bénéfices pouvant être obtenus de l'accroissement de la taille des parcelles cultivées et d'une production plus élevée. En outre, bon nombre de systèmes de pompage ne répondent pas bien aux exigences de hauteur manométrique et de débit effectifs. Par conséquent, ces systèmes ne sont pas efficaces et, assez souvent, sont prématurément hors d'usage.

L'emploi du chadouf s'est rapidement développé grâce à la promotion qu'il a reçu dans le cadre des programmes "Vivres contre Travail". Cette technologie de pompage à fort coefficient de main-d'oeuvre est moins efficace que bon nombre d'autres options manuelles, ne permettant de cultiver que des parcelles de 1000 à 1250 m<sup>2</sup>, et ne permet pas à l'opérateur de s'occuper d'autres tâches (souvent plus productives). On devrait se montrer très prudent quant à la promotion de l'adoption sur une grande échelle de cette technologie pour les petites parcelles irriguées.

Les options en matière de ressources en eau peuvent être subdivisées en quatre groupes principaux, dont trois se prêtent bien aux applications en matière d'irrigation par puisage à faible profondeur, dans les zones où le projet "Initiatives de Développement par les ONG" est en voie de réalisation.

Les ressources font appel à différentes options technologiques et ont été abordées séparément lors du processus de sélection des technologies. Les faibles débits des puits traditionnels constituent les contraintes majeures dans les zones de ouadis et de polders, bien qu'une expérience limitée avec des puits de plus gros diamètre a permis d'augmenter l'output au point de satisfaire les demandes des pompes à essence portatives. Des puits instantanés à faible profondeur ont été équipés de manière satisfaisante pour tirer l'eau à des fins de consommation ménagère, mais il n'y a pas eu d'utilisation de ces puits pour l'irrigation, bien qu'un petit projet pilote soit en train d'être édifié.

La variation saisonnière du niveau de l'eau dans les vallées du Chari et du Logone exige d'exercer une attention particulière lors de la sélection des systèmes de pompage. Les pompes flottantes s'adaptent mieux à ces sites car elles amoindrissent les insuffisances rencontrées avec les systèmes installés sur les berges des fleuves ainsi que les pertes en volume d'eau pompée qui en découlent. AFRICARE a installé quatre pompes flottantes.

Les technologies améliorées ne contribueront à l'accroissement de la production agricole qui si elles sont introduites conjointement à une infrastructure d'entretien et un service de livraison de pièces

de rechange efficaces. La dépendance vis-à-vis des importations de l'étranger fait diminuer les possibilités de mise en place d'une infrastructure d'entretien efficace, fait augmenter les coûts d'entretien, et ne contribue en rien à augmenter l'autonomie agricole et industrielle du Tchad. La politique de l'USAID préconise la sélection de technologies pouvant être fabriquées ou assemblées au Tchad. Cette politique ne contribuera pas seulement à la mise en place d'une infrastructure d'entretien efficace, mais aidera également à édifier le secteur privé industriel tchadien.

Il y a, à N'Djamena, 12 organisations tchadiennes ou organisations non tchadiennes basées au Tchad, qui sont disposées à fournir des motopompes à essence et à rendre des services après-vente. Seulement deux de ces organisations sont des concessionnaires officiels, l'une de Lombardini et l'autre de Deutz. Le représentant de Lombardini, Slieman Saloum, dispose d'un stock important de pièces de rechange et d'un personnel d'entretien formé en France. Il n'y a pas de systèmes de pompage à main ou actionnés à l'aide d'énergies renouvelables commercialisés au Tchad.

Le potentiel pour une fabrication locale n'est pas énorme, mais la SIMAT qui vient de s'installer, s'est lancée dans la fabrication et l'assemblage d'équipement agricole et envisage d'étendre ses activités à la fabrication de pompes manuelles pour l'approvisionnement en eau des villages et la mise en place d'un réseau national de vente de pompes Deutz et services afférents. Les représentants de Deutz estiment à 300-400 la demande de pompes dans les deux à trois prochaines années.

La SIMAT est une entreprise mixte franco-tchadienne, subventionnée par des dons du gouvernement et par des investisseurs privés. L'installation actuelle consiste en un magasin en tôle bien équipé, un atelier pour les machines et un atelier d'assemblage disposant de 40 employés locaux. Elle emploie deux conseillers techniques français. La production au cours des six premiers mois de 1986 consistait en 7500 charrues à un soc, 236 charrettes à traction animale, 100 charrettes à bras et des articles divers.

Les phases de la production iront progressivement de l'assemblage de composants préfabriqués et importés à la fabrication totale. La mauvaise qualité des matières premières du Nigéria qu'on peut trouver sur place rend nécessaire l'importation de matières premières d'Europe. La SIMAT avise que cette approche est également plus rentable.

La SIMAT est techniquement et physiquement bien équipée pour assumer la responsabilité de fabriquer et/ou d'assembler des systèmes de pompage pour l'irrigation. La commercialisation et le réseau de services en voie d'être mis en place pour les motopompes et matériel agricole Deutz pourraient très bien englober les besoins du programme de l'USAID.

## SYSTEMES SELECTIONNES POUR LE PROGRAMME DE TESTS SUR LE TERRAIN

La sélection d'un système de pompage est un exercice qui vise à obtenir la meilleure combinaison possible entre les ressources et la demande. Le processus de sélection commence par l'examen des options technologiques en matière de pompage, leur regroupement en termes de hauteur utile et de gammes de puissances, leur classement par niveau de rendement en fonctionnement normal. Cette séparation structurée permet d'obtenir une meilleure corrélation dans la combinaison des types de pompes avec les forces motrices et les ressources énergétiques.

Le rendement nominal des pompes varie considérablement et n'est pas particulièrement lié à la complexité de l'appareil. Les pompes à chaîne, dont la construction peut être simple et qui peuvent être fabriquées dans les pays en voie de développement, ont des rendements comparables aux pompes immergées multicellulaires, bien que leurs vitesses de fonctionnement, leurs gammes de puissances et leurs principes mécaniques diffèrent énormément. Les types de pompes qui sont d'ordinaire actionnées à la main ou par traction animale ne sont pas, comme on pourrait le croire, inférieures du point de vue de leur performance aux types de pompes modernes mécanisées, et sont même dans certains cas supérieures à ces dernières. La sakia (HRES D2), un appareil traditionnel qui a été amélioré grâce à des recherches appliquées dans l'environnement de pays en voie de développement, est très performante. De même, les petites pompes axiales fabriquées dans les pays en voie de développement peuvent rivaliser avec d'autres du point de vue du rendement.

Certains types, actionnés manuellement, tant traditionnels que modernes, ont de bons rendements, alors que d'autres - le chadouf en particulier - sont notablement inefficaces. La gamme des types de pompes est large, mais peut être optimisée grâce à la sélection d'une bonne combinaison avec la force motrice qui l'actionne. Cette combinaison est d'ordinaire imposée par le principe de vitesse de fonctionnement et la gamme de puissances. Ce type de pompe doit également fonctionner proche de sa hauteur manométrique idéale, ce pour conserver des rendements élevés.

La sélection d'une force motrice appropriée est plus complexe. Les êtres humains ont un rendement total de 7 à 11% lorsqu'ils convertissent de l'énergie alimentaire en énergie mécanique utile, et un output de 200 à 300 Wh/jour. L'utilisation de la force des jambes de préférence à celle des bras ou du corps, permet d'obtenir une puissance continue considérablement plus élevée. Pour cette raison, les pompes à pied sont plus efficaces. Même ainsi, il faut quatre jours de dur labeur pour qu'un être humain produise 1kwh d'énergie. (Un petit moteur portatif peut produire cette quantité d'énergie en une heure et en utilisant moins d'un litre de carburant). La force musculaire humaine est plus coûteuse que toute autre source d'énergie. Les pauvres sont forcés d'utiliser l'énergie humaine parce que les investissements monétaires dont ils disposent sont réduits au minimum et qu'ils ne peuvent se permettre d'obtenir mieux. En outre, quand l'énergie humaine est utilisée quotidiennement pendant de longues périodes de temps, pour puiser de l'eau à des fins d'irrigation, cette énergie ne peut plus être employée pour accomplir d'autres tâches susceptibles d'être plus productives.

La puissance animale en tant que force motrice présente des avantages distincts si on la compare à la puissance humaine parce que les animaux sont plus puissants, et leur utilisation permet de réduire tout recours aux méthodes à fort coefficient de main-d'oeuvre utilisées par les systèmes manuels. Néanmoins, il faut énormément de soins et d'efforts pour faire travailler et pour entretenir le bétail. En général, un animal fournit une quantité d'énergie égale à celle de plusieurs hommes, et ce à moindre coût. Les animaux consomment de grandes quantités de fourrage. Un animal de trait bien bâti requiert un hectare de terre. A supposer que le fourrage doive être cultivé, il faudra disposer de davantage de terre pour ce faire.

Un paysan doit cultiver une superficie huit fois plus grande que celle qu'il cultivait traditionnellement à l'aide d'un chadouf, rien que pour nourrir un gros animal. Etant donné que les gros animaux produisent par jour une quantité d'énergie de 15 à 20 fois supérieure à celle de l'homme, ceci laisse une plus grande marge pour une production agricole accrue. Le fait que le temps et les efforts du paysan sont nécessaires pour s'occuper de l'animal, et que des terres supplémentaires doivent être cultivées, signifie que l'opération passe rapidement des mains d'une seule personne à celles d'un groupe. On devrait, par conséquent, évaluer les problèmes de gestion des parcelles et de production en coopérative.

Les appareils à traction animale sont habituellement complexes du point de vue mécanique, principalement du fait que le bétail produit des forces élevées, irrégulières, à faible vitesse. La transformation de ces forces pour actionner les pompes nécessite d'importantes composantes mécaniques et, assez souvent, des boîtes de vitesse qui coûtent cher et donnent souvent des problèmes d'entretien.

Les forces motrices actionnées par des énergies renouvelables - notamment solaire, éolienne et hydraulique (courant des fleuves) - offrent des avantages que n'ont pas les options à traction humaine ou animale dans la mesure où les niveaux quotidiens de production d'énergie sont suffisants pour cultiver plusieurs hectares et que ces systèmes fonctionnent de manière fiable et sans surveillance. Les forces motrices actionnées par la biomasse sont hors de considération car, bien que la conversion de l'énergie d'origine végétale en puissance mécanique est techniquement faisable, on considère que vu sa complexité, elle n'est pas appropriée pour des applications au Tchad en matière d'irrigation par puisage à faible profondeur.

Les considérations économiques - principalement la densité et la gamme des ressources énergétiques et les coûts du carburant sont les principaux facteurs qui guident le choix d'une technologie, vu que, dans tous les cas, il faut mettre en place une infrastructure d'entretien.

Au Tchad, les données sur les ressources solaire et éolienne sont extrêmement rares. Au nord du 13<sup>ème</sup> parallèle (13 degrés nord), la ressource éolienne est probablement adéquate pour rendre les éoliennes aussi compétitives que les autres systèmes substituables. La ressource solaire est abondante dans tout le Tchad mais, une fois encore, plus favorable dans les provinces du nord. Le carburant coûte cher, de l'ordre de 270 à 375 FCFA/litre, selon la région. Trois éoliennes seulement sont opérationnelles, et aucune pompe solaire (photovoltaïque) n'a été installée.

Les possibilités en matière de turbines hydrauliques le long des vallées du Chari et du Logone ne pourront être connues que grâce à une étude plus poussée au moyen de tests sur le terrain. Deux appareils de fabrication locale sont déjà installés. Le débit et la profondeur du fleuve, en certains endroits, suffisent à actionner les turbines avec efficacité. Il n'est pas possible de quantifier les possibilités en vue d'une expansion sans une étude plus détaillée des types hydrologiques desdites vallées.

Les générateurs de force motrice diesel et à essence ont été assez utilisés dans les périmètres irrigués au Tchad pour permettre une évaluation des systèmes à action directe. Il n'existe pas encore au Tchad de générateurs diesel actionnant des pompes électriques.

L'expérience acquise sur un certain nombre d'années et ré-examinée dans cette étude, montre que les obstacles créés par les coûts récurrents, les problèmes d'entretien et la gestion des périmètres sont les principaux facteurs contribuant à donner une idée négative des périmètres irrigués au Tchad. Une formation approfondie à long terme en gestion et exploitation des périmètres a contribué à améliorer la qualité et à augmenter la productivité, cependant, pas un seul périmètre irrigué par des pompes à hydro-carbures n'a été capable d'apporter aux utilisateurs assez de stimulants à long terme pour élargir l'exploitation, et ce en dépit du fait que 85% des 130 pompes installées ont été achetées grâce à des subventions de projets.

Il semble que ce sont les types de générateurs de force motrice, plutôt que les types de pompes, qui soient à l'origine des plus grosses contraintes rencontrées par l'irrigation par pompage. Quand un type de pompe sélectionné est bien assorti à son environnement, il fonctionne de manière efficace. Les générateurs de force motrice, au contraire, sont à l'origine des problèmes principaux autres que ceux liés à la technologie. Ces problèmes, qui vont des limitations en matière de rendement de la puissance et de l'énergie humaine aux coûts récurrents des systèmes à gazoil, rendent le travail de définition des "meilleures options" très difficile. Les meilleures options ne peuvent être déterminées que grâce à des tests sur le terrain, à un suivi systématique et, éventuellement, à une analyse comparative.

Le tableau III/11 décrit la sélection des combinaisons de types de générateurs de force motrice et de pompes qui sont les plus susceptibles de s'adapter aux ressources et environnements du Tchad et qui fournissent l'eau pour l'irrigation à faible hauteur d'élévation. Un test de ces options, effectué sur le terrain à l'aide d'un nombre suffisant d'échantillons de chaque type de technologie, est la seule méthode qui permette de faire une

meilleure sélection des technologies et, par là-même, de fournir les éléments sur lesquels baser une fabrication locale.

L'échantillon choisi pour les tests sur le terrain consiste en 366 systèmes, dont:

- 275 sont installés dans les ouadis et les polders (hauteur d'élévation: 1 à 3 m)
- 60 sont installés dans les ouadis et les polders (hauteur d'élévation: 3 à 10 m) et,
- 31 sont installés sur les berges des fleuves.

Le coût FAB de ces systèmes est estimé à 548.000 dollars. Le coût total d'installation, comprenant les frais de transport, est estimé à 844.000 dollars.

TABLEAU III/11

## SYSTEMES DE POMPAGE POUR LE PROGRAMME DE TESTS SUR LE TERRAIN

TYPE DE SITE	TYPE DE POMPE	FORCE MOTRICE	NOMBRE D' ECHANTILLONS	NOMBRE DE SITES DE TESTS
OUADIS	- Pompe "Rower" (piston à commande directe)	Humaine (à bras)	50	5
ET	- Diaphragme unique	Humaine (à bras)	25	5
	- Diaphragme double	Humaine (à pied)	25	5
	- Pédale (piston double)	Humaine (à pied)	50	10
POLDERS	- Pompe centrifuge	Humaine (à pied)	10	4
	- Pompe à inertie (oscillante)	Humaine (à bras)	20	5
ASSECHES	*- Vis d'Archimède	Humaine (à bras)	25	5
(1-3 m)	*- à chaîne inclinée	Humaine (à pied)	5	5
	*- Sakia (HRES D <sub>2</sub> )	Animale	3	3
	- Vis d'Archimède	Animale	2	2
	*- Pompe centrifuge ou à diaphragme	Vent	5	2
	- Pompe centrifuge flottante	Solaire(photovoltaïque)	20	10
	- Pompe centrifuge	Essence-portable(3,5CV)	25	5
	- Pompe axiale	Essence	10	3
OUADIS	- A chaîne	Humaine (à bras)	5	5
ET	- A piston jumelé	Humaine(à bras et à pied)	20	5
	*- Roue persane (Zhallar)	Animale	2	2
	*- Mohte circulaire	Animale	3	3
POLDERS	- A piston	Moulin à vent multipale	10	2
	- Hélico-centrifuge immergée	Solaire(photovoltaïque)	10	4
ASSECHES (3-10 m)	- Centrifuge flottante	Groupe électrogène alimentant un lot de pompes	10	1
VALLEE DE FLEUVE (3-10M)	- Centrifuge montée sur ponton	Moteur diesel à C.I. (10CV)	5	5
	- Hélico-centrifuge immergée montée sur ponton	Solaire(photovoltaïque)	5	5
	- Centrifuge flottante	Solaire(photovoltaïque)	5	5
	*- Centrifuge/multi-piston	Hydraulique (rotor Darrius)	3	3
	*- A piston	Hydraulique(propulseur)	3	3
	- Immergée montée sur ponton	Groupe électrogène alimentant un lot de pompes	10	1

\* Fabriquées et testées sur le terrain mais non commercialisées.

## LE PROGRAMME DE TESTS SUR LE TERRAIN

La sélection et l'installation d'appareils de pompage pour un programme de tests sur le terrain ne peuvent être justifiées que si le suivi des installations est mené systématiquement et que si les données obtenues du programme de suivi sont analysées.

IT Power, Inc. et Associates in Rural Development (ARD) ont ébauché la définition d'un programme de suivi sur le terrain utilisant les lignes directrices établies par le Bureau de l'Energie de l'AID, directives qui feront partie des efforts de l'AID/Washington pour améliorer les systèmes d'exhaure en Afrique.

Cette ébauche constitue le fondement du programme de suivi sur le terrain proposé pour le Tchad. Elle décrit une méthodologie et une procédure pour mener des tests à court terme destinés à fournir une mesure de la manière dont une technologie peut fonctionner, et des évaluations à long terme sur le terrain pour estimer la fiabilité, les aspects économiques et l'infrastructure d'entretien nécessaire. Il est prévu que la méthodologie sera élaborée de manière à inclure une procédure pour l'évaluation comparative des systèmes d'exhaure.

La collecte des données techniques sera répartie en cinq composantes principales, à savoir:

- dépenses d'investissement
- coût récurrents
- modèles de fourniture et d'utilisation de l'eau
- rapports sur la fiabilité, comprenant des notes sur l'entretien courant et imprévu, et
- rapports sur les spécifications techniques et performances des pompes, qui engloberont les tests à long et à court termes.

Le travail de préparation d'une méthodologie pour les tests, laquelle doit englober la gamme des technologies prises en considération dans le cadre du projet "Initiatives de Développement par les ONG" est considérable et ne peut être abordé dans les détails sans qu'il y ait au préalable une définition claire des programmes et inputs respectifs des ONG.

Une fois élaborée, cette méthodologie nécessitera une vérification approfondie sur le terrain. Une fois mis en place, ce programme de tests sur le terrain nécessitera un suivi très poussé. Il est fermement recommandé d'utiliser le projet "Initiatives de Développement par les ONG" pour tester la méthodologie des tests comparatifs. En retour, ce projet bénéficiera des connaissances approfondies, de l'expérience en matière de tests, et du travail préparatoire effectué par le personnel de l'USAID et les consultants, pour élaborer une méthodologie perfectionnée pour les tests. Ces activités communes contribueront beaucoup aux objectifs à long terme du Tchad et aux efforts de l'AID/Washington visant à améliorer les systèmes d'exhaure en Afrique.

Les coûts du programme de suivi, conçu comme activité d'une durée de deux ans comportant des tests menés tous les six mois et un suivi quotidien assuré par les opérateurs des systèmes d'exhaure, sont estimés à 210.000 dollars. Ce chiffre sous-entend que bon nombre des composantes du programme de suivi seront intégrées dans d'autres activités de gestion et d'exploitation des périmètres, et que les responsabilités en matière d'analyse seront prises en charge par l'USAID. On n'a pas prévu de budget pour les services d'un consultant destinés au programme de suivi ou à l'analyse.

Il est prévu que la supervision d'ensemble du programme de suivi sera confiée à l'ingénieur hydraulicien de l'USAID. La coordination des projets et la collecte des données seront confiées à l'équipe technique qui dirige le programme de tests à court terme.

Les enquêtes sur le terrain de cette étude ont été menées conjointement par le personnel de IT Power et un ingénieur du GDT affecté à la Direction du Génie Rural. La participation du personnel du Génie Rural au programme de suivi permettra de rehausser la qualité du suivi des données et d'aider le GDT à former son personnel sur le terrain, ainsi qu'à apporter à ce dernier l'expertise nécessaire pour assurer le suivi d'autres options technologiques qui pourraient ne pas être comprises dans le programme d'installation financé par l'USAID.

Dans le même ordre d'idées, la participation du personnel de l'ONDR aux programmes d'installation des équipements permettrait de contribuer à l'obtention des objectifs du projet de l'USAID de manière plus efficace et à élargir l'expérience et améliorer les compétences techniques du personnel du GDT responsable de l'installation au Tchad de bon nombre de systèmes d'exhaure.

## PREFACE

L'étude a été menée par Terence J. Hart de I.T. Power Inc., 1015 Eighteenth Street, N.W. Washington, D.C. 20036, qui est le représentant des activités de I.T. Power en Afrique de l'Ouest et a son siège à Bamako (Mali).

Les enquêtes sur le terrain ont été menées en commun par I.T. Power et un représentant du GDT affecté à la Direction du Génie Rural, M. Goudja Magna, Ingénieur en Machinisme Agricole, Chef du Service Rural de l'Energie et du Machinisme Agricole. Les services de M. Goudja, sa connaissance de la langue locale, ses relations, son enthousiasme et son énergie ont énormément contribué aux résultats de l'enquête sur le terrain. Les coûts des services de M. Goudja ont été annexés au budget du soutien logistique fourni par l'USAID/Tchad. L'USAID n'a pas approuvé la demande faite pour qu'un Per Diem soit payé à un fonctionnaire du GDT.

L'étude a été entreprise en 3 phases:

1. Un examen de 10 jours de la documentation, effectué dans les bureaux de I.T. Power à Londres.
2. Des enquêtes de 18 jours sur le terrain et ébauche du rapport sur les deux premières phases, et
3. Une étude conceptuelle de 10 jours visant à:
  - sélectionner les technologies d'exhaure qui se combinent le mieux aux ressources (Humaines, Energétiques et Hydrauliques) dans les vallées du Chari et du Logone et aux eaux souterraines des ouadis et des polders asséchés, et
  - définir un programme de tests sur le terrain qui pourrait être intégré dans le projet "Initiatives de Développement par les ONG".

# ETUDE SUR LES METHODES D'EXHAURE AU TCHAD

## INTRODUCTION

Ce rapport a été élaboré à l'intention de l'USAID/Tchad. Une étude des technologies et des pratiques d'exhaure a été entreprise par l'auteur au cours de sa Mission de trois semaines au Tchad, en juillet 1986, et a été annexée à la recherche entreprise dans les Bureaux de I.T. Power à Bamako (Mali) et à Reading (Royaume-Uni).

La situation qui se trouve à l'origine de la nécessité de mener cette étude est la suivante:

- La politique de l'USAID vise à accroître la productivité agricole au Tchad.
- L'alimentation en eau est l'un des principaux facteurs limitant la productivité agricole.
- Les périmètres irrigués par pompage couronnés de succès sont peu nombreux au Tchad quand les coûts récurrents sont supportés par les utilisateurs.
- Les coûts récurrents sont anormalement élevés parce que les technologies installées ne permettent pas d'obtenir une bonne combinaison des ressources et de la demande.

La stratégie qui est en voie d'être adoptée pour apporter des améliorations au pompage de l'eau à des fins agricoles a recours aux éléments suivants:

1. Sélection des technologies d'exhaure qui se combinent le mieux aux ressources (Humaines, Energétiques et Hydrauliques)
2. Définition d'un programme de tests sur le terrain qui prouvera que les technologies sélectionnées au point (1) fonctionnent bien sur le terrain, stimulent les utilisateurs et peuvent être entretenues.
3. Etude des critères économiques et des problèmes sociaux liés aux utilisateurs des petits périmètres irrigués par des technologies d'exhaure.
4. Détermination de l'infrastructure d'entretien nécessaire pour ces technologies si elles sont diffusées sur une grande échelle.
5. Réalisation du programme de tests sur le terrain défini au point (2) (Activités du Projet des ONG).
6. Etude des possibilités en matière d'assemblage local, d'évolution vers la fabrication (SIMAT), des technologies qui fonctionnent bien dans le programme sur le terrain et sont adaptables à la fabrication ou à l'assemblage sur place.
7. Lancement d'un programme de fabrication/assemblage, et création d'une infrastructure d'entretien (composante d'un projet d'irrigation).

Cette étude aborde les points (1) et (2) de la stratégie définie plus haut.

L'eau peut être déplacée par application de n'importe lequel (ou n'importe quelle combinaison) des six différents principes mécaniques qui sont très indépendants, à savoir par:

- i. Levage  
Ce principe implique la remontée physique de l'eau dans un récipient.
- ii. Déplacement  
Ce principe a recours à l'utilisation du fait que l'eau est (effectivement) incompressible et peut donc être "poussée" ou déplacée.
- iii. Création d'une charge de la vitesse (inertie)  
Si l'eau est propulsée à grande vitesse, l'élan peut être utilisé soit pour créer un débit soit pour créer une pression.
- iv. Utilisation de la poussée d'un gaz  
L'air (ou un autre gaz) introduit dans de l'eau en fait remonter un certain volume
- v. Pompes à impulsion  
Applique l'énergie de l'eau qui tombe pour élever une partie du débit à un niveau plus élevé de celui de la source.
- vi. Gravité  
L'eau s'écoule vers le bas sous l'influence de la gravité.

Ce qui suit ne prétend pas être une étude exhaustive de toutes les options de technologies d'exhaure, mais traite des principes de levage direct, de déplacement et de charge de la vitesse qui sont directement applicables à l'irrigation à faible hauteur d'élévation. Les technologies sélectionnées pour être incluses sont celles qui sont également considérées comme:

1. Etant d'ores et déjà disponibles dans le commerce, ou ayant été élaborées jusqu'au point où un minimum de recherche et de développement est nécessaire avant leur fabrication.
2. Etant adaptées aux applications en matière d'irrigation à petite échelle en présence d'une faible hauteur d'élévation.
3. Pouvant être entretenues au Tchad.
4. Pouvant être fabriquées, semi-fabriquées, ou pouvant être assemblées au Tchad.
5. Etant compatibles avec la mise en place d'un service après-ventes et la fourniture de pièces de rechange.

La section I, qui est présentée en 3 parties, comprend un texte descriptif et des schémas décrivant les types de pompes et de générateurs de force motrice adaptables à l'irrigation à faible hauteur d'élévation, extraits principalement du document adressé à la FAO et intitulé Forces motrices et pompes pour irrigation à petite échelle à faible hauteur d'élévation, de Peter L. Fraenkel de I.T. Power, Ltd (1986), ainsi que de:

- Appareils élévatoires d'eau pour l'irrigation, de Aldert Molenaar, Rome, FAO 1956.
- Projet de pompes à bras pour alimentation rurale d'eau, document technique de la Banque Mondiale No. 29 (1985).

Le matériel considéré est celui retenu comme ayant une application possible au Tchad. Le matériel tiré de ces documents est complété par d'autres schémas et du matériel descriptif tirés d'autres sources. On fera mention des origines des informations lorsque cela sera possible.

L'objectif de la section I est de présenter à l'USAID et aux personnes responsables du choix et de la sélection des futurs systèmes d'exhaure pour l'irrigation à faible hauteur d'élévation, un ensemble complet d'options technologiques. Cela permettra d'évaluer de manière plus complète, détaillée et professionnelle les avantages et les inconvénients des différentes options du point de vue technique. La comparaison détaillée du point de vue économique n'entre pas dans le cadre de la présente mission. Les conditions de référence demandent de faire porter l'étude davantage sur les appareils

- à traction humaine
- à traction animale
- utilisant des énergies renouvelables

pour l'irrigation à faible hauteur d'élévation (2 à 6 mètres).

Ils sont classés d'après les principes de pompage plutôt que d'après les forces motrices, vu que bon nombre de principes peuvent être appliqués par plusieurs types de forces motrices.

La seconde partie de la section I fournit une classification des forces motrices et des ressources énergétiques pouvant faire fonctionner les pompes.

La troisième et dernière partie de cette section présente la gamme des produits qu'on peut trouver dans le commerce, regroupés par types de sources d'énergie, et donne des exemples, pour chaque type, des différents principes de pompage qui peuvent être actionnés par une même source d'énergie. Etant donné que certaines des technologies les plus fondamentales sont créées pour des situations de pays en voie de développement, il s'ensuit qu'il est assez souvent difficile de déterminer la disponibilité ou l'ampleur de la production.

La section II, consacrée à la phase de l'étude menée au Tchad, comprend des enquêtes sur le terrain visant à étudier l'expérience qu'à le Tchad en matière de technologies de pompage. Pour ce, un inventaire des systèmes opérationnels a été dressé. Les informations sont obtenues grâce à des visites sur le terrain et des interviews auprès des organisations responsables de la distribution, de l'entretien, des essais, de la fabrication des pompes, plus particulièrement VITA qui a instauré un système de crédits pour le secteur privé. Cet inventaire est complété par des visites auprès des fournisseurs et usines de fabrication locale. Cela permet d'évaluer les capacités du secteur privé au Tchad en matière de fourniture, d'entretien et de fabrication de pompes.

Les phases I et II apportent les données sur la base desquelles sera menée la dernière phase de l'étude (phase III). Cette phase, présentée dans la section III, constitue l'essentiel de cette étude et comporte deux outputs majeurs:

- Définition d'un programme de tests sur le terrain qui seraient intégrés dans le projet "Initiatives de Développement par les ONG", et

- Définition d'un programme de suivi sur le terrain, utilisant les lignes directrices établies par le Bureau de l'Energie de l'AID) comme composantes des efforts de l'AID/Washington visant à améliorer les systèmes d'exhaure en Afrique. Ces lignes directrices ont été ébauchées conjointement par I.T. Power, Inc. et Associates in Rural Development (ARD) pour le Bureau de l'Energie de l'AID.

On prévoit que la gestion du programme de tests sur le terrain et du programme de suivi sera assurée en partie par le personnel technique des ONG exécutant les projets de petits périmètres irrigués et en partie par l'ingénieur hydraulicien de l'USAID/Tchad, qui coordonnera les activités et prendra en charge la responsabilité d'ensemble en matière d'analyse des données.

2 2'

SECTION IEXAMEN DE LA DOCUMENTATION1.1 INTRODUCTION

Une fois que la question des ressources énergétiques et hydrauliques aura été définie, le choix d'un système d'exhaure deviendra alors un exercice destiné à assurer le meilleur assortiment possible entre les ressources disponibles et la demande. Cette dernière doit être spécifiée par les ingénieurs hydrauliciens et les agronomes chargés de la conception et de la gestion des périmètres comme étant fonction du débit, de la hauteur et des besoins.

Cette section traite systématiquement, type par type, des technologies d'exhaure connues qui sont largement utilisées, commercialisées (ou presque) et destinées à l'irrigation à faible hauteur d'élévation.

Les différents types traités dans cette section sont:

MECANISMES ELEVATOIRES DIRECTS (Pompes du premier type):alternatifs/cycliques

Curette et calebasses à balancier  
Curettes suspendues, rigoles (dhones) et chadouf  
(levage à contrepoids)  
Mohtes et mohtes circulaires (délou)

MECANISMES DE LEVAGE DIRECT ROTATIFS

Roues persanes (élévateurs d'augets) et Noria  
Roues persanes améliorées (ZAWAFFA ou JHALLAR)  
Roues mobiles (SAKIA ou TABLIA)

POMPES A PISTON ALTERNATIVES (Pompes du deuxième type: pompes volumétriques)

pompes à augets ou à piston  
pompes à diaphragme  
pompes à gaz (pompe HUMPHREY)

POMPES A MOUVEMENT ROTATOIRE POSITIF

Pompes à cavité progressive (Monocellulaires)  
Vis d'Archimède (pompe à vis ouverte)  
Pompes à rouleau et pompes à spirales  
Roues à aubes et roues à aubes schellingwoude  
Pompes à chaîne ou pompes "Paternoster"

TYPES DE POMPES A INERTIE ALTERNATIVES (Pompes du troisième type: turbo-pompes)

Pompe à clapet (pompe oscillante)

## TYPES DE POMPES A INERTIE ROTATIVES

Pompes axiales (pompes hélices)  
 pompes hélico-centrifuges  
 pompe centrifuges  
 pompes immergées multicellulaires

La mise en service, la puissance et les débits de ces différents systèmes et les niveaux d'efficacité envisagés sont présentés dans la Section III, ANALYSE DES CHOIX DE TECHNOLOGIE.

### 1.2 POMPES ADAPTEES A L'IRRIGATION A FAIBLE HAUTEUR D'ELEVATION

#### 1.2.1 Mécanismes à action directe alternatifs et cycliques

##### 1.2.1.1 Curette et calebasses à balancier

Ce sont des variantes basées sur le seau, tenues à la main, et qui doivent avoir été les premières méthodes artificielles de puisage et de transport d'eau. Les Curettes (Fig 1. 1) et la calebasse à balancier (Fig 1. 2. a,b) représentent des méthodes destinées à accélérer le processus de remplissage, de puisage et de vidage du seau; ce dernier nécessite deux personnes au lieu d'une, augmentant ainsi la quantité d'eau qui peut être recueillie à chaque renvoi. Ces dispositifs s'avèrent être plutôt inefficaces en ce qu'ils permettent à l'eau remontée à 1 m de retomber entre 0,3 et 0,5 m, ce qui représente la hauteur d'élévation approximative de ces genres de mécanismes.

##### 1.2.1.2. Curette suspendue, rigoles (Dhones) et chadouf (levage à contrepoids)

La prochaine étape du processus technique est de supporter la masse d'eau remontée en faisant monter la curette ou la calebasse sur un levier à pivot suspendu de manière à obtenir une curette oscillante (Fig. 1.3) ou une rigole ou "dhone" (Fig. 1.4) qui fonctionne également à faible hauteur (0,5 à 1 m), à une vitesse relativement élevée. Le récipient d'eau peut être contrebalancé avec un poids; la figure 1.5 montre un élévateur à contrepoids, dite grue à eau ou "chadouf". Ce mécanisme très usité au Tchad, peut remonter l'eau jusqu'à 3 mètres et exceptionnellement jusqu'à 6 m.

Si le terrain le permet, comme la berge inclinée d'un fleuve, on peut se servir de plusieurs "chadoufs" pour puiser l'eau progressivement à une hauteur supérieure à celle possible avec un seul chadouf.

##### 1.2.1.3. Mohtes et Mohtes circulaires (le Délou)

Pour augmenter la hauteur de levage, l'introduction d'une corde est devenue une nécessité, ce pour tirer le seau d'eau de la source au niveau où il doit être vidé dans un canal d'écoulement. Il existe donc tout un assortiment de mécanismes pour tirer un seau à l'aide d'une corde. La forme la plus simple se compose d'une corde et d'un seau dont la forme améliorée est une simple poulie, c'est-à-dire une manivelle à bras destinée à accroître la puissance du levier et, par conséquent, la quantité d'eau qui peut être remontée dans le seau.

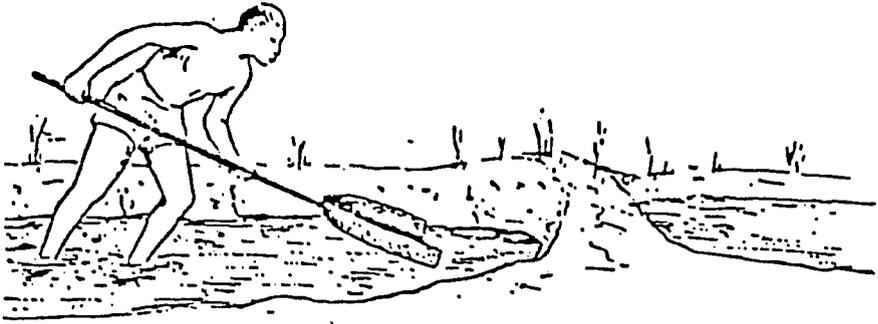


Figure 1.1 La curette utilisée comme simple dispositif manuel

Source: MOLENAAR F.A.O.

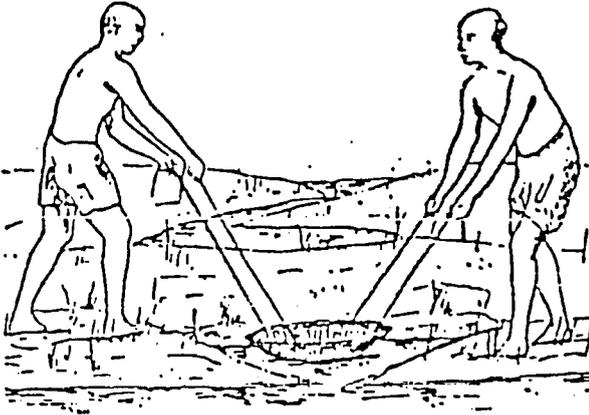


Figure 1.2 a) et b). La calebasse à balancier, semblable à une pelle et actionnée par deux personnes (hommes ou femmes) pour lever l'eau à moins d'un mètre de hauteur.

Source: Idem 1.1

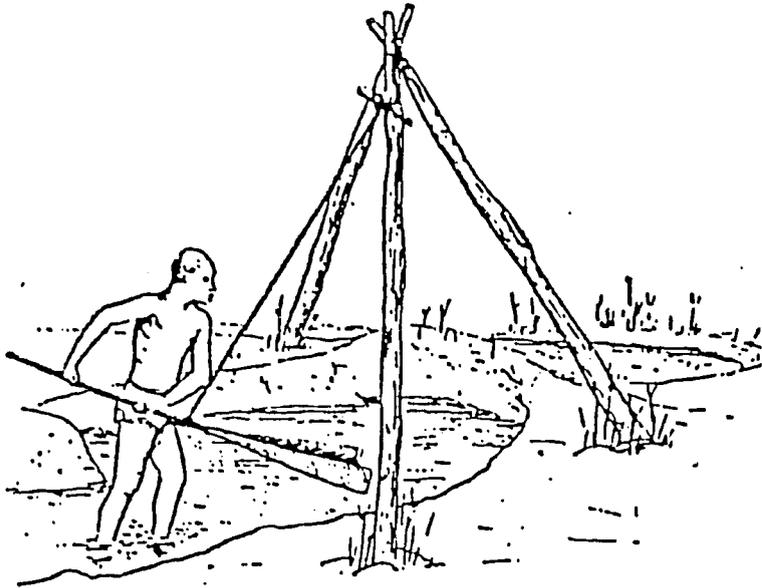


Figure 1.3 Curette suspendue

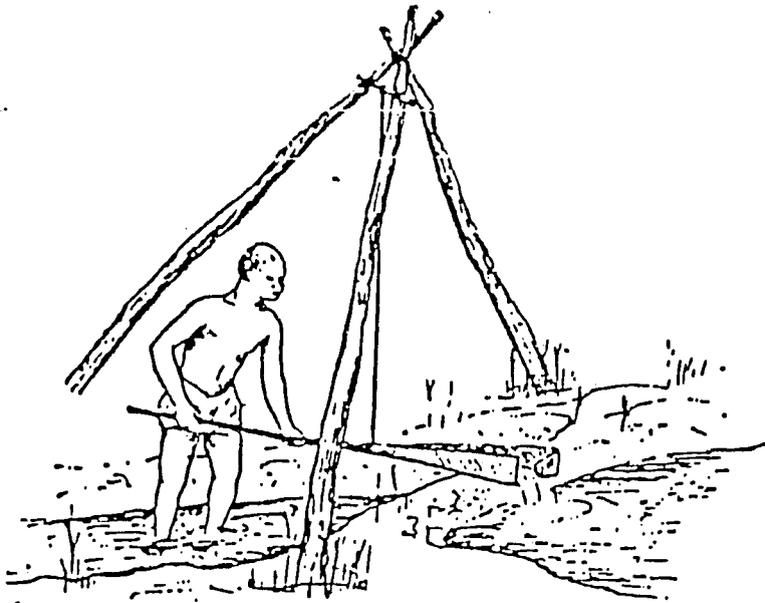


Figure 1.4 Dhone avec clapet pour faciliter la submersion

Source: MOLENAAR F.A.O.

Le rendement de ces systèmes est en général trop faible pour l'irrigation (ils ont tendance à être utilisés surtout pour l'approvisionnement en eau), mais en renforçant le mécanisme par une traction animale, habituellement à l'aide de boeufs, on peut puiser assez d'eau pour irriguer jusqu'à des hauteurs allant de 5 à 10 m. Ceci a encouragé l'évolution du seau à "vidage automatique", connu en Inde sous le nom de "Mohte" (délou) (Fig 1.6). Il s'agit d'un seau en cuir ou en caoutchouc, perforé par le fond, et maintenu fermé par un clapet qui est serré à l'aide d'une seconde corde attelée à l'animal. Aujourd'hui encore, son utilisation est de l'ordre d'un million ou davantage, ce qui témoigne de son importance dans certaines régions. Une autre variante du même principe se retrouve dans la Mohte circulaire. Ici on parvient à obtenir des hauteurs d'élévation plus grandes en utilisant un élévateur à deux seaux et une piste circulaire continue pour l'animal (Fig. 1.7). Ce mécanisme est le plus adapté à des hauteurs allant de 3 à 10 m.

### 1.2.2. Mécanismes élévatoires directs rotatifs

En général les mécanismes élévatoires directs rotatifs améliorent l'efficacité et donc la production, si l'élément de puisage de l'eau peut suivre un mouvement circulaire régulier au lieu d'un mouvement cyclique ou alternatif. La raison en est que la consommation d'énergie de tout mécanisme de puisage d'eau est généralement continue, de sorte que si l'on obtient un rendement intermittent, ce dernier est perdu, à moins que l'on puisse stocker de l'énergie au cours du mouvement cyclique, lorsqu'il n'y a pas remontée d'eau. En conséquence, les mécanismes alternatifs et cycliques ont tendance à être moins efficaces que les mécanismes rotatifs, ceci ne constitue pas toutefois une règle stricte puisque certains mécanismes sont dotés de moyens de stockage d'énergie pour les moments non-productifs du cycle.

#### 1.2.2.1. Roues persanes (élévateurs de seaux) et Noria

On peut apporter une amélioration évidente au simple système de corde et de seau en fixant autour d'une courroie sans fin plusieurs petits seaux de manière à former un élévateur continu. La version originale de cette technique est très ancienne mais reste largement utilisée et connue sous le vocable de "roue persane" (Fig. 1.8); les toutes premières formes étaient composées d'une succession de jarres en terre reliées entre elles par une chaîne suspendue au-dessus d'une roue motrice. La "Noria" actionnée par l'eau (Fig. 1.9), une roue hydraulique dont la jante est entourée de pots, de seaux ou de récipients en bambou creux est un principe identique au précédent, sauf que les récipients sont solidement attachés autour de la roue motrice plutôt qu'à une courroie sans fin suspendue à cette même roue. Le débit de chacun de ces systèmes est fonction du volume de chaque seau et de la vitesse à laquelle les seaux passent par le

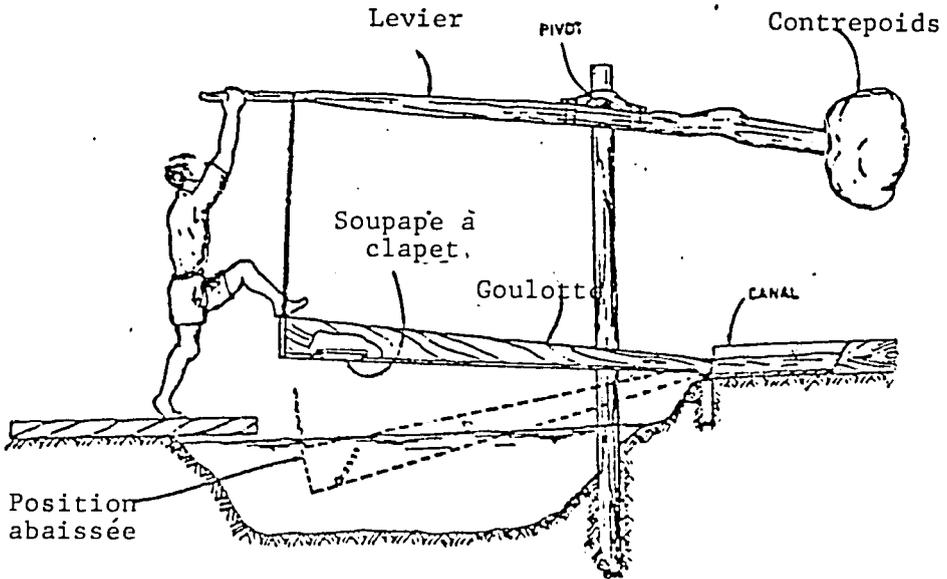


Figure 1.5 Chadouf (a) Levage à contrepoids (b) avec galet pour puits étroit

Source: Idem fig 1.

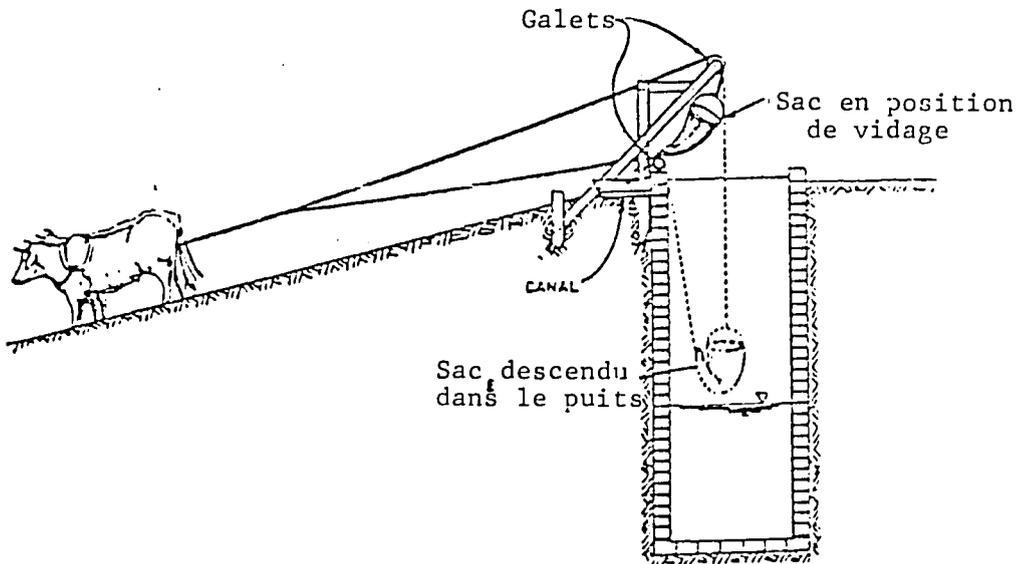


Figure 1.6 Réceptif à vidage automatique - Délou avec chemin de halage incliné

Source: MOLENAAR F.A.O.

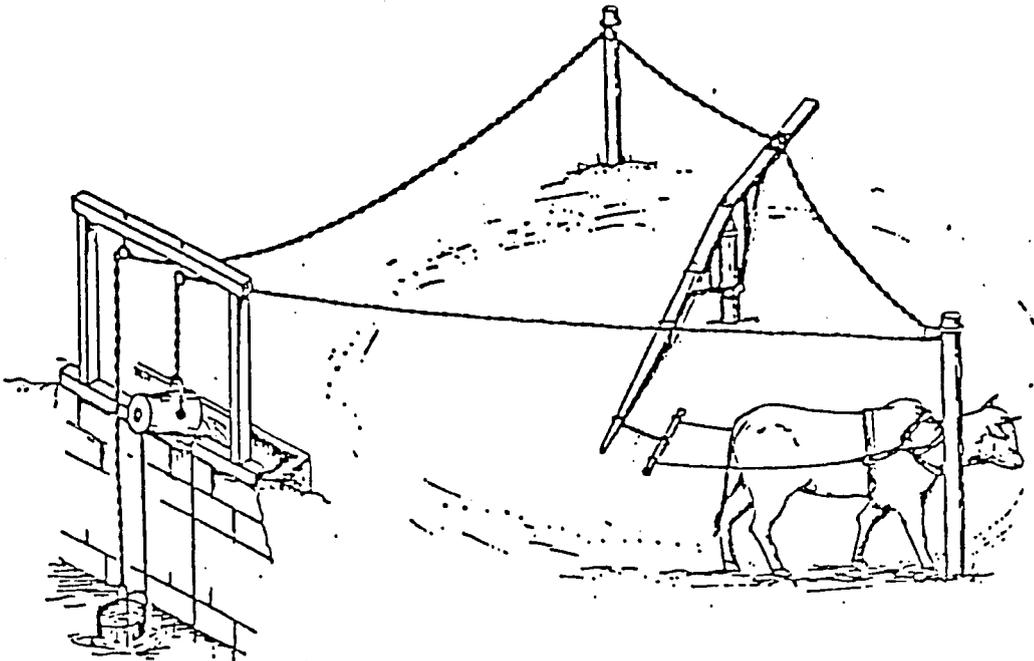


Figure 1.7 Délou circulaire utilisant deux seaux avec soupape à clapet en bas

Source: Idem fig 1.6

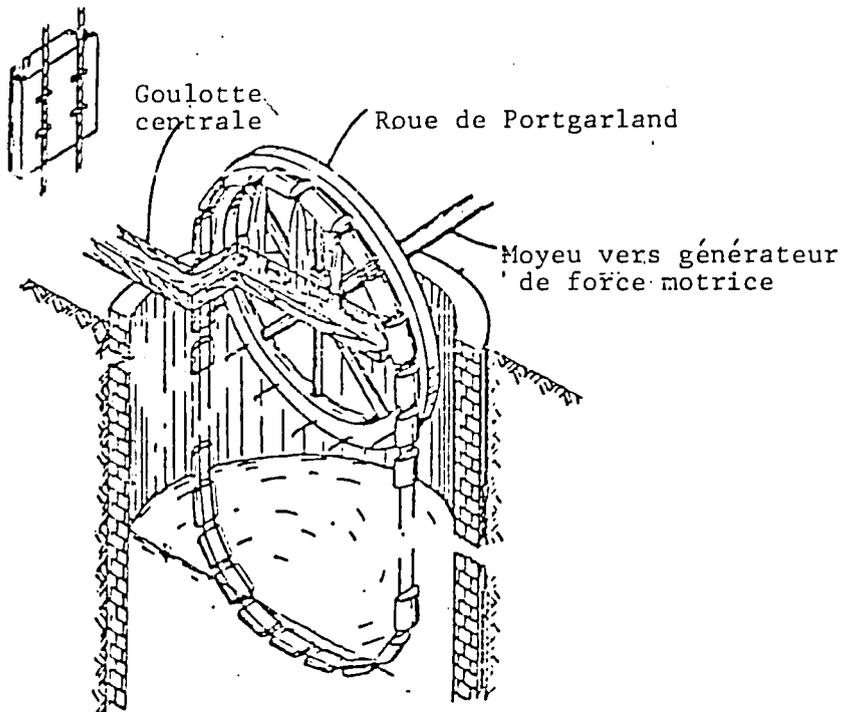


Figure 1.8 Roue persane avec roue motrice de Portgarland et arbre de commande horizontal

point supérieur de la roue pour déverser leur contenu dans un réservoir à l'intérieur du puits destiné à recueillir l'eau. Donc, pour une source d'énergie et une vitesse données, on a besoin en gros d'un même nombre de récipients nonobstant la hauteur. En d'autres termes, une roue persane à hauteur plus élevée requiert des seaux proportionnellement plus espacés; si on double la hauteur, on aura plus ou moins besoin de doubler l'espacement entre les seaux.

La NORIA hydraulique utilise le même principe que la roue persane et requiert un diamètre plus gros que la hauteur d'élévation, ce qui limite celle-ci à une très faible hauteur ou bien nécessite une construction de taille importante, encombrante et onéreuse. En Syrie, les plus grosses dépassent 10m de diamètre mais, relativement à leurs dimensions, elles ont tendance à être peu rentables par rapport aux systèmes modernes.

#### 1.2.2.2 Roue persane améliorée (Zawaffa ou Jhallar)

Les roues persanes traditionnelles en bois étaient équipées de récipients d'eau en terre, mais d'autres types de roues persanes métalliques améliorées ont vu le jour, dont certaines sont

commercialisées en Chine, en Inde, au Pakistan et en Egypte. On peut fabriquer des roues persanes métalliques de diamètre plus petit, ce qui réduit la hauteur supplémentaire à laquelle l'eau doit être remontée pour être déversée, et ce qui réduit également le diamètre du puits. Une version modifiée de la roue persane utilisée en Syrie et en Egypte (dénommée ZAWAFFA ou JHALLAR) comprend des seaux à l'intérieur de la roue motrice qui prennent l'eau et la canalisent vers un réservoir par les trous du plateau latéral situé à proximité du moyeu. (Fig. 1.10). Ceci réduit aussi bien les pertes d'eau que la hauteur supplémentaire à laquelle se déverse l'eau au dessus du canal de collecte.

#### 1.2.2.3 Les roues à godets (Sakia ou Tablia)

La roue à godets (Sakia en Egypte, d'où elle est originaire) et la Noria ont en commun certaines caractéristiques. Bien qu'elle soit très répandue en Egypte, elle n'a pu devenir populaire ailleurs. C'est toutefois un mécanisme efficace et utile. (voir Fig. 1.11, 1.12 et 1.13)

Elle se compose d'une grosse roue creuse entourée de godets qui déverse l'eau au niveau ou à proximité de son moyeu plutôt que de sa partie supérieure. Les diamètres des Sakias vont de 2 à 5 mètres; puisque l'eau est déversée au niveau du moyeu, la méthode empirique utilisée en Egypte est qu'une Sakia soulève l'eau jusqu'à une hauteur égale à la moitié de son diamètre moins 0,7 m, pour tenir compte de la profondeur de plongée de la jante afin de mieux recueillir l'eau. En conséquence, les Sakia dont les diamètres varient de 2 à 5 mètres lèveront respectivement l'eau de 0,3 à 1,8 m.

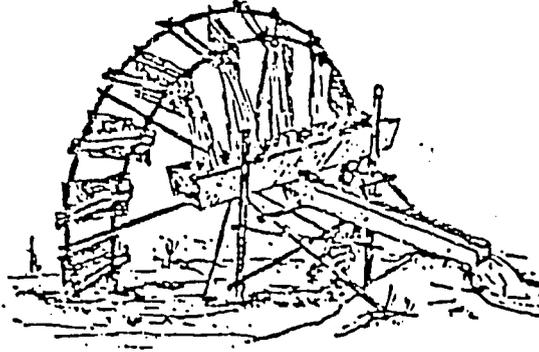


Figure 1.9 Noria

Source: Fraenkel, IT Power/F.A.O.

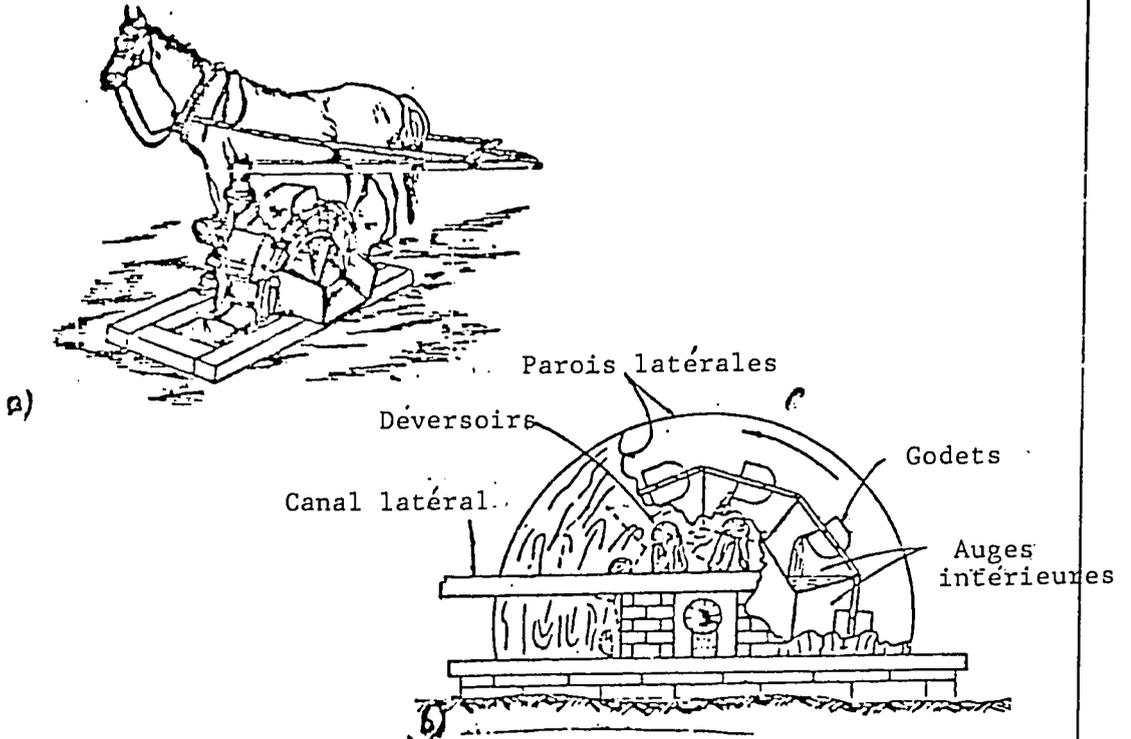


Figure 1.10 (a) et (b) Roue persane de type ZAWAFFA

Source: Fraenkel, IT Power/F.A.O.

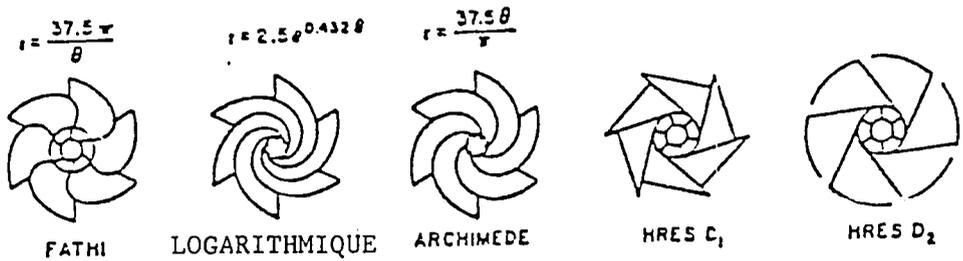
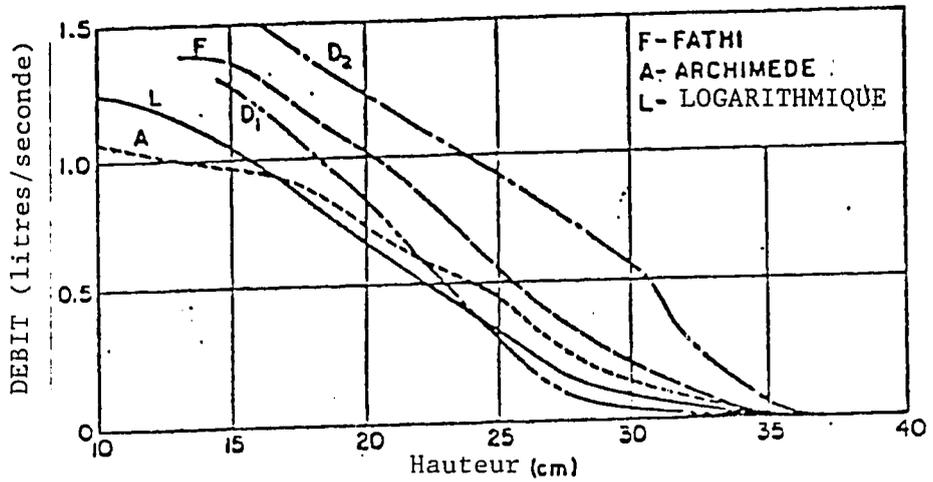


Figure 1.11 Comparaison des différents modèles de tympons (HRES, 1965)

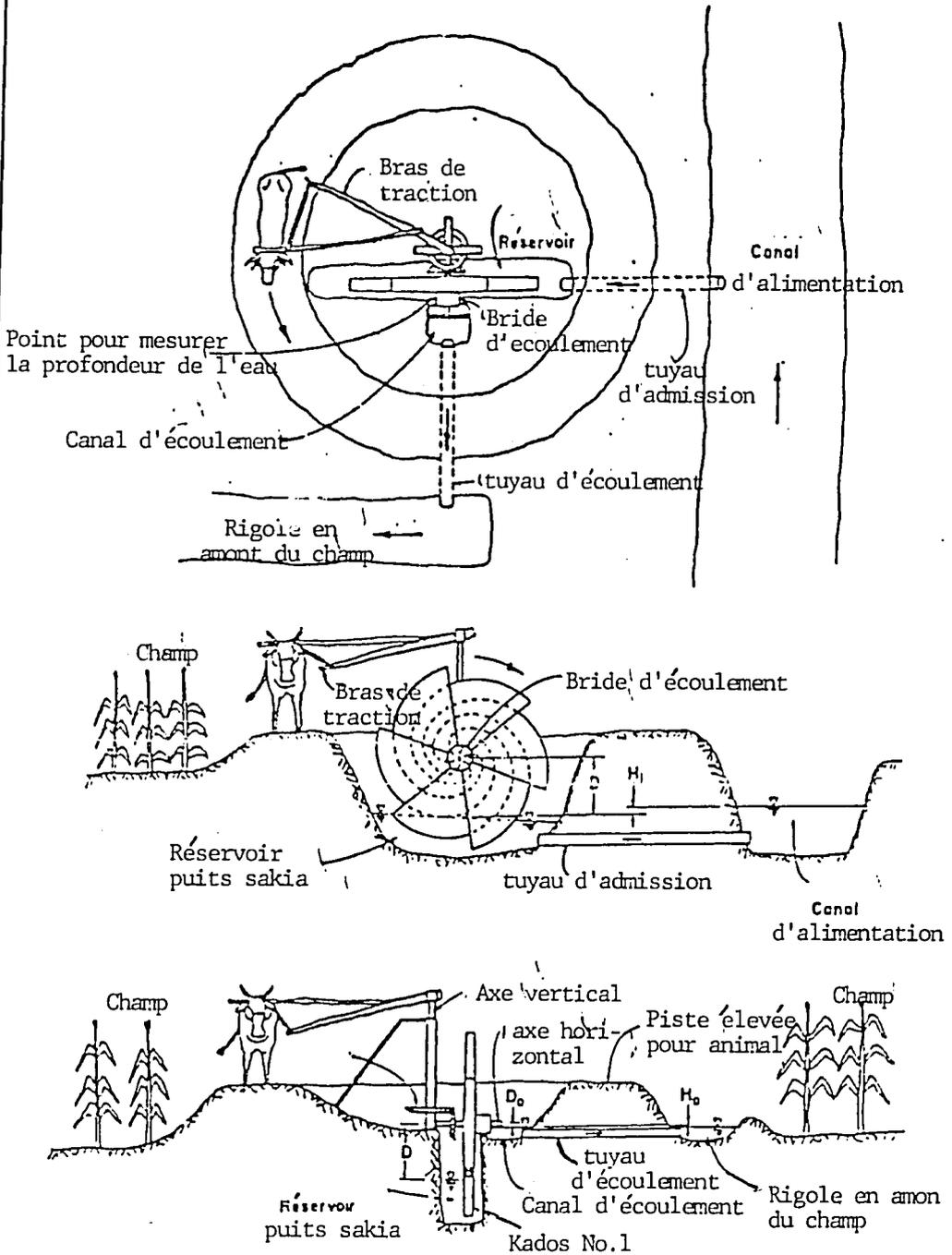


Figure 1.12 Vues (a) par dessus (b) de face (c) du côté droit d'une roue hydraulique égyptienne typique

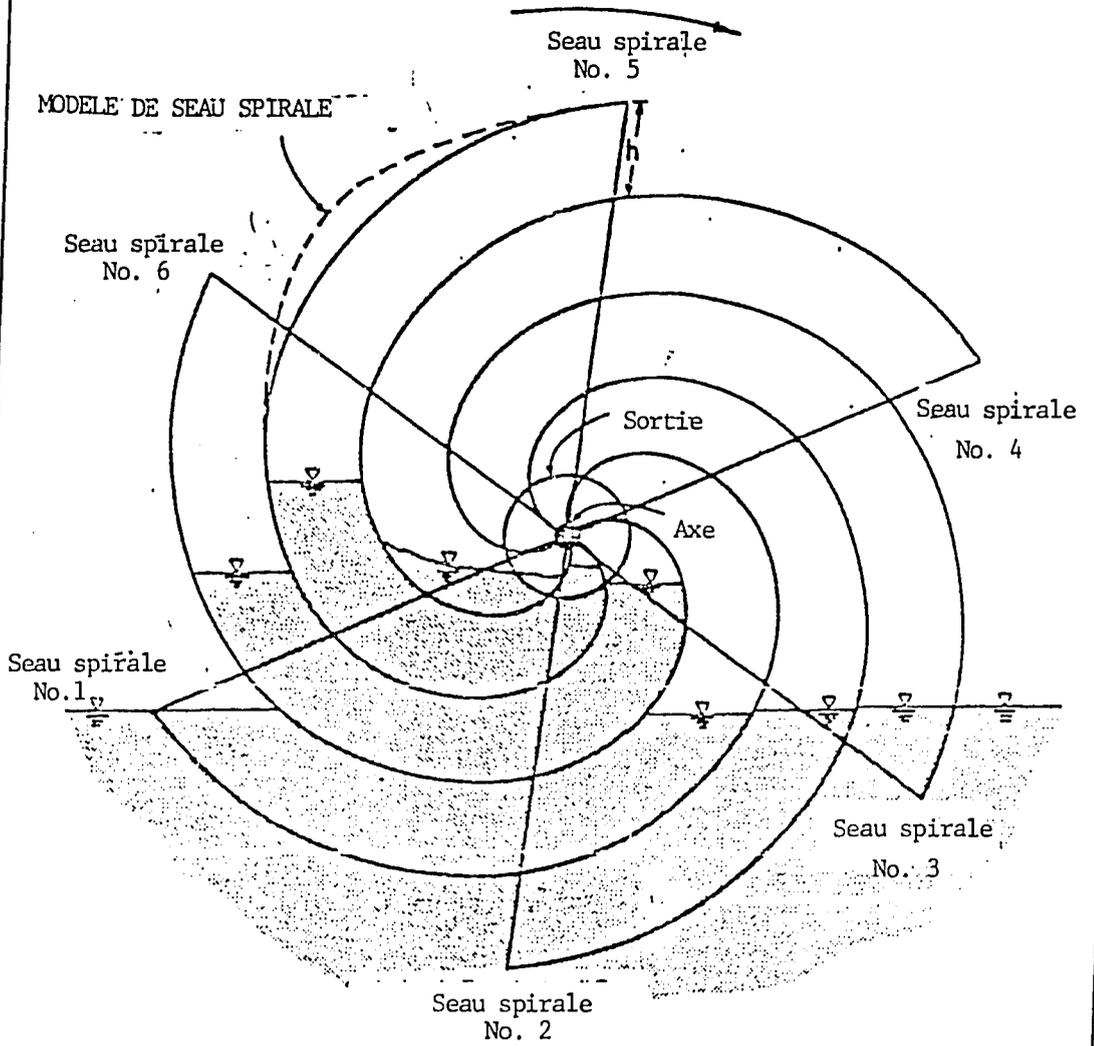


Figure 1.13 Distribution d'eau dans une SAKIA

Les Sakia sont à présent normalement en tôle galvanisée. On utilise souvent les coussinets à rouleaux de véhicules d'occasion pour supporter le poids important d'une Sakia et de son contenu en eau. La plupart des Sakia sont à traction animale; mais elles sont de plus en plus entraînées soit par des moteurs électriques soit par de petits moteurs, avec engrenage de réduction de vitesse. La vitesse normale des Sakia à traction animale est de 2 à 4 tours/minute tandis que celles motorisées effectuent de 8 à 15 tours/minute

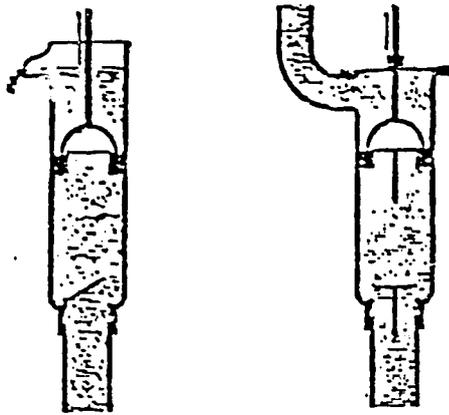
Diverses formes de spirales ont été mises au point pour les chicanes internes des Sakia, et la Station Expérimentale et de Recherche Hydraulique en Egypte (HRES) a expérimenté différents modèles pour déterminer le type optimal. La meilleure forme de spirale s'est révélée plus efficace de 50% par rapport à la plus mauvaise. Compte-tenu du fait que quelques 300.000 Sakia sont en service dans la vallée et dans le delta du Nil, la conception optimale de ce modèle pourrait apporter des avantages notables. Un trait important des trois variantes de Sakia les plus réussies qui ont été expérimentées est que les compartiments extérieurs divisés par les chicanes internes déversent d'abord leur contenu dans des réservoirs de rétention qui, à leur tour, le déversent au travers des trous entourant le moyeu au lieu d'avoir un orifice de refoulement commun comme dans les modèles traditionnels. Ceci empêche l'eau de refluer dans le compartiment adjacent. Les types de Sakia dotés de points de refoulement séparés pour chaque compartiment sont connus sous le nom générique de "TABLIA". L'autre avantage qu'offre la Tablia est que l'eau descend de quelques centimètres au-dessus de l'arbre central et accroît ainsi la hauteur utile par rapport au diamètre, surtout dans le cas des plus petites. Typiquement, une Tablia de 3m lèvera l'eau à 1,5m par rapport à la Sakia à déversement central qui la lèvera à 0,9m.

### 1.2.3 Pompes à piston alternatives

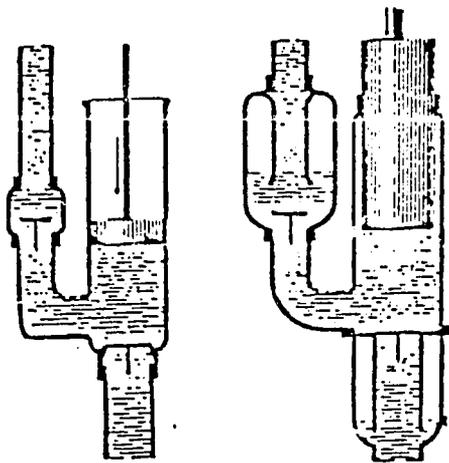
Aux fins les plus pratiques, l'eau est incompressible. En conséquence, si on déplace en le tirant un piston bien ajusté à l'intérieur d'un tuyau plein d'eau, il fait déplacer l'eau dans le tuyau. De même, tirer un piston à l'intérieur d'un tuyau immergé entraîne l'eau de manière à en remplir le vide. Naturellement, ceci ne s'applique que jusqu'à la hauteur où l'eau peut être aspirée par le vide. Dans le premier cas, le piston fait déplacer l'eau tandis que dans le second, il sert à créer un vide et l'eau est en réalité déplacée par la pression atmosphérique qui s'exerce sur sa paroi externe. Ainsi, l'eau peut être déplacée soit par "pression" soit par "traction". Elle peut également être déplacée par un objet solide poussé dans l'eau qui en rehausse le niveau. On peut appliquer le principe de déplacement au système de levage direct, soit par des mécanismes alternatifs ou cycliques, soit continuellement par des mécanismes rotatifs. Les paragraphes qui suivent traitent d'abord des pompes à piston alternatives et ensuite des pompes à piston rotatives.

#### 1.2.3.1 Les pompes à seau ou à piston

Les schémas de Fig. 1.14 (de A à H) illustrent les différents principes de pompes alternatives (à simple et à double effet).



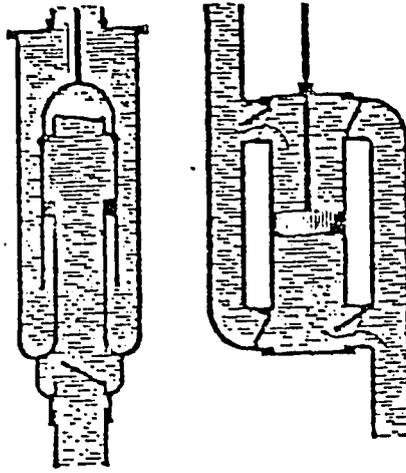
Coupes verticales de pompe à godets  
 (A) Forme ordinaire (B) avec presse-étoupe



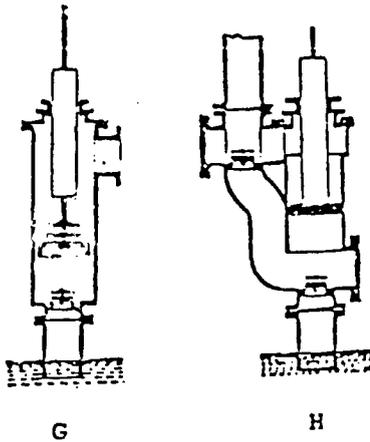
Coupes verticales de pompe à piston et à piston plongeur  
 (C) Pompe à piston (D) Pompe à piston plongeur

Figure 1.14 Pompes à piston alternatives .

Source: MOLENAAR/F.A.O.



Coupes verticales de pompe à piston plongeur et à double effet (E) à piston plongeur avec gros diaphragme de soupape (F) à double-effet



G

H

Figure 1.14 (suite)

- Le schéma A montre une pompe conventionnelle à plonger à simple effet.

- Le schéma B montre comment, dans le cas où l'eau doit être remontée à un niveau plus élevé que le point d'entrée de la tige dans la pompe, on peut se servir d'un "couvercle" étanche pour empêcher les fuites d'eau. Habituellement, on peut obtenir l'étanchéité en installant un presse-étoupe à travers lequel passe la tige de la pompe.

- Le schéma C présente une pompe à piston dont le cylindre est dépourvu de clapet; elle est en principe similaire à la pompe du schéma B. L'avantage est qu'elle ne nécessite pas de presse-étoupe, mais elle présente l'inconvénient de ne produire un coup de piston que si le piston est poussé plutôt que tiré, ce qui suppose une tige plus rigide afin d'éviter toute déformation. D'autres difficultés avec ce genre de pompe peuvent surgir parce que le sens du déplacement de l'eau se trouve inversé. Cette action ne peut être faite que lentement, particulièrement à de faibles hauteurs, et avec d'importants volumes d'eau à chaque coup de piston, sinon l'alternance soudaine des mouvements d'arrêt et de relance de la masse d'eau provoque "un coup de bélier" (comme le bruit dans les tuyaux que provoque la fermeture soudaine d'un robinet ou d'une soupape). Le coup de bélier peut endommager et même faire éclater un système hydraulique, c'est pourquoi il doit être évité. Des pompes de ce genre sont donc rares de nos jours.

- Le schéma D présente la même pompe que le schéma C, excepté qu'il s'agit d'une pompe à piston plongeur. Ici, un piston plongeur, rendu étanche par un presse-étoupe de gros diamètre ou une garniture, fait déplacer l'eau; cette pompe est plus solide que la pompe C. L'usage des pompes à piston plongeur se justifie surtout par le fait que dans l'eau les dispositifs d'étanchéité du piston plongeur sont moins enclins à l'usure par les solides abrasifs et, d'autre part, là où il faut de hautes pressions et de faibles débits, il est possible d'utiliser un piston plongeur plus petit ou fermé, car on n'aura pas besoin d'un clapet le traversant. Aujourd'hui donc, ce type de pompe est surtout destiné au pompage de faibles volumes d'eau à de très fortes pressions ou hauteurs, comme pour les installations de dessalage par osmose où il faut des pressions d'eau de l'ordre de 300m. La pompe à piston plongeur connaît également le même problème d'interversion de l'écoulement que la pompe C, mais ceci devient moins grave dans les cas de faibles débits à des hauteurs élevées. Le schéma montre une pompe dotée de réservoirs d'air en aval de la soupape d'admission et en amont de la soupape de refoulement qui sont nécessaires à l'amortissement des chocs provoqués par le brusque changement de direction de l'écoulement. Les pompes à piston plongeur présentaient autrefois un avantage de fabrication certain en ce qu'il était parfois plus facile d'installer le piston plongeur à l'extérieur qu'à l'intérieur d'un cylindre, mais les techniques modernes de fabrication des pompes ont réduit cet avantage.

- Le schéma E montre l'une des nombreuses méthodes en vue d'obtenir de grandes ouvertures des clapets; ceci est important pour les pompes à faible hauteur lorsqu'on a besoin de produire des débits élevés et qu'il s'avère nécessaire d'amoindrir les pertes hydrauliques causées par le forçage d'une grande quantité d'eau à travers un petit orifice. Ici, le piston est à l'extérieur d'un dispositif d'étanchéité plutôt qu'à l'intérieur d'un cylindre; une autre manière de voir la chose, est de considérer un cylindre qui monte et descend le long d'un piston fixe.

- Le schéma F représente une pompe dont le principe est identique à celui de la pompe C, mais à double effet. Ici, dans sa course ascendante, le piston entraîne l'eau dans la partie inférieure du corps de pompe et la déverse par la partie supérieure, tandis que dans sa course descendante, il l'entraîne dans la partie supérieure et la décharge par la partie inférieure. Les mêmes détails qui s'appliquent à la pompe C s'appliquent également à ce modèle.

- La pompe G est connue sous le nom de pompe différentielle et est également à double effet, la tige de la pompe qui pénètre dans la partie supérieure du corps de pompe est d'un gros diamètre et, si elle est dimensionnée de manière à ce que sa coupe transversale est exactement la moitié de celle du corps, elle entraîne alors dans sa course descendante un volume d'eau égal à la moitié du volume du corps de pompe (le principe est le même que celui de la pompe D à piston plongeur) mais en remontant, l'autre moitié du volume sera déversée par le mouvement ascendant du piston, comme dans le cas de la pompe B.

- La pompe H applique un même principe différentiel à double effet que la pompe G, utilisant toutefois un piston fermé comme la pompe C, et à part le fait qu'elle est plus compliquée, elle est plus encline à produire des coups de bélier à cause de l'alternance de l'écoulement dans les deux parties du corps de pompe.  
Les configurations A, B, E et G sont les plus adaptées à l'irrigation par pompage.

La plus répandue et la plus connue des pompes alternatives reste la pompe à piston ou à "godets", dont un modèle courant est illustré à la figure 1.15. Cette pompe fonctionne en aspirant l'eau dans le cylindre à travers un clapet de retenue au cours du mouvement ascendant du piston et en l'éjectant simultanément de la pompe par dessus le piston. Au cours du mouvement descendant, le clapet inférieur est maintenu fermé par son poids et par la pression de l'eau, tandis qu'un clapet identique à l'intérieur du piston est contraint de s'ouvrir pour laisser passer l'eau emmagasinée par le piston prêt pour la remontée suivante.

(1) Clapet à piston

(2) Joint d'étanchéité en verre

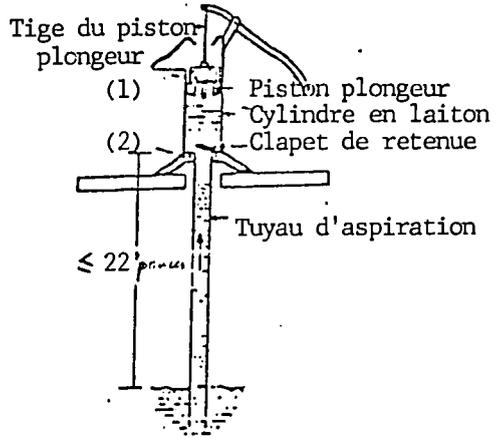
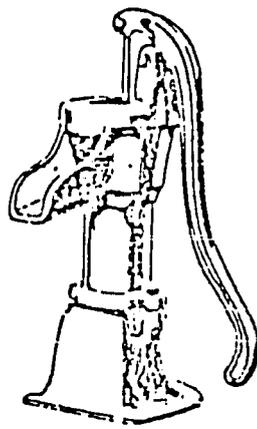


Figure 1.15 \ Illustration du fonctionnement de la pompe à piston plongeur

Source: I.R.C. handpump (Pompe à bras)

La figure 1.16 montre un modèle traditionnel typique de pompe à cylindre perforé en laiton nanti d'un clapet de pied et d'un tiroir cylindrique métallique; le piston a deux joints d'étanchéité sphériques en cuir (indiqués sur le schéma). Dans ce type de pompe, le corps extérieur et les garnitures en bout sont normalement en fonte. La figure 1.17 présente un type de pompe à piston plus grossier, mais fonctionnel, que l'on peut fabriquer à partir de matériaux courants, en se servant d'outils et de compétences simples.

Ces deux types de cylindre de pompe fonctionnent exactement sur le même principe même si les matériaux dont ils ont été fabriqués sont totalement différents; c'est-à-dire que le clapet de retenue inférieur est maintenu ouvert par aspiration quand le piston monte pour entraîner l'eau dans le corps de la pompe et il se referme quand le piston descend de sorte que l'eau est forcée à passer par le plongeur et le clapet à piston. Les pompes hydrauliques alternatives pour puits instantanés (de type VERNIET) sont exclues de toute considération puisque leurs pistons à diamètre réduit (souvent moins de 2 pouces) et leurs vitesses cycliques limitées (moins de 50 cycles/minute) ne permettent pas d'obtenir des débits convenant à l'irrigation, même à de faibles hauteurs.

#### 1.2.3.2' Pompes à diaphragme

Une alternative à l'emploi d'un piston dans un cylindre est de soulever une paroi d'un corps de pompe avec un diaphragme souple qui, par un mouvement de flexion concave puis convexe, entraîne l'eau (voir Fig. 1.18 et 1.19). Dans ce cas, le clapet gauche est analogue au clapet de pied d'une pompe à piston et le clapet droit est le clapet de retenue.

La figure 1.20 illustre une pompe à pied à diaphragme à double effet conçue par International Rice Research Institute (IRRI) aux Philippines à des fins d'irrigation. A la différence des mécanismes traditionnels, comme les DHONES et les Chadoufs, cette pompe est portable (elle peut être transportée par deux hommes) et peut donc être déplacée le long d'un canal d'irrigation afin d'inonder les rizières les unes après les autres. Toutefois, elle s'est révélée moins efficace que les meilleurs mécanismes élévatoires traditionnels. La figure 1.21 présente une pompe à diaphragme à double effet, portable, commercialisée, et souvent utilisée pour l'évacuation d'eau des bâtiments ou comme pompe de cale pour les petits bateaux; elle a l'avantage d'être portable, relativement efficace et bien adaptée aux faibles hauteurs et aux rendements élevés, si bien qu'elle peut servir, tout comme d'autres modèles similaires, à l'irrigation des petites parcelles.

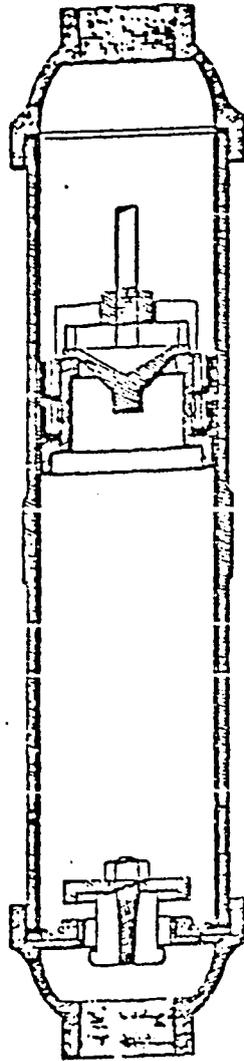


Figure 1.16 (A) ( Coupe verticale d'un cylindre laitonné

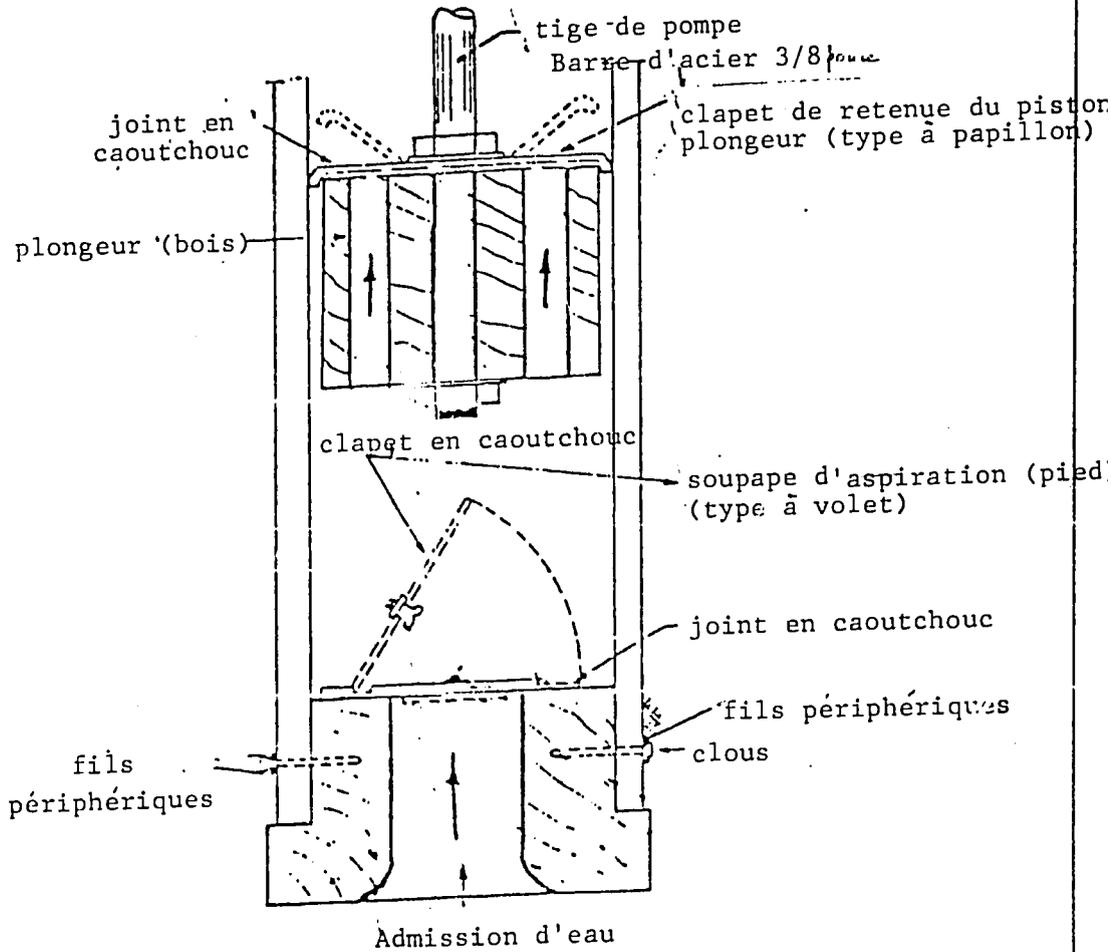


Figure 1.17 Pompe à bras en bambou ou en PVC (soupapes).



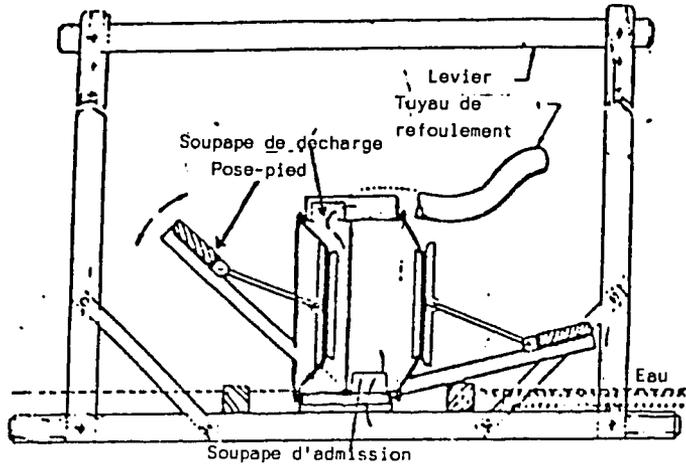


Figure 1.20 Représentation schématique de la pompe à diaphragme

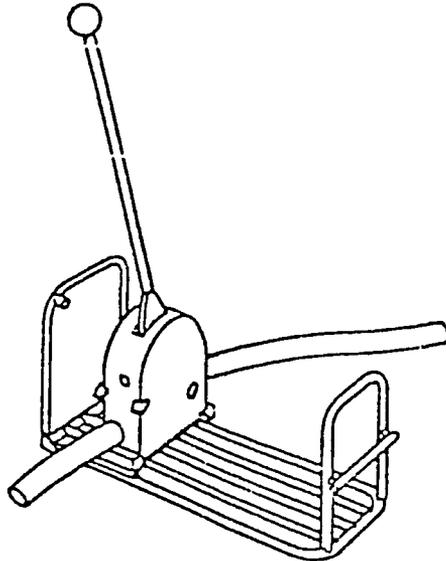


Figure 1.21 Puits jaillissant 25, pompe protative (BP. 25c) capable de pomper jusqu'à 30 g/minute. A double effet.

L'inconvénient des pompes à diaphragme conventionnelles est qu'elles sont encombrantes et ne se prêtent bien qu'au pompage par aspiration de surface. Cependant, un nouveau type de pompe à diaphragme utilisé dans les forages profonds a vu le jour en Suède; on l'appelle pompe pétro (Fig. 1.22). Elle utilise un tuyau de pompage spécial en fibres textiles enroulées en spirale dans les deux sens à environ 45 degrés par rapport à l'axe du tuyau et recouvertes de caoutchouc. Ce matériel composite est enroulé de telle sorte que son étirement provoque le retrécissement de diamètre de tuyau à cause de la traction en sens contraire des fibres, ainsi que le montre la figure. Si on tire sur le tuyau d'eau, le "tuyau de pompage" se détend et son volume se retrécit, faisant ainsi passer l'eau à travers le clapet de décharge et le tuyau. Ensuite, si on relâche le tuyau d'eau, le tuyau de pompage retourne à son diamètre initial et se remplit de l'eau passée par le clapet de pied, prêt pour le cycle suivant. Dans ce type de pompe, la tige et le conduit de remontée constituent un même élément, réduisant ainsi les coûts de fabrication et améliorant sa simplicité par rapport aux pompes conventionnelles à piston mais nécessitant l'utilisation d'un "tuyau de pompage" breveté plutôt spécial qui ne peut être improvisé sur le terrain. Ce type de pompe n'est pas encore très répandu, mais le sera à l'avenir.

Un autre type de pompe à diaphragme que l'on peut improviser et qui fonctionne relativement bien à de faibles hauteurs est un modèle basé sur l'utilisation d'un vieux pneu de voiture comme élément flexible (voir Fig. 1.23 et 1.24). Le principe qui régit cette pompe consiste à construire un réservoir en disposant des tôles en bout aux ouvertures du pneu de telle sorte que l'une est fixe et l'autre subit des mouvements ascendants et descendants. Muni de clapets de retenue adéquats, ce dispositif peut constituer une adéquate pompe à diaphragme. La difficulté que l'on rencontre avec ces pompes en pneu de voiture procède de leur inaptitude à bien fonctionner comme pompes aspirantes car les pneus sont conçus pour résister à des pressions positives, leur structure interne se détériore donc sous l'effet des pressions aspirantes. Elles sont cependant utiles comme pompes à faible hauteur et à volume élevé, pourvu qu'elles soient de bonne fabrication.

#### 1.2.3.3 Pompes à gaz (pompe Humphrey)

Le gaz ou la vapeur peut faire déplacer l'eau aussi rapidement qu'un solide. Il n'existe qu'un seul modèle qui présente une perspective prometteuse pour l'irrigation, connue sous le vocable de Pompe Humphrey, présentée à la Fig. 1.25. C'est une pompe plus efficace que la plupart des systèmes conventionnels de pompage à moteur à combustion interne de dimension comparable.

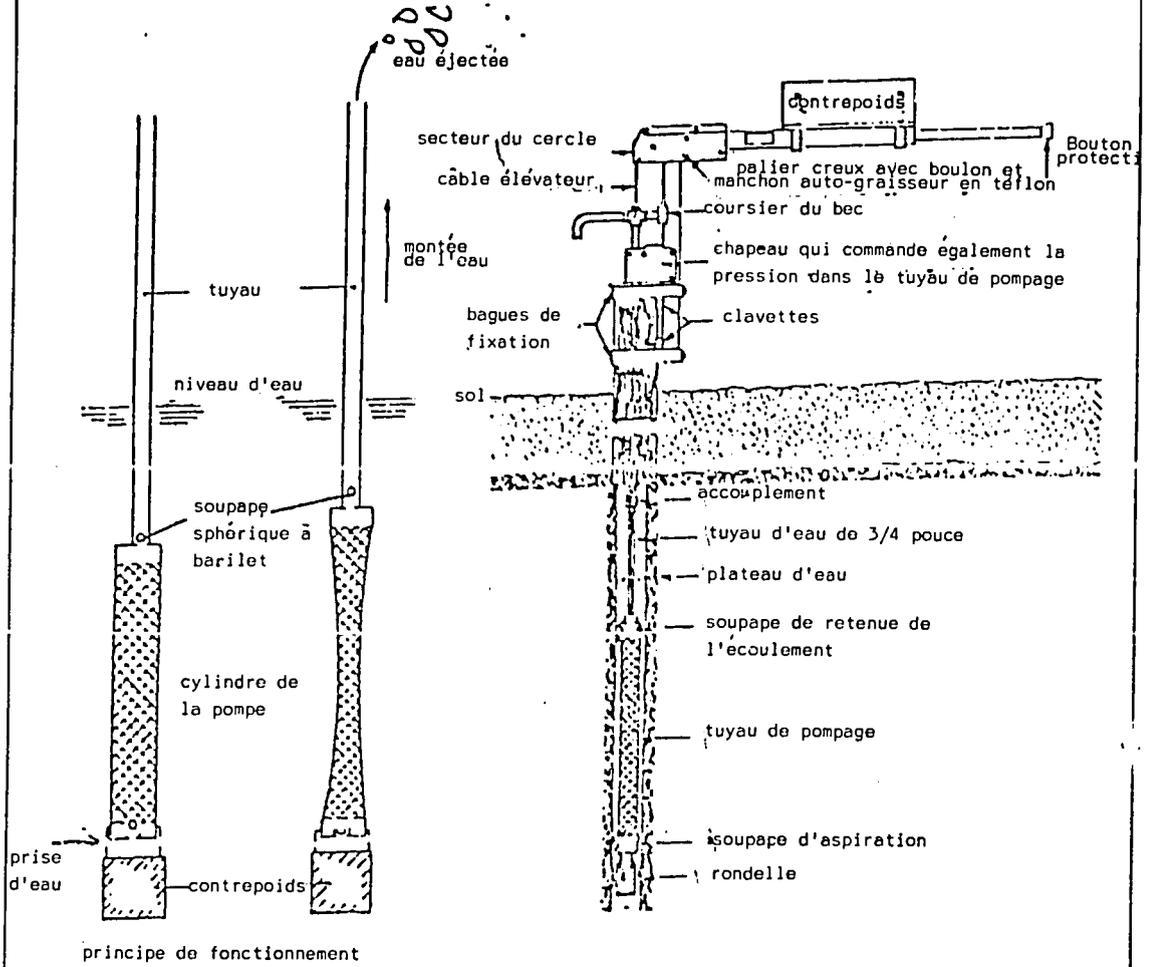


Figure 1.22 La Pompe "Petro"

Source: I.R.C. handpump

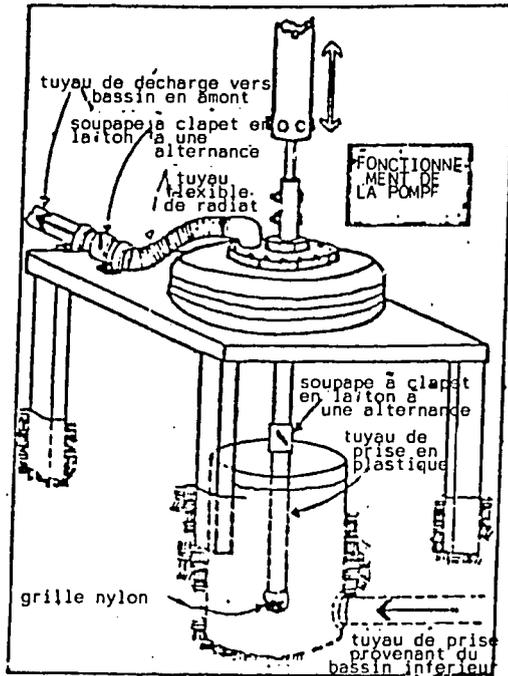


Figure 1.23 Fonctionnement d'une pompe à pneu de voiture

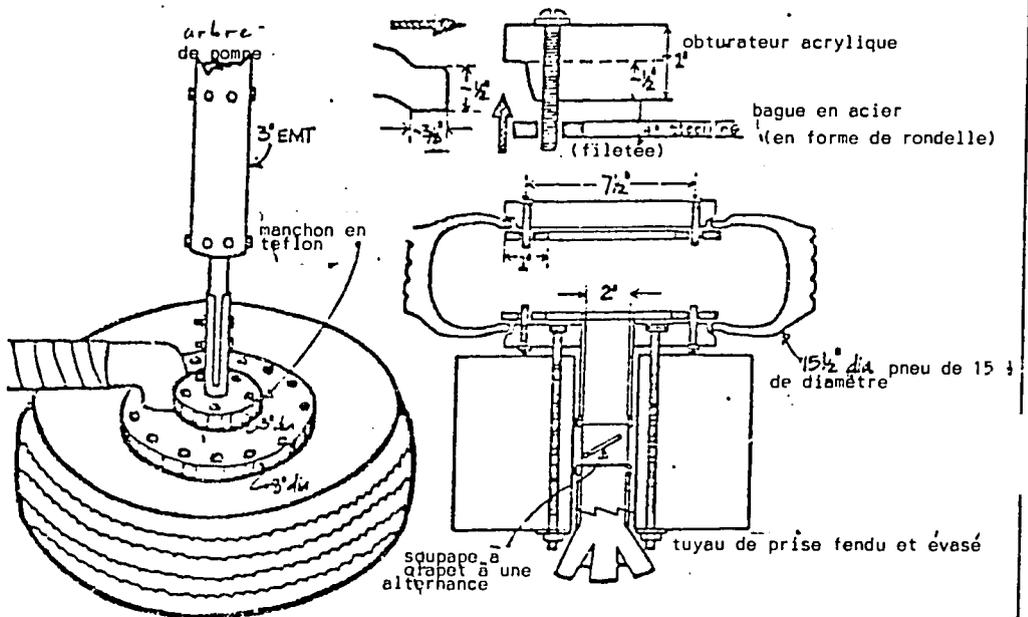


Figure 1.24 détail de la pompe à pneu de voiture NA 1

Source: I.R.C. handpump

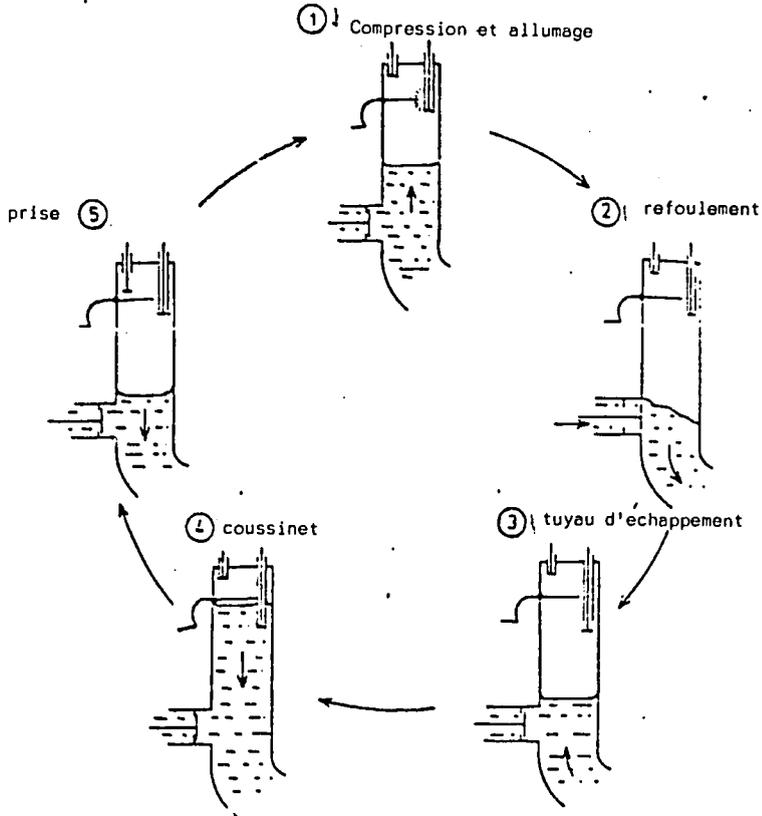
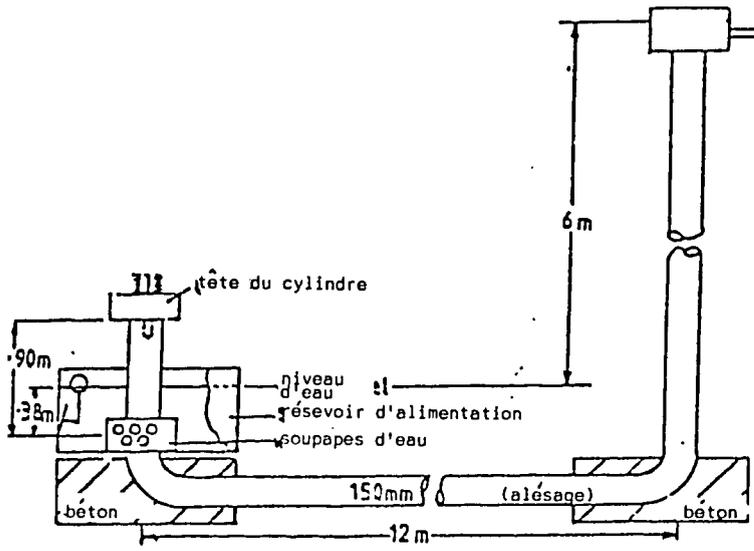


Figure 1.25 La Pompe HUMPHREY

Source: MOLENAAR/F.A.O.

La pompe Humphrey consiste en un plateau de cylindre de moteur à combustion interne à quatre temps monté sur un tuyau qui forme le dispositif fonctionnel. Celui-ci est relié à un long tuyau horizontal, et une colonne montante est connectée au niveau de refoulement. Le tuyau du dispositif fonctionnel se trouve en amont de la source d'eau et ce sont des clapets d'admission qui permettent de faire entrer l'eau dans le système. Le cycle de la pompe Humphrey est semblable à celui d'un moteur à piston standard à quatre temps, excepté que l'eau tient lieu de piston dans le dispositif fonctionnel au lieu d'un moteur pourvu d'un piston métallique qui entraîne un arbre manivelle.

Le cycle de la pompe Humphrey est réglé par un indicateur de pression qui contrôle à des moments précis une liaison simple destinée à ouvrir et à refermer les clapets d'échappement et d'admission situés sur le plateau de cylindre. Dans le long tuyau horizontal et la colonne montante, l'eau oscille comme dans un tube en U pour assurer les coups d'induction et de compression avant d'être forcée dans le tuyau. Il se crée un vide derrière la colonne d'eau qui s'en va, vide qui provoque l'aspiration d'une plus grande quantité d'eau à travers les clapets d'admission.

#### 1.2.4. Pompes volumétriques rotatives

Il existe toute une série de dispositifs qui utilisent le principe du mouvement pour lever ou déplacer l'eau en donnant une forme rotative au mécanisme provoquant le déplacement qui généralement l'éjecte de manière continue ou quelque peu pulsatoire. Le principal avantage de ces machines à mouvement rotatif est qu'elles se prêtent bien à la mécanisation et au travail à grande vitesse. Plus on peut accélérer la pompe, plus élevé est le débit par rapport à ses dimensions et meilleure est la productivité. Des conditions de fonctionnement constantes tendent à prévenir certains problèmes d'eau et de cavitation qui affectent parfois les pompes alternatives.

##### 1.2.4.1 Pompes à cavité progressive (monocellulaires)

La pompe à cavité progressive ou pompe monocellulaire (Fig. 1.26) est l'unique pompe à mouvement rotatoire disponible sur le marché qui convienne bien aux puits forés. Ceci constitue un grand avantage parce que les pompes à mouvement continu peuvent s'adapter plus facilement à des variations de la hauteur d'élévation que les pompes centrifuges. Dans des conditions où le niveau peut varier considérablement avec les saisons ou la baisse de niveau, la pompe à cavité progressive est préférable.

La figure 1.27 montre que cette pompe se compose d'un rotor à vis hélicoïdale à simple filetage inséré dans un stator à vis hélicoïdale à double filetage. L'hélice du stator est en acier chromé ou en acier inoxydable, présente une coupe transversale circulaire et s'adapte bien à l'un des deux filetages du stator. Le stator est en caoutchouc ou en

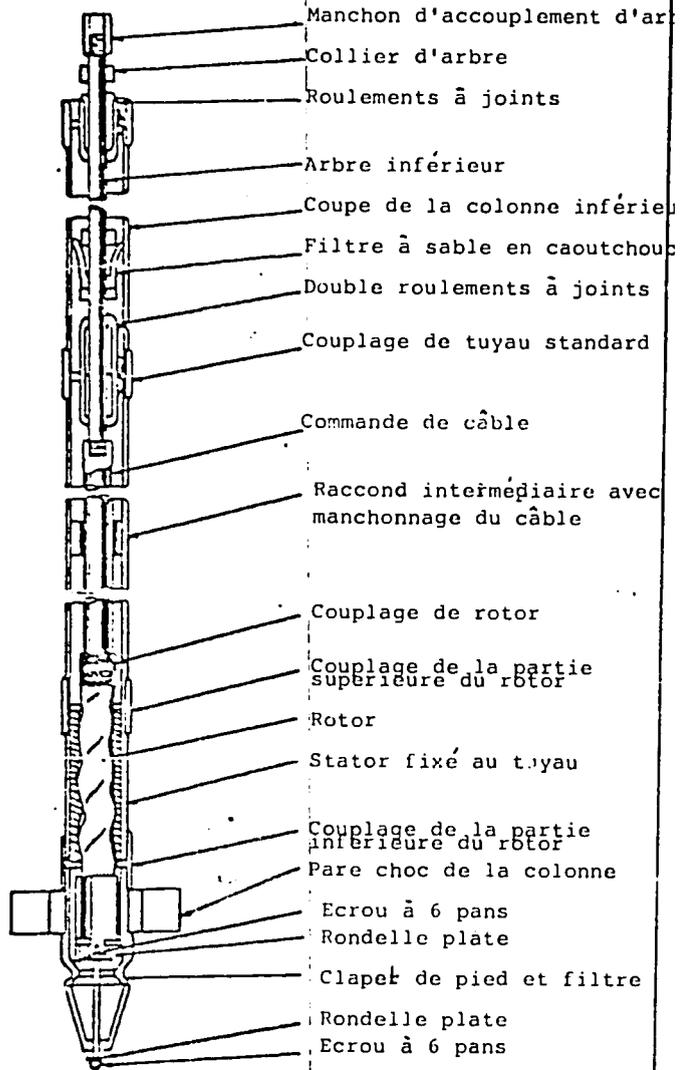
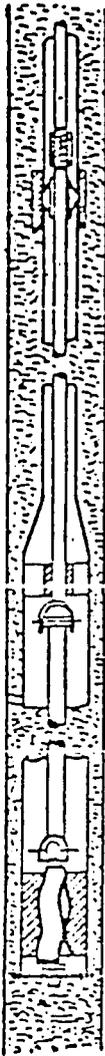


Figure 1.26

Source: Fraenkel, IT Power/F.A.O.

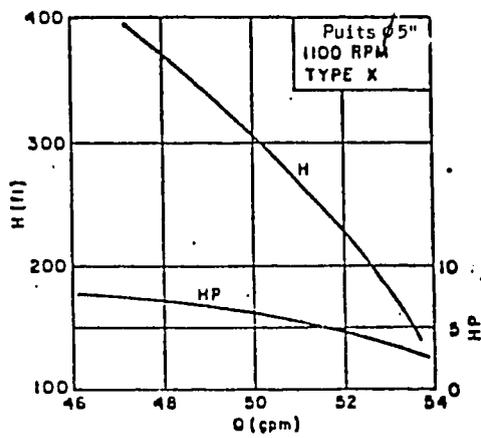
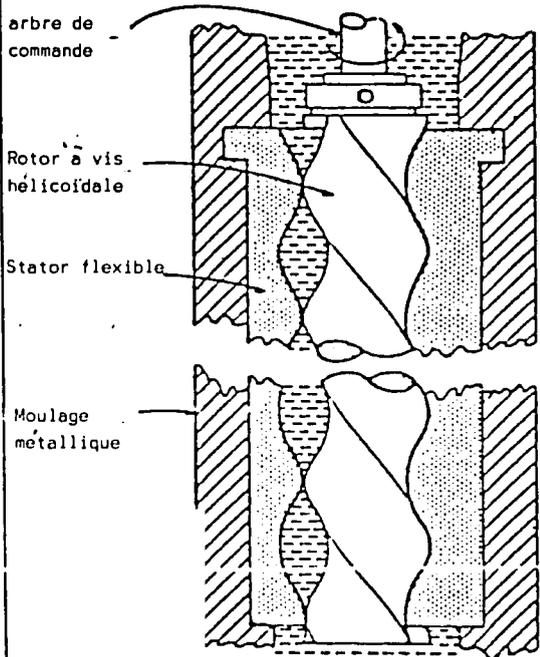


Figure 1.27

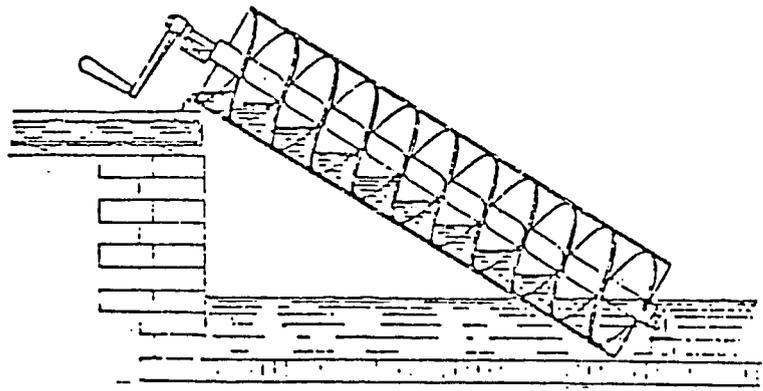


Figure 1.28 Pompe à vis

plastique. Une caractéristique géométrique de ces genres d'hélices incorporés, est que le second amorçage à vide du stator est divisé en un certain nombre de poches vides, chacune comprimée par le rotor simple filetage. Quand le rotor tourne, ces poches sont vissées le long de l'axe de rotation. Ainsi, si cet assemblage est immergé, des volumes d'eau seront emmagasinés entre l'hélice du rotor à simple filetage et l'intérieur du stator à vis double filetage, et lorsque l'arbre entre en mouvement rotatoire, ce volume d'eau est propulsé vers le haut et écoulé dans une canalisation montante. Les pompes de ce genre sont généralement actionnées à haute vitesse (1000 tours/mn ou plus).

#### 1.2.4.2 Vis d'Archimède (pompes à vis ouverte)

La figure 1.28 illustre une pompe à vis d'Archimède typique. La version traditionnelle de cette pompe, construite bien avant l'époque romaine et utilisée aujourd'hui encore sous cette forme en Egypte, est constituée d'une hélice faite de bandes en bois carrées disposées transversalement et enfilées sur un arbre métallique, le tout enchâssé dans un tube de douves en bois entouré comme un tonneau par des bandes métalliques (Fig. 1.29). Certaines versions ont une hélice simple et d'autres une hélice double qui ressemble à une vis hélicoïdale double filetage.

La vis d'Archimède ne peut fonctionner qu'à de faibles hauteurs; elle ressemble beaucoup à une pompe à grand volume pour pompage à faible hauteur d'élévation dont l'axe est incliné de manière à ce que son extrémité inférieure prenne l'eau à la source et que son extrémité supérieure la décharge dans un canal. Chaque modèle a un angle optimal d'inclinaison, habituellement de l'ordre de 30 à 40 degrés, selon le pas et le diamètre de l'hélice interne.

Le principe de fonctionnement est le suivant: l'eau est prélevée par l'extrémité submergée de l'hélice et, pendant la rotation de celle-ci, une certaine quantité d'eau est immobilisée dans l'espace fermé entre le bâti et l'extrémité inférieure de chaque tour. Au fur et à mesure que l'ensemble du dispositif tourne, l'hélice elle-même fait monter de plus en plus haut dans le corps de la pompe toute quantité d'eau prélevée jusqu'à ce que cette eau se déverse une fois arrivée à l'extrémité supérieure du corps.

La version moderne de la vis d'Archimède est la pompe à vis (Fig. 1.30). Cette dernière consiste en une vis hélicoïdale en acier soudée autour d'un fût tubulaire en acier et montée dans une garniture étroite mais ne touchant pas tout à fait le canal semi-circulaire incliné. Le canal est d'ordinaire en béton. Du fait de l'espace entre la vis et son canal, on ne peut éviter de petits refoulements d'eau qui se produisent parfois, cependant le débit total produit par une pompe à vis est si élevé que le refoulement n'en constitue qu'un faible pourcentage. Aussi, les pompes à vis modernes ont une très grande efficacité, de l'ordre de 60 à 70%.

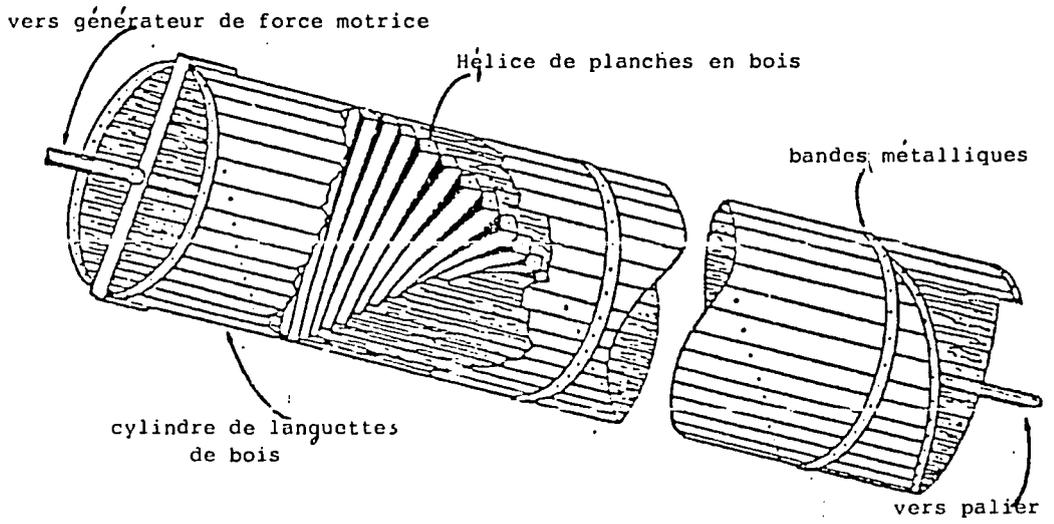
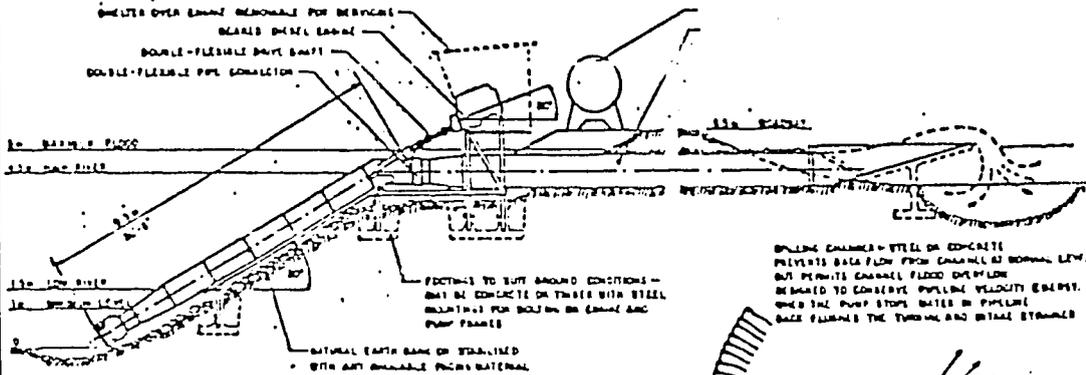
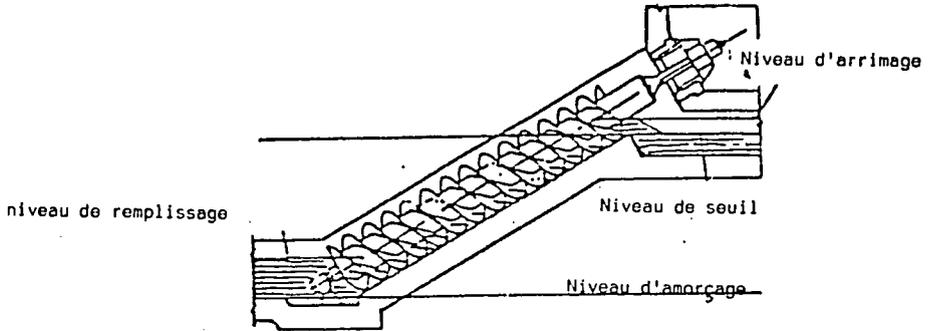
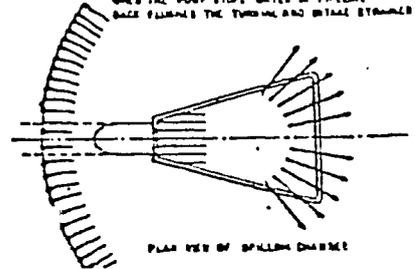


Figure 1.29



24' FLOODGATE INSTALLATION ON NATURAL STABLE RIVER BANK  
WITH MINIMUM PERMANENT FOUNDATIONS PREFABRICATED  
MOUNTING FRAMES AND MINIMUM USE OF CONCRETE OR BRICK.



source: Fraenkel, IT POWER/F.A.O.

### Pompes à rouleau et à spirale

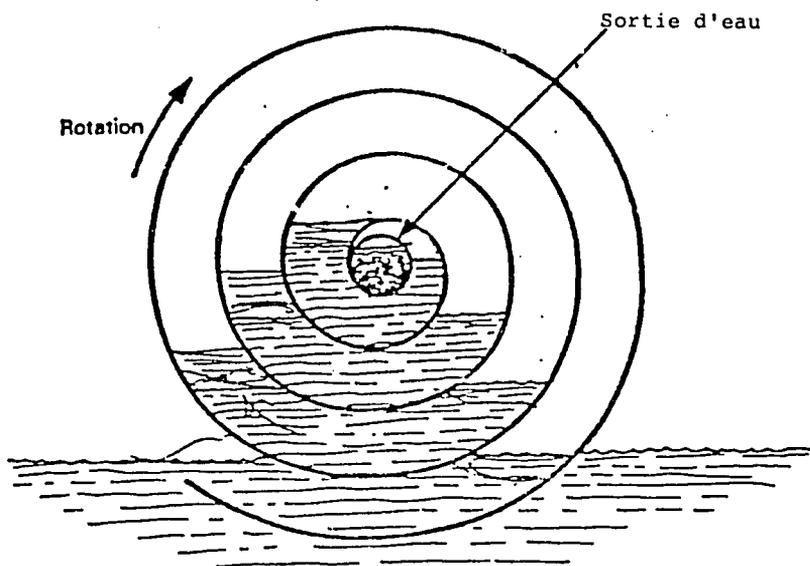
Ces pompes fonctionnent selon un principe analogue à la vis d'Archimède à l'exception du fait qu'elles fonctionnent en position horizontale alors que la vis d'Archimède est inclinée. Les pompes à rouleau et à spirale, quand elles sont dotées d'un joint d'étanchéité rotatif, peuvent fournir de l'eau à des hauteurs plus élevées (typiquement 5 à 10 m) que leur orifice de déversement; la Fig. 1.31 montre une pompe à rouleau et une pompe à spirale.

Toutes ces pompes fonctionnent selon le même principe mettant en jeu une longue spirale ou passage bobiné tournant autour d'un axe horizontal. L'une des extrémités du passage est ouverte et plonge dans l'eau une fois à chaque tour, prélevant ainsi une certaine quantité d'eau. Du fait de la forme de la spirale ou du rouleau, une quantité suffisante est prélevée pour remplir complètement la partie inférieure lors d'un tour, immobilisant ainsi de l'air au cours du tour suivant. Les quantités d'eau prélevées se déplacent progressivement le long de la base du rouleau au fur et à mesure que la pompe tourne; si elle est actionnée à une hauteur positive, la contre-pression force légèrement l'eau à revenir à la position la plus basse dans chaque rouleau à mesure que l'eau se rapproche du point de déversement; ainsi elle s'éloigne progressivement et davantage du point le plus bas en tournant autour du rouleau. La vitesse maximale de refoulement pour chaque type de pompe est déterminée par la nécessité d'éviter que de l'eau se trouvant près du point de déversement soit amenée - forcée par la contre pression - à refluer au-dessus d'un rouleau, ce qui fait que cet appareil fonctionne encore aujourd'hui à faible hauteur.

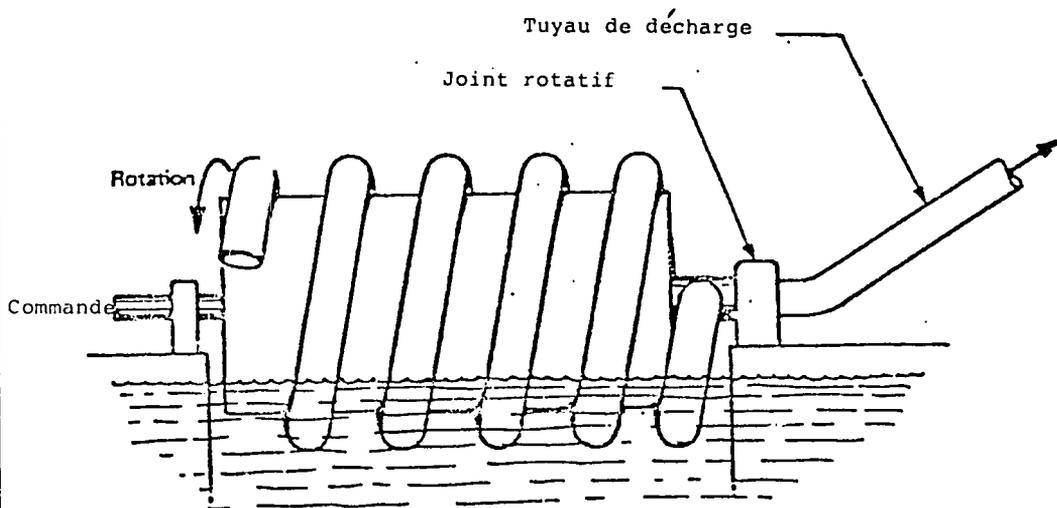
#### 1.2.4.4 Roues à aubes (Tympan) et roues à aubes Schellingwoude

Ces appareils sont des versions rotatives de la curette simple, cependant, à la place de la curette qui est actionnée par un mouvement de va-et-vient, plusieurs aubes sont disposées autour d'une roue. (Fig. 1.32). Tout comme la curette, une roue à aubes n'est utile que pour le pompage à très faible hauteur d'élévation, pour l'inondation ou l'assèchement des rizières sur des diguettes n'excédant pas 0,7 m de hauteur.

La version la plus simple de cette roue à aubes où un opérateur marche directement sur la jante, la faisant tourner de telle sorte qu'elle prélève et dépose l'eau sur une diguette basse, de manière continue et régulière (Fig. 1.33). Dans sa forme primitive, la roue à aubes n'est pas très efficace car une bonne partie de l'eau remontée reflue sur les bords. Aussi, la version améliorée est telle que la roue est enfermée dans un boîtier dans lequel elle est bien ajustée (roue enchâssée), ce qui réduit les fuites d'eau par refoulement et augmente légèrement la hauteur à laquelle la pompe peut fonctionner.



A.



B

Figure 1.31 (A) Pompe à spirale - (B) Pompe à rouleau

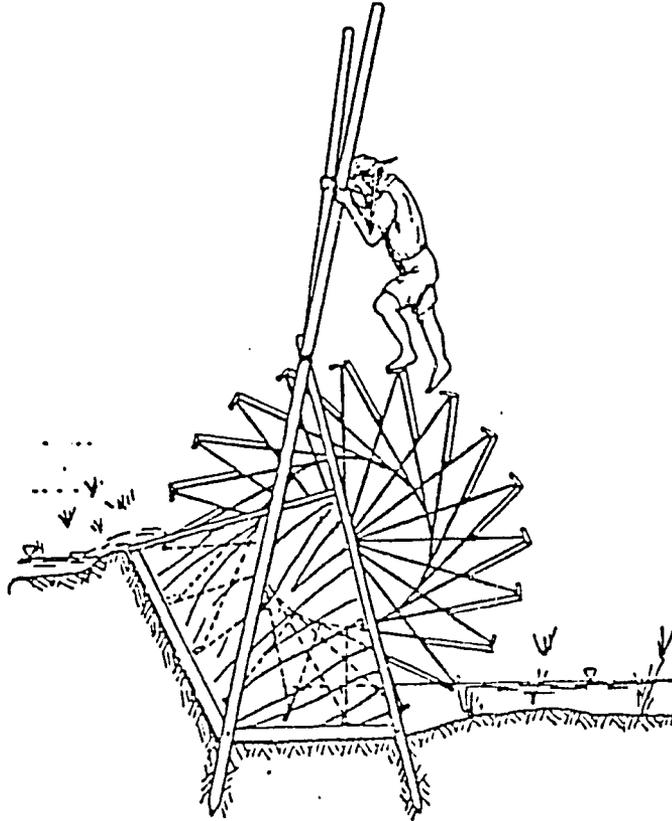


Figure 1.32 Roue à aubes utilisée comme tympan

Source: Fraenkel, IT Power/F.A.O.

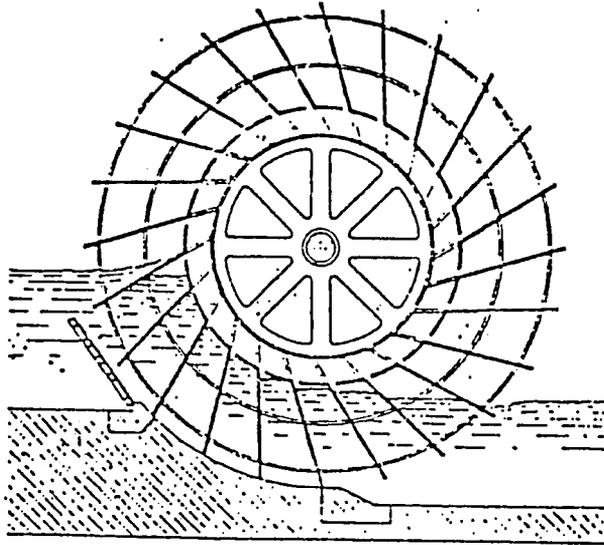
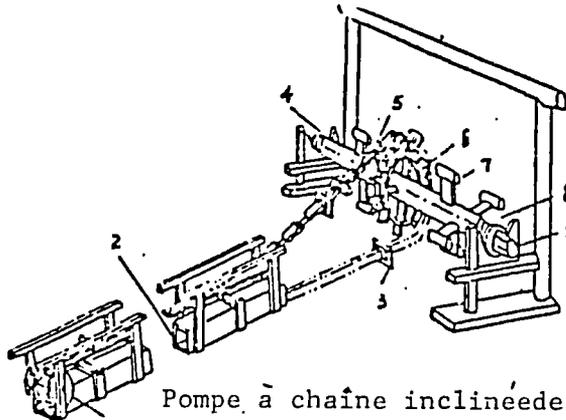


Figure 1.33 Roue à aubes Schellingwoude

Source: Fraenkel, IT Power/F.A.O. study



Pompe à chaîne inclinée de type fermé

- |                   |                         |
|-------------------|-------------------------|
| 1. roue entraînée | 6. roue motrice         |
| 2. auge fermée    | 7. repose - pied        |
| 3. taquet         | 8. collet d'arbre (fer) |
| 4. arbre          | 9. palier               |
| 5. dragon-bone    |                         |

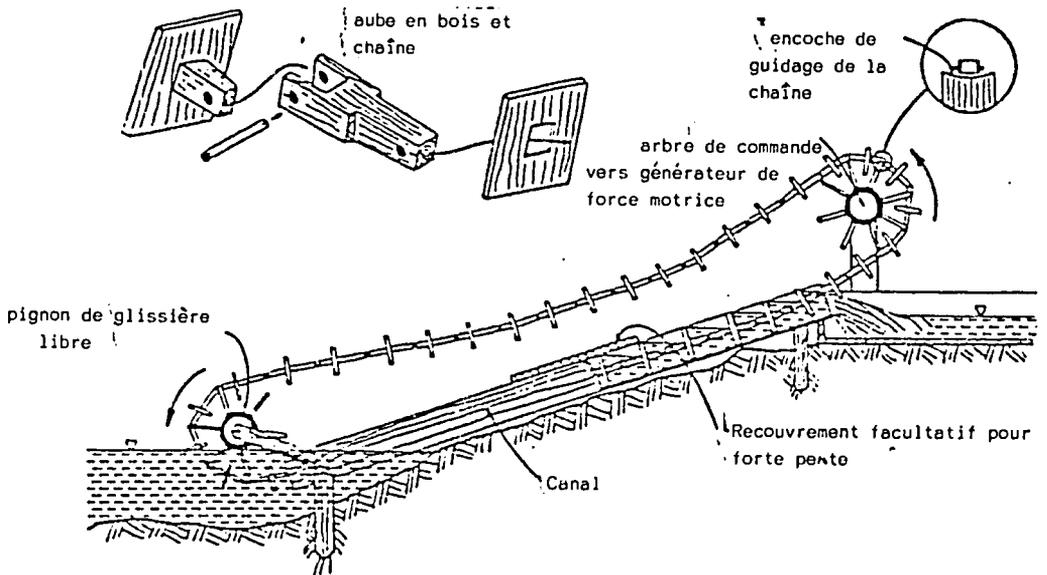


Figure 1.34 Pompe à chaîne avec canal découvert (NB: une pompe à canal fermé est essentiellement une pompe à chapelet) (d'après Schioler, 1975)

L'efficacité des meilleures roues à aubes schellingwoude est de l'ordre de 40 à 70%, ce qui n'est pas plus mauvais qu'une pompe à vis moderne, cependant, elles ne peuvent fonctionner à des hauteurs aussi élevées que la pompe à vis, laquelle a par conséquent une plus grande faculté d'adaptation.

#### 1.2.4.5. Pompes à chaîne inclinées

L'inconvénient de la roue à aubes est qu'il faut une roue plus grosse pour remonter l'eau à des hauteurs plus élevées, aussi, sauf pour les très faibles hauteurs, l'appareil est trop gros et encombrant et n'est pas très efficace. La pompe à chaîne inclinée a été élaborée pour contourner ce problème, en reliant les aubes les unes aux autres pour qu'elles forment une courroie sans fin qui peut être traînée le long d'un canal ou conduit en bois incliné et ouvert (Fig. 1.34). La courroie sans fin est actionnée par un pignon situé du côté du déversement et qui passe autour d'un pignon à marche en roue libre situé à l'extrémité inférieure. La partie inférieure du canal ou conduit est immergée de telle sorte que le mouvement des aubes dans la courroie, laquelle remplit presque complètement la coupe transversale du conduit, remontent l'eau. Dans bien des cas, cette méthode de levage de l'eau ressemble à une pompe à vis, laquelle remonte également dans un conduit des poches d'eau enfermées entre les aubes du mécanisme. Comme dans le cas des pompes à vis, il y a des fuites de refoulement, mais si l'appareil est bien construit, ces fuites ne constituent qu'une petite fraction du débit important qui est produit.

Dans certains cas, il est entièrement construit en bois et peut par conséquent être facilement réparé sur place. C'est l'un des appareils traditionnels de pompage d'eau à faible hauteur et à débit élevé les plus satisfaisants, et il est applicable plus particulièrement à la culture du riz qui nécessite parfois d'importantes quantités d'eau.

Le pignon supérieur est d'ordinaire commandé par un long axe horizontal qui, traditionnellement, est actionné par deux à huit personnes qui pédalent.

Ces pompes ont une longueur qui se situe entre 3 et 8m et une largeur entre 150 et 250 mm, les levages dépassent rarement 1 à 1,2 m et deux ou plusieurs appareils sont parfois nécessaires lorsqu'il faut remonter l'eau à des hauteurs plus élevées.

#### 1.2.4.6. Pompes à chaîne ou "Paternoster"

Les pompes appartenant à cette catégorie (Fig. 1.35) fonctionnent sur le même principe que la pompe à chaîne inclinée, à l'exception du fait qu'ici on tire une série de disques reliés ensemble et passant dans un tuyau alors que dans l'autre cas, il s'agit d'une série d'aubes reliées entre elles qui sont tirées dans un canal ou un conduit ouvert et incliné. Comme dans le cas de la pompe à chaîne, elles conviennent aux forces motrices humaine, animale ou mécanique et sont en général actionnées soit par deux à quatre personnes soit par un moulin à vent traditionnel.

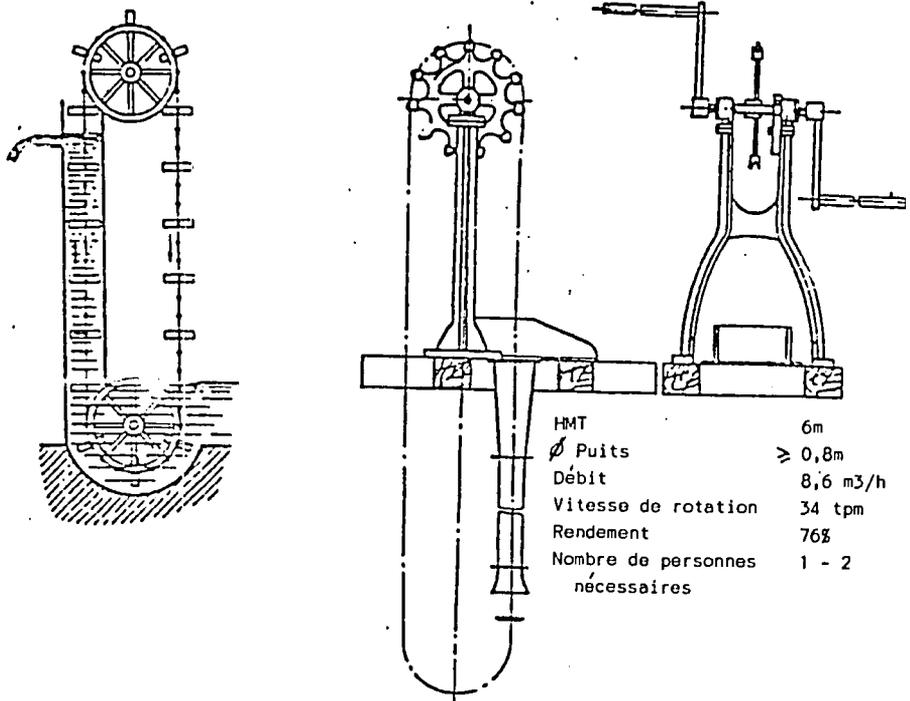


Figure 1.35 Pompe à chaîne

Source: Fraenkel, IT Power/F.A.O. study

Un des principaux avantages de ce type de pompe est qu'il nécessite un input régulier d'énergie rotative, ce qui encourage l'utilisation de l'énergie créée par une manivelle dotée de volant; ce procédé est d'ordinaire efficace du point de vue mécanique et est également approprié pour transmettre la puissance musculaire. Il est également facilement actionné par des moteurs ou autres forces motrices mécaniques.

Le principal avantage des pompes à chaîne est qu'elles peuvent être utilisées sur une vaste plage de hauteurs d'élévation; dans cet ordre d'idée, elles sont presque aussi maniables que les pompes à godet alternatives utilisées d'ordinaire. Diverses pompes à chaîne ont été utilisées pour des hauteurs allant de 1 à plus de 100m.

#### 1.2.5. Pompes alternatives à inertie

La gamme des pompes dépend du fait qu'on précipite puis relâche une masse d'eau; c'est-à-dire, ces appareils effectivement "projettent" l'eau et sont parfois connus sous le nom de pompes à "inertie".

Comme dans le cas des autres catégories de pompes examinées jusqu'ici, il existe aussi bien des types de pompes à inertie alternatives que rotatives. Ces dernières sont les pompes centrifuges d'utilisation courante.

Toutes les pompes appartenant à la catégorie des pompes rotodynamiques (centrifuges) propulsent de l'eau grâce à une roue mobile ou rotor. Deux mécanismes différents sont utilisés, seuls ou combinés, de telle sorte que l'eau est expulsée de manière continue de la roue, soit en étant:

- i. faite dévier par la roue (dans les pompes hélices)
- ii. faite tourbillonner sur une trajectoire circulaire de telle sorte que la force centrifuge entraîne l'eau.

##### 1.2.5.1. Pompe à soupape à clapet (pompe oscillante)

Ce type de pompe est extrêmement simple et peut être facilement improvisé (voir Fig. 1.36). On en a construit à partir de matériaux comme le bambou. Les dimensions ne sont pas cruciales, aussi il ne faut pas beaucoup de précision pour la construire.

L'ensemble pompe et tuyau est actionné par secousse de haut en bas et de bas en haut à l'aide du levier, de telle sorte que, au coup de levier vers le haut, le clapet est aspiré pour être fermé et une colonne d'eau est remontée vers le haut du tuyau; lorsque le sens de ce mouvement est soudainement modifié, la colonne d'eau se déplace avec un élan suffisant pour ouvrir, grâce à la poussée produite, la soupape du clapet et pour se déverser par l'orifice de sortie. Il va de soi qu'une pompe de ce type dépend de la pression atmosphérique pour soulever l'eau, aussi se limite-t-elle à des hauteurs d'élévation qui n'excèdent pas 5 à 6m.

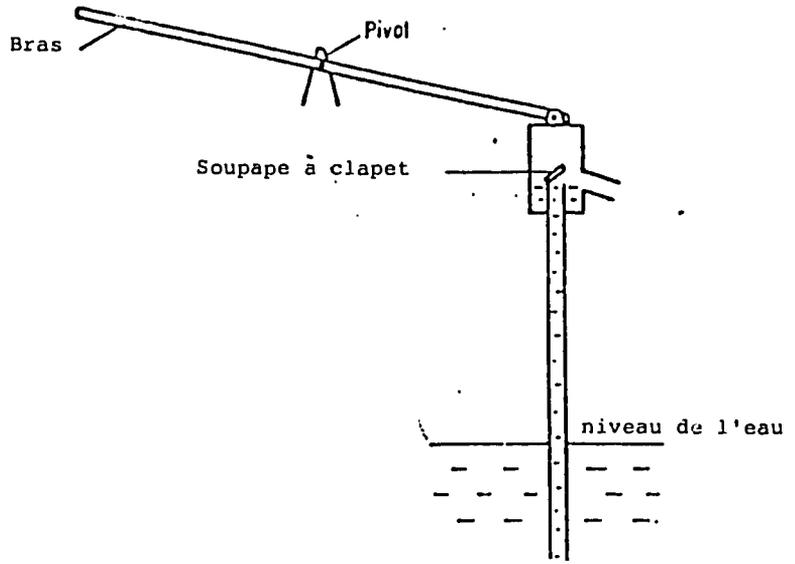


Figure 1.37 Pompe oscillante afghane

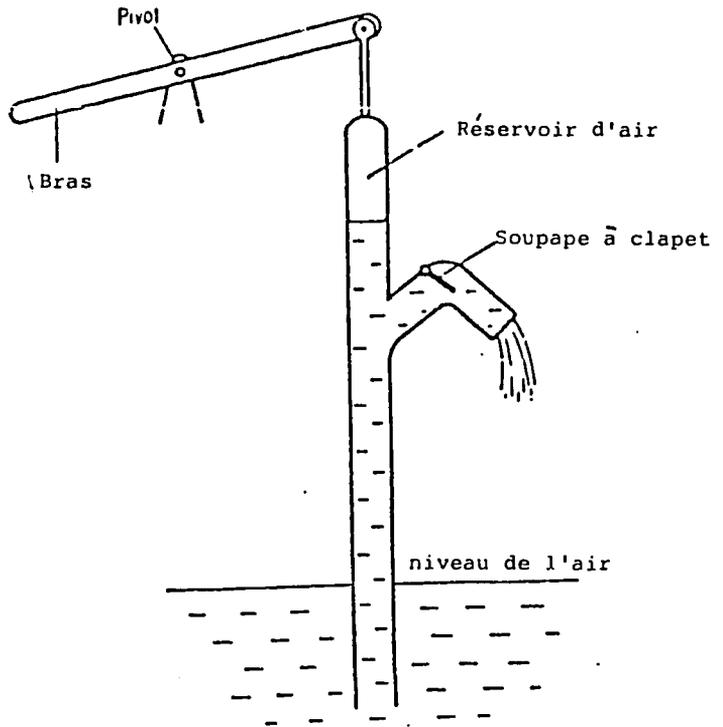


Figure 1.36 Pompe à soupape à clapet

La fig. 1.37 présente une version améliorée de la pompe à soupape à clapet. Un espace d'air en haut de la pompe agit réciproquement avec la colonne d'eau en fonctionnant comme un ressort, et peut absorber l'énergie et l'utiliser pour expulser l'eau sur une plus grande partie de la course qu'avec une pompe à soupape à clapet simple.

La performance de certaines pompes à piston alternatives dotées de réservoirs d'air peut être augmentée si la vitesse de la pompe est ajustée à la fréquence résonante de l'eau dans le tuyau et à la "rigidité" de l'air retenu dans le réservoir. Cela n'est faisable en général qu'avec des tuyaux courts, à des vitesses assez faibles, car autrement la fréquence naturelle dans la plupart des cas pratiques est bien trop basse pour s'assortir à une quelconque vitesse des pompes. Si la résonance est atteinte, dans ce type de situations, la pompe peut réaliser des "rendements" volumétriques de l'ordre de 150 à 200%. Cela est dû au fait que l'eau continue de circuler grâce aux effets d'inertie même lorsque le piston de la pompe se déplace en sens inverse de l'écoulement, de telle sorte que l'eau sort en partie au coup de piston vers le haut et en partie au coup de piston vers le bas. Les systèmes alternatifs bien conçus qui tirent parti de la résonance peuvent atteindre des vitesses et des rendements élevés (Fig. 1.38).

#### 1.2.6. Types de pompes à inertie rotatives

La Fig. 1.39 représente la pompe la plus curieuse, à savoir la pompe à "diffuseur centrifuge", plus connue sous le nom simple de pompe "centrifuge". Dans ce cas, le corps de pompe en spirale comportant un canal extérieur en forme de coquille d'escargot, et dont la coupe transversale s'accroît progressivement, tire l'eau de la roue tangentielllement et la ralentit doucement, permettant ainsi à l'eau de sortir à une vitesse réduite et à une plus grande pression, tangentielllement, par le tuyau de déversement.

Le schéma B présente l'autre alternative principale qui est la "turbopompe centrifuge" ou "pompe à turbine", dans laquelle un ensemble de canaux diffuseurs s'élargissant sans-à-coups permettent de ralentir la vitesse de l'eau et d'élever sa pression de la même manière. Dans le type de pompe à turbine illustré, les canaux diffuseurs dérivent également l'eau dans une trajectoire moins tangentielle et plus radiale de façon à lui permettre de couler doucement dans le canal annulaire à coupe transversale continue entourant l'anneau de diffusion, d'où elle se déverse du haut.

##### 1.2.6.1 Pompes axiales (pompes hélices)

Une pompe axiale (ou pompe hélice) propulse l'eau par réaction aux forces de soulèvement produites par la rotation de ses ailettes. Cette action a deux effets: elle pousse l'eau au-delà du rotor ou roue et elle transmet également à l'eau un mouvement rotatif. Par conséquent, les pompes axiales ont en général des ailettes distributrices enfermées dans un boîtier, lesquelles forment un angle de manière à redresser le courant et à transformer la



Figure 1.38

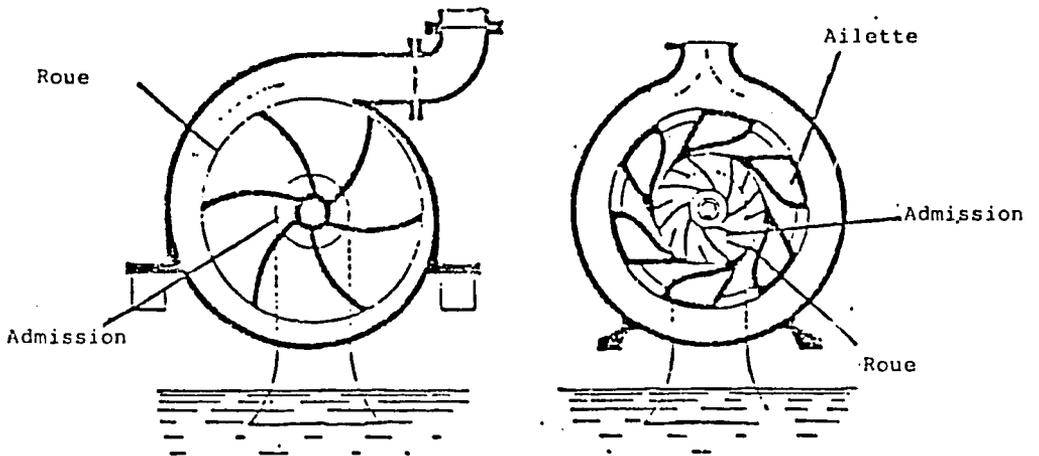


Figure 1.39 Pompes de vitesse. (A) Diffuseur centrifuge  
(B) Turbopompe centrifuge

Source: Fraenkel - IT Power/F.A.O. study

composante "tournoiement" de la vitesse en pression additionnelle, pratiquement de la même manière que le diffuseur d'une pompe centrifuge. La Fig. 1.40 représente une pompe axiale de ce genre, dans laquelle les ailettes distributrices, juste au-dessus de la roue, servent également à un second but, à savoir abriter un gros coussinet qui centre l'arbre. Ce coussinet est en général lubrifié par l'eau. La Fig. 1.41 représente le montage d'une pompe axiale.

#### 1.2.6.2. Pompes hélico-centrifuges

La pompe hélico-centrifuge met en jeu à la fois les principes de la pompe axiale et ceux de la pompe centrifuge et, dans le contexte de l'irrigation, peut représenter assez souvent un compromis utile permettant d'éviter la hauteur limitée d'une pompe axiale mais atteignant cependant le rendement et les débits plus élevés d'une pompe à diffuseur centrifuge. De plus, les pompes axiales ne peuvent en général pas supporter un levage de l'eau par aspiration, alors que les pompes hélico-centrifuges le peuvent, bien qu'elles ne puissent pas s'amorcer d'elles-mêmes.

La Fig. 1.42 présente une pompe hélico-centrifuge ainsi que son installation. Ici, le tourbillon transmis par la rotation de la roue est récupéré grâce à la diffusion de l'eau dans un diffuseur en forme de coquille d'escargot dont le principe est identique à celui d'une pompe à diffuseur centrifuge.

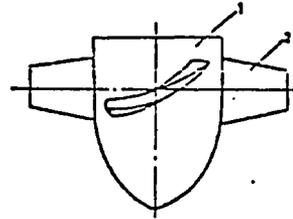
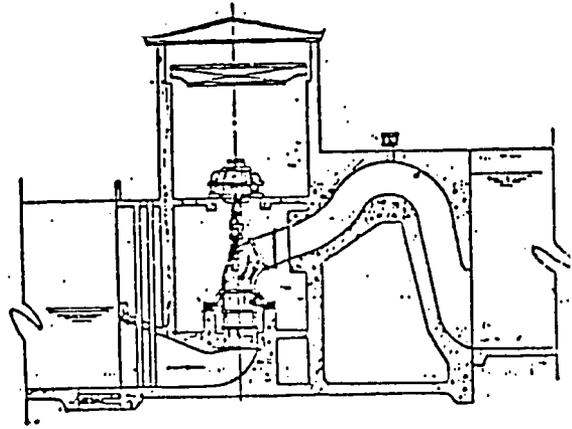
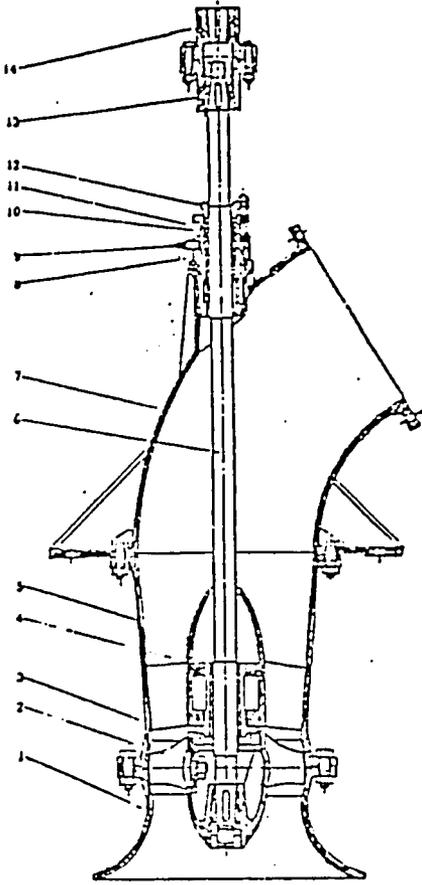
Une autre disposition possible est représentée à la Fig. 1.43. On utilise ce qu'on appelle assez souvent un corps de pompe "en cloche", de manière à ce que le courant s'épande radialement par la roue puis converge axialement à travers les ailettes distributrices fixes qui arrêtent le tourbillonnement. Les pompes de cette catégorie sont installées de manière à être immergées, ce qui évite les problèmes d'amorçage qui peuvent nuire aux grosses pompes rotodynamiques (hélico-centrifuges) à aspiration de surface.

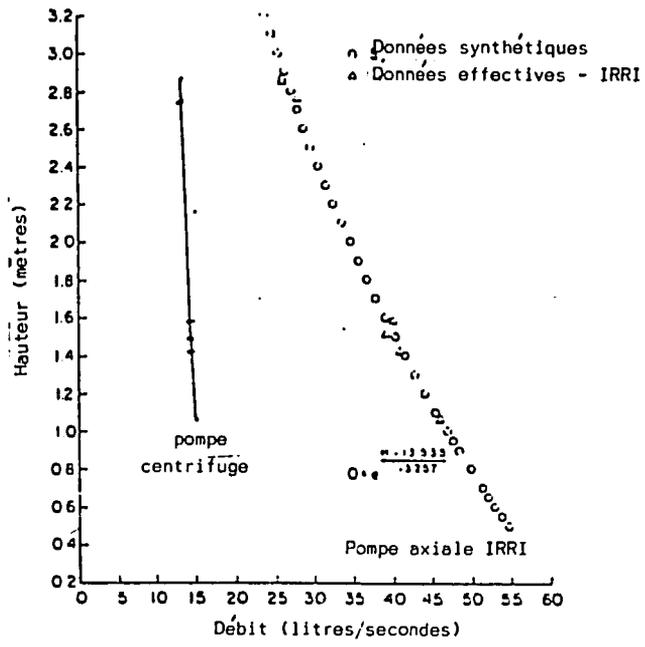
Les pompes hélico-centrifuges en forme de cloche fonctionnent avec des débits allant de 200 m<sup>3</sup>/h à 12000m<sup>3</sup>/h sur des hauteurs de 2 à 10m.

#### 1.2.6.3. Pompes centrifuges

##### Pompe centrifuge à axe horizontal

Ces pompes constituent de loin le type générique le plus courant de pompe électrique ou à moteur utilisée à des fins d'irrigation de petites et moyennes superficies. La Fig. 1.44 représente (coupe transversale) une pompe à diffuseur centrifuge fabriqué en série. Pour ce type de pompe, le corps et le bâti sont généralement en fonte ou en acier moulé alors que la roue peut être en bronze ou en acier. Les parties critiques de la pompe sont les bords des orifices d'admission et de sortie vers la roue, et l'une des causes principales de fuites est constituée par le refoulement depuis la sortie de la roue autour de sa partie frontale jusqu'à l'orifice d'admission. Pour l'éviter, les pompes de bonne qualité ont un





- |  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| 1. crépine   | 10. accouplement flexible         |
| 2. accouplement  | 11. socle moteur                  |
| 3. roue à 2 ailettes                                       | 12. manchon acier inoxydable      |
| 4. support de l'arbre principal avec ailettes de diffusion | 13. moteur et support de conduite |
| 5. Coussinet caoutchouc                                    | 14. moteur                        |
| 6. arbre de pompe  |                                   |
| 7. conduite de refoulement                                 |                                   |
| 8. support d'extrémité                                     |                                   |
| 9. bâti de palier intermédiaire                            |                                   |

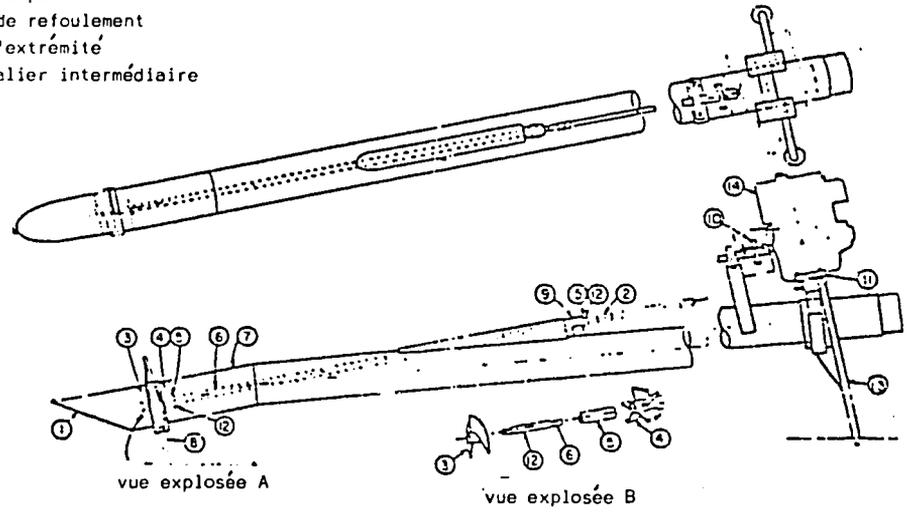


Figure 1.41 Source: HORSEY, et. al.

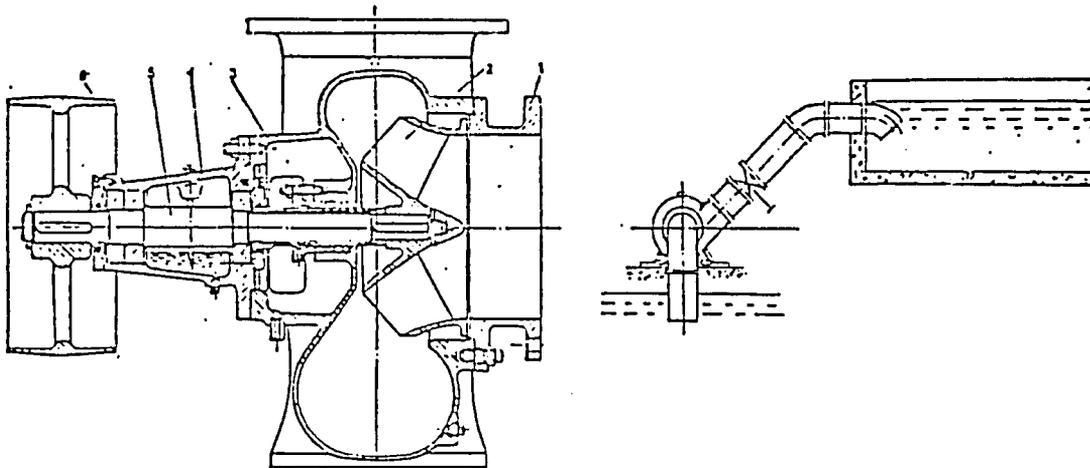


Figure 1.42

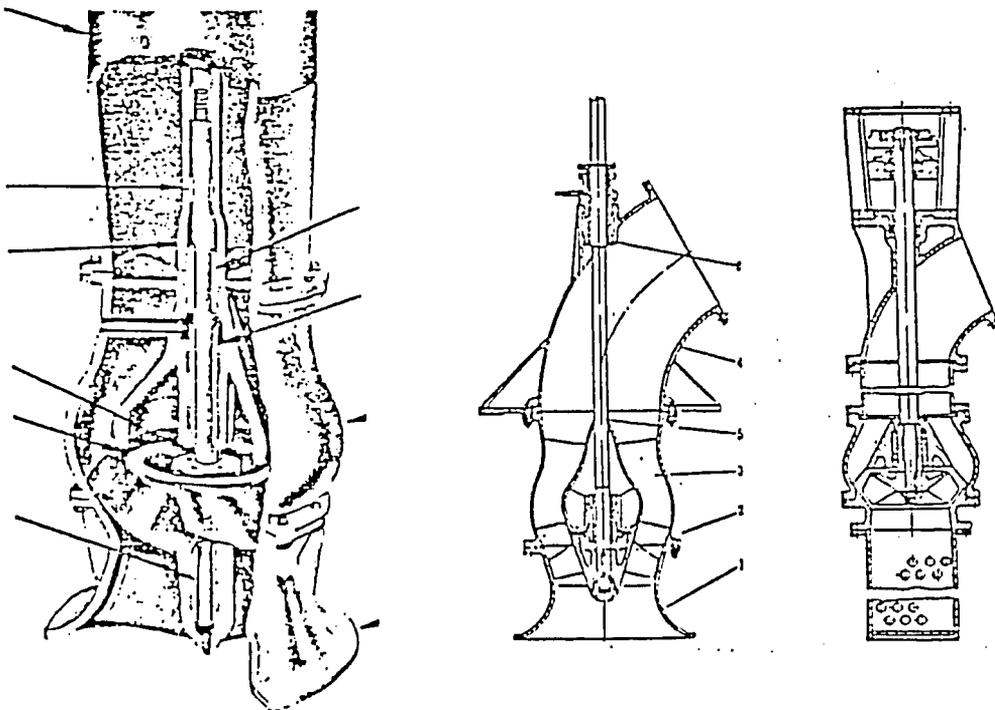


Figure 1.43 Source: Fraenkel, IT Power/F.A.O. study

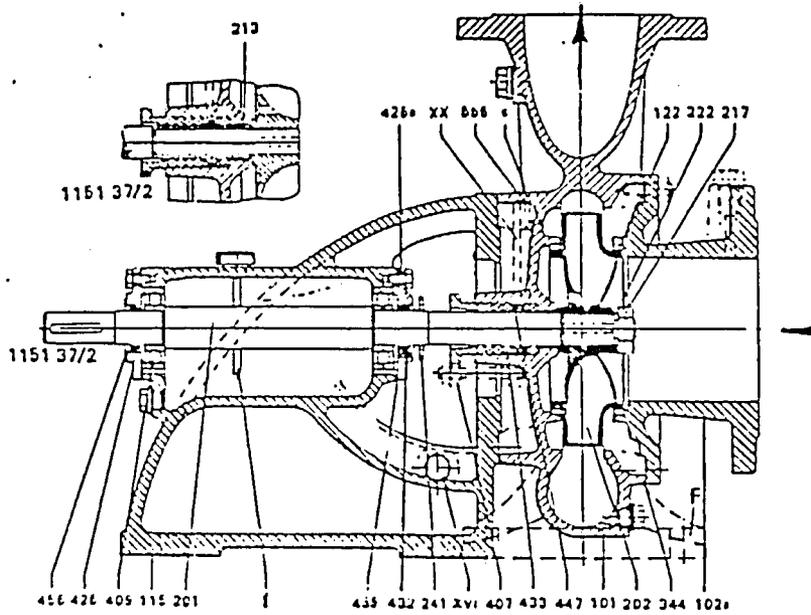


Figure 1.44 Source: Idem fig 1.40

anneau de déversement étroitement ajusté au corps de pompe autour de la jante frontale de la roue; cela peut faire l'objet d'une certaine usure produite par les gravillons ou autres particules solides se trouvant dans l'eau et peut être remplacée quand le jeu devient assez important pour provoquer des pertes trop élevées. Une autre partie qui se prête à l'usure est la garniture où l'arbre de commande émerge de l'arrière du bâti de la roue. Ceci nécessite d'être resserré assez souvent afin de minimiser les fuites, bien qu'un ressèment excessif augmente l'usure de la garniture. La garniture est généralement en amiante graphité, bien que le PTFE graphité soit plus efficace si on arrive à s'en procurer. L'arrière de la pompe est constitué par le support et le bâti du palier contenant deux systèmes de roulement à billes à rainures profondes.

#### 1.2.6.4. Pompes immergées multicellulaires

Ces dernières années, bon nombre de pompes immergées électriques de qualité fiable ont été fabriquées. Le modèle de la fig. 1.45 est une pompe bicellulaire mixte. On peut facilement y fixer d'autres étages pour en faire une série de pompes pouvant répondre à une vaste gamme de conditions d'exploitation. Les applications de ces pompes à l'irrigation à faible hauteur (moins de 20 m de levage) sont particulièrement intéressantes lorsqu'on dispose d'électricité de secteur. Le principe consiste à superposer une série de turbines mixtes de diamètre réduit, car plus on en empile, plus grande est la hauteur de levage de l'eau. Ces pompes immergées, dotées de moteur hermétique, sont fréquemment utilisées pour les stations de pompage solaires en raison des hautes performances de pompage que l'on peut obtenir.

### 1.3. GENERATEURS DE FORCES MOTRICES ET RESSOURCES ENERGETIQUES

#### 1.3.1. Traction Humaine

En général, il est difficile de faire une estimation précise des performances de pompage. Nulle part ceci n'est plus vrai que dans le domaine des appareils élévatoires d'eau et des pompes à traction humaine. Ceci est dû en partie au fait que les capacités humaines sont très variables, mais également au fait qu'il existe toute une gamme de pompes et de dispositifs élévatoires d'eau d'efficacité variable.

Contrairement à ce que l'on croit, l'énergie humaine n'est pas bon marché. Les pauvres sont généralement contraints de faire usage de l'énergie humaine parce qu'ils ne peuvent s'en procurer de meilleure; vu que l'investissement financier est réduit, elle est donc plus facilement procurable que d'autres alternatives. Pratiquement toute autre source d'énergie peut valablement pomper l'eau de façon rentable, à moins que l'on n'en désire que de petites quantités.

La capacité de la force humaine est d'environ 250 wh/jour, donc 1 kwh exige quatre jours de dur labeur - ce qu'un petit moteur

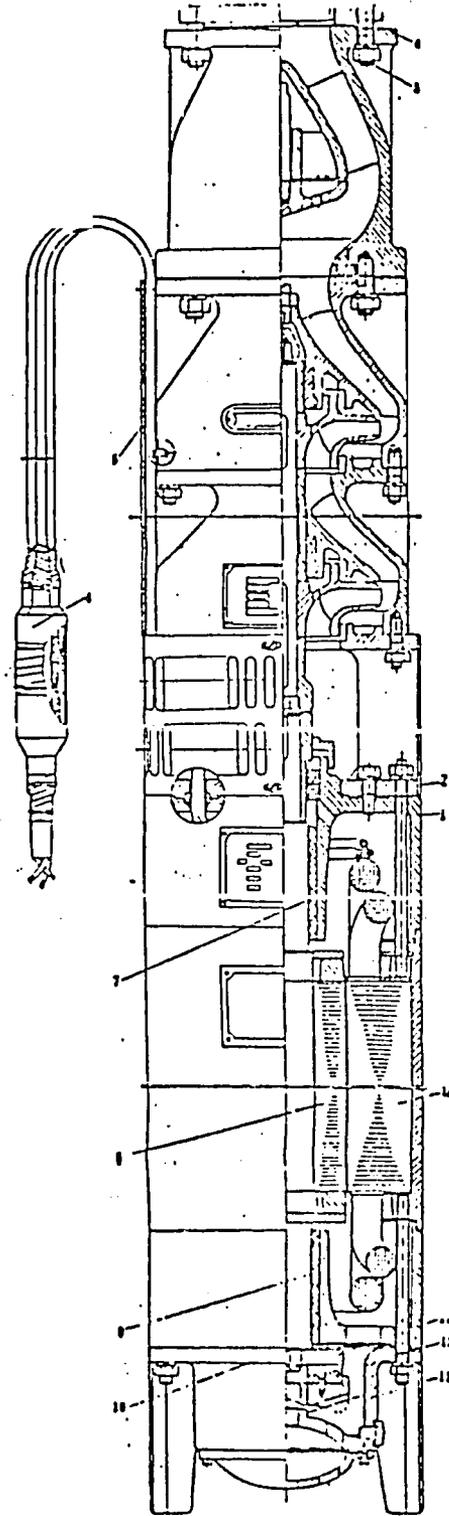


Figure 1.45 Pompe multicellulaire à deux étages (immergée).

Source: Fraenkel, IT Power/F.A.O. study

pourrait fournir en moins d'une heure, avec moins d'un litre de carburant.

Des tests dynamométriques indiquent qu'un cycliste fournit 75 W d'énergie en roulant à 18 km/h. Bien qu'il soit impossible de tenir ce rythme pendant une journée entière, ce chiffre démontre qu'il est possible de parvenir à un pourcentage substantiellement élevé d'énergie continue en usant de la puissance des membres inférieurs plutôt que de celle de tout le corps ou des bras, qui ne produit que 30 W d'affilée. Pour cette raison, les pompes manuelles les plus efficaces pour l'irrigation sont actionnées par le pied.

Des milliers de systèmes de levage d'eau à traction humaine (surtout les chadoufs) sont utilisés au Tchad. On peut tenter de substituer les matériaux de construction, d'apporter une légère amélioration en opérant efficacement mais, en fin de compte, une seule personne peut produire assez d'énergie quotidiennement (peut-être 250 Wh) pour irriguer au mieux 0,25 ha (considérant 1250m<sup>2</sup>/jour irrigués par un chadouf - MAO, et l'estimation de Dan Jenkins selon laquelle une pompe bien conçue et bien adaptée aux conditions de levage d'eau est susceptible d'améliorer de 50 à 100% l'efficacité d'un chadouf). Pendant ce temps, l'énergie humaine n'est pas disponible pour l'exécution d'autres tâches. Des entretiens avec les usagers des chadoufs ont généralement porté sur la technique à forte proportion de main-d'oeuvre et les restrictions qui empêchent les paysans de se consacrer à d'autres tâches plus rentables.

La figure 1.46 montre, avec une production moyenne de 240 Wh d'énergie humaine par jour, la quantité d'eau qu'il est possible de remonter. Le graphique montre l'influence de la variation de la distance de levage sur le volume d'eau quotidien (en mètres cubes) et également l'effet de l'augmentation du nombre de personnes qui actionnent le système. Doubler le nombre de personnes ne double pas nécessairement le débit quotidien. Le graphique suppose un système de pompage constant et dont l'efficacité est de 60%.

### 1.3.2. Traction animale

L'avantage de la traction animale par rapport à la traction humaine est double. D'abord, les animaux en tant que tels sont plus puissants que les humains, pouvant ainsi pomper plus d'eau en un temps plus court, ce qui tend à rendre l'irrigation plus efficace et plus productive. Ensuite, en libérant le paysan du pompage de l'eau, celui-ci peut en assurer plus efficacement sa distribution. En fait, un animal fournit autant d'énergie que plusieurs personnes et généralement à moindre frais. L'irrigation à traction animale est presque exclusivement pratiquée à l'aide des techniques traditionnelles de levage de l'eau dont les origines remontent avant l'ère industrielle et l'usage des pompes à moteur. Bien que quelques efforts aient été faits dans certains domaines au cours de ce siècle en vue de fabriquer des mécanismes améliorés pour l'utilisation de la traction animale, on a eu peu tendance à introduire des systèmes de levage à traction animale dans les zones où cette dernière n'est traditionnellement pas pratiquée. Au contraire, la tendance a été soit de faire un bond vers la mécanisation en utilisant des moteurs ou l'électricité, soit de ne faire aucune tentative pour améliorer la traction humaine.

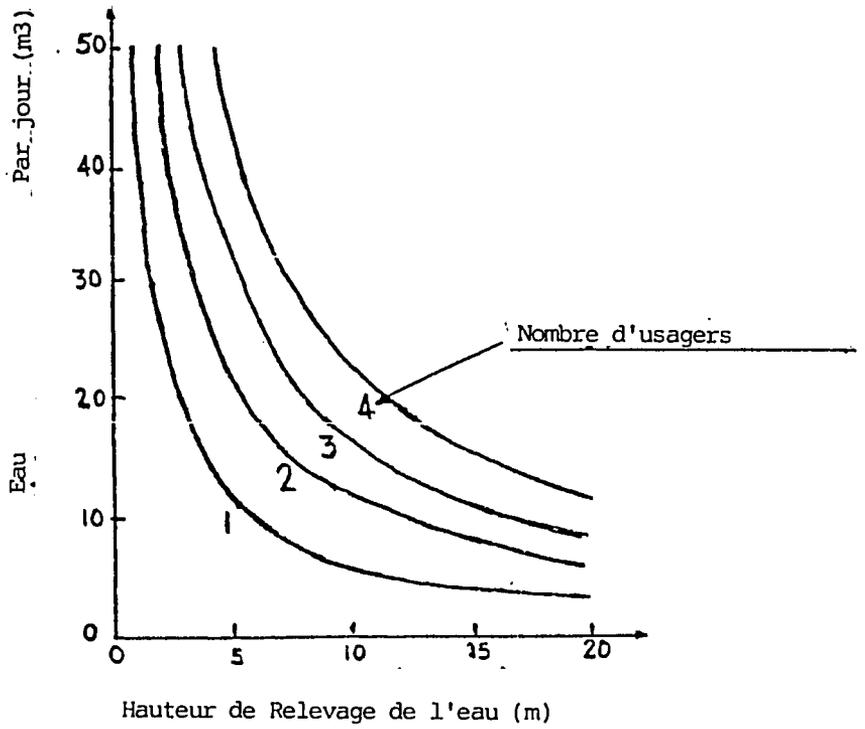


Figure 1.46 Source: IT Power

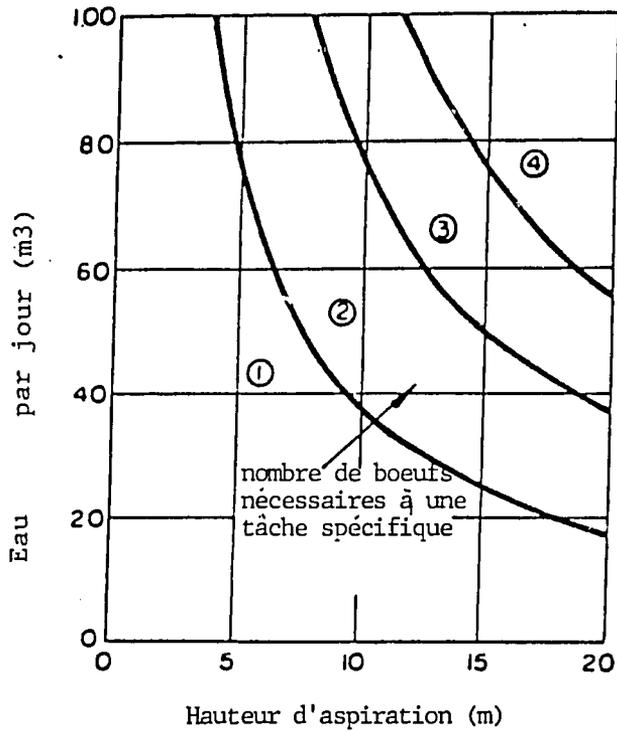
Le principal inconvénient de la traction humaine est que les animaux ont besoin d'être nourris 365 jours de l'année bien que la saison de l'irrigation, en général, ne dure que 200 jours par an. Dans les zones où l'eau est proche de la surface à irriguer, et donc l'irrigation par traction animale possible, il existe de fortes densités de population et un manque de terres. Puisque les animaux de trait consomment des quantités considérables de fourrage, une importante proportion de la terre disponible doit être consacrée à la nourriture des animaux de trait. Il est donc difficile de justifier l'emploi d'animaux uniquement à des fins de pompage pour l'irrigation. L'énergie animale, sur une base continue, est 3 fois celle de l'homme pour l'âne, 15 à 20 fois pour le chameau ou le buffle. L'idéal lopin de terre irrigué de 0,25 ha peut être ainsi facilement porté à 5 ha, selon le nombre et les types d'animaux à mettre à la barre d'attelage. L'utilisateur doit cependant consacrer beaucoup de temps et beaucoup d'efforts à l'entretien, à l'entraînement et à la mise en fonctionnement des systèmes de traction. On parvient rapidement au point où le lopin de terre requiert plus d'un homme, nécessitant l'instauration d'une structure de gestion locale pour le système de pompage. C'est une tâche difficile et complexe à la fois puisque le bétail ne se traite pas comme une machine et les négligences de groupe sont à éviter. Plusieurs modèles de traction animale existent, la plupart étant mécaniquement complexes en raison des forces et des coefficients de communication du mouvement élevés nécessaires pour conformer le mouvement de déplacement lent et irrégulier du bétail en mouvement rotatoire ou alternatif rapide que nécessitent les mécanismes de pompage.

Un examen approfondi de cette source d'énergie et de la chaîne mécanique est assurée pour l'extraction de l'eau souterraine dans les ouadis où l'investissement en temps humain serait réduit et où le bétail (chameaux, chevaux, ânes) est généralement disponible mais non entraîné.

Le tableau 1.1. indique la capacité approximative des systèmes de levage d'eau selon le nombre de boeufs, en supposant qu'on obtiendrait une efficacité de 60% animal/eau, comme le ferait l'un des meilleurs types de système élévatoire.

Tableau 1.1. - FORCE ET TRACTION DE DIFFERENTS ANIMAUX

<u>Animal</u>	<u>Poids</u> (kg)	<u>Force de traction</u> (kg)	<u>Vitesse</u> (m/s)	<u>Puissance</u> (W)
cheval lourd	700-1200	50-100	0,8-1,2	500-1000
cheval léger	400- 700	45- 80	0,8-1,4	400- 800
Mulet	350- 500	40- 60	0,8-1,0	300- 600
Ane	150- 300	20- 40	0,6-0,8	75- 200
Vache	400- 600	50- 60	0,6-0,8	200- 400
Boeuf	500- 900	60- 80	0,5-0,7	300- 500
Chameau	500-1000	80-100	0,8-1,2	400- 700
Buffle	400- 900	60-100	0,5-1,0	600-1000



Les animaux comme les hommes peuvent, en opérant continuellement, produire à peine 50% de l'énergie produite en opérant de manière intermittente.

Figure 1.47 Source: IT Power

Previous Page Blank

Forces animales continues et intermittentes

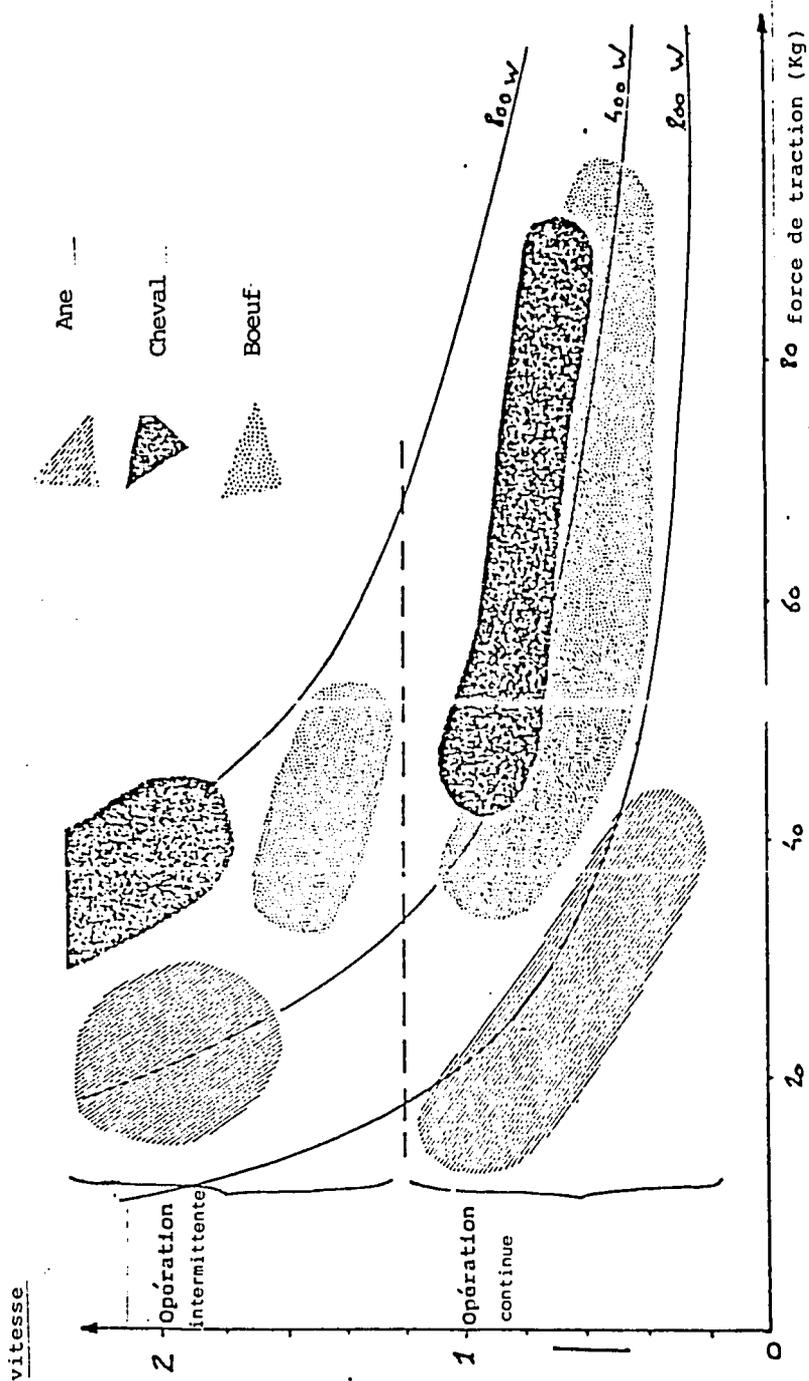


Figure 1.48 Forces animales continues et intermittentes

Power

Tableau 1.2.

Température 1984 (°C)													Moyenne annuelle
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
N'Djamena	22.4	26.3	32.1	34.0	32.6	32.2	30.2	30.0	30.5	31.2	28.0	23.8	29.4
Mao	-	-	-	-	34.6	34.5	31.5	31.8	31.2	30.3	26.3	20.8	

Température 1985 (°C)													Moyenne annuelle
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
N'Djamena	29.5	24.5	32.0	32.1	34.2	31.7	28.0	27.3	28.4	30.5	28.5	24.2	29.2
Mao	25.3	21.4	29.5	-	34.6	32.4	30.3	30.1	31.0	28.9	26.7	21.7	28.3

Ensoleillement (heures/jour)													Moyenne annuelle
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
N'Djamena	9.1	8.8	8.7	8.6	9.	9.3	8.2	8.2	6.8	8.6	9.1	8.7	8.6
Mao	-	-	-	-	9.7	9.9	8.3	10.3	7.5	7.6	8.8	7.8	

Ensoleillement (heures/jour)													Moyenne annuelle
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
N'Djamena	9.1	7.0	7.9	8.0	9.8	5.3	7.2	7.4	7.7	9.1	8.8	8.9	8.0
Mao	8.7	6.5	-	-	9.5	8.8	7.8	8.1	8.8	8.1	9.8	7.6	8.3

Température et ensoleillement mensuels moyens - 1977													Moyenne annuelle
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Abéché	25.2	26.3	29.5	31.1	33.0	31.9	29.4	28.0	29.3	30.5	28.1	17.0	29.1
	10.3	10.1	9.2	9.7	9.6	9.4	8.9	5.9	8.3	8.8	10.4	9.7	9.1

N.B - La Station Météorologique d'Abéché a été remise en service en 1986

58

peut fonctionner, dépendant de la nature de la charge électrique et du seuil de puissance pour le démarrage.

En raison de la variabilité de la radiation solaire, on peut fortement influencer par l'emplacement, la saison et le temps, la performance des systèmes de pompage solaire. Toutefois, à l'instar de l'énergie éolienne, l'énergie solaire tend à être concrètement disponible à n'importe quel endroit, d'une année à l'autre; l'analyse de documents sur l'énergie solaire peut permettre de présager avec exactitude l'énergie dont on disposera à l'avenir, donc le dimensionnement du système. La base de données disponibles pour le Tchad ne permet pas de faire une évaluation exacte du "dimensionnement du système". Tout système à énergie solaire installé devrait être largement dimensionné et par la suite vérifié pour déterminer s'il est possible de réduire ses dimensions.

On devrait dimensionner les pompes solaires destinées à l'irrigation, pour le "mois critique", à savoir quand le système est surchargé par rapport à l'énergie disponible.

Les données météorologiques pour le Tchad (Tableau I.2.) fournies par Agrhymet indiquent les caractéristiques d'ensoleillement annuelles et mensuelles moyennes et la moyenne des températures correspondantes pour Mao et N'Djamena, et les données de 1977 pour Abéché. On ne dispose d'aucune donnée concernant Bongor. Des données plus complètes font défaut.

#### 1.3.4. Moteurs à combustion interne

Les principales raisons du succès du moteur à piston à combustion interne sont constituées par son rapport élevé puissance/poids, ses dimensions et sa capacité à démarrer instantanément. Ceci a conduit à son adaptation universelle aux véhicules à moteur. La baisse du prix de l'essence (jusqu'en 1973) a permis d'obtenir des petits moteurs conçus à partir de modèles utilisés pour les véhicules à moteur qui sont à la fois bon marché et faciles à faire fonctionner. Dans certains pays, l'offre de carburant est assez souvent limitée. Presque partout, les pénuries les plus importantes prédominent dans les zones rurales, là où les paysans ont besoin d'énergie pour le pompage de l'eau destinée à l'irrigation.

Les moteurs à essence sont plus légers, plus compacts et habituellement moins chers que les moteurs diesel. Bien que la fabrication des moteurs diesel soit plus coûteuse, cela est compensé par leur rendement, leur fiabilité et leur durée de vie plus élevés. En outre, le diesel contient 18% plus d'énergie par litre que l'essence.

Par conséquent, on devrait généralement donner la préférence au diesel en tant que force motrice, en termes de rendement et de fiabilité, pour de longues périodes de temps quotidiennes. Les motopompes actionnées par du carburant à base de pétrole ont été suffisamment utilisées au Tchad pour qu'on puisse identifier certaines contraintes majeures. Les coûts récurrents (carburant et entretien), sans tenir compte de l'amortissement des coûts d'investissement, sont considérés comme les éléments-clés qui

déterminent si le fonctionnement continu est satisfaisant. Le carburant (bien qu'obtenu à des prix élevés) est généralement disponible. Les dimensions du périmètre, la gestion du système, la commercialisation, les cas graves de mauvaise adaptation du niveau technologique à l'application, tous ces facteurs ont contribué dans le passé à donner une image négative. Les projets qui ont donné satisfaction:

- Koriomé (Tombouctou), un périmètre de 550 km irrigué par 3 vis d'Archimède actionnées par des moteurs diesel de 110 CV
- 100 pompes flottantes sur le fleuve Sénégal (25 à 40 CV)
- augmentation rapide de l'utilisation des pompes portatives de 3,5 à 5 CV au Niger (vallées de Komadogou, Maradi et Gaya)
- plus de 2000 pompes en fonctionnement;

laissent croire que, dans certaines conditions, les petits paysans font suffisamment de bénéfices pour pouvoir couvrir les coûts récurrents et, dans le cas du Niger, le coût de l'investissement initial.

Au Tchad, les prix du carburant ont une influence notable sur le coût du fonctionnement efficace des motopompes. Le prix de l'essence à N'Djamena est actuellement de: 290 FCFA/litre (Essence) et 270 FCFA/litre (diesel).

Dans les régions plus reculées, notamment dans les polders autour du Lac Tchad, et dans les ouadis au nord du 13ème parallèle, les prix observés sont de 50 à 75% plus élevés que ceux de N'Djamena.

L'entretien constitue également un problème majeur parmi ceux qui doivent être abordés; certes, toutes les technologies posent des problèmes d'entretien; cependant, les technologies plus complexes, à l'instar les moteurs à combustion interne, en posent davantage. La disponibilité de pièces de rechange et les compétences du personnel local en matière d'entretien restreignent également l'utilisation efficace de la technologie des motopompes au Tchad. Ce problème est débattu plus en détail dans la Section II, "Fournisseur, Entretien et Capacités".

#### 1.3.5. Energie éolienne

Le régime des vents dans le nord du Tchad est considéré comme étant approprié pour justifier, du point de vue économique, l'utilisation d'éoliennes; cependant, les problèmes techniques et d'entretien doivent également être pris en considération. La rareté des données disponibles pour Miskine, à 18 km au nord de N'Djamena (projet d'Africare) n'est pas beaucoup en faveur de l'installation d'une éolienne dans cette région. Une pompe Dempster 14FT a dernièrement été installée à Miskine sur un périmètre irrigué, mais elle fournit de l'eau principalement pour ravitailler le village et non pas à des fins d'irrigation. Nous n'avons pas de données quant au volume pompé par jour.

Le type principal d'éolienne fabriqué industriellement, utilisé pour l'irrigation, est l'éolienne américaine destinée aux exploitations agricoles (Fig. 1.49). Cette éolienne comporte d'ordinaire un rotor multiple ayant des lames courbées en acier, disposées comme sur un ventilateur, qui commande par tringles une transmission alternative, en général par le biais d'un démultiplicateur (Fig. 1.50) qui est directement relié à une pompe à piston située dans un forage ou un puits se trouvant juste en dessous.

Les fabricants avancent qu'une éolienne typique fonctionne 20 ans ou plus sans que les composantes majeures aient besoin d'être remplacées et ne demande d'être entretenue qu'une fois par an; cela constitue une contrainte technique très exigeante vu qu'habituellement, une éolienne doit atteindre en moyenne 75 000 heures de fonctionnement avant qu'un élément d'importance ne s'use, ce chiffre représente quatre à dix fois la durée de vie fonctionnelle des moteurs diesel ou plus de 20 fois la durée de vie d'une petite motopompe. Les éoliennes qui atteignent cette norme sont construites industriellement avec des composantes en acier et commandent des pompes à piston par le biais de bielle de pompe alternative. Elles coûtent très cher comparées à l'énergie qu'elles produisent à cause de la nature de leur construction et du faible rapport puissance/poids qui contribue à la fiabilité à long terme. Plusieurs modèles récents, notamment la "kijito" fabriquée au Kenya, font usage d'une technologie aéro-spatiale visant à optimiser les performances et à réduire le poids, laquelle permet par là-même d'accroître le rapport puissance/poids sans pour autant sacrifier à la fiabilité.

Les travaux d'irrigation sont saisonniers et mettent en jeu le pompage d'importants volumes d'eau sur une faible hauteur d'élévation. La valeur de l'eau est basse, par conséquent, son coût prime sur les autres considérations. Vu que l'irrigation dans les pays en voie de développement fait appel au paysan et/ou à d'autres travailleurs se trouvant sur place, il n'est pas aussi important d'avoir une machine capable de fonctionner sans surveillance que d'avoir une machine coûtant peu. Les moulins à vent utilisés pour l'irrigation sont souvent des modèles indigènes qui sont improvisés ou fabriqués par le paysan pour jouer le rôle d'une mécanisation coûtant peu. Si on utilise des éoliennes d'exploitation agricole standards (Fig. 1.49), le pompage à faible hauteur d'élévation rencontre assez souvent des problèmes quant à la fourniture d'une pompe à piston avec un volume de balayage approprié pour absorber la puissance provenant du moulin à vent.

Bon nombre d'éoliennes indigènes ont recours à des pompes rotatives ou des pompes à diaphragme.

Les éoliennes fabriquées industriellement coûtent entre 200 et 400 dollars par mètre carré d'espace balayé par le rotor. Les vitesses moyennes du vent doivent atteindre 3 à 3,5 m/s avant de devenir économiquement compétitives avec d'autres technologies. Dans les régions où la vitesse moyenne du vent dépasse 5 m/s, les éoliennes fournissent donc généralement de l'eau pour l'irrigation à un coût plus faible que toute autre technologie. Le problème d'entretien ne doit pas cependant être négligé, car c'est un appareil mécanique relativement complexe. En outre, au Tchad, les orages violents, la

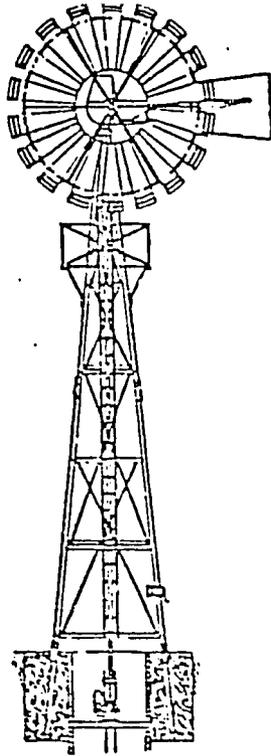


Figure 1.49 Eolienne Multipale CLIMAX

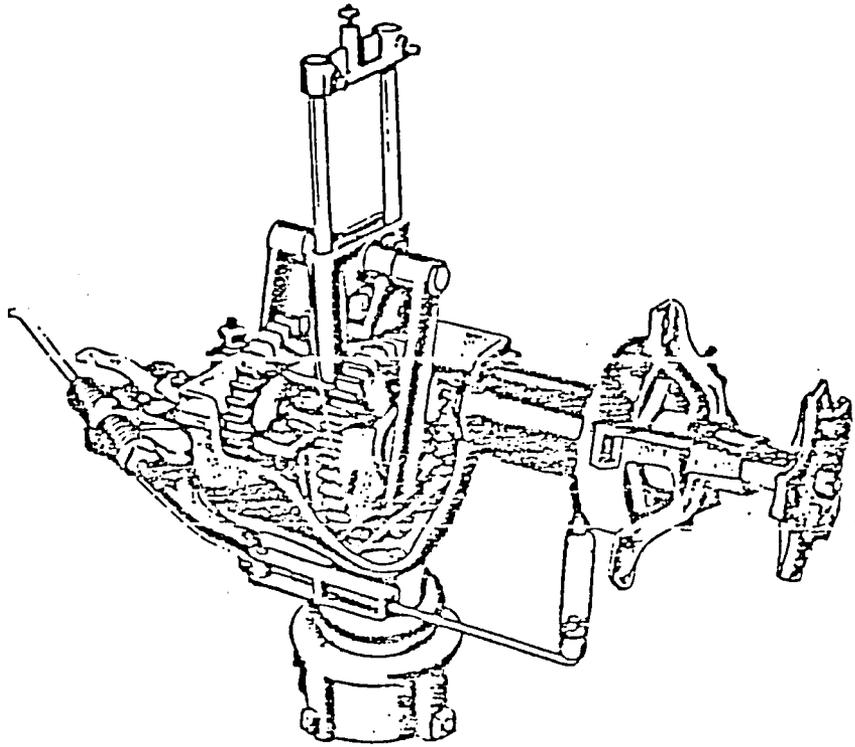


Figure 1.50    Démultiplicateur

poussière et le sable présentent des problèmes. Les données sur les ressources éoliennes au Tchad sont limitées. On ne peut pas se procurer de données auprès du Bureau Météorologique National.

### 1.3.6. Energie hydraulique

L'énergie hydraulique au Tchad n'est utile que dans le contexte des roues hydrauliques, des norias, des pompes flottantes et des turbines hydrauliques. Leur utilisation serait limitée principalement au Logone où des vitesses plus élevées du courant sont prédominantes et, à des endroits isolés sur le Chari au nord et au sud de N'Djamena. Les deux seuls prototypes de turbine hydraulique fonctionnant au Tchad produisent environ 15 m<sup>3</sup>/jour, puisés sur une hauteur de 6 mètres. Ces unités sont petites, fabriquées localement, et ne sont pas destinées à la production. On peut s'attendre à des améliorations sérieuses en matière de performance et de rendement.

Une étude menée par une organisation allemande a, selon toute apparence, examiné les ressources hydrauliques au Tchad et peut donner des informations qui permettraient d'évaluer les possibilités en matière de turbines actionnées par les rivières. On ne disposait pas de ce document pour l'examiner.

Les turbines hydrauliques s'adaptent plus rapidement que les roues aux conditions du Logone. Toute installation doit être capable de supporter les variations saisonnières importantes de la hauteur de la rivière (les turbines flottent) et doit également fonctionner sur un courant relativement faible (1m/s). Les pompes à rouleau fonctionnent de manière plus efficace lorsque les vitesses de la rivière sont plus élevées.

Les roues et les norias, bien qu'étant idéalement adaptées aux applications à faible hauteur d'élévation et à un volume élevé, s'installent avec difficulté et sont peu pratiques dans les situations où la fluctuation saisonnière du niveau de l'eau varie entre 3,5 et 6 m.

La fig. 1.51 représente une turbine hydraulique du type "hydrofoil" qui a été conçue et essayée sur le Nil. La fig 1.52 représente une pompe à propulseur de faible coût. Ce modèle, élaboré sur le Nil, est maintenant fabriqué en petit nombre au Mali par une ONG allemande, Borda, en collaboration avec le Ministère de l'Agriculture du Mali. Elle est capable de pomper 50 à 70 m<sup>3</sup>/jour sur une hauteur de 6 mètres.

Les pompes à rouleau actionnées par le courant (Fig 1.53) commandées par pales, ne sont pas bien adaptées aux rivières où l'on ne peut maintenir une vitesse régulière de 1,5 m/s. Ce modèle a réellement un avantage majeur sur les autres modèles, à savoir le débit de la pompe est faible.

### 1.3.7. Energie électrique

Le réseau (électrique) national au Tchad n'atteint pas les zones rurales et n'est par conséquent pas disponible dans les zones où l'on peut trouver les meilleures ressources hydrauliques.

Coût de l'énergie électrique de réseau:

90 FCFA/KWH pour les premiers 1080 kWh consommés/mois  
168 FCFA/KWH pour une seconde quantité non déterminée, et  
158 FCFA pour toute consommation ultérieure

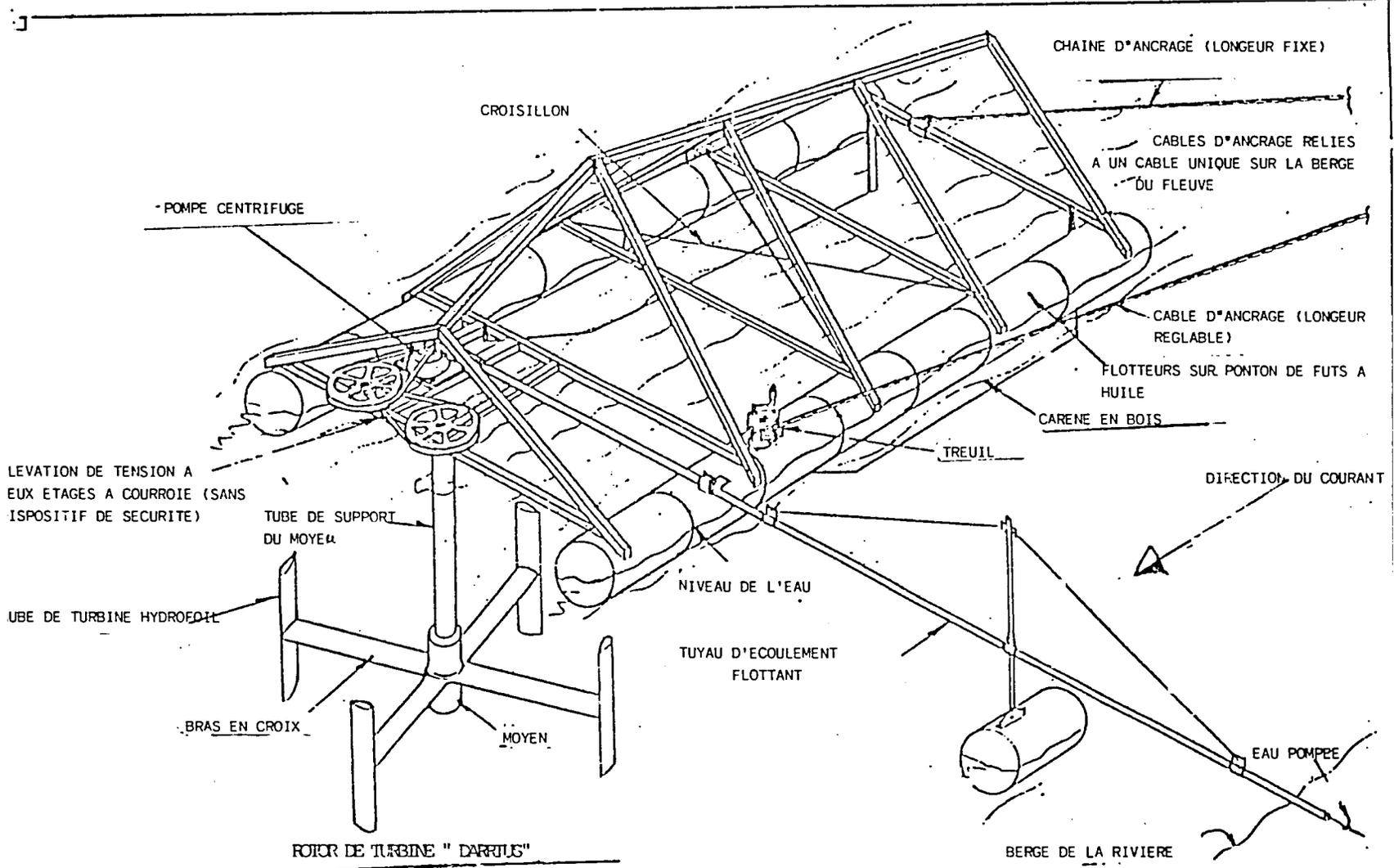


Figure 1.51 Croquis de la Turbine Hydraulique, Prototype ITDG

Power  
MODIQUE)

Figure 1.52 VUE ILLUSTRÉE DE LA  
TURBINE HYDRAULIQUE MARK 2 (PRIX

PONTON CONSTRUIT A PARTIR DE  
FUTS A HUILE & BOIS DE CONSTRUCTION  
DE 8'x2'

TRANSMISSION A FRICTION A LA POMPE UTILISANT  
UNE ROUE DE BICYCLETTE. ENTRAINEMENT A PARTIR DU  
ROTOR PAR ROUE ET CHAÎNE DE BICYCLETTE.

CANAUSATION D'EAU

TUYAU D'ÉCOULEMENT

PALONNIERS EN BOIS SUR LE  
CADRE PRINCIPAL

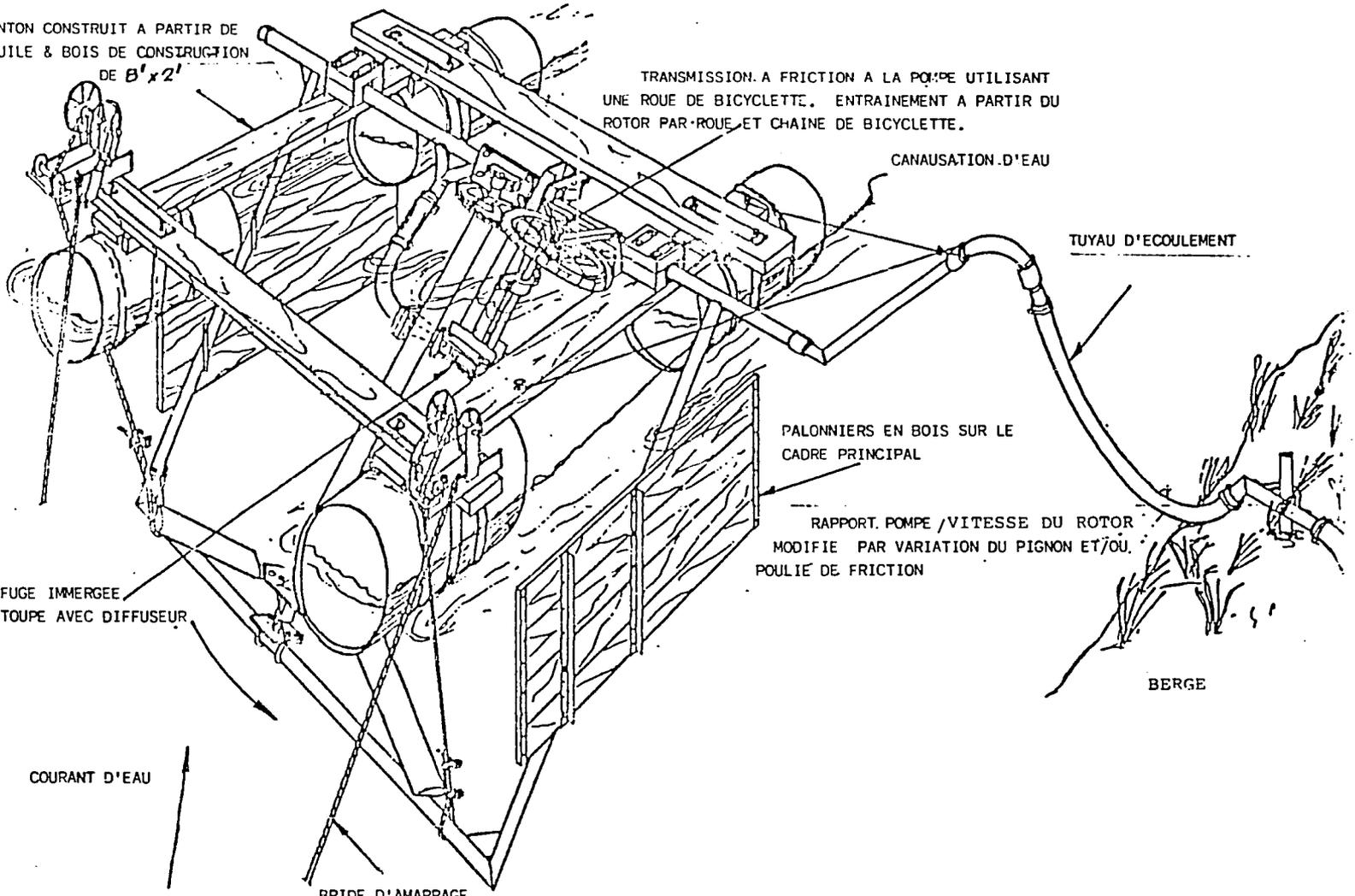
RAPPORT. POMPE / VITESSE DU ROTOR  
MODIFIÉ PAR VARIATION DU PIGNON ET/OU  
POULIE DE FRICTION

POMPE CENTRIFUGE IMMERGÉE  
SANS PRESSE-ÉTOUPE AVEC DIFFUSEUR

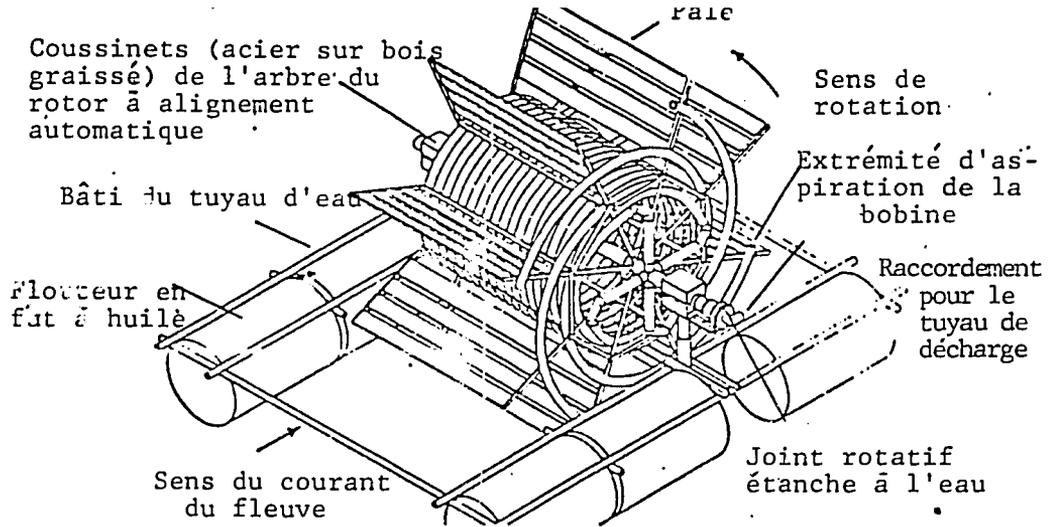
COURANT D'EAU

BRIDE D'AMARRAGE

BERGE



WCT-02-012



Les groupes électrogènes sont la seule solution alternative valable pour la production d'électricité. Tous les problèmes propres aux pompes diesel s'appliquent aux groupes, cependant il y a plusieurs avantages manifestes.

1. Les pompes électriques fonctionnant à l'électricité ont une très grande efficacité et sont fiables, plus particulièrement celles qui sont immergées.
2. Un gros groupe électrogène est plus efficace que plusieurs petits qui cumulent la même puissance nominale.
3. Une série de pompes électriques peut être couplée à un groupe unique.

Aussi, si des pompes sont installées les unes près des autres pour former une série, technique assez couramment utilisée pour l'agriculture dans les ouadis, et si chaque source hydraulique, puits ou puits instantané a une capacité limitée, alors une série de petites pompes électriques, actionnées pour une groupe électrogène central, offre une combinaison technologique préférable à bon nombre d'autres. Un projet italien à Bol, a dernièrement creusé 5 puits instantanés sur le bord d'un polder asséché, lequel sera équipé de cette manière. C'est probablement le premier exemple de cette approche au Tchad. La contrainte principale concerne bien évidemment la fourniture de carburant et l'entretien du groupe électrogène. (c.f. Section II. - "Observations").

Il semblerait que le moteur électrique soit la force motrice idéale pour une pompe hydraulique. Les moteurs électriques ont une durée de vie relativement longue et ne demandent que peu, voire pas du tout, de maintenance.

Le type de moteur le moins cher et le plus simple est le moteur d'induction à cage d'écureuil qui est utilisé presque universellement pour les applications de courant électrique de secteur. Il n'y a pas de contacts électriques avec la "cage d'écureuil" tournante, aussi pas de balais ni de bagues qui risquent de s'user ou qui demandent à être ajustés. On peut trouver les moteurs de ce genre dans leur version triphasée comme dans leur version monophasée. Ils fonctionnent à une vitesse fixée d'après le type de bobinage. Il est courant de coupler directement un moteur à une pompe centrifuge (Fig. 1.54). Les moteurs à vitesse non standard peuvent être utilisés lorsque cela n'est pas adapté à la pompe, ou on peut utiliser comme solution de rechange un dispositif par courroie de réduction de vitesse, comme à la Fig. 1.55 où une pompe à piston est représentée couplée à un moteur électrique.

De manière caractéristique le rendement des moteurs d'induction est d'environ 75% pour 300W (0,5CV) et 85% pour 10KW.

#### 1.3.8. Biomasse et charbon

Ne sont pas pris en considération un tant que ressources parce que les systèmes d'exhaure modernes commercialisés ne s'adaptent à ces ressources que par le biais de générateurs de force motrice complexes (gazogènes, vapeur, moteurs, etc.).

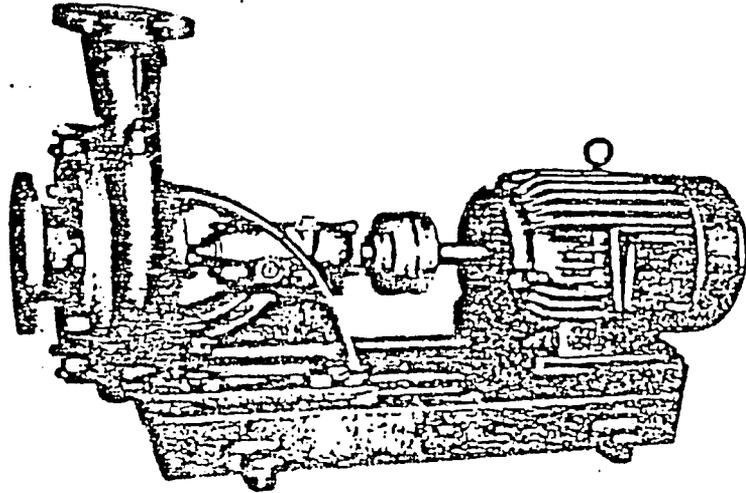


Figure 1.54 Motopompe à couplage direct (FAO)

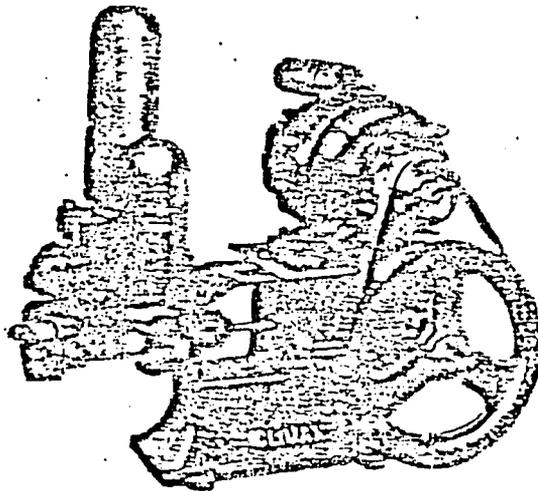


Figure 1.55 Réduction de vitesse (CL1MAX)

#### 1.4. LES SYSTEMES COMMERCIALISES

Dans les paragraphes précédents, les types de pompes et de générateurs de force motrice sont exposés sans précision en ce qui concerne quels éléments ont été combinés ou adaptés et commercialisés. Les premiers paragraphes ne présentent pas non plus les prototypes qui n'ont pas été développés technologiquement à un stade avancé et parfaitement essayés. L'objectif ici est de présenter la gamme des produits commercialisés et leurs lieux de vente éventuels et de fournir des exemples des différents types de technologie commercialisés. Il n'a été fait aucune tentative en vue d'identifier systématiquement toutes les sources commerciales d'un type particulier d'appareil.

Certaines technologies, surtout les mécanismes les plus traditionnels ne figurent pas ici puisqu'ils sont souvent fabriqués sur place, ou construits in situ, et donc ne sont pas classés comme disponibles sur le marché, bien qu'ils peuvent exister en centaines ou en milliers d'exemplaires.

##### 1.4.1. Les pompes solaires

La figure 1.56 présente le débit quotidien prévu en  $m^3$ /jour comme étant fonction de la hauteur manométrique totale exprimée en mètres pour les appareils typiques disponibles sur le marché.

Chaque courbe de performance indique la puissance nominale du réseau de panneaux photovoltaïques en watts adaptée à une pompe pour que cette dernière atteigne cette performance ainsi que le type de pompe (à savoir, pompes flottantes, immergées, etc.)

Le tableau I.3 donne la liste des fournisseurs connus en Mars 1986, et identifiés par I.T. Power dans une étude de performance, des coûts et économique à l'intention de la Banque Mondiale. L'annexe 1 donne quelques adresses de firmes et un sommaire de leurs activités.

Deux exemples de technologie typique commercialisée applicable à l'irrigation à faible hauteur de levage au Tchad sont donnés à titre de référence à l'annexe 1.

Il s'agit de:

- une pompe flottante pour les stations de pompage d'eau de surface et les puits peu profonds.
- une pompe immergée à faible hauteur pour les puits instantanés peu profonds.



FOURNISSEUR	PAYS	Principale Configuration/Types de Pompes							
		Turbine CA MSC Immergée	Turbine CC MSC Immergée	Turbine Immergée Moteur de Surface CC	Pompe PD à Mouvement Alternatif Moteur de Surface CC	Pompe Mouvement Rotatoire Moteur de Surface CC	Pompe Flottante CC	Aspiration de Surface CC	Systèmes à grande échelle > 5Kwp
AEG Telefunken	Allemagne	X					X	X	X
Alsette AL 7	Italie	X						X	X
Ansaldo	Italie	X							X
Becker Pump Co.	USA					X			
B.P. Solar	Royaume-Uni	X					X		X
CEL	Inde							X	
Chronar-Trisolar	USA		X	X	X		X	X	X
Dempster	USA				X				
Dinh Co.	USA				X				
Duba	Belgique				X				
Ebara	Japon	X	X					X	
Franklin Electric	USA	X							
GPL Industries	USA				X				
Grundfos	Danemark	X							
Heliodinamica	Brésil		X					X	
Intersol Power Corp	USA								X
Jacuzzi	USA								
KSB	Allemagne	X	X				X		
Kyocera	Japon	X	X						X

Tableau 1.3 Fournisseurs des Pompes Solaires

FOURNISSEUR	PAYS	Principale Configuration/Types de Pompe:							
		Turbine CA MSC Immergée	Turbine CC MSC Immergée	Turbine Immergée Moteur de Surface CC	Pompe PD à Mouvement Alternatif Moteur de Surface CC	Pompe Mouvement Rotatoire Moteur de Surface CC	Pompe Flottante CC	Aspiration de Surface CC	Systèmes à grande échelle > 5kwp
Wm Lamb	USA				X				
Lowara	Italie	X	X	X					X
A.Y. McDonald	USA		X					X	X
Mono Pumps	Australie					X		X	
Pleuger	Allemagne	X							
SEI	Malte/Roy-Uni							X	
SES	USA	X	X				X		X
SET	Allemagne	X	X				X		X
S. International	France		X						
Solarex	USA/Australie	X	X			X		X	X
Solapak	Roy-Uni.						X		
Solavolt	USA		X		X				X
Southern Cross	Australie					X		X	
Sovonics	USA	X	X				X		X
Sun Amp Systems	USA					X			
Walter Jones	Roy-Uni.							X	
Warns Pumps	USA		X						
ZTN	Hollande			X			X		X

Tableau 1.3 Fournisseurs des Pompes Solaires (suite)

#### 1.4.2. Les éoliennes

Les tableaux 1.4 et 1.5 reportent les éoliennes commercialisées en 1983. Cette liste a été dressée par la société I.T. Power, pour faire partie d'une évaluation technico-économique entreprise par le PNUD et la Banque Mondiale.

Cette liste comprend tous les modèles fabriqués dans le monde. Quelques-uns sont adaptés à l'irrigation à faible hauteur de levage de l'eau entre 1 et 3 mètres (cf. colonne "Hauteur Mano") et sont appropriés aux ouadis et aux polders du lac Tchad. Des pompes de plus forte hauteur convenant aux vallées du Chari et du Logone sont moins intéressantes sur le plan économique en raison du régime éolien marginal dans les contrées tchadiennes à basses latitudes (Miskine par exemple).

Les spécifications des éoliennes à action directe et à démultiplicateur sont disponibles. Ces éoliennes, dont une fabriquée aux Etats-Unis et l'autre au Kenya, sont des modèles artisanaux.

#### 1.4.3. Les motopompes

Au Tchad, la motopompe fournit plus d'eau que toute autre forme de pompe, excepté le chadouf.

Dans les pays limitrophes, le Niger par exemple, qui est probablement révélateur de l'évolution que le Tchad est susceptible de connaître, 180 pompes sont installées sur les périmètres des projets, dont 50% sont diesel, et dans le secteur privé, 1800 à 2000 petites motopompes à essence sont opérationnelles. Irrigant approximativement 1340 ha, le taux de croissance de l'utilisation des petites motopompes dans le secteur privé est estimé à 15% par an. Certaines conditions prévalent au Niger, mais pas au Tchad, surtout le prix des carburants. Ceci pourrait jouer sur les niveaux d'acceptation et de croissance au Tchad.

De nombreux modèles de pompes sont mis sur le marché par bon nombre de fournisseurs. La gamme des produits varie selon les fabricants; les japonais en particulier tendent à mettre l'accent sur les petits moteurs portatifs de faible puissance (3-5CV) souvent fabriqués ou montés sous licence dans les pays en voie de développement (au Nigéria par exemple). Les pompes commercialisées fonctionnent au diesel, à l'essence et au kérosène et couvrent une vaste gamme de hauteurs hydrauliques.

Le problème majeur que l'on rencontre fréquemment au Tchad est que la pompe choisie pour une station particulière ne correspond pas à la hauteur manométrique et aux exigences de la station en matière de débit.

Power

DESIGNATION  
DESCRIPTION

COST  
COST DATA

QUALITES  
CLAIMED ATTRIBUTES

RESULTS CALCULES  
COMPILED RESULTS

MANUFACTURER	TYPE	NATIONALITY	ROTOR DIA. (m)	B/C COST			MASS (kg)	OUTPUT (kg/hr)	R HEAD ARR (m)	WIND SPEED (m/hr)	RAT. HEAD (m)	I assuming standard wind speed of:-			1100hr averaged over 20hr			S.C.C. WITH EFFIC. 200 (kg/20day)	NOTES	
				(LOCAL)	TOWER ETC (LOCAL)	TOTAL COST (R EQUIV)						IMPLIED (F/FIC.10)	SPECIFIC COST (10/2)	SPECIFIC SP. OUTPUT (kg/2day)	PERFORMANCE (kg/2day)	OUTPUT (kg)	SPEC. OUTPUT (kg/20day)			S.C.C. (kg/20day)
Aerostar	811	USA	1.83	830	1300	2130.00	243	1.2	14	20	40	4	810.14	5.81	3.40	495	4	188	4.31	1.32
Aerostar	811	USA	2.11	1750	1300	2550.00	435	1.8	21	20	54	8	515.70	5.86	5.10	1113	13	238	2.29	0.90
Aerostar	1011	USA	3.03	2700	1385	3520.00	650	1.8	30	20	85	7	411.07	5.52	5.10	1590	18	218	2.25	0.81
Aerostar	1211	USA	3.66	3490	1792	5182.00	918	1.8	47	20	130	8	371.17	5.78	5.10	2191	29	237	2.20	0.81
Aerostar	1411	USA	4.27	5970	2181	8154.00	1302	1.8	67	20	193	8	347.84	6.24	5.10	3551	41	240	2.30	0.93
Aerostar / Ialt		India	4.00	8710	2805	11015.00	1863	1.8	110	20	305	10	389.39	5.91	5.10	3830	67	312	1.89	0.97
Agra-Aids	W2	India	4.00	14000	US \$ 300	1483.99	2000	2.1	21	22.5	50	5	74.11	0.71	13.00	2868	33	153	0.52	0.12
Bharat MEL	12 blade	India	3	8512000		1234.34	NA	1.5	20	14	50	12	62.97	NA	34.02	7646	82	366	0.17	0.19
DHEL	Kajita 1211	China	3.66	5541574		3814.34	550	1.7	20	17	60	30	348.57	7.01	11.11	1487	112	922	0.16	0.60
DHEL	Kajita 1511	China	4.00	5541241		5707.44	750	1.7	20	17	90	32	305.39	7.41	24.87	1837	212	981	0.31	0.50
DHEL	Kajita 2011	China	4.10	55415379		8916.74	900	1.79	20	12	134	35	305.34	9.11	45.37	3154	341	1067	0.29	0.50
DHEL	Kajita 2411	China	4.32	55411914		11110.12	1250	1.72	20	12	191	35	244.21	11.11	45.20	4545	521	1871	0.25	0.43
Dossan	drainage	Netherlands	2.4	122345		8072.29	1070	1.2	1.7	10	1.7	11	1270.40	1.95	135.54	2261	26	424	3.57	2.49
Douyon	Bancher	USA	2.34	11895		1805.00	NA	1.045	24	14.11	91	17	411.45	NA	4.37	2242	26	511	0.80	0.48
Douyon	Novocaster	USA	2.34	11183		1485.00	NA	1.475	24	19	41	8	338.67	30.59	6.54	1692	13	219	1.34	0.54
Ecogen	Pioneer	USA	2.34	11172		1172.00	NA	1.85	24	17	43	5	247.29	NA	2.74	425	8	119	1.79	0.40
CS Varcos	811 drct.	Australia	1.83	1630	1611	1202.44	NA	1.215	9	14.50	9	5	457.54	NA	4.53	404	5	153	2.94	0.72
CS Varcos	811 geared	Australia	1.83	1640	1611	1259.00	NA	1.3	22	14.50	22	29	478.67	NA	10.43	2291	27	872	0.25	0.79
CS Varcos	711 geared	Australia	2.13	1770	1611	1354.32	NA	1.5	40	14.50	40	30	380.64	NA	10.43	1171	18	1170	0.33	0.42
CS	No. 8	USA	2.14	8928	8925	1465.59	529	1.545	30	11.7	51	13	311.22	5.91	4.34	1870	27	406	0.84	0.54
Cincoas	No. 10	USA	3.05	11879	8925	1712.34	618	1.099	58	11.7	100	10	324.54	2.77	4.10	2334	27	320	0.73	0.34
Cincoas	No. 12	USA	3.66	18485	8936	2711.22	823	1.218	61	11.7	104	14	260.51	2.44	8.79	2513	41	501	0.41	0.24
Cincoas	No. 14	USA	4.27	18181	81048	2522.10	931	1.227	74	11.7	122	14	174.20	2.49	9.34	4642	81	687	0.36	0.24
Cincoas	No. 18	USA	5.49	44791	81347	5079.82	1451	1.402	91	30	148	4	252.70	4.12	4.64	6154	18	176	1.44	0.41
Deopster	6'	USA	1.83	1829	11125	1981.00	387	1.7826	19	24	37	9	754.91	5.13	3.73	197	8	243	2.87	1.24
Deopster	8'	USA	2.11	11249	11078	257.00	435	1.1552	27	24	52	18	581.93	5.10	5.51	1464	17	313	1.80	0.82
Deopster	10'	USA	3.05	12125	11211	3249.00	674	1.14	34	24	78	9	461.12	5.28	5.43	1934	22	263	1.71	0.78
Deopster	12'	USA	3.66	13450	11493	5241.00	922	1.2214	41	30.70	118	5	589.85	5.80	2.74	1451	19	157	3.23	0.88
Deopster	14'	USA	4.27	15371	11332	7456.00	1169	1.5018	67	31	177	5	517.17	4.48	3.23	2190	25	153	3.28	0.82
EREA	Calavento	Brazil	3.17	1000000		3291.91	NA	3.5	18	18	48	13	529.48	NA	39.54	3879	65	410	1.34	0.92
Florida		Finland				1600.00	20	1.2	15	18	16	22	1989.43	50.00	2.24	327	4	641	3.01	3.28
Heyes	1.8 Hunder	New Zealand	1.8	1499	1143	479.10	154	1.425	20	22.5	25	4	188.20	3.07	2.44	402	4	190	0.99	0.41
Heyes	2.3 Hunder	New Zealand	2.5	1451	1276	4355.97	315	1.425	35	22.5	35	4	274.24	2.43	2.75	913	11	192	1.14	0.42
Heyes	2.8 Hunder	New Zealand	2.8	11731	1280	1500.75	345	1.525	50	22.5	75	9	282.46	2.75	3.04	1489	17	281	1.01	0.44
Heller-Aller	Baker 811	USA	2.44			877.20	254	1.21	15	24	44	9	187.75	2.17	0.15	1219	14	241	0.72	0.24
Heller-Aller	Baker 1011	USA	3.05			1187.80	379	2.46	15	24	74	8	203.89	3.72	12.40	1845	22	254	0.80	-0.33 (1981 price)
Heller-Aller	Zohar 1211	USA	3.66			2313.50	788	2.28	30	24	91	10	222.93	2.37	10.87	3198	37	304	0.73	0.24
Local Hq	Asia 1	India	3.66	1500		159.00	NA	2	8	25	8	2	15.11	NA	8.43	442	8	63	0.24	0.67
Local Hq	Paphos	India	3.25	2250		159.00	NA	1.5	8	20	64	4	27.66	NA	12.25	949	11	110	0.25	0.84
Local Hq	ten villages	Thailand	7	28950		1209.00	NA	10	9	22	1	4	31.18	NA	554.87	4917	57	128	0.24	0.65 (from ESCAP)
Local Hq	Saburus	Maliffrance	5			500.00	NA	NA	NA	NA	NA	NA	25.46	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Local Hq	MEL Hrazar	Peru	5			NA	NA	21.4	3.5	24	NA	4	NA	NA	102.94	3255	41	180	NA	NA
Local Hq	Quarling	Ethiopia	4.00			1000.00	125	4.5	2.4	20	15	2	53.51	0.90	37.04	998	12	55	1.00	0.09 (est. 1982 prices inc. labour)
Local Hq	VITA	USA	4			NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Lublog	M13-4	Germany	1.5	24885	82770	419.17	37	1.9	7	21.4	7	7	245.47	11.11	5.23	327	4	203	1.31	0.41
Lublog	M13-6-4	Germany	1.5	841780	84370	637.40	74	1.87	4	14.4	15	21	340.49	0.41	19.20	1130	13	639	0.54	0.51
Lubin	2411	Pakistan	2.32	852400		4551.90	1000	1.77	70	12	191	35	108.20	4.54	45.50	45433	521	1070	0.10	0.18
Moscow	411	UK	1.83	2400		3500.00	519	1.9	13	14	27	27	1331.75	4.38	14.40	2130	25	811	1.44	2.18
Moscow	811	UK	2.11	2800		4700.00	754	0.83	23	14	30	21	870.93	5.24	13.39	3021	35	447	1.39	1.47
Moscow	1011	UK	3.05	3600		4550.00	964	1.29	38	18	45	27	623.74	5.07	20.77	6114	71	637	0.71	1.97
Moscow	1211	UK	3.66	3250		4987.50	1114	2.19	30	14	76	33	474.14	4.35	33.10	10321	122	1001	0.47	0.78
Moscow	1411	UK	4.27	3400		5250.00	1370	1.97	38	14	107	27	344.91	3.83	31.63	11825	137	824	0.44	0.64
MP/100L	12PUS04	India/IL	3.00	8110000/-		1040.15	100	2.2	4	14	20	11	51.01	2.43	115.81	6817	79	317	0.14	0.89
Palencia	P4	Netherlands	4.00	14000		7407.41	NA	1.38	60	14.4	80	31	589.44	NA	30.34	11905	138	947	0.47	0.92

Tableau 4 (Folio 1 / 2)



Des inadéquations de ce genre accroissent souvent l'usure et réduisent la longévité de la pompe, particulièrement lorsque la traction excède les spécifications, mais surtout elles diminuent le rendement et réduisent drastiquement le débit ( $m^3/h$ ) sans pour autant réduire la consommation de carburant. La figure 1.57 présente une gamme typique de pompes provenant d'un important fabricant européen (Lombardini). Les pompes Lombardini sont commercialisées à N'Djamena. La figure 1.58 montre les types de modèles, leurs puissances et les débits des pompes adaptées à l'irrigation à faible hauteur de levage. La figure 1.59 illustre un appareil japonais portatif communément utilisé dans le secteur privé au Sahel.

#### 1.4.4. Pompes à bras et à traction animale

Plusieurs modèles de pompes à bras ont été lancées sur le marché. Le projet du PNUD et de la Banque Mondiale, en vue de l'expérimentation et du développement technologique des pompes à bras procède à l'essai sur le terrain de 76 types de pompes dans 17 pays différents. Seulement un faible pourcentage de ces pompes s'adapte ou convient à l'irrigation à faible hauteur de levage d'eau.

C'est surtout en Chine, un des principaux fabricants mondiaux de pompes à faible hauteur de levage que d'importantes améliorations ont été introduites dans les mécanismes de levage manuels puisque les pompes chinoises des années 50 comprennent des types à bras et à pédale, tirées par deux personnes et par des animaux. Elles fonctionnent selon les principes des pompes à piston, à diaphragme ou centrifuge. Leurs débits varient de 1 à 25  $m^3/h$  à des hauteurs de 2 à 30m et une aspiration de 1 à 8m. La nappe phréatique en Chine, comme au Tchad, est à moins de 10 mètres, généralement entre 3 et 5 mètres.

Exemples de produits commercialisés:

les pompes à un piston de gros diamètre sont utilisées pour irriguer de petits parcelles. Elle sont à bras et fournissent 2,5 à 3  $m^3/h$ . Au cours des 5 dernières années, 8000 pompes ont été fabriquées par JING COUNTY DONGFENG FARM MACHINERY PLANT à Hebei. Cette usine fabrique également des pompes à 2 pistons actionnées par deux personnes et une pompe à 4 pistons (Fig. 1.60) actionnée par un petit animal de trait, produisant 4,5  $m^3/h$ .

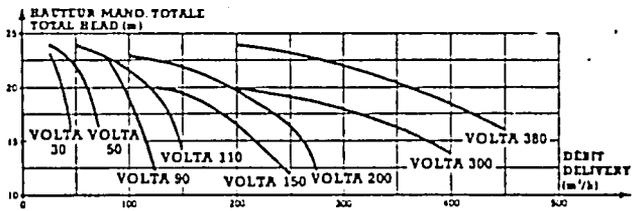
La pompe à pédale à 2 pistons de marque FUJIANG est fabriquées par Farm Machinery Plant No. 1 de Suining County, Sichan, Fig. 1.61 A et B (les pompes à diaphragme sont également fabriquées en grand nombre).

SHANDONG WATER & ELECTRICTY EQUIPMENT PLANT (QuFu County) fabrique une pompe à bras à diaphragme (Fig. 1.62) de faible débit allant de 5-8  $m^3/h$  à 2-5 mètres d'aspiration. Cette pompe est idéale pour les puits peu profonds et l'irrigation à partir des rivières. Plusieurs milliers ont déjà été fabriqués.



**MOTOPOMPES MOYENNE PRESSION 1 500 t/mn  
MEDIUM PRESSURE PUMPING SETS 1 500 RPM**

TYPE GMP SET TYPE	Debit	HMT m	Type	Pump	Nb cyl.	Reserve	Auto-	Type	Ø	Ø	Poids
	m <sup>3</sup> /h	Total	motor	CV		gas-oil	stop	pompe	aspir.	refouil.	kg
	Debit	Head/m	Engine	Power	No. cyl.	Fuel	Auto-	Pump	mm	mm	Weight
	m <sup>3</sup> /h		type	HP		type	stop	type	suction	discharge	kg
VOLTA 30	30	22	3 LD 510/L	5	1	6,8	5 1/2	50-250	65	50	170
VOLTA 50	50	22	4 LD 820/L	8	1	11,5	5 1/2	65-250	80	65	325
VOLTA 90	90	21	9 LD 561-2/L	11	2	52	20	80-250	100	80	500
VOLTA 110	110	20	8 LD 740-2/L	14,5	2	52	15 1/2	100-250	125	100	540
VOLTA 150	150	19	5 LD 825-2/L	17	2	52	12	125-250	150	125	580
VOLTA 200	200	21	5 LD 825-3/L	25	3	52	8 1/2	125-33	150	125	665
VOLTA 300	300	18	5 LD 930-3	32	3	52	7 1/2	150-250	200	150	605
VOLTA 380	350	19	5 LD 825-4/L	34	4	52	6 1/4	150-250	200	150	700



**MOTOPOMPES MOYENNE PRESSION 1 800 t/mn  
MEDIUM PRESSURE PUMPING SETS 1 800 RPM**

TYPE GMP SET TYPE	Debit	HMT m	Type	Pump	Nb cyl.	Reserve	Auto-	Type	Ø	Ø	Poids
	m <sup>3</sup> /h	Total	motor	CV		gas-oil	stop	pompe	aspir.	refouil.	kg
	Debit	Head/m	Engine	Power	No. cyl.	Fuel	Auto-	Pump	mm	mm	Weight
	m <sup>3</sup> /h		type	HP		type	stop	type	suction	discharge	kg
CHARI 35	35	20	3 LD 510/L	6	1	6,8	5	50-200	65	50	160
CHARI 60	60	20	4 LD 640/L	8	1	11,5	6 1/4	65-200	80	65	285
CHARI 115	115	20	9 LD 561-2/L	14	2	52	16	80-250	100	80	500
CHARI 170	170	20	5 LD 825-2/L	20,5	2	52	10	150-200	150	150	570
CHARI 290	290	21	5 LD 930-3	36	3	52	6 1/4	125-250	150	125	640
CHARI 500	500	20	5 LD 930-4	52	4	52	5	150-26	200	150	730

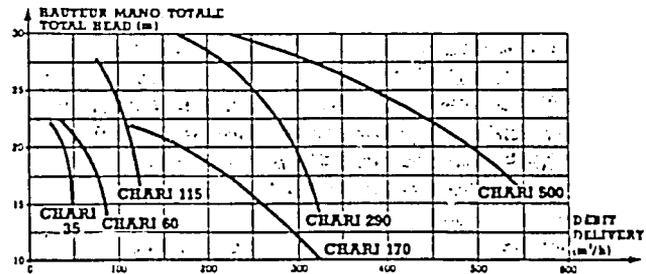
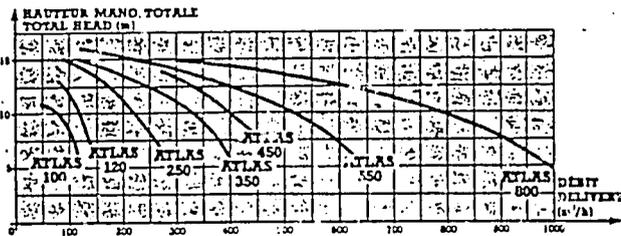


Figure 1.58

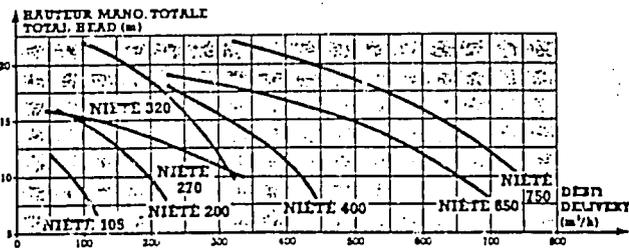
### MOTOPOMPES BASSE PRESSION 1 500 t/min LOW PRESSURE PUMPING SETS 1 500 RPM

TYPE GMP SET TYPE	Débit m <sup>3</sup> /h	HMT Total m/ft	Type motor Engin type	Plac. CV Power HP	Nb cyl. No. of cyl.	Reserve gas-oil Fuel litre	Auto- suction & Ad- norm	Type pompe Pump type	Ø séc. mm Ø séc. in	Ø récol. mm Ø récol. in	Poids kg Weight lb
ATLAS 100	100	8	3 LD 510/L	6	1	6,8	5 1/2	80-200	100	80	190
ATLAS 120	120	10	4 LD 820/L	8	1	11,5	6 1/2	80-200	100	80	320
ATLAS 250	250	8	8 LD 665-2/L	13,5	2	52	16	150-200	150	150	550
ATLAS 350	350	9	5 LD 825-2/L	17	2	52	12	150-28	200	150	600
ATLAS 450	450	8	5 LD 825-3/L	25	3	52	8 1/2	200-200	200	200	680
ATLAS 550	550	9	5 LD 830-3	32	3	52	7 1/4	200-23	200	200	705
ATLAS 800	800	10	5 LD 830-4	43	4	52	5 3/4	250-28	250	250	850



### MOTOPOMPES BASSE PRESSION 1 800 t/min LOW PRESSURE PUMPING SETS 1 800 RPM

TYPE GMP SET TYPE	Débit m <sup>3</sup> /h	HMT Total m/ft	Type motor Engin type	Plac. CV Power HP	Nb cyl. No. of cyl.	Reserve gas-oil Fuel litre	Auto- suction & Ad- norm	Type pompe Pump type	Ø séc. mm Ø séc. in	Ø récol. mm Ø récol. in	Poids kg Weight lb
NIÉTÉ 105	105	8	3 LD 510/L	6	1	6,8	5	80-160	100	80	165
NIÉTÉ 200	200	10	4 LD 820/L	10	1	11,5	4 1/2	100-160	125	100	325
NIÉTÉ 270	270	12	8 LD 665-2/L	17	2	52	12	150-160	150	150	530
NIÉTÉ 320	320	10	5 LD 825-2/L	20,5	2	52	10 1/2	150-200	150	150	670
NIÉTÉ 400	400	11	5 LD 825-3/L	30	3	52	7 1/2	150-28	200	150	680
NIÉTÉ 650	650	10	5 LD 830-3	39	3	52	6 1/4	200-23	200	200	705
NIÉTÉ 750	750	10	5 LD 830-4	52	4	52	5	200-23	200	200	745



b)

Figure 1.58 contd.

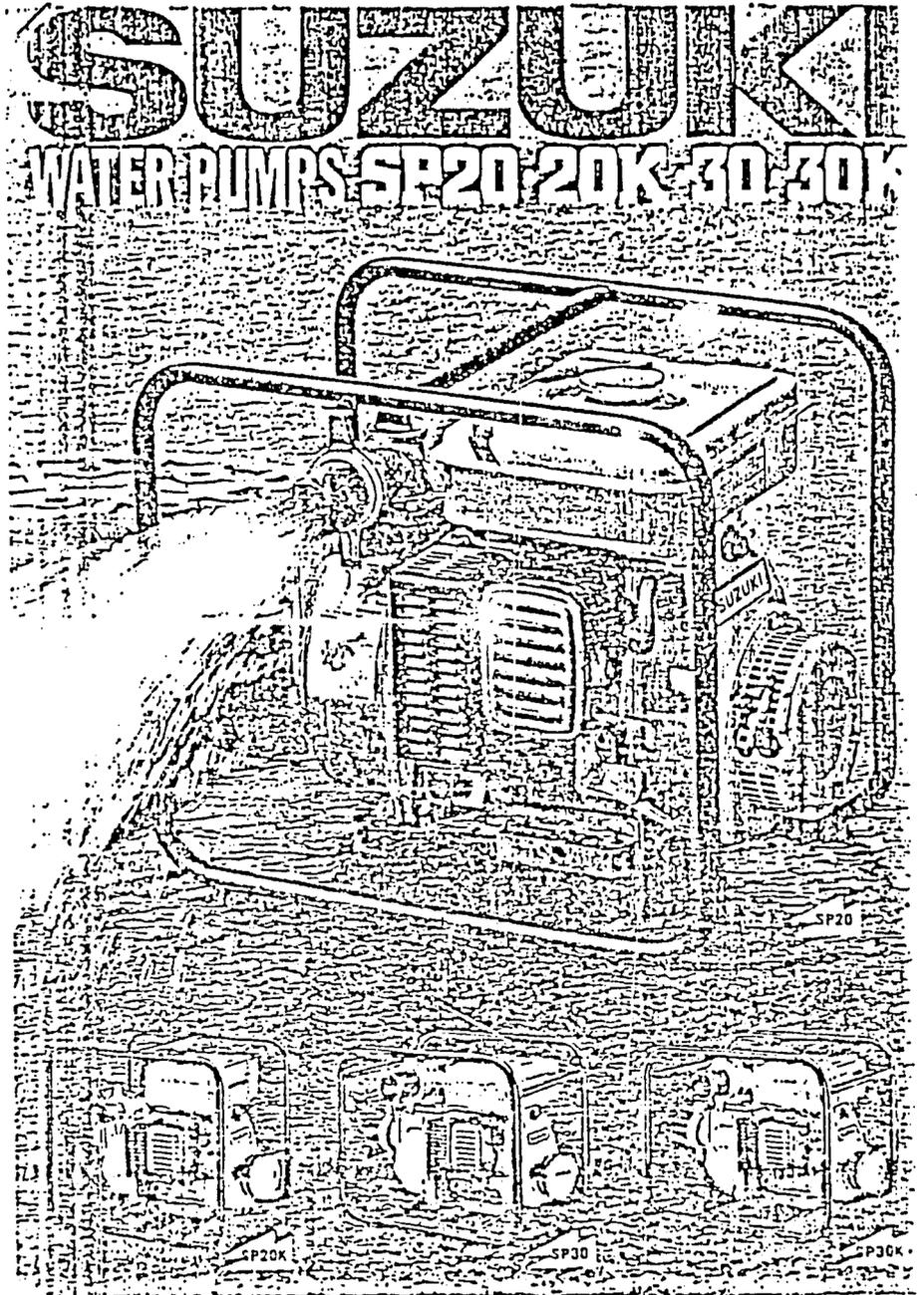


Figure 1.59 Exemple de motopompe japonaise portable à essence

## "SUZUKI" Water Pump. Designed and engineered just like a "masterpiece" as we proudly assembled into that a great number of the Know-how we've built up from the world's leading motorcycle and automobile technologies.

**Toughness. High performance. And economy.** They're basic emphases coming to the attention of you that SUZUKI Water Pump is as functionally reliable to handle any water the world over.

- **Pump.** A high-performance pump has to be lightweight.

The pump body is a highly dependable aluminum die casting with no strain that not only contributes to compact and lightweight to a great extent, but acts on stable performance as well. The impeller, the paramount part of a pump, uses special cast steel with excellent wear resistance and corrosion resistance. So it profits you extended service life and long-lasting performance at the highest level. Precision-machined mechanical seals exactly fitted around the output shaft where the pump is interconnected with the engine will never bother you with water leakage that may cause pumping trouble.

Plus, to promise you smooth operation of the impeller for many years a removable suction flange like a strong heart muscle is mounted with the suction ports for simple check, easy cleaning and maintenance at any time.

- **Frame.** A tough body guard and more.

We've given both portability and storing convenience to SUZUKI Water Pump, which is now guarded with a boatlike frame made of rugged steel pipes. So it can let you carry it readily and allow another water pump to pile up on it. And the pump body won't receive direct damage even if it falls over.

- **Engine.** A high-performance engine. That's what we boast, too.

SUZUKI Water Pump comes complete with an extremely durable, high-performance SUZUKI 4-cylinder side valve engine that can offer steadfast output throughout its entire (from low to high) speed range.

The engine comes with a sound-deadening exhaust muffler that very effectively cuts down on its noise while controlling its gas emission, as taking into account better working environment. Plus, it features a trouble-free transistor (point-free) ignition system that assures highly stable sparks and sure starts over, in anywhere. Also, a click-type engine stop switch goes with it to ensure quick, easy operation and increase its safety.



- 4 models available. Choose the very best for your own.

Model SP20 is fashioned into so lightweight and compact that you will find to your surprise how portable and maneuverable it is when getting your hands on it.

Model SP20K & SP30K offer proven economy because they feature a kerosene-used engine. Using kerosene costs you much less than gasoline, that means more run for your money.

Model SP30 features a more powerful 5hp engine that gives steadfast output, together with improved total head performance over, even in severe conditions.

- **Applications.** Use it any way you want.

Agricultural uses include:

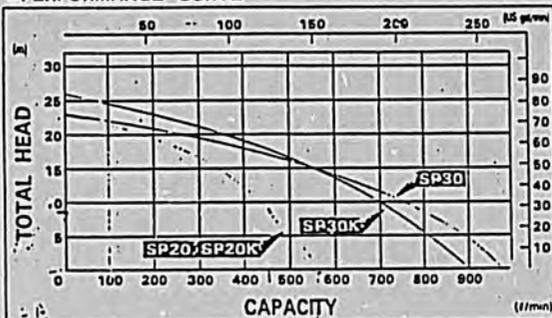
Farm irrigation, facilities garden sprinkling, flooded rice field drainage, liquid fertilizer spraying, etc.

Construction uses include:  
Construction site drainage, manhole drainage, etc.

Others are:

Agricultural pond drainage, water-tank car feeding, natural flood drainage, etc.

### PERFORMANCE CURVE



### SPECIFICATIONS

	SP20	SP30	SP20K	SP30K
<b>ENGINE</b>				
Engine	Four-stroke, side valve	Four-stroke, side valve	Four-stroke, side valve	Four-stroke, side valve
Displacement (cm <sup>3</sup> /in <sup>3</sup> )	148 (9.0)	192 (11.7)	192 (11.7)	192 (11.7)
Max. Output HP/rpm	3.9/4000	5.0/4000	4.3/4000	4.3/4000
Fuel Tank Capacity (US/imp. gal)	2.8 (10.92/0.77)	4.5 (11.18/0.89)	Kerosene 4 (1.04/0.88) Gasoline 0.5 (0.13/0.11)	Kerosene 4 (1.04/0.88) Gasoline 0.5 (0.13/0.11)
Air Cleaner	Semi-Dry	Semi-Dry	Semi-Dry	Semi-Dry
Starting System	Recoil Starter	Recoil Starter	Recoil Starter	Recoil Starter
Pump Type	Centrifugal, Self-Priming	Centrifugal, Self-Priming	Centrifugal, Self-Priming	Centrifugal, Self-Priming
<b>PUMP</b>				
Suction Port Diameter (mm/in)	50 (2)	80 (3)	80 (3)	80 (3)
Discharge Port Diameter (mm/in)	50 (2)	80 (3)	80 (3)	80 (3)
Total Head (m/ft)	23 (75)	23 (75)	23 (75)	28 (91)
Suction Head (m/ft)	8 (26)	8 (26)	8 (26)	8 (26)
Max. Capacity (l/min/US-gal/min)	560 (147)	880 (229)	560 (147)	900 (237)
Dimensions L x W x H (mm/in)	503 x 357 x 432 (19.8 x 14.1 x 17)	556 x 310 x 505 (21.9 x 14.8 x 19.9)	503 x 381 x 477 (19.8 x 15.1 x 18.8)	556 x 397 x 505 (21.9 x 15.6 x 19.9)
Dry Weight (kg/lbs)	2.8 (5.84)	3.2 (7.05)	2.8 (5.82)	3.2 (7.05)
<b>Standard</b>	Strainer 1 Hose Band 3	Coupling 2 Tool Set 1	Strainer 1 Hose Band 3	Coupling 2 Tool Set 1
<b>Accessory</b>	Strainer 1 Hose Band 3	Coupling 2 Tool Set 1	Strainer 1 Hose Band 3	Coupling 2 Tool Set 1

SUZUKI MOTOR CO., LTD. reserves the right to change without notice, dimensions, specifications, colors, materials and other items to carry out improvements. Each model might be made to suit special areas. Please inquire at your local dealer for details of any such changes. Actual body colors might differ slightly from the colors in the brochure.

SUZUKI MOTOR CO., LTD.  
300 Takatsuka, Hamamatsu, Japan

1977-1980-91  
166 70-90277-711-1



Figure 1.59 (Suite)

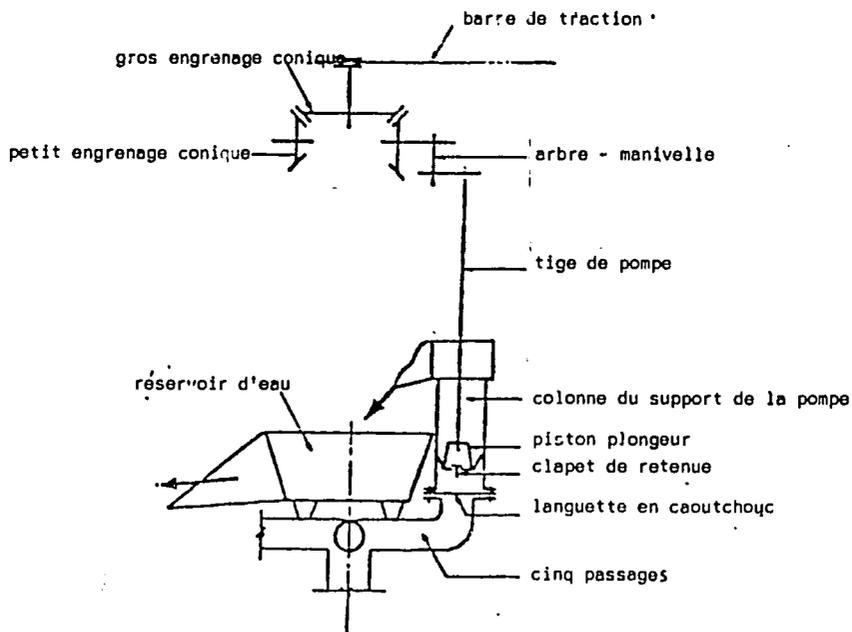
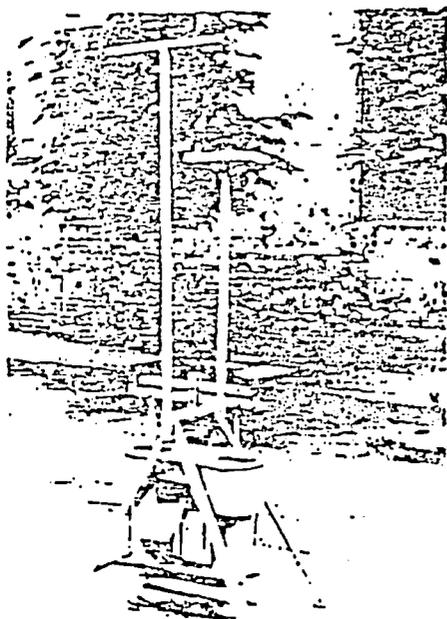


Figure 1.60 Pompe 4D120 à quatre pistons



Modèle: Peijiang  
 Type: 2 pistons  
 Débit: 16 m<sup>3</sup>/heure  
 Aspiration: 6 m  
 Élévation totale:  
 Fonctionnement: pédales, une personne

Fabricant:  
 Atelier de fabrication de  
 machines agricoles du Comté  
 de Suining, Province de Sichuan,  
 Chine

Figure 1.61 A.

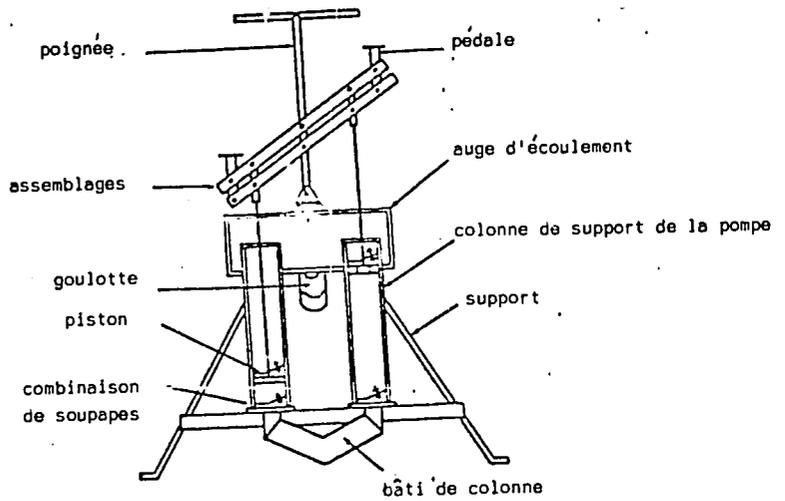


Figure 1.61B . Pompe Fujiang manuelle

Dans les provinces méridionales de la Chine, sept usines fabriquent des pompes à bras et des pompes à pédale destinées à l'irrigation. L'une des plus importants est la ANYUE COUNTY FARM MACHINERY PLANT qui fabrique 3 modèles centrifuges pour différentes hauteurs de levage. Les modèles vendus présentent les caractéristiques suivantes: 5 m<sup>3</sup>/h à 6 m de hauteur de levage, 8 m<sup>3</sup>/h à 4 m et 12 m<sup>3</sup>/h à 2 m (Fig. 1.63).

En plus de la vaste gamme de pompes pour l'irrigation disponible sur le marché chinois, on trouve:

- 7 modèles de pompes destinées à l'irrigation fabriquées par RANG PUR-DIHAJPUR REHABILITATION SERVICE (RDRS) en Inde, dont une pompe est à pédale et à 2 cylindres. Le dernier prototype de pompe à pédale Dan Jenkins, qui est en cours d'expérimentation sur le terrain au Tchad, possède de nombreuses caractéristiques de ce modèle.

- la pompe "Rower" fabriquée à des fins commerciales par MENNONITE CENTRAL COMMITTEE, BOX 785 Khaka 2 Bangladesh et SWS Filtration Ltd. Hartburn Morpeth, Northumberland, Royaume-Uni.

Cette pompe utilise le cylindre d'une pompe aspirante à piston à mouvement alternatif, incliné à un angle de 30 degrés à l'horizontale d'une pompe équipée d'une "chambre d'expansion" sous le cylindre pour résorber l'impact de l'accélération de la colonne d'eau dans le puits, permettant à l'utilisateur de la pompe de manoeuvrer plus facilement et plus vite. (Fig. 1.64)

- La pompe Blair (Fig. 1.65) commercialisée par Blair Research Laboratory au Zimbabwe présente les caractéristiques suivantes:

- conçue pour des hauteurs de levage de moins de 6m.
- cylindre fixe avec piston mobile relié au tuyau de décharge et à la bielle creuse.
- clapet d'admission à la base du cylindre et clapet d'écoulement dans le piston.

Bien que plusieurs centaines de milliers d'appareils à traction animale soient en service, les sources de ces machines disponibles dans le commerce sont peu nombreuses. Le marché chinois offre encore le meilleur choix, particulièrement pour les fabrications en série pour service non sévère.

Un lot fabriqué par BUNGER ENGINEERING Ltd., 5260 Hojby, Fyn, Danemark, offre deux modèles disponibles sur le marché avec des capacités de 50 et 100 m<sup>3</sup>/jour jusqu'à une hauteur de 8 m (Fig. 1.66).

La Société Monopumps Ltd. of Cromwell Industrial Estate, Cromwell Rd., Bredburt Stockport SK62RF offre également une monopompe à traction animale. Cette pompe s'avère plus performante à des hauteurs manométriques plus élevées (Réf. monopompes dans la section "Types de pompes") (Fig. 1.67).

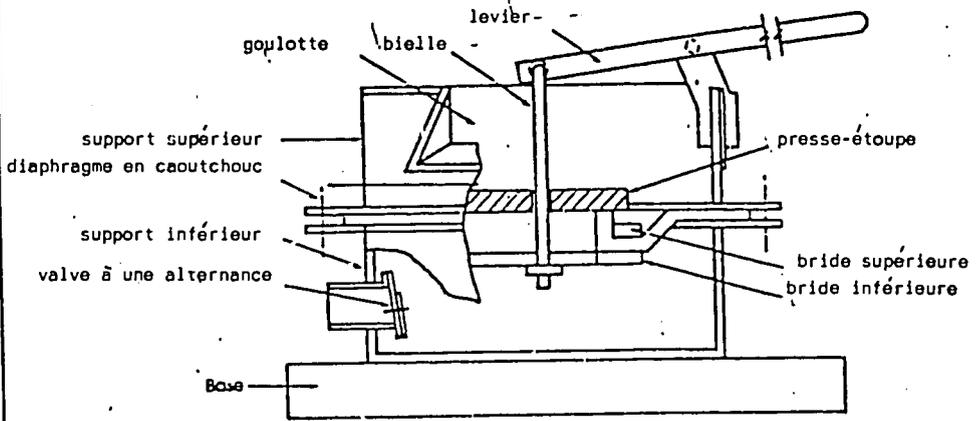


Figure 1.62 Pompe à bras à diaphragme Shandong

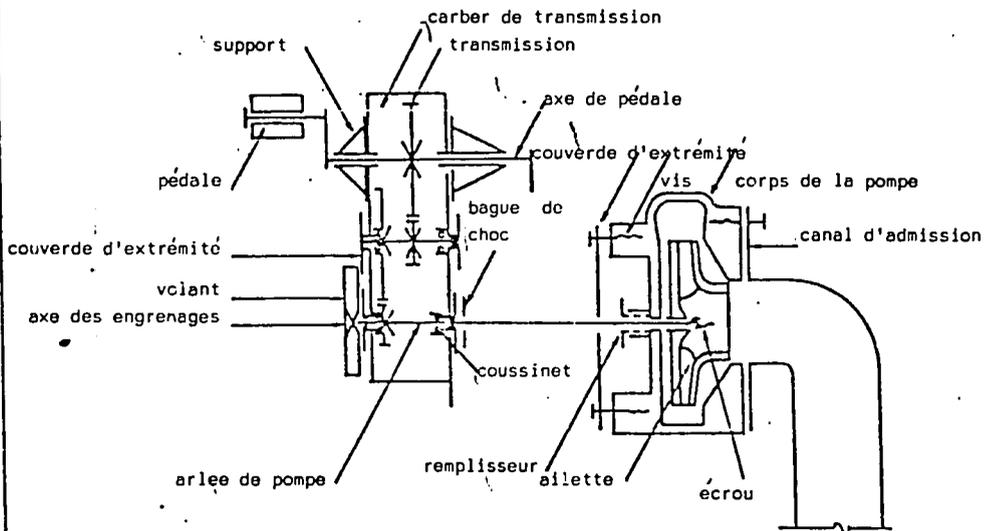


Figure 1.63 Pompe centrifuge à pédale SB

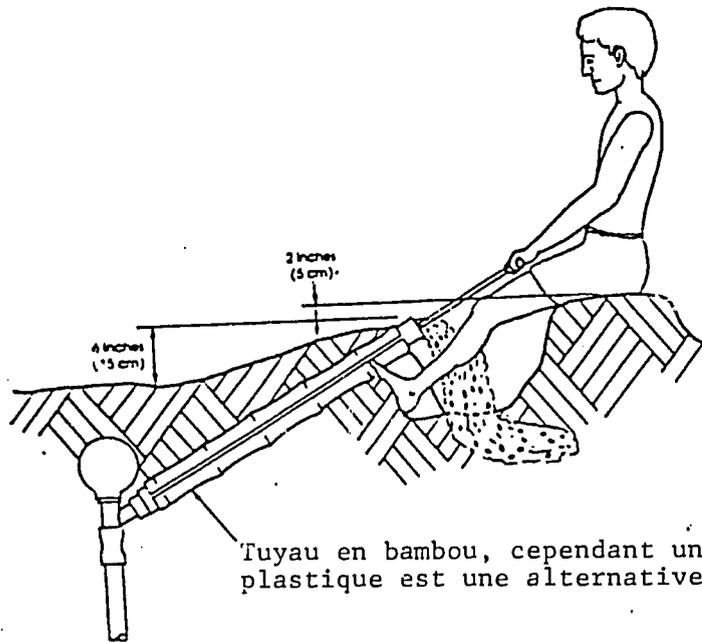


Figure 1.64 Installation d'une pompe "Rower" pour l'irrigation

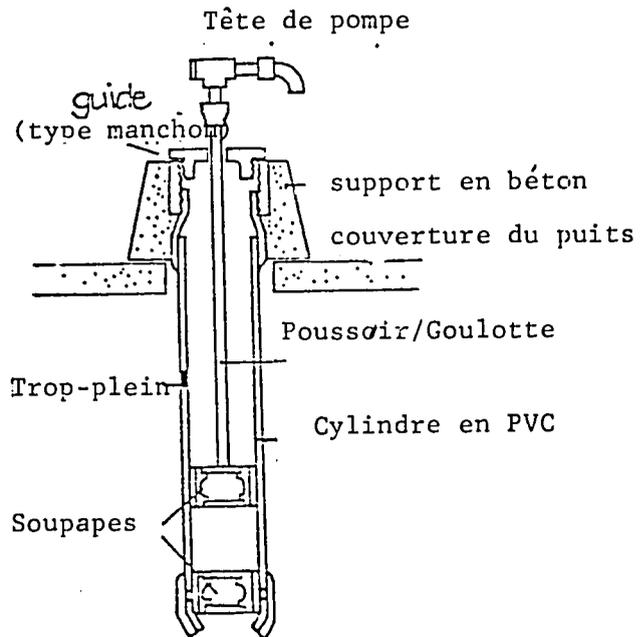
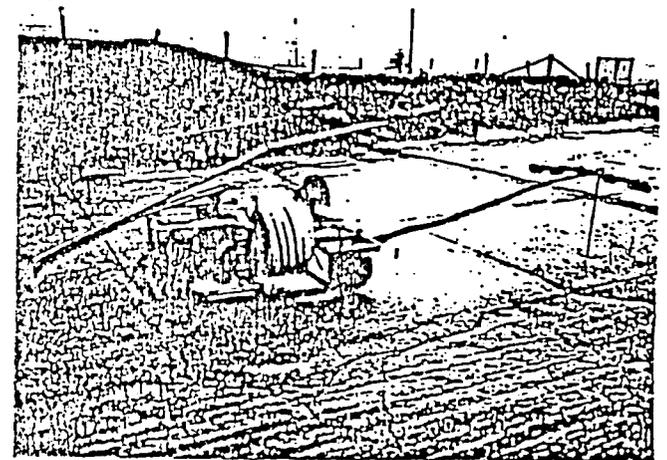
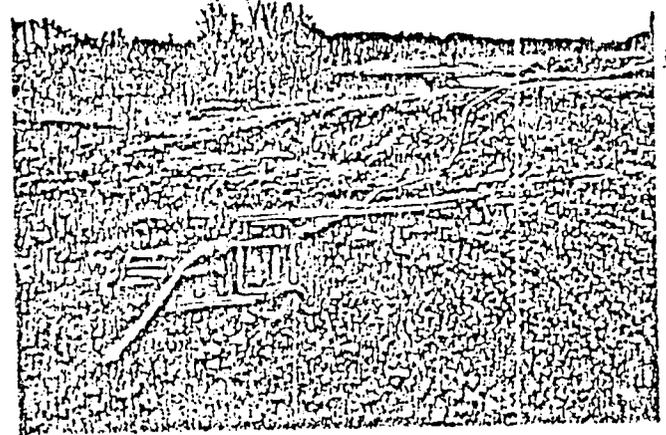


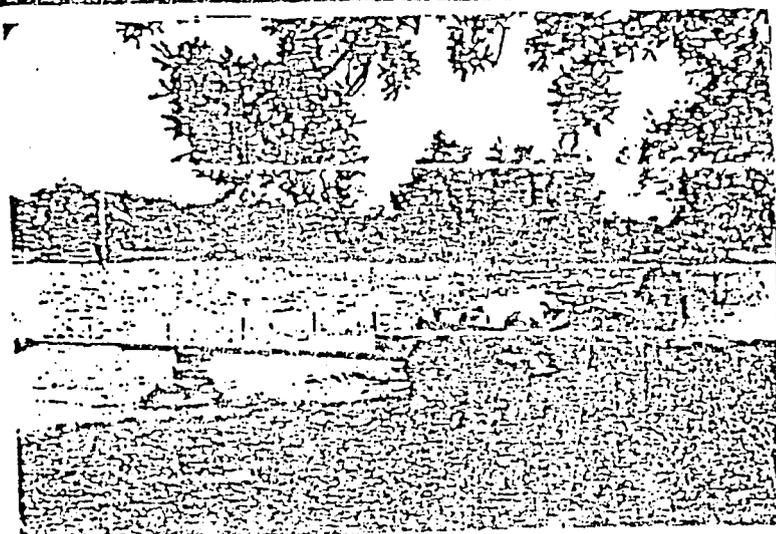
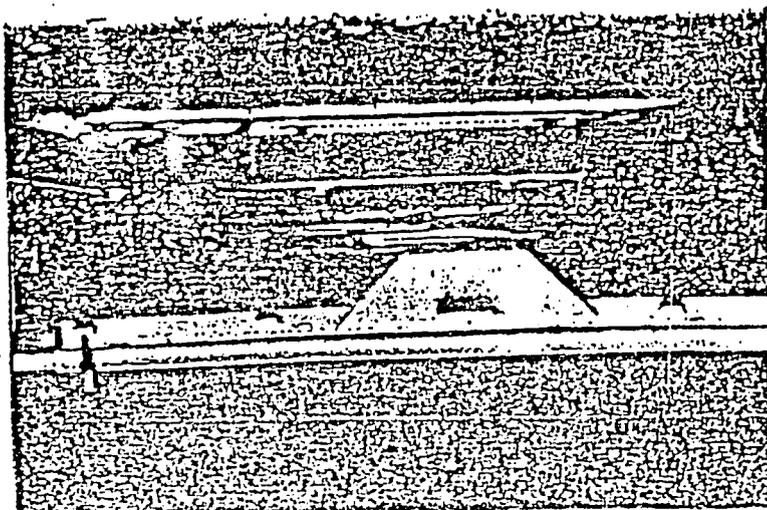
Figure 1.65 Pompe BLAIR (version d'origine)

Figure 1.66



July 1952  
*Bunger*, APPAREIL ELEVATOIRE D'EAU A TRACTION ANIMALE



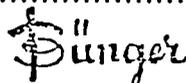


Petit modèle:

Type ..... BÜ - 3/10/4  
 Capacité à une hauteur max de 8m.....50 tonnes/jour  
 La source d'énergie devant fournir 50 tonnes par jour sur une hauteur de 8m pourrait être par exemple apportée par un gros buffle ou deux boeufs.

Grand modèle:

Type.....Bü - 6/20/5  
 Capacité dans les mêmes conditions que celles ci-dessus.....100 tonnes/jour  
 Force motrice nécessaire.....Deux gros buffles



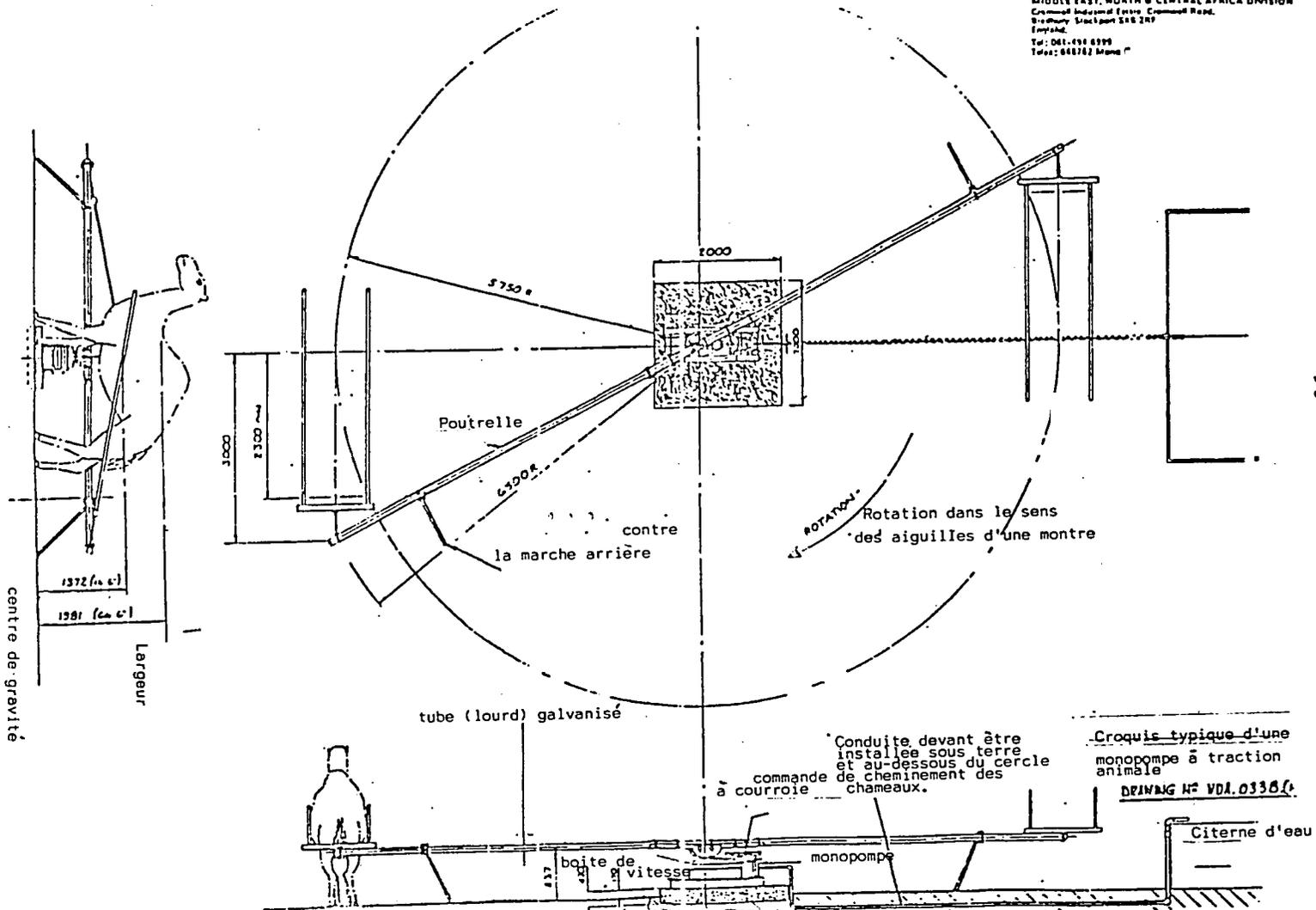
Engineering Limited  
 5260 Højby - Fyn - Denmark

Figure 1.66 (suite)

Mono Pumps Limited  
 MIDDLE EAST, NORTH & CENTRAL AFRICA DIVISION  
 Cromwell Industrial Estate, Cromwell Road,  
 82 Albany, Stockport S40 2HT  
 England.  
 Tel: 061-490 6999  
 Telex: 648782 Mono G

Power

Figure 1.67 Croquis typique d'une monopompe à traction animale



Croquis typique d'une monopompe à traction animale  
 DRAWING N° VDA.0338/1

Plusieurs alternatives de technologie, particulièrement la Sakia à traction animale (HRES D<sub>2</sub>), les turbopompes, etc. peuvent avoir un potentiel considérable au Tchad. Elles ne sont pas reportées car leurs sources commerciales n'ont pas encore été identifiées.

#### 1.5. SOURCES DE DONNEES

Pour l'examen de la documentation, nous avons eu recours au matériel de référence et aux recherches de données des organisations suivantes:

- Intermediate Technology Development Group (ITDG)
- Intermediate Technology Transport (ITT)
- A.T. International (ATI)
- Volunteers In Technical Assistance (VITA)
- Asian Institute of Technology (AIT)
- Renewable Energy Resources Information Center (RERIC)
- Groupes De Recherche Et De Change Technologiques (GRET)
- International Rice Research Insitute (IRRI)
- Centre Suisse Pour La Technologie Appropriée (SKAT)
- German Appropriate Technology Exchange (GATE)
- TATA Energy Research Institute (TATA)
- Universités de Reading et Sussex

et à la documentation d'I.T. Power en matière d'énergies renouvelables.

Les brochures et les Spécifications des Equipements ont été obtenues auprès des fabrications de produits disponibles dans le commerce, lorsque cela était faisable.

## SECTION II

### 2.1 INSTALLATIONS DE POMPAGE AU TCHAD

On a identifié approximativement 130 motopompes diesel et à essence installées et fonctionnant au Tchad. 141 pompes additionnelles ont été achetées par des organisations donatrices et par le GDT et attendent d'être installées. Sur les 130 installées, 51 sont à 9CV ou modèle plus grand, et 78 sont portatives, pour la plupart des marques japonaises importées du Nigéria.

Plus de 95% des appareils, d'une puissance de 9CV ou d'une puissance plus élevée ont été obtenus par le biais de projets. On sait que 52% des appareils portatifs l'ont ainsi été, (dont 25%, cependant, grâce à des accords de crédits). Cela signifie que les investissements du secteur privé en matière de motopompes, y compris les cas où un programme de crédits dans le cadre de projets a été utilisé pour collecter le capital nécessaire à l'investissement initial, ne dépassent pas en tout et pour tout 60 pompes.

Au Niger, le secteur privé possède environ 2000 pompes en fonctionnement, pour la plupart petites et portatives, avec un taux de croissance annuel de 15 à 20%.

Au Mali, on a identifié 600 appareils appartenant au secteur privé, avec également un taux de croissance marqué.

Les importations d'appareils portatifs au Tchad coûtent en général entre 170.000 et 240.000 FCFA. Les frais d'importation le cas échéant, sont d'environ 70% du prix d'achat. Au Niger, les taxes sur les pompes sont fixées à 55%, alors qu'au Mali des taxes à l'importation préférentielles ont été fixées à 5% pour les motopompes, afin d'encourager la production agricole.

Les prix (officiels) du carburant diesel comme de l'essence, en ville et dans les zones rurales, sont comparables aux prix du Mali. Bon nombre de propriétaires de pompes bénéficient au Niger des prix favorables des produits pétroliers au Nigéria, qui sont de 50 à 100% moins chers qu'au Tchad et au Mali.

Les prix de détail des produits alimentaires, notamment des produits maraîchers destinés au marché, pour lesquels on utilise en général des pompes portatives, sont les mêmes au Tchad et au Mali, mais plus bas au Niger. Bon nombre de produits Nigériens (les oignons en particulier) sont exportés vers les autres pays africains où les prix sont plus avantageux.

En tout et pour tout, les possibilités de commercialisation au Tchad ne semblent pas être inférieures par rapport aux autres cas mentionnés. Il n'y a cependant aucune preuve réelle sur la prospérité des petits exploitants agricoles et des entrepreneurs. VITA a probablement identifié l'un des éléments clés limitant son programme de crédits. Un programme de crédits continu et élargi destiné aux petits exploitants agricoles (parcelles de 5 ha) pourrait aider le Tchad à atteindre la "masse critique" en matière de motopompes, point au-dessus duquel la technologie arrive à se

maintenir d'elle-même. Il existe un inconvénient majeur. Les petites pompes japonaises sont très décevantes, et ne peuvent être utilisées que sur des sites très soigneusement sélectionnés, et dans certaines positions, si l'on veut que le pompage soit économique. Il est absolument capital d'apporter un très gros input en matière d'initiation et d'apprentissage des utilisateurs sur la manière de sélectionner la motopompe la mieux adaptée à un site donné et sur la meilleure façon d'installer la pompe sélectionnée.

L'examen des installations de pompes au Tchad confirme que l'utilisateur moyen en sait très peu sur la manière "d'obtenir la meilleure pompe". Ce problème ne se limite pas au secteur privé. L'ONDR pourrait aussi tirer parti des conseils donnés dans ce domaine, tout comme les autres organisations.

La superficie totale effectivement irriguée par des motopompes et cultivée au Tchad ne dépasse pas 1200 ha et n'est probablement pas supérieure à 900 ha. (malgré le chiffre de 2245 ha de périmètres irrigués par motopompes en 1985, avancé dans le rapport annuel du Ministère de l'Agriculture pour l'année 1985). Ce chiffre est considéré comme représentant la superficie totale des périmètres en culture et non pas la superficie réelle cultivée ainsi que cette étude l'a déterminée. Il n'a pas été possible de faire une estimation plus précise. On peut parfaitement comprendre que ce chiffre est très inférieur à celui du Niger, où 163 pompes installées par des projets, produisant en tout une puissance nominale de 5960 CV, irriguent 6500 ha, et où 1350 hectares additionnels sont cultivés grâce à des appareils portatifs. Au Tchad, la puissance totale installée ne dépasse pas 1100 CV. Celle-ci fournit un rapport moyen ha/CV de 0,95, soit une diminution du rendement du pompage de 27% comparé au Niger (on considère que les hauteurs d'élévation sont comparables).

En dehors des motopompes, il semble que les seuls autres types de pompes mécanisées utilisées pour l'irrigation soient:

- 2 turbines hydrauliques (14,4m<sup>3</sup>/jour).
- un petit nombre de pompes à bras, promues par MCC, et
- 3 éoliennes qui sont surtout utilisées pour l'approvisionnement des villages en eau.

La contribution nette totale de ces appareils est insignifiante.

Au contraire, le grand nombre de chadoufs, lequel augmente rapidement, apporte une forte contribution. Son utilisation est en train d'être considérablement promue dans les zones de réinstallation ainsi que dans les ouadis et les polders. Il est difficile d'en estimer le nombre, étant donné que dans certaines régions cette technologie est très utilisée, et que dans d'autres elle n'est qu'à ses débuts.

D'après les chiffres obtenus auprès de l'ONDR pour les ouadis et les polders en train d'être exploités à des fins de réinstallation, 3400 ha se trouvent à des étapes différentes de préparation en vue des cultures de saison froide. On considère que les chadoufs irriguent entre 1000 et 1250 m<sup>2</sup> par pompe. Par conséquent, on peut imaginer un marché pour 30.000 chadoufs ou technologies de pompage substituables, dont des milliers sont déjà en fonctionnement.

Les statistiques ci-dessus (à l'exception des chadoufs) ont été tirées du Tableau 6 (A, B, C, D, E, F).

Ce tableau résume les données sur le terrain, voir exemple (Fig. II-1).

La carte du Tchad, (Fig. II-2) montre (parties hachurées) les régions visitées pendant les enquêtes sur le terrain et identifie les zones principales de polders et d'ouadis actuellement cultivées, ainsi que les projets de réinstallation en saison froide.

Les vallées du Logone et du Chari sont également identifiées. Un plan plus détaillé (Fig. II-3), de la vallée du Chari au sud de N'Djamena montre les périmètres cultivés équipés de pompes et ceux qui ont été identifiés pour être exploités ou qui nécessitent d'être réhabilités.

## 2.2. OBSERVATIONS

Le choix d'une technologie pour un type particulier d'application est déterminé par la ressource disponible et la demande. Dans le cas des systèmes d'exhaure pour l'irrigation à faible hauteur de levage, la ressource est constituée par la source d'énergie pour alimenter directement le générateur de force motrice ou la pompe, la ressource hydraulique disponible devant être pompée et la ressource humaine pour assurer la gestion, la mise en service et la maintenance de l'appareil. La demande est beaucoup plus complexe. La politique du Gouvernement, la politique de l'USAID, le potentiel commercial et une multitude de paramètres agricoles (allant de la distribution de l'eau aux types de cultures et industrie de transformation) sont autant d'éléments à prendre en compte dans l'évaluation de la demande. Les choix de ressources énergétiques pour le Tchad se définissent facilement. Celles-ci se subdivisent en catégories principales ci-après.

- Humaine
- Animale
- Pétrolière (moteurs à combustion)
- Electrique
- Eolienne
- Solaire
- Hydraulique

Sur la base des visites d'inspection sur le terrain et des documents de référence disponibles, il est possible d'identifier les groupes de ressources hydrauliques qui se prêtent facilement à l'irrigation à faible hauteur de levage au Tchad. Il s'agit de:

1. Nappe phréatique (ouadis et ex-polders) (1 à 3 m de profondeur allant jusqu'à 6 m).
2. L'eau de surface avec d'importantes variations de niveau saisonnières (approximativement de 3,5 à 6 mètres).
3. L'eau de surface avec un minimum de variations de niveau saisonnières (moins de 2 m).
4. Les puits traditionnels et les puits améliorés (de 3 à 8 mètres de profondeur).

TABLEAU RECAPITULATIF - SYSTEME DE POMPAGE OPERATIONNEL INSTALLE

SITE	Système Installé		NOMBRE	PUISSANCE POMPE (CV)	NOMINAL Débit (M <sup>3</sup> /H)	IA HMT (M)	DATE INSTALLÉE	Pour IRRIGATION		Nombre en Service	Hauteur Elevation (M)
	Force Motrice	Pompe						Surface Irriguée (HA)	Statut Opérationnel		
BONGOR (CASTER B)	TAIWAN	VIS ARCHIMEDE	4	30	7	7	69	400/500	DEMONTEE	N/A	1-5 M
	INDIGROS (CHINE)	ICENTRIFUGE (CHINE)	3	80	792	19	76		EN SERVICE	(1 AU DEBUT puis 3)	
	DEUTZ	ISNEIDER ICENTRIFUGE	3	108	800	19	PAS INSTALLÉE		-	N/A	
	LUPANIA (FIAT)	ISPECK ICENTRIFUGE	3	80	300	50	PAS INSTALLÉE		-	N/A	
KOLOBO	ILITER TR 3	(MISSION CATHOLIQUE)						?		OK	?
JUMAN	IND INFORMATION									OK	?
KIDYOUN	ILITER TR 3							?			
KIM	IND INFORMATION										
KATRE	IND INFORMATION										
GULEMPENG (PTCI)											
- NIDOUY II	MVM	ISNEIDER	1		21	200	10	84	30/60	EN SERVICE	6-12
- ANJATRA	MVM	ICENTRIFUGE	1						15/40		
- MAJABOU	MVM		2		20	200	?	85	7/50		
- SAHMAN I	MVM		1		21	1200/2000	10		5/18		
- MALLING	MVM		1		21	1200/2000	10	84	4/20		
- NIDOUY I	MVM		1						7/21		
- KAKALEY	MVM		1		28	1240/2900	44	74	5/18		
- BARTOLE	POMPES	16 Nouvelles									
- BALANTIERE	ENLEVÉES	POMPES									
- RAF		EN STOCK									
- SAHMAN II		1 (49 CV)									
- LOSOMA		PAS INSTALLÉES									
- OUKO											
- MASINA GULEDENG											

Tableau (a) 6 (a)

à un certain Rapport superficie irriguée/superficie totale du périmètre irrigable.  
temps

Tableau 6(b)

SITE	Système Installé		Nombre	NOMINAL Puissance Pompe (cv)	NOMINAL Débit (M <sup>3</sup> /H)/RPM	TA TMT (M)	DATE INSTALLÉ	PARRIGATION		Nombre en Service	Hauteur Elevation (M)
	Force Motrice	Pompe						Surface Irriguée (HA)	Statut Opérationnel		
BOUGOUNENE											
- OULIA	ILISTER	ICENTRIFUGE	1					80	5 (EXT)		
- KOLAIPAPA	ILISTER	ISPATE*	1					84	8		
- BOUGOUNENE (2)	INDIEN/ALFA	IANIL	1	8/850	114.5HP/1450	7		85	10 + 4 1/2		
- KOUTOUMESIRE	ILISTER	ICENTRIFUGE	1					(77)	82		
- MESYEN (2)	ILISTER	ISPATE*	2					85	10/10 + 5 1/2	EN SERVICE	
- LOUMIA	INDIEN/ALFA	IANIL	1					85	10		
- ABGURE	ICHINOIS	?	1	12/1500				85	10/10		
- MANJABA	INDIEN/ALFA	IANIL	1					85	4 (EXT)		
- TCHENSOU	ICHINOIS	?	1	112/1500 RPM				81	15 1/2 (EXT)		
- BOUGOUNENE (1)	ILISTER (STAT/ST)	ISPATE*									2 + 7
	(Débit induit)										
NDJAMENA											
NISKINE (18 KM)			7	6-8	-	-	-	PRIVEE	VALUER ESTIMATIVE		SOURCE VITAL
KOHMARI	FAB. LOCAL							REF.			
- ANTABAN	ISECADEVI	TURBINE HYDRAUL.	1		10.6M <sup>3</sup> /H	6		86	1000M <sup>3</sup> /H		6
MANDALIA											
- MOUDUMA											
- HOLLON	ILISTER	?	2	22				84			
- BAF	INDIEN/ALFA	ICENTRIFUGE	1	28/3000	200/2000	?		78	20	EN SERVICE	?
- LOGONE GANA	ILISTER	?	2	22 & 15	133 & 100	?		89	14/30	(ENLEVÉ DE	EGUELENGEN AGR.)
	?		1	28	1240/2900	44		84			
BOUGOUNENE	?		2	?	?	?		64	30HA	1 ANIMISTE & AGR	

\* LTSTER/SPATE F Hors service depuis 12 Mars 86  
 \*SPATE - Pompes chinoises en stock  
 ? Pompe à débit induit

Tableau 6 (c)

SITE	SYSTEME/INSTALLÉ		NOMINAL Nombre	NOMINAL Puissance Pompe (cv)	NOMINAL Débit (M <sup>3</sup> /H)	TA THT (M)	DATE INSTALLÉ	Pond IRRIGATION			Nombre en Service	Hauteur Elevation (M)
	Force Motrice	Pompe						ISURFACE IRRIGUÉE (HA)	Statut Opérationnel			
MAILADU	CHINESE 110SA	ISMEIDER MEN 1109/200	1	12/1500	200	17	84	8/12	MONTÉES SUR PONTONS		3-6 M	
	LISTER ST1/31	(SPATE/DÉBIT INDÉTER)	1									
NDJAMENA (30 KM)	LOGONE YAMAHA (ESSENCE)		20-30	ESTIMATION 12-5 CV	(INFO INCLUSE)				ISOURCE SECURE (ACHAT AVEC CREDITS VITA)			
SARH	LOCAL MANUF. (SECAREVI)	TURBINE	1		10.6 AT 1M/5	7	85					
SAVATA NARROU (GUELENDOMI)	LOMARADINE 13LDS20		1	8 HP	102	8			PAS INSTALLÉE	1	?	
GARGAR	AMRICARE/LEADER LISTER GODVIN CAHRS		2	24					FRONTIERE	1		
GASSI	MOTO POMPE		1						6.7			
	MOTO POMPE (Lomononou) LISTER AND YAMAHA		2		150 & 54	21			20 5			
MISKINE	LISTER ST1/31	SPATE 4024401	1	10								
	CHINESE 110 SA		1	12								
	REMPSTER EDLIENNE	11 FT DIA	1									
	YAMAHA-YP30E (NIGERIAI)		4		5 (REF SPECS)		85				12	
MISKINE MIA (15 KM)	YAMAHA	YP30E	7		5 (REF SPECS)	12					12	

■ LISTER/SPATE F en panne depuis 12 2 pompes chinoises en stock  
mars 86

Tableau

6 (d)

SITE	Système Installé		NOMINAL Nombre	NOMINAL Puissance Pompe (cv)	NOMINAL Débit (M3/H)	TA HMT (M)	DATE INSTALLÉE	POMPE IRRIGATION			
	Force Motrice	Pompe						Surface Irrigable (HA)	Statut Opérationnel	Nombre en Service	Hauteur Elevation (m)
DROGANA	ILOMBARDINI ILDA 673 (SCOL)	EN PANNE	1	132 CV							3
STOCK											
L'ONDR	ILOMRAPINI ISLO92SL	IRIVATI	48	122/1500	210	18	N/A		PAS INSTALLEE		
L'ONDR	ILOMBARDINI ILO 640/L	IRIVATI IS.ZP.BOXE	84	18/1500	60	20			PAS INSTALLEE		
KARAL -DJINITILO 115 KM SECTION ALONG LAPEI	PAS AMELIORE, TECHNIQUES D'EXHAURE - MEME PAS DE CHAQUE 1150 Puits revetus beton ALIMENTATION EN GROS VILLAGES POMPE A BRAS TYSON INSTALLEES PAR ONHAY										
BOUGUTA -MANI	BERNARD (ESSENCE)	1W 19 A	1		23			85			
-ZAFFRA -MAHAD	YAMAHA YAMAHA	1YF30 1*	2		5	85			2,5 TOK		2
	BERNARD	1?	1								
BOL											
	HONDA 1WBK 30/ESSENCE		7		5	58	LOW	85		3 TOK	1ML
	HONDA 1WBK 20/ESSENCE		12		3,5	7	1*	85		2,5	1ML
	BERLIERY 5 CYL DIESEL	GUINARD	3		N 110	7	7	77			PAS EN SERVICE
	BERLIERY 5 CYL	VIS ARCHIMESE	2		N 110	7	5	77			PAS EN SERVICE
	CARTER PILLAR TRACTEUR	GUINARD	1		7	7	7	85	160-70		DEMONTES

\* LISTER/SFATE F en panne depuis 12 pompes chinoises en stock  
Mars 86

Tableau 6(e)

SITE	SYSTEM INSTALLE		Nombre	NOMINAL Puissance Pompe (cv)	NOMINAL Debit (M <sup>3</sup> /H)	IA / IMT (M)	DATE D'INSTALLE	Pour IRRIGATION		Nombre en Service	Hauteur Elevation (M)
	Force Motrice	Pompe						USURFACE IRRIGUEE (HA)	Statut Operationnel		
MAD	ISUZUY										
	ISUZUY ESSENCE		1	5	58	10W	86	1	100		2
	YAMAHA YF30E		1	5	58	10W	86	1	100		2
AN SILEP	HONDA 125		2	DETAILS PAS DISPONIBLES							
FACHA	EOLIENNE VENTS DU S-D		1	PAS DETAILS -						100	
ARECHE	DEMPSTER (14 FT) MOTOPOMPE (TYPE DIVERS)	EOLIENNE	1	PAS DETAILS		USAGE PRINCIPAL: ALIMENTATION EN EAUX DE VILLAGES					
ASOM	MOTO POMPES FOURNIES PAR UNICEFI		1	CARACTERISTIQUES CONFORMES		POMPE PAS AUX BESOINS					
SEMEPA	LOPLO (DIESEL)	LOPLO	1		1372-4	02					7
	LISTER			22		86					7
MILESI	MOTOPOMPE ESSENCE		1	6	-	-					7
MOMBAN	LISTER DIESEL	GUTHARD	1	12	-	-					7
NGARO NANGJO	BERNARD DIESEL	BERNARD	1	7	-	-					7
	LISTER (DIESEL)		1								7

\* LISTER/SPATE F en panne depuis mars 86 X 2 pompes chinoises en stock

Tableau 6(F)

SITE	SYSTEMEINSTALLÉ		Nombre	NOMINAL	NOMINAL	TA	DATE	Pompes IRRIGATION			Hauteur Elevation (m)
	Force Motrices	Pompe		Puissance Pompe (cv)	Debit (M <sup>3</sup> /H)	IMT (M)	IMSTALLÉ	Surface Irrigable (HA)	Statut Operationnel	Nombre en Service	
APDJOSANA	ALFA (DIESEL ALFA)						(VITA)	7			
WALTA	LOMBARDINI (DIESEL)		1	9	150	10	(VITA)	3,5	10K		?
ARDEANA	KOMDA GT 140		1	5	-	-	(VITA)	7			
DINDUMA	LOMBARDINI (DIESEL)		1	10	95		(VITA)	8	10K		?
SARAKAPE	LISTER (DIESEL)		1	-	78	?	(VITA)	3			
KAB	LOMBARDINI		1	9	99	?	(VITA)	2			

• LISTER/SPATE F en panne depuis mars 86      12 pompes chinoises en stock

SYSTEMES D'IRRIGATION A POMPAGE AU TCHAD

NUMERO DE DOSSIER \_\_\_\_\_

NOM DU PERIMETRE OU ZONE: \_\_\_\_\_

REGION/CERCLE: \_\_\_\_\_

STATUT DU PERIMETRE (Projet /Privé) \_\_\_\_\_

DATE PREPARATION DU PERIMETRE  
DATE D'INSTALLATION DU SYSTEME DE POMPAGE

FOURNISSEUR DU SYSTEME

<u>NOBRE DE SYSTEMES:</u>  <u>MOTEUR PRIMAIRE</u>  FABRICANT: PUISSANCE ESTIMATIVE: SOURCE D'ENERGIE:  <u>POMPE</u>  FABRICANT: PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT: VOLUME NOMINAL/HEURE:				

SOURCE D'EAU \_\_\_\_\_

PROCESSUS DE L'IRRIGATION \_\_\_\_\_

VOLUME POMPE/APPLICATION:

	<u>PRINCIPALE CULTURE</u>	<u>CULTURE SECONDAIRE</u>
<u>NOMBRE DE POMPES UTILISEES:</u>		
<u>HEURE/JOUR:</u>		
<u>TYPE DE CULTURE:</u>		
<u>SAISON DE CULTURE:</u>		
<u>SUPERFICIE IRRIGUEE:</u>		
<u>SUPERFICIE DU PERIMETRE CULTIVE:</u>		

SUPERFICIE TOTALE DU PERIMETRE: (EXPLOITABLE) \_\_\_\_\_

FREQUENCE DES PANNES: \_\_\_\_\_

CONSUMMATION DE CARBURANT: \_\_\_\_\_

ETAT DE LA POMPE: \_\_\_\_\_

OBSERVATIONS DIVERSES: \_\_\_\_\_

Figure II.1





Les groupes 2 et 3 en particulier fournissent des quantités qui ne limitent pas la demande volumétrique d'une technologie d'exhaure. Cependant, les ressources des groupes 3 et 4, de manière invariable, constituent des obstacles notables au type de technologie qui peut être concrètement adapté ainsi qu'à l'alimentation en eau que l'utilisateur peut avoir à sa disposition. Les sources provenant des puits profonds et des puits instantanés sont à exclure; d'abord pour les inconvénients techniques et surtout économiques qu'elles présentent pour l'irrigation.

Bien qu'à la première impression, la ressource humaine apparaisse vaste, elle se limite en fait au contexte des parcelles exploitées traditionnellement par une famille d'agriculteurs (autre que dans des domaines tels que le "Casier B" de Bongor). Cette restriction est due essentiellement au mode de travail intensif du puisage de l'eau qui accapare une grande partie de la journée de travail et empêche les paysans de consacrer leur temps à des occupations plus rentables. Un examen du coût-efficacité des divers scénarios de puisage de l'eau sera présenté dans la Section III "Analyse des options technologiques".

Au cours des missions sur le terrain dans les régions du Chari-Baguirmi, du Lac et du Kanem un effort a été fait en vue de noter les ressources énergétiques et hydrauliques disponibles et les technologies en usage, prélude à la préparation des éléments de conception de cette étude.

Les observations pertinentes sur les zones respectives sont résumées ci-après:

### 2.2.1 La vallée entre le Chari et le Logone

Un échantillon de puits traditionnels situés le long du Chari et du Logone au sud de N'Djamena (Chari-Baguirmi) présentait des niveaux statiques de 7 à 15 mètres, selon un examen entrepris en juin 1986.

"L'Hydraulique Pastorale" signale que les niveaux statiques de 45 puits nouvellement forés et équipés de motopompes varient entre 9 et 13 mètres.

### Les stratégies pour le développement de l'irrigation

Le rapport 41 de WMS constate que les "rives dominent les cours d'eau d'une hauteur de 6 à 15 mètres et prennent généralement la forme d'un épaulement sableux et irrégulier avec une dénivellation brusque qui donne sur le cours d'eau. Le niveau du fleuve varie entre 2,5 et 5 mètres tout au long de la saison".

Des 130 pompes reconnues opérationnelles (20 à 30 autres existent mais leur état opérationnel n'est pas encore connu), 31 ont été concrètement examinées. 70% de celles examinées portaient des plaques descriptives ou des codes de modèle qui permettaient de déterminer le débit nominal correspondant à une hauteur manométrique totale donnée. Ces déterminations, comparées au rendement et à la vitesse de rotation du générateur de force motrice, et la chute utile effective, montrent que 66% des pompes diesel installées, ou en instance d'installation, ne s'adaptent pas bien aux usages pour lesquels elles ont été installées. Il existe plusieurs exemples

d'inadéquations importantes entre les conditions de fonctionnement efficace d'un système d'exhaure, la chute utile envisagée et les besoins volumétriques.

L'exemple du casier B de Bongor (500 ha.) est classique. Les premières pompes installées en 1969 correspondaient bien à la hauteur hydraulique du site. Le rendement était suffisant pour irriguer le périmètre, avec des moteurs diesel de 90 CV (30 CV x 3). Sept ans plus tard, un autre projet (chinois) construisait une nouvelle station de pompage contiguë alimentée par le même réseau de distribution. Ces 5 nouvelles pompes capables de débiter chacune 792 m<sup>3</sup>/h à une hauteur de 19 mètres en fonctionnant à 1450 tours/mn, étaient actionnées par des moteurs diesel de 400 CV (80 CV x 5), dont trois seulement normalement en service.

Ces pompes ont une hauteur d'élévation d'au moins un mètre de plus que la station Taiwanaise, et ont été portées de 1450 tours/mn à 1200 tours/mn pour éviter l'épandage d'eau dans le bassin. La chute utile réelle est de 2 à 6 mètres. La réduction de 17% de la vitesse et la réduction de la chute utile de 19 mètres à 2-6 mètres ont eu pour effet de décroître de plus de la moitié l'efficacité de ce système, même en considérant qu'il s'agit de pompes rotodynamiques à 2 hélices. (Ceci est mis en évidence par le chiffre de 48.000.000 FCFA relatif à la consommation annuelle de carburant pour 1985 qui ne serait que 15 à 20 millions de FCFA si l'efficacité de la pompe et les pertes de distribution étaient normales). Les cinq pompes chinoises sont en service depuis 1970. Une intervention récente des donateurs s'est concrétisée d'abord par la livraison de trois pompes FIAT URANIA de 80 CV débitant 300 m<sup>3</sup>/h à une hauteur de 50 m en remplacement des pompes chinoises, vieilles et inefficaces, puis de cinq pompes Deutz/Sneider de 108 CV débitant 800 m<sup>3</sup>/h à 19 m de hauteur. Toutes ces nouvelles pompes ont été livrées à la station mais non installées. Elles s'adaptent à la station encore moins que les pompes chinoises qui sont inefficaces.

Les experts résidents de la FAO nouvellement affectés au projet exploitent les alternatives qu'offrent les pompes à vis d'Archimède susceptibles d'être adaptées aux pompes Taiwanaises initiales. Un système bien adapté réduira les frais annuels de fonctionnement de 100% et probablement de 200% avec quelques améliorations apportées aux canaux.

La vallée du Chari a montré un faible engouement pour la traction animale destinée au labour, à l'attelage des charrettes, etc... sauf dans les cas où les programmes de formation de cycle long et de familiarisation ont été introduits (centre de formation agricole de Bougoumen subventionné par HEKS, une CNG Suisse).

Tous les périmètres irrigués par des pompes diesel sont, sans exception, très sous-utilisés, à moins que ne soit prévu une aide substantielle pour couvrir l'ensemble ou une partie des frais de fonctionnement des appareils de pompage. Les quarante (40) périmètres utilisant des pompes diesel montrent que sans de gros subsides, dans les périmètres de plus de 10 hectares, la zone

L'eau pompée est emmagasinée dans un ensemble de barils de 200 litres reliés entre eux, avant d'être distribuée sur une parcelle d'environ 600m<sup>2</sup>. SECADEV estime le coût à 200.000 FCFA, main-d'oeuvre non comprise.

### 2.2.2. La vallée au nord du Chari - Karal

De source SECADEV à Karal, confirmé par la Commission du Bassin du Lac Tchad, on apprend que 100% des récoltes sont pluviales et de décrue. On ne produit pas de cultures irriguées par pompage, même avec les moyens les plus rudimentaires. On considère que cette situation existe sur toute la côte méridionale du lac Tchad (80 km). En 1985, SECADEV - Karal a installé deux pompes diesel à Mani, un village sur les rives du Chari.

Les villageois n'ont pas bien fait fonctionner les pompes. Celles-ci ont été ramenées à N'Djamena pour réparation après avoir fonctionné pendant une saison. D'autres efforts seront faits pour mettre en place un système de gestion locale efficace.

La hauteur des berges varie de 5 à 12 m, avec souvent de grandes barres de sable. Le débit du fleuve, dans les courbes et là où le lit est étroit, avoisine 1 m/s (à vue d'oeil seulement).

L'éolienne Dempster installée par Africare au-dessus d'un puits sur le périmètre de Miskine répond aux besoins domestiques des villageois. L'excès d'eau pompée est automatiquement déversé dans des canaux d'irrigation. Avant l'installation de la pompe, les villageois se procuraient l'eau du fleuve pour utilisation domestique. La pompe est bien installée et bien exposée.

Des exemples isolés de motopompes existent le long d'un tronçon du fleuve, en dehors de celles fournies dans le cadre du programme de crédit VITA et par la Ligue de la Croix Rouge, et de deux autres à Miskine octroyées par Africare. Les personnes travaillant la terre, d'une manière générale, ont exprimé le désir de se procurer des motopompes, sans envisager de technologie alternative. De ceux interviewés, personne ne savait qu'on peut lever l'eau par traction animale ou que les pompes à bras pour l'irrigation à faible hauteur de levage existent. La population de Miskine est très impressionnée par l'éolienne maintenant qu'elle la voit fonctionner.

### 2.2.3. Karal - Tourba - Bol

On ne fait pas de culture irriguée dans cette région. Toutes les cultures, surtout le mil, le sorgho, les haricots et le maïs, sont cultivées dans les plaines de décrue. Les quelques activités maraîchères, qui sont d'ailleurs peu répandues, sont généralement pratiquées selon cette méthode.

Les seules techniques "mécanisées" de levage d'eau identifiées sont les pompes à bras, les pompes de types TYSEN et "pompe indienne" utilisées pour l'approvisionnement en eau des villages, et le système de la corde et du seau tirés sur une poulie par des chameaux ou autre animal (le délou). Ce procédé est utilisé pour puiser

**Previous Page Blank**

l'eau destinée au bétail quand les points d'eau sont fréquentés par des troupeaux de nomades. Dans la périphérie de Tourba, les puits sont à une profondeur de 10 à 15 m et l'approvisionnement en eau répond en général aux besoins domestiques et du bétail.

#### 2.2.4. Bol

Les pompes, les réseaux de contrôle et de distribution ont été installés dans les ouadis de Guinée et de Bérim, près de Bol en 1977. Ces appareils ont été utilisés pendant une courte période puis abandonnés. Certaines parties du réseau de distribution sont encore incomplètes. Des efforts faits en 1985 en vue de réhabiliter un système ont permis d'obtenir une production de blé sur 60 à 70 hectares de la superficie totale de 320 hectares. Les appareils d'exhaure (5 moteurs diesel de 110 CV actionnant trois pompes centrifuges Guinard et deux vis d'Archimède) étaient considérés comme pompes de réserve destinés au dispositif contrôlé d'écluses pour les années où les niveaux d'inondation ne suffisaient pas à activer l'appareillage alimenté par gravité. Toutes les cinq pompes diesel ne sont plus opérationnelles. Des efforts ont été faits en 1985, dont l'utilisation d'un tracteur Caterpillar pour faire fonctionner une pompe Guinard.

La Ligue de la Croix Rouge a installé en 1985 19 pompes portatives Honda à essence. Sept pompes de 5 CV irriguaient environ 3 hectares chacune et douze pompes de 3,5 CV irriguaient 2,5 ha chacune. Les pompes fonctionnant jusqu'à 2 à 3 m de hauteur de levage étaient utilisées par un groupe de cultivateurs et étaient fréquemment placées autour des puits traditionnels dans les ouadis pour éviter qu'ils ne tarissent. Des puits agrandis (4 à 7 m<sup>2</sup> de section) se sont avérés à même de répondre aux demandes de la pompe (30 à 40 m<sup>3</sup>/h à 2 m de profondeur). Les questions de maintenance demeurent irrésolues. La compétence à long terme des usagers à assurer l'exploitation et l'entretien des pompes de ce type sans l'aide du personnel de la Croix Rouge résidant à Bol ne peut être évaluée après une seule saison. Les expériences menées sur le fleuve Komadougou près du Lac Tchad et dans la vallée de Karadi au Niger montrent la possibilité à long terme de faire fonctionner et d'assurer l'entretien de ce type de pompe avec des avantages notables pour les utilisateurs et pour les dimensions des parcelles cultivées. (réf: Rapid Country Review Report, IT Power Inc., juin 86).

On utilise beaucoup les chadoufs aux environs de Bol, soit 420 installations en service dans un seul périmètre. Selon un représentant résident de la SODELAC, on peut cultiver 1250 m<sup>2</sup> avec le débit d'un chadouf.

Cependant CARE/Chad a exprimé des inquiétudes quant à l'impact que peut avoir un nombre croissant de chadoufs sur les ressources locales en bois de construction (principalement les palmiers rôniers), et des efforts limités ont été faits pour utiliser d'autres matériaux. Certains utilisateurs interrogés se sont plaints du travail qu'exige le puisage de l'eau par chadouf. Il faut rappeler que traditionnellement ces polders étaient irrigués par inondations puis, pendant une courte période, à la fin des

années 70, par le réseau d'irrigation décrit ci-dessus. Ces dernières années, l'usage du chadouf prend de l'ampleur, mais pour la plupart avec quelques éléments de stimulation fournis par l'entremise des programmes Food For Work mis en oeuvre grâce à l'assistance extérieure des ONG. L'aide alimentaire a été retirée de certaines régions depuis la fin de 1985 et il sera maintenant possible d'évaluer les éléments de stimulation provenant réellement des petites parcelles cultivées.

La coopération italienne vient de forer cinq puits instantanés à l'extrémité du périmètre d'un polder asséché. Le diamètre des puits est de 7 pouces (environ 18cm). Les caractéristiques des puits se résument comme suit:

<u>N° du puits</u> (m <sup>3</sup> /h).	<u>Profondeur</u> (m)	<u>Niveau statique</u> (m)	<u>Débit</u>
1	63	4,5	12,6
2	71	4,5	12,6
3	74	4,5	12,6
4	28,25	4,5	12,6
5	67,5	14,5	?

Il n'était pas possible de déterminer si les valeurs des débits étaient obtenues par suite de tests "air-lift" ou bien de contrôle des débits. La Coopération Italienne envisage d'installer des pompes immergées électriques (de type non encore précisé) actionnées par un générateur central diesel. On envisage de cultiver une aire de 30 hectares.

#### 2.2.5 Bol - Doumdoum - Mao

On a observé quelques puits peu profonds (2 m) dans certains ouadis à proximité de villages isolés. On n'y note aucune motopompe ni un quelconque dispositif élévatoire amélioré. L'irrigation se pratique à petite échelle pour aider à la germination des jeunes plants. Près de 200 chadoufs fournissent l'eau à 50 ha mis en culture. L'eau est à une profondeur de 2,3 mètres.

Des pompes à bras de type "TYSEN" et "INDIEN" sont installées dans certains villages. La plupart des pompes TYSEN ne fonctionnent pas. Cette région est d'accès difficile.

#### 2.2.6. Mao

En octobre 1985, 73 hectares de ouadis ont été mis en culture sous la surveillance de la Ligue de la Croix Rouge et de l'ONDR, englobant 788 paysans dans un rayon de 10 km de Mao. La gamme des produits cultivés s'étend des arbres fruitiers aux produits maraîchers et céréaliers. Les activités s'étalent en général sur toute l'année, entrecoupées de cultures pluviales traditionnelles.

Le projet envisage le développement en deux phases de 10 autres ouadis à proximité de Mao.

Un second projet appelé "Projet Présidentiel" est chargé du développement de 10 autres ouadis (90 ha). Ils seront également équipés de chadoufs.

Les motopompes sont rares, seulement quatre. Elles sont toutes des petites unités portatives, deux ont été fournies en 1985 et les deux autres en 1986. Deux appartiennent au sultan du Kanem. Une troisième est présentement en panne.

Le chadouf, la seule autre technologie de levage améliorée en usage, est utilisé comme puits depuis des générations. Dans les trois ouadis examinés, le niveau statique de l'eau variait entre 1 et 1,5 mètres. Le nombre d'installations avoisine 1000 et sera porté à 4000 à en croire les estimations. L'équation hyperbolique levage/débit pour un chadouf,  $Q=200/h$ , développée par Dan Jenkins, Ingénieur hydraulicien, REDSO/Abidjan, a été vérifiée sur sites, et ce sur deux minutes, avec des remontées effectives de 1,8 et 2,4 mètres. Les données obtenues correspondaient à l'équation de Jenkins.

On ne dispose d'aucune autre donnée statistique. Les représentants de CARE/Tchad et de la Croix Rouge pour la région n'étaient pas à Mao; les renseignements ont été donc fournis par le PAM et l'ONDR.

Les puits traditionnels agrandis à 9 m<sup>2</sup> et approfondis jusqu'à 3 mètres, assurent un approvisionnement adéquat pour le fonctionnement continu des pompes portatives Suzuki et Yamaha de 5 CV.

Une installation d'appui logistique a été mise en place à Mao (en partie financée par l'USAID) et pourrait jouer un rôle important dans la maintenance des pompes de la région (point évoqué dans "Infrastructure de Maintenance").

Un rapport vient d'être publié par le PAM sur le programme "Food for Work" dans le Kanem (Mao). L'ONDR a également publié en janvier 1986 un rapport intitulé "Etat des Micro-Projets" qui passe en revue les camps de réinstallation dans le Chari-Baguirmi, le Kanem et le Batha, y compris la situation de réhabilitation des ouadis à Mao.

#### 2.2.7. Autres projets de micro perimètres

Les enquêtes sur le terrain n'ont qu'entrepris d'étudier un échantillon de projets de développement des ouadis et de projets de réinstallation là où l'exploitation des ouadis et des polders dans le cadre d'une agriculture sur petite échelle était en cours. On a estimé que cela suffisait à donner un aperçu général nécessaire pour mener l'étude sur les systèmes d'exhaure.

La quantification de ces projets a posé quelques problèmes du fait qu'aucun donateur ou organisme gouvernemental n'assume la responsabilité directe pour coordonner les différents efforts. Toutefois, l'ONDR joue un rôle important dans ce domaine, et a été utilisé comme principale source d'information.

Parmi les autres projets identifiés, on peut citer:

- Am-Silep (UNICEF) à 45 km au sud-est de Moussoro, où huit ouadis ont été dernièrement mis en exploitation, 200 hectares ont été défrichés pour être mis en culture et 392 hectares octroyés à 1528 familles.

- Cheddra (CARE/Tchad), où 10 ouadis en exploitation fournissent 111 ha de parcelles arables à 1772 familles réinstallées. Une deuxième phase de ce projet se focalise sur neuf nouveaux ouadis où 182 hectares seront octroyés à 1300 familles.
- Nokou (CARE/Tchad), où 166 ha ont été alloués à 1420 familles dans 10 ouadis dans un rayon de 17 km de Nokou.
- Karal (SECASDEV), où de 1982 à 1984, 5032 familles ont été réinstallées dans trois villages à l'est de Karal (l'un d'eux a été visité au cours de la mission sur le terrain). En 1985, il a commencé à y avoir des cultures de saison froide sur 684 hectares, principalement l'agriculture de décrue.
- Bokoro (SECADEV), où 6800 familles sont réinstallées, 30 puits ont été creusés et 250 hectares mis en culture. Les possibilités en matière de cultures de saison froide ont été réduites de manière drastique par les baisses sérieuses du niveau statique des puits (N5 = 15 m) survenues en janvier 1986.
- Yao (SECADEV), où 1365 puits ont été creusés et 658 hectares alloués à 861 familles.
- Asso (UNICEF), où trois petits périmètres irrigués d'une superficie totale de 35 hectares soutiennent les 540 hectares préparés pour les cultures pluviales. 500 familles y sont réinstallées.

L'UNSO (1983) a estimé que 6500 hectares de terres de polders ont été utilisées pour être travaillées par 14.100 familles et que 12.500 hectares seraient cultivables si on améliorait le puisage, le contrôle et la gestion de l'eau.

### 2.3. FOURNITURE DE SYSTEMES D'EXHAURE

L'ONDR a rédigé un rapport analysant les offres reçues par le GDT en 1985 pour la fourniture de 132 systèmes de motopompe. C'est la source d'information la plus complète et détaillée en matière de fournisseurs de systèmes d'exhaure au Tchad.

Ce document révèle qu'il y a à N'Djamena 12 organisations tchadiennes ou travaillant au Tchad, qui sont prêtes à fournir des motopompes au Tchad ainsi qu'à rendre des services après-vente.

La plupart de ces organisations ne sont pas des négociants confirmés et ont très peu, voire pas du tout, d'expérience en matière de mise en place d'une infrastructure d'entretien. Il semble que plusieurs d'entre-elles sont associées à des fournisseurs européens, seulement pour la présentation d'offres, de manière à respecter les exigences des Conditions de Référence de l'Appel d'Offres.

Fournisseur	Pays où se trouve le fournisseur	Organisation Associée Locale.	Fabricant
ABAKA ALI	Tchad	Abaka Ali	Wright Rain Farrow
SODEA	France	Maison de Cycles	Deutz
SOICEX	France	SOC ETT	Deutz/Guinard
M'BODOU ADOUM	Tchad	M'Bodou Adoum	Wright Rain Farrow
SODIEM	France	SOC.SEC.LEGC	LOMBARDINI - Italie
LOMBARDINI	France	SLIEMAN SALOUM	LOMBARDINI - France
ECG	Tchad	ECG	CERES Guinard
SCOLEX	France	AL Arhabar	Deutz
BELIN INT	France	Belin Tchad	Same: Lombardini
BTA	Belgique	Dimex	DVA
MAG	Tchad	MAG	Lister/Caprari
SGEEM	Tchad	SGEEM	Perkins/Stork

L'un des principaux distributeurs de moto-pompes à N'Djamena, Saloum Slieman Import/Export, représente officiellement les pompes Lombardini. Il a un petit stock (10 à 20) de pompes diesel centrifuges et de pompes électriques immergées et est en train de mettre en place un service d'entretien pour pompes et groupes électrogènes. L'un de ses techniciens a suivi un stage de deux mois en France, chez Lombardini. L'installation pour l'entretien sera élargie au remontage des moteurs et équipements commercialisés par Leroy-Somer France. L'agence de Lombardini a fourni dernièrement à l'ONDR 84 pompes de 6 CV et 48 pompes de 22 CV (cf. liste ci-dessus) et a vendu des pompes par le canal de VITA. Deux techniciens de l'ONDR ont été envoyés en stage en France.

Le distributeur avance qu'il dispose d'un stock complet de pièces de rechange (d'une valeur de 10 à 15 millions de FCFA) qui répond aux besoins de tous les modèles commercialisés.

M. Saloum nous a indiqué que le secteur privé n'a acheté que très peu de pompes et que rares sont les ventes qui ont été effectuées sans l'aide de crédits.

Lombardini, commercialise deux modèles de petites pompes à essence, modèles IM 250 et IH218. Le modèle IM250 sera retiré pour cause de problèmes de fiabilité.

La SIMAT est la seule autre société ayant un statut exclusif de concessionnaire. La SIMAT a signé un accord avec Deutz en juin 1986 et recevra son premier stock en septembre (c.f. paragraphe "fabrication"). Elle envisage d'établir une filiale séparée pour services après vente et pièces de rechange dans le cadre de son entreprise de machines agricoles.

Il n'a pas été identifié d'autres fournisseurs disposant de stocks et de pièces de rechange. Bon nombre de sociétés d'Importation/Exportation achètent des pompes sur commande.

## 2.4. FABRICANTS, ENTRETIEN ET MATIERES PREMIERES

Bon nombre de sociétés à N'Djamena sont dans le secteur des tôles, principalement pour la construction de bâtiments. Néanmoins, il n'a été identifié qu'une seule société capable de fabriquer des appareils d'exhaure. Cette société, la SIMAT, peut être décrite comme suit:

C'est une organisation tchadienne subventionnée par la France (Caisse pour la Coopération Economique) au capital de 650.000.000 FCFA. La SIMAT a commencé la construction de son installation en septembre 1985 et a commencé la fabrication en janvier 1986.

### 2.4.1. La SIMAT

La SIMAT fabrique et/ou assemble des équipements agricoles, bien qu'elle ait fabriqué un réservoir d'eau de 20 m<sup>3</sup> et qu'elle soit en train de fabriquer un container pour le transport de liquides.

Depuis janvier 1986, la SIMAT a fabriqué/assemblé:

- 7500 charrues à un soc à traction animale, desquelles 100 sont encore en stock (vendues 30.000 FCFA pièce).
- 236 charrettes à traction animale, plus 200 additionnelles commandées (vendues 130.000 FCFA pièce).
- 100 charrettes à bras.

La SIMAT a également assemblé des charrues et des hermes et envisage leur fabrication et commercialisation. Elle possède un modèle pour démonstration de la pompe à bras "pompe Briau Tropicale", qui est fabriquée au Cameroun. Elle prévoit de commencer la fabrication de cette pompe en septembre 1986.

Des négociations concernant la fabrication de la pompe à bras India MK II sont en cours. Pour les premières pompes, on aura recours à l'importation de certaines composantes, comme cela se fait au Mali.

La SIMAT représente "Renault Agriculture" et prévoit de fournir des tracteurs et autres machines agricoles motorisées. Elle représente également Deutz au Tchad (depuis juin 1986) et prévoit de mettre en vente des pompes et générateurs diesel. Cette société aura en stock des pièces de rechange et mettra sur pied un service après-vente.

Une étude récemment menée par le représentant technique de Deutz estime les possibilités de commercialisation des pompes à 300-400 pour les 2 à 3 années à venir.

L'installation de la SIMAT est constituée par un atelier machines et un atelier pour l'assemblage, une partie réservée au stockage des matières premières et aux stocks, un parc pour les produits finis, une partie réservée à l'exposition et un comptoir de vente, ainsi qu'un petit bureau pour le travail d'ingénierie, les bureaux administratifs et de gestion. L'atelier machines et d'équipements de travail des tôles sont de qualité industrielle et conviennent à

une production en série. Bon nombre des équipements ne sont pas neufs. Il n'y a pas d'atelier de fonderie, de forgeage ou de traitement thermique.

Jusqu'ici, les matières premières ont été importées de France, le plus souvent déjà découpées et mises en forme. On ne trouve sur place qu'un petit stock insignifiant. Les matériaux importés du Nigéria et du Cameroun ont tendance à être de mauvaise qualité et plus chers que si on se les procurait auprès de fournisseurs européens, même quand les frais de transport sont inclus.

La SIMAT est gérée conjointement par un personnel tchadien et un personnel français qui s'occupent du bureau de conception, de la production, du stock et des activités de commercialisation. Quarante personnes y travaillent actuellement.

La société qui a été subventionnée par "La Caisse de Coopération Economique" à ses débuts possède des actions du GDT par l'entremise de la "COTONTCHAD" ("CAISSE DE STABILISATION DU PRIX DU COTON"). La CFDT (société textile française), groupe d'investisseurs tchadiens et français, possède également des actions.

Les matières premières importées sont hors-taxe.

D'autres organisations possédant une expérience limitée en matière de fabrication ou d'assemblage de pompes ou d'activités en rapport avec les pompes, sont énumérées ci-dessous.

#### 2.4.2. L'Hydraulique Pastorale (ONHPV)

200 à 300 pompes à bras pour l'approvisionnement en eau des villages (type TYSEN) ont été fabriquées depuis 1970. Ces pompes sont formées d'un tube galvanisé et d'un corps (de pompe) en bois qui soutient et actionne un cylindre à trois pistons avec joint d'étanchéité et clapet de non retour. L'assemblage piston/cylindre est importé de Midwest Well Supply Co (Illinois, Etats-Unis). Le filtre est également importé. Un programme d'entretien courant, de visites semestrielles a été mis en place à un coût estimé entre 40.000 et 80.000 F CFA par pompe et par année.

Le coût d'installation du système, y compris puits instantané, les composantes de la pompe, l'ingénierie et la main d'oeuvre sur place, est estimé à 500.000 F CFA par pompe. Ce chiffre n'englobe pas l'amortissement du capital investi pour le forage, la fabrication et la gestion. Les pompes, de conception simple, peuvent être fabriquées à l'aide d'outils manuels, d'une machine à percer, d'un atelier soudure, d'un trépied de plombier et de matrices. Les composantes fabriquées localement le sont avec des matériaux obtenus sur le marché local, à l'exception des accessoires de plomberie galvanisés, du piston, du clapet de retenue, du cylindre et du filtre.

Les données obtenues indiquent que le système a fait preuve d'une fiabilité remarquable comparé aux pompes à bras de la même catégorie qui sont fabriquées pour le commerce. Des 96 pompes installées de 1970 à 1978, 43% étaient encore en fonctionnement en 1985, pratiquement sans infrastructure d'entretien en place pour la période de 1978 à 1984.

L'une des contraintes importantes dues à la conception est la suivante: lorsque le filtre est obstrué, ou lorsque le cylindre doit être remplacé, il faut retirer du forage tout l'assemblage. Il est impossible de réinstaller la pompe dans le même trou; aussi faut-il apporter sur place le matériel de forage pour effectuer une installation entièrement nouvelle. Les aspects économiques de cette approche sont en train d'être étudiés par CARE/Mali. CARE envisage d'installer 400 pompes à bras de ce type, probablement avec forages à manchon.

La conception de la pompe n'est pas adaptée à des applications en matière d'irrigation et constitue un pis aller dans le contexte présent de fabrication à technologie simple à l'aide d'équipement à faible coût. L'ONHPV a acquis une certaine expérience de ce type de pompe, expérience qui pourrait être utilisée pour fabriquer une pompe d'une conception adaptée à l'irrigation par pompage à faible profondeur.

#### 2.4.3. Missions catholiques - Koumra (Moyen Chari) et Sarh

Cette organisation a une certaine expérience en matière de construction et de réparation des pompes à bras du type "pompe à godet" utilisées pour le ravitaillement des villages. Pour obtenir plus de détails sur les activités de ces missions, on peut s'adresser à SECADEV, N'Djamena.

#### 2.4.4. SECADEV

Les turbines hydrauliques installées à Antaban et à Sarh ont été fabriquées par l'atelier de SECADEV à Chagoua (N'Djamena). L'installation actuelle de l'atelier se limite aux outils manuels et à la soudure. Un nouveau garage, en voie d'être construit, sera mieux équipé. Il a également été construit un prototype de pompe à bras qui est maintenant installé près de l'atelier.

#### 2.4.5. CARE N'Djamena

Un mécanicien tchadien au garage d'entretien de CARE a une certaine expérience en matière de construction du prototype de pompe à pédale Jenkins.

Le personnel de CARE supervise les opérations d'entretien et pourrait jouer un rôle dans la formation du personnel local quant aux procédures d'entretien des pompes.

#### 2.4.6 PAM/AAA Mao

Une installation construite dernièrement à Mao (partiellement subventionnée par l'USAID) pour le soutien logistique, a déjà mis en place des moyens impressionnants pour l'entretien des véhicules. Ce garage répare les véhicules poids-lourds et les véhicules du projet. Cette activité est supervisée par une équipe d'assistance technique expatriée allemande (Agro Action Allemande).

Le secteur privé a Mao à déjà utilisé cette installation pour effectuer des opérations d'entretien sur plusieurs motopompes portatives utilisées pour irriguer des ouadis.

Cette installation dispose des moyens et de l'expertise technique pour jouer un rôle important dans la région en matière de réparation de motopompes.

#### 2.4.7. L'ONDR

En sa qualité de service de vulgarisation assumant des responsabilités directes en matière de fourniture d'appareils d'exhaure, d'apport d'expertise, d'entretien et, dans certains cas, d'une partie ou de la totalité des coûts, l'ONDR est une agence du GDT bien indiquée pour être associée à la mise en place d'une infrastructure d'entretien d'appareils d'exhaure.

L'intégration de l'ONDR dans cette infrastructure permettrait d'aider à créer un réseau régional, vu que l'ONDR a déjà mis en place des bureaux régionaux.

Les matières premières accessoires en acier, en bois, de plomberie et électriques sont le plus souvent importés du Nigéria et sont assez souvent de mauvaise qualité.

Il n'est pas aisé de trouver sur le marché local des matières premières convenant à la fabrication de pompes à bras. Les stocks et la continuité des livraisons ne peuvent pas être assurés. Toutefois, la croissance est rapide et bon nombre d'entreprises commerciales sont en train de se ré-établir dans ce commerce. Il pourrait y avoir au cours de deux prochaines années une nette amélioration en matière de fourniture de matériaux. D'ici là, l'approche choisie par la SIMAT - importer les matières premières, le plus souvent découpées et préfabriquées, serait manifestement la méthode la plus sûre et l'approche la plus rentable pour s'engager dans une entreprise de production.

Toute tentative faite pour lancer une entreprise de production dans le cadre d'un projet d'irrigation devrait absolument - au point où en sont les choses - coopérer avec la SIMAT, non seulement pour pouvoir bénéficier des moyens de production mais aussi pour la commercialisation et la fourniture des matières premières.

## SECTION III

SELECTION DES POMPES ET PROGRAMME DE SUIVI SUR LE TERRAIN

Les principaux objectifs de la composante conceptuelle de cette étude sur les techniques d'exhaure sont:

1. La sélection de systèmes d'exhaure qui pourraient être intégrés dans un programme de tests sur le terrain, lequel serait lui-même intégré dans le Projet "Initiatives de Développement par les ONG (677-0051), et
2. La définition d'un programme de tests sur le terrain visant à déterminer parmi les technologies sélectionnées au point (1), celles qui fonctionnent bien dans un environnement sur le terrain, qui apportent des stimulants à leurs utilisateurs et qui peuvent être entretenues.

La base de données pour la sélection des systèmes et le programme de tests sur le terrain seront élaborés à partir de deux éléments:

- Une analyse des options technologiques
- Un examen rapide de leurs avantages économiques, qui sera combiné aux observations faites pendant les enquêtes sur le terrain concernant l'expérience au Tchad en matière d'irrigation par puisage à faible profondeur.

3.1. ANALYSE DES OPTIONS TECHNOLOGIQUES

La sélection d'un système de pompage est un exercice qui consiste à trouver la meilleure combinaison possible entre les ressources et la demande. Pour étudier le problème de la "meilleure combinaison possible", nous adopterons la stratégie suivante:

1. Regrouper les types de pompes (définies dans la Section I, 1ère Partie) d'après leurs plages de hauteur utile et de puissance.
2. Définir les options de ressources hydrauliques au Tchad, qui ont un potentiel élevé pour l'exploitation et le développement. Ces ressources devraient aussi exister dans les zones géographiques identifiées pour les activités de développement par les ONG.
3. Regrouper les forces motrices/ressources énergétiques d'après leurs plages de puissance pratiques pour les applications en matière de puisage à faible profondeur.
4. Combiner (3) et (2).
5. Examiner les technologies commercialisées qui ont été identifiées au point (4).

3.1.1. POMPES REGROUPEES D'APRES LEURS PUISSANCE ET HAUTEUR UTILE

Les types de pompes examinées dans la section I, Partie A, sont regroupées dans le Tableau III/1.

Les plages de hauteur et de puissance correspondent, en ce qui concerne la hauteur, aux:

1. Hauteurs atypiques des polders asséchés et des ouadis (moins de 1 m).
2. Hauteurs typiques (entre 1 et 3 m) de polders et ouadis.
3. Hauteurs typiques dans les vallées du Logone et du Chari et hauteurs extrêmes dans les ouadis et les polders (entre 3 et 10 m); et
4. Hauteurs atypiques dans les vallées du Logone et du Chari.

Les catégories de puissance sont subdivisées en trois groupes principaux:

1. moins de 100 watts, à forte dominante de mécanismes actionnés par la force humaine.
2. entre 100 et 1000 watts, comprenant la plupart des technologies à traction animale et à énergies renouvelables, et
3. plus de 1000 watts, comprenant les appareils au gasoil et les systèmes électriques fonctionnant sur le secteur ou grâce à un groupe électrogène.

Cette séparation structurée permet de faire une meilleure corrélation en ce qui concerne la combinaison des types de pompes avec les forces motrices et les ressources énergétiques. Le tableau III/1 illustre également chaque groupe par ordre décroissant de rendement anticipé. Le plus souvent, les types de pompes apparaissent dans plus d'une catégorie puissance/hauteur, vu que le même principe de pompage peut être actionné par plus d'une force motrice (par ex., une pompe à diaphragme peut être actionnée par la force éolienne pour les modèles indigènes) ou bien encore la plage de hauteur utile peut aller au-delà d'une catégorie de hauteur (par ex. pompes à piston, sakia, vis d'Archimède).

### 3.1.2. OPTIONS DE RESSOURCES HYDRAULIQUES

#### 3.1.2.1. ZONES DE OUADIS ET DE POLDERS

Le rapport de CARE/Tchad "Etude de mise en valeur des Ouadis du Kanem géographique" (mai 1986) présente certaines données climatiques pour des périodes comprises entre 1970 et 1977. Ces données sont complétées par celles d'Aghrymet pour 1984/85, présentées dans la section II de ce rapport.

D'une manière générale, cette base de données sur les ressources au Tchad est extrêmement limitée, en particulier pour ce qui est des données sur l'énergie solaire et l'énergie éolienne. Les données sur la température, l'humidité et les précipitations sont plus complètes.

## TYPES DE POMPES A FAIBLE HAUTEUR DE LEVAGE - HAUTEUR UTILE ET PUISSANCE

Puissance	Basse	Rendement	Moyenne	Rendement	Haute	Rendement
Hauteur Utile	100 W	%	100-1000 W	%	1000 W	%
Très basse Moins d'1 mètre	à chaîne inclinée	50-70	Sakia (HRES D2)	60-80		
	Vis d'Archimède	60-80	Vis d'Archimède	60-80		
	Dhones	20-50	Pompe hélice	50-95		
	Roues à aubes	20-50				
	Roues à Schellingwoude	40-70				
	Godets suspendus	10-30				
	Calebasse à balancier	10-15				
Basse 1-3 mètres	à diaphragme	50-80	Pompe hélice	50-95	Pompe hélice	50-95
	Centrifuge	30-80	Zawaffa (Jhallar)	60-80	Vis d'Archimède	60-80
	à chaîne inclinée	50-70	Sakia (HRES D2)	60-80	Centrifuge	30-80
	à clapet	20-50	Pompe à diaphragme	50-80		
	Chadouf	10-30	à chaîne inclinée	50-70		
			Centrifuge	30-80		
			Sakia	50-60		
			Vis d'Archimède	60-80		
			Roue persane	30-60		
			Tablia	30-60		
			Noria	30-40		
	Intermédiaire 3-10 mètres	à piston	40-85	à chaîne	50-80	Pompes axiales
à diaphragme		50-80	à piston	40-80	Vis d'Archimède	50-80
à chaîne		50-80	Centrifuge	30-80	Centrifuge	30-80
Mohte circulaire		30-40	Roue persane	30-80	Pompe Humphrey	30-50
		10-30	Pompe Humphrey	30-40		
à rouleau & à spirale			Mohte circulaire	30-40		
Haute Plus de 10 mètres	Petro (à diaphragme)	50-80	à chaîne	50-80	Multicellulaire	50-80
	à piston	40-85	à piston	40-85	Immergée	
	Mono (à cavité progressive)	50-70	Mono (à cavité progressive)	50-70	Centrifuge	30-80
		50-80	Multicellulaire immergée	30-80		
	à chaîne	50-80	Mohte auto-vidage	10-20		

Le rapport de CARE/Tchad reporte un classement des ouadis du Kanem et de la région du Lac. La Fig.III/2 montre la profondeur de la nappe aquifère (source-ORSTOM).

Compte tenu de la diversité des situations, il n'est pas possible qu'un seul type de pompe puisse satisfaire toutes les exigences en matière d'irrigation dans toute la zone. Vu que notre objectif est de sélectionner les technologies pour le programme, il est par conséquent préférable d'étudier à fond les cas, qui sont:

1. nombreux et présentant par là-même d'énormes possibilités pour la vulgarisation de l'utilisation d'une technologie donnée, et
2. les plus facilement adaptables aux technologies nouvelles, et les plus susceptibles d'avoir un bon rendement économique.

Ces cas concernent en général les applications à faible profondeur (moins de 3 mètres ) caractérisées par une abondante alimentation d'eau.

Les régions du Kanem et du Lac sont des zones de priorité pour la réinstallation des personnes déplacées dans lesquelles il existe un besoin réel de mettre en place une économie basée sur l'agriculture. Elles sont également les options de ouadis et polders asséchés les plus accessibles du Tchad qui reçoivent déjà des investissements très importants d'ONG américaines (notamment CARE/Tchad) subventionnées par l'USAID.

Sans tenir compte de ce besoin, on considère qu'il serait plus prudent de conduire les tests sur le terrain dans le cadre d'une enveloppe bien définie et soigneusement contrôlée.

On trouve énormément d'exemples d'équipements non utilisés ou cassés partout dans la région sahélienne. Les pompes à bras et les technologies à énergies renouvelables ne font pas exception à la règle.

Après analyse des raisons qui ont conduit à cette situation non souhaitable, on tire le plus souvent les conclusions suivantes:

1. Les projets sont trop ambitieux. Les technologies (notamment celles qui sont nouvelles dans la région) doivent être installées dans des zones d'accès facile et doivent coûter peu.
2. Des dispositions pour l'entretien à long-terme et les pièces de rechange doivent être prises au moment où la décision est prise de se procurer ces équipements.
3. La formation des utilisateurs aux procédures de fonctionnement, et la formation des techniciens en maintenance aux techniques de réparation doivent être programmées à l'avance dès le début et non pas ajoutées après-coup.
4. Des dispositions financières à long-terme devront garantir que les points 1. 2. et 3. pourront être réalisés pendant la durée de fonctionnement estimée de l'équipement.

Source: ORSTOM.

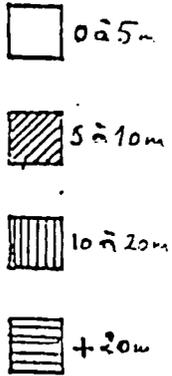
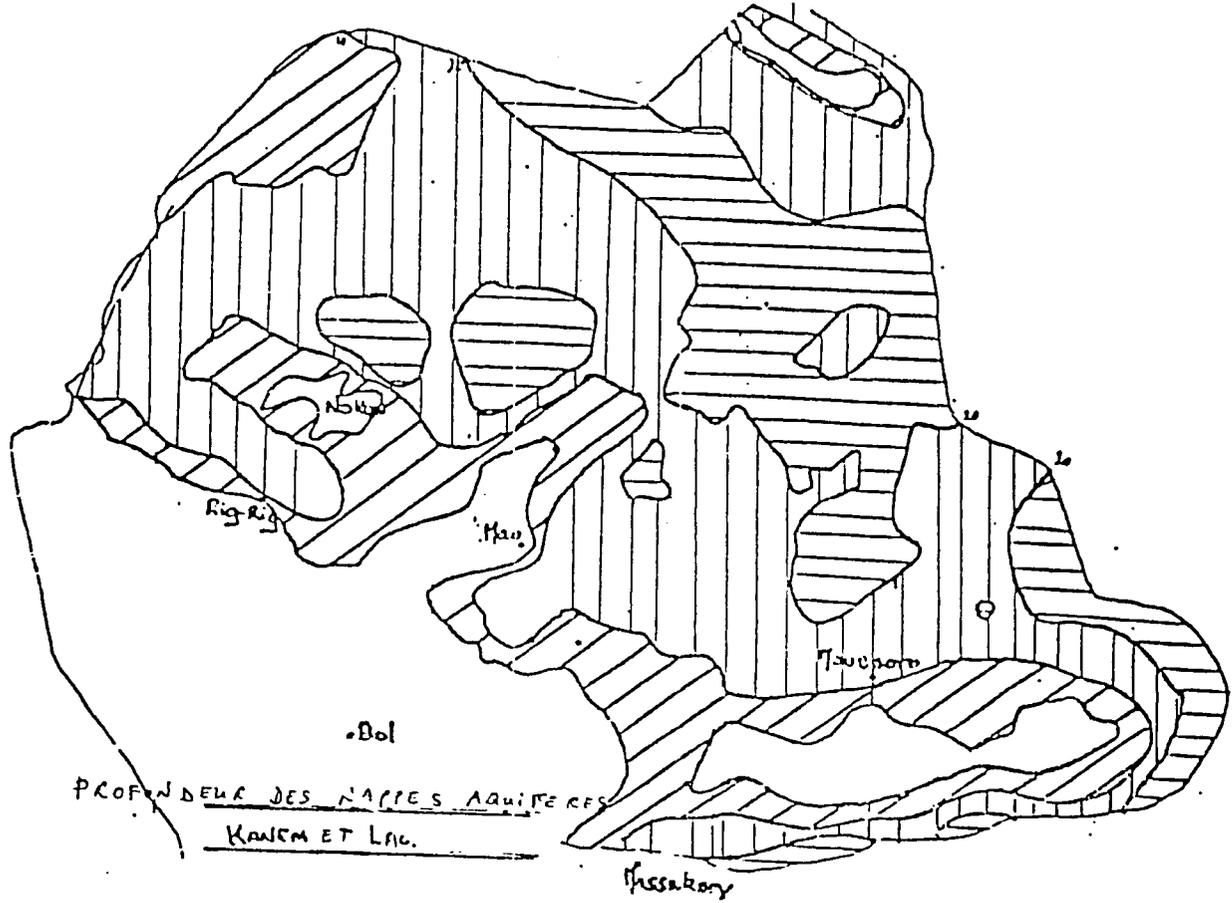


Figure III/2



PROFONDEUR DES NAPPES AQUIFERES  
KARCÉM ET LAC.

5. L'utilisateur ne perçoit pas ou n'apprécie pas la valeur des avantages offerts par la technologie, qu'ils soient économiques, sociaux, économiques en main-d'oeuvre ou simplement par leur attrait.

Les enquêtes sur le terrain ont déterminé que, dans plusieurs cas (Mao et Bol) où la zone des puits a été augmentée de 7 à 9 m<sup>2</sup> et la profondeur à 3 m, il a été constaté des augmentations très importantes de la quantité d'eau fournie. Les débits de l'ordre de 40 m<sup>3</sup>/h sont réalisés à l'aide de motopompes de 5 CV.

Cinq puits instantanés Italiens à Bol débitent 12,5 m<sup>3</sup>/h à 4-5 m le long du bord d'un polder.

Les mesurages de Jenkins sur les débits des chadoufs vont de 3 à 5 m<sup>3</sup>/h.

La documentation de référence (étude de WMS, rapport de CARE, document du Projet "Initiatives de Développement par les ONG" (677-0050)) ne font pas mention de problèmes d'inadéquation de l'eau pour les puits traditionnels sauf pour des cas isolés pour lesquels le niveau statique de la nappe aquifère décroît considérablement pendant la saison sèche (les sites de ce genre ne seront pas sélectionnés pour les technologies utilisées pour les tests sur le terrain). Les paysans signalent que les taux de recharge des puits traditionnels varient entre 0,5 et 2,5 m<sup>3</sup>/h.

Compte tenu de la rareté manifeste des données (l'Etude Hydraulique Allemande de 1985 n'a pas été étudiée), la seule approche sûre consiste à vérifier les débits d'une source d'eau particulière pendant ou après la phase de tests sur le terrain, ou à adapter un quelconque système motorisé à des systèmes de protection du niveau de l'eau à faible profondeur, jusqu'à ce qu'on puisse en apprendre davantage sur les caractéristiques de la nappe aquifère. Quoiqu'étant coûteuse, cette approche permet à la fois de protéger les équipements et d'améliorer la fiabilité des systèmes installés.

En outre, le suivi systématique et immédiat des niveaux de la nappe aquifère (si cela n'a pas encore été mis en place) devient une nécessité dès l'introduction de technologies d'exhaure plus efficaces et les taux plus élevés d'utilisation de la nappe aquifère qui en résultent.

Les sources d'eau qui semblent le mieux convenir aux différents critères respectifs sont:

- les niveaux statiques de 1 à 3 mètres avec possibilité de débits d'eau moins 30 m<sup>3</sup>/h, grâce à l'introduction de puits améliorés ou agrandis et, éventuellement, de puits instantanés à faible profondeur, et
- les niveaux statiques de 3 à 10 mètres avec possibilité de débits de 18 m<sup>3</sup>/h.

35 à 45% de la nappe aquifère dans les régions du Lac et du Kanem se trouve à moins de 10 mètres (Réf: étude de l'ORSTOM, Fig III/2).

Au cours de ces investigations sur le terrain, on a très peu appris sur les données suivantes:

- A. les débits potentiels à partir de ces nappes aquifères, et
- B. les conséquences à long-terme d'une augmentation des volumes d'eau tirés. Un suivi des niveaux et des mesures de protection contre l'assèchement doivent faire partie du programme de tests sur le terrain.

### 3.1.2.2. LA VALLEE ENTRE LE CHARI ET LE LOGONE

La plupart des périmètres irrigués par pompage assez importants au Tchad sont arrosés par le Chari et le Logone. Le plus grand actuellement en exploitation est le périmètre du "Casier B" à Bongor, de 500 ha (c.f. Section II, Observations). Quoiqu'il en soit, les 130 motopompes diesel et à essence qui fonctionnent au Tchad irriguent un peu moins de 1100 ha.

Les potentialités sont néanmoins énormes. La Fig II/3 montre que, dans la vallée du Chari (N'Djaména, Bousso), 28 périmètres ont été identifiés en 1977 comme sites possibles pour l'agriculture irriguée: 100 à 130 autres sites ont été identifiés entre Sarh et le Lac Tchad.

Les ressources hydrauliques qui présentent les plus fortes potentialités pour l'irrigation, aussi bien dans la vallée du Chari que dans celle du Logone, sont sans aucun doute les fleuves. La quasi-totalité des pompes diesel et à essence installées au Tchad tirent l'eau de cette source.

Les caractéristiques du Chari et du Logone diffèrent considérablement. Le rapport N° 41 de WMS indique que le Chari a un lit principal bien défini, avec très peu de plaines alluviales étendues et une hauteur de berges comprise entre 6 et 15 mètres; la berge typique est un épaulement sablonneux caractérisé par un dénivellement abrupt. Le Logone a un courant plus rapide et présente des berges sablonneuses étendues. Du point de vue ressources en eau (autres que celles utilisées par les turbines hydrauliques, lesquelles sont actionnées par la vitesse des fleuves), on peut considérer que ces deux fleuves se valent (NB: le Chari s'est pratiquement asséché au printemps 1984.)

Les principaux facteurs à prendre en considération pour sélectionner des technologies d'exhaure adaptées à des applications en surface sont:

1. la variation saisonnière du niveau
2. la plage de hauteurs d'élévation pour les périmètres irrigués
3. la vitesse de l'eau
4. les niveaux de souillure et de contamination
5. les options de montage des systèmes d'exhaure

On estime que les deux fleuves ont assez d'eau, aussi n'est-il pas nécessaire de faire des études préliminaires sur les conséquences de l'agriculture irriguée sur les niveaux de l'eau. (Ce problème particulier devient critique en certaines endroits le long du fleuve Niger.)

Comme mentionné dans l'examen des sources hydrauliques dans les régions de ouadis et de polders, aucune tentative ne sera faite pour fournir des options technologiques pour toutes les éventualités. L'objectif ici est de tenir compte d'une série caractéristique de cas, et de tester sur le terrain et assurer le suivi des installations qui peuvent être facilement reproduites dans de nombreux autres cadres.

Compte tenu de cette condition préliminaire, on a établi que les critères suivants représentent un cas caractéristique pour l'installation de pompes sur le Chari et le Logone:

- la variation saisonnière du niveau de l'eau de 4,5 mètres au maximum
- hauteur caractéristique:
  - 10 mètres en basse saison
  - 3 mètres en haute saison,
- la berge du fleuve: pas inondée.
- le périmètre irrigué: très près de la berge

Compte tenu de leurs emplacements géographiques, de leur facilité d'accès depuis N'Djamena, de la forte densité de leurs populations, de la disponibilité d'eau en abondance et de la proximité de nombreux périmètres arables, les vallées du Chari et du Logone sont les zones principales où l'USAID et les autres donateurs devraient obtenir les meilleurs résultats de leur assistance au GDT visant à augmenter la production agricole.

Plusieurs ONG sont déjà engagées dans la gestion de périmètres et la promotion d'une production agricole accrue: VITA, grâce à son programme de crédits aux petits exploitants agricoles, AFRICARE, avec ses programmes de gestion des périmètres de Miskine et Mailou et CARE dans bon nombre d'activités diverses. Il est par conséquent logique de sélectionner et d'introduire dans les périmètres des vallées des fleuves des systèmes d'exhaure améliorés sachant qu'un programme de ce genre soutiendra les activités déjà existantes et sera aligné sur les objectifs du Projet "Initiatives de Développement par les ONG".

Dans son rapport "Etude de Mise en valeur des ouadis du Kanem géographique", CARE/Tchad fait les recommandations suivantes (c.f. p. 33):

La recherche de nouvelles méthodes d'exhaure devrait suivre deux approches:

1. continuation des programmes déjà mis en place par CARE afin d'accroître la gamme des procédés d'exhaure qui sont techniquement et économiquement à la portée des cultivateurs.

2. dans les ouadis où les possibilités sont grandes, expérimentation avec des technologies plus puissantes telles que les pompes solaires et les motopompes, ce qui permettra de cultiver des superficies plus étendues.

En résumé, on peut s'attendre à ce que, grâce à l'amélioration des puits et à l'introduction de puits instantanés peu profonds, les régions de ouadis et de polders fournissent des ressources hydrauliques de:

- 30 m<sup>3</sup>/H entre 3 et 10 mètres
- 18 m<sup>3</sup>/H à des profondeurs de 3-10 mètres

La où il n'y a pas d'amélioration des puits, un puits traditionnel peut fournir 0,5 - 2,5 m<sup>3</sup>/H. (NB: les calculs des débits des chadoufs par la méthode de Jenkins donnent 3-5 m<sup>3</sup>/H). Il existe également une option qui consiste à faire alterner 4 à 6 puits traditionnels entre eux sur une parcelle cultivée; si l'appareil est portatif, cette option peut fournir entre 3 et 30 m<sup>3</sup>/H.

Dans les vallées des fleuves, on considère que le volume est illimité dans le contexte de ce programme; par conséquent, la hauteur de soulèvement de l'eau devient le critère principal dans la sélection, nominalement entre 3 et 10 mètres pour une variation saisonnière du niveau de 4,5 mètres.

Sur la base de discussions avec l'USAID/Tchad et les ONG se trouvant au Tchad, les plages de puissance hydraulique pour chaque source d'eau choisie définies dans la figure III/3 sont données compte tenu de l'hypothèse selon laquelle aucune parcelle irriguée par un seul système d'exhaure ne devrait dépasser 5 Ha. Aussi, quand l'eau provient des fleuves, la limite est donnée par le fait que la parcelle ne doit pas dépasser 5 hectares. Cette limite est déterminée par la prise en compte de la situation du "cas le plus critique" avec 8mm d'eau par jour distribuée grâce à un réseau d'irrigation et dont l'élément "Perte" est de 25%, c'est-à-dire de 100 m<sup>3</sup> par jour et par hectare.

### 3.1.3 PLAGES DE PUISSANCE DES FORCES MOTRICES ET RESSOURCES ENERGETIQUES

Bien qu'on ait tout au long de cette étude mis ensemble forces motrices et ressources énergétiques, il y a une très nette différence entre les deux. Il est néanmoins plus pratique de les associer en ce qui concerne la commande et l'alimentation des systèmes d'exhaure, et la définition des limitations de puissance qui peuvent être appliquées à une pompe (à savoir les systèmes à traction humaine ou animale) et, dans les autres cas, ce sont l'ampleur et la densité des ressources énergétiques (solaires et éoliennes) qui déterminent la plage de puissance de fonctionnement qui peut être appliqué à un type quelconque de pompe.

Dans cette section, sont exposées les plages de puissances des générateurs de force motrice et des ressources énergétiques qui sont d'usage courant ou qui peuvent s'avérer pratiques pour actionner les unités de pompage, et leurs applications et limitations sont définies.

Plages de puissance hydraulique des sources d'eau

CAS I Ouadi & Polder (1-3 m)  
 CAS II Ouadi & Polder (3-10 m)  
 CAS III Vallée de fleuve (3-9 m)



Hauteur  
statique  
(m)

Nota: 1. Le débit maximal pour les sources des ouadis et des polders est déterminé par les limitations du débit de la source.

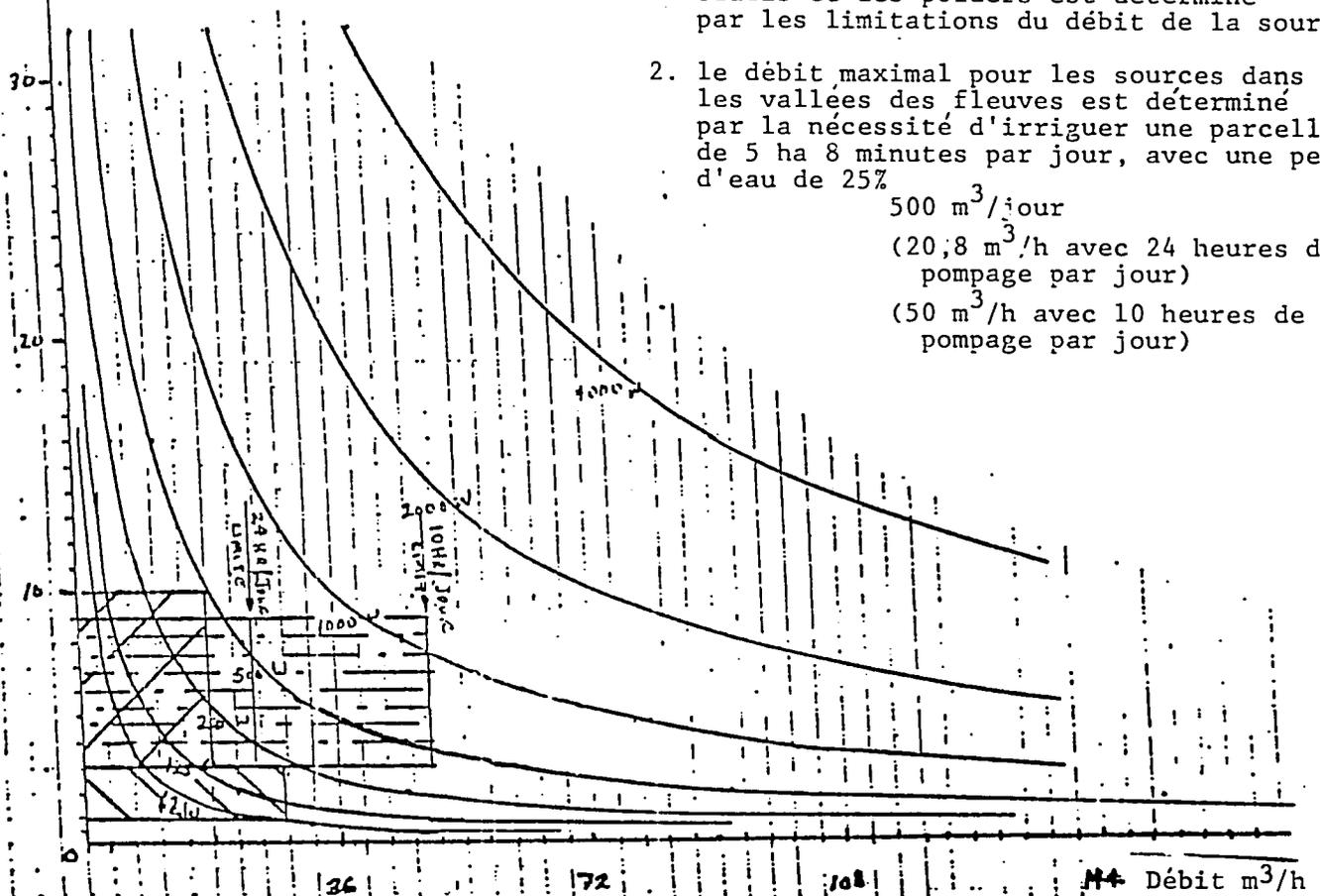
2. le débit maximal pour les sources dans les vallées des fleuves est déterminé par la nécessité d'irriguer une parcelle de 5 ha 8 minutes par jour, avec une perte d'eau de 25%

500 m<sup>3</sup>/jour

(20,8 m<sup>3</sup>/h avec 24 heures de pompage par jour)

(50 m<sup>3</sup>/h avec 10 heures de pompage par jour)

Figure III/3



36

72

108

144

Débit m<sup>3</sup>/h

### 3.1.3.1. ENERGIE HUMAINE

Comme exposé dans la Section II, il est difficile de faire un relevé précis des appareils de pompage à bras parce que les capacités humaines sont variables et qu'il existe de nombreux mécanismes élévatoires avec des performances très variables.

Néanmoins, les êtres humains ont une performance générale de 7 à 11% pour convertir l'énergie alimentaire en énergie mécanique utile. L'énergie alimentaire normale requise est de 2,8 Kwh/24 heures, avec un rendement de 200 à 300 Wh/jour.

- Kratz calcule comme suit le besoin alimentaire pour un homme en vue de libérer de l'énergie pour irriguer une culture déterminée:

- le riz demande 850 mm d'eau en 120 jours
- un terrain de 0,2 ha devrait produire 600 Kg
- on suppose que l'eau est levée de 3m avec une pompe efficace à 50%

Ainsi, on a besoin de 35 Kg de riz (6% de la production) pour produire une énergie en vue du pompage et 35 Kg de riz (6% de la production) sont nécessaires au maintien du métabolisme humain. Par conséquent, 12% de la production agricole sont destinés à donner de la force à celui qui procèdera à l'irrigation du périmètre, non comprises les tâches intensives de préparation du terrain, de mise en culture, de récolte et de transformation des produits.

Une étude du même genre menée par la commission de l'eau de l'ITDG a estimé que 18% des cultures produites sont destinées à la consommation de celui qui fournira un effort de pompage.

Contrairement aux croyances populaires, la puissance musculaire de l'homme coûte plus cher que toute autre source d'énergie. Ce ne sont que les pauvres qui sont contraints de recourir à l'énergie humaine, car ils ne disposent pas de l'investissement financier et parce qu'il ne peuvent se permettre mieux. De plus, quand on utilise quotidiennement l'énergie humaine pendant de longues périodes pour lever l'eau à des fins d'irrigation, cette énergie n'est pas disponible pour effectuer d'autres tâches qui peuvent être plus rentables, telles que l'augmentation de la taille des parcelles et la productivité quand davantage d'eau est disponible grâce à des technologies de levage plus efficaces.

L'utilisation du chadouf prend de l'ampleur au Tchad parce que:

- 1) c'est une technologie traditionnelle et qui est bien comprise dans certaines régions
- 2) sa fabrication et son entretien se font sur place à moindre frais.
- 3) il représente une méthode plus efficace pour lever des volumes d'eau importants à faible hauteur que les méthodes traditionnelles de la corde et du seau.
- 4) les premiers coûts d'investissement sont bas, et
- 5) CARE/Tchad et les autres organisations chargées du développement rural encouragent cette technologie.

Le chadouf a des limitations très distinctes et, bien qu'il ait été amélioré, il est par inhérence inefficace lorsqu'il est actionné par l'énergie humaine pour les raisons explicitées plus haut. Il faudrait beaucoup réfléchir et faire preuve de prudence avant d'encourager une utilisation généralisée de cette technologie.

La section I " Générateurs de force motrice et Ressources Energétiques " stipule ce qui suit:

1. On estime le rendement quotidien de l'énergie humaine à 250 wh/jour.
2. Si une ou plus d'une personne actionne le même mécanisme, le rendement énergétique n'est pas un multiple direct de nombre d'opérateurs, d'où l'efficacité des machines à un seul opérateur par rapport à celles à deux opérateurs.
3. L'âge, la taille, la condition physique et le sexe peuvent collectivement ou individuellement réduire le rendement quotidien standard de 250 wh/jour.
4. On peut accroître le rendement énergétique quotidien en prolongeant la fréquence et la durée des périodes de repos. Ainsi le nombre réel d'heures de travail reste constant mais la période durant laquelle le travail est effectué s'accroît.
5. Les pompes les plus efficaces pour l'irrigation sont actionnées par le pied.

La figure III/4 indique la puissance hydraulique que l'on peut envisager à partir d'appareils de pompage de performances différents. Les résultats que donnent les tests de Jenkins sur la rentabilité du Chadouf sont superposés à des fins de comparaison.

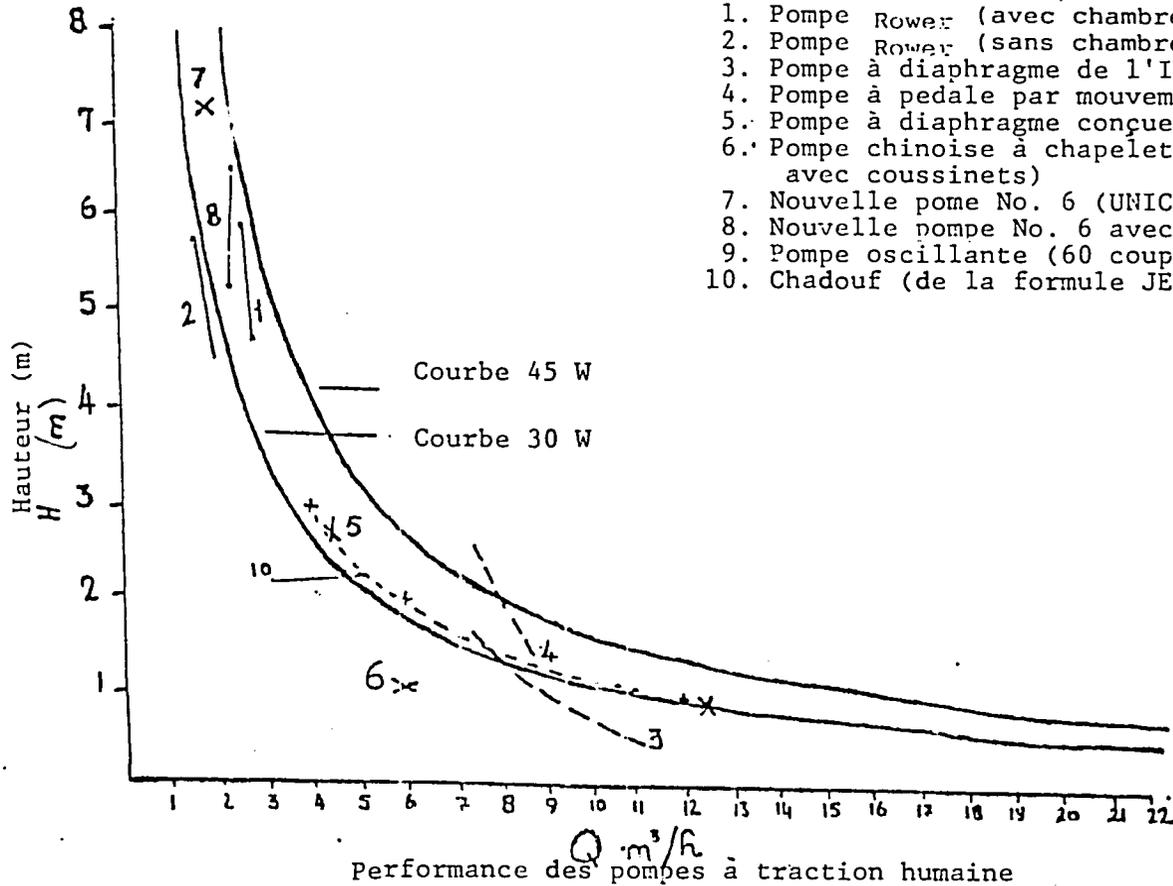
### 3.1.3.2 LA TRACTION ANIMALE

La traction animale en tant que force motrice offre des avantages distincts par rapport à la traction humaine. Les animaux sont fondamentalement plus puissants que l'homme et aident à réduire l'emploi intensif de main-d'oeuvre requise par les appareils manuels. Il faut cependant beaucoup d'efforts et d'entretien pour faire travailler et s'occuper du bétail.

Le rendement énergétique et la consommation alimentaire des animaux sont autant d'éléments à prendre en considération. Une étude menée en Egypte (BIRCH et RYDZEWSKI) montre que un (1) ha de terre est nécessaire pour une production suffisante de résidus pour l'entretien d'un animal de trait. En supposant que ce calcul est valable pour le Tchad (on ne dispose d'aucune information sur les ressources vivrières non cultivées), le petit exploitant doit alors cultiver une superficie huit fois supérieure à celle qu'il cultive traditionnellement à l'aide d'un Chadouf juste pour entretenir un animal. Puisque les chameaux, les chevaux et les boeufs robustes produisent 15 à 20 fois l'énergie quotidienne d'un être humain, ceci laisse une bonne marge pour une production accrue, largement au-dessus des besoins immédiats de l'exploitant et de sa famille.

CARACTERISTIQUES Q-H DE L'ENERGIE HUMAINE

Figure III/4



1. Pompe Rower (avec chambre anti-bélier)
2. Pompe Rower (sans chambre anti-bélier)
3. Pompe à diaphragme de l'IRRI
4. Pompe à pedale par mouvement d'inertie d'AIT
5. Pompe à diaphragme conçue par AIT
6. Pompe chinoise à chapelet (fabriquée en usine avec coussinets)
7. Nouvelle pome No. 6 (UNICEF)
8. Nouvelle pompe No. 6 avec chambre anti-bélier
9. Pompe oscillante (60 coups/minute)
10. Chadouf (de la formule JENKINS)

121

Cependant, plusieurs autres facteurs sont à prendre en compte avant de pouvoir quantifier les avantages, à savoir:

1. L'investissement et la durée de vie du travail utile de la traction animale et les facteurs de risques.
2. Les autres utilisations de la traction animale.
3. Le temps et l'effort humain à investir pour nourrir et entretenir l'animal.
4. Les ressources alimentaires naturelles, les alternatives à utiliser comme fourrage ( c'est-à-dire celles qui ne nécessitent pas de travaux de culture et de récolte de la part du paysan), et
5. La disponibilité de terres supplémentaires pour produire du fourrage (ceci peut constituer un facteur de contrôle important dans les ouadis du Tchad).

On ne peut, sur toutes ces questions, faire des bilans définitifs sans avoir acquis une longue expérience de l'utilisation des animaux de trait dans les mécanismes de levage d'eau efficaces, liés à la gestion modifiée et améliorée des eaux pour des parcelles plus étendues. Ceci constitue un domaine à examiner dans le programme d'expérimentation sur le terrain.

Une autre question à soulever dans ce contexte est le passage des parcelles d'une famille à plusieurs familles. A un certain point, quand l'énergie fournie par le générateur de force motrice dépasse un certain niveau, la parcelle devient l'entreprise de plus d'une famille en raison de l'envergure de la tâche.

A ce point-ci, la question de la gestion commune de la parcelle doit être envisagée, en particulier, la gestion en commun de l'animal de trait. Cette question est susceptible de poser beaucoup de problèmes et d'accroître la complexité de la gestion beaucoup plus que lorsqu'on utilise un générateur de force motrice purement mécanique (moteur à essence) pour mouvoir le mécanisme de levage d'eau.

Le tableau I/1 de la Section I donne un résumé de l'énergie fournie par les animaux. Comme pour tous les systèmes, cette énergie est plus efficacement absorbée lorsque la charge est constante et non cyclique.

Il existe deux catégories distinctes de mécanismes à traction animale: les actions cycliques (le délou par exemple) ou les actions continues, habituellement rotatives, et par le moyen d'une boîte à engrenages (les roues persanes par exemple, etc)

- Peu d'efforts ont été faits en vue d'introduire les mécanismes à traction animale au Tchad, bien qu'on ait observé quelques exemples isolés de puisage d'eau à l'aide d'une corde et d'un seau sur poulie. CARE/Tchad suit aussi le principe du délou.

La figure III/5 montre l'énergie hydraulique que l'on peut produire à partir des différents animaux de trait. L'efficacité de 60% d'une pompe et la performance de transmission de 60% sont supposées pour les courbes de référence.

Dans les polders et les ouadis du Tchad, les chameaux, les ânes et les chevaux légers sont les animaux qui pourraient très probablement être utilisés pour mettre en mouvement les appareils de levage par traction animale. Le long de la vallée du Logone et du Chari, les boeufs et les ânes le sont plus vraisemblablement.

### 3.1.3.3. L'ENERGIE SOLAIRE

Le tableau I/2. de la Section I présente quelques données sur la radiation solaire au Tchad, exprimée en heures d'ensoleillement par jour (source: l'Office Météorologique National et Aghrymet).

Les seules données quantitatives sur le flux solaire sont fournies par SOLMET (données satellitaires pour le système solaire) et les rapports de l'Université du Wisconsin pour la distribution mondiale de la radiation solaire.

Les données présentées ci-après montrent les moyennes mensuelles, kh (rapport ensoleillement sur une surface horizontale/ensoleillement sur une surface horizontale extra-terrestre).

Il n'existe au Tchad aucune installation de pompage par énergie photovoltaïque et on n'a pas identifié d'autres sources éventuelles de données solaires.

Afin de classer l'énergie solaire en plages d'énergie, on a adopté la technique suivante. Trois types d'installations de pompage alimentées par conversion directe de l'énergie solaire sont disponibles sur le marché et destinées aux stations d'irrigation à faible hauteur de levage (cf Figure III/6).

Ces installations existent dans le circuit commercial sous la forme ci-après:

1. Les pompes flottantes portatives (85 à 530 Wh)
  2. Les pompes immergées pour puits peu profonds (560 à 1400 wh)
  3. Les pompes centrifuges aspirantes (250 à 3000 wh)\*.
- \* peu répandues, non standardisées, et en général peu recommandées.

Pour une journée solaire normale de 5,5 kWh/m<sup>2</sup>/jour, censée être typique à N'Djamena (pourrait être de 6,8 kWh/m<sup>2</sup>/jour sur un plan horizontal pour Mao-Nokou, etc..), les panneaux photovoltaïques fourniraient une énergie quotidienne à peu près égale aux:

- 1/ pompes flottantes (340-2120 WH/jour).
- 2/ pompes immergées pour puits peu profonds (2240-5600 WH/Jour).

Cette relation entre énergie (puissance de pointe en watt) et moyenne d'énergie quotidienne est basée sur les données calculées sur les modules photovoltaïques de Mali où la latitude, la température et le climat sont identiques à ceux du Tchad.

Ce rendement quotidien d'énergie dépendant de la taille des panneaux photovoltaïque est 1,4 à 22,5 fois plus élevé que l'énergie d'un être humain.

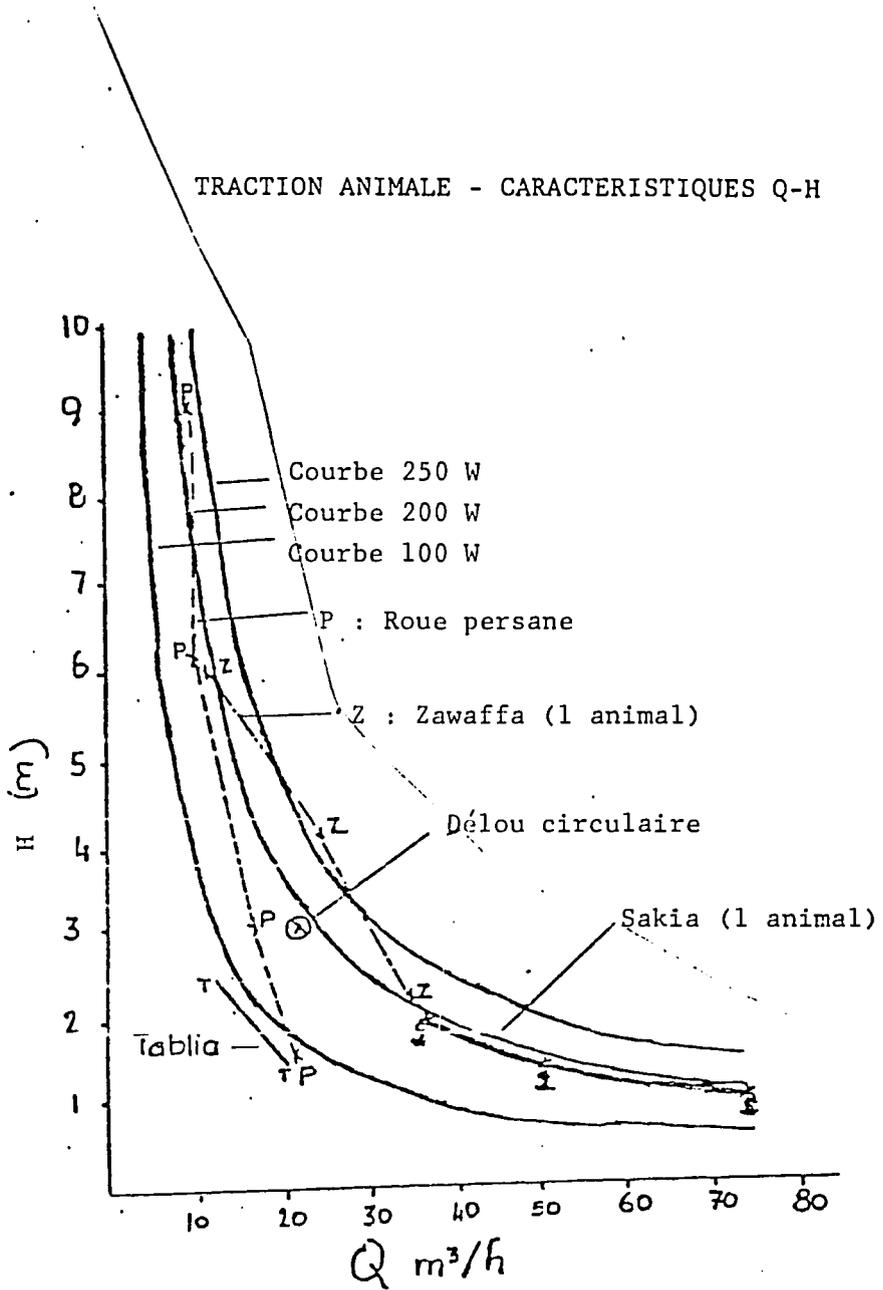


Figure III/5

La puissance normale et les caractéristiques de hauteur des appareils commercialisés sont exposées à la figure I/56.

### 3.1.3.4. LES MOTEURS A COMBUSTION INTERNE

Les moteurs à essence et diesel de petite et moyenne dimensions sont utilisés pour l'irrigation, comme défini dans la Section II "Installations de Pompage au Tchad".

La plupart de ces installations sont destinées au puisage d'eau des fleuves bien qu'un petit nombre soit en usage dans les ouadis et les polders.

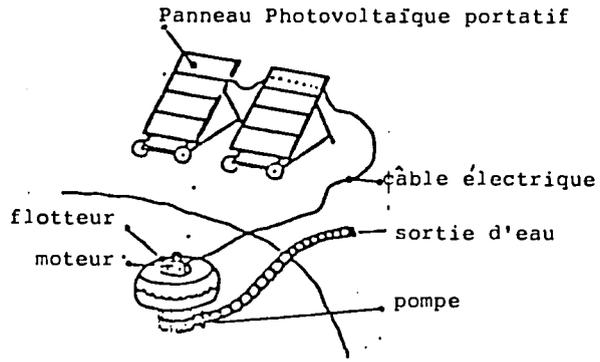
Les puissances des pompes diesel et à essence varient de 3,5 CV (2,6 kw) à 30 CV le plus souvent, mais vont parfois jusqu'à 80 CV.

Les spécifications des fabricants de pompe LISTER HR2 (22 CV) évaluent à 32,6% l'efficacité au niveau de la mer. Egalement, la firme LISTER indique une efficacité de 26,6% pour un appareil de 6CV. En pratique, pour les moteurs qui souvent ne fonctionnent pas à la puissance nominale, dont les conditions de maintenance sont médiocres, et du fait de l'usure et d'autres facteurs, l'efficacité thermique de frein n'est peut être que de 55 à 75% de ces valeurs nominales (c.f. rapport d'IT Power 5168 de juillet 85 sur la performance sur le terrain des pompes diesel). Utilisés à des fins d'irrigation, ces moteurs à combustion devraient fonctionner au moins 10 h/jour (Jenkins soutient qu'ils devraient fonctionner 24 h/jour pour parvenir à un rendement maximal durant toute leur durée de vie utile. Les petits moteurs à combustion (3,5 CV) fournissent normalement 7800 WH d'énergie en 10 heures/jour, en fonctionnant à la puissance nominale.

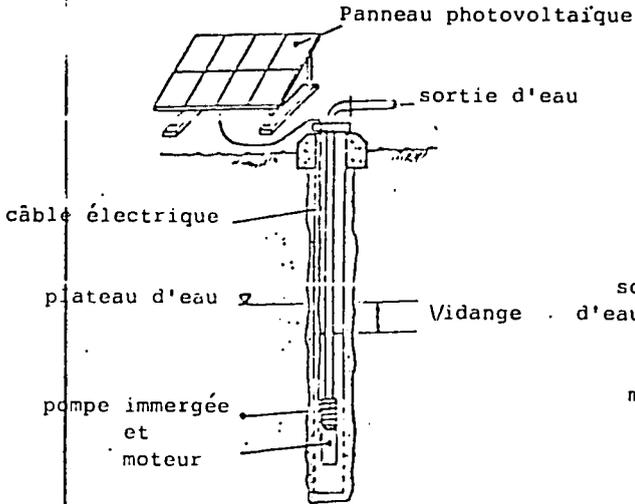
Ceci représente à peu près 30 fois la quantité d'énergie que peut produire un être humain en un jour et 1,5 à 2 fois le rendement d'un gros animal de trait, soit 1,4 fois le rendement d'une pompe solaire de 1,4 kW. Si le moteur n'est pas en bon état, s'il n'est pas bien réglé et ne fonctionne pas à la puissance nominale, ces rendements peuvent être réduits de moitié, comme le sera l'efficacité de la pompe. Bien que ceci affecte de manière drastique l'exploitation du point de vue économique, le rendement volumétrique demeure toujours élevé par rapport aux autres technologies.

Bien que les moteurs à combustion interne de plus grande taille (les modèles de 22 CV sont fréquemment observés au Tchad) ont tendance à être plus performants et plus coûteux que les petits moteurs portatifs, ils posent des problèmes d'installation, de transport et de maintenance.

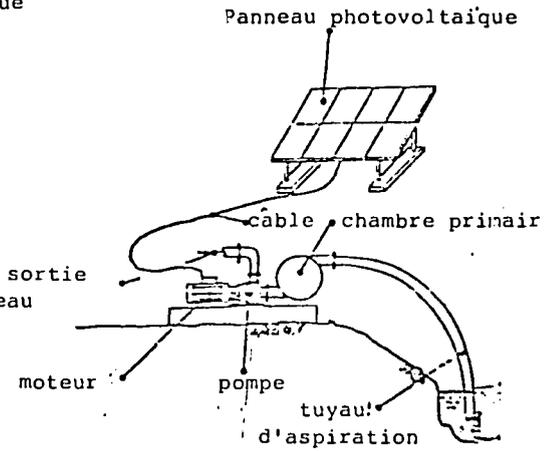
A titre de comparaison: les motopompes de 6 CV mises en service à Diré au Mali, dans le cadre d'un projet d'Africare irriguent 3,2 ha/pompe de produits maraîchers en saison froide, puisant l'eau à 6 mètres de profondeur et accomplissant 10 heures de travail par jour. Les chadoufs mis en service dans les ouadis du Tchad irriguent 0,125 ha/par chadouf de produits maraîchers en saison froide en 8 heures de travail (disons 5 heures d'affilée), à une profondeur de 3 mètres. Le rendement énergétique quotidien de la motopompe (en supposant que le chadouf est de moitié moins efficace



1. Pompes flottantes immergées



2. Pompes immergées pour puits profonds et puits peu profonds



3. Pompes centrifuges aspiration de surface

Figure III/6

qu'une pompe centrifuge, et que la motopompe fonctionne à 66% de sa puissance nominale) est égal au volume d'eau pompé en une journée par 30 personnes. Sans tenir compte de la capacité des petites motopompes à pomper des volumes élevés d'eau, l'expérience au Tchad n'a pas encore démontré d'avantages économiques suffisants pour les usagers pour compenser les charges récurrentes et offrir des stimulants justifiant une utilisation généralisée de cette technologie. Les questions liées à ces problèmes sont soulevées dans la section II "Observations".

### 3.1.3.5. L'ENERGIE EOLIENNE

Comme dans le cas de l'énergie solaire, on dispose de très peu de données concernant l'énergie éolienne au Tchad. De plus, l'expérience sur les éoliennes au Tchad est très limitée. Il existe à proximité de N'Djamena deux moulins à vent multipale et un autre opérationnel à Abéché. Trois autres installations, toujours à Abéché, sont en panne. Leur débit et leur hauteur utile n'étant pas contrôlés, ces appareils ne peuvent être utilisés pour extrapoler les ressources éoliennes. La puissance du vent est proportionnelle au cube de sa vitesse. Compte tenu de cette relation volumétrique, la disponibilité de la puissance est extrêmement sensible à la vitesse du vent; en doublant cette vitesse, on augmente de 8 la puissance. Le tableau ci-dessous montre que la densité de la puissance éolienne est fonction de la vitesse du vent.

Vitesse (m/s)	:	2,5	5,0	7,5	10	15	20
Densité de puissance (kw/m <sup>2</sup> ):		0,01	0,08	0,27	0,64	2,2	5,1

L'énergie éolienne est convertie en travail mécanique en faisant obstruction au vent ou en le déviant. L'énergie théorique maximale qui peut être convertie est approximativement de 60%. Corrélativement aux moulins à vent multipale et aux modèles à technologie simple, l'efficacité de cette conversion excède rarement le taux de 30%; elle est de l'ordre de 10 à 20% pour la plupart des appareils en service.

Bien qu'on ne dispose au Tchad que de peu de données sur ces ressources, on peut faire des prévisions sur la base des expériences acquises ailleurs dans le Sahel, là où existent des bases de données plus importantes.

Les prévisions pour le Tchad sont:

Vitesse annuelle moyenne du vent:

- latitudes: 7°N - 11°N, moins de 2m/s
- latitudes: 11,0°N - 12,5°N, de 2 à 2,5m/s
- latitudes: 12,5°N - 14,0°N, de 2,5 à 4m/s
- plus au nord: inconnue

Le volume d'eau pompé quotidiennement par une éolienne multipale efficace jusqu'à une hauteur de 10 mètres est évalué comme le montre la Figure III/7.

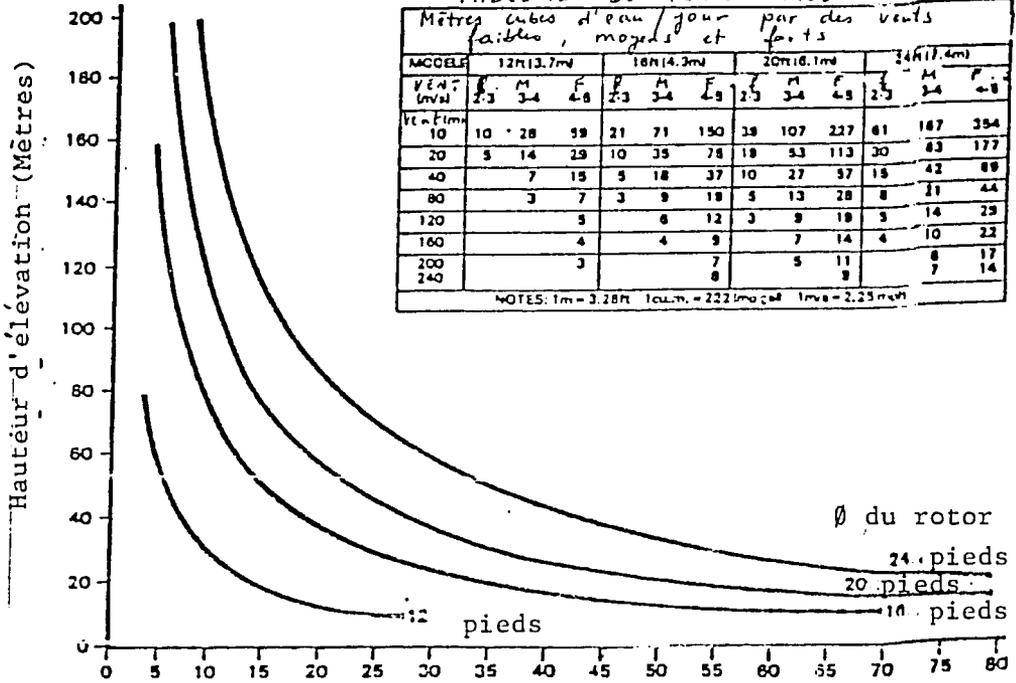
VENT f : faible  
 M : moyen  
 F : fort

TABLEAU DE PERFORMANCE - KIJITO

Mètres cubes d'eau/jour par des vents faibles, moyens et forts

MODELE	12m(3.7m)			18m(4.3m)			20m(6.1m)			24m(7.4m)		
	F	M	F	F	M	F	F	M	F	M	F	
Vent (m/s)	2-3	3-4	4-8	2-3	3-4	4-8	2-3	3-4	4-8	2-3	3-4	4-8
Vent (km/h)	10	14	28	10	14	28	10	14	28	10	14	28
10	28	59	21	71	150	38	107	227	81	187	354	
20	5	14	29	10	35	78	18	53	113	30	83	177
40	7	15	5	18	37	10	27	57	15	42	89	
80	3	7	3	9	19	5	13	28	8	21	44	
120	5	8	12	3	9	19	3	9	19	3	14	29
160	4	4	9	7	14	4	10	22	8	17	35	
200	3	7	8	5	11	9	7	14	4	10	22	
240	3	7	8	5	11	9	7	14	4	10	22	

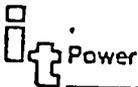
NOTES: 1m = 3.28ft 1cu.m = 227lmsqal 1m/s = 2.23km/h



Débit d'eau quotidien moyen (mètres cubes par 24 heures) pour des vents de vitesse moyenne de 3 à 4 m/s

Figure III/7

Source: IT Power



En supposant que les prédictions ci-dessus sont réalistes, on ne devrait pas tester les éoliennes sur le terrain en dessous du 13<sup>ème</sup> parallèle (13° de latitude nord).

### 3.1.3.6. L'ENERGIE ELECTRIQUE

Comme décrit dans la section I, "Générateurs de force motrice et ressources énergétiques", le réseau électrique national ne s'étend pas au-delà des villes principales. Les zones géographiques concernées par le programme d'expérimentation sur le terrain (vallées du Chari et du Logone, les ouadis et les polders), par contre, sont hors des limites dudit réseau. L'énergie électrique (autre que solaire) est fournie par des groupes électrogènes diesel ou à essence.

La plage de puissance des groupes électrogènes convenant aux opérations sur le terrain est identique à celle des moteurs à combustion interne qui actionnent directement la pompe. Ce point a été évoqué plus avant dans cette section. Les questions de leur maintenance et de leurs charges récurrentes sont également comparables.

Cependant, dans certaines applications, des avantages sont apparents:

1) Un groupe électrogène peut être adapté à une série de pompes actionnées par des moteurs électriques.

2) le groupe électrogène peut être monté en permanence au-dessus du niveau d'inondation dans un environnement bien protégé et aéré, d'accès facile pour la maintenance et le ravitaillement en carburant.

3) Puisque les pompes centrifuges sont plus efficaces lorsque la hauteur d'aspiration est réduite, les pompes flottantes ou les pompes immergées sont donc préférables. L'expérience au Sénégal indique que le couplage direct (moteurs sur flotteurs) risque d'être endommagé pendant les tempêtes (chavirement des pontons et ruptures d'amarrage) ainsi que l'usure excessive des pompes qui puisent de l'eau peu profonde, souvent boueuse et contaminée. Plus légères que les pompes actionnées par de moteurs à combustion interne, les pompes électriques ont un centre de gravité plus bas lorsqu'elles sont montées sur des pontons et peuvent être amarrées en eau profonde.

### 3.1.3.7. L'ENERGIE HYDRO-ELECTRIQUE

Au Tchad, le potentiel hydraulique pour mouvoir les pompes destinées à l'irrigation se limite aux vallées du Logone et du Chari, où l'énergie est produite par la vitesse de l'eau des fleuves. On n'entrevoit aucune opportunité d'installer des turbines à faible hauteur pour fournir de l'énergie électrique.

L'énergie des fleuves est exactement proportionnelle au cube de la vitesse, comme c'est le cas de l'énergie éolienne.

Les densités de puissance ci-après des courants hydrauliques peuvent être calculées en fonction de la vitesse de l'eau:

Vitesse (m/s)	0,5	1,0	1,5	2,0
Densité de Puissance (kw/m <sup>3</sup> )	0,06	0,5	1,7	4,0

Cela signifie que, compte tenu de la densité plus élevée de l'eau par rapport à celle de l'air, l'eau s'écoulant à une vitesse égale à 1/9 celle du vent aura une puissance équivalente.

Etant donné qu'à la vitesse de 9m/s le vent est une solution très intéressante pour actionner les éoliennes, l'eau qui coule à la vitesse de 1m/s est par conséquent une source énergétique aussi intéressante pour les turbines hydrauliques. En outre, les courants des fleuves ont tendance à être réguliers 24 heures sur 24 et ne posent pas les problèmes rencontrés dans l'exploitation de l'énergie éolienne.

Sous la supervision de P.L. Fraenkel de I.T. Power, ITDG a mis au point une pompe hélico-centrifuge, à axe vertical semblable du point de vue principe à un moulin à vent Darrius. (Avec un rendement du rotor de 25-30% et un rendement général de 6%, la turbine pompe 12,6 m<sup>3</sup>/h d'eau sur une hauteur d'élévation de 5 mètres avec un courant de 1,2m/s). Cet appareil n'est pas commercialisé en ce moment.

Borda est une ONG allemande qui a dernièrement construit et testé au Mali 30 turbines hydrauliques de type propulseur. Ces appareils commencent à fonctionner à partir d'une vitesse du courant de 0,4 m/s et, apparemment, pompent 150-200 m<sup>3</sup> par jour sur une hauteur d'élévation de 6 mètres pour des courants de 1 m/s. Il est nécessaire d'avoir un compteur pour mesurer le courant. On ne dispose pas de rapports techniques pour le moment.

### 3.1.3.8. ENERGIE D'ORIGINE VEGETALE (BIOMASSE)

Les ressources de la biomasse, en particulier dans le sud du Tchad, sont considérables et pratiquement inexploitées, à l'exception du bois de chauffe utilisé à des fins domestiques.

La conversion de l'énergie d'origine végétale en force mécanique, bien qu'étant techniquement possible, est complexe et n'est pas considérée pratique dans le cadre de cette étude. Par conséquent, la biomasse en tant que source énergétique potentielle pour actionner les pompes est exclue.

### 3.1.4. ADAPTION DES CAPACITES DE PUISSANCES DES DIFFERENTS TYPES DE POMPES AUX PLAGES DE PUISSANCES DES GENERATEURS DE FORCES MOTRICES.

La première partie de cette section regroupait les types de pompes d'après les plages de hauteur utile et de puissance et combinait la hauteur utile des types de pompes aux options de ressources hydrauliques disponibles au Tchad.

En pratique, compte tenu principalement des limitations de vitesse de fonctionnement cyclique ou rotatif, des types de générateurs de force motrice et de pompes, toute tentative d'adaptation doit également prendre en compte la praticabilité de l'interface mécanique. La réduction ou l'augmentation de la vitesse est généralement déconseillée en tant que moyen permettant d'obtenir une meilleure compatibilité de la vitesse, ce à cause des pertes de puissance, de la complexité mécanique et des coûts. L'élément coût prend une importance croissante au fur et à mesure que le rapport de vitesse augmente.

Les tableaux (III/2) et (III/3) identifient les types de pompes pour une plage spécifique de hauteur utile qui peut en pratique être mise en rapport avec les diverses forces motrices.

L'accent est mis sur les technologies déjà connues et commercialisées. Cette approche a tendance à limiter les options disponibles mais a été adoptée dans le but d'éviter des travaux de Recherche et Développement sur le terrain. Le temps dont disposent les ONG pour se procurer, installer et assurer le suivi des diverses installations d'exhaure est restreint et les ressources sont limitées. L'introduction d'une composante "recherche appliquée" dans les programmes d'exhaure prend beaucoup de temps, coûte cher et détourne de l'objectif principal du projet qui est d'accroître la productivité agricole. On estime donc qu'il est nécessaire d'exclure de la phase de tests sur le terrain tout appareil qui n'est pas actuellement commercialisé.

Bon nombre de types de pompes sont adaptables aux forces motrices et aux ressources énergétiques mais ne sont pas commercialisées pour le moment. Ces systèmes, bien que n'étant pas prévus pour être incorporés dans le programme de tests sur le terrain tel qu'il est proposé, ne devraient pas être ignorés.

Les possibilités à plus long terme de certaines combinaisons entre forces motrices et types de pompes, qui sont destinées à une application spécifique, seront très certainement susceptibles de dépasser les possibilités des appareils commercialisés. Cependant, avant d'introduire ces systèmes sur le terrain, la conception technique, l'adaptation de leur prototype et leur test en laboratoire sont obligatoires. La plus grande partie de l'expérience négative relative aux précédentes installations de technologies à énergies renouvelables est due au fait que les appareils étaient commercialisés et installés sur le terrain avant même de mener des programmes complets et détaillés de développement de ces appareils en laboratoire et de tests contrôlés sur le terrain. Afin de ne pas renouveler des expériences semblables, il faudrait faire preuve de beaucoup de prudence dans le programme des ONG relatif aux tests sur le terrain.

### 3.2. CONSIDERATIONS ECONOMIQUES

Le critère le plus important à prendre en considération lors du choix d'un système d'exhaure pour l'irrigation a trait à la rentabilité. Toutefois, les considérations techniques et de fonctionnement ne devraient pas être écartées.

Les frais d'investissement et le fonctionnement et la maintenance, sont les deux principaux éléments qui déterminent la rentabilité de n'importe quel système, mais le plus souvent, le choix est basé uniquement sur les frais d'investissement, sans tenir compte des coûts de fonctionnement et de maintenance. Bon nombre de pompes centrifuges diesel dans les vallées du Logone et du Chari prouvent que même quand les frais d'investissement sont supportés par des organisations donatrices, les coûts de fonctionnement et de maintenance ne peuvent pas être assumés de manière efficace par les utilisateurs et la production agricole est faible. Ce problème peut être dans certaines cas imputé à la mauvaise gestion locale des

## TABLEAU III/2

## CAS I - LEVAGE 1-3 METRES

FORCE MOTRICE		ANIMAL				MOTEURS C I			
TYPES DE POMPE									
Pompe à Diaphragme	X	X	X		X				X
Centrifuge	X	X	X	X		X	X	X	X
à chaîne in- clinée	X								
Pompe Oscillante	X								
Chadouf	X								
Pompe à Piston	X								
Pompe axiale						X	X	X	
Zawaffa		X	X						
Sakia (HRES D <sub>2</sub> )		X	X			X			
Vis d'Archimède	X	X	X			X	X	X	
Roue Persane		X	X						
Tablia		X	X						
Noria		X	X						



périmètres mais, en dernière analyse, il tourne autour des aspects économiques des coûts de fonctionnement et de maintenance des périmètres, et de l'absence de stimulants financiers adéquats qui en résultent pour les utilisateurs.

On a tendance à introduire des technologies qui nécessitent un investissement minimum (chadouf) au lieu de celles qui engendrent des coûts minimum de fonctionnement et de maintenance (solaire, éolienne, hydraulique). Cette approche engendre un cas économique décevant du fait que, bien que les frais d'investissement et les coûts de fonctionnement et de maintenance soient les principaux éléments de la rentabilité, la composante fonctionnement et maintenance, à elle seule, peut détruire les stimulants nécessaires à la production.

De nombreuses études de cas ont été réalisées et des modèles élaborés dans le cadre d'un effort visant à quantifier les conditions et critères qui définissent les avantages et les inconvénients de divers types de technologies. Les installations ont tendance à devenir tellement particulières, techniquement, économiquement et du point de vue de la gestion, que les généralisations ne permettent pas de faire une estimation valable.

L'objectif du Projet "Initiatives de Développement par les ONG" ne consistera pas uniquement à assurer le suivi de la viabilité technique, mais aussi à analyser les avantages économiques des diverses installations. C'est la seule méthode par laquelle on peut procéder à la détermination de la "meilleure option".

Toutefois, certaines généralisations économiques peuvent aider à la sélection des technologies qui seront utilisées dans le cadre du Projet Initiatives de Développement par les ONG. Ces généralisations peuvent être réparties en deux catégories principales:

- les résultats obtenus des analyses du "coût unitaire de l'eau" (voir Tableau III/4 pour la méthodologie) et les coûts inputés aux différents systèmes d'exhaure (Tableau III/5)

- l'expérience sur le terrain portant sur des périmètres où les systèmes d'exhaure sont déjà en fonctionnement.

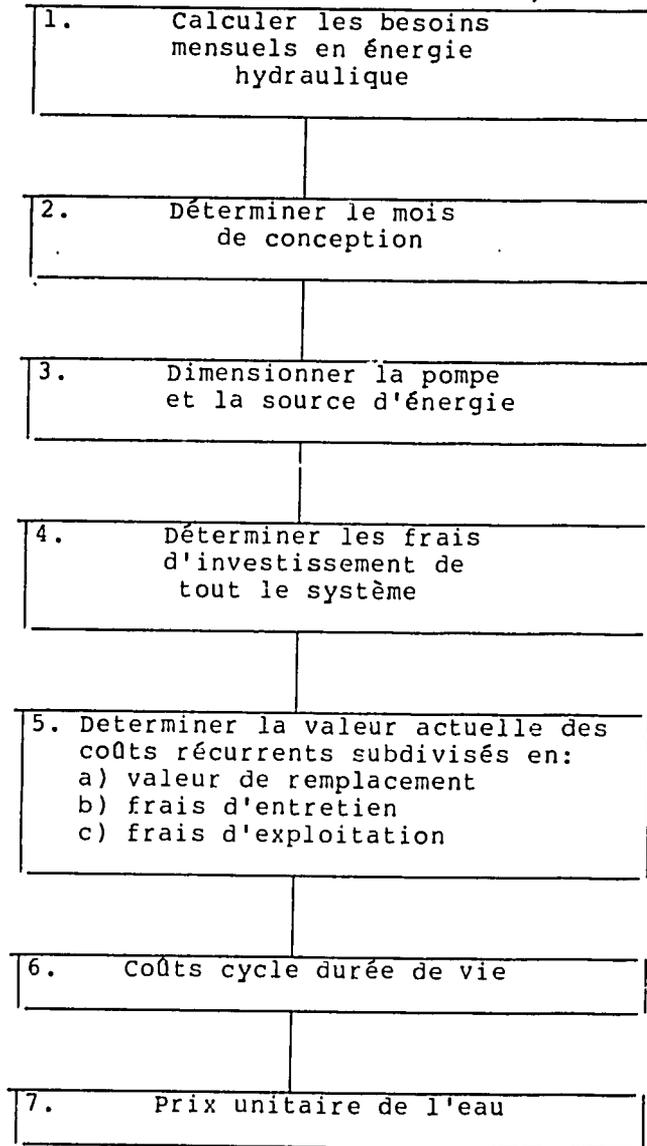
TABLEAU III/4EVALUATION PROGRESSIVE DES COÛTS D'UN SYSTEME D'EXHAURE

TABLEAU III/5

COUTS CARACTERISTIQUES DES GENERATEURS DE FORCES MOTRICES

FORCE MOTRICE COUT	HUMAINE	ANIMALE	SOLAIRE	VENT	HYDRAU- LIQUE	MOTEUR A KEROSINE
Capital	*	**	*****	****	****	**
Transport	*	*	***	****	***	**
Installation	*	**	*	***	***	**
Carburant	*****	***	Néant	Néant	Néant	***
Pièces de rechange	*	*	*	*	*	****
Maintenance	*	*	*	*	*	****
Présence	*****	****	*	*	*	***
Productivité	*	**	***	***	****	****
Coûts d'option	*****	***	*	*	*	****

LEGENDE

- \* = Faible
- \*\* = Faible à modéré
- \*\*\* = Modéré
- \*\*\*\* = Modéré à élevé
- \*\*\*\*\* = Elevé

"Présence" signifie le niveau d'intervention humaine nécessaire.

Les conclusions pouvant être tirées de l'expérience sur le terrain au Tchad sont les suivantes:

1. Les systèmes à faible coût d'investissement (qui sont inmanquablement actionnés par l'homme) ne permettent pas de cultiver une parcelle de taille suffisante pour motiver les paysans.
2. Les coûts de fonctionnement et de maintenance des périmètres gérés et exploités en groupe sont assez élevés pour décourager les utilisateurs, quand les systèmes d'exhaure utilisés fonctionnent au diesel.
3. L'infrastructure de maintenance est loin d'être appropriée et nécessite des investissements importants, financiers comme techniques.
4. La production agricole accrue des projets de réinstallation, qui a généralement été obtenue grâce à des stimulants sous forme d'aide en vivres, pourrait bien ne pas continuer lorsque ces stimulants seront supprimés.
5. Il semblerait que le programme de VITA d'allocation de crédits aux paysans, quoiqu'étant récent et s'appliquant sur une petite échelle, peut apporter assez de stimulants économiques pour motiver les paysans à accroître les cultures vivrières.

### 3.3. SYSTEMES D'EXHAURE COMMERCIALISES POUR LE PROGRAMME DE TESTS SUR LE TERRAIN

Le tableau III/11 énumère les types de pompes et de générateurs de forces motrices qui doivent être installés et suivis sur le terrain afin de déterminer les combinaisons qui s'adaptent à ces environnements de la manière la plus efficace. Les systèmes sélectionnés sont ceux qui, d'après les appareils abordés dans l'examen de la documentation et les résultats de l'étude sur le terrain, seraient les plus susceptibles de bien fonctionner. En procédant à cette sélection, on met l'accent sur l'intérêt de l'USAID/Tchad en matière de promotion des appareils à faible technologie, actionnés par l'homme et l'animal, ainsi que sur l'utilisation d'appareils à faibles coûts récurrents (qui sont surtout des technologies à énergie renouvelable).

Le test sur le terrain des appareils portatifs, à essence comme diesel, déjà en utilisation, est minimisé mais non pas exclu, vu qu'il est nécessaire d'établir une base de comparaison des diverses options technologiques.

La détermination du nombre et de la distribution des appareils devant être testés a été établie d'après:

1. L'échantillon minimal jugé nécessaire pour apporter une base de données appropriée à l'analyse au cours des deux années disponibles.
2. Les capacités prévues des cinq ONG chargées de l'exécution du projet.

TABLEAU III/11

SYSTEMES DE POMPAGE POUR LE PROGRAMME DE TESTS SUR LE TERRAIN

TYPE DE SITE	TYPE DE POMPE	FORCE MOTRICE	NOMBRE D' ECHANTILLONS	NOMBRE DE SITES DE TESTS
OUADIS	- Pompe "Rower" (piston à commande directe)	Humaine (à bras)	50	5
ET	- Diaphragme unique	Humaine (à bras)	25	5
	- Diaphragme double	Humaine (à pied)	25	5
	- Pédale (piston double)	Humaine (à pied)	50	10
POLDERS	- Pompe centrifuge	Humaine (à pied)	10	4
	- Pompe à inertie (oscillante)	Humaine (à bras)	20	5
ASSECHES	*- Vis d'Archimède	Humaine (à bras)	25	5
	*- Pompe à chaîne inclinée	Humaine (à pied)	5	5
( m)	*- Sakia (HRES D <sub>2</sub> )	Animale	3	3
	- Vis d'Archimède	Animale	2	2
	*- Pompe centrifuge ou à diaphragme	Vent	5	2
	- Pompe centrifuge flottante	Solaire(photovoltaïque)	20	10
	- Pompe centrifuge	Essence-portable(3,5CV)	25	5
	- Pompe axiale	Essence	10	3
OUADIS	- A chaîne	Humaine (à bras)	5	5
ET	- A piston jumelé	Humaine(à bras et à pied)	20	5
	*- Roue persane (Zhallar)	Animale	2	2
	*- Mohte circulaire	Animale	3	3
POLDERS	- A piston	Moulin à vent multipale	10	2
	- Hélico-centrifuge immergée	Solaire(photovoltaïque)	10	4
ASSECHES (3-10 m)	- Centrifuge flottante	Groupe électrogène alimentant un lot de pompes	10	1
VALLEE	- Centrifuge montée sur ponton	Moteur diesel à C.V. (10CV)	5	5
DE FLEUVE	- Hélico-centrifuge immergée montée sur ponton	Solaire(photovoltaïque)	5	5
	- Centrifuge flottante	Solaire(photovoltaïque)	5	5
(3-10M)	*- Centrifuge/multi-piston	Hydraulique (rotor Darrius)	3	3
	*- A piston	Hydraulique(propulseur)	3	3
	- Immergée montée sur ponton	Groupe électrogène alimentant un lot de pompes	10	1

\* Fabriquées et testées sur le terrain mais non commercialisées.

3. L'ampleur du travail d'analyse et la répartition des responsabilités.

4. La capacité d'une équipe unique en matière de suivi des performances à court terme et d'organisation de la collecte et de la compilation des données et, en dernier lieu,

5. L'enveloppe financière disponible dans le cadre du Projet Initiatives de Développement par les ONG qui pourrait, d'une façon réaliste, être investie pour l'acquisition et le suivi des systèmes d'exhaure.

Les systèmes sélectionnés comprennent:

- 275 systèmes pour ouadis et polders (élévation = 1-3 m)
- 60 systèmes pour ouadis et polders (élévation = 3-10 m)
- 31 systèmes pour les berges de fleuves.

Regroupés par catégories de générateurs de forces motrices:

- 235 systèmes actionnés par l'homme (bras ou pied)
- 10 systèmes actionnés par l'animal
- 15 systèmes de type éolien.
- 40 systèmes actionnés par moteurs à combustion interne à gasoil
- 20 systèmes fonctionnent à l'électricité, grâce à des groupes électrogènes diesel
- 6 systèmes actionnés par le courant des fleuves.

Les coûts des systèmes d'exhaure destinés au programme de tests sur le terrain n'ont pas été estimés avec précision mais sont évalués à 548.000 dollars F.A.B.

On estime qu'il faudrait prévoir 150.000 dollars du budget pour leur acheminement jusqu'au site et 146.000 dollars additionnels pour couvrir d'installation d'environ 80 systèmes qui nécessitent des ajustements techniques sur place.

On obtient ainsi un coût total d'installation de 844.000 dollars pour l'ensemble des systèmes.

Les coûts des opérations de suivi de ces sites pour une période de deux ans ne peuvent pas être évalués avec précision parce que bon nombre de composantes du programme de suivi seraient intégrées dans les autres activités de gestion et d'exploitation des autres périmètres. Les activités liées aux tests à court terme, à la collecte et compilation des données seraient indépendantes et leurs coûts (établis d'après les coûts de suivi des installations sur le terrain pratiqués au Mali), si elles sont menées à des intervalles de six mois, sont estimés à 210.000 dollars.

Cette somme ne comprend pas la supervision effectuée par des consultants externes, laquelle est indispensable, à moins que l'USAID ne dispose du personnel pour gérer le programme de suivi, en analyser les résultats, apporter la supervision technique et assurer la conduite de l'exploitation.

L'instrumentation requise pour réaliser les tests à court terme sera un extrant de l'évaluation comparée des performances techniques et économiques des systèmes d'exhaure en voie d'être élaborés par I.T. Power, Inc. et ARD. Les coûts ne peuvent pas être évalués au stade actuel, mais n'excéderont très vraisemblablement pas 20% des coûts d'installation des systèmes. En additionnant les éléments ci-dessus, le coût d'installation de l'instrumentation, du suivi, et de l'analyse des résultats obtenus des 366 systèmes sélectionnés sera d'environ 1,25 million de dollars. Une fois installés et en fonctionnement, ces systèmes pourront irriguer 560 hectares.

### 3.4. PROGRAMME DE SUIVI SUR LE TERRAIN

#### 3.4.1. OBJECTIF

La sélection et l'installation d'appareils destinés à améliorer l'efficacité des techniques d'exhaure et augmenter leur fiabilité de fonctionnement et leurs avantages économiques ne produiront pas de résultats utiles à moins de n'introduire dans le programme d'ensemble un programme de suivi bien conçu, qui en fasse partie intégrante. En outre, un programme de suivi, même bien exécuté, ne produira pas de résultats utiles tant que les données obtenues tout au long du suivi ne seront pas analysées et utilisées comme base à partir de laquelle on pourra sélectionner les systèmes de pompage pour une dissémination à grande échelle et éventuellement leur fabrication sur place.

Cette partie décrit un programme de suivi et une approche analytique qui permettront de sélectionner consciencieusement les équipements. La sélection, la dissémination à grande échelle et la fabrication éventuelle des équipements deviendraient une composante-clé du futur projet d'irrigation de l'USAID/Tchad, conçu comme complément du Projet Initiatives de Développement par les ONG. Le programme de suivi et l'analyse des données seront effectués conformément au calendrier d'exécution du projet Initiatives de Développement par les ONG.

#### 3.4.2. METHODOLOGIE DU PROGRAMME DE SUIVI

En janvier 1986, I. T. Power, Inc. et Associates in Rural Development (ARD) ont tracé les lignes directrices de l'évaluation comparée des performances techniques et économiques des systèmes d'exhaure. La méthodologie proposée est appliquée ici pour décrire un programme de tests sur le terrain des systèmes d'exhaure au Tchad.

Le but de cette méthodologie est de:

1. Définir une méthode standard pour tester les systèmes sur le terrain, laquelle comprendrait deux éléments principaux:

- Tests de performances à court terme sur site devant permettre d'évaluer la manière dont une technologie peut fonctionner;
- Evaluations sur le terrain à long terme pour contrôler la fiabilité, les coûts d'utilisation et l'efficacité de l'infrastructure de maintenance, qui permettront ainsi de faire une évaluation technique de l'expérience tirée de l'exploitation.

2. Définir une méthode pour l'évaluation comparée des pompes, dont le critère principal est le coût unitaire de l'eau.

Le suivi complet de toute installation sur le terrain comprend également la collecte de données socio-économiques. L'étude des besoins et de la méthodologie se situent en dehors de l'objet du présent document et devrait être incorporée comme élément de l'étude socio-économique détaillée prévue par l'USAID/Tchad (Appel d'Offres lancé le 15 juillet 1986).

### 3.4.3. COLLECTE DES DONNEES

La collecte des données techniques sera répartie en cinq composantes majeures:

1. Coûts en capital
2. Données sur les coûts récurrents. Celles-ci sont enregistrées par l'utilisateur ou la personne responsable de l'exploitation du système.
3. Méthodes de distribution et d'emploi de l'eau. Celles-ci sont contrôlées par les utilisateurs en partie grâce à des observations et en partie à l'aide de l'instrumentation sur le terrain.
4. Rapport sur la fiabilité qui comprend une description de la maintenance programmée et non programmée, des pièces de rechange et des biens de consommation employés. Ce rapport est effectué par la personne responsable de la réparation et de l'entretien du système.
5. Spécification des pompes et données de performances. Les données obtenues des tests de performances à court et à long termes seront enregistrées sur place sur des fiches. Le Tableau III/6 reporte les paramètres à mesurer et la fréquence des tests pour la gamme des technologies d'exhaure prises en considération. Les données des tests à court terme seront recueillies par des techniciens formés. Les données des tests à long terme feront l'objet d'un enregistrement quotidien par la personne responsable de l'exploitation du système. La structure logistique requise pour gérer et réaliser les cinq tâches de suivi ci-dessus sera définie par le responsable de l'ONG chargé du fonctionnement et de la gestion des périmètres irrigués. On prévoit que les tâches ci-dessus seront intégrées, dans la mesure du possible, dans le programme d'exploitation des périmètres, à l'exception des tests à court terme du point 5, lesquels sont fait par du personnel spécialisé qui peut ne pas être associé à la gestion et à l'exploitation d'ensemble des périmètres.

Ces tests seraient conduits par une équipe de techniciens disposant de moyens de transport et de suivi. Cette équipe conduirait les tests à court terme sur les équipements installés dans le cadre de TOUTES les activités des ONG et jouerait le rôle d'agent de liaison des activités d'exhaure des ONG. Elle ferait le travail de collecte et de compilation des données provenant des différentes sources.

Ce groupe assurerait également la liaison avec l'ingénieur hydraulicien de l'USAID qui sera la personne principalement responsable de l'analyse technique.

Au cas où l'ingénieur de l'USAID ne serait pas disponible pour jouer ce rôle, le technicien de suivi pourrait assumer la responsabilité de l'analyse des données, s'il est guidé par des consultants externes.

#### 3.4.4. TABLEAUX GENERAUX, COMMUNS A TOUS LES SITES

Une certaine standardisation et une attention particulière lors de l'élaboration des fiches de collecte des données permettent de faciliter leur analyse et influencent de beaucoup la qualité des données obtenues et les conclusions des analyses techniques. Les tableaux qui suivent (tirés de la méthodologie en voie d'être élaborée par I.T. Power et ARD) offre des lignes directrices générales mais demande à être perfectionnée et vérifiée ultérieurement.

TABLEAU III/7	DONNEES SUR LES COUTS EN CAPITAL
TABLEAU III/8	FOURNITURE D'EAU ET UTILISATION
TABLEAU III/9	FIABILITE ET MAINTENANCE
TABLEAU III/10	COUT RECURRENTS - FONCTIONNEMENT ET MAINTENANCE

Paramètres (unités)	Test court terme: (2 tests/an)						Test long terme:					
	Turbine	Essence Diesel	Solaire	Vent	Animal	Bras	Essence Diesel	Solaire	Vent	Animal	Bras	Turbine
Volume d'eau (m <sup>3</sup> ) - périodes de 10 minutes. - Journalier	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Hauteur statique (m)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Hauteur pompée (m)	X	X	X	X	X	X						
Irradiation solaire (KWh/m <sup>2</sup> ) - 10 minutes - Journalière			X					X				
Débit fleuve (m/s) - Journalier	X											X
Course du vent (m) - 10 minutes - Journalière				X X					X			
Consommation en carburant - En 10 minutes - Journalière		X					X					
Tension (volts)		X	X									
Courant (ampères) Energie Electrique (kWh)		X X*	X X									
Durée	X	X	X	X	X	X						
Vitesse de rotation (tpm)	X	X**		X**	X**							

\* Si groupe électrogène utilisé

\*\* Pour diesel ou si pompes solaires ou éoliennes sont utilisées pour actionner turbo-pompes verticales ou monopompes.

DONNEES SUR LES COUTS EN CAPITAL

Site:

Frais relatifs au système:

- o F.A.B
- o C.A.F (Site)
- o Tarifs d'importation

Frais d'installation:

- o Ingénierie
- o Main-d'oeuvre (qualifiée/non qualifiée)
- o Transport

Frais de mise en service:

- o Opérateur
- o Techniciens entretien
- o Matériels
- o Supervision

Frais structure d'entretien:

- o Pièces de rechange (fournies avec le système)
- o Outils pour l'entretien
- o Mise en place d'une infrastructure d'entretien

TABLEAU III/7

FOURNITURE D'EAU ET UTILISATION

Site:

Directeur/Opérateur:

Période:

Fourniture d'eau:

- o Durée du pompage
- o Volume stocké

Utilisation de l'eau:

- o Superficie irriguée
- o Période de la journée
- o Durée de l'irrigation
- o Cultures irriguées
- o Méthode d'irrigation

Autres usages:

- o Domestique
- o Bétail
- o Construction
- o Activités artisanales

TABLEAU III/8

FIABILITE ET MAINTENANCE

Site:  
Période:

## Maintenance non-programmée:

- o Description de chaque panne
- o Durée de la réparation
- o Pièces utilisées
- o Personnel
- o Dates
- o Main-d'oeuvre
- o Transport
- o Per Diem
- o Niveaux de compétences requis
- o Temps d'arrêt

## Maintenance courante:

- o Temps nécessaire
- o Pièces utilisées
- o Dates d'exécution
- o Main-d'oeuvre
- o Niveaux de performance
- o Durée d'exploitation cumulée

TABLEAU III/9

COUT RECURRENENTS

## Coûts:

## Opérateur:

- o Salaire
- o Primes
- o Déplacements
- o Indemnités indirectes
- o Salaire/indemnités gardien

## Energie (seulement pour carburant):

- o Quantité utilisée
- o Prix d'achat
- o Frais de livraison
- o Frais de stockage

## Maintenance:

- o Prix des pièces
- o Frais de Main-d'oeuvre
- o Frais de transport

## Recettes:

## Eau:

- o Quantité
- o Coût Unitaire

## Services:

- o Maintenance

TABLEAU III/10

Si le Projet de l'USAID/Tchad "Initiatives de Développement par les ONG" avance comme prévu, et si les systèmes pour le programme d'expérimentation sur le terrain sont installés au début de 1987, alors le projet actuel de méthodologie d'évaluation et d'expérimentation pourrait être perfectionné, essayé et utilisé dans le cadre du programme tchadien.

La méthodologie pourrait accroître considérablement la vulgarisation et la qualité du programme de contrôle des ONG et servirait à orienter ceux chargés de la collecte et de l'analyse des données.

#### 3.4.5. TABLEAUX DES TECHNOLOGIES SPECIFIQUES

Chaque type de technologie requiert une fiche spécifique pour l'enregistrement des caractéristiques et des performances en raison de la nature et de la variation des paramètres à mesurer. En plus, la procédure de contrôle n'est pas compatible à tous les types de technologies. Les principaux paramètres à contrôler, technologie par technologie, pour les essais à court terme et à long terme sont définis au tableau III/6. Les données sont groupées comme suit:

- Spécification et configuration des systèmes
- Tests à court terme
- Tests à long terme

Puisque la méthodologie globale d'expérimentation et d'évaluation est toujours en cours d'élaboration par I.T. Power et ARD, les procédures et les tableaux destinés à l'enregistrement et à l'analyse des données des tests à court et à long termes ne sont pas inclus dans le présent rapport.

#### 3.4.6. ANALYSE DES DONNEES

Les données générales figurant aux tableaux III/7 à III/10, et les données technologiques spécifiques recueillies au cours des tests de performance à long et à court termes, donnent les principaux éléments (lorsqu'ils sont associés aux données provenant d'une évaluation sociale) qui DOIVENT être analysés avant la sélection et la vulgarisation de tout groupe de technologies. De plus, et plus particulièrement au Tchad, davantage de considération doit être accordée à la question de la fabrication et/ou de l'assemblage locale et de la mise sur pied d'une infrastructure de maintenance.

Si ces questions ne sont pas intégralement traitées, l'éventualité d'une expérience négative est inévitable.

## ANNEXE 1 - FOURNISSEURS DE POMPES SOLAIRES

AEG (Industriestrasse 29, D-2000, Wedel, Holstein, RFA) La gamme des produits standards comprend les pompes flottantes à courant continu de 225 à 350 W et les pompes immergées à courant alternatif allant jusqu'à 11,5 KW. A la fin de 1984, plus de 25 appareils se trouvaient installés.

Alsette AL7 (40057 Cadriano di Granarolo E, Bologne, Italie. La gamme des produits standards comprend essentiellement des pompes immergées à courant alternatif.

Ansaldo (via Lorenzi 8 - 16152 Genova Cornigliano, Italie). La gamme de produits est constituée de pompes aspirantes à courant continu, de pompes immergées à courant alternatif et de pompes à courant continu à piston alternatives.

BP Solar (Aylesbury Vale Industrial Park, Farmborough Close, Stocklake, Bucks., HP20 IDQ, Royaume-Uni). La gamme se compose de pompes flottantes et de pompes immergées à courant alternatif.

Central Electronics Limited (4, Industrial Area, Sahibabad-201010, U.P. Inde).

Chronar Trisolar (10 DeAngelo Drive, Bedford, MA 01730, USA), fournisseur de longue date d'appareils de pompage à énergie solaire, surtout des pompes à va-et-vient à balancier pour puits profond, y compris pompes centrifuges immergées et turbines verticales.

Dinh Company (BP 999, Alachua, Floride 32615, USA) fournit des appareils de 76 à 184 W pour les stations à faible volume utilisant une pompe volumétrique.

Duba S.A. (Nieuwstraat, 31B-9200, Wetteren, Belgique) fournit des appareils de 120 à 200W à forte hauteur de chute, basés sur le principe des pompes à diaphragme.

Ebara (Tokyo, Japon) dispose d'une gamme étendue de pompes immergées à courant continu et alternatif allant jusqu'à 15 kw.

Franklin Electric (Bluffton, Indiana 46714, USA) fabrique des pompes immergées à courant alternatif et courant continu et des convertisseurs à courant alternatif pour pompes solaires jusqu'à 1500 W.

GPL Industries (BP 306, La Canada, Ca 91011, USA) fabrique la série de pompes solaires à forte élévation, utilisant des pompes à va-et-vient à balancier. On signale plus de 85 installations de ce type.

Grundfos (DK-8858 Bjerringboro, Danemark) est un fournisseur d'appareils allant jusqu'à 1400 W ainsi que des pompes immergées à courant alternatif. On signale plus de 300 installations de ce type.

La gamme des produits Heliodinamica (Caixa Postal 8085, 01051 Sao-Paulo-SP, Brésil) comprend les pompes aspirantes à courant alternatif et les pompes immergées à courant continu.

Intersol Power Corp (11901 W Cedar Avenue, Lakewood, Co 80228, USA) fournit une grande variété d'appareils de pompage solaire.

Jacussi (12401 Interstate 30, BP 8903 Little, Rock, Arkansas 72219-8903, USA) fabrique une vaste gamme de pompes immergées à courant continu pour pompes solaires. On signale 500 installations de ce type.

KSB (D-6710 Frankenthal, Pfalz RFA) est un fabricant de pompes flottantes à courant continu sans balais et de pompes immergées à courant alternatif.

Kyocera Corp (5-22 Kitainoue-Cho, Higashino, Yamashina-ku, Kyoto 607, Japon) met sur le marché des pompes solaires immergées à courant alternatif et à courant continu. On signale plus de vingt installations de 90 W à 6 Kw.

Wm Lamb Corp (BP 4185, Nord Hollywood, Californie 91607, USA) fournit des pompes à balancier à forte hauteur, allant jusqu'à 600 W. On compte à ce jour plus de 400 installations.

LOWARA (36075 Montecchio Maggiore, Vicenza, Italie) fabrique des pompes de surface à courant continu et des pompes immergées à courant alternatif.

A y McDonald Mfg Co. (BP 508, Dubuque, IOWA 52004-0508, USA) produit une gamme étendue de pompes à jet et de pompes immergées sans balais à courant continu.

Mobil Solar (16 Hickory Drive, Waltham, Massachusetts 02254, USA) est un fournisseur d'appareils de pompage à grande échelle. Fabricant de panneaux photovoltaïques.

Mono pumps (338-348 Lower Dandenong Road, Mordialloc, Victoria 3195, Australie) fabrique une gamme de 14 types d'appareils de 160 à 1600 W dont le système est basé sur celui des pompes volumétriques rotatives.

Pleuger est un fabricant de pompes à courant alternatif et d'appareils de pompage solaires.

S. International (25, rue Jean Giraudaux, 75116 Paris, France) est un fournisseur de pompes immergées sans balais à courant continu allant de 160 W à 1,6 Kw.

Solapark (Factory 3, Cock Lane, High Wycombe Bucks Royaume-Uni) fournit des petites pompes flottantes de 85 W à courant continu et des pompes volumétriques à courant continu.

Solar Electric International (77 Industrial Estate, Luga, Malte) est un fournisseur d'appareils de pompage solaire et de pompes flottantes à courant continu sans balais.

Solar Electric Specialities (BP 537, Willits, California 95490, USA) est un fournisseur de pompes immergées à courant continu.

Solar Energie-Technik (1 Industriestrasse 1-3, Althusshein, RFA) vend des pompes immergées à courant alternatif et des pompes flottantes à courant continu.

Solarex (1335 Piccard Drive, Rockville, MD 20850, USA et BP 204, Chester Hill 2162, NSW, Australie) met sur le marché une gamme de pompes volumétriques rotatives et des pompes immergées et flottantes, toutes à courant continu. La société Australienne compte à son actif plus de 50 installations.

Solavolt (BP 2934, Phoenix, AZ 85062, USA). Les modèles vendus par sont basés sur le principe des pompes immergées à courant continu et à courant alternatif et comprennent également des pompes centrifuges de surface et des pompes à va-et-vient à balancier.

Southern Cross International (BP 454, Toowoomba, Queensland, Australie 4350) est une fabricant de pompes volumétriques rotatives pour pompes solaires et de pompes aspirantes, flottantes et d'appareils de forage.

Sovonics (6180 Cochran Road, BP 39608, Solon, Ohio 44130, USA) est un fabricant d'installations de pompage solaires utilisant des pompes flottantes à courant continu et des pompes immergées à courant alternatif.

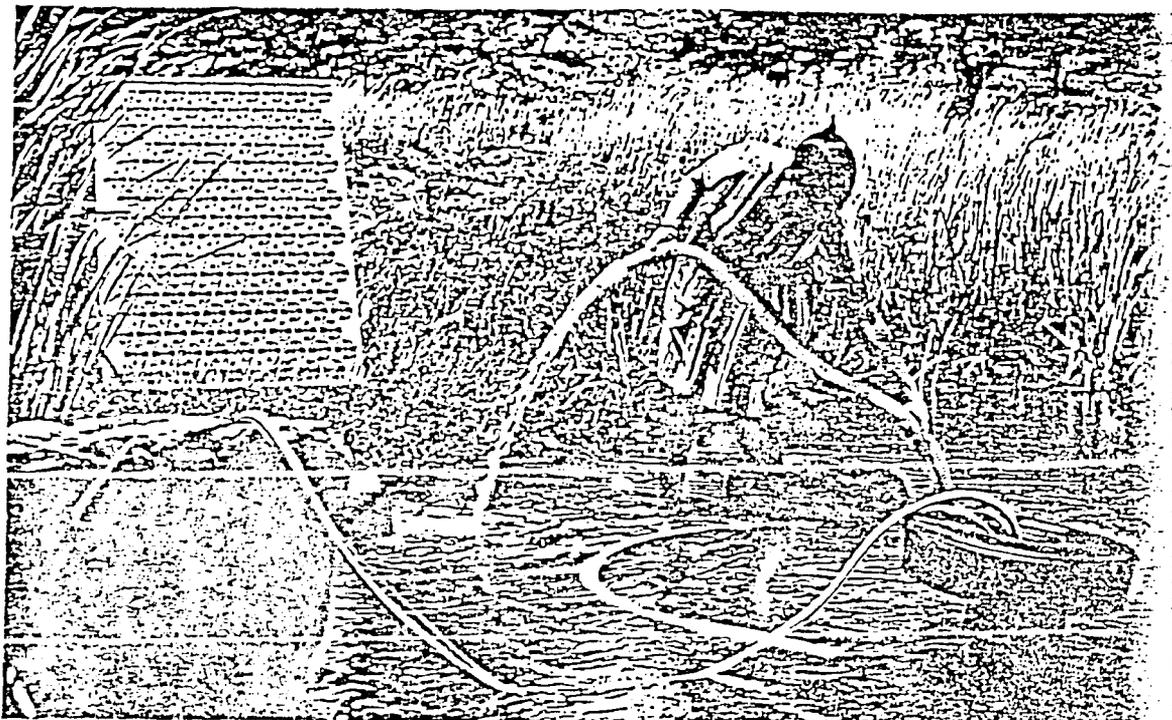
SUN AMP Systems (USA) met sur le marché des installations de pompage solaires basées sur le système de pompes volumétriques rotatives.

Walter Jones (Charteton Works, Newlands Park, Sydenham, London SE26 5NG, Royaume-Uni) est un fabricant de petites motopompes à faible hauteur sans balais et à courant continu.

Warns Pumps (BP 1133, Keyser, Virginie de l'Ouest 26726, USA) fabrique des motopompes immergées à courant continu.

ZTN (BP 477, 5140 AL, Waalwijk, Hollande).

## POUR LES PETITS PROJETS D'IRRIGATION INDEPENDANTS



### APPLICATIONS

- \* Pompage d'eau des puits, lacs, fleuves ou réservoirs.
- \* Clarification des cuves de décantation
- \* Irrigation des zones cultivées
- \* Approvisionnement en au pour construction de routes et autres travaux de maçonnerie.
- \* Maintenir bas le niveau de la nappe phréatique (surtout dans le cas de forte teneur en sel)
- \* Remplissage des châteaux d'eau usage incendies
- \* Pompage d'eau de mer
- \* Centres de pisciculture

c 161

## INFORMATIONS GENERALES

Une caractéristique remarquable de la pompe AQUASOL est qu'elle flotte juste au dessous de la surface de l'eau, évitant ainsi d'aspirer brindilles, morceaux de bois, sacs plastiques et huile de surface. En plus, on n'aspire pas de boue.

AQUASOL convient également à la clarification des liquides dans les cuves de décantation (séparant l'eau claire des sédiments ou des liquides aux gravités différentes).

## MATERIAUX DE QUALITE SUPERIEURE

La pompe AQUASOL est résistante à la corrosion. La majeure partie de la pompe est construite avec des matériaux thermoplastiques de très bonne qualité. Les éléments de cette pompe sont faits avec le dernier type de plastique pour réaliser un maximum d'efficacité. La moitié supérieure de la pompe peut résister aux intempéries et le fabricant a accordé une attention particulière à la sélection des thermoplastiques résistant aux rayons ultra-violet.

## POMPE DE TECHNOLOGIE MODERNE

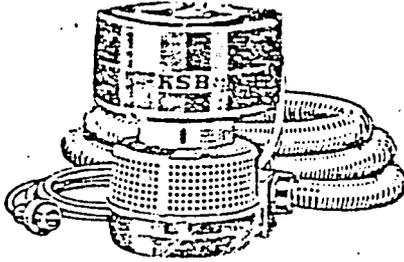
La pompe solaire Aquasol est actionnée par un moteur spécial sans balais à courant continu. Avec ce type de moteur, nous n'avons plus besoin de changer les balais et d'inspections de routine. Nous avons également éliminé le convertisseur, ce qui veut dire que le moteur est directement connecté aux plaques photovoltaïques et que les pertes d'énergie sont réduites au minimum.

Le moteur est protégé contre l'excès de vitesse et l'échauffement. Le démarreur automatique assure chaque jour à la pompe une mise en service immédiate, augmentant ainsi le volume d'eau débitée.

## INSTALLATION SIMPLE

Faire flotter la pompe sur la surface de l'eau. Régler les plaques photovoltaïques et le support.

# POMPE SOLAIRE FLOTTANTE



## AQUASOL

- Aide à préserver la nature et l'environnement naturel.
- Commence automatiquement le pompage au lever du soleil.
- N'exige pas la présence d'opérateur.
- Pas de frais élevés de carburant et d'énergie.
- Maintenance automatique sans instruments de mesure ni dispositifs.
- Légère et portative
- Conception solide.

---

### APPLICATIONS

- \* pompage d'eau des puits, lacs, fleuves ou réservoirs
- \* curage des cuves de décantation
- \* irrigation des zones cultivées
- \* approvisionnement en eau pour construction de routes et autres travaux de maçonnerie.
- \* maintenir bas le niveau de la nappe phréatique (surtout dans le cas de forte teneur en sel)
- \* remplissage des châteaux d'eau usage incendies
- \* pompage d'eau de mer
- \* centres de pisciculture

### MOYEN DE POMPAGE

L'eau à pomper ne devrait pas contenir de matières fibreuses et autres impuretés susceptibles de s'enrouler sur le moteur ou bien de bloquer le rotor. Le contenu maximal de sable est de 20ppm et le grain de 8mm de diamètre.

### DONNEES TECHNIQUES

Fonction de la valeur de l'ensoleillement quotidien.

	<u>AQUASOL 50M</u>	<u>AQUASOL 100L</u>
Débit	Q jusqu'à 5 l/s 18m <sup>3</sup> /h	jusqu'à 12 l/s 43,2 m <sup>3</sup> /h
Hauteur	H jusqu'à 11,5 m	jusqu'à 5 m
Température de l'eau	jusqu'à 35° C	jusqu'à 35° C
Puissance du moteur	450 W	450 W
Dimension de la pompe	DN: 50	100



## PANNEAUX PHOTOVOLTAIQUES

Ils comprennent des cellules solaires plates en silicone de cristal ainsi qu'une structure de support que l'on peut obtenir sur demande auprès de KSB, complètement câblée et assemblée avec prise de courant CEE.

L'inclinaison des panneaux peut être ajustée en 5 positions de 5° à 45° et adaptée aux conditions locales. Le support des panneaux peut être monté de manière à résister aux grosses tempêtes. Bien que dans la plupart des cas, les montages permanents soient.....

Dimensions des Pompes	AQUASOL 50 M	AQUASOL 100 L
N° d'identification	29 117 822 4	29 117 823 8
Poids approx. en Kg.	16	16
Dimensions en mm		
Decharge	50	100
Diamètre	360	360
Hauteur	455	455

#### ACCESSOIRES POMPES

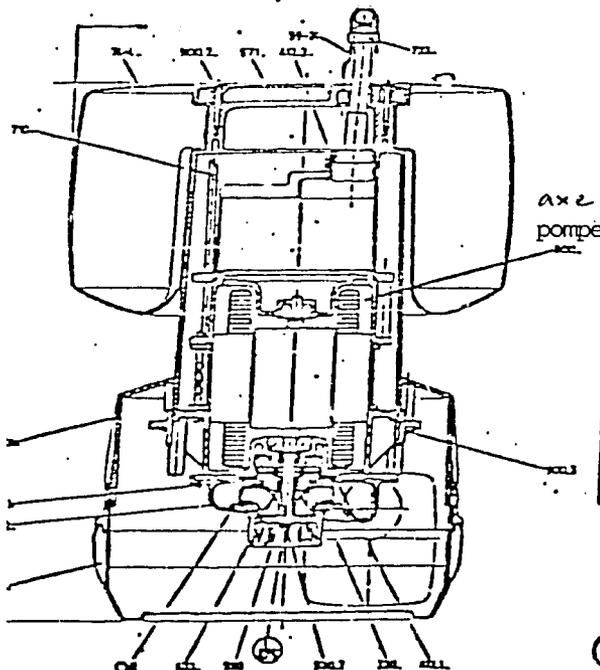
Elément	Désignation de la Pièce	N° d'identification	Poids approx en Kg.
P1	Tuyau de refoulement renforcé en PVC DN 50	00 100 825 5	9
	Raccord de tuyau de 10m de long DN 100	00 114 550 3	23

#### ACCESSOIRES ELECTRIQUES

Elément	Désignation de la Pièce	N° d'identification	Poids approx en Kg.
E1	Rallonge de 30m avec prise	18 040 032 5	7,6

Pompe et moteur, accessoire de pompe = 1 an  
Accessoires électriques = 6 mois

#### CROQUIS Général et liste des composantes



N° de la pièce	Désignation de la pièce
101	corps de pompe
102	corps volute
182	base
230	roue
412.1	joint torique
412.2	"
412.3	"
433	joint mécanique
550	disque
571	raccord
53-24	corde
710	tuyau
71-12	tuyere de connection
733	raccord de tuyau
74-4	flotteur
800	moteur
900.1	vis
900.2	vis
900.3	vis
920.1	ECROU
920.2	Ecrrou

DONNEES TECHNIQUES, POIDS, DIMENSIONS

Pompe - Configuration module générateur	Puissance maxi du générateur	N° d'identification	Poids approx. en Kg.
Moteur AQUASOL 50 M - A 10	258	29 127 851 A	55
50 M - A 20	344	29 127 8573 3	66
50 M - A 30	387	29 127 853 7	74
50 M - A 40	516	29 127 8540 0	91
50 M - S 10	264	29 127 855 4	88
50 M - S 30	396	29 127 856 8	123
50 M - S 40	528	29 127 857 1	159
100 L - A 10	258	29 127 858 5	55
100 L - A 20	344	29 127 859 9	66
100 L - A 30	387	29 127 860 3	74
100 L - A 40	516	29 127 861 7	91
100 L - S 10	264	29 127 862 0	88
100 L - S 30	396	29 127 863 4	123
100 L - S 40	528	29 127 864 8	159

GARANTIE = la garantie des panneaux photovoltaïques dépend de la fabrication et du modèle. En général, cela équivaut à 5 ans au minimum - la durée de vie prévue est de 15 ans.

# PERFORMANCE

AQUASOL

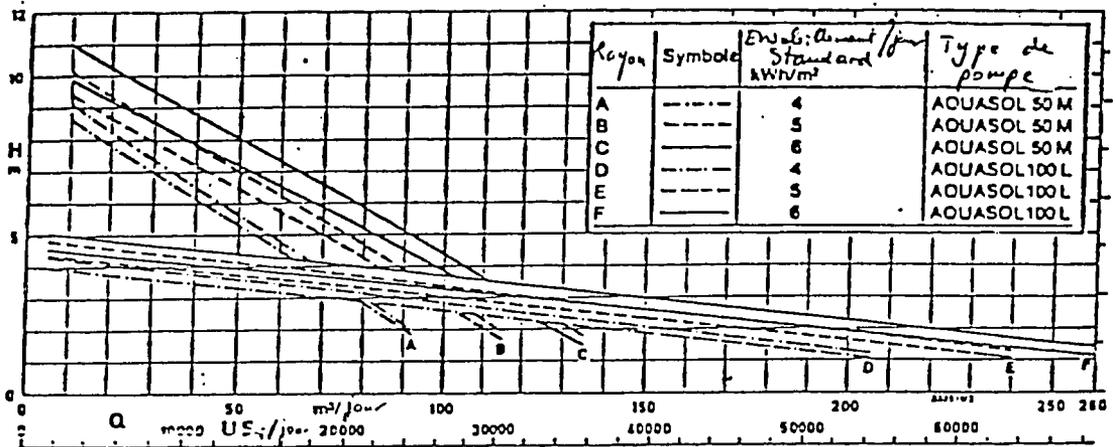
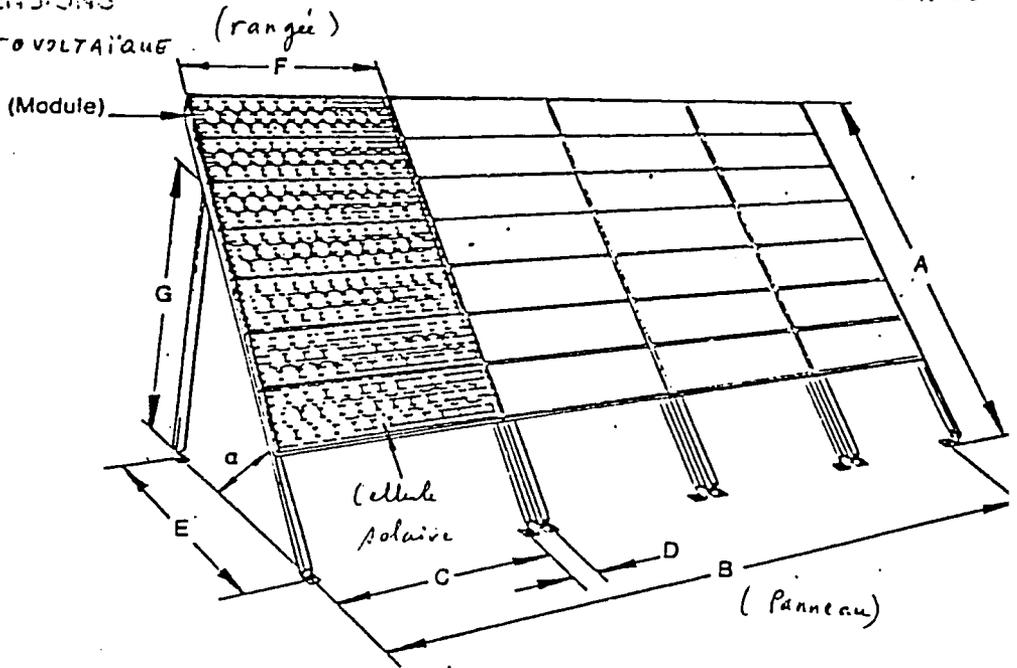


Fig. 3 = NB: les rayons représentent un panneau photovoltaïque (N) produisant P = 530Wp (Peakwatt) avec une puissance motrice d'environ 350W à une température ambiante de 40°C. Les limites supérieures et inférieures de chaque rayon correspondent à des températures ambiantes de 25 et 40°C respectivement. Les température intermédiaires doivent faire l'objet d'une interpolation.

168

Dimensions

PANNEAU PHOTOVOLTAÏQUE

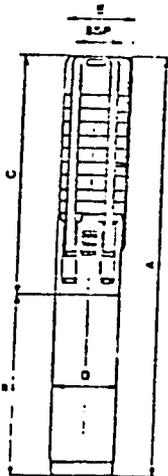


Nombre de modules	Dimensions (mm)					
	A	B	C	D	E	F
14	2750	2384	1099	190	2030	1219
21	2750	3849	1099	190	2030	1219
28	2750	4914	1099	190	2030	1219
35	2750	6179	1099	190	2030	1219

Angle incliné $\alpha$	15°	30°	45°
G (mm)	530	1052	1554

G, longueur du support en f. des angles d'inclinaison.

POMPE IMMERGEE ET MOTEUR  
DIMENSIONS



Type de pompe	Dimensions (mm)						BSP	$\phi$ interne minimum du forage
	A	B	C	D	E			
SP 1-23	1047	258	789	95	95	2"	4" (104 mm)	
SP 2-18	837	258	579	95	95	2"	4" (104 mm)	
SP 4-8	827	258	369	95	95	2" (niche to 3")	4" (104 mm)	
SP 8-4	628	258	368	95	95	2" (niche to 3")	4" (104 mm)	
SP 16-2	602	258	344	95	131	3"	8" (152 mm)	
SP 27-1	501	258	343	95	139	3"	8" (152 mm)	

Lorsque raccord 3" (76,2 mm),  $\phi$  interne du forage est minimum = 152 mm (6").

## CONVERTISSEUR SA 100 GRUNDFOS

### APPLICATION

Le convertisseur courant continu/courant alternatif GRUNDFOS est conçu pour convertir le courant continu produit par les plaques photovoltaïques en courant alternatif variable triphasé, de fréquence variable suffisante pour actionner le moteur immergé GRUNDFOS MS 401.

### DESCRIPTION

Le convertisseur renferme un convertisseur de puissance courant continu/courant alternatif, électronique, triphasé muni de condensateur de charge et d'un convertisseur courant continu/courant alternatif destiné à l'alimentation électrique du circuit de commande.

Le circuit de commande contrôle la production de fréquences de manière à permettre au moteur d'employer à tout moment l'énergie obtenue de la plaque photovoltaïque.  
Il contrôle également et assure que la tension d'alimentation reste à un niveau de tension de courant continu fixé.  
La première harmonique de la tension du courant alternatif varie en proportion de la fréquence.

---

### CARACTERISTIQUES

- \* Electronique à semi-conducteurs
- \* Démarrage contrôlé
- \* Protection contre les surtensions
- \* Ne nécessite pas de maintenance
- \* Mis au point à l'usine
- \* Ne nécessite pas de contrôle externe
- \* Facile à installer/multi-fiches
- \* Modulation par impulsions de largeur variable, onde sinus
- \* Rendement élevé
- \* Longue durée de vie
- \* Mécanismes de petite dimension
- \* Protection contre assèchement

---

### SPECIFICATIONS

#### Electriques:

Input: Tension à circuit ouvert:	150 Vcc Max
Tension nominale:	100 Vcc
Output: Puissance de sortie:	1400 W Max
Puissance de sortie nominale:	1000 W
Rendement:	> 95% (charge de 20-100%)
Tension:	0-75 V Efficace, triphasé
Tension, 1 <sup>ère</sup> harmonique:	6-60 V modulation par impulsions de largeur variable, onde sinus
Fréquence:	6-60 Hz
Courant:	10 amps Efficace

### Environnement

Températures ambiantes	=	-10°C, +50°C
Températures stockage	=	-25°C, +70°C
Humidité relative	=	95% Max
Altitude max. au-dessus du niveau de la mer	=	3000 mètres

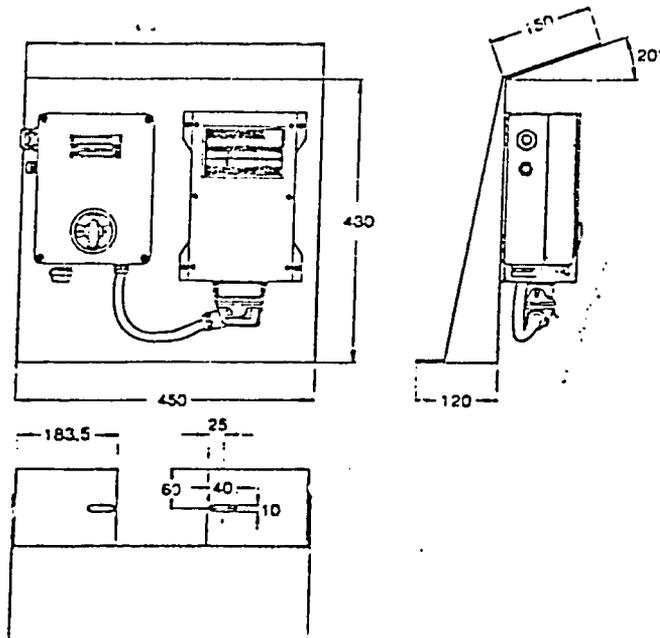
### Mécaniques

Coffret	=	aluminium
Scellement	=	caoutchouc
Couleur	=	noir
Connexion de câble	=	multi-fiches sur commutateur principal
Degré de Protection	=	IP 54 (DIN)
Poids	=	3,6 kgs
Montage	=	à l'extérieur, à l'ombre, passage libre de l'air pour le refroidissement
Fixation au support	=	4 vis M 6

### Commutateur principal

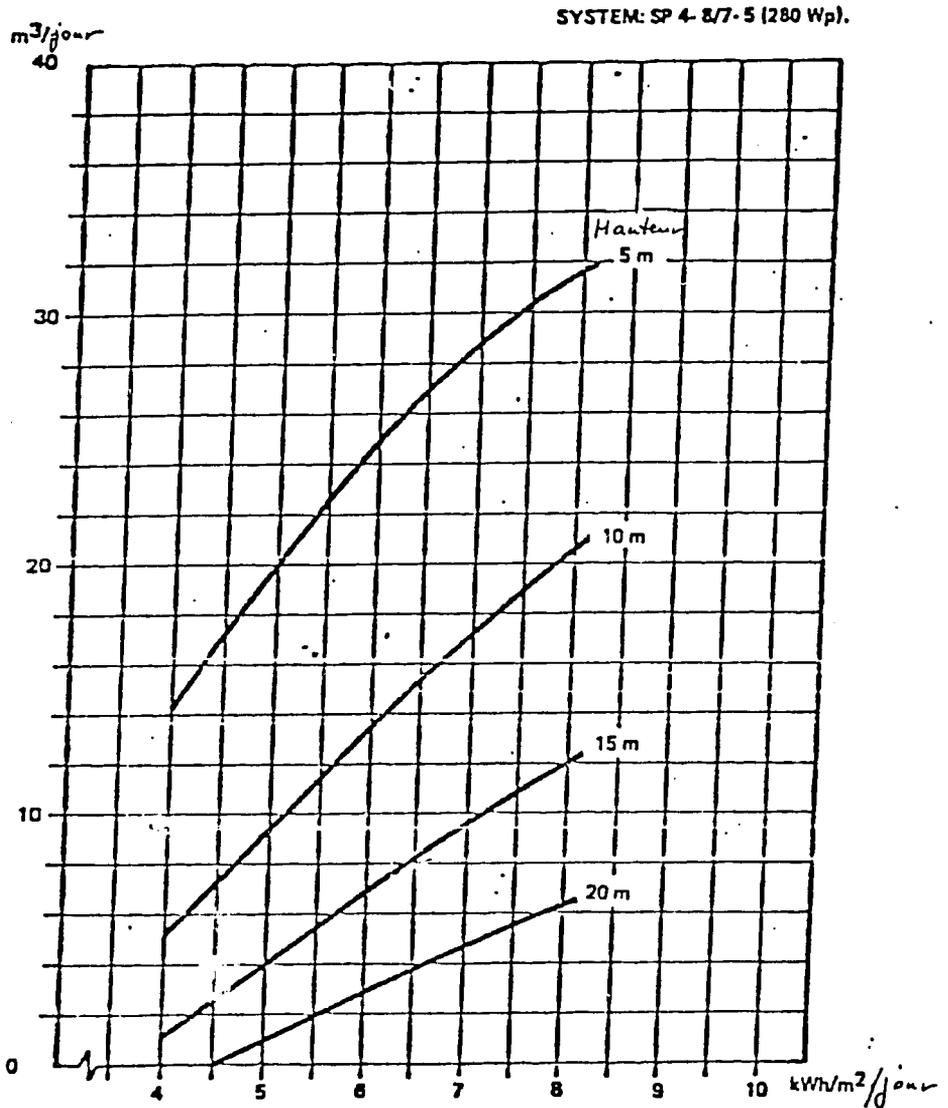
Matériau	=	PVC
Gaines de câble	=	1 X PG29 (au moteur)
	=	1 X PG16 (de la plaque photov.)
	=	1 X PG9 (prise de terre)
Ampères Max.	=	16 amps
Degré de protection	=	IP 34 (DIN)
Disjoncteur principal	=	coupe le circuit de la plaque photovoltaïque

### SUPPORT AVEC CONVERTISSEUR CC/CA ET COMMUTATEUR PRINCIPAL



## PERFORMANCE

Capacité en m<sup>3</sup>/jour en fonction de l'irradiation (kwh/m<sup>2</sup>jour) et de la hauteur (m).



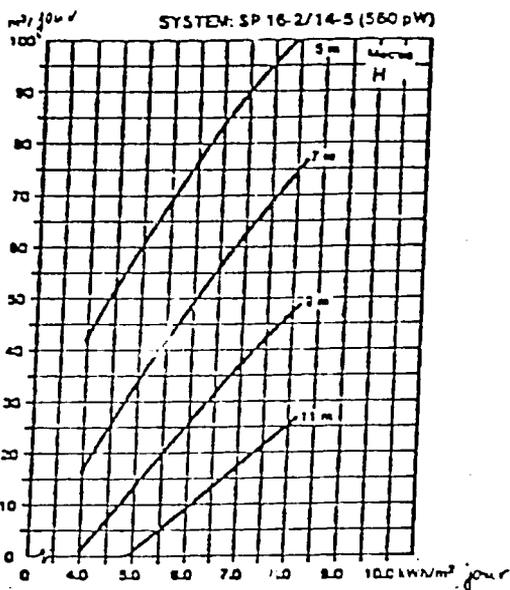
- nombre total de modules: 7
- modules en série dans une rangée: 7
- nombre de rangées en parallèle: 1

Les courbes de performance sont basées sur les conditions ci-après:

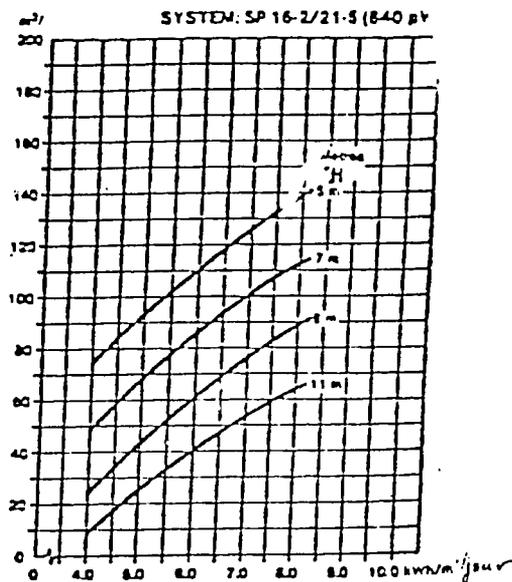
- Ensoleillement/Jour standard = 11 heures
- Température ambiante = 30°C, maxi 35°C, mini 20°C
- Tension = 101,5 VCC

PERFORMANCE

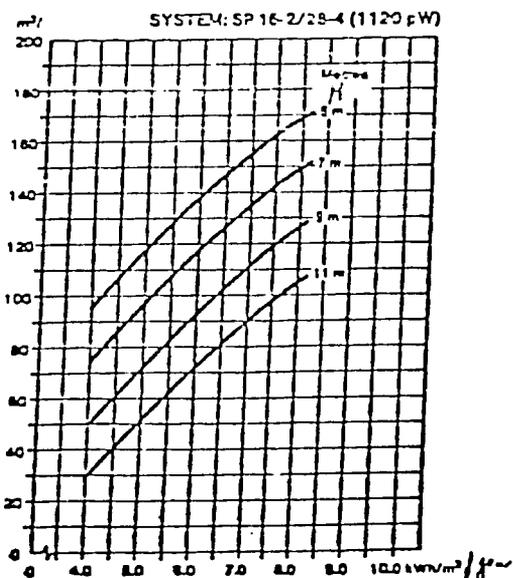
Capacité en m<sup>3</sup>/jour en fonction de l'irradiation (kWh/m<sup>2</sup>jour) et de la hauteur (m).



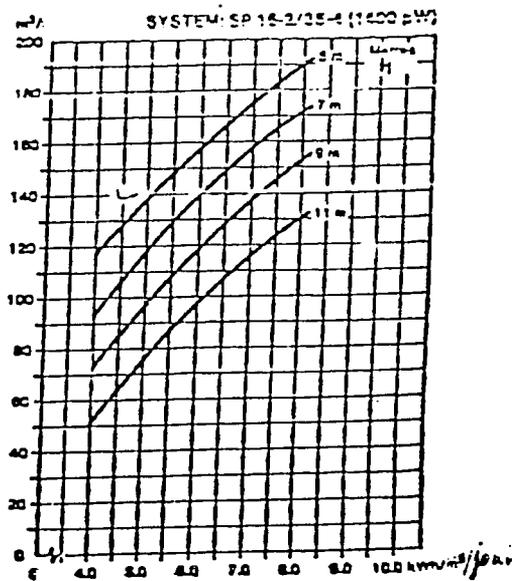
nombre total de modules: 14  
modules en série dans une rangée: 7  
nombre de rangées en parallèle: 2



nombre total de modules: 21  
modules en série dans une rangée: 7  
nombre de rangées en parallèle: 3



nombre total de modules: 28  
modules en série dans une rangée: 7  
nombre de rangées en parallèle: 4

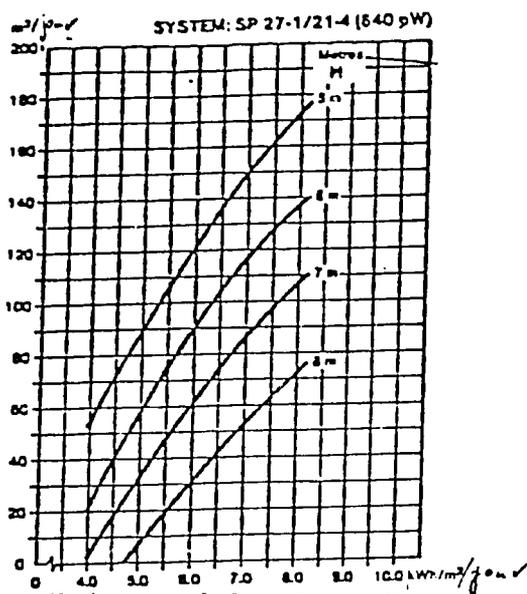


nombre total de modules: 35  
modules en série dans une rangée: 7  
nombre de rangées en parallèle: 5

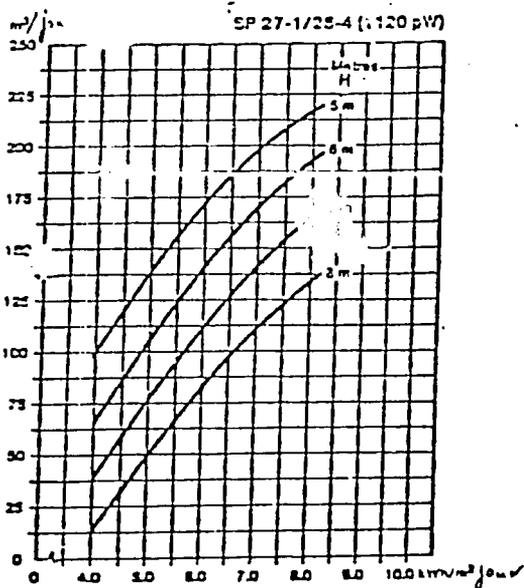
Les courbes de performance sont basées sur les conditions ci-après:  
Température ambiante : moyenne 30°C, max. 35°C, mini. 20°C  
Tension : 101,5 Vcc

PERFORMANCE

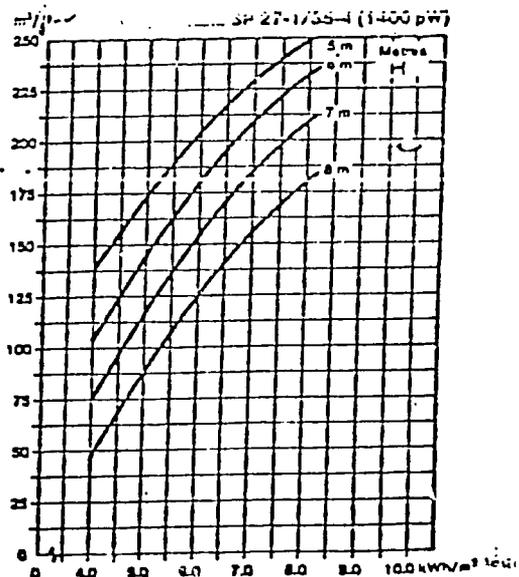
Capacité en m<sup>3</sup>/jour en fonction de l'irradiation (KWH/m<sup>2</sup>jour) et de la hauteur (m).



Nombre total de modules: 21  
 Modules en série dans une rangée: 7  
 Nombre de rangées en parallèle: 3



Nombre total de modules: 28  
 Modules en série dans une rangée: 7  
 Nombre de rangées en parallèle: 4



Nombre total de modules: 35  
 Modules en série dans une rangée: 7  
 Nombre de rangées en parallèle: 5

Les courbes de performance sont basées sur les conditions ci-après:

Température ambiante : moyenne 30°C, maxi 35°, mini 20°  
 Tension : 101,5 V cc

174-