

REPUBLICQUE DU TCHAD

2 3 2 . 0

7 7 M O

MINISTRE DU DEVELOPPEMENT AGRICOLE ET PASTORAL

DIRECTION DE L'ELEVAGE ET DES INDUSTRIES ANIMALES

LIBRARY  
International Reference Centre  
for Community Water Supply

# LES MOYENS D'EXHAURE EN MILIEU RURAL

par

André BENAMOUR

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES

( C. I. E. H. )

Etude financée par la BANQUE MONDIALE

232.0-77MO-

**LIBRARY**  
**International Reference Centre**  
**for Community Supply**

REPUBLIQUE DU TCHAD

---

MINISTERE DU DEVELOPPEMENT AGRICOLE ET PASTORAL

---

DIRECTION DE L'ELEVAGE ET DES INDUSTRIES ANIMALES

---

LIBRARY  
International Reference Centre  
for Community Water Supply

LES MOYENS D'EXHAURE  
EN  
MILIEU RURAL

par

André BENAMOUR

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES  
(C.I.E.H.)

Etude financée par la BANQUE MONDIALE

Mars 1977

248  
232.0  
77MO

- S O M M A I R E -

	Pages
<u>AVANT- PROPOS</u>	1
<u>CHAPITRE I - LES ELEMENTS DU PROBLEME</u>	2
1. - LE POINT D'EAU	2
1.1. - Les puits traditionnels	2
1.2. - Les puits modernes	2
1.3. - Les forages	3
2. - LES BESOINS ET LES CONSOMMATIONS	4
2.1. - Besoins humains	4
2.2. - Besoins des animaux	5
2.3. - Besoins des plantes	5
3. - LES MODALITES D'UTILISATION DES POINTS D'EAU.	5
4. - LE DEVELOPPEMENT DES MOYENS D'EXHAURE	6
5. - LES ENERGIES LOCALEMENT DISPONIBLES	7
5.1. - L'énergie humaine	7
5.2. - L'énergie animale	7
5.3. - L'énergie éolienne	8
5.4. - L'énergie solaire	8
5.5. - L'énergie biologique	8
<u>CHAPITRE II - LES TECHNIQUES D'EXHAURE</u>	12
1. - EXHAURE TRADITIONNELLE	12
2. - AMELIORATION DE L'EXHAURE TRADITIONNELLE	14
3. - MANEGES	17
4. - LES POMPES A MAIN	22

.../...

4.1. - Pompes à tringles	22
4.1.1. - Pompe ABI	22
4.1.2. - Pompe BODIN "Majestic"	23
4.1.3. - Pompe BRIAU "Africa"	24
4.1.4. - Pompe DEMPSTER	25
4.1.5. - Pompe GODWIN	25
4.1.6. - Pompe UGANDA	28
4.1.7. - Autres pompes	28
4.2. - L'hydropompe VERGNET	29
4.2.1. - Description du fonctionnement	30
4.2.2. - Détails de fabrication	33
4.2.3. - Expérimentation menée par le CIEH	34
4.2.4. - Entretien	35
5. - LES EOLIENNES	36
5.1. - Les conditions d'utilisation des éoliennes	36
5.2. - Les expérimentations en cours	37
6. - LES POMPES SOLAIRES	40
6.1. - Principes de fonctionnement	43
6.1.1. - Utilisation d'un cycle thermique à basse température - Pompes SOPRETES	43
6.1.2. - Transformation directe de l'énergie solaire en énergie électrique	44
6.2. - Caractéristiques des installations	45
6.2.1. - Pompes électriques	45
6.2.2. - Pompes SOPRETES	47
7. - LES STATIONS DE POMPAGE	50
7.1. - Conditions de fonctionnement et d'entretien du pompage mécanisé	51

7.2. - Matériel à expérimenter	55
8. - ESTIMATION DU PARC DES MOYENS D'EXHAURE DES PAYS SAHELIENS	56
<u>CHAPITRE III - PERSPECTIVES DU DEVELOPPEMENT DES MOYENS D'EXHAURE</u>	57
1. - LE CHOIX DES EQUIPEMENTS	57
2. - ENTRETIEN DES POMPES	60
3. - FABRICATION LOCALE	61
4. - LA PARTICIPATION DES POPULATIONS	62
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	64
<u>ANNEXES</u>	
- Personnes rencontrées	67
- Organismes effectuant des recherches et des expérimentations sur les matériels d'exhaure	70
- Adresses des constructeurs cités	71

Photographies André BENAMOUR.

A V A N T - P R O P O S

-----

La Direction de l'Elevage et des Industries Animales du Tchad a confié au Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques une étude sur les moyens d'exhaure à usage pastoral et villageois. Le financement étant assuré par la Banque Mondiale.

Le premier objectif était de préciser pour chaque moyen d'exhaure connu, les conditions particulières d'utilisation avec leurs avantages et leurs inconvénients et éventuellement les améliorations qu'il serait possible d'apporter au matériel existant.

Le deuxième objectif de cette étude est de proposer aux autorités, à la Direction du Génie Rural et à la Direction de l'Elevage, des conditions d'expérimentation sur les matériels qui semblent les plus adaptés ce qui permettra ensuite de choisir les meilleures solutions d'aménagement, sur les plans technique et économique, pour les prochains programmes d'équipements hydrauliques.

Dans le cadre de notre mission, nous avons effectué des visites dans plusieurs pays de la zone sahélienne, afin d'examiner sur place les différentes solutions adoptées pour le pompage de l'eau. Au Tchad tout d'abord, puis au Sénégal et au Niger. Nous avons pu également compléter cette enquête en Côte-d'Ivoire, au Ghana et en Haute-Volta notamment, où le C.I.E.H. mène depuis près de trois ans une campagne d'expérimentation sur divers modèles de pompes à main.

La tâche est délicate de décrire et de juger objectivement les qualités et les défauts des divers matériels en service, elle l'est plus encore de faire un choix et de proposer des solutions.

Ce document ne prétend pas être exhaustif, il représente seulement une tentative pour fournir des éléments d'appréciation, qui nous l'espérons, permettront d'améliorer la satisfaction des besoins en eau des populations rurales.

-----

## H A P I T R E I

--:--

### LES ELEMENTS DU PROBLEME

-----

#### 1 - LE POINT D'EAU

Au Tchad, comme dans toute l'Afrique soudano-sahélienne, l'approvisionnement en eau des hommes et du bétail est presque exclusivement assurée à partir des eaux souterraines.

Les ouvrages d'exploitation sont de trois types :

##### 1.1. Les puits traditionnels

Ce sont les plus nombreux, on les compte par milliers. Ces ouvrages sont réalisés à la seule initiative des populations. Ils ne comportent ni cuvelage, ni captage, ou alors ceux-ci sont très sommaires (branchages). La hauteur d'eau y est généralement faible 1 m à 1,50 m maximum.

Ces puits peuvent cependant être très profonds dans les zones sédimentaires, 70 à 100 mètres (Mali, Niger, Tchad et Sénégal). Ils se détériorent en général assez vite et ils exigent d'être curés ou reconstruits tous les deux ou trois ans.

L'absence de margelle et le mode de puisage font que la pollution y est souvent importante.

##### 1.2. Les puits modernes

Ce sont des ouvrages en béton armé dont le cuvelage monolithique, coulé en place, est ancré en surface.

Tous comportent un captage et un massif filtrant. Ils descendent suffisamment dans la nappe pour avoir un débit satisfaisant et être en eau toute l'année.

Leur diamètre est de 1,40 m (hydraulique villageoise) ou de 1,80 m (hydraulique pastorale), adapté aux instruments et au mode de puisage.

Quelquefois construits avec l'aide de la population, pour ce qui concerne le fonçage jusqu'à la nappe, ces puits sont réalisés en régie par l'administration, ou confiés à des entreprises.

Ces ouvrages s'ils sont chers et longs à construire (1 à 2 m/j), sont d'excellente qualité et leur durée de vie est de 25 à 30 ans, sous réserve d'un entretien minimum.

Ils fournissent une eau de meilleure qualité que les puits traditionnels mais sont également souvent pollués par les cordes et les récipients.

A titre indicatif de tels puits réalisés par le services des aménagements ruraux d'hydraulique du Tchad (SERARHY) coûtaient en 1976 : 100.000 CFA le mètre linéaire. Prix qui se décompose comme suit, pour 14 puits de 55 m de profondeur soit 770 m construits en 8 mois :

- Amortissement matériel.....	21.200	CFA
- Personnel expatrié.....	11.730	CFA
- Personnel local.....	17.470	CFA
- Matériaux.....	27.300	CFA
- Entretien matériel.....	3.545	CFA
- Carburant lubrifiant.....	12.821	CFA
- Frais généraux.....	4.026	CFA
- Imprévus.....	1.908	CFA
	<hr/>	
Total.....	100.000	CFA

Lorsque les puits sont réalisés par une entreprise le prix du ml avoisine les 170.000 CFA.

### 1.3. Les forages

Du point de vue technique et économique le forage est préférable au puits, surtout si les réalisations peuvent être entreprises en grande série.

Les avantages techniques des forages sur les puits sont les suivants :

- plus grande rapidité d'exécution.  
Alors qu'il faut 45 à 60 jours pour construire un puits de 60 mètres, dans les mêmes terrains avec une machine de forage le trou sera terminé en 1 ou 2 jours, pour un prix du ml souvent inférieur de 50 % à celui du puits.

- traversée facile de tous les types de terrains ;

- meilleures conditions de captage, donc débits plus élevés ;

.../...

- possibilité d'exécuter des ouvrages de plusieurs centaines de mètres de profondeurs ;
- moindre vulnérabilité à la pollution.

Les forages permettent de résoudre les problèmes techniques posés par la construction des puits, mais ils doivent nécessairement être exploités par une pompe manuelle ou actionnée par un moteur, étant donné les dimensions réduites du trou. C'est le seul inconvénient des forages mais il est d'importance, en l'absence d'un service d'entretien bien organisé et efficace, toutes les pompes installées tombent rapidement en panne, le point d'eau est donc inutilisable.

En Afrique le point d'eau type (puits ou forage) est situé en pleine brousse, quelquefois à plusieurs centaines de kilomètres de tout centre important. Il alimente des villages de quelques centaines d'habitants, ou, totalement isolé, il doit abreuver des troupeaux nomades d'un millier de têtes.

## 2 - LES BESOINS ET LES CONSOMMATIONS

### 2.1. Besoins humains

On peut considérer qu'entre 20 et 30 litres/jour/habitant, les besoins sont satisfaits mais ces chiffres sont rarement atteints.

La consommation est essentiellement fonction, du mode de puisage, de la profondeur de l'eau et de la distance de portage.

A cet égard une enquête significative a été réalisée en Haute-Volta du 10 au 15 mai 1976, sur 32 puits ou forages villageois équipés de pompes à main (1).

L'enquête consistait à observer chaque point d'eau pendant douze heures en notant :

- le nombre d'utilisateurs venant se ravitailler,
- les heures d'utilisation des pompes (entre 6h et 18h),
- le volume journalier soutiré,
- la consommation moyenne en litres/jour/habitant (le nombre des habitants de chaque village étant connu).

.../...

---

(1) S. SOLAGES - Résultats de l'enquête sur l'utilisation des puits A.V.V. 1976 - Archives Autorité des Aménagements des Vallées des Volta.

Les résultats ont été les suivants :

- . consommation maximum : 18 l/j/h
  - . consommation minimum : 6 l/j/h
  - . consommation moyenne : 11 l/j/h
  - . débit d'utilisation des pompes 300 à 500 l/heure
- De 8h à 15h les puits ne sont pratiquement pas utilisés.

Une enquête analogue effectuée au Ghana a montré des consommations de l'ordre de 8 m<sup>3</sup>/j pour des groupements de 300 habitants soit 25 l/j/h (forages équipés de pompes à main).

Nous admettons que 20 l/j/h est un chiffre convenable.

## 2.2. Besoins des animaux

Ces besoins sont pratiquement bien connus : 30 l/j/UBT (1). Des quantités journalières importantes sont donc nécessaires sur les points d'eau pastoraux : 50 à 100 m<sup>3</sup>/j soit 1.000 à 2.000 têtes de bétail s'alimentant chaque jour au même point d'eau.

## 2.3. Besoins des plantes

Nous nous limiterons ici aux besoins des petites exploitations individuelles, jardins, vergers ou petits périmètres.

Approximativement pour un petit jardin de 500 m<sup>2</sup> (1/20ème d'hectare) on compte 5 m<sup>3</sup>/j.

Cette petite hydraulique agricole est souvent pratiquée aux abords des grands axes hydrauliques, des barrages ou dans les zones où l'eau souterraine se trouve à faible profondeur.

Pour ce qui concerne le nombre des installations d'exhaure, les besoins les plus nombreux se manifestent au niveau des villages mais sont caractérisés par des débits journaliers modestes : 5 à 20 m<sup>3</sup>/j suivant l'importance de la communauté considérée (250 à 1.000 habitants).

Viennent ensuite les installations pastorales, moins nombreuses mais exigeant des débits de 50 à 100 m<sup>3</sup>/jour.

## 3 - LES MODALITES D'UTILISATION DES POINTS D'EAU

Dans toute la région sahélienne :

.../...

---

(1) UBT : Unité Bétail Tropical. 1 UBT = 250 kg de poids vif.  
1 bovin = 0,73 UBT ; 1 ovin = 1 caprin = 0,12 UBT ; 1 cheval =  
1 chameau = 1 UBT.

- le point d'eau est un ouvrage public,
- il est mis gratuitement à la disposition des utilisateurs et ceux-ci ne participent que très rarement à son entretien ou à sa réparation ;
- l'eau est gratuite même sur les stations de pompage à gros débit, ce qui entraîne l'affluence des éleveurs pour la facilité que cela représente ;
- lorsqu'un dispositif d'exhaure est mis en place il est également fourni gratuitement.

Tout ceci entraîne certaines contraintes :

. L'utilisation d'un point d'eau est collective, plusieurs personnes peuvent s'approvisionner simultanément, (5 à 15 selon la dimension du puits) ;

. l'eau doit être disponible en permanence ;

. dans les villages le débit doit être suffisant pour éviter une attente excessive aux heures d'affluence.

#### 4 - LE DEVELOPPEMENT DES MOYENS D'EXHAURE

A l'exception des régions de socle cristallin, l'eau existe en quantité suffisante pour satisfaire aux besoins des villages et des troupeaux, et par la multiplication des points d'eau on peut arriver à assurer un équipement convenable.

Toutefois le problème de la qualité de l'eau demeure dans la plupart des cas.

Il y a plusieurs raisons pour lesquelles on essaie de développer l'exploitation des points d'eau à l'aide de pompes :

- La première qui est essentielle, c'est de conserver à l'eau souterraine sa salubrité naturelle qui est rapidement détériorée par les moyens de puisage traditionnels.

- En deuxième lieu pour des raisons techniques et économiques l'alimentation en eau de certaines zones, en particulier les régions de socle cristallin, ne pourra être correctement résolue que par l'emploi systématique du forage comme ouvrage d'exploitation.

- Normalement l'installation d'une pompe doit entraîner une réduction notable du travail de puisage et un plus grand confort d'utilisation. On devrait donc noter une augmentation de la consommation.

## 5 - LES ENERGIES LOCALEMENT DISPONIBLES

L'énergie humaine, celle des animaux, du vent, du soleil ou des végétaux sont autant d'énergies qui à des degrés divers peuvent être utilisées sur place sans aucune contrainte de transport.

### 5.1. L'énergie humaine

L'énergie humaine est faible, cependant c'est la plus universellement répandue et la plus employée.

On admet que l'homme peut développer 0,10 CV de manière continue pendant 8 à 10 heures par jour.

Dans ces conditions un homme manoeuvrant une pompe à main pourra tirer 4 à 5 m<sup>3</sup>/j s'il doit élever l'eau de 40 mètres.

L'efficacité dépendra, pour une large part, du système d'entraînement de la pompe : volant, levier, balancier, pédale.

Il semble que ce dernier dispositif, adopté pour l'hydro-pompe Vergnet, soit le plus rationnel, puisqu'il permet d'utiliser tout le poids du corps pour agir verticalement sur la commande de la pompe.

### 5.2. L'énergie animale

L'âne, le boeuf et le chameau sont les animaux les plus utilisés pour le puisage de l'eau.

La traction animale est très employée au Tchad, dans la zone pastorale, surtout sur les puits profonds.

Les puissances que peuvent fournir les bêtes de trait sont estimées en moyenne à :

0,25 CV	pour un âne ;
0,35 CV	pour un boeuf ;
0,40 à 0,45 CV	pour un chameau ;

.../...

Les débits extraits par traction animale sont de l'ordre de 600 litres à l'heure à 60 mètres de profondeur.

### 5.3. L'énergie éolienne

C'est une énergie diluée, inégalement répartie dans le temps et dans l'espace. Cette irrégularité est un des principaux obstacles à l'utilisation du vent pour actionner des machines destinées à l'exhaure.

Avant toute décision d'équipement, il est indispensable d'avoir une bonne connaissance du régime des vents de la région où l'on envisage d'installer des éoliennes.

Des études réalisées, il ressort que la zone la plus favorable pour l'utilisation des éoliennes est située au Nord du 17<sup>ème</sup> parallèle. Entre le 15<sup>e</sup> et le 17<sup>e</sup> les emplacements devront faire l'objet d'une étude précise. Au Sud du 15<sup>e</sup> parallèle l'emploi de l'éolienne est fortement déconseillé.

### 5.4. L'énergie solaire

Au contraire de la précédente, l'énergie solaire est abondante et régulière. La puissance moyenne du rayonnement global est d'environ 0,5 kw par m<sup>2</sup>.

L'exploitation industrielle de cette énergie est de la plus grande actualité, et sa transformation en énergie mécanique est appliquée au pompage de l'eau depuis plusieurs années.

Nous examinerons au chapitre II, les développements récents de cette utilisation.

### 5.5. L'énergie biologique

Un hectare de culture ou de pâturage, en zone soudano-sahélienne où le rayonnement solaire au sol est de 500 calories par jour et par cm<sup>2</sup>, représente une fixation d'énergie végétale par photosynthèse qui est considérable.

On admet que cette fixation est de 1 % de l'énergie incidente. Dans ce cas l'énergie E accumulée en 12 heures vaut  $E = 5 \text{ cal/cm}^2 \times 10^8 \text{ cm}^2 = 5 \cdot 10^8 \text{ cal}$ . Ce qui correspond à une puissance de 50 kw/ha.

Le facteur limitant sera le plus souvent l'eau disponible pour alimenter cette unité de production énergétique.

.../...

L'utilisation de cette énergie potentielle exige une transformation de la matière sèche en un combustible facilement utilisable.

Parmi les transformations possibles la fermentation méthanique semble être une technique bien adaptée aux conditions naturelles et humaines des pays de savane.

- Principe de la fermentation méthanique -

C'est une fermentation anaérobie qui permet de transformer une partie des matières organiques en méthane et en gaz carbonique.

Le travail s'opère en deux temps : liquéfaction et gazéification par deux groupes différents de bactéries.

Le premier groupe transforme les composés organiques complexes, en composés organiques plus simples (acides gras) qui deviennent une source de nourriture pour le second groupe de bactéries méthanogènes.

Les facteurs nécessaires à la production sont dans l'ordre d'importance :

- le pH du milieu (7 à 8)
- la température qui conditionne la vitesse de réaction et la sélection des bactéries.
- le matériel cellulosique qui constitue la principale servitude du système.

Cette technique, connue depuis fort longtemps, est utilisée dans certaines installations de grosses puissances, dans les pays industrialisés, et au niveau domestique dans des pays comme l'Inde et la Chine.

En ce qui concerne les pays d'Afrique on possède des ressources végétales sous-utilisées ou mal utilisées (feu de brousse, combustion domestique des pailles).

Au Sud de l'isohyète 700 mm d'une façon générale, et au Nord dans certaines zones spécifiques (bas-fonds, zones fluviales, etc...) cette technique peut résoudre deux problèmes d'une importance fondamentale :

- la production d'énergie en milieu rural,
- l'enrichissement des sols en engrais organiques.

Le fait que cette production n'exige pas de main-d'oeuvre qualifiée est encore un facteur positif.

.../...

- Expérimentation, applications -

Dans le cadre de ses travaux le C.I.E.H. expérimente cette technologie à Saria en Haute-Volta, depuis août 1976.

L'objectif principal de ces travaux est la production de compost enrichi pour améliorer la capacité de rétention en eau des sols.

La disponibilité du gaz biologique produit nous a amené à utiliser ce combustible pour le fonctionnement d'une installation motorisée de pompage.

Les résultats obtenus à ce jour sont très significatifs :

1. la production de gaz se fait dans les conditions naturelles,
2. l'investissement nécessaire est à la portée du monde rural,
3. la maintenance d'une unité domestique de 5 m<sup>3</sup> de gaz par jour nécessite 3 journées de travail, pour deux mois de fonctionnement : apports de déchets cellulosiques (feuilles, résidus de récolte, matières organiques), sortie du compost.

Caractéristiques de l'installation expérimentale de Saria :

- Production discontinue.
- Une fosse de préfermentation (10 jours) d'un volume utile de 8 m<sup>3</sup>.
- La production de gaz est de 5 m<sup>3</sup> par jour pendant 50 jours, soit l'équivalent de 10 kw/h disponibles pour la consommation (4 heures de fonctionnement d'un moteur Bernard w110).
- Le coût d'une telle installation est de l'ordre de 150.000 F CFA sans compter la main-d'oeuvre.

70.000 F pour le gazomètre métallique

60.000 F pour la fosse (ciment - fer - goudron)

20.000 F pour les accessoires (vannes, adduction du gaz).

Outre les applications domestiques (cuisine, froid, éclairage), l'utilisation du gaz comme carburant, pour faire fonctionner des moteurs à combustion interne actionnant des pompes en particulier, peut être extrêmement intéressante. On supprime ainsi les contraintes du coût de fonctionnement et de l'approvisionnement. Il reste bien sûr le coût de l'équipement et son entretien.

.../...

Dans l'état actuel des travaux en cours, le domaine d'utilisation est restreint aux pompes aspirantes, mais dès cette année l'adaptation aux grandes profondeurs sera entreprise.

Nous tenions à signaler les possibilités de cette technologie parce qu'elles sont susceptibles d'être développées à grande échelle en zone rurale. Son adaptation au pompage de l'eau n'étant qu'un aspect particulier.

La multiplication des expérimentations dans ce sens devraient donc être envisagées.

## CHAPITRE II

--:--

### LES TECHNIQUES D'EXHAURE

=====

#### 1 - EXHAURE TRADITIONNELLE

Nous entendons par là, essentiellement, le puisage pratiqué à l'aide d'une corde et d'un récipient manoeuvrés à bout de bras ou tirés par un animal (âne, boeuf, chameau).

Il est évident que ce mode d'exhaure ne peut se pratiquer que sur un puits de diamètre suffisant (1 à 2 m) en l'absence de moyens mécaniques installés à demeure sur l'ouvrage.

Les cordes et les poulies sont fabriquées localement, les récipients de diverses contenances (5 à 40 litres) sont des Calebasses, des emballages métalliques récupérés, des chutes de chambre à air ou des poches de cuir (délous). Tous ces instruments appartiennent aux usagers et ils sont amovibles.

Le puisage traditionnel est le plus souvent individuel, chaque utilisateur travaillant pour son propre compte avec son propre matériel, mais il peut être collectif surtout lorsque le niveau de l'eau se trouve entre 30 et 80 m. Deux à trois personnes sont alors nécessaires pour conduire l'animal de trait, guider la corde sur la poulie et vider le délou.

Les inconvénients de l'exhaure traditionnelle sont bien connus :

- pollution de l'eau ;
- travail extrêmement pénible surtout pour les grandes profondeurs, tel qu'il est pratiqué pendant des heures sur les puits pastoraux ;
- ce qui a pour effet de limiter la consommation au strict minimum ;
- quelquefois détérioration de l'ouvrage à plus ou moins long terme, par l'apport permanent de matières solides ramassées par les cordes qui traînent sur le sol.

Cependant les méthodes traditionnelles présentent des avantages évidents :

.../...



**AM GUILFEL** (Tchad) — Exhaure traditionnelle sur un puits moderne. On peut trouver jusqu'à 8 poulies sur un même puits.



**EL KELANI** (Tchad) — Puits traditionnel — Exhaure par traction animale, profondeur 60 mètres.

- . le prix de revient du puisage est nul ;
- . le puits peut être rabattu au maximum, ceci est très important dans les zones où les débits sont faibles ;
- . les pannes sont inexistantes, le matériel est entretenu ou remplacé par l'utilisateur puisqu'il est sa propriété ;
- . le puisage est adapté à toutes les profondeurs même les plus élevées ;
- . le puits ne nécessite aucune surveillance et peut fonctionner 24 heures sur 24 ;
- . les débits instantanés peuvent être importants.

Nous avons pu mesurer par exemple :

- 4 m<sup>3</sup>/h à 20 mètres, 15 personnes puisant en même temps sur un puits de 2 m de diamètre (THIEOUEL - Sénégal) ;
- 4 m<sup>3</sup>/h à 60 mètres avec 6 fourches installées et traction animale sur un puits de 1,80 m de diamètre (600 à 700 l/h par délou).

Tous ces points devront être examinés avec attention chaque fois que l'on voudra remplacer l'exhaure traditionnelle par des moyens mécaniques. Pour effectuer une telle substitution, on doit être en mesure de garantir le fonctionnement de l'installation dans les mêmes conditions.

Enfin il faut remarquer que dans de nombreux cas, les débits soutirés par les méthodes traditionnelles correspondent à ceux des puits et à la capacité de charge des pâturages.

Une amélioration dans ce sens, c'est-à-dire une augmentation du nombre d'animaux venant s'abreuver au même point d'eau, risque de compromettre un équilibre déjà instable.

## 2 - AMELIORATION DE L'EXHAURE TRADITIONNELLE

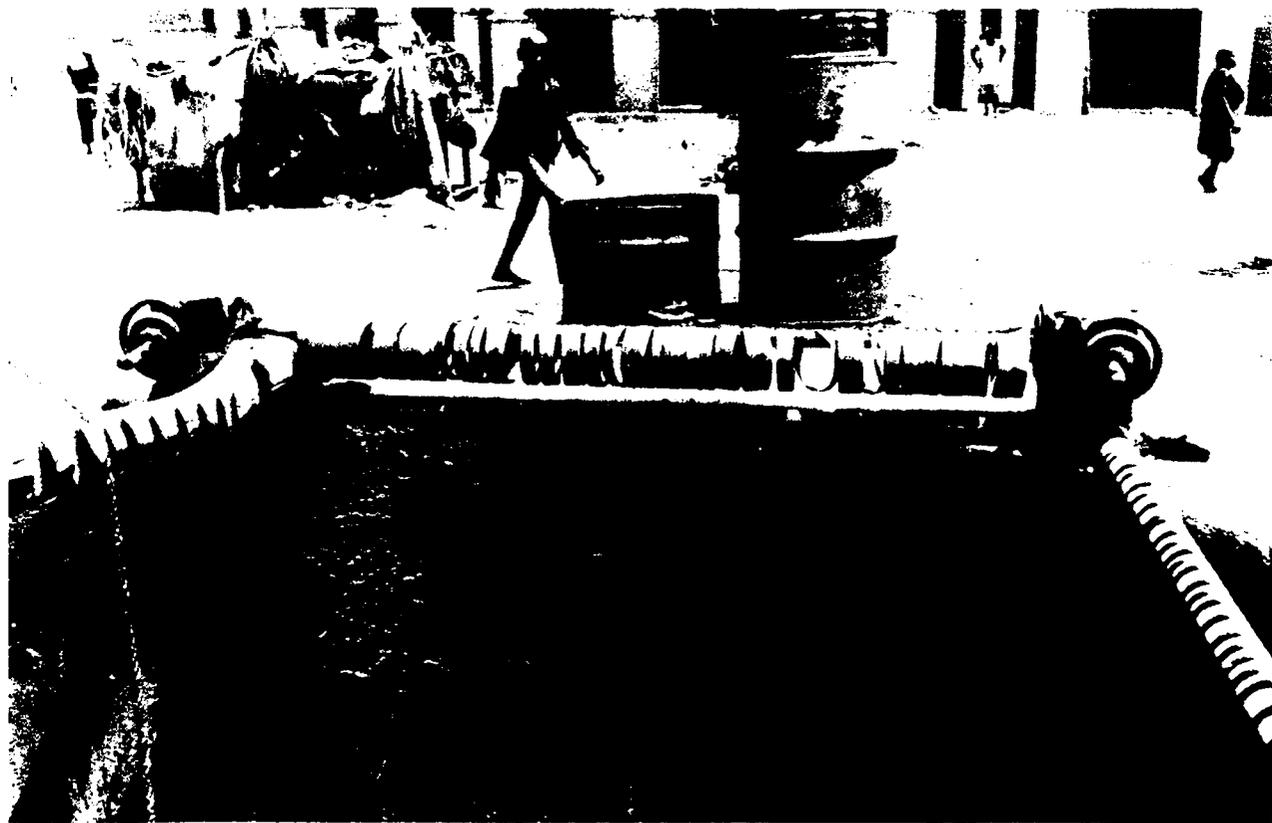
On a souvent essayé d'améliorer les méthodes locales de puisage en fournissant aux usagers des équipements destinés à faciliter le halage des cordes et éviter que celles-ci ne traînent par terre.

Tous ces matériels, poulies, bâtis, fourches, rouleaux métalliques ont en général une durée de vie très brève et ne sont pas remplacés, ou bien ils sont mal adaptés et inutilisés, parce qu'ils constituent une gêne pour les utilisateurs.

.../...



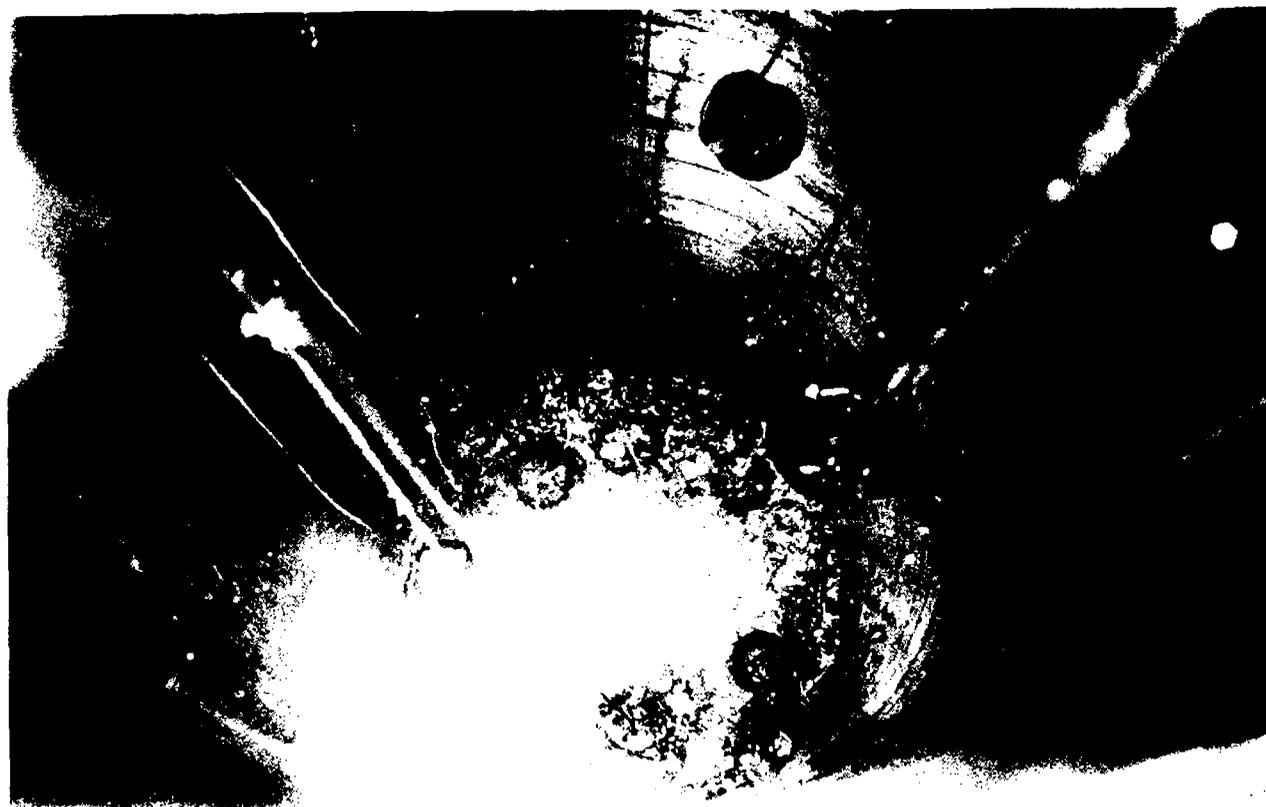
**KILME (Tchad) —** Amélioration de l'exhaure traditionnelle : fourches et rouleaux métalliques.



Rouleaux métalliques après quelques mois d'utilisation...



**THIEOUEL** (Sénégal) — L'usage de la poulie est très répandue au Sénégal. Les poulies amovibles sont propriété des utilisateurs.



Sur le même puits : 15 personnes puisent en même temps, à 20 mètres de profondeur le débit est de 4 m<sup>3</sup>/h.

Les treuils à main en particulier sont tout à fait inadaptés parce qu'ils ne permettent pas le puisage collectif.

Au Tchad les poulies et rouleaux métalliques qui ont été installés sur un certain nombre de puits sont hors d'usage au bout de quelques mois, et découpés en une multitude de bracelets. (photos ci-contre).

Sur un même rouleau on trouve par exemple des cordes qui descendent et qui montent bloquant la rotation, ou bien le rouleau est entraîné par la remontée du délou le plus lourd et la corde descendante chargée de sable fonctionne comme une lime.

A notre avis tous ces systèmes n'apportent guère d'améliorations notables et ne sont pas toujours très bien accueillis par les populations. Ils n'évitent pas non plus la pollution de l'eau par les cordes.

### 3 - LES MANEGES

Il apparaît extrêmement séduisant de vouloir utiliser l'énergie animale pour entraîner des manèges affectés au pompage. Plusieurs tentatives ont été faites en Afrique pour introduire ces machines, elles se sont toutes soldées par des échecs, pour diverses raisons :

- les animaux utilisés, boeufs principalement, ne sont pas dressés pour marcher sur une piste circulaire ;
- la transformation de la marche régulière d'un animal en un mouvement alternatif ou circulaire, ne peut qu'aboutir à un système relativement complexe comprenant des renvois d'angle et des engrenages intermédiaires. Toute cette mécanique exige un entretien fréquent et est très vulnérable.
- les installations peuvent difficilement rester sans surveillance, ce qui est une condition essentielle pour le fonctionnement en zone nomade.
- le puisage ne peut pas être collectif, cela pose le problème de la priorité d'utilisation d'un ouvrage public.
- le débit de ces appareils est en général insuffisant lorsqu'il s'agit d'élever l'eau de plus de 20 mètres.

Le tableau ci-après donne les performances de quelques manèges proposés sur le marché. Cette liste n'est pas exhaustive, mais il faut remarquer que les constructeurs sont peu nombreux.

.../...

Marques	Débit (m <sup>3</sup> /h)	Hauteur manométrique (m)
GUILLAUD	5 à 0,9	15 à 85
BRIAU	5 à 0,9	25 à 100
CARUELLE	5 à 1,5	12 à 90
CHAMPENOIS	3 -	20

Au cours de notre mission nous n'avons vu aucun manège en état de marche.

Cependant un système d'exhaure à traction bovine mérite une attention particulière, il fonctionne depuis 7 ans au Sénégal où plusieurs exemplaires sont installés.

- Système d'exhaure à traction bovine (type Guéroult) -

Ces installations construites par la SISCOMA à Dakar ont été expérimentées d'abord au Centre National de la Recherche Agronomique (CNRA) de Bambey en 1971, sur un puits de 16 mètres, où le prototype fonctionne toujours parfaitement.

Après les premiers essais, le système GUEROULT, légèrement modifié a été mis en place en 1972 sur deux puits en milieu rural, l'un de 32 m, l'autre de 48 mètres de profondeur. Les installations sont toujours en état de marche.

Principe de fonctionnement

Deux seaux sont animés d'un mouvement de va-et-vient vertical, par la traction en aller et retour, sur un câble aérien horizontal, d'un attelage de bovins.

A chaque trajet correspond la montée d'un seau plein et la descente d'un seau vide.

Le câble est renvoyé au-dessus du puits par deux poulies montées sur un portique, et à distance par une autre poulie fixée à 3 mètres au-dessus du sol, sur deux poteaux en IPN.

.../...

Le fonctionnement du dispositif exige la présence de deux personnes, l'une pour conduire l'attelage, l'autre pour vider les seaux, par basculement dans un déversoir placé au-dessus du puits.

L'eau peut être stockée dans une citerne, un bassin, ou envoyée dans des abreuvoirs.

Le câble est composé de trois éléments raccordés par des émerillons, ceci évite leur détérioration par torsion.

Les seaux cylindriques, de 40 litres, sont en tôle de 20/10 mm, chacun est lesté d'un contrepoids destiné à tendre les câbles horizontaux. Le poids de celui-ci est déterminé par la profondeur du puits :

- 40 kg pour un puits de 20 mètres et une portée de 45 mètres ;
- 70 kg pour un puits de 40 mètres et une portée de 60 mètres.

Sur un puits de deux mètres de diamètre on peut mettre en place quatre postes.

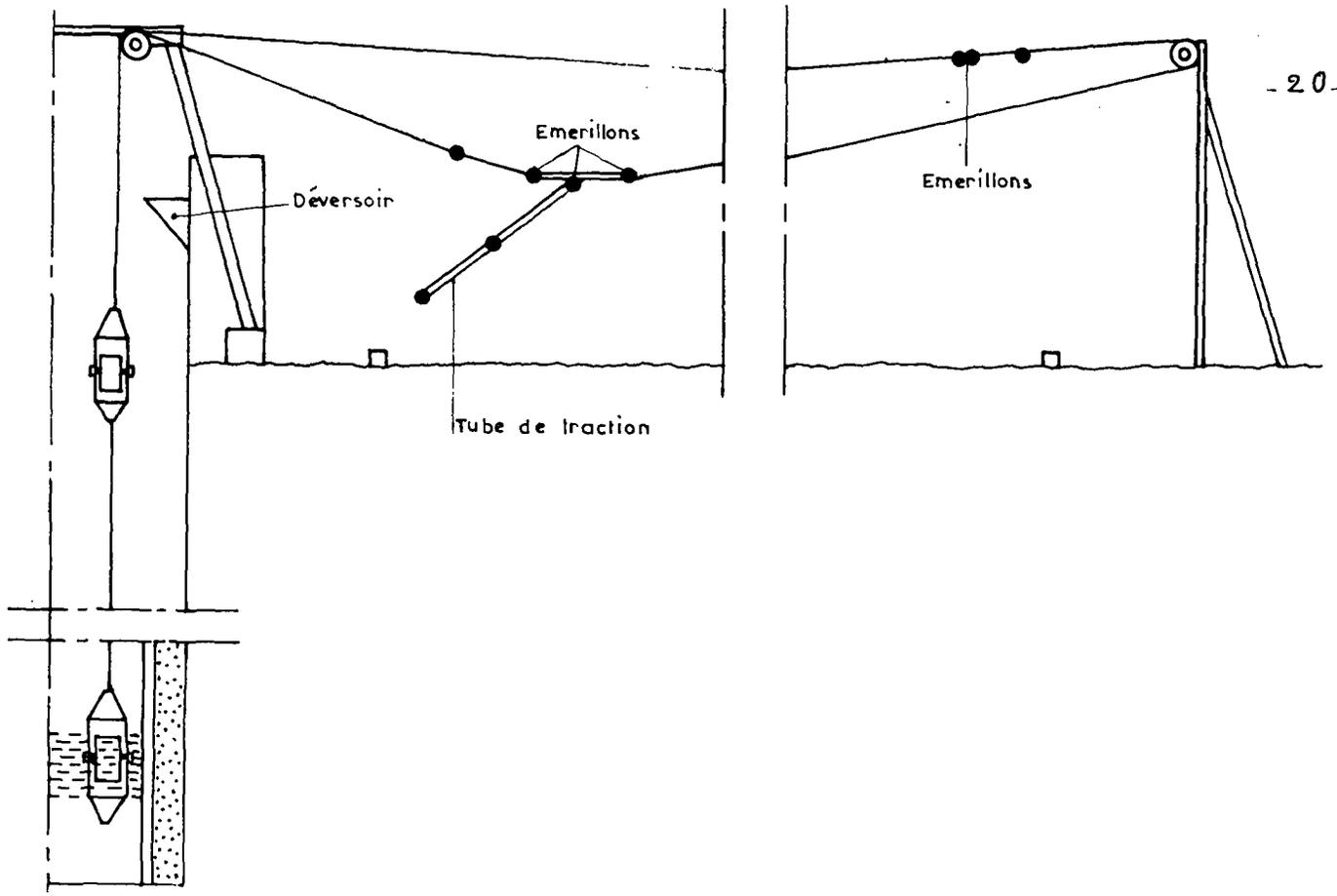
#### Débit de l'installation

Les mesures effectuées ont permis de tracer une courbe débit/profondeur pour un attelage ayant une vitesse de 2,5 km/h.

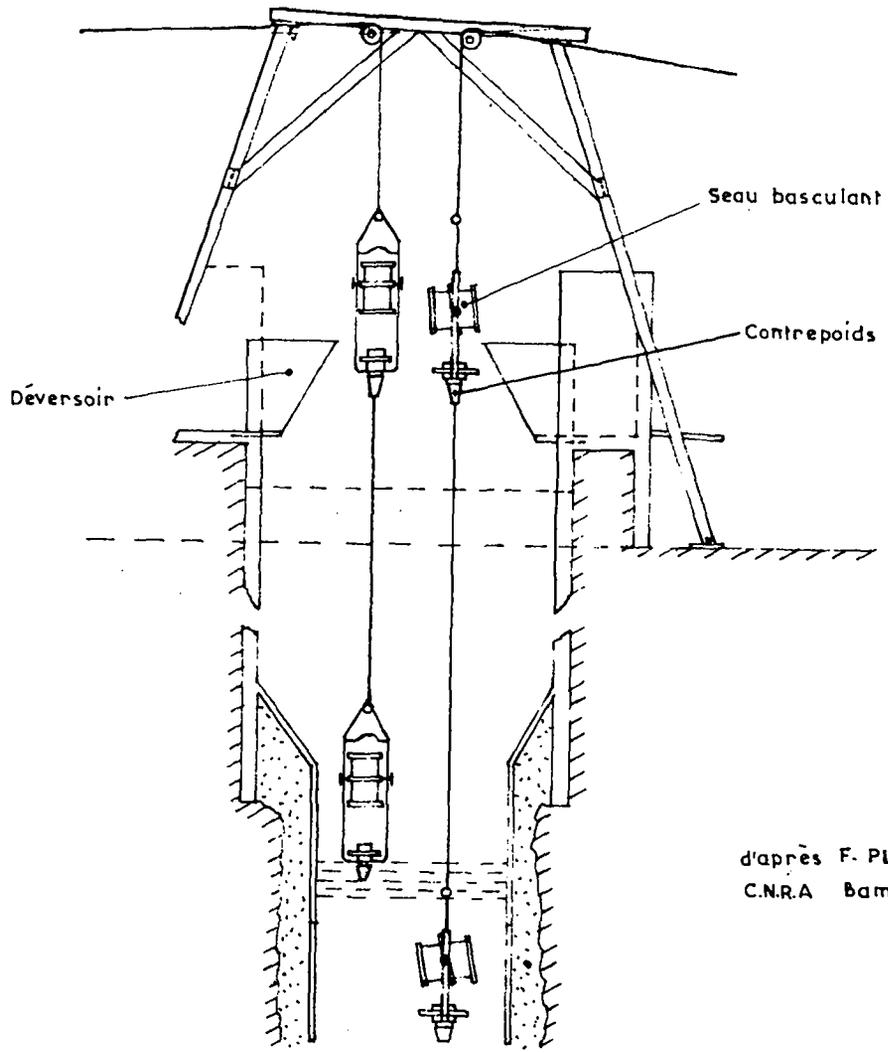
Niveau de l'eau (m)	!	Q (m <sup>3</sup> /h)
10	!	4
20	!	3
30	!	2,2
40	!	1,8
50	!	1,6

Le coût d'une telle installation revient à 400.000 F CFA non compris la construction de citernes ou de réservoirs. L'entretien est limité au graissage des câbles.

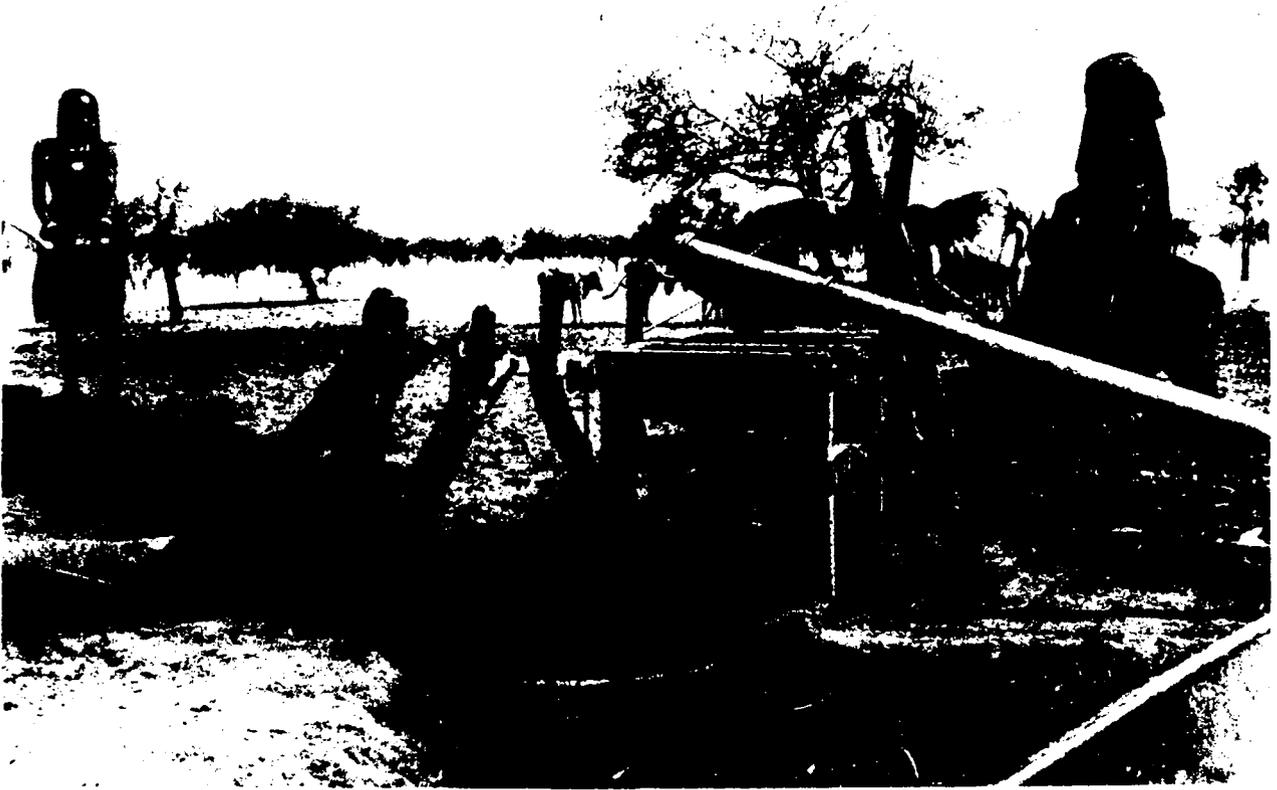
Ce système d'exhaure présente un intérêt certain, mais demande à être mis en place sous surveillance. Cela ne peut se concevoir que dans des exploitations ou des villages, où il existe déjà un encadrement solide.



— Système d'exhaure à traction bovine (TYPE GUEROUULT) —



d'après F. PLESSARD  
C.N.R.A Bamby



**HIMEDIAH** (Tchad) — Manège installé en 1962, a fonctionné moins d'un mois.



**BAMBEY** (Sénégal) — Traction bovine GUEROULT

#### 4 - LES POMPES A MAIN

A la demande de l'OMS le CIEH a entrepris depuis trois ans une étude sur les moyens d'exhaure manuels. Ceci afin de déterminer et mettre au point un modèle de pompe adapté aux conditions d'utilisation en Afrique.

Nous avons placé dans des conditions de service effectif, au niveau de plusieurs villages de Haute-Volta, une gamme assez large des différents modèles connus de pompes à main, afin de déterminer les différentes catégories de pannes, la facilité de maniement, d'entretien et les améliorations à apporter éventuellement au matériel existant.

Un compte-rendu détaillé de cette étude est en cours de publication, cependant nous pouvons en donner ici les principaux résultats.

Nous avons mis en place les marques de pompes suivantes :

- ABI (3 exemplaires)
- BODIN type "Majestic" (5 exemplaires)
- BRIAU type "Africa" (5 exemplaires)
- DEMFSTER (3 exemplaires)
- GODWIN (3 exemplaires)
- UGANDA (2 exemplaires)

Au début de leur installation ces pompes ont fait l'objet d'une visite mensuelle, au cours de laquelle étaient effectuées les opérations courantes d'entretien (graissage principalement), des mesures de débits ainsi que des observations sur l'état des différents organes et la nature des pannes constatées.

##### 4.1. Pompes à tringles

###### 4.1.1. Pompe ABI

Cette pompe est fabriquée en Côte d'Ivoire où plusieurs centaines d'exemplaires sont installés. En Haute-Volta une cinquantaine de modèles sont en place, principalement sur des puits.

La pompe est proposée avec un cylindre de 70 mm en deux versions :

- Type M à piston immergé
- Type MR à piston différentiel, permettant de refouler dans un réservoir à 10 m au-dessus du sol.

.../...

Le mécanisme de surface comporte un levier, articulé sur deux roulements à billes étanches.

Il n'y a pas de guidage rectiligne des tringles, celles-ci sont attachées directement au levier qui comporte un seul axe de rotation. Un contre-poids est placé sur le levier pour équilibrer la tringlerie.

Le cylindre en laiton de 70 mm de  $\phi$ , a une épaisseur de 3 mm.

L'ensemble de la construction est très solide et ne demande aucun entretien. La profondeur d'utilisation est d'une trentaine de mètres. Le débit est de l'ordre de 1,5 m<sup>3</sup>/h à 7 m et 0,8 m<sup>3</sup>/h à 25 m.

Les pannes les plus fréquentes sont dues à la rupture des tringles, au niveau de l'attache sur l'extrémité du levier.

Parmi les pompes que nous avons essayées, celle-ci s'est avérée être la plus robuste à l'usage.

En effet, sur la plupart des autres modèles, les têtes de pompe et les cylindres se détériorent assez rapidement, et souvent définitivement.

#### 4.1.2. Pompe ODEN "Majestic"

Pompe à levier, à double guidage rectiligne et à course réglable.

Le diamètre du piston est de 100 mm, la course moyenne de 180 mm.

La profondeur d'utilisation est de l'ordre de 30 mètres.

Le débit moyen d'utilisation est de 0,9 m<sup>3</sup>/h.

#### Pannes les plus fréquentes

- éclatement du cylindre. Cette panne qui se produit très souvent sur ce type de pompe est due certainement à un défaut de fabrication, et à la faible épaisseur de la paroi du cylindre.

- rupture des tringles.

.../...

- détérioration rapide de la tête de pompe. Le mécanisme de surface demande un entretien fréquent (au moins bimensuel), et celui-ci n'est pas toujours effectué dans les conditions d'utilisation.

Sur cinq pompes surveillées et entretenues convenablement, les deux plus utilisées étaient définitivement hors service après 18 mois de fonctionnement.

#### 4.1.3. Pompe BRIAU "Africa"

La pompe "Africa" est un des rares modèles de pompe à main proposé pour des profondeurs supérieures à 30 mètres.

##### Description

L'élément de surface est entraîné par un ou deux volants branchés sur un train d'engrenages.

L'ensemble du mécanisme est enfermé dans un carter d'huile étanche, le graissage se faisant par barbotage.

Le réglage de la course du piston est obtenu en modifiant la position de la bielle. Il existe trois positions fixes : 100, 140 et 180 mm.

Un piston différentiel permet de refouler l'eau dans un réservoir.

Un jeu de contre-poids, fixés sur les volants, sert à équilibrer le poids de la tringlerie. Leur position par rapport à l'axe du volant est déterminée en fonction de la course choisie, et de la longueur des tringles.

##### Observations sur les pompes "Africa"

Toutes les pompes que nous avons observées se trouvent en Haute-Volta, où plusieurs dizaines sont en place.

Des pannes très fréquentes ont été constatées :

- ruptures de la tringlerie
- ruptures du train d'engrenages (pompe définitivement hors d'usage).

.../...

De plus beaucoup de ces pompes sont très difficiles à manipuler. Sur certaines il faut exercer un effort de plus de 70 kg pour commencer à déplacer le volant.

Les enfants peuvent difficilement utiliser la pompe, la manivelle étant trop haute.

En fait nous nous sommes aperçus que la plupart des défauts constatés étaient dus dans beaucoup de cas à des erreurs de montage. La plus grave de celles-ci étant une erreur de 180° dans la position des contre-poids sur le volant.

### Débits

Les débits mesurés sur temps très court d'utilisation (30 à 60 secondes) sont relativement importants, avec un piston de 120 mm de  $\phi$  :

- 3,6 m<sup>3</sup>/h à 7 m,
- 2,5 m<sup>3</sup>/h à 15 m.

La pompe étant manipulée par deux adultes.

#### 4.1.4. Pompe DEMPSTER

Cette pompe à levier fabriquée aux Etats-Unis, n'appelle aucune remarque particulière.

De conception tout à fait classique, les deux exemplaires mis en place en Haute-Volta fonctionnent depuis six mois. Une seule rupture de tringle a été notée.

La profondeur d'utilisation est d'une trentaine de mètres.

Débit mesuré : 0,9 m<sup>3</sup>/h à 12 mètres.

#### 4.1.5. Pompe GODWIN

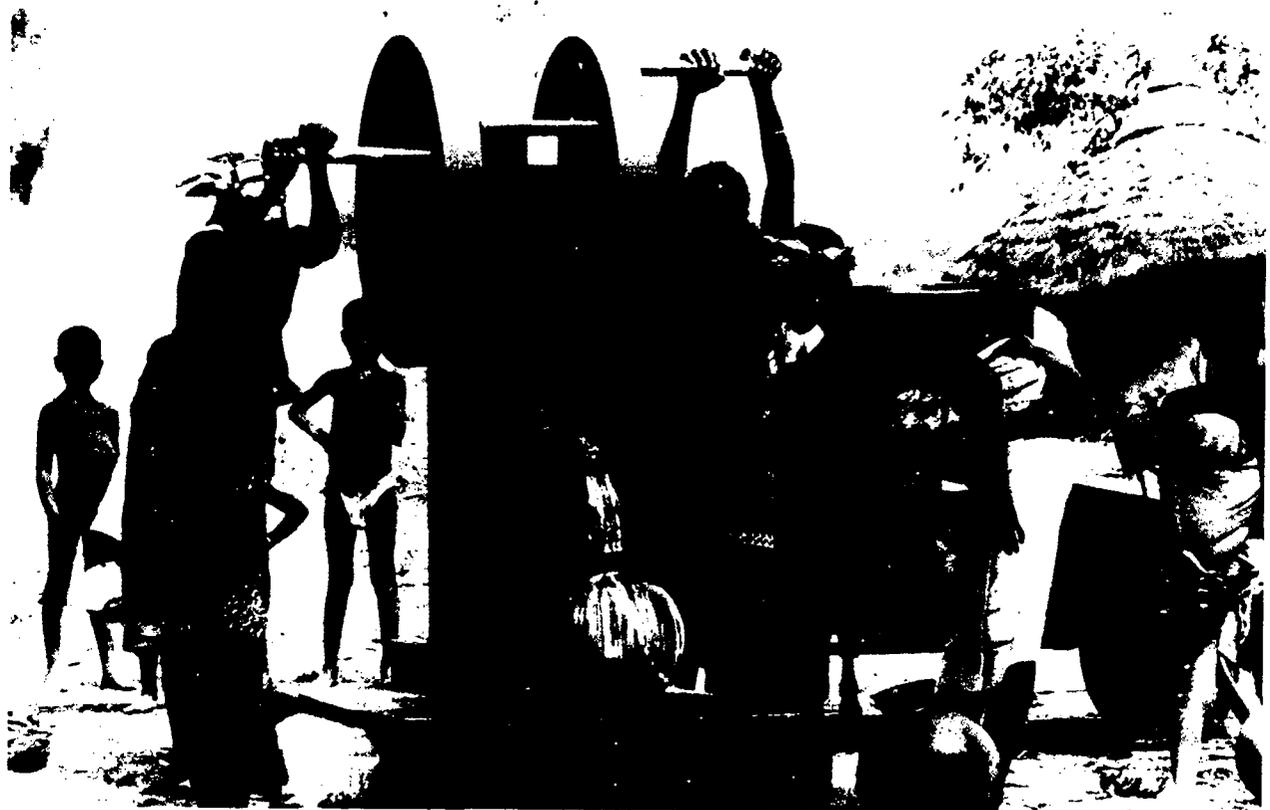
Ces pompes sont proposées pour des profondeurs allant jusqu'à 100 mètres.

Le mécanisme de surface est entraîné par un ou deux volants (démultiplication 4 : 1).

.../...



**BAGBILI** (Haute-Volta) — Pompe BODIN "Majestic"



**KOSTENGA** (Haute-Volta) — Pompe BRIAU "Africa"



**TCHAD** — Pompe à main utilisée pour l'équipement de petits forages villageois.



**SOUSSANE (Sénégal)** — Deux pompes à piston GUEROULT et une pompe à chaîne installées sur un même puits.

Ce type de pompe présente deux particularités intéressantes :

- les tringles qui commandent le piston sont en bois, ce qui allège considérablement le train de tiges.

- le piston et son clapet peuvent être extraits sans avoir à démonter la conduite de refoulement.

Aucune panne n'a été constatée sur ces pompes, cependant malgré la facilité de fonctionnement, tous les utilisateurs se sont plaint de la trop grande démultiplication de l'entraînement.

Débit mesuré : 0,7 m<sup>3</sup>/h à 8 mètres.

#### 4.1.6. Pompe UGANDA

Ce modèle, fabriqué au Kenya, permet de pomper jusqu'à 60 mètres de profondeur, lorsqu'il est équipé d'un piston de 46 mm. Le débit est alors de 0,4 m<sup>3</sup>/h.

La construction est robuste, mais nécessite un graissage fréquent au niveau des axes et du guidage de la tringlerie.

Depuis l'installation de ces pompes (1 an, 2 exemplaires) nous avons noté une rupture de la tringlerie.

Les pistons livrés sont identiques à ceux des pompes GODWIN.

Débit mesuré : 1 m<sup>3</sup>/h à 8 mètres.

#### 4.1.7. Autres pompes

Mis à part ceux qui viennent d'être décrits, beaucoup d'autres modèles de pompes sont en service dans plusieurs pays.

Au Sénégal, la pompe GUEROUULT (voir photo), est fabriquée localement mais en petite série. Elle équipe des puits et des forages dans la région du Cap Vert (40 pompes installées, 100 prévues).

Le cylindre, en aluminium, a 76 mm de diamètre. La course varie de 0,50 cm à 1 m. Dans ce dernier cas, le balancier largement dimensionné, permet l'utilisation par 4 hommes simultanément. Le débit peut alors être assez élevé pour une pompe à main : 7 m<sup>3</sup>/h à 12 mètres.

.../...

Un presse étoupe sur la tige de commande permet de refouler dans un réservoir.

La profondeur d'utilisation est d'une trentaine de mètres.

Au Tchad, pour un programme de forages villageois, le Fonds de Développement et d'Action Rurale (FEAR) met en place une série de petites pompes à main (25 à 30 m).

Le tube de forage (2" 1/2) sert en même temps de tube de refoulement. Le cylindre en bronze est intercalé entre la crépine et le tube de forage.

En mars 1976, sur 200 pompes installées, 50 % étaient en panne (ruptures des tringles et cuirs de piston).

CARACTERISTIQUES COMPAREES DE QUELQUES POMPES A MAIN

Marque	Type	∅ cyl. (mm)	∅ refoulement (mm)	∅ tringles (mm)	Prof. max. (m)	Débit maximum (m <sup>3</sup> /h)	Coûts F CFA
ABI	M MR	70	50	16	40	1	140.000
BODIN	Majestic	100	50	13	30-35	1	160.000
BRIAU	Africa	70	60	16	100	0,3 (1)	700.000
		120	60	16	40	0,9 (1)	
DEMPSTER		70	51	13	30-35	1,2	100.000
GODWIN	W 1H51	60	64	tringles en bois	100	0,4	350.000
	W 1H54	95	100		40	1,3	
UGANDA		46	51	13	60	0,4	?
		57	64	16	50	0,6	
		70	76	16	25	0,9	

4.2. L'hydropompe VERGNET

Parallèlement à l'expérimentation des modèles classiques, l'UNICEF et l'OMS ont confié en 1974 au CIEH, l'expérimentation d'un modèle de pompe de conception tout à fait nouvelle. Ces travaux se sont faits en liaison étroite avec le constructeur, ce qui permettait d'apporter rapidement les modifications nécessaires aux prototypes.

.../...

(1) Commande démultipliée.

Le principe extrêmement séduisant de la commande hydraulique semblait devoir apporter la solution à beaucoup de pannes constatées sur les autres pompes à main.

#### 4.2.1. Description du fonctionnement - (voir schéma de principe)

La pompe comprend divers éléments :

- une presse hydraulique à simple effet (ensemble cylindre - piston placé en surface) actionnée au pied (7-8),
- une canalisation de commande (5),
- une canalisation de refoulement (6),
- un corps inférieur composé d'une enceinte rigide (1), à l'intérieur de laquelle se trouve un manchon élastique (2).

L'enceinte rigide comporte un clapet d'aspiration (3), et un clapet de refoulement (4) qui permet le passage de l'eau jusqu'à son point d'utilisation.

Lorsque le fluide moteur est repoussé par le piston dans le manchon élastique, (toutes les canalisations étant remplies d'eau), celui-ci augmente de volume et chasse l'eau contenue dans l'enceinte rigide, à travers le clapet de refoulement. L'eau refoulée est conduite à la surface du sol par la canalisation (6). Pendant la phase d'extension du manchon élastique, le clapet d'aspiration reste fermé.

Lorsque l'action sur le piston cesse, le manchon élastique se rétracte chassant le liquide qu'il contient dans le cylindre et repoussant automatiquement le piston dans la position haute.

La diminution de volume du manchon élastique provoque l'aspiration de l'eau du puits ou du forage, à l'intérieur de l'enceinte rigide. Le clapet de refoulement est maintenu fermé pendant toute la durée de l'aspiration.

L'utilisateur peut donc de nouveau abaisser le piston, et refouler l'eau contenue dans l'enceinte rigide.

Le volume refoulé est de 300 ml à chaque coup de pédale.

.../...

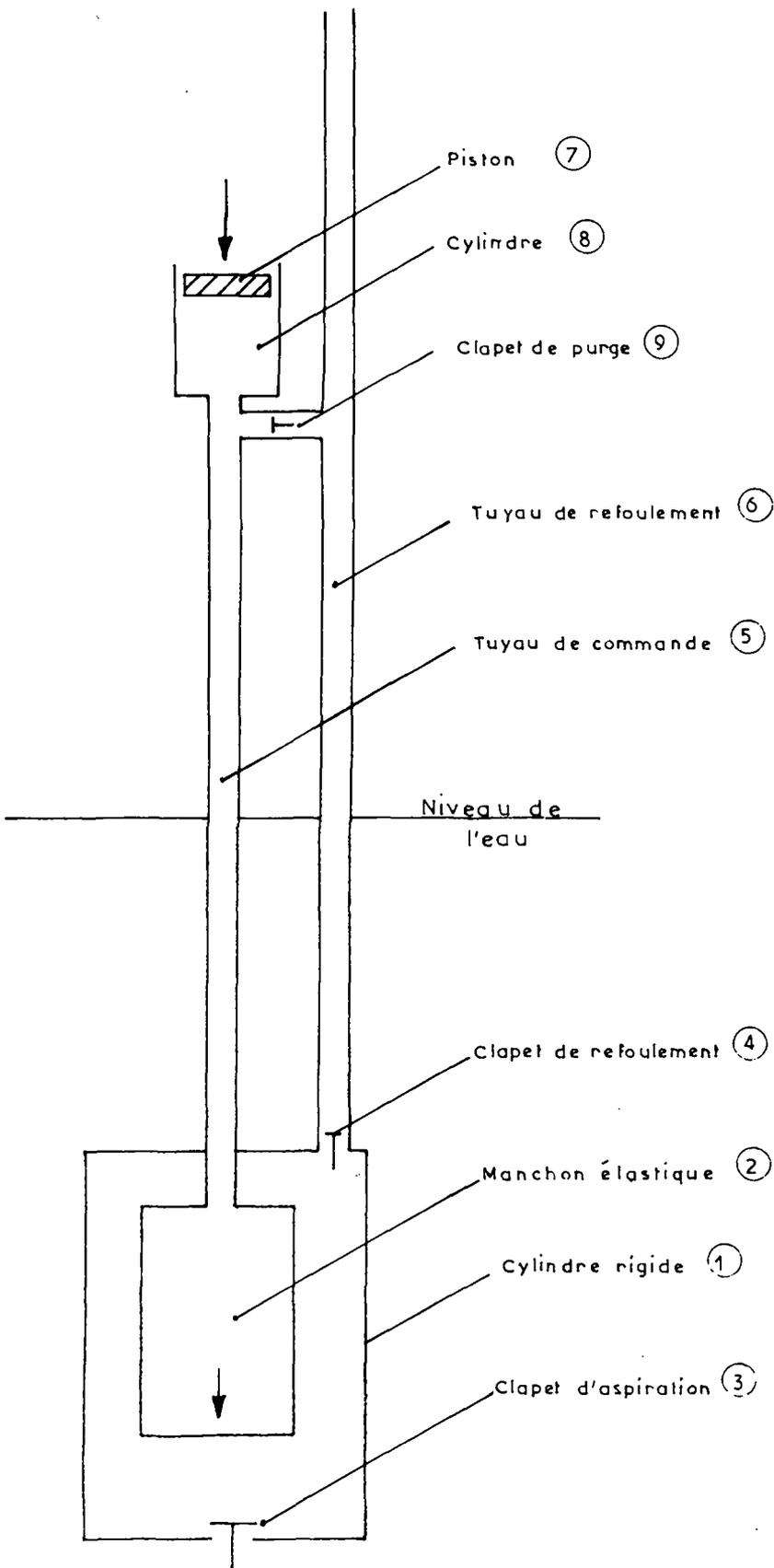
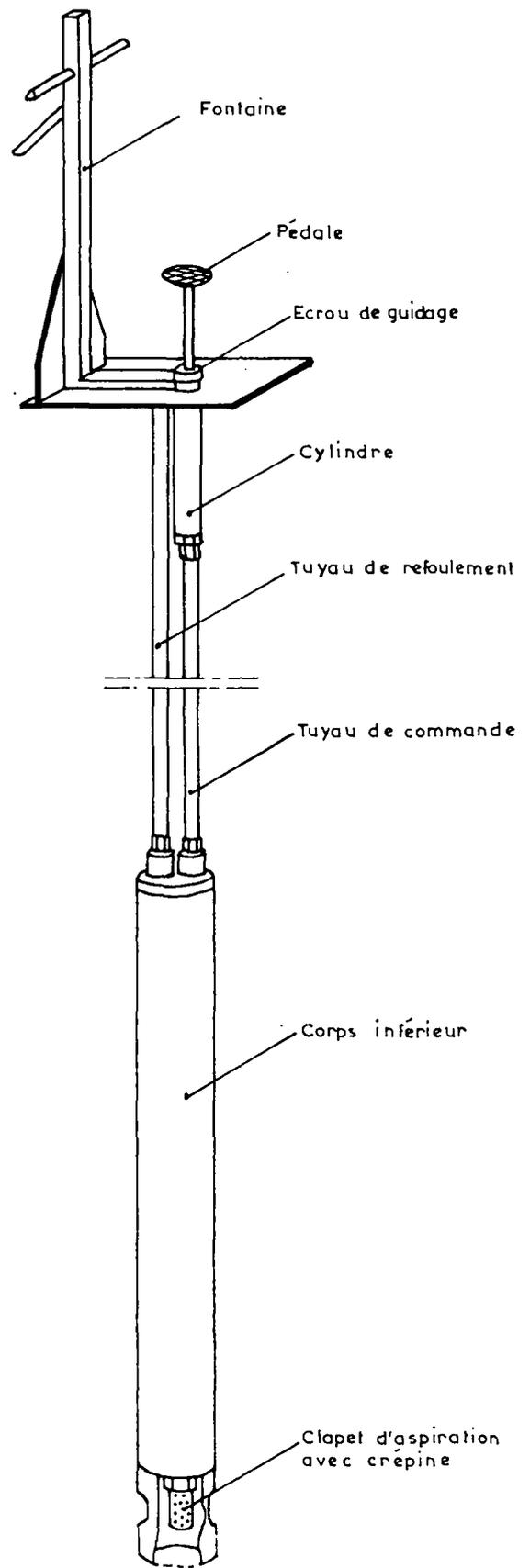


Schéma de principe



Croquis d'ensemble

**HYDROPOMPE VERGNET**



**OUAGADOUGOU** (Haute-Volta) — Pompe UGANDA



**LINOGHIN** (Haute-Volta) — Pompes ABI et VERGNET installées sur un même puits.

#### Purge automatique

Si de l'air pénètre dans le circuit de commande, l'eau du circuit secondaire, qui est en légère surpression, passe par le clapet (9) et purge ainsi le circuit. L'air peut s'échapper par des lumières aménagées dans la partie haute du cylindre.

Cette légère surpression est obtenue en faisant déboucher la canalisation de refoulement au-dessus du cylindre de commande.

L'originalité de cette pompe réside dans le fait que le retour à l'état initial du circuit de commande et l'aspiration se font automatiquement, grâce à la rétraction du manchon élastique. En effet, lorsque toute action cesse sur le piston, celui-ci revient en position haute, sans intervention extérieure. L'énergie nécessaire à la remontée ayant été accumulée pendant la phase active d'extension.

Il faut signaler également que l'utilisateur se sert de son propre poids pour actionner la pompe.

#### 4.2.2. Détails de fabrication

- Le corps de pompe inférieur est en acier inoxydable, sa longueur est de 1,30 m.
- Les canalisations sont en polyéthylène souple, haute densité (diamètre intérieur 26 mm, diamètre extérieur 32 mm).
- Le corps supérieur (fontaine et ensemble de commande) est entièrement métallique (acier galvanisé, acier inoxydable et laiton).
- Le piston en PVC porte 4 segments en cuir et un joint râcleur à lèvres.
- Le manchon élastique, en caoutchouc de 15 mm d'épaisseur, présente une anisotropie complète dans son développement lorsqu'il est soumis à une pression hydraulique interne. Seule son extension axiale est possible, son diamètre restant constant à toutes les pressions d'utilisation. La pression d'éclatement est de 30 hars.
- Les clapets sont en matière plastique.

Le poids de l'ensemble est de 25 kg environ.

#### 4.2.3. Expérimentation menée par le CIEH

Dès la conception de cette pompe, le CIEH a été en possession des premiers prototypes. Nous nous sommes attachés à faire fonctionner, sur le terrain, plusieurs pompes, dans les conditions les plus sévères.

Il avait été envisagé au début, de fabriquer un ensemble entièrement en PVC de façon à en réduire le coût, le poids et les risques de corrosion. En fait ce matériau s'est révélé totalement inadapté pour cette utilisation, et nous avons eu à constater, à plusieurs reprises des éclatements du corps inférieur. Celui-ci est maintenant en acier inoxydable.

Le manchon élastique s'est avéré parfaitement résistant dans sa version actuelle.

Le principal obstacle rencontré l'a été au niveau du joint du piston, seule pièce en frottement du système. En effet plusieurs modèles de joints à lèvres (cuir, polyuréthane, caoutchouc synthétique) ont été essayés. Leur mise hors d'usage était très rapide : une semaine à un mois. Le piston actuel tel qu'il a été décrit ci-dessus (segments de cuir) peut fonctionner sans intervention pendant au moins six mois. Cette pièce est susceptible d'amélioration et des essais sont en cours avec de nouveaux matériaux.

On envisage également de modifier complètement l'élément de surface, en supprimant toutes les pièces en frottement (structure déformable).

L'hydropompe Vergnet a été installée en de nombreux exemplaires surtout en Côte d'Ivoire (200), en Haute-Volta (50), et au Mali (100). Quelques-unes sont en service au Tchad et au Cameroun.

A notre avis ce matériel a été commercialisé un peu trop rapidement, avant que sa mise au point ne soit terminée. Cependant nous pouvons affirmer que dans sa fabrication actuelle, ce modèle est tout à fait opérationnel, même s'il est susceptible de subir encore quelques modifications.

Le prix unitaire de cette pompe est de 175.000 F CFA, rendue au Tchad par voie aérienne.

#### Débits

Deux types de pompe sont proposés, adaptés à deux gammes de profondeurs : 4 A de 0 à 30 m (piston  $\phi$  40 mm - course 25 cm).

4 C de 30 à 60 m (piston  $\phi$  30 mm - course 45 cm).

.../...

Nous avons pu effectivement mesurer les débits suivants :

Pompe	HMT	Débit
4 A	7 m	2 m <sup>3</sup> /h
4 A	10 m	1,7 m <sup>3</sup> /h
4 A	16 m	1,1 m <sup>3</sup> /h
4 C	16 m	1,3 m <sup>3</sup> /h
4 C	25 m	1 m <sup>3</sup> /h
4 C	65 m	0,6 m <sup>3</sup> /h.

Ces chiffres n'ont qu'une valeur indicative, les mesures de débit que l'on peut faire sur une pompe volumétrique dépendent bien sûr du nombre de coup par minute, donc de l'opérateur.

Ce qui compte bien plus pour une pompe manuelle, c'est le débit réel d'utilisation sur une longue période, qui est toujours bien inférieur aux chiffres avancés par les constructeurs.

Sur une pompe à usage collectif, les utilisateurs se succèdent, il faut changer les récipients, tous ces temps morts entraînent une baisse rapide du débit horaire. Nous avons vu au premier chapitre, au paragraphe 2.1., que le débit moyen d'utilisation d'une pompe à main dépassait rarement 1 m<sup>3</sup>/h, il est souvent bien inférieur. C'est dire que dans le choix d'une pompe manuelle, le débit maximum qu'elle peut fournir a finalement peu d'influence.

La pompe Vergnet peut donner des débits importants, de l'ordre de 5 à 10 m<sup>3</sup>/h, si son entraînement est mécanisé.

Le CIEH a obtenu le financement d'un programme de travaux qui devraient permettre de mener à bien les recherches dans ce sens. L'adaptation à divers types d'entraînements est d'ailleurs déjà réalisée, puisque ces pompes fonctionnent sur des éoliennes et des moteurs solaires.

#### 4.2.4. Entretien

Sur l'hydropompe Vergnet, la seule opération d'entretien consiste à remplacer les segments en cuir du piston une ou deux fois par an.

La mise hors service des segments est annoncée progressivement par une diminution notable du débit, et des fuites importantes au niveau de l'écrou de guidage de la pédale.

.../...

Il s'agit là d'une réparation simple, puisque le piston, situé en surface, est accessible sans outillage particulier.

Ceci nous semble être un élément très important, car cet entretien est entièrement à la portée des utilisateurs.

D'autre part, la pose ou la dépose de la pompe peut être effectuée à la main par deux ou trois personnes en une dizaine de minutes.

## 5 - LES EOLIENNES

Le CIEH s'intéresse depuis de nombreuses années au problème de l'utilisation de l'énergie éolienne et les trois études signalées en bibliographie (5 - 7 - 11) font le point de tout ce qui a été fait dans ce domaine en Afrique.

Des expériences sont en cours, nous en reparlerons plus loin.

### 5.1. Les conditions d'utilisation des éoliennes

Nous rappellerons la conclusion, toujours valable, de l'étude réalisée par I. CHERET :

"L'ensemble des informations recueillies permet d'affirmer que l'on se trouve en Afrique occidentale à la limite de l'emploi de l'éolienne pour l'exhaure de l'eau. Cet emploi nous paraît même déconseillé pour toute la partie située au Sud grosso modo du 15° parallèle, où seules les bandes côtières est des sites montagneux particuliers présentent des vents sensibles.

Au Nord du 17° parallèle, l'éolienne doit fonctionner correctement : la majeure partie de la Mauritanie, le Nord-Mali, le Nord-Niger, le Nord-Tchad doivent pouvoir être équipés sans gros risques d'échecs par insuffisance de vent.

Entre le 15° et le 17° parallèle, on se trouve dans la zone frontière où les résultats dépendent au premier chef des conditions locales et où l'échec ou le succès repose sur le choix judicieux de l'emplacement précis de l'éolienne.

Ajoutons qu'il ne faut en aucun cas attendre de gros débits d'une éolienne installée sur un puits de quelques dizaines de mètres de profondeur. Des chiffres compris entre 10 et 20 m<sup>3</sup>/jour représentent une excellente moyenne. L'éolienne ne doit être installée que si les besoins sont de cet ordre de grandeur. Il ne faut pas en attendre plus.

.../...

Répetons enfin que l'ensemble éolienne, forage, réservoir est indissociable et doit faire l'objet avant décision d'une étude complète.

Il nous reste à espérer en terminant que ces éléments, bien imparfaits, relatifs aux conditions d'emploi de l'éolienne en Afrique occidentale, pourront néanmoins rendre des services aux responsables de l'équipement hydraulique de ces pays. Il ne faut pas qu'il se dégage de leur lecture une impression trop pessimiste, l'éolienne peut être employée dans la partie septentrionale de l'Afrique occidentale, mais ce moyennant certaines précautions. A l'inverse, elle ne constitue pas la panacée universelle qui permet de résoudre partout le problème de l'exhaure de l'eau : d'autres moyens doivent être utilisés dans beaucoup de régions, la moitié méridionale notamment".

Ces conclusions ont l'avantage de souligner que le problème de l'utilisation de l'énergie éolienne est très complexe. L'exploitation continue et rentable d'un tel système doit en effet rassembler les conditions suivantes :

- un forage adapté
- une éolienne convenablement située en parfait état de fonctionnement
- une transmission de l'énergie qui soit souple et robuste.

Les systèmes classiques d'éoliennes ont l'inconvénient d'avoir une transmission mécanique qui nécessite la localisation de l'ensemble, forage-éolienne-distribution, en un même lieu.

Les aérogénérateurs, qui transforment l'énergie éolienne en courant alternatif, permettent une installation à l'emplacement le plus favorable, à une certaine distance du puits, grâce à la possibilité d'utiliser un fil conducteur dont la longueur est susceptible d'atteindre le kilomètre.

## 5.2. Les expérimentations en cours

### - Station de pompage Aérowatt -

Un aérogénérateur de marque AEROWATT a été expérimenté au Tchad, à Djermaya, environ 50 km au nord de N'Djaména.

La mise en place de l'éolienne devrait être précédée par l'installation d'une station de mesure du régime des vents. En fait cette station n'a donné aucun résultat :

mauvais fonctionnement des enregistreurs ou perte des mesures.

Lors de notre passage au Tchad en mars 1976 la station ne fonctionnait plus du tout.

D'après nos derniers renseignements, l'aérogénérateur aurait malgré tout été installé et serait lui aussi rapidement tombé en panne.

Sans condamner ce matériel, cette expérience malheureuse montre une fois de plus que ce type d'installation demande une surveillance attentive dans les conditions africaines.

- Eolienne Sahores (du nom du constructeur) -

Le Bureau de Promotion Industrielle du Tchad a suivi l'expérimentation d'une éolienne rustique construite en toile et bambou (voir photo).

Ici aussi résultat négatif, le matériel et la technique se sont avérés inadaptés aux conditions du Tchad, comme d'ailleurs en Haute-Volta et au Sénégal où ce type d'éolienne a été essayé.

Eolienne type "Savonius"

Une machine beaucoup plus intéressante a été mise au point à l'Institut Universitaire de Technologie de Dakar (1).

Il s'agit d'une éolienne à axe vertical construite avec des demi-cylindres assemblés et montés "tête-bêche" (voir photo).

Les avantages de ce type d'éolienne sont nombreux :

- construction simple et robuste.
- entretien réduit.
- pas de dispositif d'orientation.
- meilleur rendement atteint par vent faible (3 à 5 m/s), supporte des rafales de 30 m/s. Par vent fort l'effet centrifuge limite la vitesse de rotation.
- grande inertie, donc régularité de fonctionnement par vents d'intensité rapidement variable. Dans les conditions de Dakar l'éolienne ne s'arrête pratiquement jamais de tourner.

.../...

---

(1) M. BREMOND, J. MARIE. Etude et réalisation d'une éolienne adaptée aux pays des zones tropicales et sub-tropicales. IUT Dakar 1976.



**N'DJAMENA** (Tchad) — Eolienne Sahores



**DAKAR** (Sénégal) — Eolienne Savonius actionnant une pompe VERGNET

L'éolienne de l'IUT de Dakar fonctionne depuis plus d'un an sans aucun entretien, elle actionne une hydropompe VERGNET. La transmission entre le rotor et la pompe est assurée par un ensemble réducteur, roue-pignons-chaîne, enfermé dans un carter d'huile étanche.

Les résultats obtenus sont très encourageants. Pour une hauteur manométrique de 13 m, le débit journalier moyen est de 5 m<sup>3</sup>.

Des installations plus puissantes peuvent bien sûr être envisagées en construisant des aubes de grandes dimensions.

Un développement industriel est prévu au Sénégal, et des expérimentations sont en cours en Haute-Volta. La construction du prototype de Dakar a coûté 400.000 F CFA.

Ce type d'éolienne nous semble particulièrement bien adapté à la consommation d'un village de 200 à 300 habitants.

Dans la mesure où les expérimentations en cours, au Sénégal et en Haute-Volta, viendront confirmer les qualités de ces appareils, et si les études d'implantation sont bien menées, il semble que de nouvelles conditions soient réunies pour qu'on puisse espérer des résultats satisfaisants de l'utilisation de l'énergie éolienne.

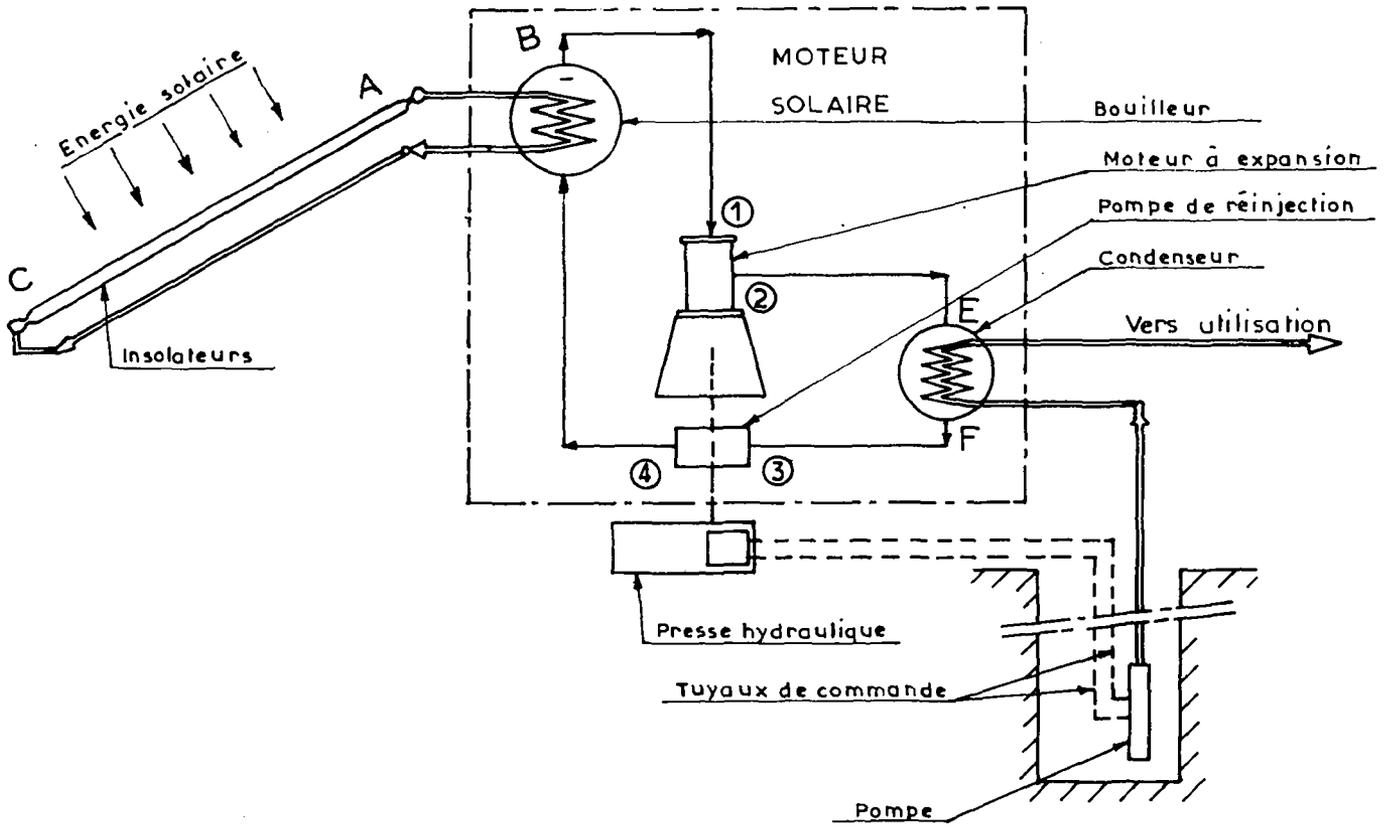
Cependant même correctement implantée et bien entretenue, l'éolienne ne doit pas être considérée comme une solution universelle. Les débits moyens sont faibles, 10 à 20 m<sup>3</sup>/jour dans les meilleures conditions, et bien inférieurs aux débits extraits par les méthodes locales sur un puits pastoral (50 à 80 m<sup>3</sup>/jour). Envisager d'exploiter des pâturages par ce moyen conduirait à multiplier par 4 ou 5 la densité des points d'eau nécessaires. Compte tenu des conditions techniques et économiques actuelles, ainsi que des expériences passées, il n'est pas recommandé d'utiliser l'éolienne pour l'alimentation des troupeaux.

Celle-ci par contre est bien adaptée à l'exploitation de points d'eau de faible importance comme ceux des villages. Dans le meilleur des cas on pourra espérer alimenter en eau correctement 500 à 600 habitants à l'aide d'un seul appareil.

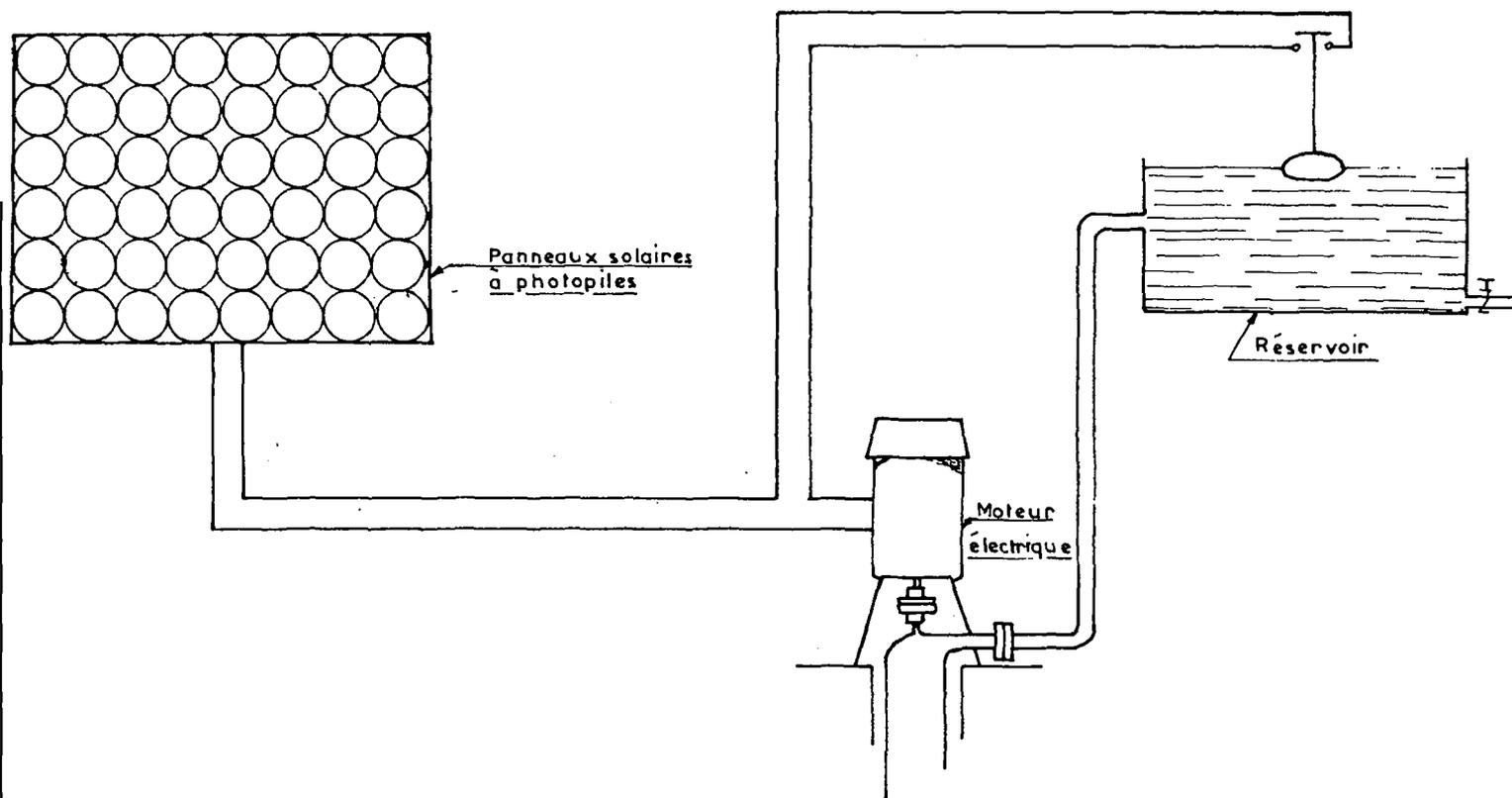
## 6 - LES POMPES SOLAIRES

L'utilisation de l'énergie solaire pour le pompage de l'eau constitue une solution récente introduite en Afrique, où plusieurs installations sont opérationnelles depuis quelques années.

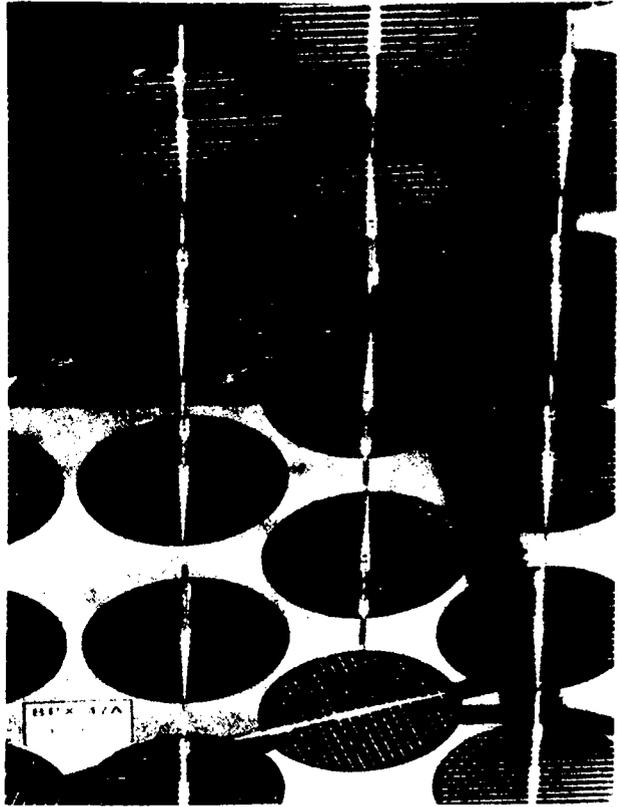
.../...



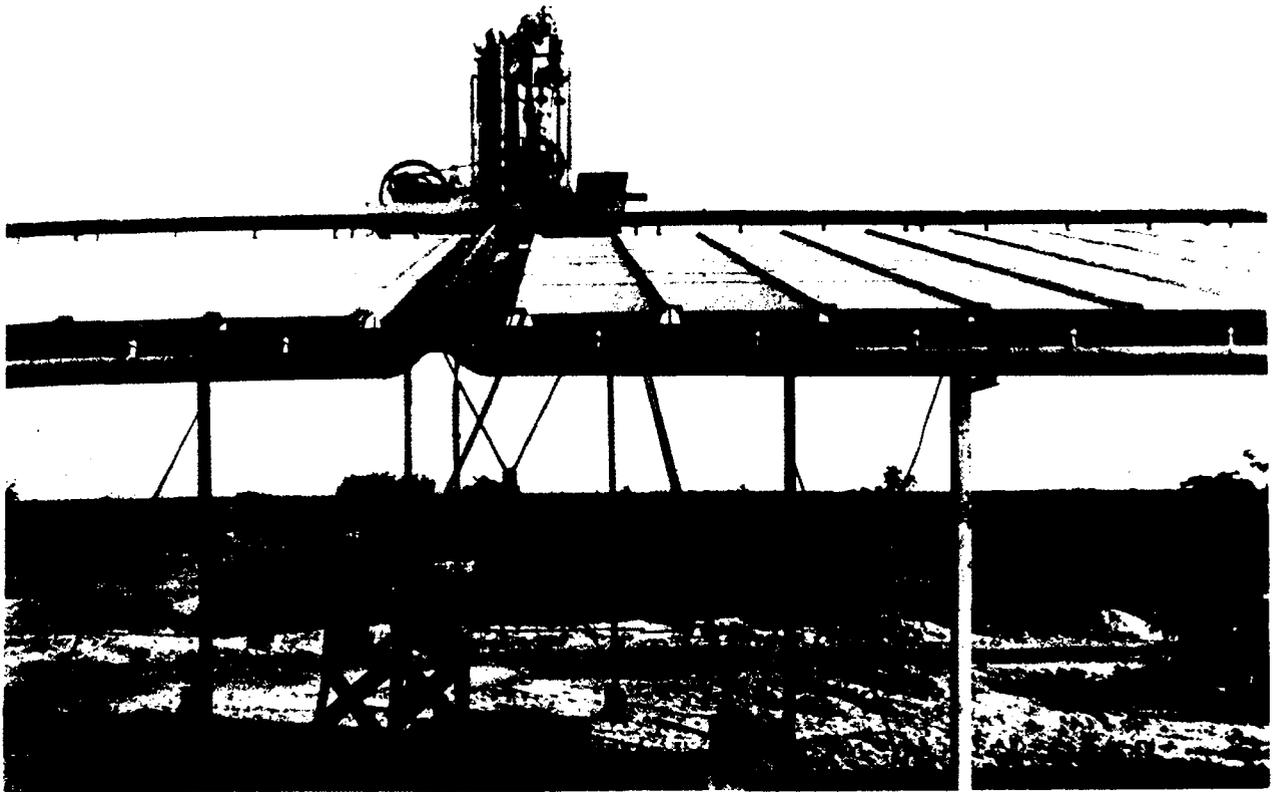
Représentation schématique d'un moteur solaire



Croquis d'une pompe solaire à photopiles



DAKAR (Sénégal) — Pompe solaire BRIAU et photopiles



KARAL (Tchad) — Pompe solaire SOFRETES en cours de montage.

Actuellement seules fonctionnent des stations utilisant la transformation de l'énergie solaire en énergie mécanique, au moyen d'un cycle thermique à basse température (pompes SOFRETES).

Cependant depuis quelques mois deux constructeurs (BRIAU et GUINARD) proposent des pompes où l'énergie solaire est transformée directement en énergie électrique.

## 6.1. Principes de fonctionnement

### 6.1.1. Utilisation d'un cycle thermique à basse température - Pompes SOFRETES

Les différents éléments de ces pompes solaires sont représentés schématiquement sur la figure ci-contre et l'on peut distinguer trois circuits :

#### - un circuit de chauffage -

C'est la source chaude de l'installation. Les rayons solaires arrivent sur des capteurs plans fixes (A.C. sur le schéma). Ceux-ci sont constitués par deux feuilles d'aluminium nervurées, soudées l'une contre l'autre de telle façon que les nervures constituent un réseau de canaux dans lesquels l'eau circule par thermosiphon.

Ces capteurs, peints en noir sur leur face supérieure, sont fixés sur des bacs autoportants fermés aux extrémités et garnis de laine de verre à l'intérieur. La partie supérieure des bacs est fermée par des vitres qui permettent d'obtenir grâce à l'effet de serre, une température en charge supérieure à 70° C.

L'ensemble des capteurs forme un rectangle de 30 à 130 m<sup>2</sup> (suivant la puissance) orienté Est-Ouest dans sa longueur et incliné dans le sens Nord-Sud d'un angle égal à la latitude du lieu.

L'eau chauffée par le soleil passe ensuite dans un évaporateur (tubulaire ou à plaques) où elle cède ses calories au fluide moteur (butane commercial), lequel se vaporise. Refroidie, l'eau revient en C à la base de l'insolateur dans lequel elle se rechauffe. Le circuit est ainsi fermé.

#### - le circuit du fluide moteur -

C'est aussi un circuit fermé. Le fluide à sa sortie de l'échangeur en B est gazeux et à haute pression (8 bars). Il se détend en 1-2 dans un moteur à pistons. Il passe ensuite dans un condenseur (E.F.) où il est refroidi par l'eau pompée dont la température détermine la basse pression du gaz détendu (4 bars). Le gaz se liquéfie et est renvoyé dans l'évaporateur à la pression de 8 bars au moyen d'une pompe de réinjection (3-4) actionnée par le moteur lui-même.

.../...

- le circuit de l'eau pompée -

Il s'agit ici d'un circuit ouvert. Le moteur actionne une presse hydraulique qui, par l'intermédiaire d'une transmission hydraulique, commande une pompe immergée dans le forage ou dans le puits. L'eau pompée refroidit le condenseur E.F., elle est ensuite dirigée vers les lieux de stockage et d'utilisation.

6.1.2. Transformation directe de l'énergie solaire  
en énergie électrique

Un ensemble de pompage de ce type comprend essentiellement deux éléments :

- un générateur constitué par des panneaux de cellules photovoltaïques (photopiles), fabriquées à partir de monocristaux de silicium. Ces cellules ont la propriété, sous l'action de l'énergie lumineuse, de produire de l'énergie électrique, laquelle est proportionnelle à la surface éclairée et à l'intensité du rayonnement incident.

Seul le rayonnement direct est efficace. Il est variable en fonction de la latitude, de l'heure, du jour et de la nébulosité.

Les cellules sont assemblées en modules dans des encapsulages de verre ou de silicone. Ces modules sont rassemblés à leur tour en panneaux suivant les intensités et les tensions désirées.

- un ensemble de pompage comprenant un moteur et une pompe.

Les moteurs utilisés (GUINARD) sont des moteurs à courant continu, fonctionnant à tension, vitesse et couple variables et conçus pour avoir un couple maximum aux faibles intensités afin d'assurer le démarrage de la pompe par un ensoleillement minimum.

Ces moteurs solaires sont alimentés directement par les photopiles, ils se mettent en route et s'arrêtent d'eux-mêmes.

D'après les indications des établissements GUINARD, les moteurs à courant continu utilisés fonctionnent dans les conditions suivantes :

- moteur de 500 Watts : tension de base 30 V, vitesse de base 1.500 t/mm.
- moteur de 1.000 Watts : tension de base 45 V, vitesse de base 2.000 t/mm.

.../...

Les matériaux et les dimensions des balais et collecteurs sont prévus pour assurer un fonctionnement de 2 ans sans intervention.

La vitesse des pompes a été choisie de façon à obtenir des rendements élevés à faibles débits. Elles sont centrifuges pour des débits supérieurs à 1 m<sup>3</sup>/h et volumétriques pour des débits inférieurs à 1 m<sup>3</sup>/h.

Les panneaux des cellules solaires sont reliés directement à l'électropompe, un contacteur à flotteur placé dans un réservoir assure la mise en route de l'ensemble.

Pour satisfaire d'autres besoins en électricité ou assurer le fonctionnement en dehors des périodes d'ensoleillement, il est possible d'adjoindre à ce dispositif une série de batteries et un système de régulation. Mais ceci entraîne des contraintes d'entretien qui ne semblent pas adaptées aux conditions de fonctionnement en Afrique.

## 6.2. Caractéristiques des installations

### 6.2.1 Pompes électriques

#### CARACTERISTIQUES ET COÛTS DES POMPES SOLAIRES A PHOTOPILES GUINARD

##### a - Modules solaires

Marque	RTC	Solar Power
Puissance du module	9,5 W	23 W
Tension du module	15 V	15 V
Intensité	0,63A	1,53 A
Encapsulage	verre	silicone
Poids du module	2,4 kg	4 kg
Dimensions (mm)	268 × 365 × 15	610 × 610 × 18

##### b - Panneaux

Marque	RTC		Solar Power	
	500 W	1.000 W	500 W	1.000 W
!Nb de modules	56	108	24	48
!Nb de modules en				
!parallèle	28	36	12	16
!Nb de modules en série	2	3	2	3
!Tension	30 V	45 V	30 V	45 V
!Intensité	17,7 A	23 A	18,8 A	24,5 A
!Poids (kg)	320	500		
!Surface (m <sup>2</sup> )	10	20		

c - Pompes

Performances annoncées en m<sup>3</sup>/j.

HMT (m)	ALTA - X500	ALTA-X1000	ALTA-X5000
5	130	270	-
10	48	110	470
20	21	46	255
30	13	27	160
40	8	18	118
50	-	10	90
60	-	-	74
80	-	-	53

- Coûts -

Pour une installation de 500 W le prix de départ hors-taxe port-français est de 7.000.000 F CFA qui se décomposent comme suit :

5.500.000 CFA pour les panneaux solaires ;

1.500.000 CFA pour la pompe et le moteur électrique.

Pour les autres installations nous ne possédons pas d'indication de prix, mais celui-ci est sans doute sensiblement proportionnel à la puissance demandée.

CARACTERISTIQUES ET COUTS DES POMPES SOLAIRES A PHOTOPILES BRIAU

Q (m <sup>3</sup> /j)	HMT (m) et prix en millions F CFA			
	20 m	25 m	30 m	40 m
10	4.750.000	5.900.000	7.150.000	9.250.000
15	7.150.000	8.700.000	10.300.000	13.500.000
20	9.250.000	11.425.000	13.500.000	17.550.000
25	11.400.000	14.025.000	16.525.000	21.400.000
30	13.500.000	16.525.000	19.450.000	27.750.000

(Prix hors taxes départ port français).

Actuellement les travaux de recherche portent sur :

- l'amélioration de la qualité des cellules et l'abaissement de leur prix de revient ;

- la mise au point des moteurs électriques pour augmenter la durée journalière de fonctionnement ;

- l'amélioration mécanique des pompes.

.../...

L'essentiel du coût d'une telle installation est bien sûr constitué par le prix des cellules. Jusqu'à présent les photopiles ont été utilisées pour des applications limitées (véhicules spatiaux, balises radioaériennes ou optiques, télévision scolaire au Niger...). Ces produits sont fabriqués à très petite échelle et de façon artisanale (500 m<sup>2</sup> par an aux USA environ). On espère dans quelques années abaisser considérablement le coût de production par une fabrication en très grande quantité qui s'accompagnera d'un certain nombre d'améliorations techniques : surfaces souples à la place de la fabrication actuelle de surfaces rigides.

Les installations de ce type sont peu nombreuses en Afrique. A notre connaissance une seule pompe solaire à photopiles BRIAU se trouve à l'Institut Universitaire de Technologie de Dakar. Mais on ne peut pas considérer cette installation comme opérationnelle.

Sur cet ensemble on a pu constater, après un an d'exposition, une détérioration notable des panneaux solaires, en particulier au niveau des connexions. La pompe était prévue pour fonctionner avec un bloc de batteries tampon, le maniement du boîtier de commande électronique s'est avéré très délicat et hors de portée d'un personnel non averti.

Le CIEH espère disposer d'ici quelques mois d'une pompe solaire électrique GUINARD qui sera expérimentée en Haute-Volta.

On a en effet très peu de données sur la tenue des cellules solaires sous les climats qui sont les nôtres (chaleur, poussière...), sur l'entretien des panneaux et leur durée de fonctionnement.

S'il n'est pas encore temps de lancer des programmes d'équipement avec ces matériels, il est bon déjà de les expérimenter, c'est une solution simple et séduisante, facile à mettre en oeuvre (3 à 4 jours) et qui pourra dans l'avenir être intéressante pour les petites puissances.

#### 6.2.2. Pompes SOFRETES

##### CARACTERISTIQUES ET COUTS DE 3 MODELES DE POMPES SOLAIRES SOFRETES

TYPE	M S 3	M S 5	M S 7
!Débit (pour 30 m de HMT)	3 m <sup>3</sup> /h	5 m <sup>3</sup> /h	7 m <sup>3</sup> /h
!Surface des insolateurs	63	77	112
!Prix HT départ port français!			
!(en millions de F CFA)	11.500.000	12.200.000	15.700.000

Les temps de fonctionnement sont de 4 à 6 heures par jour.

.../...

POMPES SOLAIRES SOFRETES EN AFRIQUE

LOCALISATION	Date d'installation	Surface des capteurs	Débit	H M T
<u>SENEGAL</u>				
DAKAR - IPM	1968	88 m <sup>2</sup>	6 m <sup>3</sup> /h	25 m
ONUDI	1975	72 m <sup>2</sup>	4 m <sup>3</sup> /h	30 m
MERINA DAKAR	1976	70 m <sup>2</sup>	3 m <sup>3</sup> /h	40 m
NIAKHENE	1976	70 m <sup>2</sup>	3 m <sup>3</sup> /h	40 m
<u>HAUTE-VOLTA</u>				
KOUPELA	1975	75 m <sup>2</sup>	5 m <sup>3</sup> /h	20 m
DJIBO	1976	70 m <sup>2</sup>	5 m <sup>3</sup> /h	20 m
<u>MAURITANIE</u>				
CHINGUETI	1973	72 m <sup>2</sup>	5 m <sup>3</sup> /h	23 m
<u>NIGER</u>				
BOSSEY-BANGOU	1973	60 m <sup>2</sup>	6 m <sup>3</sup> /h	12 m
<u>MALI</u>				
DIOILA	1976	80 m <sup>2</sup>	3 m <sup>3</sup> /h	30 m
<u>CAMEROUN</u>				
MAKARY	1976	70 m <sup>2</sup>	3 m <sup>3</sup> /h	20 m
<u>TCHAD</u>				
KARAL	1976	70 m <sup>2</sup>	3 m <sup>3</sup> /h	20 m

Il faut noter que 23 pompes seront prochainement installées :

SENEGAL : 5 pompes - IUT Dakar - Méouane - Diagle - Bambey - Dakar

TCHAD : 2 pompes - Ati - N'Gouri.

MALI : 2 pompes - Katibougou - Diré (50 KW).

.../...

CAP-VERT : 1 pompe - St.-Domingos.

HAUTE-VOLTA : 13 pompes - Kiembara - Djibasso - Kassoum - Aribinda - Kongoussi - Barsalogho - Gorom-Gorom - Markoye - et 5 puits piste à bétail.

- Fonctionnement et entretien -

L'intérêt essentiel des pompes solaires réside bien sûr dans leur autonomie énergétique et leur coût de fonctionnement extrêmement bas.

La technique est en constante évolution, et l'on peut s'attendre à une amélioration sensible des performances alliées à une plus grande fiabilité.

Un nouveau moteur à gaz de 10 KW de dimensions réduites sera prochainement mis en service, et pour les stations de puissance plus faible des modèles à évaporation directe sont à l'étude. Le fluide moteur circulera directement dans les insolateurs supprimant ainsi le circuit d'eau chaude. Ces pompes se mettront en route et s'arrêteront automatiquement sans aucune intervention manuelle;

Sur les stations actuelles la mise en route de l'installation est assurée par une seule personne, sans compétence particulière, qui se charge en même temps de l'entretien courant limité au nettoyage des vitres.

Il faut cependant compter sur deux visites par an d'un technicien qualifié pour la vérification des circuits et la remise à niveau de fluides (eau et gaz).

On possède encore très peu d'indication sur la durée de vie de ces installations, puisque sur 11 pompes opérationnelles en Afrique, 8 le sont depuis moins de deux ans. Mais on peut compter sur 15 à 20 ans.

L'énergie solaire doit être réservée pour l'instant aux équipements collectifs tels les dispensaires, les écoles ou les villages de quelques centaines d'habitants.

Il n'est pas impossible d'ici quelques années d'envisager l'équipement de points isolés. Les 5 pompes qui seront mises en place sur une piste à bétail en Haute-Volta, apporteront dans ce sens des indications significatives.

Le principal reproche que l'on fait aux stations solaires est le coût d'investissement très élevé qu'elles nécessitent. Toutes les comparaisons faites entre l'énergie thermique et l'énergie solaire sont évidemment à l'avantage du solaire, mais on fait toujours dans ce cas des hypothèses sur la durée d'amortissement et sur les charges récurrentes que l'on ne connaît pas encore très bien. Il est d'autre part difficile d'avancer une valeur précise pour l'investissement, les chiffres cités plus haut ne sont qu'approximatifs.

En prenant une durée d'amortissement de 15 ans, on arrive à un prix du m<sup>3</sup> d'eau compris entre 50 et 100 F CFA suivant la puissance de l'installation (5 à 10 KW).

## 7 - LES STATIONS DE POMPAGE

Les stations de pompage sont très controversées comme moyen d'exploitation et de gestion des pâturages sahéliens.

On leur reproche principalement :

- le coût élevé de leur fonctionnement et de leur entretien : 2.500.000 F CFA par an et par station, sans compter les charges d'amortissement (Niger, Sénégal, Tchad),
- de provoquer la dégradation des pâturages dans leur zone d'influence.

On peut cependant faire plusieurs remarques qui montrent que techniquement la station de pompage est, dans certains cas, le seul moyen de mettre en valeur les pâturages qui sont inexploités à cause de l'absence de points d'eau permanents.

Dans certaines régions le forage est le seul type d'ouvrage qui permet de capter les eaux souterraines dès que l'aquifère se trouve à plus de 100 mètres de profondeur.

Quelques forages du Nord-Tahoua au Niger montrent à l'évidence cette nécessité :

Stations	:	Profondeur (m)
TCHIN-SALATINE	:	205
TCHIN-TABARADEN	:	262
AKARANA	:	220
EGAREK	:	439
IN WAGGEUR	:	278
DIGDIGA	:	814

.../...

Si l'on ajoute à cela des niveaux statiques supérieurs à 80 m, dont inexploitable par un contre-puits, la pompe immergée est encore la seule solution pour l'exhaure.

On compte aujourd'hui environ 150 stations de pompage à usage pastorale, pour l'ensemble des pays du Sahel : 90 au Sénégal, 50 au Niger et 13 au Tchad.

La politique actuelle des services techniques, pour ce qui concerne l'hydraulique pastorale dans les zones nomades, est de construire des points d'eau qui entraînent les plus faibles charges récurrentes et qui assurent une bonne répartition des troupeaux. Soit par ordre de préférence : le puits, le contre-puits et le forage équipé de moyens mécaniques.

La station de pompage n'intervient donc que lorsqu'elle constitue la seule solution technique pour exploiter les nappes souterraines.

#### 7.1. Conditions de fonctionnement et d'entretien du pompage mécanique

Les matériels qui peuvent équiper les stations sont très divers. On tend actuellement dans chaque pays à uniformiser les équipements de manière à faciliter les opérations d'entretien et la gestion des stocks de pièces de rechange.

Au Tchad sur 10 forages en fonctionnement :

- 8 sont équipés de groupes électrogènes DEUTZ de 33 KVA et de pompes immergées GUINARD ;
- 2 sont équipés de pompes ALTA à axe vertical et de moteurs LISTER.

Au Sénégal les moteurs sont de marques CERES, LISTER, et BAUDOIN qui actionnent des pompes ALTA ou LAYNE.

Au Niger les premiers équipements étaient composés de moteurs VENDEUVRE et de pompes ALTA. Pour les renouvellements des installations, la solution groupe électrogène - pompe immergée a été préférée : moteurs DEUTZ et groupes de 30 à 40 KVA, pompes électriques PLEUGER.

Les électro-pompes immergées présentent en effet un certain nombre d'avantages :

- rendement élevé
- facilité de mise en place
- suppression des transmissions mécaniques
- pannes peu fréquentes.

Elles exigent cependant la présence d'électriciens qualifiés parmi le personnel d'entretien.

Les débits moyens de la majorité des stations sont de l'ordre de 20 à 30 m<sup>3</sup>/h pour 8 à 12 heures de marche par jour. Soit une consommation moyenne journalière de 200 à 400 m<sup>3</sup>. Elles peuvent donc alimenter 5.000 à 10.000 têtes de bétail par jour.

L'aspect technique de l'entretien a été résolu de différentes manières suivant les pays. La gestion en est confiée à un service public (S.O.M.H. au Sénégal, SERARHY au Tchad) ou à un office (OFEDES au Niger).

Ces services disposent d'ateliers centraux et régionaux, à partir desquels rayonnent les équipes d'entretien et d'approvisionnement.

- Sur chaque station on trouve un chauffeur chargé de l'entretien courant (vidanges, graissages...) et un manoeuvre.

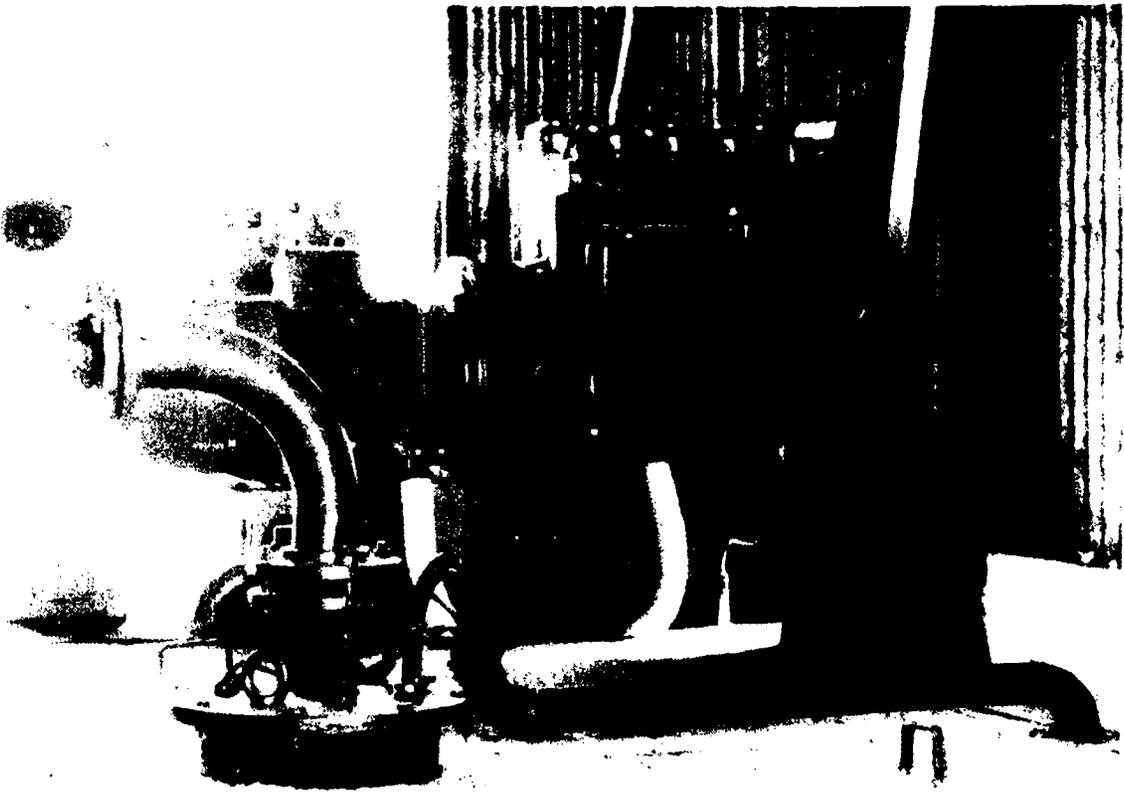
- La remise en état des moteurs et des pompes est en général assurée dans les centres régionaux.

- Des équipes mobiles de mécaniciens effectuent sur place les petites réparations.

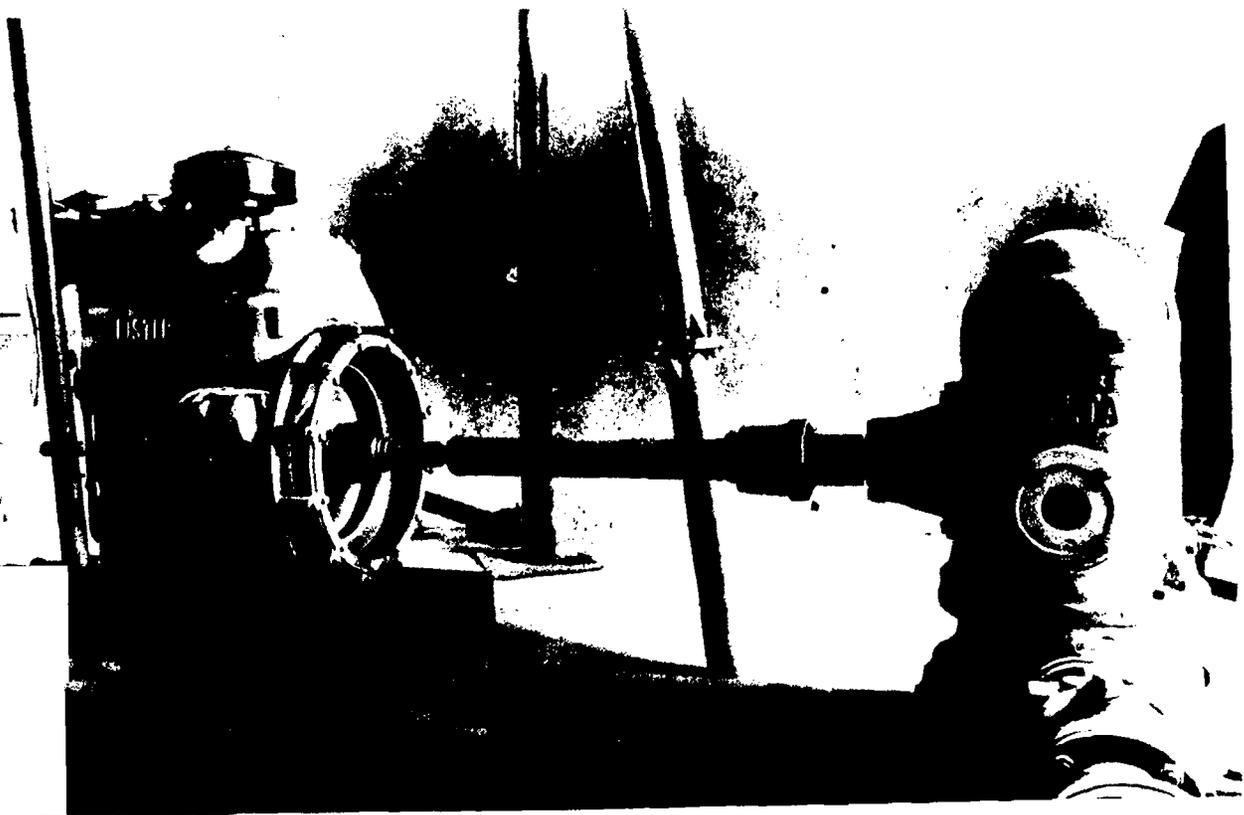
- Le service central fournit à la demande, les pièces détachées et le gros matériel.

- Au Sénégal et au Niger un système d'alerte par radio a été installé sur les forages les moins accessibles.

Dans l'ensemble on peut considérer que, malgré les difficultés techniques et financières, le problème de l'entretien a été correctement résolu pour les stations de pompes.



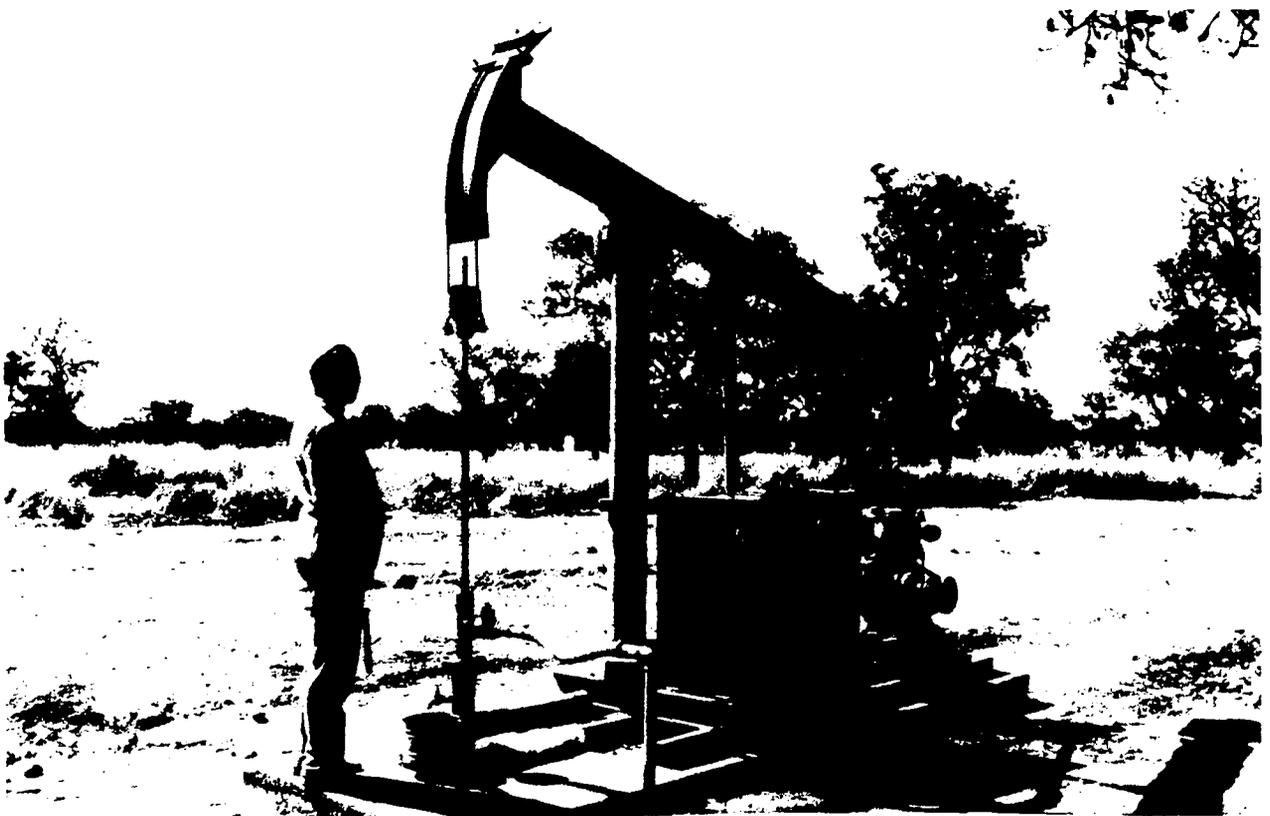
**ABALAK** (Niger) — Groupe électrogène DEUTZ et pompe immergée PLEUGER.



**MASSAGUET** (Tchad) — Moteur LISTER et pompe à axe vertical ALTA.



**MASSAGUET (Tchad) — Station de pompage pastorale**



**OUAGADOUGOU (Haute-Volta) — Pompe SCHOELLER — BLECKMANN**

Cependant les aspects économiques ne sont pas les seuls à prendre en compte lorsqu'on décide d'équiper une région de stations mécanisées. Les facteurs sociaux et sanitaires sont également importants : fixation des populations, scolarisation, contrôles vétérinaires, etc...

Finalement la décision est souvent autant politique que technique, les responsables voyant là un moyen de toucher les populations nomades, autrement peu accessibles aux actions sociales des gouvernements.

## 7.2. Matériel à expérimenter

Parmi les matériels existants, un type de pompe a attiré notre attention. Il s'agit des unités de pompage SCHOELLER-BLECKMANN, plus spécialement prévues pour l'exploitation pétrolière. Ces pompes semblent avoir donné satisfaction en particulier au Soudan où 400 exemplaires sont installés.

Une unité est en expérimentation en Haute-Volta (photo) et 10 autres seront bientôt mises en place.

### Caractéristiques des pompes SCHOELLER-BLECKMANN

- Pompes à piston immergé, adaptées au pompage à grande profondeur, 500 mètres et plus.
- Leur emploi devient intéressant économiquement à partir de 50 mètres.
- Piston actionné par des tiges et un balancier. L'énergie est fournie par un moteur Diesel ou un moteur électrique.
- Entretien réduit au graissage des organes en mouvement.
- Diamètre du piston 115 mm. - Course 60 cm.
- Diamètre des tiges de commande 1" 1/2.
- Débit : 8 à 10 m<sup>3</sup>/h.
- Entraînement par courroies trapézoïdales.
- Puissance du moteur 5 à 8 CV suivant la profondeur.
- Prix de l'ensemble (unité de pompage plus moteur) : 2.500.000 à 3.000.000 F CFA.

8 - ESTIMATION DU PARC DES MOYENS D'EXHAURE DES PAYS SAHELIENS

PAYS	Pompes à main	Pompes à moteur	Pompes solaires	Eoliennes
HAUTE-VOLTA	500	30	2	p.m.
MALI	200	?	1	4 à 5
MAURITANIE	?	40	1	0
NIGER	50	60	1	5 à 6
SENEGAL	200	90	4	p.m.
TCHAD	400	15	1	p.m.
	1.350	235	10	10

H A P I T R E    I I I

-:-:-:-

PERSPECTIVES DU DEVELOPPEMENT DES MOYENS D'EXHAURE

-----

L'alimentation en eau potable des populations constitue un des éléments clés du développement en milieu rural. Le problème essentiel étant celui de la quantité, le premier objectif est de construire un nombre suffisant de points d'eau. On ne peut aborder réellement le problème de la qualité de l'eau que dans la mesure où celui de la quantité est au moins partiellement résolu.

Or la satisfaction des besoins en eau ne pourra être atteinte que par la multiplication des points d'eau modernes. Pour accélérer le rythme des réalisations, le forage est l'ouvrage qui répond le mieux à tous les impératifs techniques et économiques : rapidité d'exécution et prix du mètre linéaire bien inférieur à celui du puits.

On se trouve confronté alors au problème de l'exhaure.

Avant donc de passer rapidement du puits au forage, il faut être certain de pouvoir faire fonctionner, à long terme, les matériels d'exhaure qu'on aura mis en place. Le choix des pompes, les conditions de leur entretien, la participation des populations sont autant de facteurs dont il faut tenir compte lors de l'élaboration d'un programme d'équipement.

1 - LE CHOIX DES EQUIPEMENTS

Les points d'eau peuvent être classés en 3 groupes, en fonction du débit qui leur est demandé :

- 1) - 5 à 20 m<sup>3</sup>/j. Ce sont les puits ou forages villageois, destinés à alimenter des communautés de 250 à 1000 habitants.
- 2) - 50 à 100 m<sup>3</sup>/j. Ce sont essentiellement les puits pastoraux où viennent s'abreuver 1000 à 2000 têtes de bétail par jour.
- 3) - 200 à 400 m<sup>3</sup>/j. Stations de pompage pastorales qui peuvent alimenter jusqu'à 10.000 têtes de bétail par jour.

.../...

Les équipements mécanisés (moteur thermique et pompe immergée) sont les seuls à pouvoir couvrir cette dernière catégorie de besoins. Il existe une large gamme de matériels qui peuvent répondre à tous les impératifs techniques d'exploitation.

Les deux premiers groupes de points d'eau sont encore, pour la quasi-totalité, exploités de manière traditionnelle.

Ces points d'eau sont très nombreux (plusieurs milliers) et dispersés. Si l'on veut remplacer le puisage traditionnel par des équipements plus modernes, fournissant une eau de meilleure qualité, on devra faire appel à du matériel autonome, principalement celui actionné par l'énergie humaine.

La faible capacité d'autofinancement des populations ne permet pas d'envisager d'autres modes d'exploitation.

Pour les points d'eau qui doivent fournir 5 à 20 m<sup>3</sup>/j, les pompes à main sont les mieux adaptées.

Jusqu'à trente mètres de profondeur, toutes les pompes disponibles sur le marché peuvent convenir. Parmi celles qui sont décrites au chapitre II, les pompes ABI, UGANDA et VERGNET, sont celles qui nous semblent les plus robustes.

Au delà de trente mètres et jusqu'à 60 - 65 mètres, les pompes GODWIN, UGANDA et VERGNET, sont les rares modèles qui peuvent donner satisfaction. La pompe BRIAU "Africa" est apparue relativement fragile, d'autre part son prix est très élevé pour une pompe manuelle.

A ces profondeurs, les débits obtenus ne sont pas très importants, 0,4 à 0,6 m<sup>3</sup>/h à 60 mètres.

L'hydropompe VERGNET est encore à améliorer, mais c'est le modèle qui, à notre avis, est le mieux adapté. Surtout parce que son entretien est à la portée des villageois.

La commande hydraulique permet en outre d'installer la pompe à distance du puits, et éventuellement de superposer plusieurs pompes (2 ou 3) dans un même forage, à condition que le diamètre le permette (minimum 6").

Ce dernier point est à examiner avec attention.

.../...

En effet, dans la majorité des cas, lorsqu'on équipe des points d'eau, on installe en général une seule pompe à main. Or cette opération entraîne souvent une diminution du débit disponible instantanément. Le débit d'une pompe à main est bien inférieur à celui de 6 à 10 personnes puisant en même temps. Certains utilisateurs refusent, violemment quelquefois, de voir obturer leur puits pour y poser une unique pompe.

Il faut donc envisager de mettre en place sur les puits, 3 à 4 pompes qui pourront fonctionner simultanément. De tels aménagements sont déjà en cours au Sénégal et au Niger. Cette solution a aussi l'avantage de diminuer les risques de panne.

Sur les points d'eau plus importants (50 à 100 m<sup>3</sup>/j), la substitution de moyens mécaniques à l'exhaure traditionnelle nous semble beaucoup plus délicate.

Souvent ces points d'eau sont **totallement** isolés, loin de tout centre habité ; faire fonctionner des installations dans ces conditions suppose une sérieuse organisation d'entretien.

On a peu de solutions actuellement qui permettent d'extraire de tels débits (effectivement fournis par le délou à traction animale).

Les éoliennes, nous l'avons vu, peuvent donner 30 m<sup>3</sup>/j dans le meilleur des cas. Les pompes solaires actuelles ont un débit du même ordre de grandeur. La nouvelle génération de ces pompes (10 kw) n'est pas encore en service, et il faudra attendre encore 2 ou 3 ans avant de les voir opérationnelles.

Reste la solution qui consisterait à poser sur les puits pastoraux, un nombre suffisant de pompes manuelles, 8 à 10 par ouvrage. C'est une solution qui mérite peut-être d'être expérimentée sur quelques puits, mais pour laquelle il est indispensable d'obtenir l'accord des utilisateurs. Là où l'homme se sert de l'énergie animale pour tirer l'eau, il semble difficile de lui demander d'effectuer lui-même ce travail.

Pour les points de moyenne importance où il faut écarter les moyens puissants trop coûteux, les autres dispositifs (éoliennes, manèges, etc...) ont des débits insuffisants.

Actuellement la plus grande partie des pâturages sahéliens sont exploités de manière traditionnelle et les méthodes locales de puisage sont les mieux adaptées, au débit des ouvrages, et aux conditions économiques.

L'emploi de moyens d'exhaure motorisés reste pour l'instant la seule solution, elle est à mettre en oeuvre dans le cadre d'une modernisation progressive de l'élevage.

## 2 - ENTRETIEN DES POMPES

Nous ne parlerons ici que des petites installations, ce sont celles qui sont les plus nombreuses.

Il n'existe pas de matériel, aussi robuste soit-il, qui puisse fonctionner sans entretien. Celui-ci, même s'il est élémentaire, est rarement effectué dans les villages, parce que la pompe est un objet public, mis en place par l'administration. Mais bien souvent aussi, les réparations nécessaires ne sont pas à la portée des populations, faute d'outillage ou de pièces de rechange.

Les principales difficultés rencontrées sont :

- la dissémination des points d'eau,
- des pannes fréquentes,
- le manque de personnel,
- le manque de moyens financiers,
- l'absence de pièces détachées.

Puisque l'entretien n'est en général jamais assuré sur place, si l'on veut développer l'utilisation des pompes à main, il est nécessaire prendre un certain nombre de mesures, afin d'assurer la réussite des programmes d'équipements.

- Dans un premier temps il est indispensable de mettre en place un nombre suffisant d'équipes d'entretien, et de les maintenir jusqu'à ce que les utilisateurs puissent prendre la relève. Dans des pays comme la Haute-Volta, le Ghana ou la Côte d'Ivoire, une équipe peut entretenir 100 à 120 pompes par an, à raison d'une visite tous les deux mois. Au Tchad, étant donné l'immensité du territoire, et les contraintes de transport, ce nombre est peut-être à diviser par deux.

- Pour mettre en place ces équipes, la difficulté souvent est de trouver les moyens financiers de leur fonctionnement. Il faudrait prévoir, lors de la conception des programmes de construction de points d'eau, d'inclure, dès le départ, le financement de la partie entretien. Et ceci pendant un temps assez long, au moins 5 ans.

Pour beaucoup de programmes récents, (Tchad, Ghana, Haute-Volta, etc...), le nombre de pompes à main en état de marche est bien souvent inférieur à 50 % du total des pompes installées. On peut se demander alors quelle est l'efficacité réelle des programmes de forages. Pour une enveloppe financière donnée, il vaut mieux consentir à construire moins de points d'eau, mais assurer la permanence de leur fonctionnement.

La composition des équipes d'entretien et de leur équipement, varie en fonction du type de matériel à entretenir, et des tâches qui leur sont assignées.

La pose des pompes doit être effectuée par des équipes distinctes, qui suivent immédiatement la réalisation des points d'eau.

- Evaluation de l'entretien des pompes manuelles -

Dans le calcul du coût annuel de l'entretien des pompes, interviennent trois postes : le personnel, le matériel et le fonctionnement.

L'objectif est d'entretenir 100 pompes, dans un rayon de 150 à 200 km autour du centre où est basée l'équipe.

- Pompes à tringles -

Composition d'une équipe : un mécanicien, un aide-mécanicien, un chauffeur, un manoeuvre.

Cette équipe doit disposer d'un véhicule léger (camionnette ou Land Rover) et d'un outillage lourd (palan, étau à fileter, filière, outillage d'atelier).

Le fonctionnement doit prendre en compte le carburant (60.000 km/an) et les pièces détachées (15.000 F CFA/pompe par an environ).

- Hydropompe Vergnet -

Si l'on envisage d'équiper toute une région avec ce matériel, l'équipe sera beaucoup plus légère.

Deux personnes suffisent : un mécanicien et un chauffeur. Il faut un véhicule léger et un petit outillage d'atelier. On compte 3.000 à 5.000 F CFA/pompe/an pour les pièces détachées.

L'entretien d'une hydropompe reviendrait à environ 15.000 F CFA par an.

3 - FABRICATION LOCALE

La fabrication locale est souhaitable pour plusieurs raisons :

.../...

- abaissement du coût de production (main-d'oeuvre surtout),
- suppression des contraintes de transport (délais et coûts),
- réduction des exportations de devises étrangères,
- stimulation des industries locales,
- plus grande facilité d'approvisionnement en pièces détachées.

Il est certain qu'il existe au Tchad des possibilités d'accueil pour une unité de montage ou de fabrication de pompes manuelles. Mais la mise en place d'un tel ensemble relève plutôt d'une décision politique au niveau du Gouvernement.

Les moyens à mettre en oeuvre dépendent du matériel que l'on envisage de fabriquer. Certaines installations, comme par exemple une fonderie, ne peuvent pas être rentables à l'échelle du Tchad. Les seules opérations à envisager dans un premier temps sont de la mécano-soudure et de l'usinage.

Au rythme actuel de construction de points d'eau (quelques centaines par an), et compte tenu de la demande en pompes manuelles (100 à 200), la création d'une unité de fabrication ne justifie pas économiquement.

Par contre, si on peut mettre en évidence des besoins analogues dans d'autres domaines (petit matériel agricole par exemple), il est possible qu'un atelier de mécanique générale, qui fabriquerait en petite série plusieurs matériels, puisse se justifier.

L'établissement d'un tel projet doit faire l'objet d'une étude détaillée. A titre indicatif, la création d'un atelier polyvalent nécessiterait un investissement de l'ordre de 60 à 70 millions de F CFA (bâtiments, et équipements).

#### 4 - PARTICIPATION DES POPULATIONS

Le mode de vie des populations est étroitement lié au mode d'alimentation en eau et à la quantité d'eau disponible. Dans les régions à habitat dispersé, l'approvisionnement en eau constitue une des activités essentielles de la vie du village.

De même en zone pastorale, le temps passé à l'abreuvement constitue la principale activité de l'ensemble des éleveurs.

.../...

Il est donc certain qu'un changement et une amélioration des moyens d'exhaure entraînera des modifications importantes dans la vie des populations. Il faut que cette nouvelle technologie soit adaptée à leurs besoins et à leurs possibilités.

L'efficacité d'un programme d'amélioration de l'exhaure dépendra, pour une large part, de l'adhésion et de la participation des populations. L'objectif vers lequel on doit tendre, c'est la prise en charge, par les collectivités, de l'entretien et du fonctionnement du matériel d'exhaure. Cela nous semble être une condition essentielle pour assurer, à long terme, le fonctionnement des installations.

Il y a donc là une action d'information, d'éducation, d'animation à entreprendre de manière à sensibiliser les utilisateurs. C'est une tâche qui ne demande pas d'importants moyens financiers, mais qui sera certainement très longue.

B I B L I O G R A P H I E

- 1) - B.C.E.O.M. - I.E.M.V.T. (1973) - Hydraulique pastorale - série techniques rurales en Afrique - Secrétariat d'Etat français aux affaires étrangères chargé de la coopération.
- 2) - B.C.E.O.M. - SERI - RENAULT (1964) - Etude et recherche de matériels d'exhaure pour l'Afrique de l'Ouest - Arch. C.I.E.H.
- 3) - BRASSEUR G. (1952) - Le problème de l'eau au Sénégal. Contre IFAN - Saint-Louis - Sénégal.
- 4) - B.R.G.M. (1975) - Notices explicatives des cartes de planification pour l'exploitation des eaux souterraines de l'Afrique sahélienne. Fonds d'Aide et de Coopération de la République française.
- 5) - BREMOND R. (1964) - Rapport d'interprétation des résultats obtenus au centre expérimental des éoliennes de Louga (Sénégal) - Arch. C.I.E.H.
- 6) - B.U.R.G.E.A.P. (1974) - La construction des puits en Afrique tropicale et "l'investissement humain" - Ministère de la coopération - Paris.
- 7) - CHERET I. (1962) - Etude du régime des vents en Afrique occidentale - Possibilités d'utilisation des éoliennes pour l'exhaure de l'eau - Arch. C.I.E.H.
- 8) - C.I.E.H. (1971) - Sixième réunion du Conseil - Nouakchott 15-21 Mars 1971 - Compte rendu des journées techniques - Arch. C.I.E.H.
- 9) - C.I.E.H. (1973) - Septième réunion du Conseil - Libreville 4 - 10 Avril 1973 - Compte rendu des journées techniques - Arch. C.I.E.H.
- 10) - C.I.E.H. (1975) - Huitième réunion du Conseil - Ouagadougou 8 - 15 Décembre 1975 - Compte rendu des journées techniques - Arch. C.I.E.H.
- 11) - DUPUIS J. et HLAVEK R. (1969) - L'utilisation de l'énergie éolienne pour l'exhaure de l'eau - Bilan d'exploitation des éoliennes de la région de Gao (Mali) - Arch. C.I.E.H.

.../...

- 12) - F.A.O. (1974) - Commission du Bassin du Lac Tchad - Perspectives de développement de l'élevage - Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture - Rome.
- 13) - FANNON R.D. et FRINK D.W. (1970) - Final report on the continued development and field evaluation of the aid hand-operated water pump - Battelle Memorial Institute, Columbus, Ohio.
- 14) - GASTON A. (1974) - Projet Assale - Serbewel - Etude agrostologique des pâturages - Commission du Bassin du Lac Tchad - N'Djamena.
- 15) - I.E.M.V.T. (1972) - Manuel d'hygiène du bétail et de prophylaxie des maladies contagieuses en zone tropicale - Secrétariat d'Etat aux affaires étrangères chargé de la coopération - Paris.
- 16) - Mc JUNKIN, F.E. (1976) - Guidelines on hand-pumps for use in drinking water supplies in developing countries. Voorburg Z.H. the Netherlands.
- 17) - MARTIN (1972) - Les problèmes d'abreuvement et le fonctionnement des stations de pompage vus par les éleveurs de l'arrondissement de Tchind-Tabaraden - Commissariat Général au Développement - Niamey.
- 18) - NOVERRAZ J.L. (1975) - Etude des possibilités de création d'industries mécaniques en Haute-Volta - O.N.U.D.I.
- 19) - PEYRE DE FABREGUES B. (1975) - Etude de la piste à bétail Ati - N'Djaména - Direction de l'Elevage et des Industries Animales - Tchad.
- 20) - PLESSARD F. (1974) - Analyse et résultats de l'installation d'un système d'exhaure à traction bovine en milieu rural (type Guérout) - Centre National de la Recherche Agronomique de Bambey - Sénégal.
- 21) - SOGREAH (1974) - Les pompes et les petites stations de pompes - Ministère de la Coopération - Paris.
- 22) - UNESCO (1974) - Notes techniques du MAB - Le Sahel : bases écologiques de l'aménagement - Les Presses de l'UNESCO - Paris.
- 23) - WAGNER E.G., LANOIX J.N. (1961) - Approvisionnement en eau des zones rurales et des petites agglomérations - O.M.S. - Genève.

A N N E X E S  
+ + + + +

- PERSONNES RENCONTREES -

TCHAD/

Direction de l'Elevage et des Industries Animale

Dr. GOZZO, Directeur.

Dr. RAMADAN, Directeur Adjoint.

Dr. GOBI.

Laboratoire vétérinaire de Farcha

Dr. LANDAIS.

Mr. GASTON.

Mr. DULIEU.

Projet Elevage, piste à bétail du 13e parallèle

Dr. GOURVIL.

Bureau de l'Eau

Mr. ALLAH RABAYE, Directeur.

Mr. BERRE, Hydrogéologue.

Direction du Génie Rural

Mr. MADJO, Directeur.

Mr. MAIREY, Hydraulique villageoise et pastorale.

SERARHY

Mr. SIVILIA, Chef de service.

Mr. AUTHOSSERRE.

Mr. JOSEPH.

Mr. SANCHEZ.

C.B.L.T.

Dr. CROUAIL.

Dr. VALAT.

F.D.A.R.

Mr. SABIT NATM, Directeur.

Mr. ABELE.

Circonscription de l'élevage - ATI

Dr. MEYER.

Bureau de Promotion Industrielle du Tchad

Mr. FALLOT.

Mr. PELISSARD.

SOPRETES

Mr. BEGOUEN.

SENEGAL/

Direction Générale de l'Hydraulique

Mr. FALL, Directeur des études et de la programmation.

Mr. DIOP.

Mr. TEXTIER.

Mr. GUEROUULT.

I.U.T. Dakar

Mr. KERGREILS, Directeur.

Mr. BRUMOND.

I.P.M. Dakar

Mr. GUENNEC.

S.O.M.H. Louga

Mr. MACH.

NIGER/

Direction de l'Hydraulique

Mr. HASSAN, Directeur.

Mr. CHAPOUTOT.

OFEDS

Mr. IMINI, Directeur.

Mr. SAULIERES,

Mr. MOUDOUA MATDAOUA (Tahoua).

Mr. URFER (Tahoua).

Ministère du Plan

Mr. LECLERQ.

Direction de l'Elevage

Dr. RICHEZ.

ORGANISMES EFFECTUANT DES RECHERCHES  
ET DES EXPERIMENTATIONS SUR LES MATERIELS D'EXHAURE

HAUTE-VOLTA/

Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques (C.I.E.H.)

- Expérimentation de pompes à mains classiques.
- Expérimentation de l'hydropompe Vergnet.
- Mécanisation de l'hydropompe Vergnet.
- Utilisation du gaz biologique comme carburant pour le fonctionnement de moteurs thermiques destinés à l'exhaure.
- Expérimentation d'une pompe solaire à photopiles (en projet).

Ecole Inter-Etats d'Ingénieurs de l'Equipement Rural (E.I.E.R.)

- Recherches sur les pompes solaires.
- Expérimentation des éoliennes Savonius.

NIGER/

Office National de l'Energie Solaire (ONERSOL)

- Recherches sur les pompes solaires.

SENEGAL/

Institut Universitaire de Technologie de Dakar

- Eoliennes Savonius.
- Pompes solaires, thermodynamiques et électriques.

Institut de Physique Météorologique de Dakar

- Pompes solaires.

Centre National de la Recherche Agronomique de Bambey

- Amélioration de la traction animale.

TCHAD/

Bureau de Promotion Industrielle (B.P.I.)

- Recherches et expérimentations sur divers matériels (pompes à main, pompe Vergnet, éoliennes, moyens d'exhaure pour faible profondeur, etc...).

- ADRESSES DES CONSTRUCTEURS CITES -

A.B.I.

45, rue Pierre et Marie-Curie, Zone 4 C  
B.P. 343 - ABIDJAN - (Côte d'Ivoire).

AEROWATT

12, rue Leonidas - 75014 PARIS - (France).

Etablissements A. BODIN

Usine des Regains - 37 BLERE - (France).

BRIAU

B.P. 43 - 37009 TOURS - (France).

CARUELLE

105, Boulevard Soult - 75012 PARIS - (France).

CHAMPENOIS

COUSANCES-LES-FORGES - Meuse - (France).

DEMPSTER INDUSTRIES

P.O. Box 848 - BEATRICE - Neb. 68310 - (U.S.A.).

H.J. GODWIN LTD

QUENINGTON - GLOUCESTERSHIRE - (Angleterre).

GUILLAUD

31, rue Pierre-Parent - CASABLANCA (Maroc).

POMPES GUINARD

179, Boulevard Saint-Denis - 92400 COURBEVOIE - (France).

Etablissements MENGIN

B.P. 163 - Zone Industrielle d'Amilly.  
45203 MONTARGIS - (France).

UGANDA HAND PUMPS

NAIROBI - (Kénya).

SCHOELIER - BLECKMANN

P.O. Box 56 - A. 1011 VIENNA - (Autriche).

SOFRETES

B.P. 163 - Zone Industrielle d'Amilly - 45203 MONTARGIS - (France).