

PROJET DE RECHERCHE AGRONOMIQUE

ET DE DÉVELOPPEMENT AGRICOLE POUR LA MISE
EN VALEUR DU BASSIN DU SÉNÉGAL

11098

P. N. U. D.



O. M. V. S.

RAF 73/060



RAF 73/060

DOSSIER PETITS PERIMETRES

PROPOSITIONS POUR LA STANDARDISATION DES STATIONS DE
POMPAGE DES PETITS PERIMETRES DE LA VALLEE DU FLEUVE SENEGAL

DE BAKEL A PODOR

DOCUMENT CONFIDENTIEL

DT N°

B. PIRE

Ingénieur G R
Expert associé

INTRODUCTION

Le programme d'implantation de petits périmètres irrigués sur la rive sénégalaise du Fleuve confié à la Société d'Aménagement et d'Exploitation du Delta (S.A.E.D.) est en pleine expansion. En 1976, quelques vingt nouvelles unités ont été mises en eau dans les régions de Bakel et de Matam. Pour les années à venir, le programme porte sur quelques deux cents autres périmètres à installer au profit des collectivités villageoises de Bakel à Podor.

Ce programme est particulièrement intéressant pour les populations de la vallée. Chaque village qui le désire peut aujourd'hui disposer, le long du fleuve, d'un périmètre d'une vingtaine d'hectares, au prix du seul investissement d'un groupe motopompe et de ses accessoires.

En effet, les paysans peuvent, le plus souvent, effectuer à la main l'aménagement proprement dit, qui comporte le déssouchement, le planage, la confection de diguettes et canaux, exception faite pour des travaux tels que la réalisation d'un canal porté important ou la construction d'une digue de protection assez haute (crues), qui nécessitent une assistance technique et matérielle de la part de la Société d'encadrement.

L'intérêt du petit périmètre irrigué villageois n'est plus à démontrer, dans une région où les cultures traditionnelles, tributaires de la pluviométrie et des crues, s'avèrent très aléatoires. L'irrigation, rationnellement conduite, peut assurer une indéniable sécurisation de la production vivrière de base, au moindre coût et sans intervention étrangère. Dès à présent, dans la perspective de mise en valeur hydro-agricole générale de la Vallée, existe-t-il, en matière de pratique de l'irrigation et d'utilisation de l'eau, meilleur écolage que ces petites unités villageoises vraiment peu sophistiquées ?

Encore faut-il, bien entendu, que ces unités fonctionnent dans les meilleures conditions de rentabilité possibles. Il y a certes l'aspect agronomique du problème, mais également l'aspect "Génie Rural". Il faut savoir comment conduire l'irrigation au moindre coût (gas-oil, huile, amortissement, type de matériel etc...).

.../...

La station de pompage est, en fait, le point clé de toute l'entreprise "petit périmètre". Si elle est mal calculée, mal installée, mal entretenue, il est évident qu'on ne peut que courir à un échec.

Conscients de l'importance de ce problème, plusieurs collègues, chefs de périmètres, nous ont demandé de leur prêter assistance pour définir (ou réévaluer) les caractéristiques des stations de pompage dont ils ont la responsabilité.

La S.A.E.D. ayant décidé de standardiser l'équipement à installer sur les petits périmètres a opté pour la marque "Lister".

Il nous a également été demandé de recommander, si possible, un seul type de pompes équipées des mêmes accessoires, pour faciliter la maintenance.

Cette note rend compte des analyses que nous avons été amené à réaliser sur le terrain avec le concours des chefs de périmètres. Elle n'a d'autre prétention que d'aider à clarifier la situation et à améliorer au mieux l'exploitation de ces petites unités. Elle est, bien entendu, exempte de toute publicité ou critique à l'égard de telle ou telle marque ou de telle ou telle firme.

Il faudrait cependant envisager l'implantation d'un autre moteur pour éviter certains inconvénients qu'entraînerait une situation de monopole (risque de grève, de faillite de l'usine mère) et pour faire naître, entre deux marques, une concurrence qui serait source de bénéfices pour l'utilisateur.

.../...

1 - CHOIX DE L'EQUIPEMENT

1.1. Choix de la pompe

La hauteur géométrique est maximale dans la région de Bakel et est de 13,5 m. Cette hauteur va en diminuant d'amont vers l'aval. Elle est de 10 m à Matam et de 7,5 m à N'Dioum et Guédé.

Pour l'équipement d'un petit périmètre, nous choisirons une pompe qui nous fournisse au moins 250 m³/h en étiage à Bakel, permettant l'irrigation d'un périmètre de 15 à 16 hectares.

Après analyse des courbes caractéristiques des pompes Caprari, Guinard et Deloule, c'est la courbe de la pompe Deloule 96.70 B 240 qui nous paraît convenir le mieux pour la vallée, avec un rendement toujours supérieur à 75 % pour des débits allant de 230 à 375 m³/h et des H.M.T. de 15 à 9,6 m (voir figure 1).

Cette pompe a une puissance absorbée maximale de 17,6 CV à 1450 tr/mn.

1.2. Choix du moteur

Pour que le moteur soit dans de bonnes conditions, il faut qu'il travaille à environ 75 % de ses possibilités maximales pour tenir compte d'un travail continu et de la température élevée de l'air à l'admission.

Dans ces conditions, la puissance du moteur entraînant cette pompe sera de :

$$\frac{17,6 \text{ CV}}{0,75} = 23,5 \text{ CV}$$

Le moteur "Lister HR2" fournit 20,75 BHP à 1450 tr/mn (norme BS 649 : 1958)

$$\begin{aligned} & - 1 \text{ BHP} = 1,014 \text{ CV} \\ & - \text{Norme "DIN B"} \\ & \frac{\quad}{\text{Norme BS 649 : 1958}} = 1,1 \end{aligned}$$

.../...

Le moteur Lister HR2 à 1450 tr/mn a une puissance en CV "DIN B" de :
 $20,75 \text{ BHP} \times 1,014 \text{ CV/BHP} \times 1,1 = 23,15 \text{ CV "DIN B"}$

Ce moteur est donc parfaitement adapté pour entraîner la pompe Deloule 96.70 B 240 puisqu'il travaillera à 76 % de sa puissance.

1.3. Choix des accessoires

Nous allons étudier un ensemble de combinaisons d'accessoires pour le groupe moto-pompe décrit ci-dessus et pour différents sites d'implantation représentatifs de la vallée (Bakel, Matam, N'Dioum).

Les débits de la pompe seront calculés pour diverses conditions :

1.3.1. Solution couramment utilisée

- Canalisation d'aspiration en diamètre 200 mm
- Crépine ordinaire 200 mm
- Canalisation de refoulement en diamètre 200 mm

1.3.2. Dans les solutions proposées, nous utiliserons :

- Des clapots de pied crépinés à veine formée se caractérisant par de faibles pertes de charge. Pour un même diamètre, les pertes de charge sont environ 2,5 fois plus faibles avec un clapot de pied profilé que pour un clapot ordinaire.

- Des conduites de diamètre plus important pour limiter les frottements car dans la gamme de débit où nous travaillons (250 - 350 m³/h), l'utilisation de canalisations de $\phi = 200$ mm coûte beaucoup trop cher.

Quatre combinaisons seront étudiées :

Désignation	1ère Combinaison	2ème Combinaison	3ème Combinaison	4ème Combinaison
Diamètre de l'aspiration en mm	200	200	250	250
Diamètre du refoulement en mm	250	300	250	300

.../...

Nous envisageons l'installation des stations avec des canalisations en P.V.C. parce que ces dernières sont :

- fabriquées localement
- beaucoup moins chères que les autres (aluminium, acier).

Tous les prix seront donnés en toutes taxes : ce sont les paysans qui devront assurer en temps opportun, le remplacement de leur matériel. Les prix sont arrêtés en novembre 1976 sauf celui du P.V.C., arrêté en juillet 1976.

Nous considérerons, en outre, que les amortissements peuvent être les suivants :

- Canalisations souples et P.V.C.	5 000 heures
- Moteur	10 000 heures
- Bac flottant, pompe, crépine et canalisation d'aspiration	20 000 heures

Pour la facilité du calcul, nous ramènerons toutes les valeurs à 10 000 heures d'amortissement c'est à dire la valeur :

- . du P.V.C. et du souple au double de sa valeur
- . de la pompe, de la crépine, de la canalisation d'aspiration et du bac à la moitié de sa valeur

.../...

2 - REGION DE BAKEL2.1. Les données

Nous prendrons la hauteur géométrique maximale égale à 13,5 mètres et considérerons que 12 éléments de tuyaux de 6 mètres (72 m) et 2 éléments souples de 5 m sont nécessaires pour amener l'eau au bassin de dissipation.

2.2. Etude de la solution : tuyauteries et accessoires en diamètre 200 mm

Nous prendrons comme débit pour le calcul des pertes de charge le débit fictif continu de $200 \text{ m}^3/\text{h}$.

i) Calcul des pertes de charge1) à l'aspiration

Clapot de pied crépiné $\phi = 200 \text{ mm}$	= 0,8 m
2 m de canalisation $\phi = 100 \text{ mm}$	= 0,038 m
1 coude à 90°	= 0,038 m
Total	<u>0,876 m</u>

2) au refoulement

72 m de P.V.C. de $\phi = 200 \text{ mm}$	= 1,094 m
2 éléments de 5 m de $\phi = 200 \text{ mm}$	= 0,152 m
2 coudes	= 0,06 m
sortie	= <u>0,16 m</u>
Total	1,466 m

3) pertes de charge totales = $1,466 \text{ m} + 0,876 \text{ m} = 2,4 \text{ m}$

ii) Hauteur manométrique totale

H.M.T. = hauteur géométrique + pertes de charge

$$13,5 \text{ m} + 2,4 \text{ m} = \underline{15,9 \text{ m}}$$

iii) Débit

A 15,9 m, la courbe caractéristique indique que la pompe débite $812 \text{ m}^3/\text{h}$. Or, nous avons calculé les pertes de charge pour un débit fictif de $200 \text{ m}^3/\text{h}$. Le système trouvera son équilibre vers les $195 \text{ m}^3/\text{h}$.

.../...

2.3 Etude des 4 combinaisons envisagéesi) Calcul des pertes de charge

1) à l'aspiration (A)

Désignation	$\phi = 200$	$\phi = 250$
Grépine profilée	0,48 m	0,23 m
2 m de canalisation	0,054 m	0,022 m
1 coude à 90°	0,054 m	0,022 m
Pertes de charge totales	0,588 m	0,274 m

2) au refoulement (R)

Désignation	$\phi = 250$	$\phi = 300$
72 m canalisation PVC	0,63	0,29
10 m canalisation souple	0,09	0,04
2 coudes	0,035	0,1
sortie	0,1	0,03
Pertes de charge totales	0,855	0,46

ii) Calcul de la H.M.T. des 4 combinaisons

N° Combinaison	Pertes de charge totales	H.M.T. pour Q fictif de 250 m ³ /h
1	A200 + R250 = 1,443	15
2	A200 + R300 = 1,048	14,6
3	A250 + R250 = 1,129	14,7
4	1250 + R300 = 0,734	14,25

iii) Evaluation du débit réel pour les différentes combinaisons

La courbe caractéristique de la pompe Deloule 96.70 B 240 (fig. 1) montre qu'à une H.M.T. de 14,5 m, la pompe débite $250 \text{ m}^3/\text{h}$. Ce débit a été choisi.

1ère combinaison

A une H.M.T. de 15 m, la pompe débite $230 \text{ m}^3/\text{h}$. Or, les pertes de charge ont été calculées pour $250 \text{ m}^3/\text{h}$. Le système trouvera son équilibre vers les $238 \text{ m}^3/\text{h}$.

2ème combinaison.

A une H.M.T. de 14,6m, la pompe débite $245 \text{ m}^3/\text{h}$. Le système trouvera son équilibre vers les $247 \text{ m}^3/\text{h}$.

3ème combinaison

A une H.M.T. de 14,7 m, la pompe débite $240 \text{ m}^3/\text{h}$. Le système trouvera son équilibre vers les $245 \text{ m}^3/\text{h}$.

4ème combinaison

A une H.M.T. de 14,25 m, la pompe débite $258 \text{ m}^3/\text{h}$. Le système trouvera son équilibre vers les $253 \text{ m}^3/\text{h}$.

2.4 "Coût équivalent" des accessoires utilisés dans les différentes combinaisons

Les coûts du moteur, de la pompe, des crépines, des canalisations souples et du P.V.C. sont donnés en annexe.

Le "coût équivalent" (1) est la partie du coût des accessoires à amortir sur 10 000 heures.

.../...

(1) Total équivalent : coût crépine $\frac{10\ 000}{20\ 000}$ + Coût canal. aspiration $\frac{10\ 000}{20\ 000}$ +
 coût souple $\frac{10\ 000}{5\ 000}$ + coût P.V.C. $\frac{10\ 000}{5\ 000}$

Désignation	Solution couramment utilisée	1ère Combi.	2ème Combi.	3ème Combi.	4ème Combi.
Grépine	120 500	160 500	160 500	232 461	232 461
Canalisation aspiration	35 000	35 000	35 000	67 500	61 500
Tuyaux souples	230 692	328 176	434 360	328 176	434 360
Canalisation P.V.C.	107 352	165 744	274 824	165 744	274 824
Total	493 544	689 420	904 084	793 881	1004 145
Total équivalent pour amortissement sur 10 000 h.	753 838	1085 590	1.516 118	1.137 820	1.568 348

2.5. Coût du carburant

La consommation spécifique du moteur Lister HR2 est de 0,18 kg/BHP/h à 1450 tr/mn.

La densité du gas-oil est de 0,9.

La consommation horaire maximale à 1450 tr/mn est égale à :

$$\frac{0,18 \text{ kg/BHP/h}}{0,9 \text{ kg/l}} \times 20,75 \text{ BHP} = 4,15 \text{ l}$$

La consommation globale sera de :

$$4,15 \text{ l/h} \times 10\,000 \text{ h} = 41\,500 \text{ l.}$$

Le coût du litre de gas-oil est de 70 F CFA en toutes taxes.

Le coût total sera de :

$$70 \text{ F/l} \times 41\,500 \text{ l} = 2\,905\,000 \text{ F.}$$

.../...

2.6. Calcul du coût du m³ d'eau pompée

Analysons le prix de revient du m³ d'eau pompée en admettant que

1) le coût des pièces de rechange au cours de la vie du moteur est égal au prix d'un moteur neuf (1).

2) le coût du lubrifiant est égal au 1/100 du coût du carburant.

Nous considérons l'amortissement du groupe motopompe sur 10 000 h.

La seule variable dans le calcul du coût de l'investissement est celui des accessoires.

Calcul du coût du matériel commun

Désignation	Coût	Valeur équivalente sur 10000 h d'amortissement
Bac flottant	475 000	237 500
groupe motopompe + tachymètre + sécurité	1 421 800	1 260 300
Carburant	2 905 000	2 905 000
Lubrifiant	290 500	290 500
Pièces de rechange	869 743	869 743
Coût total	5 962 043	5 563 043

Valeur équivalente = coût du bac $\frac{10\ 000}{20\ 000}$ + coût groupe motopompe

- coût de la pompe + coût pompe $\frac{10\ 000}{20\ 000}$ + carburant + lubrifiant

+ pièces de rechange

.../...

(1) Normes couramment utilisées dans le calcul d'amortissement.

Calcul du prix de revient du m³ d'eau pompée.

Désignation	Solution couramment utilisée	1ère Combi.	2ème Combi.	3ème Combi.	4ème Combi.
Coût commun équivalent	5 563 043	5 563 043	5 563 043	5 563 043	5 563 043
Coût accessoires équivalent	753 838	1 085 590	1 516 118	1 137 820	1 568 348
Coût de revient équivalent	6 316 881	6 648 633	7 079 161	6 700 863	7 131 391
Coût horaire	631,7	664,9	707,9	670,1	713,1
Débit en m ³ /h	195	238	247	245	253
Coût du m ³	3,24	2,79	2,87	2,74	2,82

.../...

2.7. Etude comparée des investissements

Désignation	Solution couramment utilisée	1ère Combi.	2ème Combi.	3ème Combi.	4ème Combi.
Débit en m ³ /h	195	238	247	245	253
Investissement initial équivalent (1)	2 251 638	2 583 390	3 013 918	2 635 620	3 066 148
Investissement supplémentaire par rapport à l'investissement équivalent de la solution couramment utilisée	-	331 752	762 280	383 982	814 510
Coût du m ³	3,24	2,79	2,87	2,74	2,82
Gain par Rapport à la solution couramment utilisé	-	0,45	0,37	0,50	0,42
Nbre d'heures de fonctionnement pour regagner l'investissement supplémentaire (2)	-	3 098	8 341	3 135	7 666
Nbre d'heures restant avant la fin de l'amortissement	-	6 902	1 659	6 865	2 334
Gain fictif final par rapport à la solution couramment utilisée (3)	-	739 204	151 616	840 962	248 010

(1) Investissement initial équivalent = coût équivalent groupe motopompe + coût équivalent bac flottant + coût équivalent accessoires.

(2) Investissement initial équivalent supplémentaire divisé par le gain horaire = nombre d'heures de fonctionnement pour regagner l'investissement
gain horaire = gain/m³ x débit

(3) Gain horaire multiplié par le nombre d'heures restant donne le gain fictif final par rapport à la solution normalement utilisée.

3. REGION DE MATAM

3.1. Les données

Nous prendrons la hauteur géométrique maximale égale à 10 m et considèrerons que 8 éléments de 6 mètres (48 m) et 2 éléments souples de 5 m sont nécessaires pour amener l'eau au bassin de dissipation.

3.2. Etude de la solution : tuyauteries et accessoires en diamètre 200 mm.

Nous prendrons, pour le calcul des pertes de charge, le débit fictif de $275 \text{ m}^3/\text{h}$.

i) Calcul des pertes de charge

1) à l'aspiration

Crépine normale ϕ 200 mm	=	1,5 m
2 m de canalisation ϕ 200 mm	=	0,07 m
1 coude à 90°	=	<u>0,07 m</u>
Total		1,64 m

2) au refoulement

48 m de canalisation $\phi = 200 \text{ mm}$	=	1,23 m
10 m de souple $\phi = 200 \text{ mm}$	=	0,255 m
2 coudes	=	0,06 m
Sortie	=	<u>0,30 m</u>
Total		1,845 m

3) Pertes de charge totales = $1,64 \text{ m} + 1,845 \text{ m} = 3,5 \text{ m}$

ii) Hauteur manométrique totale

H.M.T. = hauteur géométrique + pertes de charge

$$10 \text{ m} + 3,5 \text{ m} = \underline{13,5 \text{ m}}$$

iii) Débit

A une H.M.T. de 13,5 m, la pompe fournit un débit de $278 \text{ m}^3/\text{h}$ (voir fig. 1). Nous avons calculé les pertes de charge pour $275 \text{ m}^3/\text{h}$. Le système trouvera son équilibre à $276 \text{ m}^3/\text{h}$.

.../...

3.3. Etude des 4 combinaisons envisagées

Nous prendrons, pour calcul des pertes de charge, le débit fictif de $325 \text{ m}^3/\text{h}$.

i) Calcul des pertes de charge

1) à l'aspiration (A)

Désignation	$\phi = 200$	$\phi = 250$
Crépine profilée	0,8 m	0,32 m
2 m de canalisation	0,084 m	0,036 m
1 coude	0,084 m	0,036 m
Pertes de charge totales	0,968 m	0,392 m

2) au refoulement (R)

Désignation	$\phi = 250$	$\phi = 300$
58 m canalisation	0,83 m	0,372 m
2 coudes	0,06 m	0,026 m
Sortie	0,17 m	0,172 m
Pertes de charge totales	1,06 m	0,570 m

ii) Calcul de la H.M.T. des 4 combinaisons

N° Combinaison	Pertes de charge totales	H.M.T. pour Q fictif de $325 \text{ m}^3/\text{h}$
1	A200 + R250 = 2,028 m	12 m
2	A200 + R300 = 1,452 m	11,55 m
3	A250 + R250 = 1,452 m	11,45 m
4	A250 + R300 = 0,962 m	11 m

.../...

iii) Évaluation du débit réel pour les différentes combinaisons

La courbe caractéristique de la pompe Deloule 96.70 B 240 (fig. 1) donne pour une H.M.T. de 11,8 m un débit de $325 \text{ m}^3/\text{h}$.

1ère combinaison

A une H.M.T. de 12 m, la pompe fournit $320 \text{ m}^3/\text{h}$. Comme les pertes de charge ont été calculées pour $325 \text{ m}^3/\text{h}$, le système est presque en équilibre et le trouvera vers les $322 \text{ m}^3/\text{h}$.

2ème combinaison

Le système est presque en équilibre : nous aurons finalement $328 \text{ m}^3/\text{h}$.

3ème combinaison

A une H.M.T. de 11,45 m, la pompe fournit $333 \text{ m}^3/\text{h}$. Le système trouvera son équilibre vers les $331 \text{ m}^3/\text{h}$.

4ème combinaison

A une H.M.T. de 11 m, la pompe fournit $346 \text{ m}^3/\text{h}$. Le système trouvera son équilibre vers les $339 \text{ m}^3/\text{h}$.

3.4 Coût comparé des accessoires des différentes combinaisons

Désignation	Solution existante	1ère Combi.	2ème Combi.	3ème Combi.	4ème Combi.
Q en m^3/h	278	322	328	331	339
Grépine	120 500	160 500	160 500	232 461	232 461
Canalisation aspiration	35 000	35 000	35 000	67 500	67 500
Tuyaux souples	230 692	328 176	434 360	328 176	434 360
Canalisation P.V.C.	71 568	110 496	183 216	110 496	183 216
Total	457 760	634 172	813 076	738 633	917 537
Total équivalent	682 260	975 094	1 332 902	1 027 324	1385 132

La 2ème combinaison, donnant moins de débit que la 3ème pour un coût d'accessoires plus élevé, est à écarter.

.../...

3.5. Coût du carburant

Le coût du gas-oil sera le même que celui calculé en 2.5.,
soit : 2 905 000 F.

3.6. Calcul du coût du m³ d'eau pompée

Les conditions sont les mêmes qu'en 2.6.

Le coût équivalent du matériel commun (bac flotteur + groupe motopompe + carburant + lubrifiant + pièces de rechange) est le même que celui calculé en 2.6., soit : 5 563 043 F.

Calcul du prix de revient du m³ d'eau pompée

Désignation	Solution couramment utilisée	1ère Combi.	3ème Combi.	4ème Combi.
Coût commun équivalent	5 563 043	5 563 043	5 563 043	5 563 043
Coût accessoires équivalent	682 270	975 094	1 027 324	1 385 132
Coût revient équivalent	6 245 313	6 538 137	6 590 367	6 948 175
Coût horaire	624,5	653,8	659	694,8
Débit en m ³ /h	276	322	331	339
Coût du m ³ CFA	2,26	2,03	1,99	2,05

.../...

3.7. 3.7. Etude comparée des investissements et leurs répercussions

Désignation	Solution couramment utilisée	1ère Combi.	3ème Combi.	4ème Combi.
Débit en m ³ /h	276	322	331	339
Investissement initial équivalent (1)	2 180 070	2 472 894	2 525 124	2 882 932
Investissement supplémentaire par rapport à l'investissement équivalent de la solution couramment utilisée	-	292 824	345 054	702 862
Coût du m ³	2,26	2,03	1,99	2,05
Gain par rapport à la solution couramment utilisée	-	0,23	0,27	0,21
Nbre d'heures de fonctionnement pour regagner l'investissement supplémentaire (2)	-	3 954	3 851	9 873
Nbre d'heures restant avant la fin de l'amortissement	-	7 046	7 139	127
Gain fictif final par rapport à la solution couramment utilisée (3)	-	521 827	638 012	9 041

(1), (2) et (3) voir définition en 2.7.

.../...

4. REGION DE GUEDE

4.1. Les données

Nous prendrons la hauteur géométrique maximale égale à 7,5 m et considérerons que 11 éléments de 6 mètres (66 m) et 2 éléments de 5 m sont nécessaires pour amener l'eau au bassin de dissipation.

4.2. Etude de la solution couramment utilisée

Nous prendrons, pour le calcul des pertes de charge, le débit fictif de $300 \text{ m}^3/\text{h}$.

i) Calcul des pertes de charge

1) à l'aspiration

Grépine normale $\phi = 200 \text{ mm}$	=	1,7	m
2 m de canalisation	=	0,076	m
1 coude à 90°	=	0,076	m
		<hr/>	
Total		1,852	m

2) au refoulement

66 m P.V.C. $\phi = 200 \text{ mm}$	=	2	m
10 m souple $\phi = 200 \text{ mm}$	=	0,3	m
2 coudes	=	0,1	m
Sortie	=	0,36	m
		<hr/>	
Total		2,76	m

$$3) \text{ Pertes de charge totales} = 1,852 + 2,76 = 4,6 \text{ m}$$

ii) Hauteur manométrique totale

$$\begin{aligned} \text{H.M.T.} &= \text{hauteur géométrique} + \text{pertes de charge} \\ &7,5 \text{ m} + 4,6 \text{ m} = 12,1 \text{ m} \end{aligned}$$

iii) Calcul du débit

A une H.M.T. de 12,1 m, la pompe fournit un débit de $319 \text{ m}^3/\text{h}$, or les pertes de charge ont été calculées pour $300 \text{ m}^3/\text{h}$. Le système trouvera vraisemblablement son équilibre vers les $310 \text{ m}^3/\text{h}$.

.../...

4.3 Etude des 4 combinaisons envisagées

Nous prendrons, pour le calcul des pertes de charge, les débits fictifs de 350 et 400 m³/h.

i) Calcul des pertes de charge

1) à l'aspiration (A)

Désignation	Q = 350 m ³ /h		Q = 400 m ³ /h	
	φ = 200 mm	φ = 250 mm	φ = 200 mm	φ = 250 mm
Grépine profilée	0,9	0,32	1,18	0,48
2 m de canalisation	0,14	0,04	0,18	0,054
1 coude à 90°	0,14	0,04	0,18	0,054
Total	1,18	0,40	1,54	0,588

2) au refoulement (R)

Désignation	Q = 350 m ³ /h		Q = 400 m ³ /h	
	φ = 200 mm	φ = 250 mm	φ = 200 mm	φ = 250 mm
66 m P.V.C.	1,056	0,48	1,43	0,63
10 m souple	0,16	0,07	0,22	0,1
2 coudes	0,064	0,03	0,09	0,04
Sortie	0,20	0,10	0,26	0,13
Total	1,48	0,63	2	0,9

.../...

ii) Calcul de la H.M.T. des 4 combinaisons

N° Combinaisons	Q fictif = 350 m ³ /h		Q fictif = 400 m ³ /h	
	Pertes de charge totale	HMT	Pertes de charge totale	HMT
1	A200 + R250 = 2,66	10,2	A200 + R250 = 3,54	11
2	A200 + R300 = 1,86	9,4	A200 + R300 = 2,44	10
3	A250 + R250 = 1,88	9,4	A250 + R250 = 2,58	10,1
4	A250 + R300 = 1,08	8,7	A250 + R300 = 1,49	9

iii) Evaluation du débit réel pour les différentes combinaisons

Nous avons calculé les pertes de charge pour les débits fictifs de 350 et 400 m³/h. Pour ces différentes combinaisons, nous avons deux points de la courbe caractéristique de l'installation. Nous déterminons le débit qui est au point d'intersection des courbes caractéristiques de l'installation et de la pompe.

N° combinaison	Débit réel
1	362 m ³ /h
2	375 m ³ /h
3	375 m ³ /h
4	390 m ³ /h

.../...

4.4 Coût des accessoires utilisés dans les différentes combinaisons

Désignation	Solution couramment utilisée	1ère Combi.	2ème Combi.	3ème Combi.	4ème Combi.
Grépine	120 500	160 500	160 500	232 461	232 461
Canalisation aspiration	35 000	35 000	35 000	67 500	67 500
Tuyaux souples	230 692	328 176	434 360	328 176	434 360
Canalisation P.V.C.	98 406	151 932	251 922	151 932	251 922
Total	484 598	675 608	881 782	780 069	968 243
Total équivalent	735 946	1 057 966	1470 314	1 110 196	1 522 544

La seconde combinaison, donnant le même débit que la troisième pour un prix plus élevé, est à écarter.

4.5. Coût du carburant

Le coût du gas-oil sera le même que celui calculé en 2.5. soit : 2 905 000 F.

4.6. Calcul du coût du m³ d'eau pompée

Les conditions sont identiques à celles exprimées en 2.6.

Le coût équivalent du matériel commun (Bac flotteur + groupe motopompe + lubrifiant + carburant + pièces de rechange) est le même que celui calculé en 2.6. soit : 5 563 043 F.

.../...

Calcul du prix de revient du m³ d'eau pompée

Désignation	Solution couramment utilisée	1ère Combi.	3ème Combi.	4ème Combi.
Coût commun équivalent	5 563 043	5 563 043	5 563 043	5 563 043
Coût accessoires équivalent	735 946	1 057 966	1 110 196	1 522 544
Coût revient global équivalent	6 298 989	6 621 009	6 673 239	7 085 587
Coût horaire	629,9	662,1	667,3	708,6
Débit en m ³ /h	310	362	375	390
Coût du m ³ CFA	2,03	1,83	1,78	1,82

4.7. Etude comparée des investissements

Désignation	Solution couramment utilisée	1ère Combi.	3ème Combi.	4ème Combi.
Débit en m ³ /h	310	362	375	390
Investissement initial équivalent (1)	2 233 746	2 555 766	2 607 996	3 020 544
Investissement supplémentaire par rapport à la solution couramment utilisée	-	322 020	374 250	786 798
Coût du m ³	2,03	1,83	1,78	1,82
Gain par rapport à la solution couramment utilisée	-	0,20	0,25	0,21
Nbre d'heures de fonctionnement pour regagner l'investissement supplémentaire (2)	-	4 448	3 992	9 607
Nbre d'heures restant avant la fin de l'amortissement	-	5 552	6 008	393
Gain final par rapport à la solution couramment utilisée (3)	-	401 965	563 250	32 187

(1), (2) et (3) voir définition en 2.7.

.../....

5. ADAPTATION DE LA VITESSE DU MOTEUR

En hivernage, lorsque le fleuve monte, il y a lieu d'adapter la vitesse du moteur, pour rester dans des limites raisonnables de débit. A cette fin, nous avons tracé la courbe caractéristique de la pompe à la vitesse de 1 300 et 1 200 tr/mn à partir de la courbe à 1 450 tr/mn et des relations de similitude (figure 1).

Débit approché pour différentes hauteurs géométriques

Régime à adopter et consommation correspondante

Vitesse de rotation en tr/mn	Hauteur géométrique	Débit en m ³ /h	Consommation horaire en l
1450	13,5 m	250	4,15
	10 m	330	
	7,5 m	375	
	5,5 m	400	
1300	Inférieure à 5,5	350 < Q < 400	3,7
1200	Inférieure à 3	350 < Q	3,4

6. SUPERFICIE IRRIGABLE ET COUT EQUIVALENT ANNUEL

Si nous adaptons le module de 15 m³/h/ha, la superficie irrigable en riziculture en ces différents points de la vallée sera pour la 3ème combinaison :

Bakel : 16,5 ha
Matam : 22 ha
N'Dioum : 25 ha

.../...

Lorsque ces petits périmètres seront en vitesse de croisière et en double culture par an, le nombre d'heure de pompage annuelle sera d'environ 2000 heures.

Le coût d'une heure de pompage revient tout compris environ 670 CFA.

Le coût annuel, charge d'amortissement, d'entretien et de fonctionnement reviendra à :

$$670 \text{ CFA/h} \times 2000 \text{ h} = 1\,340\,000 \text{ CFA.}$$

soit en équivalent tonne de paddy :

$$\frac{1\,340\,000 \text{ CFA}}{41\,500 \text{ CFA/t}} = \underline{32,3 \text{ Tonne paddy}}$$

Travaillant dans les mêmes conditions, repiquage en petites parcelles, les paysans de la mission chinoise à Guédé font en moyenne sur environ 170 ha 3,5 tonnes de paddy en hivernage et 4,5 à 5 t de paddy en contre-saison sèche chaude soit 8 t de paddy par an et par hectare. Partout sur cette base nous pouvons dire qu'il faudra l'équivalent de :

$$\frac{32,3 \text{ tonne paddy}}{8 \text{ tonne paddy/an/ha}} = \underline{4 \text{ ha}}$$

pour payer tous les frais afférent à la station de pompage. En pour cent de la surface cultivée, les coûts de production représenteront pour :

Bakel	=	25 %
Matam	=	18 %
N'Dioum	=	16 %

.../...

7. CONCLUSION

Le but de l'analyse précédente est le choix d'une combinaison d'accessoires qui optimisent une station de pompage.

Dans cette étude, nous avons volontairement négligé l'intérêt sur le capital du fait que cette charge ne représente finalement que quelques centimes en plus au m³ d'eau pompée et que l'étude étant comparative, cela ne change rien au conclusion.

Il est à remarquer que le moto-pompiste sur ces périmètres villa-geois n'est généralement pas rémunéré puisqu'il est lui-même coopérateur.

Le coût du m³ indiqué dans les tableaux précédents est un coût maximal puisque nous avons chaque fois considéré le pompage à l'étiage. En effet, au fur et à mesure que le niveau du plan d'eau monte, le débit augmente et le coût du m³ diminue. En outre, la différence entre le coût de la solution couramment utilisée et le coût des différentes combinaisons proposées ne fera que s'amplifier puisque la H.M.T. chutera plus vite avec des accessoires de diamètre plus important. La hauteur géométrique diminuant, on pourra réduire la vitesse de rotation du moteur et ainsi consommer moins de gas-oil (voir tableau ci-avant).

De l'analyse effectuée, nous retiendrons comme solution pour les petits périmètres installés de Bakel à Podor, la combinaison la plus économique qui rentabilise au maximum l'installation en optimisant le débit, à savoir :

<u>Moteur</u>	: Lister H R 2
<u>Pompe</u>	: Deloule 96.70 B 240
<u>Aspiration</u>	: Clapot de pied crépiné à voine formée SOCLA - TJ, ϕ 250 mm - Référence 3415 Coude d'aspiration en ϕ = 250 mm
<u>Refoulement</u>	: P.V.C. et souple (4plis) en ϕ 250 mm

COUT DE L'EQUIPEMENT

Moteur HR 2	
H T	T T
575 988	869 743

POMPE DELOULE 96.70 B 240	
H T	T T
239 000	323 000

CREPINE				
φ	Normale		Profilée	
	H T	T T	H T	T T
200	73 156	120 500	97 428	160 500
250	97 403	160 500	141 128	232 461

CANALISATION SOUPLE		
ARME 4 PLIS		
φ	H T 1e m	T T 1e m
200	14 000	23 079
250	19 916	32 818
300	26 360	43 436

COUDE D'ASPIRATION	
φ 200	35 000
φ 250	67 500

Tous les prix ci-dessus exprimés en francs CFA sont ceux pratiqués à Dakar en novembre 1976.

.../...

CANALISATION EN P.V.C		
∅	H T le m	T T le m
315	3 493	3 817
250	2 106	2 302
200	1 364	1 491
160	926	1 012

Ces prix s'entendent pour des canalisations basse pression (pa = 6 kg/cm²) de la C.S.S. (prix juillet 1976).

