

RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL



ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE THIÈS

**PROJET
DE
FIN D'ÉTUDES**

GC.0387

Titre ALIMENTATION
EN EAU POTABLE DE PALO

Auteur IBRAHIMA B SOW

Génie CIVIL

Date JUIN 1983

ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES

PROJET DE FIN D'ETUDES

ALIMENTATION
EN EAU POTABLE DE PALO

AUTEUR: IBRAHIMA BOCAR SOW

5^e CIVIL

MAI 1983

À

Mes très chers parents pour leur soutien
multiforme tout au long de mes études.

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier monsieur Christian Rouneau professeur à l'E.P.T pour sa grande disponibilité tout au long de cette étude.

Je remercie également Mr Marcel Blais pour son soutien et sa participation dans les différentes excursions.

Mes remerciements vont à Mr Antonio Mbengue et à ses frères pour l'aide qu'ils m'ont apportée lors du travail d'arpentage.

Je remercie enfin toutes les personnes qui m'ont apporté les divers renseignements nécessaires à la réalisation du projet.

SOMMAIRE

La présente étude a pour objet l'alimentation en eau du village de Palo et autres.

Les prévisions faites sur 10 ans donnent une population humaine de 1.307 habitants et un cheptel de 2384 bovins. Les infrastructures existantes se résument en une école primaire de deux classes et un dispensaire. La consommation en eau en milieu paysan est estimée à 30 litres par personne et par jour et, pour les bovins, à 35 litres.

La source d'approvisionnement est le forage réalisé par Caritas Sénégal en Avril 1981 et qui capte l'aquifère des calcaires paléocène à une profondeur de 210 m. Son débit est estimé à $10 \text{ m}^3/\text{h}$.

A partir du forage, l'eau est refoulée dans un réservoir au sol de 40 m^3 de capacité grâce à une pompe immergée actionnée par un groupe électrogène en surface. Le réseau de distribution ramifié dessert à partir du forage toutes les autres localités. Les calculs de la distribution ont été faits par la méthode de Hardy-Cross avec l'utilisation des tables de Colebrook. Le groupe électrogène fonctionne pendant 3,5 heures pour remplir le réservoir.

Le montant de l'investissement n'élève à 2.198.869 FCFA. Les frais d'exploitation sont évalués à 212.551 FCFA et seront répartis à raison de 90 FCFA et 48 FCFA par personne et par tête de bétail annuellement.

TABLE DES MATIERES

	<u>Pages</u>
Introduction	1
I <u>Etude du milieu</u>	3
II <u>Examen des besoins</u>	5
II.1 Situation actuelle de l'approvisionnement en eau	7
II.2 Consommation domestique	8
II.3 Répartition de la demande par localité	13
III <u>Caractéristiques du forage</u>	15
III.1 Caractéristiques de la nappe	15
III.2 Type de forage	19
IV <u>Préparation à l'étude de l'avant-projet</u>	21
IV.1 Captage	21
IV.2 Adduction	21
IV.3 Réseau de distribution	23
V <u>Calcul de la distribution</u>	27
V.1 Introduction	27
V.2 Calcul du réservoir	28
V.3 Calcul du réseau	31
VI <u>Organisation du pompage</u>	37
VI.1 Introduction	37
VI.2 Durée du pompage	38
VI.3 Détermination de la hauteur manométrique totale	39
VI.4 Choix du groupe à commander	41

<u>VII</u>	<u>Planification de la mise en oeuvre</u>	43
	VII-1 Montant de l'investissement	44
	VII-2 Charge aux consommateurs	47
<u>VIII</u>	<u>Conclusion</u>	49

Annexe : Levé topographique du site 50

Bibliographie 54

INTRODUCTION

Devant l'aggravation sans cesse croissante des conditions de vie en milieu rural, l'eau constitue un immense espoir vers lequel se tournent les paysans.

Le Sénégal, caractérisé par une faible pluviométrie mal répartie dans le temps et dans l'espace reçoit cependant de grands gisements en eau souterraine. L'exploitation judicieuse de cette ressource comporte plusieurs avantages; elle permet la mise en valeur de la campagne par la création d'activités agricoles ce qui contribuera à l'élévation du niveau de vie du monde paysan; en conséquence l'exode rural sera freiné au bénéfice d'une croissance plus saine des villes.

Si l'obtention de l'eau doit permettre la diversification agricole, il n'en reste pas moins que les techniques utilisées doivent être facilement assimilées par les paysans; les solutions apportées doivent être quant à elles compatibles avec les revenus en campagne. Une éducation en milieu paysan n'avère plus que nécessaire.

Les populations de Palo fondent beaucoup leur espoir sur le forage réalisé par Caritas - Sénégal en Avril 1981. Cet organisme a mis en veilleuse un projet d'équipement du forage pensant que le débit pouvant y être retiré est faible. De toute évidence, l'exploitation du forage ne peut qu'être

bénéfique même s'il ne recouvre que les besoins domestiques. La présente étude se penche sur l'alimentation en eau potable de Pals, se faisant à partir du forage cité ci-haut; elle consiste, après l'évaluation du milieu, en la suggestion d'un réseau de distribution dont la planification doit tenir compte du revenu des populations. Avec notre estimation, la capacité du forage résoudra tout au moins le problème de la consommation domestique. D'autres aménagements s'avèrent nécessaires pour le développement de l'agriculture dans une zone des Niages surtout réputée par sa fertilité.

I ETUDE DU MILIEU

Situé à une dizaine de kilomètres au nord de la ville de Thiès, le village de Palo est en réalité constitué de plusieurs regroupements familiaux plus ou moins éloignés les uns des autres. Il est à mi-distance de Thiès, Tivaouane, Lam-Lam et Mont-Rolland.

Le relief est relativement plat avec la présence ça et là de petites collines, dernières caractéristiques du massif de Diour. Ce relief est fortement marqué par la présence d'une grande excavation longeant pratiquement toute la contrée et correspondant à l'ancienne carrière d'exploitation des phosphates de Lam-Lam. Un relevé topographique en annexe donne le plan de situation du village.

La région, appartenant à la zone sahélienne, est caractérisée par un climat assez rude; la saison des pluies dure à peine trois mois; ainsi la seule végétation existante est sous forme d'épineux et de baobabs.

La population, d'ethnie Sérère est de l'ordre de mille habitants; elle est caractérisée par une forte émigration vers les villes environnantes. Une faible portion de Peuls s'adonne essentiellement à l'élevage.

L'agriculture est la seule ressource des habitants.

Avant l'hivernage ils pratiquent la culture du mil et de l'arachide. Pendant une bonne partie de l'année la population vit de la commercialisation de la tomate dont l'exploitation va jusqu'au mois d'Avril. L'élevage des bovins est très répandu.

II EXAMEN DES BESOINS

Tel que mentionné au chapitre I, le système d'alimentation doit satisfaire la demande de plusieurs localités plus ou moins éloignées les unes des autres. Or la distribution des habitations est très anarchique. Sur le plateau se trouvent les villages de Palo Dial, Soudaon et Dougou. Les villages de Pongy et Loss sont situés dans la vallée avec une différence d'altitude appréciable par rapport aux premiers tel que montré par le relevé topographique.

Pour l'estimation des populations nous disposons de deux sources : Le Bureau Régional de la Statistique et un recensement effectué en Novembre 1982 par les villageois eux-mêmes. Pour les besoins du projet nous adopterons le recensement ou son caractère récent et par la possibilité qu'il nous offre de faire la répartition pour les différentes petites localités.

Le système à concevoir doit pouvoir servir immédiatement mais aussi il doit rencontrer les besoins futurs de la population pour la durée de vie des ouvrages ; nous tiendrons ainsi compte des fluctuations de la population et d'aménagements futurs possibles. Etant en milieu rural nous adopterons

pour les prévisions, une période de design de 10 ans. Avec le développement actuel des campagnes nous nous limiterons pour les infrastructures uniquement à une école et un centre social.

Avec la quantité d'eau disponible, cette étude ne peut pas traiter de l'irrigation bien que ce-ci soit vital pour les zones rurales. Cependant nous proposerons dans la conclusion une solution à ce problème.

Nous ne prévoyons pas également d'infrastructures pour la protection contre l'incendie. Nous estimons qu'un incendie qui se propage dans les habitations est facilement maîtrisable par la population.

II - 1 Situation actuelle de l'approvisionnement en eau.

Le problème de l'eau dans ces villages est d'une grande acuité. L'alimentation en eau se fait encore à partir de puits traditionnels. Nous avons recensé les différents points d'eau et nous donnons dans le tableau qui suit leurs caractéristiques.

Puits N°	Emplacement	Niveau piézométrique au 9 Mars 83	Durée annuelle d'exploitation
1	Palo Dial	35,7 m	6 mois
2	Dougou	30,5 m	12 mois
3	Loss	6,7 m	12 mois
4	Pony	4,2 m	12 mois

Points d'eau existants

Seuls les puits de Loss et Pony assurent un débit important pendant toute l'année. En période d'ébauge donc, les habitants de Palo descendent y puiser de l'eau. Le puits de Pony assure aussi l'alimentation de tout le cheptel, y compris celui des environs.

L'eau de ces puits n'est pas de bonne qualité. En effet ils sont découverts et ne font pas l'objet d'un entretien. Les besoins domestiques arrivant ainsi à peine à être satisfaits, la culture maraîchère n'est pas pratiquée.

II.2 Consommation domestique

II.2.1 Estimation de la population humaine.

a) Données du BRS.

Selon le Bureau Régional de la Statistique de Thiès nous avons l'estimation suivante:

<u>Localité</u>	<u>Recensement en 76</u>	<u>Estimation en 81</u>
Palo Dial	525 habitants	603 habitants
Palo Youga	369 "	424 "
Total	894 "	1027 "

Nous noterons qu'ici Palo Dial désigne les localités de Palo Dial même, Soudaan et Dougou. Palo Youga désigne Loss et Pony.

b) Recensement de Novembre 1982.

Ce recensement - que nous adopterons pour les raisons énoncées au paragraphe précédent - a donné les résultats suivants:

Palo : 560 hab dont $\left\{ \begin{array}{l} \text{Palo Dial} : 200 \\ \text{Soudaan} : 128 \\ \text{Dougou} : 232 \end{array} \right.$

Youga : 533 hab dont $\left\{ \begin{array}{l} \text{Loss} : 431 \\ \text{Pony} : 102 \end{array} \right.$

Total 1093 "

c) Estimation de la population dans 10 ans.

Sur le plan national on utilise généralement un taux

d'accroissement géométrique de 2,8%. En milieu rural cependant, l'on peut prendre un taux plus faible pour les raisons suivantes:

- La mortalité est élevée du fait des mauvaises conditions de santé.
- L'exode rural est très intense.

Compte tenu de ces facteurs, nous prendrons un taux de 1,8%.

La projection de la population sera donnée par la formule

$$P_n = P_0 (1 + i)^n \text{ dans laquelle}$$

P_n : population estimée dans n années.

P_0 : " à l'année de référence

n : nombre d'années

i : taux d'accroissement géométrique.

Dans ce cas donc $n = 10$, $i = 1,8\%$ et l'année de référence est 1982 avec une population de 1093 habitants.

Ainsi la population en 1992 sera:

$$P_{10} = 1093(1 + 0,018)^{10} = 1307 \text{ habitants.}$$

Cette population est répartie comme suit:

<u>Localité</u>	<u>Population en 82</u>	<u>Estimation en 92</u>	
Palo	Palo bial	200	239
	Soudaah	128	153
	Dougou	232	278
Yanga	Loss	431	515
	Pony	102	122

II.2.2 Population animale

La région a une vocation essentiellement agricole; il y est pratiqué un élevage très extensif. Le cheptel est presque uniquement composé de bovins. Le recensement fait sur place a donné les résultats suivants:

Localité	Population bovine
Palo	476
Youga	532
Croisement	208
Etrangers	1168
Total	2384

Recensement du cheptel

II.2.3 Infrastructures.

Palo est accessible par la piste Thiès - Mont. Rolland et à partir de Lam-Lam par la piste construite pour l'exploitation des phosphates. L'ensemble des infrastructures se résume en une école de deux classes et un centre de formation non encore fonctionnel. Un des bâtiments de l'ancienne carrière abrite l'école; nous estimons la capacité de cette dernière à 120 personnes. Le centre comportera quant à lui un dispensaire et une salle d'alphabétisation pour adultes; nous estimons sa capacité d'accueil à 60 places.

II.2.4 Détermination de la demande domestique totale.

Une étude faite à la SONEES (Société Nationale d'exploitation des Eaux du Sénégal) sur l'alimentation en eau potable de onze centres secondaires montre que la consommation moyenne par habitant et par jour est de quarante litres.

La consommation en milieu urbain étant de loin plus élevée qu'en milieu rural, nous avons adopté avec beaucoup de sécurité les chiffres suivants:

Espèce	Consommation
humaine	35 l/p.j (litres/personne-jour)
bovins	30 l/b.j (litres/bête-jour)

a) besoins pour la consommation humaine
 $35 \text{ l/p.j} \times 1307 = 45745 \text{ l/j}$

b) besoins pour la consommation animale
 $30 \text{ l/b.j} \times 2384 = 71520 \text{ l/j}$

c) besoins pour les infrastructures
 Ecole: $35 \text{ l/p.j} \times 120 = 4200 \text{ l/j}$
 Centre: $35 \text{ l/p.j} \times 60 = 2100 \text{ l/j}$
 Total pour infrastructures = 6300 l/j

d) Consommation domestique totale = 123565 l/j

A cette quantité il faut nécessairement ajouter les pertes inhérentes à l'exploitation du réseau.

Metcalf et Eddy proposent de prendre pour l'ensemble d'un réseau de distribution les pertes à 18% de la consommation totale. Au Sénégal et plus particulièrement en zone rurale le pourcentage sera plus faible; en effet le réseau de distribution est très simple et ne comporte pas d'appareils utilisant beaucoup d'eau.

Nous suggérons ainsi 10% pour l'ensemble des pertes.

Le débit journalier mensuel devient donc :

$$Q = 123\,565 \times 1,1 = 135\,922 \text{ l/j}$$

soit 5,66 m³/h

Des essais de pompage n'ont pas été faits, mais d'après les estimations de Caritas-Sénégal et en conformité avec la situation des forages de Pembal et Tivaoune on peut considérer que ce forage peut fournir jusqu'à 10 m³/h. Nous considérons le rabattement égal à 4 m.

II.3 Répartition de la demande par localité

Pour des raisons d'économie, nous sommes amenés à proposer un système de bornes fontaines pour chaque localité. Selon les estimations de la SONE-ES: il faut une borne fontaine pour 500 habitants. Nous allons ainsi disposer d'une borne fontaine par localité.

Pour une meilleure distribution des débits, nous proposons deux abreuvoirs pour les animaux: un pour 1216 têtes à Loss et un autre pour 1168 à Pony.

La répartition par localité se fait ainsi:

<u>Palo Dial</u>	Population en 92: 239 habitants	
	Consommation : 35×239	= 8365 l/j
	Pertes : $8365 \times 0,1$	= <u>836,5</u>
	Total	9202 l/j
		soit 0,107 l/a

Soudaan et Dougou

	Population humaine : 430 hab	
	Consommation : 35×430	= 15050 l/j
	Pertes : $15050 \times 0,1$	= <u>1505</u>
	Total	16555 l/j
		soit 0,192 l/a

<u>Loss</u>	Population humaine	: 515 hab	
	" animale	: 1216 bov	
	Consommation	: $35 \times 515 + 1216 \times 30 = 54505$ l/j	
	Pertes	: $54505 \times 0,1 = 5450$ "	
	Total		<u>59955 l/j</u>
			soit 0,694 l/h.

<u>Pony</u>	Population humaine	122 hab	
	" animale	1168 bov	
	Consommation	$35 \times 122 + 30 \times 1168 = 39310$ l/j	
	Pertes	$39310 \times 0,1 = 3931$ "	
	Total		<u>43241 l/j</u>
			soit 0,503 l/h.

<u>Ecole</u>	Estimation en 92	: $120(1+0,018)^{10} = 144$ hab	
	Consommation	: $35 \times 144 = 5040$ l/j	
	Pertes	: $5040 \times 0,1 = 504$ "	
	Total		<u>5544 l/j</u>
			soit 0,064 l/h.

Centre social

	Estimation en 92	: $60(1,018)^{10} = 72$ hab	
	Consommation	: $35 \times 72 = 2520$ l/j	
	Pertes	: $2520 \times 0,1 = 252$ "	
	Total		<u>2772 l/j</u>
			soit 0,032 l/h.

III CARACTERISTIQUES DU FORAGE

Le forage de Palo fut réalisé par Caritas. Sénégal le 16 Avril 1981. Il capte la nappe des Calcaires du Paléocène à la profondeur de 210m. Son niveau statique est à 74,45m.

III.1 Caractéristiques de la nappe.

Cette nappe provient des aquifères phréatiques. Ces derniers appartiennent aux formations sédimentaires à porosité d'interstice ou de fissure qui représentent une certaine continuité de leurs caractéristiques dans l'espace.

L'aquifère des calcaires paléocène est présent dans les régions du Cap-Vert et de Thiès sous forme très karstifiée. Il est très productif et peut atteindre des débits importants. Cet aquifère est bien alimenté par les pluies dans le compartiment de Sébikotane (penthior). Il reçoit l'apport des vallées fossiles quaternaires et draine localement le maestrichtien profond.

Au niveau des centres de captage de Pout et Sébikotane, cet aquifère fournit 30.000 à 40000 m³/j pour l'approvisionnement du Cap-Vert en eau douce d'excellente qualité chimique.

Dans la Région de M'bout, Fatick, la qualité de l'eau

du paléocène baisse sensiblement du fait de l'invasion saline (minéralisation entre 2 et 7 g/l avec des teneurs en fluor de l'ordre de 4 à 7 mg/l).

Une étude est actuellement en cours dans ce secteur.

Qualité de l'eau.

L'analyse chimique a été faite par le GLDMG (Groupe Laboratoires de la Direction des Mines et de la Géologie). Sur des échantillons envoyés le 13 Avril 1981 et reçus au laboratoire le même jour, le bulletin d'analyse fournit les résultats suivants :

1) Résultats

Echantillon	Forage Palo Dial	
Date de prélèvement:	13 Avril 1981	
PH	8,0	
Teneur/litre	mg	meq
Cl ⁻	125,5	3,54
SO ₄ ⁻⁻	56,7	1,18
CO ₃ H ⁻	198,3	3,25
CO ₃ ⁻⁻		-
NO ₃ ⁻	< 2	-
F ⁻	1,0	0,05
P ₂ O ₅		
Total anions		8,02

Ca ⁺⁺	42,0	2,10
Mg ⁺⁺	35,5	2,92
Na ⁺	62,8	2,73
K ⁺	10,5	0,27
NH ₄ ⁺	0,65	0,04
Fe		
Total cations		8,06
Extrait sec	454	

2) Observations

Dans cette analyse nous porterons surtout notre attention sur les substances qui peuvent entraîner un risque pour la santé. Les teneurs de ces substances doivent respecter les normes de qualité applicables à l'eau potable données par l'Organisation Mondiale de la Santé.

a) dureté

La dureté de l'eau a moins d'impact sur sa qualité hygiénique; elle intervient cependant dans son utilisation domestique à savoir le lavage et le chauffage. Toute eau dont la dureté atteint ou dépasse 300 p.p.m est impropre aux usages courants. Par ailleurs les eaux très douces, de dureté inférieure à 30 p.p.m

sont corrosives pour les canalisations.

Avec les concentrations suivantes:

$$\text{Mg}^{++} : 35,5 \text{ mg/l}$$

$$\text{Ca}^{++} : 42,0 \text{ "}$$

La dureté (en CaCO_3) est:

$$42,0 \times 50/20 + 35,5 \times 50/12 = 252,9 \text{ mg/l}$$

Cette valeur est comprise dans les limites acceptables.

b) Le fluor

La concentration de l'ion fluor (F^-) est de 1 mg/l.

Cette valeur correspond bien à la dose optimale en fluor. A cette dose on obtient une résistance accrue de l'émail dentaire à la carie.

c) Les nitrates

Les nitrates dont l'action peut surtout nuire aux nourrissons sont bien en deça de la valeur jugée comme excessive (10 mg/l). En effet la concentration de NO_3^- est inférieure à 2.

d) Autres concentrations

Selon la norme recommandée par l'OMS les concentrations maximales acceptables pour certaines substances sont les suivantes:

$$\text{Calcium (Ca)} : 75 \text{ mg/l}$$

$$\text{Magnésium (Mg)} : 50 \text{ mg/l}$$

$$\text{Sulfates (SO}_4\text{)} : 200 \text{ mg/l}$$

Chlorures (Cl) : 200 mg/l

Le PH doit être compris entre 7,0 et 8,5.

L'analyse donne des valeurs bien à l'intérieur de ces limites.

e) Minéralisation

Au Sénégal, le principal fléau qui frappe les nappes phréatiques est l'invasion saline. Comme nous l'avons vu précédemment l'eau de la nappe du paléocène peut atteindre dans certains cas la concentration de 7g/l. On considère généralement que la qualité est bonne du point de vue salinité quand la concentration n'excède pas 1g/l. La concentration de 454 mg/l est donc bien acceptable.

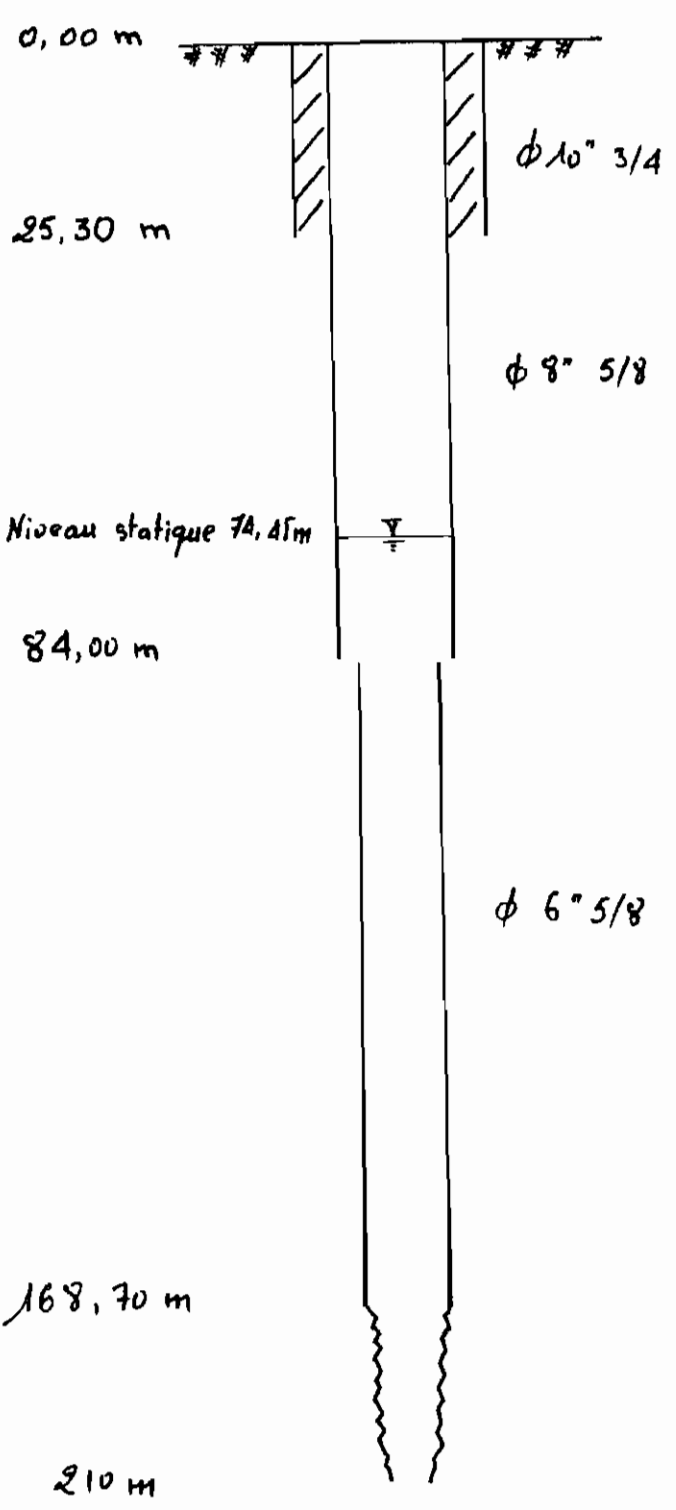
III. 2: type de forage

Le forage de Palo fut réalisé par Caritas - Sénégal le 16 Avril 1981. Sa profondeur est de 210m avec un niveau statique de 74,45 m.

La coupe comporte:

- un tube guide de 10" 3/4 jusqu'à 25,30m
- une chambre de pompage de 8" 5/8 de 0 à 84,00m
- un tubage de 6" 5/8 de 84 à 168,70m
- un forage à nu sans crépine jusqu'à 210 m.

Coupe technique



IV PREPARATION A L'ETUDE DE L'AVANT. PROJET

IV.1 Captage

Le captage se fera donc à partir du forage réalisé par Caritas. Sénégal le 16.04.81 et dont les caractéristiques sont données au chapitre 3.

La pompe étant immergée, elle sera alimentée à l'aide d'un câble par un groupe en surface. Au dessus du groupe élévatoire sera construit un abri.

La conduite d'aspiration sera en acier afin de résister aux vibrations du moteur d'entraînement.

IV.2 Adduction.

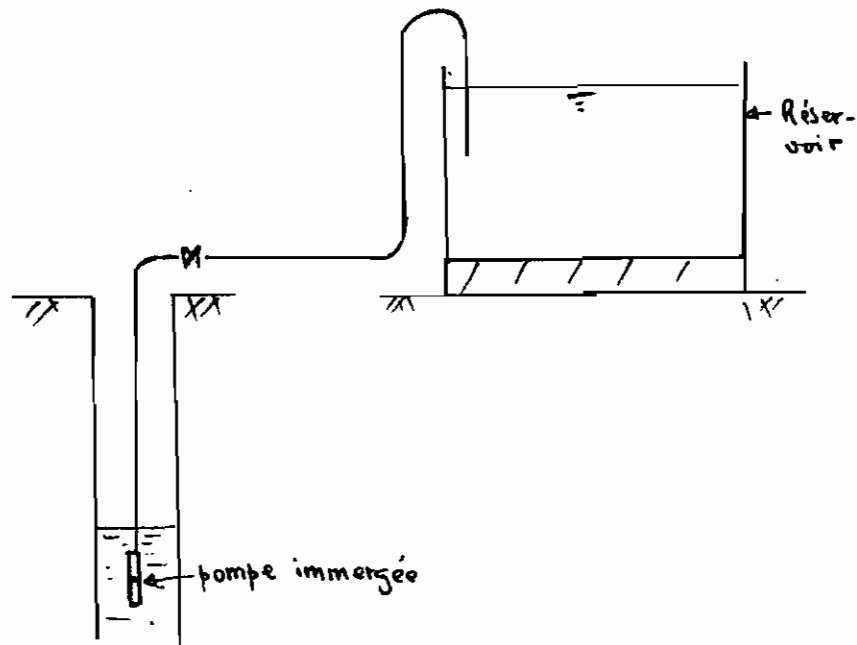
Le pompage sera effectué à l'aide d'une pompe axiale qui refoulera l'eau dans un réservoir au sol. Comme il sera dit plus loin, le réservoir sera placé à proximité du forage en un lieu où la côte est sensiblement supérieure à celle des autres points du réseau; ce-ci aura pour avantage de contribuer à la réalisation d'une distribution gravitaire.

a) Longueur de la conduite de refoulement

La distance forage-réservoir est de 50 m; la hauteur de ce dernier est de 3 m et repose sur un radier de 1,75 m. Nous prévoyons une longueur de

conduite de 1 m pour surplomber le réservoir.
Ainsi la longueur totale de la conduite de refoulement est de: $L_R = 50 + 3 + 1,75 + 1 = 55,75 \text{ m}$.

schéma de l'adduction



b) diamètre de la conduite de refoulement.

Du point de vue économique, conduite de refoulement et station de pompage sont liées. En effet, plus le diamètre de la conduite est petit pour un même débit à relever, plus la perte de charge est grande, plus le moteur d'entraînement devra être puissant, donc plus l'énergie dépensée sera importante.

Il est donc intuitif qu'il existe un diamètre économique pour la conduite de refoulement résultant d'un compo-

mis entre les deux tendances suivantes :

- Les frais d'amortissement de la conduite qui croissent avec le diamètre de la canalisation ;
- Les frais d'exploitation de la station de pompage qui décroissent quand le diamètre augmente, par suite de la diminution des pertes de charge.

Plusieurs formules existent pour le calcul de ce diamètre économique. Nous retenons seulement celle de Bresse qui est la plus simple pour notre cas :

$$D = 1,50 \sqrt{Q}$$

D en mètres

Q en m^3/s

Sur un débit de $10 m^3/h$ à évacuer soit $0,0027 m^3/s$

$$D = 1,50 \sqrt{0,0027} = 0,079 \text{ m}$$

Nous choisissons un diamètre de 80 mm disponible.

IV.3 Réseau de distribution.

a) Stockage

La présence d'un réservoir entre le captage et la distribution est utile à plus d'un titre :

Tout d'abord, le réservoir permet de rendre optimal le débit d'équipement pour tous les ouvrages situés en amont de lui ; ainsi le dimensionnement de ces ouvrages n'a plus à tenir compte seulement des

des variations relatives importantes du débit appelé
 mais aussi de leur temps de fonctionnement. D'autre
 part et surtout pour le cas présent, le réservoir
 constitue une assurance contre les indisponibilités
 de relativement courte durée des ouvrages
 amonts; il permet en effet l'alimentation des consommateurs
 pendant une panne ou une réparation.

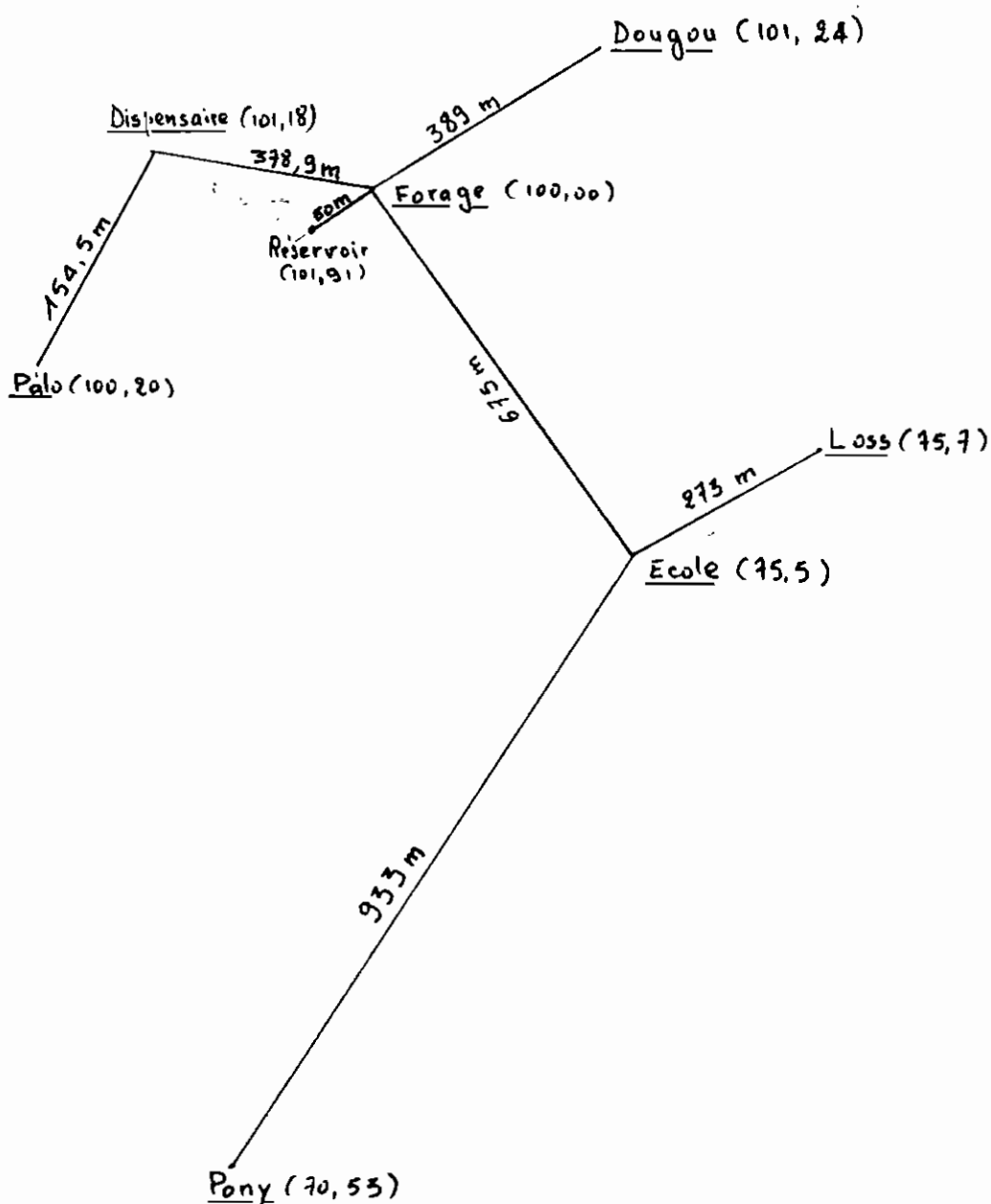
Il est évident que pour un aménagement rural
 de ce genre, il n'est pas économique de mettre
 en place un réservoir surélevé. Nous préconisons donc
 un réservoir au sol mais de manière à ce que
 la distribution de l'eau puisse se faire gratuitement.

A proximité du forage nous bénéficions d'une surélévation
 de l'ordre de 2 m par rapport à celui-ci
 et situé à 50 m. Compte tenu de la position de ce
 point presque au centre de gravité des localités du
 haut, nous le choisissons comme emplacement du
 réservoir; ce-ci nous assurera une bonne charge
 tout en diminuant les pertes; en effet en éloignant
 le réservoir des agglomérations, nous sommes
 conduits à augmenter, soit son altitude, soit le diamètre
 des conduites de liaison entre le réservoir et les ag-

glomérations. Jam le chapitre 5 nous reviendrons sur les détails du réservoir.

b) Réseau de distribution

Schema du réseau



Tel que montré au chapitre I, la structure du village suggère d'établir un réseau ramifié. Ce type de réseau s'avère être économique dans le cas d'agglomérations rurales de faibles dimensions. De plus dans notre cas, la répartition anarchique des habitations et la non uniformité du relief contribuent d'avantage au choix d'une telle option. Le schéma ci-dessus montre la structure du réseau.

V CALCUL DE LA DISTRIBUTION

V.1 Introduction

Comme nous l'avons dit plus haut, la distribution se fera uniquement par gravité. Dans ce qui suit nous donnons quelques détails sur l'ouvrage de stockage et effectuons le calcul de la canalisation.

En ce qui concerne le réservoir, nous n'entrons pas dans les détails de sa construction, ce-ci n'étant pas dans le cadre de cette étude.

Quant aux canalisations, seul le tuyau d'aspiration est en acier pour résister aux vibrations du moteur d'alimentation. Les autres tuyaux sont en plastique PVC (polychlorure de vinyle) pour les raisons suivantes :

- La taille de l'aménagement ne suggère pas d'employer les tuyaux en fonte.
- Les tuyaux, moins rugueux ont l'avantage d'occasionner moins de pertes de charge.
- Les joints sont facilement exécutés, soit par collage, soit par soudure à l'air chaud.

La canalisation sera enterrée pour ne pas s'altérer sous l'effet de la chaleur, très intense dans cette région.

Il convient de dimensionner le réseau avec le débit

maximal à transiter; ce dernier est atteint en affectant le débit moyen d'un "coefficient de pointe" p que nous prendrons égal à 3 dans notre étude.

Pour le coefficient de rugosité d'aspérité k , nous adoptons la valeur de 10^{-4} . En effet, s'agissant de conduites nouvelles, quelle que soit la nature du matériau qui les compose, le revêtement intérieur particulièrement lisse dont elles sont pourvues, la présence du risque d'incrustation et les fabricants de tuyaux préconisent de prendre uniformément pour k la valeur 10^{-4} . Les calculs sont effectués d'après les tables de Colebrook.

V.2 Calcul du réservoir

Le forage est placé à 50 m du forage en un point d'altitude 101,91 m.

a) altitude du réservoir.

La hauteur du réservoir doit être telle qu'il puisse assurer aux abonnés une pression suffisante au moment de la pointe. En conséquence, l'altitude de la cuve et, plus particulièrement celle de son radier doit se situer à un niveau supérieur à la plus haute cote piézométrique exigée par le réseau. Dans notre cas, pour les villages situés dans le bas-fond aucun problème d'alimentation ne se

pose; en effet ces villages sont à environ une trentaine de mètres plus bas que le radier du réservoir. Pour la partie supérieure cependant, le cas le plus défavorable est certainement en considérant le tronçon R-1-2. La hauteur du radier est déterminée par rapport à ce tronçon.

divisons ce tronçon en deux parties: R-1 et 1-2

- tronçon R-1

$$Q = 4,77 \text{ l/s}$$

$$L = 50 \text{ m}$$

$$\text{avec } D = 0,080 \text{ m}$$

$$\text{et } V = 0,95 \text{ m/s}$$

$$\text{on trouve: } j = 0,014651 \text{ m/m}$$

$$J_2 = 0,014651 \times 50 = 0,73 \text{ m}$$

- tronçon 1-2

$$Q = 0,417 \text{ l/s}$$

$$L = 378,90 \text{ m}$$

$$\text{pour } D = 0,060 \text{ m}$$

$$\text{et avec } V = 0,15 \text{ m/s}$$

$$\text{on trouve } j = 0,000753 \text{ m/m}$$

$$J_2 = 0,000753 \times 378,90 = 0,28 \text{ m}$$

La perte de charge totale dans le tronçon R-1-2 est:

$$J = 0,73 + 0,28 = 1,01 \text{ m.}$$

Si on tient compte d'une hauteur de 1 m pour l'alim.

tation aux bornes fontaines et, avec la différence d'altitude de $101,91 - 101,18 = 0,73$ m, la hauteur minimum pour le radier est :

$$h = 1,01 + 1,00 - 0,73 = 1,28 \text{ m.}$$

Nous préconisons en fin de compte un radier de hauteur 1,50 m.

b) Capacité du réservoir.

Un des avantages du réservoir est l'affût qui il doit apporter pendant les heures de pointe. La capacité de ce réservoir ne tient pas compte des conditions d'incendie.

En milieu rural, Gomella et Guéréé proposent pour la capacité le quart de la consommation journalière.

Volume journalier : 135922 litres

Capacité pratique : $1/4 \times 135922 = 33980,5$ l.

Nous arrondissons le volume du réservoir à 40 m^3

c) Exécution du réservoir

Nous ne donnons pas les détails de la construction mais quelques renseignements utiles pour l'exécution de l'ouvrage.

C'est ainsi que nous préconisons un réservoir en béton armé de forme cylindrique. Il repose sur un radier de 1,50 m de hauteur. La prise d'eau pour la conduite de distribution est exécutée au fond du réservoir.

Pour les dimensions nous proposons une hauteur de 3 m.

$$V = 40 \text{ m}^3$$

$$h = 3 \text{ m}$$

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \times h \Rightarrow D \approx 4 \text{ m}$$

Ainsi donc le diamètre de base du réservoir est pris égal à 4 mètres.

En cas d'avarie ou de nettoyage, une communication (by-pass) est prévue entre les conduites d'adduction et de distribution. Elle s'effectue selon le schéma suivant:

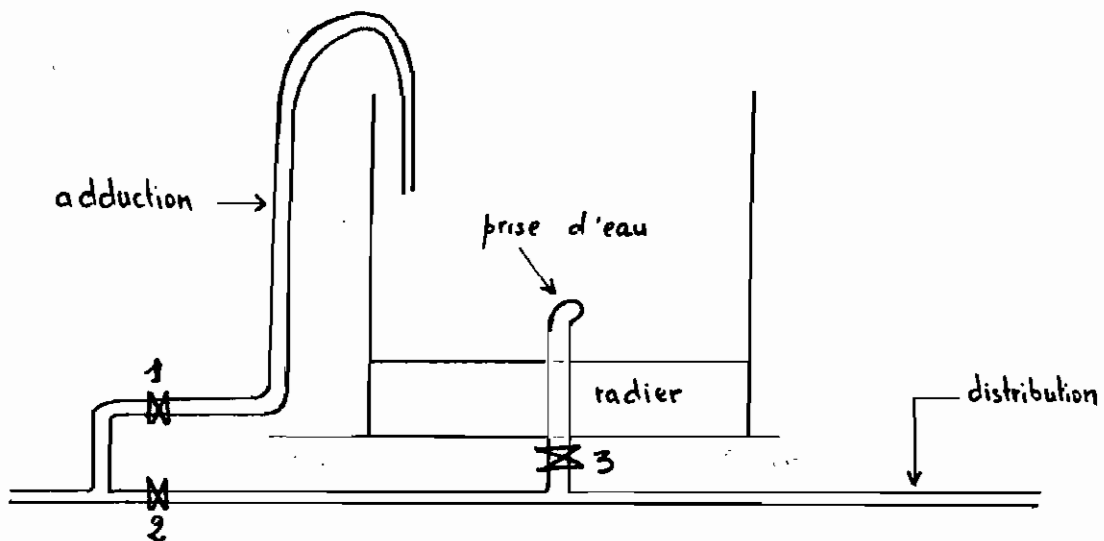


Fig. 1 Dispositif de by-pass

En temps normal 1 et 3 sont ouvertes tandis que la vanne 2 reste fermée. En by-pass on ferme 1 et 3 et ouvre 2.

V3 Calcul du réseau

Nous calculons le réseau par la méthode de Hardy-Cross.

Cette méthode donne, pour une conduite, le débit fictif d'extrémité q qui donnerait une perte de charge équivalente à celle produite par l'ensemble du débit Q supposé uniformément réparti et du débit P d'extrémité.

Ainsi :

$$q = P + 0,55 Q$$

Pour le calcul du diamètre D , on vérifie, à l'aide des tables de Colebrook, ($k = 10^{-4}$), qu'avec le débit exigé dans chaque tronçon, la vitesse obtenue est acceptable et que la perte de charge totale J donne finalement, au sol, une pression suffisante.

Le réservoir étant situé à un point d'altitude 1,91 et la hauteur du radier étant 1,50 m, la hauteur piézométrique de départ est :

$$H = 1,91 + 1,50 = 3,41 \text{ m}$$

Le calcul du réseau est effectué suivant le schéma de distribution de la figure 2.

A partir de la répartition de la demande par localité le tableau 1 est dressé.

Les valeurs trouvées dans la colonne (3) du tableau 1 sont reportées d le schéma de la figure 1 :

Le sens d'écoulement de l'eau, dans ce cas très simple est indiqué par le sens des flèches.

Procédons maintenant à la répartition des débits selon les différents tronçons.

Pour cela, partons des extrémités aval du réseau et remontons de proche en proche jusqu'au réservoir. Le tableau 2 peut être ainsi dressé.

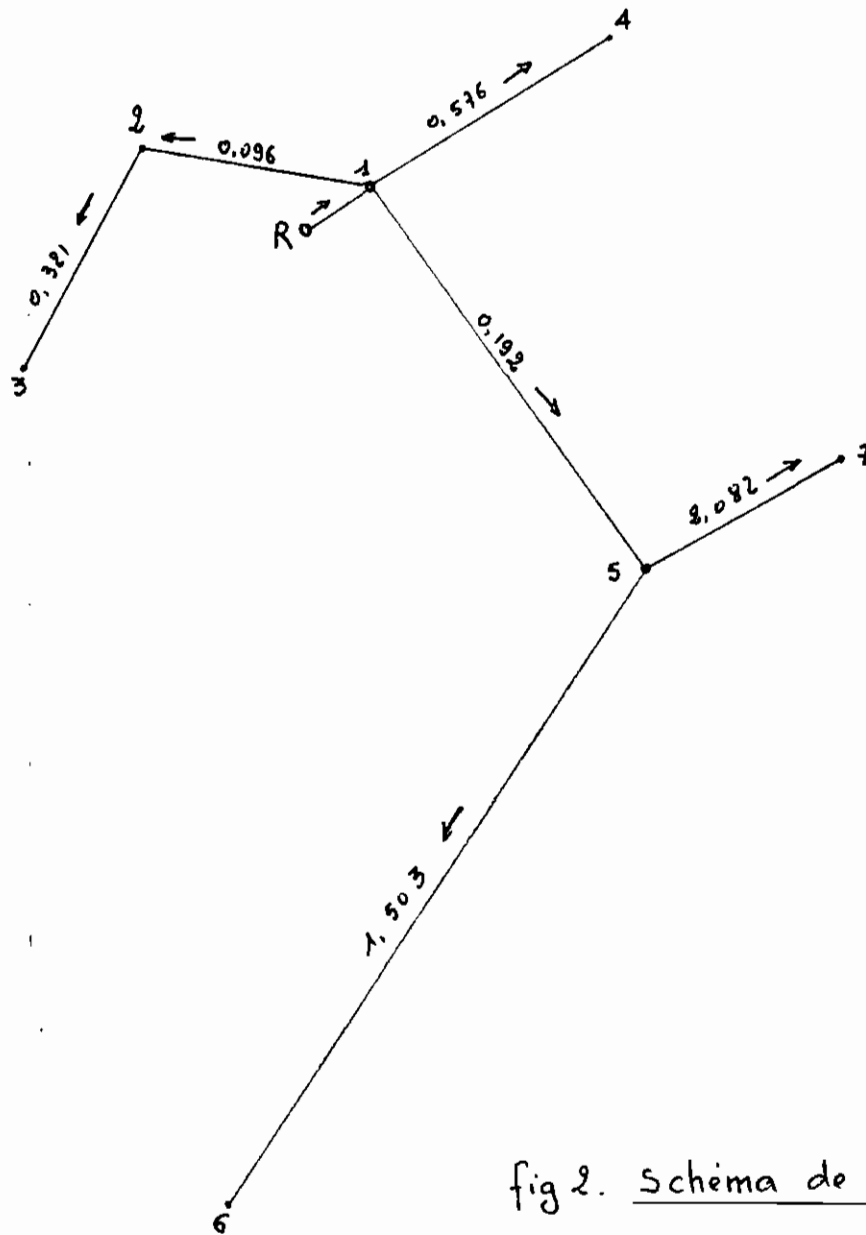


fig 2. Schema de distribution

Tableau 1 - Débits par tronçons

Désignation des tronçons (1)	Consommation l/s	
	moyenne (2)	de pointe ($k=3$) (3)
R - 1	0	-
1 - 2	0,032	0,096
2 - 3	0,107	0,321
1 - 4	0,192	0,576
1 - 5	0,064	0,192
5 - 6	0,501	1,503
5 - 7	0,694	<u>2,082</u>
		4,77

Tableau 2 - Répartition des débits

Désignation des tronçons (1)	Débit l/s		
	En route Q (2)	Aval P (3)	du tronçon $P+0,55Q$ (4)
5-6	1,503	-	0,827
5-7	2,082	-	1,145
1-5	0,192	3,585	3,691
2-3	0,321	-	0,177
1-2	0,096	0,321	0,374
1-4	0,576	-	0,317
1-R	-	4,77	4,77

Supposons à présent que le calcul est fait avec le débit d'arnont. Ce-ci conduit à un diamètre surabondant mais nous met quand même des côtes sécuritaire.
 La figure 3 illustre cette distribution.

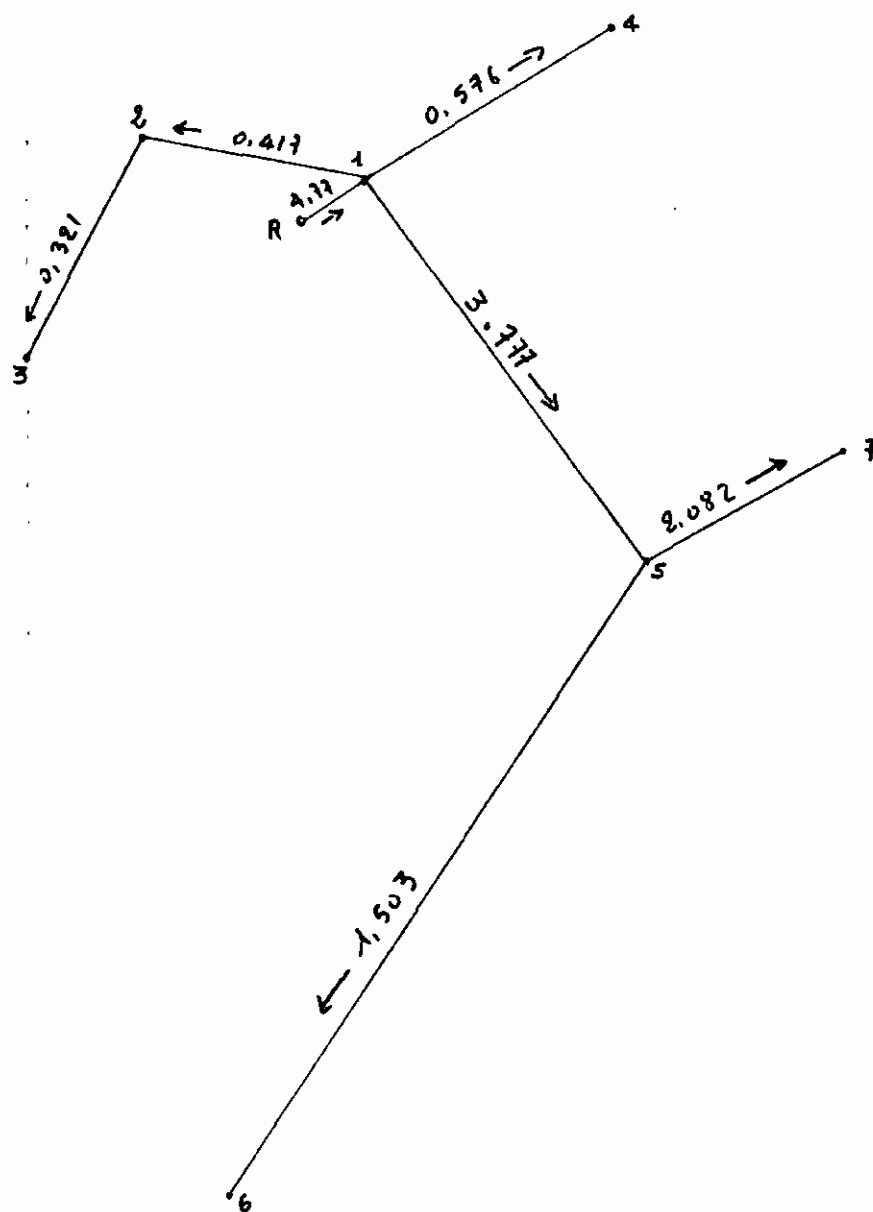


fig 3 Débits de calcul

Le calcul des conduites n'est effectué, en définitive, en dressant le tableau 3.

Tableau 3. Calcul des diamètres des conduites.

Tronçons	Long m	Diam m	Débit l/s	j	J	V	H amont	H aval	Côte au sol	Pres- sion au sol
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
R-1	50,00	0,080	4,77	0,014651	0,73	0,95	3,41	2,68	1,00	1,68
1-2	378,90	0,060	0,417	0,000753	0,28	0,15	2,68	2,40	2,18	0,22
2-3	154,50	0,060	0,321	0,000391	0,06	0,15	2,40	2,34	1,20	1,14
1-4	389,50	0,080	0,576	0,000256	0,10	0,10	2,68	2,58	2,24	0,34
1-5	675,00	0,080	3,777	0,009450	6,38	0,75	2,68	-3,70	-23,5	19,80
5-6	933,00	0,060	1,503	0,007633	7,12	0,55	-3,70	-10,82	-28,67	17,65
5-7	273,00	0,060	2,082	0,015525	3,69	0,75	-3,70	-7,59	-25,3	15,91

Il est prévu pour l'alimentation domestique, une borne fontaine dans chaque village. Un branchement sera effectué pour l'école et pour le dispensaire. Pour le bétail, une cuve pour abreuvoir sera installée au village de Loss et une autre à Pony.

VII ORGANISATION DU POMPAGE

VII.1 Introduction.

Les besoins en eau sont basés uniquement sur la consommation domestique. Cette dernière a été évaluée à 135 922 l/j soit 136 m^3 environ par jour.

Nous avons estimé que la pompe peut retirer du forage un débit horaire de 10 m^3 .

Le réservoir possédant un diamètre de 4 m et une hauteur de 3 m a un volume de $37,7 \text{ m}^3$.

L'absence du courant électrique dans la zone nous amène à choisir un groupe électrogène actionnant la pompe immergée qui refoule dans le réservoir selon le principe suivant:

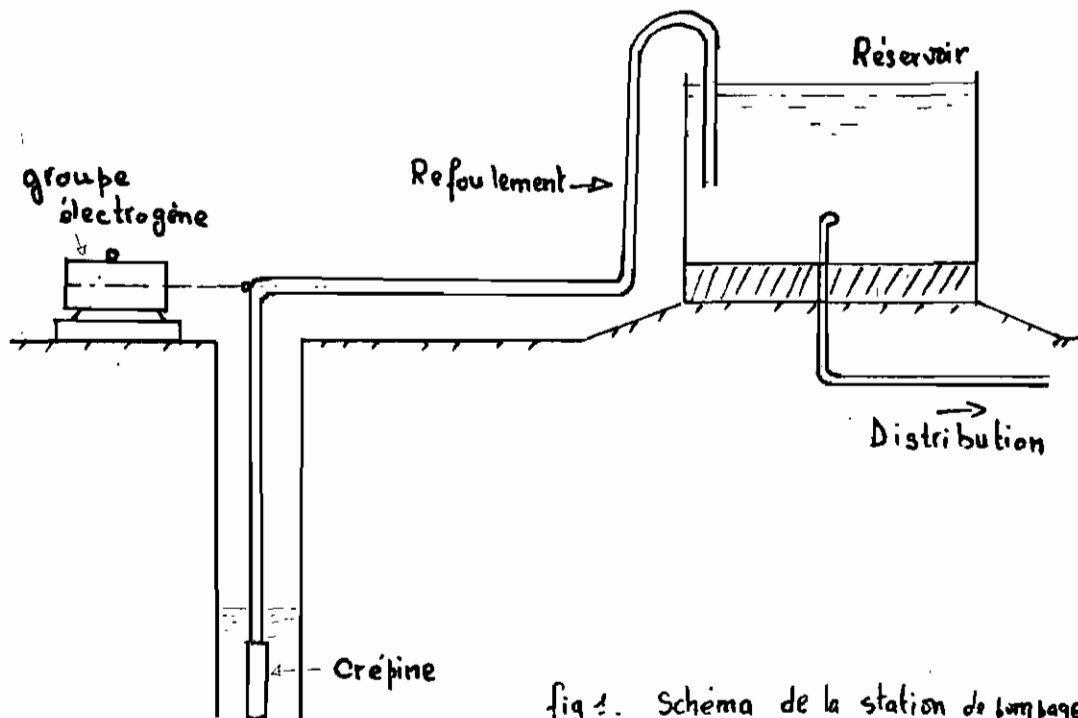


fig 1. Schéma de la station de pompage

VI.2 Durée du pompage

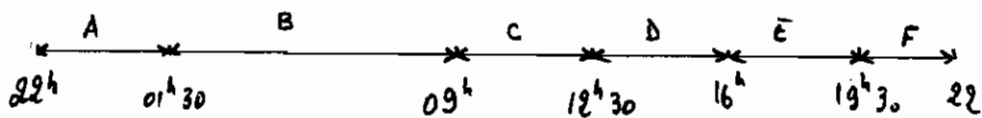
Il ne s'avère pas économique dans ce genre d'installation d'effectuer le pompage 24 h sur 24. De plus l'expérience montre que dans les villages à vocation uniquement agricole, les pointes se produisent seulement 3 fois par jour :

- Le matin, pour la cuisson des repas et les bains.
- A midi, période surtout marquée par le breuvage des bêtes.
- Le soir, à la fin de toutes les activités journalières.

Nous remplissons donc le réservoir 3 fois par jour pour rencontrer ces différents pointes.

Pour un remplissage de 35 m^3 , la pompe fonctionne pendant $3^{\text{h}} 30 \text{ mn}$. La durée totale du pompage dans la journée sera alors de $10^{\text{h}} 30 \text{ mn}$.

La séquence du pompage est la suivante.



Les périodes A, C et E correspondent au remplissage du réservoir.

Nous constatons également que le débit pompe journalièrement qui est de 105 m^3 est inférieur à la valeur moyenne.

VI-3 Détermination de la hauteur manométrique totale (HMT)

Niveau statique: 74,45 m

rabattement : $\frac{4,00 \text{ m}}$

Niveau dynamique: 78,45 m.

Distance Forego - Réservoir: 50 m

hauteur conduite de re.
foulement : 5,71 m

(Réservoir + radier)

Longueur conduite de re.
foulement $\underline{\hspace{2cm}}$ 55,71 m.

Hauteur géométrique de
refoulement : $78,45 + 4,71 = \underline{83,2 \text{ m}}$

Diamètre de la conduite

de refoulement : $D = 1,5 \sqrt{Q} = 1,5 \sqrt{0,0027} = 0,079 \text{ m}$

Pertes de charge au refoulement

- Dans la section de la pompe: 143 mm

les abaques donnent $0,00028 \times 83,2 = \underline{0,023 \text{ m}}$

- Dans la conduite de refoulement

$0,0049 \times 55,71 = \underline{0,273 \text{ m}}$

- pertes singulières

1 vanne \rightarrow Long équivalente : 0,11 m

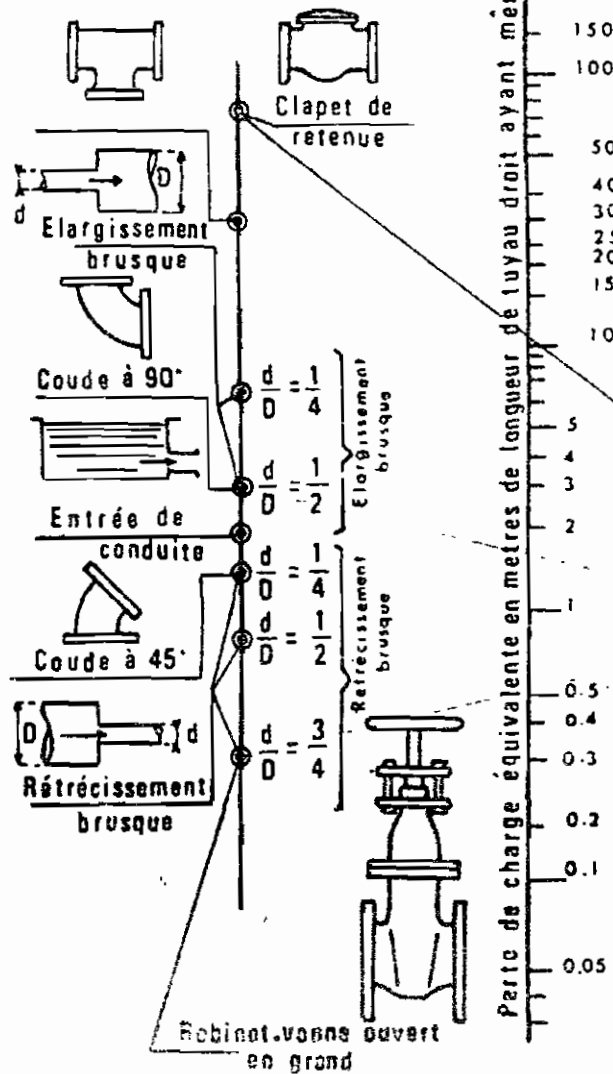
2 coudes (90) \rightarrow Long équivalente : $2 \times 1,6 = 3,2 \text{ m}$

Longueur équivalente totale : $0,11 + 3,2 = 3,71 \text{ m}$

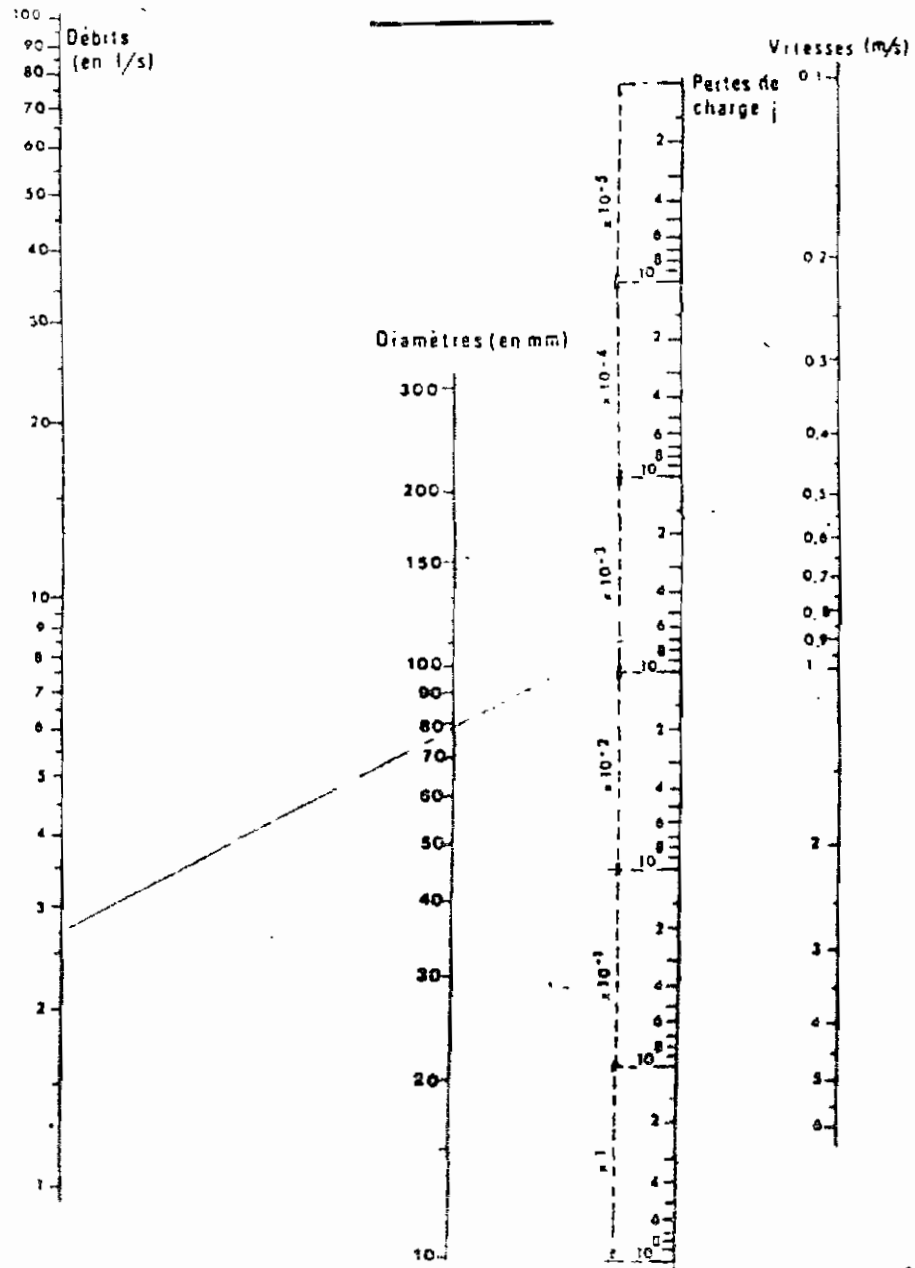
pertes singulières : $0,0049 \times 3,71 = \underline{0,018 \text{ m}}$

PERTES DE CHARGE DES ACCESSOIRES DE TUYAUTERIES

NOTA - En ce qui concerne les changements brusques, la longueur équivalente de conduite est donnée d'après le diamètre d.



pour le calcul des tuyaux en matière plastique



hauteur manométrique de levage:

$$83,2 + 0,023 + 0,273 + 0,018 = 83,5 \text{ m}$$

Vitesse de refoulement $0,60 \text{ m/s}$

$$\frac{v^2}{2g} = \frac{(0,60)^2}{2 \times 9,8} = 0,018 \text{ m}$$

$$\text{HMT} = 83,5 \text{ m.}$$

VI.4 Choix du groupe à commander

a) Pompe

La pompe doit débiter $10 \text{ m}^3/\text{h}$ à une hauteur manométrique de $83,5 \text{ m}$.

En consultant le catalogue des pompes "Pleuger" disponibles à Mat. Force nous choisissons la pompe:

N62-14+V5-30

Les caractéristiques de cette pompe sont les suivantes:

- Cette pompe est destinée aux fuits de 6" ce qui est notre cas
- Puissance du moteur $P_M = 6 \text{ HP}$
- Longueur de la pompe $L_P = 765 \text{ mm}$
- Longueur du moteur $L_M = 670 \text{ mm}$
- Longueur totale du groupe $L = 1615 \text{ mm}$
- ϕ du groupe, cadre inclus $D = 143 \text{ mm}$
- Poids : 91 kg
- Le nombre d'étages est 14.

La pompe fonctionne avec un rendement de 60%

La puissance absorbée par le moteur est: $\frac{6}{0,60} = 10 \text{ H.P}$

b) moteur

La puissance absorbée par le moteur de la pompe est égale à 10 H.P.

Après une discussion avec les techniciens de "Mat-Force" au Sénégal, nous avons choisi un groupe à démarrage direct d'une puissance de 25 kVA. Soit, avec un cos ϕ de 0,8, 20 kW.

Nous avons choisi le modèle "Lister" dont les caractéristiques sont les suivantes:

Puissance 20 kW

Type HR 3

Capacité du réservoir 85 litres

Poids net 868 kg

Dimensions:

Longueur 1640 mm

Largeur 900 mm

Hauteur 1300 mm

L'avantage d'un tel groupe est d'avoir une commande à bord est d'être facilement transportable.

VII PLANIFICATION DE LA MISE EN ŒUVRE

A vrai dire, l'éducation des paysans est bien nécessaire pour la bonne marche du projet. En effet, une fois ce projet terminé, il doit être remis aux villageois qui s'en assumeront la charge.

La communauté de Palo bénéficie d'une structure villageoise; celle-ci n'est pas aussi organisée que celle de Babak mais constitue quand même un cadre bien représentatif. Nous avons tenu des séances d'entretiens avec les villageois pour leur sensibiliser sur le rôle qu'ils doivent jouer dans la réalisation future du projet; à cet effet, ils se sont mis d'accord pour la mise en charge de différents travaux. Cependant, le financement qui dépasse de loin le revenu des habitants ne peut provenir que d'une aide extérieure. En ce qui concerne le coût des travaux nous nous référons sur le barème des prix de la SONEES en 1983 et aussi sur l'exemple de Babak. Le coût du matériel étant donné hors taxes, nous appliquons la T.C.A dont l'incidence est de 12,36% sur HT et la C.A qui est 18% de la T.C.A.

VII.1 Montant de l'investissement

Les tuyaux en PVC disponibles sont de $\phi 63$ et $\phi 75$ mm.

Nous avons fait l'inventaire du matériel et appliqué le barème de la SONEES. Pour la pompe et le groupe, le prix hors taxe est donné par la société Mat. force.

Pour le coût des travaux nous nous sommes inspirés de l'expérience de Babak.

VII.1.1 Coût du matériel

1115 m	tuyau en P.V.C de 75 mm (790 FCFA)	880 850 FCFA
1740 m	tuyau en P.V.C de 63 mm (479 FCFA)	833 460
5	vanes en PVC de 75 mm (59 816)	299 080
5	vanes en PVC de 63 mm (45 564)	227 820
4	T en PVC de 75 mm (4020)	16 080
3	Coudes en PVC de 75 mm (3768)	11 304
1	coude en PVC de 63 mm (1600)	1600
6	Pots de cotes (4600)	27 600
1	Pompe "Pleuger"	950 000
1	groupe électrogène "Lister"	3 350 000
	Total HT	6 597 794
	+ T.C.A (12,36% HT)	815 487
	+ C.A (18% T.C.A)	146 788
	Total tous taxes comprises :	7 560 069 FCFA

VII. 1.2 Coût des travaux.

Nous avons le même réservoir de 40 m^3 que Babak; cependant le radier est haut de $1,50 \text{ m}$ contre un mètre seulement à Babak. L'avantage est cependant que la latérite est disponible sur place (ex carrières de phosphates). Nous pouvons donc approximer forfaitairement le coût à celui de Babak.

Les populations ont accepté d'exécuter les travaux, moyennant un repas par jour-personne.

L'expérience montre que les travaux s'échelonnent de la façon suivante:

creusage : 10 m/j. pers

fosage : 50 m/j. pers

remplissage : 20 m/j. pers

construction du réservoir: 2 équipes de 4 personnes
pour 4 semaines.

nettoyage des travaux: 1 équipe pour deux semaines.

Le prix du repas est estimé à 200 FCFA .

a) coût du réservoir

Briques + mortier	112 770	FCFA
Dalle 15 cm + treillis soudé	69 130	
Armature du réservoir (# 8; # 10)	47 232	

Enduit (2 couches) + hydrofuge	33 264
Couvert + poutre	48 508
Latoirite 40 m ²	60 000
Plastique 100 microns	7 000
Total main d'œuvre non inclus:	377 904 CFA

soit, avec les imprévus : 400 000 FCFA

b) main d'œuvre.

soit un total de 2855 m de tuyaux à installer

- creusage :	$\frac{2855 \text{ m}}{10 \text{ m/j. pers}}$	= 285,5 j. pers	≈ 286 repas
- fusage	$\frac{2855 \text{ m}}{50}$	= 57,1 "	= 57 repas
- remplissage	$\frac{2855}{20}$	= 571	= 571 repas
- construction du réservoir :	2 x 4 x 4 x 7		= 224 repas
- nettoyage des travaux :	1 x 4 x 2 x 7		= 56 repas
	Total		1194 repas.

Dépense pour main d'œuvre : 200 x 1194 = 238 800 FCFA

Coût total des travaux :

$$400 000 + 238 800 = 638 800 \text{ FCFA}$$

VII.1.3 Coût d'exploitation.

Compte tenu que le groupe électrogène de Debak consommait pour un forage sur 12 h 1533 m³ de fuel et que ce groupe avait 35 KVA de puissance nous estimons

que notre groupe de 25 kVA fonctionnant uniquement par 10 heures 30 min consommere une quantité moindre.

En estimant cette consommation à 913 litres à raison de 150 FCFA le litre, le coût du carburant est :

$$913 \times 150 = 136\,950 \text{ FCFA.}$$

L'entretien annuel est évalué à environ 1% du coût du matériel, soit 75601 FCFA

Le coût d'exploitation est :

$$136\,950 + 75\,601 = \underline{212\,551 \text{ FCFA.}}$$

Le coût total de l'investissement est :

$$\begin{array}{r} 756\,069 \text{ FCFA} \\ + \quad 638\,800 \\ \hline 1\,394\,869 \text{ FCFA} \end{array}$$

VII-2 Charge aux consommateurs

Avec le faible revenu des villageois, il leur est impossible de financer un tel projet. Un financement extérieur demeure de ce fait le seul plausible.

Il appartient cependant aux populations, une fois le projet réalisé, de le gérer, autrement dit de supporter les frais d'exploitation, ces derniers, nous les répartissons entre les fermiers et aux animaux profiteurs.

relativement à leur consommation. Nous avons estimé
 la consommation journalières à 30 l/j pour
 les personnes et à 35 l/j pour les bovins.

Ainsi la charge par personne est:

$$\frac{212551 \times 30}{65 \times 1093} = 90 \text{ FCFA/an}$$

La charge pour un bovin est:

$$\frac{212551 \times 35}{65 \times 2384} = 48 \text{ FCFA/an.}$$

VIII CONCLUSION

De la maîtrise de l'eau découle la résolution de beaucoup de maux qui affectent le milieu rural. Cette maîtrise s'accompagne nécessairement d'une éducation et d'une organisation des paysans.

Cette étude a proposé un système d'alimentation en eau capable de satisfaire les besoins domestiques de Palo dont les habitants ont organisé au sein d'un comité de développement.

Le financement global de ce projet s'élève à 8 138 869 FCFA. Avec le revenu très faible du paysan, ce financement ne peut provenir que de l'extérieur. La population a accepté de participer volontairement à l'exécution des travaux, moyennant un repas par jour homme de travail; elle prend en charge également les frais d'exploitation évalués à 21 2551 FCFA par an à raison de 90 FCFA par personne et 48 FCFA par tête de bétail.

La solution des problèmes en milieu rural passe avant tout par la possibilité d'un développement agricole. Avec la bonne aptitude aux cultures des sols de la région nous proposons que soit faite une étude sur la possibilité d'irrigation à partir des faits du bas-fond; ces derniers reçoivent en effet une grande quantité d'eau pendant toute l'année.

A N N E X E

LEVE TOPOGRAPHIQUE
DU SITE

Le relief de la zone d'étude présente quelques discontinuités. Ce qui est le plus frappant à l'œil est cependant la vallée laissée par l'ancienne carrière des phosphates. Le nivellement a été fait en considérant l'endroit du forage comme repère d'altitude 100,00 m. Certaines distances ont été levées à la chaîne, d'autres, dans les endroits à forte pente, à la stadia.

Le matériel utilisé est le suivant :

1	Théodolite Wild T16
1	Mire
2	Jalons
10	Piquets
1	chaîne de 100 m
1	boussole
1	marteau
2	piquets

Le levé topographique a été fait en 2 jours

1^{er} jour : 8 Mars 1983

Pour le premier jour nous avons fait le nivellement de la partie supérieure et déterminé les distances à la chaîne.

Le tableau 1 donne les résultats de ce levé.

L'équipe était ainsi composée : Théodolite : Ibrahima B Sow

Mire : Marcel Blais

Chaîne et jalons : Antoine Mbengue et Frères.

Pour la mesure des azimuts nous avons utilisé la méridienne magnétique.

Tableau 1 Levé de la partie supérieure.

	Distance (m)	Azimut (Grds)
Forage - dispensaire	378,90	11,16
Forage - Palo	347,86	312,84
Forage - Ouougou	389,00	133,47
Palo - Pi	66	16,3

2^e jour : 9 Mars 1983

Le levé est fait à la stadia. La constante de l'appareil est égale à 100.

Les résultats sont présentés au tableau 2.

Dans cette deuxième journée l'équipe est la suivante:

Theodolite: Christian Rousseau

Nive : Ibrahima Bocou Sou

Jalon : Antoine Mbengue.

Tableau 2

Leve' du bas-fond							9 Mars 1983
STAT	AZIMUT (Gdes)	INTER- MIRE	ANGLE VERT (Gdes)	DIST (m)	Δ NIV (m)	ΔH (m)	
INST SUR DOUGOU; ALT=101,24; HI=1,7m							⊕ Christian Ajust seau M " " / Ibrahima B Saw Theodolite Wild T16 (f+c)=1 k=100
P ₂	110,15			59,50			
ST ₁	207,68	1,88	-0,155	188	-0,478	-1,778	
ST ₂	246,68	2,30	-0,600	230	-2,168	-2,308	
INST SUR STAT 2; ALT=98,85; HI=1,75m							
ST ₃	304,55	2,96	-0,785	296	-3,640	-3,750	
FORAGE	387,22	2,30	-0,600				
INST SUR STAT 3; ALT=95,18; HI=1,6m							
P ₃	245,235	2,28	-5,37	228	-19,141	-19,480	
STAT 4	295,54	3,14	-4,015	314	-19,751	-19,720	
INST SUR STAT 4; ALT=77,46; HI=1,6m							
ST ₅	299,71	1,54	-1,33	154	-3,217	-3,017	
INST SUR STAT 5; ALT=72,44; HI=1,65							
ST ₆	329,17	3,08	-0,80	308	-3,870	-2,220	
INST SUR STAT 6; ALT=70,22; HI=1,67							
ST ₇	328,8	0,54	0,00	54	0	0,310	
INST SUR STAT 7; ALT=70,53; HI=1,53							
P ₄	101,37			39,8			
P ₅	353,55			16,5			
Pony	350,92	4,6	0,02	460	0,147	0,57	

BIBLIOGRAPHIE

- A. DUPONT. Hydraulique urbaine (tome II) Ouvrages de transport. Elevation et distribution des eaux, Editions Eyrolles (1971)
Hydraulique urbaine, exercices et projets, Editions Eyrolles, (1970)
- JACQUES BONNIN Hydraulique urbaine appliquée aux agglomérations de petite et moyenne importance, Eyrolles (1977)
- C. GOMELLA et
 H. GUERREE La distribution d'eau dans les agglomérations urbaines et rurales, Eyrolles (1974)
- CHARLES R. COX Techniques et contrôle du traitement des eaux, Organisation Mondiale de la Santé Genève (1967)
- METCALF et
 EDDY Wastewater Engineering: collection, Treatment and Disposal, Mc Graw-Hill Book Co, New York (1972)
- S.O.N.E.E.S Alimentation en eau potable de 11 centres secondaires au Sénégal,
 Rapport de fin de mission, IGIP. Ingénieurs conseils
 Jamstadt R. F. D'Allemagne, 1981
- RENE BREMOND Quelques considérations techniques intervenant dans le choix des groupes de forage d'exploitation d'eau souterraine, C.I.A.E.H, 1961.