

REPUBLIQUE DU SENEGAL



Gm. 0273

Ecole Polytechnique de Thies

PROJET DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR DE CONCEPTION

EN GENIE MECANIQUE

TITRE: ANALYSE DES MOYENS D'EXHAURE MOTORISES
AU SENEGAL

AUTEUR : Mamadou Voury BARRY

DIRECTEUR : Paul DEMBA

CO-DIRECTEUR : Abdoulaye SENE

JUIN 89

A ma mère,

et à toutes les femmes qui souffrent dans leur foyer.

A mon père

et à tous les hommes pauvres de cette terre

A mes frères et soeurs

et à toute la jeunesse du tiers-monde

A mes amis

et à tous ceux qui me sont chers

A celle qui aura l'exaltante mission

de partager mes joies et mes peines

JE DEDIE CE TRAVAIL

R E M E R C I E M E N T S

A l'issue de cette étude, je tiens à exprimer très sincèrement mes plus vifs remerciements:

- A Monsieur PAUL DEMBA, mon Directeur de projet, pour son soutien constant et ses précieux conseils. Qu'il trouve ici le témoignage de ma profonde et respectueuse gratitude.

- A Monsieur Abdoulaye SENE, qui nous a fait l'honneur de co-diriger ce projet. Son accueil chaleureux et ses conseils m'ont beaucoup encouragé à effectuer ce travail. Qu'il trouve ici l'expression de mes sincères remerciements.

- A Monsieur Assane DIONE, pour la disponibilité constante dont il a fait preuve tout au long de ce travail et pour tous les renseignements qu'il a bien voulu mettre à ma disposition.

- A Monsieur Daouda GNINGUE, pour son accueil très chaleureux, sa grande hospitalité et toutes les informations qu'il nous a fournies pour les besoins de cette étude.

A tous, je suis infiniment reconnaissant.

SOMMAIRE

La maîtrise de l'eau occupe une place fondamentale dans la politique de développement du Sénégal. Il s'y ajoute que dans ce pays, une bonne partie des moyens d'exhaure est motorisée et sa maintenance est souvent à la source de nombreux problèmes d'exploitation. L'analyse de ces moyens revêt donc une importance toute particulière.

Après un bref coup d'oeil sur la politique hydraulique au Sénégal depuis 1960, nous avons procédé à l'étude comparative de quelques systèmes de pompage et à l'examen de l'évolution du contexte socio-économique en milieu rural (chapitres 1, 2 et 3).

Le chapitre 4 donne des généralités sur la maintenance et le suivant aborde l'organisation et les moyens de la DEM.

Le chapitre 6 traite de l'évaluation des charges récurrentes et des coûts de la maintenance des forages motorisés.

Dans le chapitre 7, qui traite d'une des parties essentielles de notre travail, nous avons tenté d'analyser, avec une approche scientifique, la situation actuelle de la maintenance.

Le chapitre 8 contient les diverses propositions et recommandations que nous avons faites à la DEM, en vue d'une amélioration de son service et d'une réduction substantielle de ses coûts de maintenance.

Enfin, ce rapport se termine par une conclusion et une série de recommandations.

TABLE DES MATIERES

<u>MATIERE:</u>	<u>PAGE</u>
Remerciements	1
Sommaire	11
Table des matières	111
Liste des tableaux	vi
Liste des figures et graphiques	vii
Introduction	01
<u>CHAPITRE 1: REALISATION DES FORAGES</u>	03
1.1/ Réalisation des ouvrages hydrauliques	03
1.1.1: Historique	03
1.1.2: Rythme de réalisation des forages	04
1.2/ Etat et composition des équipements	07
1.2.1: Composition du parc moteur	07
1.2.2: Pompes en service	07
1.2.3: Etat des équipements	10
<u>CHAPITRE 2: EVOLUTION DU CONTEXE SOCIO-ECONOMIQUE</u> EN MILIEU RURAL	 13
2.1/ La société traditionnelle	13
2.2/ Les transformations du monde rural	14
2.3/ La nouvelle société rurale	15
<u>CHAPITRE 3: ETUDE COMPARATIVE DE SYSTEMES</u>	17
3.1/ Caractéristiques des solutions énergétiques	18
3.1.1: Le pompage éolien	18
3.1.2: Le pompage solaire	19

3.1.3: Les moteurs thermiques et électriques	22
3.2/ Analyse comparative	25
3.2.1: Aspects techniques	25
3.2.2: Aspects économiques	26
<u>CHAPITRE 4: LA MAINTENANCE: LES DIFFERENTS TYPES</u>	28
4.1/ Définition de la maintenance	28
4.2/ Les différents types de maintenance	28
4.3/ Application aux équipements d'exhaure	31
<u>CHAPITRE 5: LES SERVICES DE MAINTENANCE</u>	32
5.1/ Organisation	32
5.2/ Moyens disponibles	35
<u>CHAPITRE 6: EVALUATION DES COUTS RECURRENTS ET</u> PROBLEMATIQUE DE LEUR PRISE EN CHARGE	39
6.1/ Calcul des charges récurrentes	39
6.1.1: Hypothèses de calcul	39
6.1.2: Evaluation des charges d'exploitation	40
6.1.3: Frais de personnel et d'entretien	41
6.2/ Prise en charge des coûts récurrents	43
6.2.1: La concession	43
6.2.2: La sous-traitance	46
6.2.3: Création d'une société à gestion autonome ...	47
6.3/ Choix d'option	47
<u>CHAPITRE 7: ANALYSE DE LA SITUATION ACTUELLE</u>	49
7.1/ Analyse de la structure et des moyens	49

7.1.1: Analyse de la structure	49
7.1.2: Analyse des moyens de communication	50
7.1.3: Analyse des moyens humains	53
7.1.4: Analyse des moyens financiers	57
7.2/ Cycles théoriques d'entretien	59
7.3/ Analyse des interventions	60
7.4/ Analyse des équipements	63
7.5/ Approvisionnement en pièces détachées	66
CHAPITRE 8: PROPOSITIONS ET RECOMMANDATIONS	69
8.1/ Choix des équipements	69
8.1.1: Choix des moteurs	70
8.1.2: Choix des pompes	71
8.2/ Pratique de l'entretien	72
8.3/ Gestion des pièces de rechange	75
8.3.1: Approvisionnement	75
8.3.2: Gestion et distribution des pièces détachées	77
8.4/ Moyens d'intervention	78
8.5/ Création de nouvelles sections de forage	80
CONCLUSION	82
ANNEXE A/ Présentation de la DEM	84
ANNEXE B/ La concession des forages	88
ANNEXE C/ Moyenne journalière de pompage	92
ANNEXE D/ Caractéristiques de quelques moteurs de la DEM	93
BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES	94

LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau 1: Evolution des forages motorisés	05
Tableau 2: Moteurs gérés et entretenus par la DEM	08
Tableau 3: Groupes électrogènes entretenus par la DEM	08
Tableau 4: Types de pompes entretenus par la DEM	09
Tableau 5: Electropompes installées	09
Tableau 6: Détermination du taux de disponibilité	11
Tableau 7: Evolution des moyens humains et financiers de 1972 à 1988	36
Tableau 8: Répartition des moyens humains (Avril 86)	37
Tableau 9: Estimation des besoins en carburant	40
Tableau 10: Parc roulant de la DEM	51
Tableau 11: Taux d'affectation du personnel des sections	53
Tableau 12: Effectifs requis des sections	56
Tableau 13: Répartition des interventions en 1985-86	61

LISTE DES GRAPHIQUES ET DES FIGURES

	Page
Graphique 1: Evolution de l'exécution des forages	06
Graphique 2: Evolution des forages motorisés	12
Graphique 3: Fréquence de panne	29
Graphique 4: Coûts de la maintenance	30
Graphique 5: Evolution des moyens humains de la DEM	38
Graphique 6: Evolution des moyens financiers de la DEM	38
Graphique 7: Crédits alloués par forage	38
Figure 1: Système sans batterie	21
Figure 2: Système avec batterie	21
Figure 3: Moto-pompe en surface	24
Figure 4: Moto-pompe immergée	24
Figure 5: Moteur en surface, pompe immergée	24

INTRODUCTION

Avant-propos

L'eau étant indispensable à l'industrie et à l'agriculture, sa mise en valeur demeure un symbole de développement. D'autre part, elle peut, sans aucun doute contribuer à des changements socio-économiques profonds. En 1974, l'Organisation des Nations Unies a proposé un plan d'action au cours de sa conférence de Mar Del Plata. Naturellement, les recommandations de cette conférence sur l'eau s'adressaient beaucoup plus aux pays en voie de développement qu'aux nations industrialisées.

Chez nous, la nécessité de maîtriser cette ressource est d'autant plus pressante que la sécheresse qui sévit dans le sahel depuis 1970 a profondément perturbé notre économie et les activités agro-pastorales. Dès lors, le développement du secteur primaire, qui occupe plus de 70% de la population, passe par la satisfaction des besoins en eau des zones rurales et semi-urbaines.

C'est fort de toutes ces raisons que le Sénégal a fait de la maîtrise de l'eau une priorité dans son processus de développement. Au demeurant, le Président Abdou Diouf disait, dans son premier message à la nation "nous ambitionnons de mettre en oeuvre une politique de l'eau suffisamment hardie pour couvrir le pays d'un réseau dense d'ouvrages hydrauliques".

Position du problème

Les principaux systèmes d'exploitation des eaux souterraines employés au Sénégal sont les puits et les forages. La plupart de ces derniers étant équipés, leur maintenance doit occuper une bonne place dans l'exploitation afin de garantir un taux de disponibilité acceptable.

C'est de cette orientation que la Direction de l'Entretien et de la Maintenance (DEM) tire toute l'importance du rôle qui lui est dévolu et c'est pourquoi aussi l'analyse que nous présentons ci-après pourrait revêtir une importance non négligeable.

En effet, cette analyse concerne les moyens d'exhaure motorisés au Sénégal et plus particulièrement elle traitera des points suivants:

- état et composition des équipements mécaniques en milieu rural;
- problèmes liés à leur adaptation aux conditions d'exploitation;
- étude comparative des systèmes de pompage d'eau;
- évaluation des coûts récurrents.

Ainsi des conclusions pourront être tirées sur l'organisation des services d'entretien et de maintenance et sur la possibilité de prise en charge de ces équipements par le monde rural.

CHAPITRE 1

REALISATION DE FORAGES

1.1 - REALISATION DES OUVRAGES HYDRAULIQUES

1.1.1: Historique

Depuis fort longtemps, la principale activité économique du peuple sénégalais est l'agriculture. Cette orientation a été renforcée par la colonisation qui a introduit l'agriculture de rente à côté de la culture de subsistance. Aujourd'hui, notre pays demeure tourné vers la culture de l'arachide, du mil, du coton, etc. Naturellement, l'eau est indispensable à cette activité et son développement a été accompagné de l'implantation de plusieurs ouvrages hydrauliques pour l'exploitation des ressources en eau souterraine.

Le premier forage construit date de 1904 et fut implanté à Saint-Louis. Depuis cette date, plusieurs réalisations ont vu le jour et en 1960 déjà le patrimoine national comptait 46 forages que l'administration coloniale nous a laissés .

Entre 1960 et 1988, la réalisation de forages a connu une progression continue, et particulièrement accentuée depuis 1973. En effet, de 1960 à 1970, les conditions climatiques n'avaient pas été aussi sévères qu'aujourd'hui, la pluviométrie était relativement bonne, le nord du pays était assez bien irrigué par les crues du fleuve Sénégal et l'avancée du sahara n'était pas encore très perceptible. D'autre part les années qui ont suivi l'indépendance ont été plutôt consacrées à asseoir les structures politiques et économiques du pays. Tout ceci explique le faible taux de

réalisation de forages avant 1970. Par ailleurs, la presque totalité des forages existants était localisée au nord de la ligne de chemin de fer Thiès-Tambacounda tandis que le reste du pays se contentait des apports pluviaux pour satisfaire ses besoins en eau.

Les grandes mutations climatiques (sécheresse, avancée du désert) que connut le sahel au début des années 70 ont eu pour effet de mettre en évidence l'extrême vulnérabilité de cette zone face aux variations du climat et l'importance de l'eau (à travers les activités agro-pastorales) dans notre économie. Ces phénomènes sont d'autant plus sensibles qu'ils se sont déroulés en même temps qu'un accroissement démographique considérable et une forte progression industrielle. Les autorités nationales décidèrent alors de mettre en place une politique hydraulique capable d'endiguer les effets de ce climat hostile et pouvant contribuer efficacement à l'amélioration du rendement agricole et à la satisfaction d'un besoin en eau de plus en plus important.

A partir de 1974, de vastes programmes d'hydraulique rurale furent ainsi mis en oeuvre et à l'heure actuelle le Sénégal compte plus de 400 forages motorisés. Au total le nombre de forages exploités dépasse largement le millier si l'on tient compte des forages équipés d'éoliennes, de pompes solaires et des ouvrages exploités par les groupements économiques privés.

1.1.2: Rythme de réalisation des forages

De façon générale, nous distinguons deux étapes dans cette réalisation. La période 1960-1973 a connu un faible rythme (2.5 forages par an en moyenne) dû à des facteurs mentionnés ci-haut. La dégradation des conditions climatiques et l'importance de l'agro-pastoralisme dans l'économie nationale ont mis en évidence la nécessité d'initier une

politique de l'eau suffisamment hardie afin d'aboutir à une bonne maîtrise de cette ressource et à l'amélioration du rendement des activités agricoles. L'exécution de vastes programmes hydrauliques a alors porté le rythme de réalisation annuel à 19 forages en moyenne depuis 1974.

Le tableau No 1 nous donne l'évolution du nombre de forages motorisés entre 1960 et 1987.

Le graphique No 1 (page 6) visualise l'évolution du nombre total de forages. Ce patrimoine est constitué de forages d'étude et de forages d'exploitation.

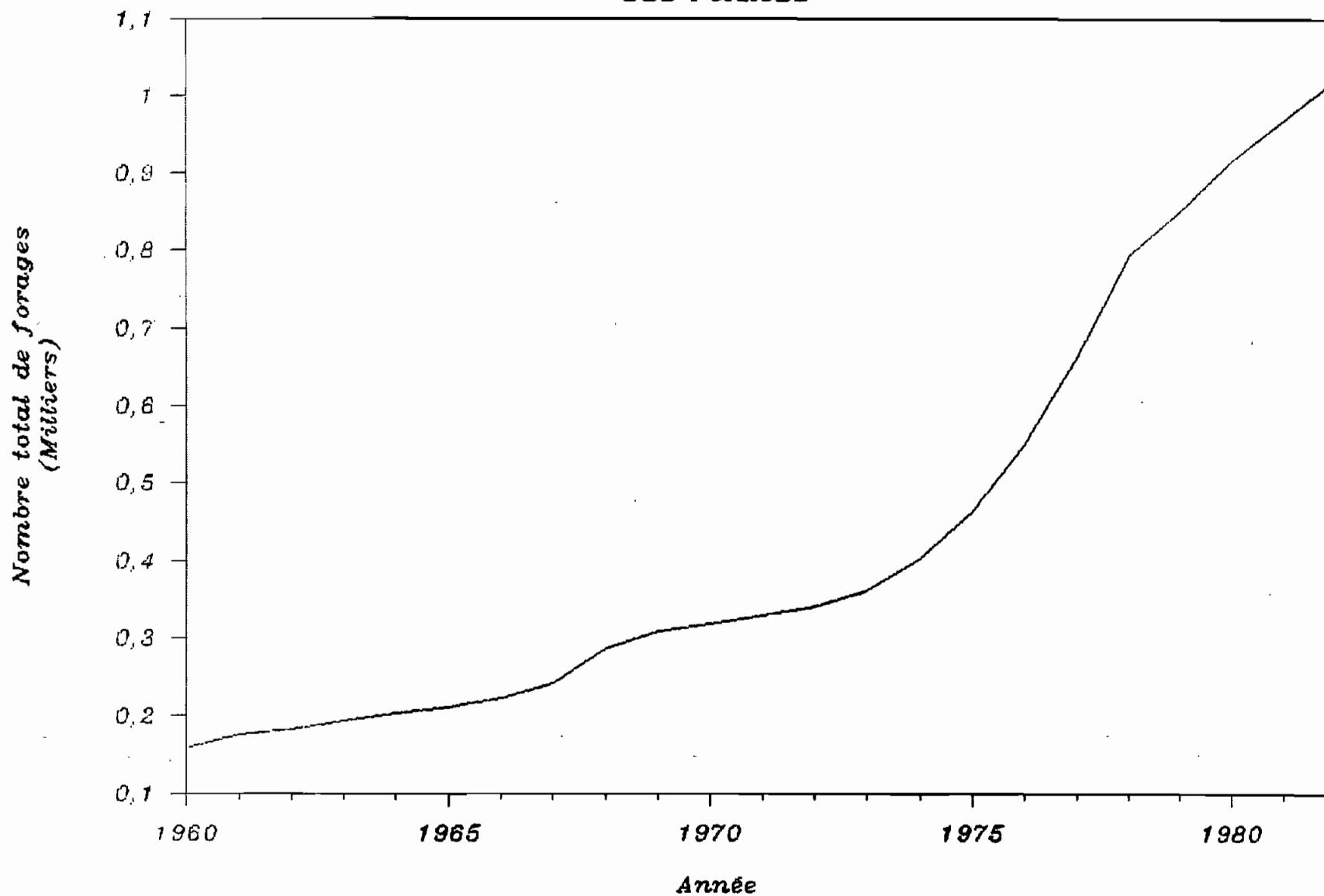
Tableau 1: Evolution des forages motorisés

Année	Nombre de forages motorisés	Réalisation de l'exercice
1960	46	
60-61	51	05
61-62	51	00
62-63	51	00
63-64	61	10
64-65	61	00
65-66	65	04
66-67	67	02
67-68	63	-04 (*)
68-69	63	00
69-70	64	01
70-71	64	00
71-72	66	02
72-73	75	09
73-74	82	07
74-75	82	00
75-76	84	02
76-77	85	01
77-78	88	03
78-79	88	00
79-80	96	08
80-81	106	10
81-82	167	61
82-83	196	29
83-84	210	14
84-85	243	33
85-86	292	49
86-87	336	44
87-88	366	

Source: Direction de l'Entretien et de la Maintenance

Note: (*) En 1967 quatre forages ont été cédés à la Compagnie des Eaux du Sénégal.

*Graphique 1: EVOLUTION DE L'EXECUTION
DES FORAGES*



1.2 - ETAT ET COMPOSITION DES EQUIPEMENTS

Traditionnellement, les stations de pompage au Sénégal sont dotées d'équipements motorisés. Aujourd'hui, avec le développement des énergies nouvelles et renouvelables, plus de la moitié des ouvrages sont équipés de pompes éoliennes ou solaires. Mais l'exhaure manuelle a aussi été d'un usage assez courant et le demeure, du reste, pour la satisfaction des besoins limités.

Pour les stations de pompage motorisées qui nous concernent précisément, les données les plus récentes font part d'une grande diversité des équipements. Cette situation est liée au nombre de bailleurs de fonds et au fait que ceux-ci sont le plus souvent seuls à choisir le matériel à installer.

Les tableaux ci-dessous nous présentent la composition des équipements en service à la fin de 1987.

1.2.1: Composition du parc moteur

Celui-ci se compose de moteurs diesel et de groupes électrogènes. Les principaux fournisseurs sont la France, l'Angleterre, la RFA, les USA, l'Argentine, l'Italie et la Belgique. Au total, nous avons un parc de 291 moteurs répartis en six marques et douze types.

1.2.2: Pompes en service

Pour l'essentiel, nous avons des pompes à ligne d'axe verticale actionnées par des moteurs diesel et des électropompes immergées, alimentées par des groupes électrogènes. Ces pompes proviennent des mêmes pays que les moteurs.

Actuellement, il y a en service 291 pompes et 75 électropompes dont cinq raccordées au réseau SENELEC .

Tableau 2: Moteurs gérés et entretenus par la DEM.

Marque	Type	Nombre	Puissance (cv)
DEUTZ	F3 L912	26	38 41
	F3 L913	94	41
	F5 L912	09	61
	F4 L913	05	61
	F2 L511	20	23.1
	F1 L511	02	14.5
HATZ	E 80	89	05 2.5
LISTER	HRW2	06	25
	HRW3	13	33
CERES	P25	01	25
VM	HR 292A	18	27
OM	OM 636	08	21

Tableau 3: Groupes électrogènes entretenus par la DEM.

Marque	Type	Nombre
DEUTZ	F2 L912	06
	F3 L912	18
	F4 L912	02
	F5 L912	04
LOMBARDINI	T15	03
	T12	10
	T8	02
	T5	01
VMH		04
COREEN		01
HATZ	E85FG	06
	4M40	02
	2789	01
VM	298SV	05
	1052SV	01
	1154	01
	1053SV	02
FIAT		01

Tableau 4: Type de pompes entretenus par la DEM.

Marque	Type	Nombre
LAYNE	6 RKHC	10
	8 PRHC	88
	10 RKHC	06
	8 DRLC	07
KSB	BV6 D13	14
	BV6 F25	21
ALTA	F625 T12	12
	F735 T8	10
	F850 T6	02
	F8105 T6	02
	F615	01
SIHI		08
MONO		03
CAPRARI	F6CT	18
VEW		89

Tableau 5: Electropompes installées

Type	Nombre
GUINARD	27
GRUNDFOSS	34
CAPRARI	03
KSB Pleuger	02
ITUR	04
SALMSON	02
COREEN	01
F4400	01
LAYNE à tête électrique	01

Note: Cinq de ces électropompes sont raccordées au réseau SENELEC ; soient:

- 1 pompe LAYNE 10 RKHZ avec tête électrique,
- 2 KSB Pleuger ,
- 1 CAPRARI ,
- 1 GRUNDFOSS SP 11-25P .

1.2.3: Etat des équipements

A travers les tableaux précédents, nous pouvons constater une grande diversité dans le matériel d'exhaure géré par la DEM ainsi que le nombre élevé de moteurs et pompes.

Il va de soi que le nombre et la diversité de ces équipements posent de sérieux problèmes de maintenance.

En effet, l'augmentation du nombre des équipements à entretenir fait naître beaucoup de difficultés dans la pratique. Mais celles-ci résultent aussi de facteurs géographiques et matériels parmi lesquels la dispersion et l'éloignement des ouvrages et l'insuffisance des moyens humains et logistiques. La diversité de ces équipements pose des problèmes dans la définition même de la politique de maintenance. En effet, chaque constructeur établit un plan d'entretien (nature et périodicité des opérations) spécifique à son produit.

Théoriquement donc, la DEM devrait avoir autant de plans de maintenance que de types de moteurs et de pompes. Or, force nous est de reconnaître que ceci est absolument impossible. Dès lors, la seule solution efficace est la standardisation du matériel d'exhaure, et celle-ci buterait inévitablement à l'intransigeance des bailleurs de fonds. Par conséquent, c'est à cette dernière qu'il faut s'en prendre et chercher à imposer la maintenance comme un élément fondamental du choix des équipements.

Malgré les difficultés liées à ces facteurs (nombre et diversité des matériels), le taux de disponibilité des forages reste élevé. Ce taux, qui est de l'ordre de 88%, est déterminé par la formule suivante :

$$\text{Taux (\%)} = 100 * \frac{T - A}{T}$$

Dans cette formule, nous avons:

T = nombre total de forages en service

A = nombre de forages à l'arrêt à la période considérée

Tableau 6: Détermination du taux de disponibilité

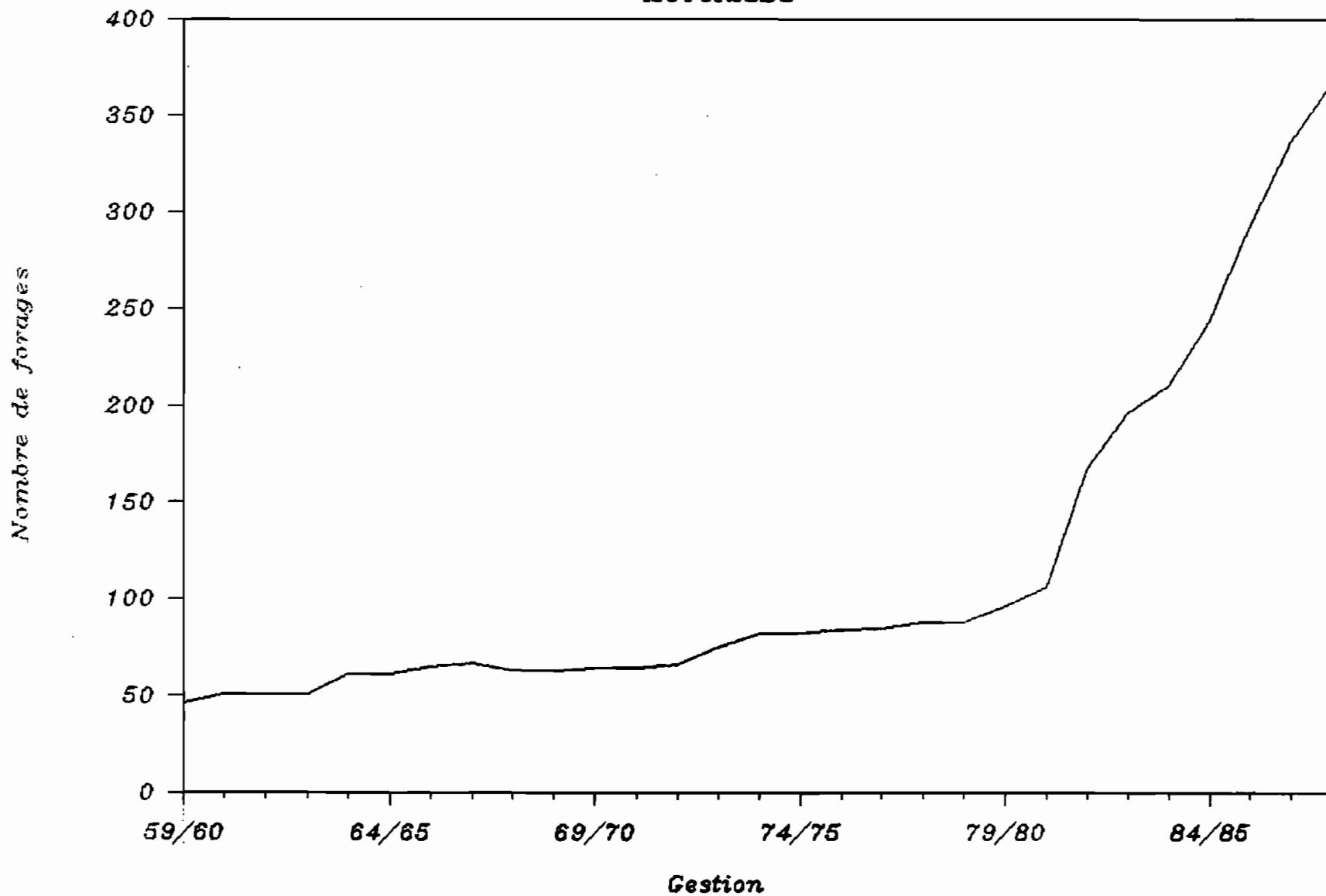
Période	Nombre total de forages	Forages à l'arrêt	Disponibilité (%)
Fev 88	408	40	90.19
Mars 88	410	50	87.80
Avril 88	418	50	88.04
Fev 89	430	52	88.07
Mars 89	430	53	87.70
Avril 89	430	57	86.70

D'après le graphique de la page suivante, le nombre de forages motorisés est passé de 196 à 430 entre 1983 et 1988. Autrement dit, environ 55% des forages motorisés actuels datent de moins de six ans et leurs équipements connaissent donc très rarement des pannes de grande envergure. Ceci se comprend fort aisément si l'on sait que nous avons une durée de vie moyenne de cinq ans pour les moteurs et de dix ans pour les pompes. D'autre part, beaucoup de forages anciens ont vu leurs équipements renouvelés.

Finalement, nous voyons que ce taux de disponibilité élevé, s'il n'exclut pas le fait, ne traduit cependant pas nécessairement une excellence de la politique de maintenance actuelle.

La seule information valable que nous pouvons en tirer est que les équipements de forages motorisés se trouvent dans un assez bon état.

Graphique 2: EVOLUTION DES FORAGES
MOTORISES



CHAPITRE 2

EVOLUTION DU CONTEXTE SOCIO-ECONOMIQUE EN MILIEU RURAL

A première vue, les zones rurales se caractérisent par la faiblesse des revenus de leurs habitants et par leur dépendance vis-à-vis de l'agriculture qui constitue une des principales activités. Elles sont donc concernées en premier chef par la politique hydraulique nationale et leur évolution socio-économique est une donnée fondamentale dans la définition de cette politique.

Aujourd'hui, les besoins en eau du monde rural ont considérablement augmenté. Outre la sécheresse, cette situation peut s'expliquer par l'importante augmentation de la population et par la forte dynamique du monde rural (système de production, groupes sociaux, écosystème).

2.1/ LA SOCIETE TRADITIONNELLE

La vie sociale est traditionnellement organisée dans de grandes familles (**Kunda** en Casamance, **Galle** au Fouta, ...). Néanmoins cette vie familiale était, et continue à être, caractérisée par une forte cohésion sociale, qui ne réduit cependant en rien la complexité des systèmes sociaux. D'ailleurs cette complexité apparaissait également dans la manière de faire valoir les terres. Celles-ci étaient en effet occupées par les familles non pas suivant leur capacité à les mettre en valeur mais suivant leur ordre d'arrivée.

Donc, malgré la solidarité familiale et l'obligation d'entraide entre les différentes concessions, l'idée des regroupements sociaux n'était

point développée. En effet chaque entité familiale s'occupait de son seul lopin de terre et tant que les conditions de production n'exigeaient pas la mise en oeuvre de grands moyens humains, cette conception du travail et de la vie sociale pouvait survivre. Ceci est d'autant plus acceptable que nos sociétés traditionnelles ne connaissaient que l'agriculture de subsistance.

2.2/ LES TRANSFORMATIONS DU MONDE RURAL

Le système traditionnel des droits fonciers fut remanié par la colonisation qui procéda alors à la création de grands domaines et à leur immatriculation cadastrée. Après l'indépendance, la loi sur le domaine national (*) déclarait toutes les terres non immatriculées comme propriété publique. Bien entendu, le monde rural ne fut pas épargné par cette loi et de grandes surfaces changèrent alors de propriétaire; ce qui ne se fit pas sans heurter des mentalités solidement ancrées dans l'esprit des populations et des villageois en particulier. Les frictions entre les systèmes traditionnels et modernes ont été accentuées par l'arrivée de la sécheresse et l'avancée du désert qui constituent un obstacle au développement des structures anciennes avec leur mode de production à subsister. Aujourd'hui encore la population rurale reste influencée par cette conception traditionnelle.

La faiblesse économique du milieu, la perte de la plus grande partie du bétail dans certaines zones (Ferlo) et la faiblesse des récoltes due à la sécheresse ont fait naître une tendance poussée à l'exode de la population rurale vers les milieux urbains. Cet exode, qui est surtout un phénomène des jeunes, conduit ainsi à un vieillissement de cette population.

D'autre part, nous avons assisté à un important développement de l'agriculture de rente au détriment de la culture de subsistance et à la mise en place de grands périmètres irrigués.

Note: (*) Loi du 17 juin 1964

L'affectation de ces périmètres suivait exclusivement les possibilités techniques et les disponibilités matérielles de leurs titulaires. C'est le cas par exemple des Périmètres Irrigués Villageois (PIV) de la SAED. Cette mesure, qui s'est développée en même temps que l'exode des jeunes, le vieillissement de la population rurale et le développement de la culture de rente, a tout naturellement mis en évidence la nécessité pour les ruraux de former des associations et des groupements pour contrer l'effet des mutations socio-économiques de leur milieu.

2.3/ LA NOUVELLE SOCIÉTÉ RURALE

La pénétration du progrès technique est de plus en plus sensible hors des zones urbaines avec un impact économique non négligeable. La dynamique du monde rural dans sa globalité a donné à cet espace géographique une nouvelle dimension socio-économique.

De nos jours, l'économie rurale est caractérisée par:

- l'option faite sur les cultures irriguées; ce qui se traduit par la construction de retenues et l'aménagement de grands périmètres agricoles;
- la multiplication des ouvrages hydrauliques (puits et forages);
- le développement des groupements sociaux à caractère économique (pour les forages nous avons les comités de gestion);
- et la disparition des cultures de décrue avec leur mode de production coutumier.

Cette étude sociologique a pour objet d'aboutir à des recommandations pour une nouvelle conception de l'Etat et du développement par une transformation positive des mentalités traditionnelles qui subsistent encore dans le monde rural. L'objectif ultime est d'arriver à une élimination complète des frictions et à une meilleure participation de la population

dans le processus de gestion des projets hydrauliques et agricoles.

Bien entendu, cet objectif est encore loin d'être atteint malgré les efforts considérables qui ont été et continuent à être réalisés dans le cadre des nombreuses campagnes de sensibilisation.

Dans la deuxième partie de ce rapport, nous verrons dans quelle mesure il est possible d'utiliser l'impact de cette dynamique du milieu rural dans la nouvelle conception des unités hydrauliques.

CHAPITRE 3

ETUDE COMPARATIVE DE SYSTEMES

L'évaluation des besoins en eau du monde rural est nécessaire pour la détermination des types et des moyens d'exhaure. Cette évaluation doit considérer aussi bien les besoins en eau potable des populations que les besoins du cheptel et des diverses activités économiques (agriculture, maraîchage, ...).

Pour la satisfaction de ces besoins, divers systèmes d'exploitation, utilisant des sources d'énergie très variées, sont employés. Au Sénégal, les principaux systèmes sont les puits et les forages. Les puits traditionnels, conçus pour la satisfaction des besoins familiaux, utilisent encore l'exhaure manuelle. Les forages d'exploitation, quant à eux, demeurent encore pour la plupart, dotés d'équipements motorisés.

Le développement des techniques d'utilisation des énergies nouvelles et renouvelables ayant beaucoup profité à l'hydraulique, une assez grande partie des forages est aujourd'hui équipée de pompes éoliennes ou solaires.

L'utilisation de l'une ou l'autre de ces énergies doit répondre à l'expression de besoins spécifiques, dans des conditions d'exploitation suffisamment connues. Ceci répond au souci d'une exploitation rationnelle et optimale de nos ressources en eau. Ainsi cette partie de notre étude vise à analyser les possibilités de remplacer l'exhaure motorisée par les technologies nouvelles. Cette démarche est motivée par les coûts de plus en plus élevés des énergies traditionnelles (électricité, combustible, ...) et l'insuffisance de nos ressources financières.

Dans cette étude comparative, nous ne considérons que les solutions éolienne, thermique-électrique et solaire.

3.1/ CARACTERISTIQUES DES SOLUTIONS ENERGETIQUES

3.1.1: Le pompage éolien

L'adoption de cette solution est conditionnée par deux facteurs. D'abord, la zone d'installation doit disposer d'un potentiel éolien assez important. Ensuite, la nappe d'eau locale doit se situer à une profondeur limitée et la hauteur manométrique totale ne doit pas dépasser 30 m. Autrement, nous aurons du mal à rentabiliser une installation éolienne. Mais tout ceci suppose que les besoins à satisfaire sont limités à la consommation familiale. Tout au plus, nous pouvons irriguer une superficie juste suffisante pour la réalisation de petits jardins.

Au Sénégal, une zone propice au gisement éolien, d'une largeur de 40 km, est relevée sur la bande cotière entre Dakar et Saint-Louis. Avec une moyenne annuelle de 4 à 5 m/s et une nappe phréatique peu profonde (1 à 10 m), les possibilités de réaliser des stations éoliennes pour le pompage sont réalistes (5).

Nous avons principalement deux types d'éoliennes:

- les multipales; utilisant une gamme de vent peu étendue et caractérisées par une marche lente et un excellent couple de démarrage;
- les bi et tripales; utilisant une gamme de vent plus étendue mais présentant un couple de démarrage faible et une marche rapide.

La régularité des vents et leur intensité conditionnent le choix du type d'éolienne. Pour le pompage en particulier, les multipales sont les plus utilisées car plus avantageuses pour cette application.

Avantages des éoliennes:

Ces équipements

- utilisent une énergie gratuite;
- constituent des systèmes très simples;
- sont très économiques pour les petites installations;
- sont adaptées aux régions isolées et riches en ressources éoliennes;
- nécessitent des frais d'entretien réduits;
- occasionnent des coûts d'exploitation très bas;
- peuvent être fabriqués localement.

Inconvénients:

Les éoliennes

- ne conviennent qu'aux ouvrages de faibles débits et HMT;
- ont une utilisation fortement dépendante des aléas climatiques;
- ne sont économiques que pour des installations de taille et de capacité réduites;
- ne peuvent fonctionner que dans une zone géographique très limitée;
- sont très exigeants en opérations d'entretien (lutte contre l'usure, graissage, protection contre la corrosion...).

3.1.2: Le pompage solaire

De même que la solution éolienne, l'utilisation du pompage solaire convient surtout lorsqu'un faible volume d'énergie est requis (jusqu'à 5 kwc). Cependant, le solaire gagne de plus en plus de terrain en ce moment, malgré son coût élevé à la production. Cette percée est facilitée par le fait que notre pays bénéficie d'un ensoleillement très important.

Pour l'utilisation de l'énergie solaire dans le pompage de l'eau, deux technologies sont actuellement mises en oeuvre:

- nous avons d'une part le pompage sans batterie ou système au fil du soleil (figure 1) qui permet d'avoir un système peu coûteux, très simple et fiable. Dans ce cas, c'est l'eau pompée qui est stockée, ce qui évite l'utilisation d'accumulateurs électrochimiques;

- et d'autre part, le pompage avec batterie (figure 2) qui élimine les problèmes d'adaptation entre panneau solaire et motopompe. Toutefois, ce système comporte d'avantages de composants qui augmentent le coût global de l'installation et réduisent sa fiabilité.

L'utilisation d'une batterie en tampon pour le stockage a pour principale fonction de compenser les variations d'ensoleillement au cours du mois, voire sur une période plus longue. Pour cette raison, il y a toujours avantage à équiper un système d'une capacité de batterie égale à trois à cinq fois les besoins journaliers.

Jusqu'à une période récente, la solution développée était le système à moteur en surface à courant continu, avec ligne d'arbre et pompe immergée. Cette solution est très fiable, à condition d'être bien entretenue, mais aussi très coûteuse. Aujourd'hui, elle est presque abandonnée au profit des systèmes mettant en oeuvre des électropompes immergées à courant continu ou à courant alternatif avec onduleur et moteur asynchrone.

En pratique, le choix "continu" ou "alternatif" doit se faire cas par cas et suivant les contraintes du site. Il doit tenir compte de la nature des récepteurs, de leur taille, de la facilité d'installation et de la consommation d'énergie. De façon générale, l'installation n'exige un onduleur qu'à partir d'une certaine taille de puissance (une centaine de watts environ).

LE POMPAGE SOLAIRE

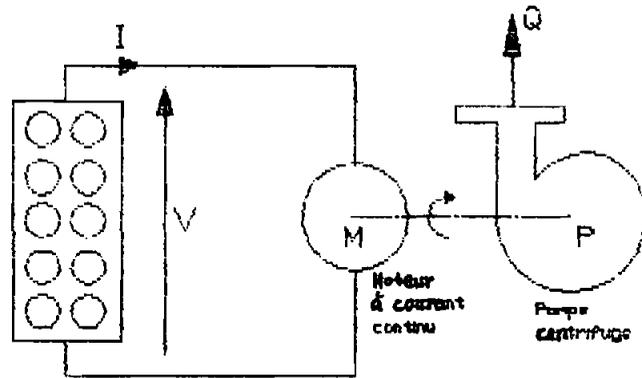


Fig 1 système sans batterie

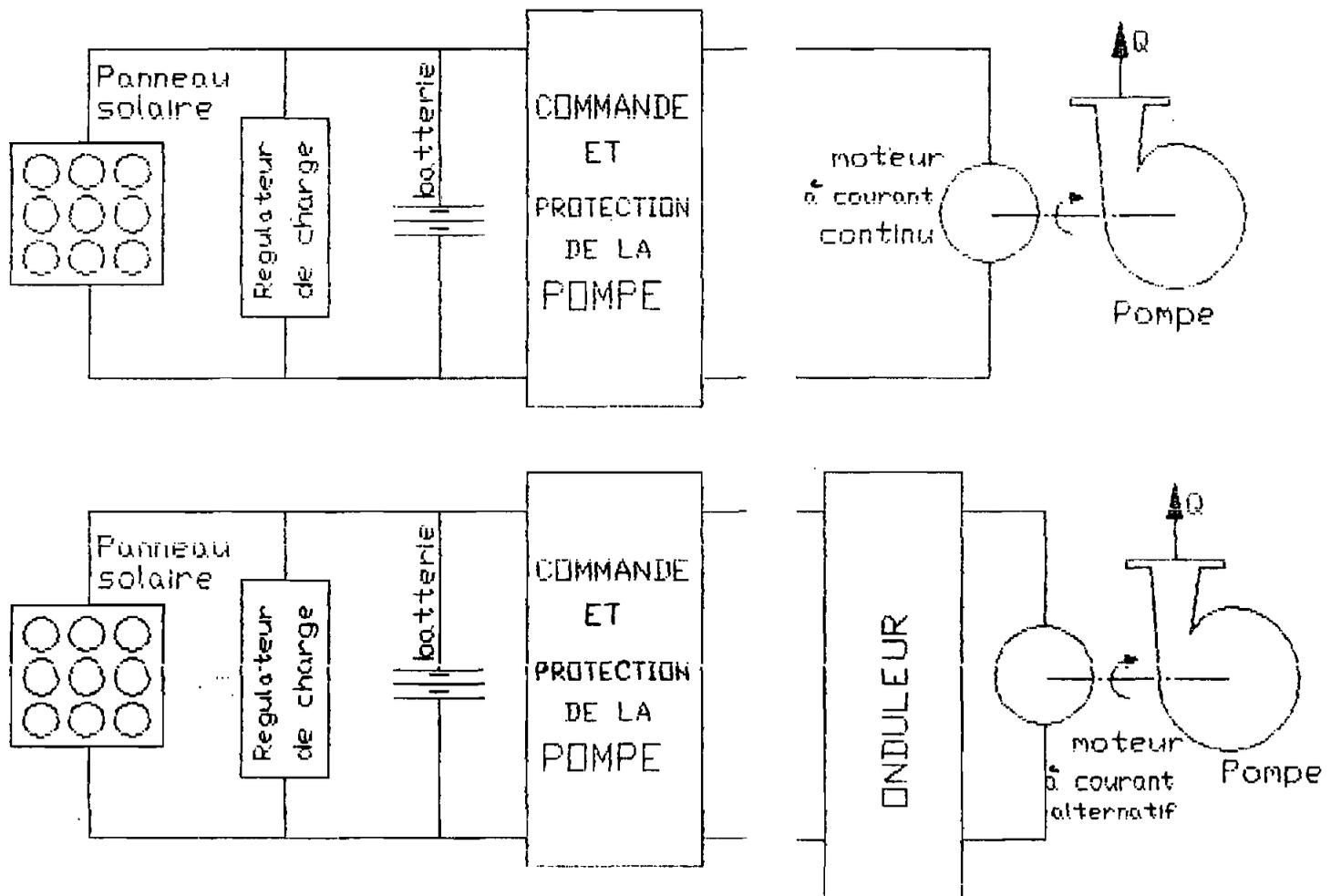


Fig 2: Système avec batterie

Avantages des pompes solaires

Les pompes solaires

- utilisent une énergie gratuite et très répandue chez nous;
- occasionnent des coûts d'exploitation très faibles;
- sont très adaptées aux forages isolés;
- constituent des systèmes très fiables et relativement simples;
- sont très économiques pour des installations réclamant un faible volume d'énergie;
- ont des coûts de maintenance peu élevés;
- permettent l'utilisation de l'électricité photovoltaïque générée à d'autres fins;
- connaissent actuellement des coûts d'investissement en chute progressive.

Inconvénients:

Les désavantages sont liés au fait que

- les coûts d'investissement sont encore élevés;
- la production de l'énergie photovoltaïque est très coûteuse;
- ces installations ne sont économiques que pour de petites stations de pompage;
- la dépendance vis-à-vis des aléas climatiques est très forte.

3.1.3: Les moteurs thermiques et électriques

Lorsqu'il s'agit d'exploiter les ressources en eau souterraine en quantité importante ou à des profondeurs élevées, les pompes éoliennes et solaires deviennent totalement impuissantes. Dans ces cas là, la solution motorisée s'impose.

On utilise alors des moteurs à essence ou des moteurs diesel, couplés généralement à une pompe centrifuge. Il arrive aussi que l'on installe des électropompes immergées et alimentées par le réseau électrique ou des groupes électrogènes. Les différents modes de pose de ces équipements sont indiqués aux figures 3, 4 et 5.

A l'heure actuelle, les électropompes sont encore peu nombreuses dans les forages (environ 25%) car la plupart des forages sont situés dans des zones éloignées du réseau de la SENELEC. Ceci est un grand inconvénient puisque les groupes immergés demandent un entretien beaucoup plus réduit que les équipements de surface pour un personnel qualifié.

En plus de ce qu'elle permet de satisfaire des besoins particulièrement importants, la solution thermique a l'avantage de pouvoir assurer une exploitation entièrement indépendante des aléas climatiques. Néanmoins, elle nécessite la mise en oeuvre d'importants moyens financiers, humains et logistiques quant à l'entretien des équipements.

Avantages des systèmes motorisés

Ces systèmes

- sont en mesure de satisfaire toute la gamme de nos besoins;
- permettent un fonctionnement autonome vis-à-vis des variations climatiques;
- permettent un fonctionnement régulier;
- offrent de grandes possibilités de mise en valeur des importantes ressources en eau souterraine.

Inconvénients:

Les groupes moto-pompe exigent

- des coûts d'exploitation et de maintenance élevés;

LES MODES DE POSE DES EQUIPEMENTS D'EXHAURE

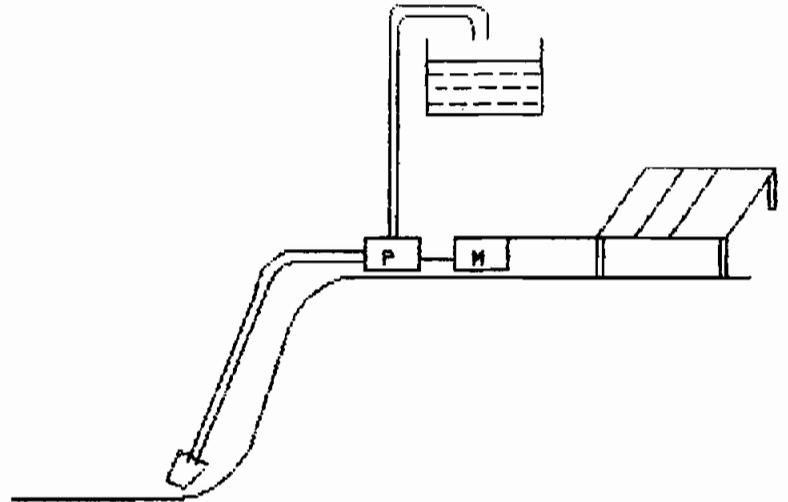


Fig3: Moto-pompe en surface

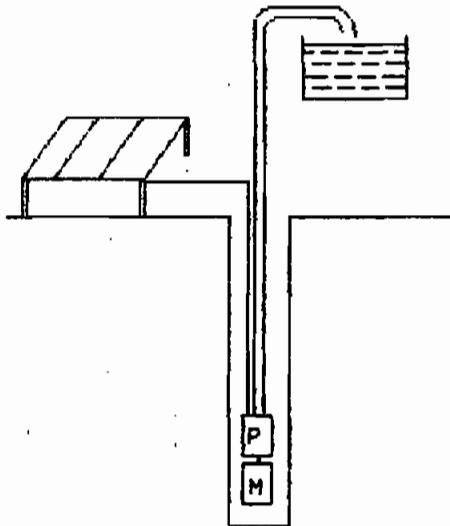


Fig4: Moto-pompe immergée

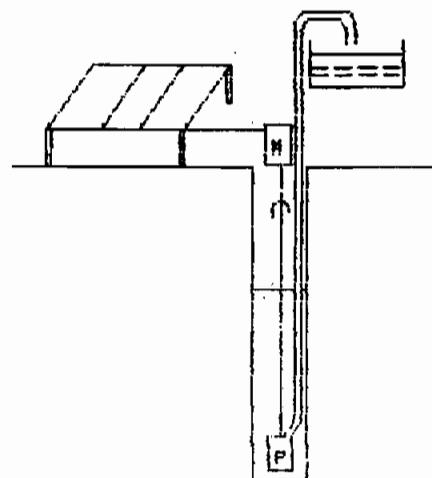


Fig5: Moteur en surface-Pompe immergée

- un personnel très qualifié;
- un suivi régulier et correct du fonctionnement.

3.2/ ANALYSE COMPARATIVE

Cette analyse tournera autour de l'efficacité technique et de l'efficience économique de chacune des solutions par rapport à un besoin donné. Cependant, ce projet de fin d'études n'a pas pour vocation de faire une étude technico-économique suffisamment rigoureuse pour être utilisable à tous les coups. Notre étude se situe dans le cadre très général de la politique hydraulique au Sénégal et plus précisément dans son aspect traitant du choix des équipements.

En effet, la gamme de nos besoins est très étendue et les conditions d'exploitation sont très variables, tant sur le plan géographique, social qu'économique, d'une zone d'implantation à une autre. Par conséquent, le choix de l'une ou l'autre des solutions traitées ici, ne peut se faire que cas par cas et après une étude de rentabilité assez exacte.

Pour notre part, nous allons partir des aspects positifs et négatifs de chacune des solutions pour tenter de déterminer leurs limites d'utilisation.

3.2.1: Aspects techniques

Rigoureusement, ces aspects devraient être abordés par rapport à un besoin spécifié et dans des conditions d'exploitation bien déterminées. Or, tel n'est pas le cas pour cette étude. La réflexion se fera donc dans un cadre général.

Tout d'abord, nous savons que les ressources éolienne et solaire, outre le fait qu'elles ne sont pas partout disponibles, ne peuvent pas

satisfaire des besoins importants. Autrement dit, il est des situations, très nombreuses d'ailleurs, dans lesquelles ces solutions ne peuvent être adoptées.

Le pompage éolien, pour être fonctionnel, nécessite une vitesse de vent entre 3 et 5 m/s sur une assez longue période de l'année. D'autre part, il faudrait que la nappe d'eau souterraine soit facilement accessible pour ne pas nécessiter une énergie mécanique importante au niveau de la pompe. Ces conditions étant réunies, il est possible d'installer des éoliennes multiples, mais pour autant que la HMT ne soit pas supérieure à 30 m.

Sur tout le territoire national, le potentiel solaire rencontré est assez important. Le solaire représente donc un choix très compétitif sur le plan technique bien qu'il ne puisse satisfaire, dans la pratique, que des besoins très limités en énergie (jusqu'à 5 kwc seulement). En fait, il est possible d'installer des panneaux solaires capables de fournir une énergie électrique élevée. Seulement, ces installations seraient d'une taille très grande et donc très peu économiques dans les conditions actuelles.

Par contre, nous pouvons trouver des équipements motorisés en mesure de satisfaire toute la gamme de nos besoins. C'est cet aspect qui fait encore toute la force du pompage motorisé.

3.2.2: Aspects économiques

Le coût des investissements est très élevé dans le domaine des technologies nouvelles. C'est ce qui explique d'une part la faible rentabilité des énergies éolienne et solaire, l'autre raison étant la faiblesse quantitative des énergies produites. Par contre, les coûts de maintenance relatifs à ces solutions sont très faibles.

D'autre part, le Sénégal est beaucoup plus riche en ressource solaire qu'en ressource éolienne. Nous pourrions donc être tentés de doter tous les points d'eau nécessitant un faible volume d'énergie de pompes solaires. Mais, nous ne devons pas perdre de vue que l'énergie solaire est beaucoup plus coûteuse que celle du vent.

Dans les zones fortement ventées, l'utilisation de l'énergie éolienne est préférable pour les petites stations car les coûts d'investissement sont moins élevés que pour l'énergie solaire. En plus, les éoliennes ont l'avantage de pouvoir être fabriquées sur place.

Les conditions d'isolement et les négligences d'entretien expliquent en partie que les cas de réussite de ce procédé soient rares actuellement. En effet, d'après une enquête menée par le CERER de juin 86 à mars 87 (8), 70% des éoliennes installées par le Ministère de l'Hydraulique de 1982 à 1984 sont en panne.

Lorsque les conditions ne sont pas favorables à l'installation d'éoliennes, le pompage solaire demeure la solution la moins onéreuse devant le diesel, surtout dans les zones où l'approvisionnement en carburant est problématique et pour des puissances mises en jeu comparables.

CHAPITRE 4

LA MAINTENANCE: LES DIFFERENTS TYPES

4.1/ DEFINITION DE LA MAINTENANCE

La maintenance est une fonction d'environnement de la gestion de la production. Elle contribue donc grandement à l'atteinte des objectifs de rentabilité et il est par conséquent nécessaire d'intégrer ses activités à la stratégie globale de la gestion même si ses bénéfices ne sont pas toujours tangibles.

La maintenance est l'ensemble des moyens nécessaires pour maintenir un matériel technique en état de bon fonctionnement. Elle comprend l'ensemble des moyens d'entretien et leur mise en oeuvre (3).

L'entretien est l'activité consistant à maintenir l'état ou l'efficacité des moyens de production (3). Très souvent cependant, ces deux notions sont confondues.

4.2/ LES DIFFERENTS TYPES DE MAINTENANCE

La maintenance est liée au phénomène de dégradation des matériels. De façon générale, on distingue les défaillances "catalectiques", qui sont complètes et soudaines, et les défaillances par dérive, pour lesquelles on peut observer la progression de la dégradation (4). La probabilité d'apparition de ces défaillances varie tout au long de la vie du matériel. Nous avons ainsi :

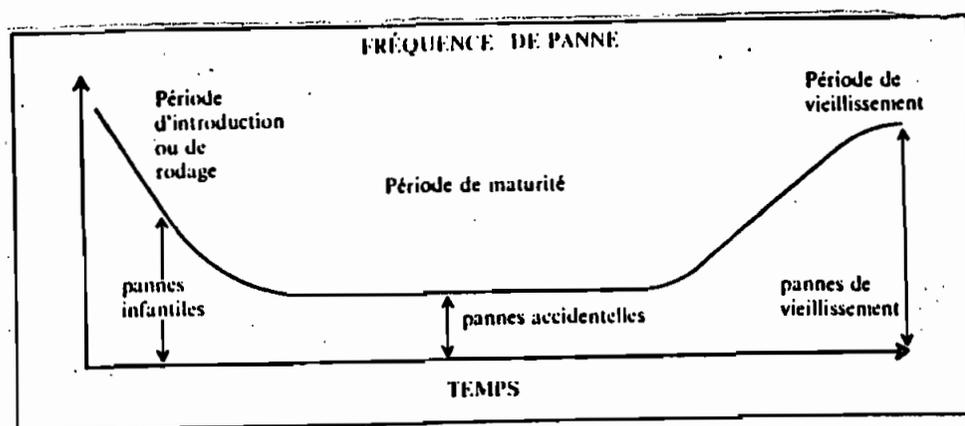
- les défaillances de jeunesse ou pannes infantiles qui surviennent pendant la période de rodage;

- les défaillances de maturité ou pannes accidentelles;
- les défaillances de vieillesse qui surviennent pendant la période d'usure.

Notons ici qu'une défaillance n'implique pas nécessairement un arrêt complet du matériel. Il peut s'agir de l'arrêt d'un élément de l'ensemble ou d'une baisse de l'efficacité du matériel.

Le graphique suivant illustre les types de pannes et leur fréquence en fonction du temps. Cette répartition des pannes en fonction du temps est une loi naturelle et tous les ensembles mécaniques en particulier y obéissent.

Graphique No 3: Fréquence de panne



Source: Référence No 3

Selon la durée de vie de l'équipement, la nature et la fréquence des pannes auxquelles nous avons à faire face, nous devons adopter un type spécifique de maintenance.

Les principaux types de maintenance sont :

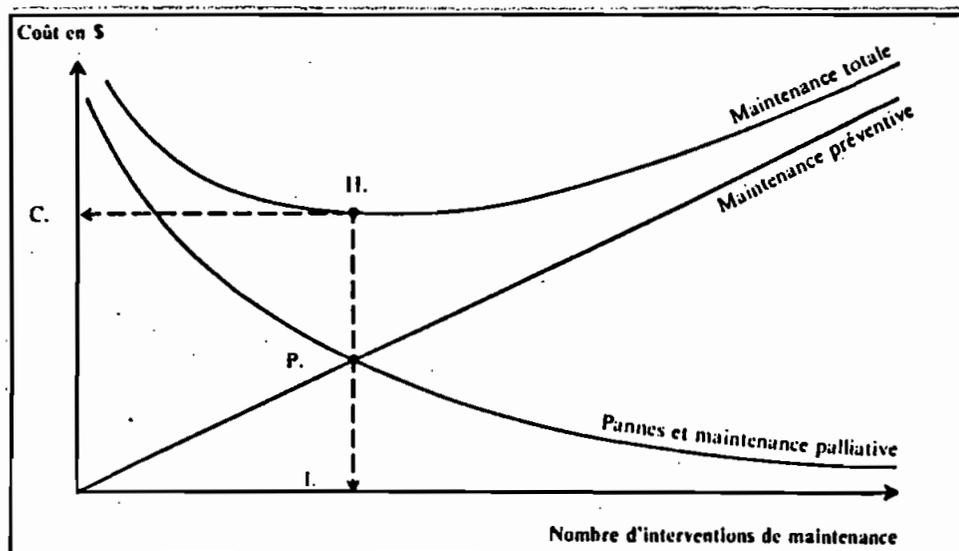
- l'entretien curatif (ou palliatif) qui s'applique à des avaries imprévisibles parcequ'aléatoires. Ce type d'entretien ne peut donc faire l'objet d'aucune planification ;

- l'entretien correctif qui s'applique à des avaries connues mais non prévisibles dans le temps ou à des avaries connues et prévisibles mais dont la prévention serait plus coûteuse que si elles survenaient. Dans ce cas, des méthodes de dépannage rapides peuvent être appliquées et les interventions préparées à l'avance;

- l'entretien préventif qui vise à diminuer la probabilité de défaillance d'un système et qui s'appuie sur une connaissance complète de la nature des avaries et de leur localisation dans le temps. Nous parlerons d'entretien systematique s'il s'agit de changer suivant un échéancier établi des éléments jugés comme trop usagés et d'entretien conditionnel s'il est nécessaire d'effectuer un diagnostic avant de remplacer l'élément visé.

Une politique rationnelle de maintenance se doit alors de faire la part entre le préventif, le curatif et le correctif, d'autant plus que le système de maintenance le plus économique ne passe pas toujours par la maintenance préventive. Il s'agit dès lors de trouver un juste équilibre entre le préventif et le curatif. Cette situation est illustrée par le graphique suivant:

Graphique No 4: Coût de maintenance



Source: Référence No 3

4.3/ APPLICATION AUX EQUIPEMENTS D'EXHAURE

Les équipements d'exhaure motorisés n'échappent pas à la loi naturelle de répartition des pannes en fonction de la durée d'exploitation. Les systèmes de maintenance définis plus haut peuvent donc parfaitement s'appliquer à ceux-ci.

Au Sénégal, la maintenance des ouvrages hydrauliques est particulièrement importante dans la mesure où les conditions d'exploitation sont souvent très sévères. L'efficacité de toute politique dans ce domaine est donc fortement tributaire de la bonne connaissance de ces conditions en plus de celle du matériel utilisé.

Un choix judicieux des moteurs et des pompes au moment de la conception des projets pourrait fortement réduire les charges d'entretien et de maintenance. En effet, si les pompes centrifuges, qui sont les plus utilisées, sont convenablement choisies par rapport aux conditions d'exploitation, elles n'exigent qu'une maintenance très réduite. Une politique d'entretien préventif efficace peut alors suffire dans ce cas. Les grandes difficultés résident dans le fonctionnement et l'entretien des moteurs et des groupes électrogènes.

Quelle que soit la politique adoptée, la maintenance de ces équipements doit répondre à des objectifs précis qui peuvent être résumés en objectifs opérationnels, en objectifs de coût et en objectifs sociaux.

CHAPITRE 5

LES SERVICES DE MAINTENANCE

Au Sénégal, l'exploitation, l'entretien et la maintenance des forages motorisés en milieu rural sont placés à la charge de la Direction de l'Entretien et de la Maintenance du Ministère de l'Hydraulique.

A sa création, cette direction avait pour objectif premier de réorganiser la Subdivision de l'outillage Mécanique Hydraulique de Louga et ensuite d'orienter et de contrôler ses activités. En effet, l'évolution du nombre de forages, ainsi que la diversité des équipements à gérer ont fait que ce service ne disposait plus des compétences nécessaires à l'accomplissement de sa mission.

5.1/ ORGANISATION

La DEM est un service public constituant une des cinq directions techniques du Ministère de l'Hydraulique (2). Elle a pour charge essentielle d'assurer l'approvisionnement en eau potable du monde rural. Pour cela elle se doit de tout mettre en oeuvre pour que la gestion des forages réponde aussi bien aux besoins des villageois qu'aux exigences économiques, à savoir l'optimisation des coûts d'exploitation et de maintenance des ouvrages hydrauliques.

Aux termes du décret No 83-1322 du 27 décembre 1983 portant organisation du Ministère de l'Hydraulique, la Direction de l'Entretien et de la Maintenance comprend:

- 1 Division de l'Exploitation (D.E.), responsable du fonctionnement des forages et des équipements et chargée de développer et de contrôler les comités de gestion;

- 1 Division de la Maintenance (D.M.), chargée des grosses réparations, des révisions générales du matériel et de l'exécution des travaux neufs;

- 1 Bureau d'Etudes et de la Programmation (B.E.P.), chargé des études techniques et financières des projets, de l'amélioration de la productivité et des questions afférentes à la coopération internationale;

- 1 Bureau de Gestion, chargé de l'élaboration des prévisions budgétaires de la direction, de l'exécution et du suivi des opérations financières ainsi que de la comptabilité analytique d'exploitation;

- 7 sections régionales (S.R), chargées de l'entretien préventif, de l'encadrement des conducteurs de forages et des réparations courantes.

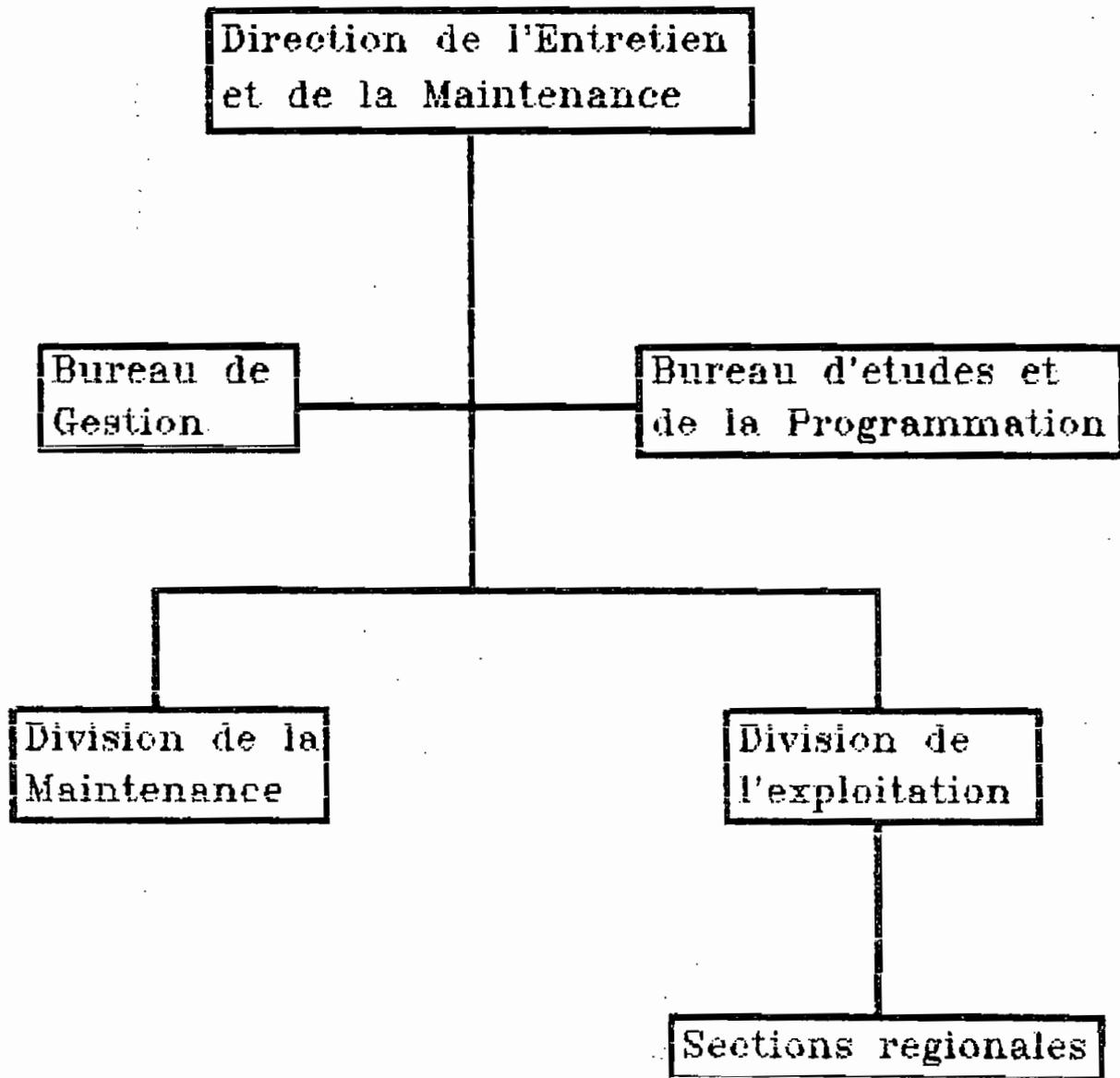
Les sept sections régionales sont placées sous l'autorité du chef de la Division de l'Exploitation et sont installées respectivement à Louga, Kaolack, Tambacounda, Matam, Linguère, NDioum et Diourbel.

Du fait que les sections régionales dépendent de la division de l'exploitation, il existe une relation fonctionnelle très étroite entre cette dernière et la division de la maintenance.

Basée à Louga, la D.M. dispose de plusieurs ateliers centraux (fer, moteurs, pompes et vannerie, garage, génie civil, menuiserie, magasin, machines-outils, station de carburant) ainsi que d'unités d'intervention lourdes en accord avec la politique de décentralisation de la maintenance. En plus, trois brigades ont été mises sur pied afin d'étendre les activités de la DEM à la maintenance des pompes manuelles, éoliennes et des puits.

L'organisation détaillée, ainsi que la répartition des tâches entre les différents services de la D.E.M. sont données à l'annexe A. L'organigramme de cette direction est donnée à la page suivante.

ORGANIGRAMME DE LA D.E.M.



Ce type d'organisation présente beaucoup d'avantages parmi lesquels nous pouvons noter la simplicité de la structure, la pertinence de la division des tâches,.... Cependant, les relations fonctionnelles entre la D.M. et la D.E. peuvent être de nature à alourdir l'exécution des tâches de maintenance et réduire ainsi l'efficacité de ces services .

5.2/ MOYENS DISPONIBLES

Pour assurer un service d'exploitation correct à un parc comptant plus de 400 forages motorisés, répartis sur l'ensemble du territoire, il faut nécessairement dégager d'importants moyens financiers, humains et matériels. Cela est d'autant plus vrai qu'il faut, parallèlement à cette tâche, assurer l'entretien et la maintenance d'équipements d'exhaure comportant un grand nombre de types de pompes et de moteurs.

De manière globale, la détermination de ces moyens est guidée par le double objectif de produire une eau économique mais aussi une eau sociale, c'est-à-dire une eau de qualité, en quantité suffisante, au moindre coût et à temps opportun.

Les moyens humains, indispensables à l'atteinte des objectifs de la DEM, sont déterminés par les exigences techniques et les contraintes financières du moment. Ces dernières sont liées à la crise qui frappe l'économie nationale et se manifestent, en ce qui concerne le personnel, par une forte réduction du nombre des agents et pour l'exploitation et l'entretien, par une faiblesse critique du budget de fonctionnement.

En plus du personnel conventionnel, la DEM peut compter sur l'appui d'un personnel dit non conventionnel mais dont le rôle n'est pas moins important. Il s'agit en effet des usagers eux-mêmes, regroupés au sein de comités de gestion, encadrés et contrôlés par la division de l'exploitation.

Outre sa participation financière au fonctionnement et à l'entretien des forages, chaque comité désigne parmi ses ressortissants un conducteur de forage dont il assure la contrepartie du travail. Pour soutenir l'action des comités de gestion et améliorer son service, la DEM a ouvert à Louga un centre de formation ayant pour vocation de former les conducteurs qui y sont envoyés par les comités. Cette formation vise à fournir au stagiaire une certaine connaissance du matériel et des notions sur l'entretien préventif et l'exploitation des forages .

Malgré tout, le personnel de maintenance est très insuffisant car devant l'accroissement du nombre d'ouvrages il a connu une très forte évolution à la baisse.

Au niveau des moyens financiers, la même tendance s'observe et la situation du parc véhicules n'est guère meilleure.

L'évolution de ces moyens est donnée par le tableau No 7.

Tableau 7: Evolution des moyens humains et financiers de la DEM de 1972 à 1988

Exercice	Nombre de forages	Crédits alloués (FCFA)		Nombre d'agents
		total	par forage	
1972/1973	75	68 933 537	919 114	265
73/74	82	68 920 687	840 496	270
74/75	82	74 762 023	911 732	267
75/76	84	74 946 000	892 214	301
76/77	85	-	-	302
77/78	88	225 510 230	2 562 616	297
78/79	88	204 353 095	2 322 194	265
79/80	96	413 085 400	4 302 973	242
80/81	106	413 085 400	3 897 032	228
81/82	167	326 703 194	1 956 306	217
82/83	196	407 259 720	2 077 856	180
83/84	210	403 445 025	1 921 167	177
84/85	243	527 226 000	2 169 654	182
85/86	292	471 972 000	1 616 342	166
86/87	336	465 320 882	1 384 884	160
87/88	366	550 781 882	1 263 261	152

Source: Direction de l'Entretien et de la Maintenance

Cette évolution est également donnée par les graphiques 5, 6 et 7.
 La répartition des moyens humains au mois d'avril 1988 est donnée ci-après.

Tableau 8: Répartition des moyens humains (Avril 88)

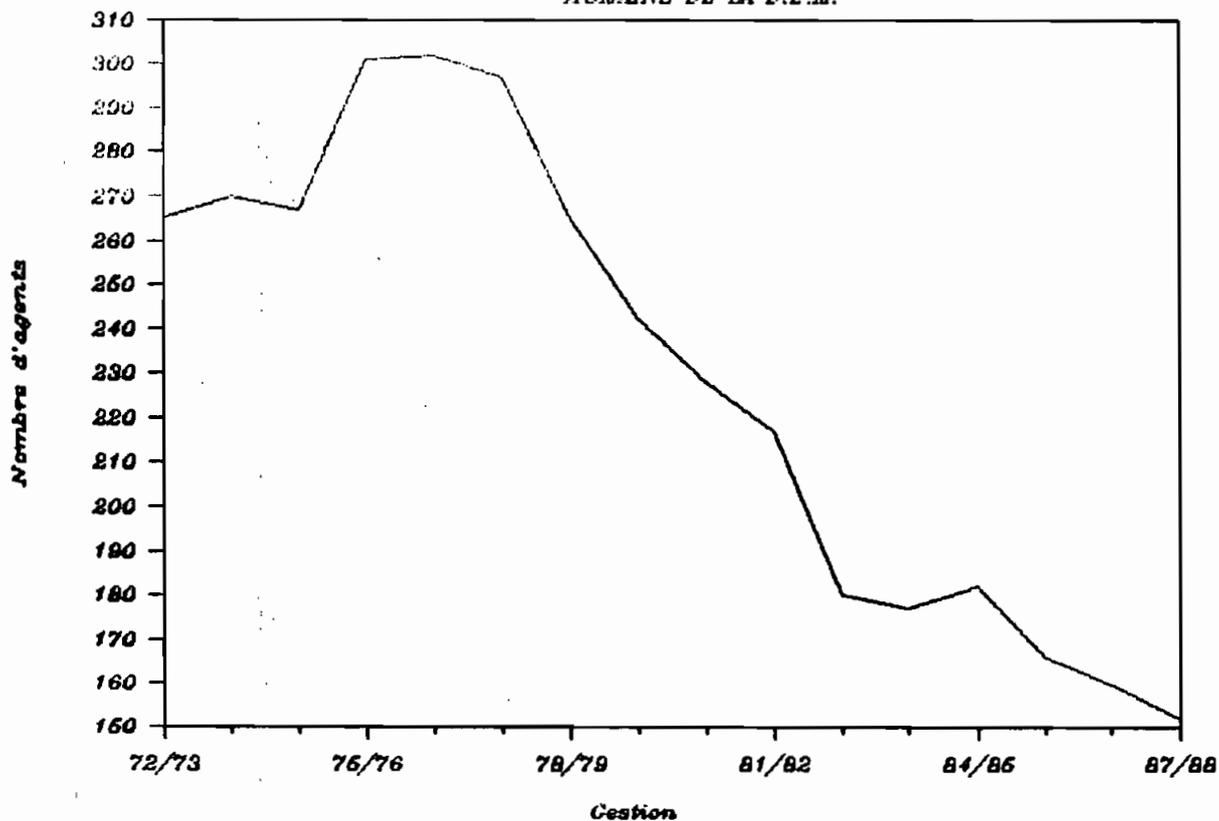
Service	Nombre de forages gérés	Effectif
D.E.M. (Dakar)	-	26
D.M. (Louga)	-	58
Section de Kaolack	109	19
Section de Linguère	48	15
Section de Louga	119	13
Section de Matam	38	09
Section de NDioum	38	07
Section de Tamba	66	05
Total	418	152

Source : Direction de l'entretien et de la Maintenance

Les réflexions que nous inspire l'examen de ces tableaux sont contenues dans le chapitre traitant de l'analyse de la situation actuelle.

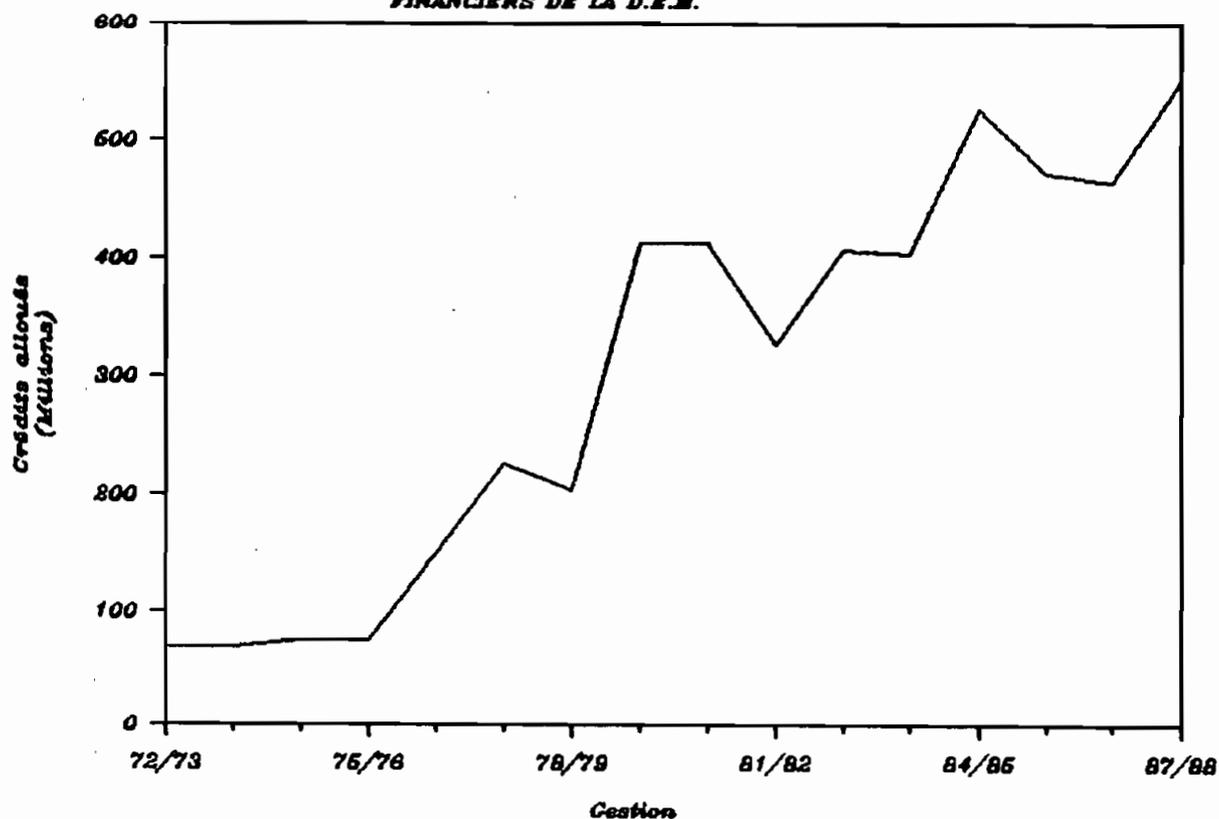
Graphique 5: EVOLUTION DES MOYENS

HUMAINS DE LA D.E.M.

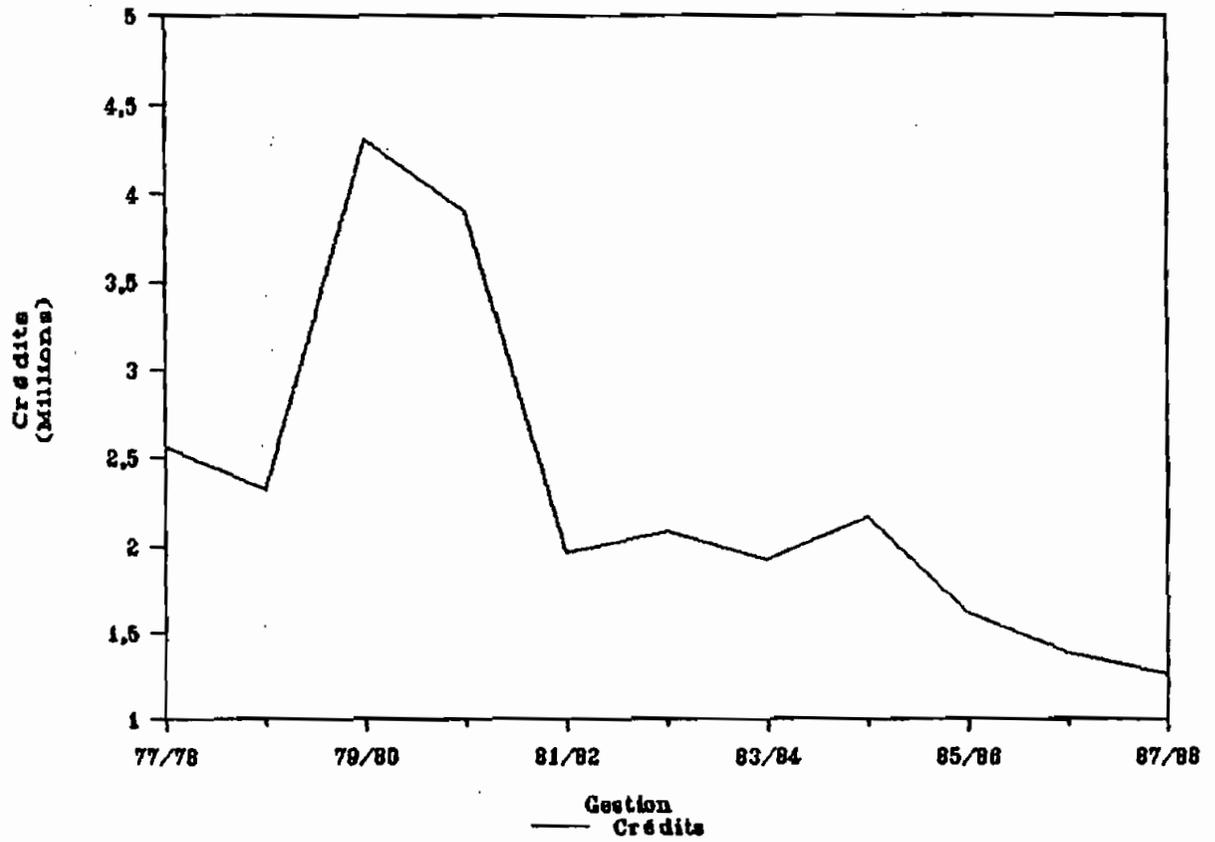


Graphique 6: EVOLUTION DES MOYENS

FINANCIERS DE LA D.E.M.



Graphique 7: CREDITS ALLOUES PAR FORAGE



CHAPITRE 6

EVALUATION DES COÛTS RECURRENTS ET PROBLEMATIQUE DE LEUR PRISE EN CHARGE

6.1/ CALCUL DES CHARGES RECURRENTES

Les coûts récurrents sont constitués des charges d'exploitation et d'entretien augmentées des frais de personnel. Une évaluation approximative de ces charges consiste à rapporter le budget global de la DEM au nombre de forages gérés. Cette méthode de calcul a fourni les résultats consignés au tableau No 7 et que nous reprenons ici pour les cinq derniers exercices:

<u>exercice</u>	<u>charges (fcfa/forage)</u>
83-84	1 921 167
84-85	2 169 654
85-86	1 616 342
86-87	1 384 884
87-88	1 263 261

Bien entendu, une estimation analytique de ces charges serait plus exacte et mieux en mesure d'orienter notre réflexion sur la problématique de leur prise en charge. Malheureusement, les services basés à Louga ne disposent pas de comptabilité analytique et seules des données globales sont disponibles à Dakar. Néanmoins, nous allons tenter ici d'évaluer les besoins financiers pour un fonctionnement correct des forages.

6.1.1: Hypothèses de calcul

L'estimation des besoins est faite à partir des hypothèses qui suivent:

- il est considéré les 366 forages dont les équipements sont donnés aux tableaux 2 et 3;

- seuls les moteurs dont nous connaissons les caractéristiques exactes sont pris en compte;

- une moyenne journalière de six heures de pompage est considérée (voir annexe C);

- coût du gas-oil = 210 fcfa/l;

- coût de l'huile (HD 40) = 692 fcfa/l ;

- coût de la graisse constante = 860 fcfa/kg;

- consommation de lubrifiant: 6 kg/an et par groupe de pompage.

6.1.2: Evaluation des charges d'exploitation

Conformément aux hypothèses ci-dessus mentionnées, seuls les équipements dont nous connaissons les caractéristiques exactes sont pris en compte dans cette évaluation. Ces éléments, issus des tableaux 2 et 3 sont repris par le tableau 9 ci-dessous:

Tableau 9: Evaluation des besoins en gas-oil et en huile

Marque	Type	Nombre	Gas-oil (l)	Huile (l)
DEUTZ	F3L912	26	313 170	3 640
	F5L912	9	177 390	1 890
	F2L511	20	197 100	1 226
	F1L511	2	12 439	105
HATZ	E80	89	97 455	3 249
LISTER	HRW2	6	45 990	1 158
	HRW3	13	142 350	3 419
CERES	P25	1	12 264	175
Total		166	998 158	14 862

Source: Direction de l'Entretien et de la Maintenance

Donc, si nous admettons une certaine proportionnalité entre le nombre de moteurs et les besoins en carburant et en lubrifiant, nous pouvons dire que les besoins calculés dans ce tableau représentent 45% (*) du total requis pour l'ensemble des moteurs et groupes électrogènes.

Bien entendu, cette évaluation est faite en dehors de toute rigueur scientifique puisque les différents équipements n'ont ni la même consommation spécifique, ni la même capacité de carter, ni la même périodicité de vidange.

En définitive, les besoins en frais de fonctionnement se chiffrent approximativement comme suit:

gas-oil:	2 218 129 * 210 =	465 810 000
huile:	33 057 * 692 =	22 854 684
graisse:	6 * 366 * 860 =	1 888 560
<u>total</u>		490 553 240

6.1.3: Frais de personnel et d'entretien

A l'heure actuelle, chaque forage est doté d'un comité de gestion dont la contribution sert en particulier à rémunérer le conducteur de forage.

Avec un taux moyen mensuel de 30 000 FCFA, les frais directs de personnel s'élèvent à 360 000 FCFA par an et par forage, soit au total 131 760 000 FCFA.

Les autres charges ne pouvant être estimées analytiquement, nous considérons les valeurs fournies par la DEM dans son rapport annuel de la gestion 85-86:

Note: (*) Ce taux est celui que représentent les 166 moteurs sur le total des 366 moteurs et groupes électrogènes.

salaire du personnel conventionnel:	167 736 000
indemnités de déplacement:	26 000 000
entretien et pièces de rechange:	82 536 000
frais fixes (eau, électricité, téléphone):	9 700 000
fonctionnement des services:	11 000 000
heures supplémentaires:	14 000 000

Donc, en dehors des dépenses en carburant pour les forages, les charges récurrentes s'élevaient en 85-86 à 310.972 millions pour un total de 292 forages, soit 1.065 millions par forage. Nous pouvons actualiser cette somme sur deux ans pour en trouver la valeur à la fin de l'exercice 87-88. Pour cela, nous considérons un taux d'actualisation égal au taux moyen d'inflation au Sénégal. Cette évaluation demeure approximative et ne prend pas en compte certaines considérations. Par exemple, la masse salariale n'a presque pas varié entre les deux périodes. Mais son augmentation fictive, par le biais de l'actualisation, peut être rapportée aux déplacements, aux frais fixes, aux heures supplémentaires et aux frais de fonctionnement des services, dont nous n'avons pas pris en compte l'augmentation.

La valeur actualisée est donnée par la formule

$$P_n = P_0(1+t)^n$$

où n = nombre d'années

P_n = valeur actualisée

P_0 = valeur d'origine

t = taux d'actualisation = 10%

Donc $P_n = 1\ 288\ 650$, d'où un total de 471 645 900 FCFA pour les 366 forages.

6.2 / PRISE EN CHARGE DES COUTS RECURRENTS

La maintenance est une fonction technique qui exige souvent beaucoup de moyens et dont les bénéfices ne sont pas toujours tangibles.

Les estimations précédentes montrent que l'entretien et la maintenance d'un forage exigent plus de trois millions de francs par an. En considérant l'amortissement des ouvrages, les prévisions financières annuelles seraient ainsi réparties:

- entretien et maintenance	3 586 750
- amortissement (*)	1 667 000
<u>total</u>	5 253 750

Ainsi, il faut un budget spécifique de l'ordre de 5.5 millions FCFA pour faire fonctionner normalement un forage au Sénégal.

Il convient de préciser à ce niveau que cette somme n'inclut pas les frais de renouvellement du matériel d'exhaure.

Cette exigence rend difficile l'exercice d'une maintenance administrative dans un contexte économique qui commande l'austérité et où l'interventionnisme des pouvoirs publics interdit toute autonomie de gestion.

Face à ces facteurs de blocage, nous proposons trois alternatives pour répondre à la problématique de la prise en charge de ces coûts. Le point commun de ces alternatives est l'utilisation de la dynamique actuelle du milieu rural.

6.2.1: La concession

En concession, l'Etat (concedant) exécute les ouvrages et concède

Note: (*) Les forages sont amortis sur 15 ans et ont un coût moyen considéré de 25 millions FCFA.

leur gestion à un organisme indépendant (concessionnaire). Les relations contractuelles exigent de celui-ci qu'il assure la distribution permanente de l'eau en réunissant, à ses frais, les moyens susceptibles de garantir une gestion correcte du réseau. Nous distinguons actuellement trois types de concessionnaires. Ce sont les Groupements d'Intérêt Economique (GIE), les comités de gestion et la Société Nationale d'Exploitation des Eaux du Sénégal (SONEES). Les relations entre l'Etat et ses organismes sont régies par les clauses données à l'annexe B.

a) La SONEES

La concession des forages à cette société présente les avantages et inconvénients qui suivent.

Avantages

Cette concession

- permet à l'Etat de contrôler indirectement la gestion (exploitation et entretien) des forages;
- libère la maintenance des lourdeurs administratives;
- confère aux services de maintenance une autonomie de gestion indispensable;
- crée une grande souplesse dans la recherche des moyens d'intervention;
- permet aux services d'exécution de disposer d'une marge de manoeuvre importante dans l'exercice de la fonction;
- permet de rentabiliser les activités de maintenance.

Inconvénients

Les inconvénients liés à cette solution sont:

- une absence de cadre formel de consultation entre ceux qui choisissent et installent les équipements et ceux qui les entretiennent;

- un coût de l'eau élevé par rapport au pouvoir d'achat des villageois;
- un niveau de décentralisation actuel trop faible en dehors des zones urbaines.

b) Les comités de gestion

Ils sont créés au niveau de chaque forage rural. Ici, l'élément essentiel est la participation directe et importante des usagers aux frais d'exploitation du forage. Les opérations d'entretien demeurent à la charge de la DEM.

Avantages

La création des comités de gestion

- permet à l'Etat de contrôler l'exploitation des forages;
- accorde une marge de manoeuvre assez importante pour favoriser des initiatives propres;
- permet une plus grande souplesse dans la recherche de moyens;
- favorise l'essor économique des zones rurales et stimule la participation des usagers à la gestion de leur forage;
- conserve la présence de la DEM pour un soutien pratique et un encadrement efficace.

Inconvénients

La mise en place de ces structures entraîne

- un risque de conflit qui pourrait opposer les membres du comité entre eux ou aux agents de la DEM;
- une nécessité de développer des activités économiques rentables pour assurer la participation des villageois.

Le troisième type de concessionnaire est le Groupement d'Intérêt Economique. Mais, il n'est pas besoin de s'appesantir sur ces structures puisque les expériences menées dans la zone sylvo-pastorale n'ont pas donné les résultats escomptés.

6.2.2: La sous-traitance

Dans notre entendement, l'exécution et l'exploitation des forages demeureront à la charge de l'Etat et la DEM assurera l'entretien préventif. Pour les grosses réparations et les révisions générales, il sera fait appel à des Entreprises spécialisées.

Avantages

Les entreprises sous-traitantes

- sont indépendantes vis-à-vis du budget public et très peu sujettes aux blocages administratifs;
- peuvent être insensibles aux pressions politiques et religieuses;
- disposent d'une marge de manoeuvre plus étendue;
- donnent l'assurance d'une maintenance correcte.

Inconvénients

La sous-traitance

- fait perdre à la DEM le contrôle des activités de maintenance;
- peut souffrir de l'absence de coordination entre le choix des équipements et leur entretien;
- augmente les coûts de l'eau par rapport au pouvoir d'achat des villageois.

6.2.3: Création d'une société à gestion autonome

L'exploitation et l'entretien des forages urbains sont effectués par la SONEES, qui est une société d'économie mixte.

Au moment où la maintenance des forages ruraux dépasse les capacités du budget public, la mise en place d'une société d'exploitation et d'entretien de ces forages paraît bien indispensable.

Cette solution, si elle est retenue, devrait permettre de vaincre une grande partie des difficultés que rencontre la DEM.

En effet, l'autonomie de gestion dont jouirait cette structure lui permettrait de ne pas souffrir des lourdeurs administratives, particulièrement en ce qui concerne l'acquisition et la mise en oeuvre des ressources humaines et financières.

Pour garantir la souplesse des prises de décisions et de l'exécution de celles-ci, le nouvel organisme devra être doté d'un système de contrôle à posteriori.

Pour le financement de ses activités, cette société pourrait disposer, en plus d'une participation éventuelle des pouvoirs publics, de l'apport d'un capital privé et de bien d'autres sources de financement comme les banques et les subventions extérieures.

6.3 / CHOIX D'OPTION

Pour une option finale, le choix a lieu entre la concession, la sous-traitance et la création d'une société à gestion autonome.

Les critères de sélection sont la régularité et la permanence dans la fourniture de l'eau, la disponibilité des ouvrages, l'assurance d'une

maintenance adéquate, la satisfaction des besoins des paysans dans les limites de leur pouvoir d'achat et les possibilités pour l'Etat de conserver un droit de regard sur la maintenance des forages.

Toutes choses restant égales, la mise en place d'une société à gestion autonome, à l'image de la SONEES, a l'avantage de permettre à l'Etat de conserver un certain contrôle sur la gestion des ouvrages. Or, la fourniture correcte et régulière de l'eau aux populations rurales est fondamentale dans le processus de développement national. Dans cette optique, la maintenance des forages est une priorité de la politique hydraulique.

Cette solution est donc celle qui répond le mieux aux objectifs de la politique hydraulique du gouvernement en matière de maintenance et c'est sur cette option que nous portons notre choix définitif.

Précisons cependant qu'elle va nécessiter un investissement initial assez important pour aider les villageois à promouvoir des projets de développement communautaires dans chaque localité. Les profits tirés de ces activités permettront aux populations d'honorer les factures de l'eau qui leur sera distribuée.

En outre, l'adoption de cette solution servira de coup de pouce au développement des zones rurales et sera ainsi d'un apport non négligeable dans la recherche du développement national.

CHAPITRE 7

ANALYSE DE LA SITUATION ACTUELLE

Cette analyse consiste plus précisément à identifier les différents problèmes liés à la politique actuelle tant dans sa conception que dans sa mise en application. En effet, pour assurer un approvisionnement continu et économique du monde rural en eau potable, il faut une gestion efficace des moyens de production.

Cette analyse se doit, cependant, de s'inscrire dans le cadre d'objectifs raisonnables et réalistes. Pour le cas d'un pays sous développé comme le nôtre et compte tenu de nos limites budgétaires, nous pouvons rapporter cette analyse aux objectifs ci-dessous:

- Objectifs opérationnels:

- * maintenir l'équipement dans un état acceptable;
- * assurer la disponibilité maximale des installations et de l'équipement à un prix raisonnable;
- * pousser à la dernière limite la durée de vie des équipements.

- Objectif de coût:

- * assurer le service de maintenance dans les limites d'un budget.

- Objectif social:

- * satisfaire les besoins en eau des populations rurales de façon régulière et continue.

7.1/ ANALYSE DE LA STRUCTURE ET DES MOYENS

7.1.1: Analyse de la structure

L'organigramme de la DEM, tel que présenté au chapitre 5, jouit de

beaucoup d'avantages, notamment en ce qui concerne sa simplicité. D'autre part, ce type d'organisation est de nature à permettre une couverture complète de notre réseau de forages. A cela, s'ajoute une répartition des tâches assez pertinente (voir annexe A) pour éviter des contradictions dans les commandements et des heurts au niveau de l'exécution. Cette unicité du commandement est d'autant plus importante que les charges de travail sont considérables compte tenu du personnel réduit.

En ce qui concerne la nature juridique de la DEM, elle constitue en elle même une source de blocage dans le fonctionnement de cette direction. Les inconvénients qui y sont liés sont principalement les lourdeurs administratives, l'absence d'autonomie dans la gestion et la dépendance vis-à-vis d'un budget public très insuffisant. Le caractère public du service fait aussi de lui une victime désignée des pressions politiques et religieuses à cause de l'importance des forages dans la survie du monde rural.

7.1.2: Analyse des moyens de communication

La rapidité et l'efficacité des interventions au niveau des forages (souvent reculés et dispersés) sont fonction des moyens d'information et de déplacement mis en oeuvre.

En plus de la radio et du téléphone, la DEM dispose d'un parc vétuste de moyens logistiques insuffisants en nombre et constitué de voitures légères de camions et d'engins lourds.

L'ensemble de ce parc roulant est donné par le tableau qui suit.

Tableau 10: Parc roulant de la D.E.M.

Nature du véhicule	En bon état	En mauvais état	Total
voitures type berline 9CV	1	-	1
voitures type break 7CV	2	-	2
voitures type liaison 5CV	2	-	2
voitures type tous terrains	2	3	5
véhicule type camionnette	6	5	11
camions-grues	7	1	8
camions-ateliers	2	-	2
camions-bennes	2	2	4
camion-citernes à eau	6	13	19
camions-citernes à hydro-carbures	3	-	3
engins de terrassement	2	-	2
Total	35	24	59

Source: D.E.M.

L'examen de ce tableau nous montre qu'un pourcentage assez important (41 %) du parc roulant se trouve dans un mauvais état de fonctionnement ou complètement hors d'usage. Or, l'importance que doivent revêtir ces moyens n'est plus à démontrer. En effet, outre l'importance du nombre de forages à gérer, il y a que ceux-ci sont très dispersés dans le pays et souvent leur accès est particulièrement difficile. La plupart du temps, les véhicules sont obligés d'emprunter des sentiers et des pistes en très mauvais état; ce qui accroît encore les distances à parcourir du fait des déviations inévitables.

Dès lors, il devient évident que le parc roulant actuellement en service est largement insuffisant. Cette insuffisance se fait beaucoup sentir par exemple au niveau de la section de Tambacounda qui gère 66 forages éparpillés sur une superficie couvrant la région étendue de Tambacounda. Certains de ces forages sont situés dans des zones d'altitude d'accès très difficile (cas des forages situés à Kédougou).

D'autre part, notons que cette insuffisance se manifeste également au niveau de la qualité des véhicules car peu d'entre eux sont conçus pour s'adapter à l'état de nos routes et au relief de certaines régions à desservir. Pour remédier à ce handicap, il est nécessaire de réhabiliter le parc actuel.

Cette insuffisance du parc automobile se manifeste par un faible taux d'occupation du personnel des sections. Par exemple la section de Louga compte trois équipes d'intervention et ne dispose que d'un seul véhicule. Donc une seule équipe peut partir en mission à la fois. A cette contrainte de taille, il faut ajouter la multiplication des distances à parcourir du fait de la dispersion des points d'intervention et de l'autonomie limitée du véhicule.

Pour les autres sections, nous avons à peu près la même situation et tous ces facteurs aboutissent à une importante augmentation des durées d'intervention et des coûts de la maintenance (consommation de carburant, frais de déplacement, ...).

L'organisation structurelle de la DEM est telle qu'il existe entre la division de l'exploitation et celle de la maintenance une très forte collaboration. Ainsi, tous les programmes d'intervention sont établis à la suite d'une consultation effective entre ces deux services. Mais, le manque de moyens logistiques fait que cette programmation ne peut couvrir toutes les pannes en instance.

Compte tenu de la simplicité de la structure actuelle, du respect des principes fondamentaux de l'exercice du commandement et de la pertinence de la répartition des tâches, nous suggérons à la DEM de conserver l'actuelle organisation structurelle.

Finalement, nous voyons que la situation actuelle exige une réhabilitation du parc roulant de la DEM et de son réseau de télécommunication.

7.1.3: Analyse des moyens humains

L'évolution de ces moyens entre 1974 et 1988 est donnée par le graphique No 5 (page 38). Il apparaît là aussi une insuffisance notoire, tant sur le plan de la quantité que sur celui de la qualité. Pour l'exercice 87-88, cent cinquante deux agents géraient et entretenaient 418 forages. En dehors des équipes d'intervention lourdes, le personnel de maintenance directe comptait un effectif de 68 agents; ce qui représentait un taux d'affectation moyen de 6.1 forages par personne. En réalité ce taux varie d'une section à une autre et pour plus de précisions, examinons cette variation à partir du tableau suivant.

Tableau 11: Taux d'affectation du personnel des sections en 1987-1988

Section	Nombre de forages gérés	Effectif	Taux (forages/personne)
Kaolack	109	19	5.7
Linguère	48	15	3.2
Louga	119	13	9.2
Matam	38	09	4.2
NDioum	38	07	5.4
Tamba	66	05	13.2
Total	418	152	

Source: D.E.M.

Ainsi, nous constatons que la section de Tamba est celle qui, relativement, souffre le plus du manque de personnel, suivi de celle de Louga avec respectivement un taux de 13.2 et 9.2 forages/personne. En revanche Linguère apparaît comme étant la section, relativement, la plus nantie en moyens humains.

Cette brève comparaison est largement significative quant à la répartition du personnel entre les sections.

Pour la section de Tambacounda, le taux élevé peut s'expliquer par l'étendue de son territoire et par le fait que celui-ci est difficile d'accès, avec des conditions climatiques très sévères. L'insuffisance de son personnel est donc plus qu'alarmante. En outre, cette section souffre d'un manque chronique de moyens logistiques et d'infrastructures. Avec un seul véhicule à sa disposition, la section partage les locaux de l'ancien service de l'hydraulique.

Au cours de ces dernières années, cette région a beaucoup bénéficié du programme CEAO d'hydraulique rurale portant sur la réalisation de 250 forages au Sénégal.

En ce qui concerne la section de Kaolack, plusieurs nouveaux forages ont été construits sur son territoire sans qu'elle ne soit dotée de nouveaux moyens en personnel.

Ce facteur explicatif reste d'ailleurs valable pour toutes les autres sections.

De façon générale, nous pouvons donc dire que ces différences entre les taux d'affectation des sections sont liées à l'inégale répartition des nouveaux ouvrages entre les différentes régions du pays. Si nous admettons que la construction des ouvrages hydrauliques se fait exclusivement suivant les besoins manifestes des populations, ce qui n'est pas toujours le cas malheureusement, la DEM se doit alors de procéder à un redéploiement interne de son personnel au niveau des sections.

Cependant l'analyse de ces taux n'a de sens véritable que si elle est faite par rapport à une échelle de valeurs. Nous allons donc tenter de déterminer un taux de référence à partir des hypothèses que voici:

- les sections régionales sont chargées directement:

* du suivi, de l'inspection et de l'entretien périodique des forages et de leurs équipements;

* de l'encadrement et du contrôle des conducteurs de forage et des comités de gestion;

* des diagnostics de pannes et des réparations courantes;

- la DEM, du fait des restrictions budgétaires décidées par le gouvernement, ne peut pas avoir un budget suffisant pour le service exigé par les installations en fonction de leur âge et de leur taux d'utilisation.

Ces hypothèses peuvent se résumer à l'inadéquation entre les besoins financiers générés par les coûts récurrents et le budget alloué à la DEM pour financer ses charges de travail.

Compte tenu de cela et du souci d'assurer un service de maintenance égal au minimum requis, à savoir un entretien préventif régulier et un bon encadrement des comités de gestion et des conducteurs de forage, nous pensons qu'un maximum de dix forages seulement peut être affecté à une équipe.

Une équipe d'intervention comprend quatre personnes.

Les effectifs requis des sections sont déterminés à partir de cette valeur de référence.

Tableau 12: Effectif requis des sections

Section	Effectif actuel	Effectif requis	Déficit
Kaolack	19	44	25
Linguère	15	20	05
Louga	13	48	35
Matam	09	16	07
NDioum	07	16	09
Tamba	05	28	23

Au total nous avons donc un déficit de 104 employés au niveau des sections, compte non tenu de leur qualification.

Toute augmentation du nombre d'ouvrages devra s'accompagner d'un réajustement des moyens humains de telle manière que le taux d'affectation de dix forages par équipe soit toujours respecté.

Au niveau du personnel d'encadrement (ingénieurs et techniciens) il existe également un besoin de recrutement réel, particulièrement en ce qui concerne les ingénieurs en génie civil, mécanique et électrique. Dans la spécialité du génie mécanique, la DEM ne compte qu'un seul ingénieur (actuellement chef de la Division Maintenance). Or, vue la nature des activités de cette structure, le rôle des ingénieurs mécaniciens est fondamental. A notre avis les effectifs nécessaires dans ce domaine peuvent être estimés à cinq ingénieurs, soit un déficit de quatre hommes. Les services d'affectation que nous ciblons sont les divisions de l'exploitation et de la maintenance et le bureau d'études et de la programmation.

Le personnel actuellement en service accuse donc une insuffisance qualitative et quantitative. Cette insuffisance accélère la dégradation du matériel et accroît les coûts de la maintenance du fait que la nature des pannes n'est pas toujours cernée avec exactitude.

Pour la gestion 88-89, une évaluation de la DEM a estimé le besoin en personnel de l'ordre de 480 agents pour l'ensemble des services. Nous recommandons fortement une correction du déficit qui se chiffre à 325 agents au total.

Il ne faut pas perdre de vue, cependant, que tout recrutement de personnel devra être accompagné d'un accroissement parallèle des moyens logistiques. Autrement, nous aboutirons à un affaiblissement du taux d'occupation de la main d'oeuvre du fait justement du manque de véhicules d'intervention.

7.1.4: Analyse des moyens financiers

Le graphique No 6 (page 36) donne un aperçu de l'évolution de ces moyens.

Dans cette partie, nous utiliserons indifféremment les termes "budget de fonctionnement" et "budget DEM" pour désigner le budget alloué à la DEM pour le fonctionnement et l'entretien des forages. L'accroissement du nombre de ces derniers se traduit par un accroissement des charges de fonctionnement et une augmentation progressive des charges d'entretien et d'intervention (carburant, moyens de liaison, pièces détachées, personnel, ...).

La stabilité apparente du budget de la DEM, eu égard à l'importante augmentation des charges, lui fait courir le risque de la rendre incapable de remplir normalement sa mission. En effet, la valeur du service rendu, tant sur le plan quantité que qualité, varie jusqu'à un certain niveau au prorata des moyens financiers mis en oeuvre.

Les conditions idéales d'exploitation sont obtenues lorsque le taux d'accroissement des charges est égal à celui du budget de fonctionnement. Or il est évident que le service public, dans l'état actuel de ses ressources, ne peut satisfaire une telle condition. L'exploitation et la maintenance des forages doit donc trouver d'autres sources de financement. La création des comités de gestion s'inscrit dans ce cadre et leurs contributions servent à l'achat de carburant et de lubrifiant, au salaire du conducteur de forage et à l'achat de petites pièces détachées d'usure courante.

Pour la gestion 85-86, ces contributions se sont élevées à 346 358 190 FCFA soit environ 73% des crédits alloués à la DEM. Ce chiffre montre l'importance de l'apport de ces comités dans la gestion des forages. Mais cette contribution permet tout juste d'atténuer l'effet de l'insuffisance du budget de fonctionnement sur l'exploitation des ouvrages. Ainsi, les crédits alloués à la DEM n'ont satisfait les besoins qu'à concurrence de la moitié et le déficit non comblé s'élevait à plus de 100 millions de FCFA. L'insuffisance des ressources financières est donc une réalité de la situation actuelle et il importe d'y remédier car l'efficacité de la régie directe est très faible par rapport au service exigé.

Enfin les lourdeurs administratives provoquent souvent un retard dans la mise en place des crédits et freinent ainsi les activités de la DEM. De même, le contrôle à priori prive la DEM de toute autonomie d'action du moment qu'il s'applique à tous les domaines d'activités de la direction.

Ainsi, les déplacements, les achats de pièces détachées, l'utilisation de certains moyens matériels, etc, sont soumis à un contrôle très sévère avant d'être autorisés. Par exemple, un déplacement n'est autorisé qu'à la suite de l'émission d'un ordre de mission alors que les

procédures administratives exigent que ce document soit déposé 48 heures avant la date de déplacement.

Tous ces facteurs font qu'aucune action d'urgence n'est possible. Si l'on sait que certaines urgences ne peuvent souffrir d'un long délai, on voit facilement que la maintenance administrative est incompatible avec la gestion d'un parc aussi important que celui de nos forages.

7.2/ CYCLES THEORIQUES D'ENTRETIEN

La planification des activités d'entretien se fait à deux niveaux. La D.M. est chargée des interventions spécialisées et des révisions de moteurs tandis que les sections s'occupent de l'entretien préventif et des dépannages mineurs. Environ deux tiers des activités sur le terrain sont effectués par les sections.

Lors des tournées d'entretien préventif, il est procédé à la vidange des moteurs et à des interventions mineures (remplacement de filtres, reserrage de boulons, ..). Ces tournées doivent avoir lieu mensuellement et non suivant les prescriptions des constructeurs. La raison avancée est que les données disponibles ne sont pas fiables quant aux heures de fonctionnement. En effet, la plupart des moteurs ne sont pas munis de compteurs horaires et les conducteurs de forages ne font preuve d'aucune rigueur dans la tenue des carnets de pompage.

Les interventions des équipes de base de la D.M. ont lieu suivant un calendrier mensuel établi en fonction du nombre de pannes en instance et en collaboration avec la Division de l'Exploitation. On définit une panne en instance comme étant une anomalie de fonctionnement signalée par les services d'exploitation au niveau d'un forage, occasionnant ou non un arrêt de production et dont la levée n'est pas intervenue.

En revanche, les révisions de moteurs se font théoriquement suivant les prescriptions du constructeur. Les modifications apportées à ces prescriptions sont motivées par les conditions particulières d'exploitation et l'insuffisance des moyens disponibles.

Si la planification des activités du premier et du deuxième niveau d'entretien, telle que décrite ci-haut, couvrirait toutes les localités et toutes les pannes en instance, il est presque sûr que la maintenance des forages ne souffrirait d'aucune insuffisance notable.

Malheureusement, cette couverture n'est presque jamais totale du fait de l'insuffisance des moyens humains et logistiques de la DEM.

Les autres difficultés rencontrées peuvent être imputées à deux facteurs principaux : l'inaptitude des conducteurs de forage à faire des diagnostics précis et l'insuffisance des stocks de pièces de rechange.

Le résultat de ces difficultés est l'importance des pannes en instance et du nombre de forages à l'arrêt.

7.3/ ANALYSE DES INTERVENTIONS

La programmation de ces activités repose sur une bonne circulation de l'information entre les stations de pompage et les sections régionales et entre la division de la maintenance et celle de l'exploitation. Et tout décalage entre la déclaration de panne et la réparation engendre des frais supplémentaires si le forage demeure en état de fonctionner.

Comme nous l'avons mentionné précédemment, les interventions de dépannage et d'entretien préventif ne couvrent pas toujours la totalité des besoins d'intervention. Cet état de fait est dû tout simplement à l'inadéquation entre les charges de travail et les moyens mobilisés pour y faire face.

Nonobstant la couverture incomplète des forages, la fréquence des interventions semble assez élevée. Le dernier rapport annuel des activités de la DEM (gestion 85/86) faisait état de 1344 interventions, toutes opérations confondues, pour 292 forages. Ces interventions étaient ainsi réparties.

Tableau 13: Répartition des interventions en 85-86

Interventions	sur moteurs	sur pompes	autres	total
Kaolack	68	23	186	277
Linguère	69	10	207	286
Louga	79	23	192	294
Matam	65	18	140	223
NDiour	25	03	51	79
Tamba	25	15	27	67
Total	331	92	803	1226

Les équipes de base ont eu à mener 118 interventions. Cette répartition des interventions nous donne des moyennes de visite annuelles égales à:

- 3.29 pour la section de Kaolack;
- 7.15 pour Linguère;
- 3.41 pour Louga;
- 7.19 pour Matam;
- 3.29 pour NDiour;
- 2.48 pour Tamba.

Ces moyennes de visite, ainsi calculées,

$$\text{moyenne de visite} = \frac{\text{nombre d'interventions}}{\text{nombre de forages gérés}}$$

prouvent encore, si besoin en est, que l'entretien préventif des forages est

loin de ressembler à ce qu'il doit être puisque, normalement, il est prévu une visite mensuelle par forage.

L'examen de ce tableau montre que 65.5% des activités des sections sont consacrées aux opérations sur les réseaux d'adduction, les ouvrages de stockage et de distribution.

Donc l'analyse des interventions peut se faire à deux niveaux. Pour notre part, nous allons considérer uniquement les opérations relatives aux équipements d'exhaure motorisés. Dans ce cas, les interventions des sections seront ainsi réparties:

- 78% d'interventions sur les moteurs;
- 22% d'interventions sur les pompes.

Ces chiffres confirment l'avis que les pompes exigent beaucoup moins d'entretien que les moteurs. Par ailleurs, ces interventions qui sont au nombre de 423 sont loin d'atteindre le niveau requis pour une maintenance correcte. En effet, environ 80% (*) des forages sont équipés d'un moteur thermique et d'une pompe motorisée. Autrement dit, à elles seules, les interventions pour entretien préventif des moteurs devraient au moins s'élever à 2800 (**). Cela veut dire que pour l'ensemble des forages, l'entretien préventif n'a été effectué qu'à 15% de son volume normalement requis.

Les raisons de cette insuffisance manifeste sont principalement:

- des durées d'intervention anormalement longues;
- des moyens logistiques très faibles;
- un personnel exécutant insuffisant et peu qualifié;
- des points d'intervention trop dispersés.

(*) Ce pourcentage est estimé à partir des tableaux 2 et 3.

(**) Nous avons pris comme hypothèse 1 visite mensuelle/forage.

Toutes ces raisons rendent difficile l'atteinte d'un de nos objectifs fondamentaux qui est de pousser à la dernière limite la vie des équipements.

La fréquence observée en 85-86 est pratiquement la même qu'en 84-85. En effet, cette gestion a enregistré 154 dépannages de moteurs, 100 dépannages de pompe et d'électro-pompe et 515 opérations d'entretien préventif courants sur les moteurs, pour un total de 1011 interventions, toutes opérations confondues.

Donc, si nous nous limitons uniquement aux équipements mécaniques, un cumul des interventions sur deux exercices nous donne les chiffres suivants:

- 82% des interventions sont faits sur les moteurs;
- et 18% sur les pompes.

Cette tendance de répartition des interventions peut être étendue aux autres périodes de gestion. D'autre part, nous devons souligner le fait que les interventions des sections et des équipes de base sont qualitative-ment très diversifiées et qu'au total les sections réalisent plus de 60% des activités sur le terrain.

Enfin, les interventions de dépannage sont souvent beaucoup plus coûteuses que les opérations d'entretien préventif. Donc toute amélioration de la politique d'entretien préventif conduit à une réduction substantielle des coûts de la maintenance pour autant que cette amélioration tende vers une politique optimale.

7.4/ ANALYSE DES EQUIPEMENTS

La diversité des équipements actuellement en service est une

conséquence logique de la politique de financement des projets. En effet, le Ministère de l'Hydraulique, à l'instar des autres départements ministériels, fait souvent appel à la coopération internationale pour le financement de ses projets. Or, très souvent, ce financement est acquis sous réserve de l'acceptation de clauses pas toujours favorables. C'est ainsi en fait que la DEM se voit imposer le matériel à installer d'autant plus que les études techniques sont la plupart du temps réalisées, ou tout au moins, dirigées par les cabinets désignés par les bailleurs de fonds. Malheureusement ces choix ne tiennent pas toujours compte des problèmes d'entretien et de maintenance qu'ils ne manqueront pas de poser.

Aujourd'hui, les agents de la DEM constatent par exemple que les pompes argentines ont une durée de vie réelle de loin inférieure à la valeur théorique. C'est qu'en fait ces pompes sont peu adaptées à nos besoins car conçues pour de faibles débits. Leur point de fonctionnement réel se traduit donc par une surexploitation, un rendement trop faible et une fréquence de pannes très élevée. Nous avons la même situation pour les moteurs HATZ E89 dont les dimensions sont très petites par rapport aux débits souvent élevés, et les moteurs AGROM ALSHICM qui sont des moteurs très fragiles. Il y a également les moteurs à refroidissement à eau dont les radiateurs ont une capacité trop faible par rapport aux températures tropicales; ce qui se traduit par un échauffement excessif.

En principe, l'examen des contraintes de maintenance ne doit pas avoir lieu après l'exécution des ouvrages, comme c'est le cas actuellement. Elles doivent être abordées dans la phase de conception du projet, afin que les équipements sélectionnés répondent au mieux aux besoins et aux conditions d'exploitation. Après l'exécution, il faut tout simplement s'assurer que les équipements opèrent à leur point de fonctionnement.

optimal. Cela suppose une bonne connaissance du matériel et de l'évolution de ses performances. Or, ceci n'est pas toujours le cas puisque les conducteurs de forage, qui, en réalité, sont ceux qui exploitent directement le matériel d'exhaure, ne connaissent que le strict minimum nécessaire pour assurer le fonctionnement des ouvrages (démarrage et arrêt des moteurs et pompes, alimentation en carburant et nettoyage superficiel).

Les conditions dans lesquelles nos équipements sont exploités sont très différentes de celles qui ont présidé à leur conception. Leur tropicalisation doit donc être de rigueur pour un fonctionnement normal en temps chaud et en zone poussiéreuse. Il s'ajoute à la sévérité de ces conditions, l'insuffisance de l'aération des locaux dans lesquels ces équipements sont installés. Cet aspect prend beaucoup d'importance lorsqu'il s'agit de moteurs lubrifiés par air.

Ces conditions d'opération, particulièrement sévères, ajoutées au manque de qualification du personnel exploitant et à l'insuffisance d'une maintenance préventive correcte, ont pour résultat des pannes anormalement fréquentes, des coûts de maintenance accrus, une durée de vie relativement faible et à des besoins de remplacement supérieurs à nos disponibilités financières.

Après chaque sortie, les équipes d'intervention sont tenues d'établir un rapport d'activités précisant la panne effectivement rencontrée et ses causes probables, la nature et la durée des opérations effectuées, la nature des opérations en instance ainsi que les recommandations faites au conducteur du forage. Tous ces rapports sont résumés dans un rapport final établi à la fin de chaque gestion.

L'examen de ces rapports nous a montré que les anomalies les plus courantes constatées sur les équipements sont:

- une baisse de débit;
- un pompage de sable;
- une consommation excessive d'huile;
- un échauffement du moteur
- une fuite d'huile au niveau de l'échappement;
- un manque de compression;
- une absence de refroidissement.

La plupart de ces anomalies peuvent être évitées par un entretien préventif régulier et quant elles surviennent, un diagnostic précis est en mesure de réduire les coûts de dépannage. Quant à la consommation excessive d'huile, elle est très souvent la conséquence de l'échauffement anormal du moteur. En fait il s'agit simplement d'un problème de refroidissement et de lubrification. Cette dernière fonction étant assurée par l'huile, il faut veiller à ce que cette même huile n'assure pas entièrement la fonction refroidissement qui doit revenir en priorité à l'eau ou à l'air. Pour ce faire, les caractéristiques techniques des moteurs à refroidissement par eau doivent être choisies de telle sorte que la capacité du radiateur soit suffisante pour assurer un bon refroidissement. Quant aux moteurs à refroidissement par air, il suffit de les installer dans des bâtiments dont les ouvertures permettent une bonne circulation d'air frais. Actuellement les locaux existants ont des ouvertures trop petites et souvent barricadées.

7.5/ APPROVISIONNEMENT EN PIÈCES DÉTACHÉES

L'approvisionnement en pièces de rechange est soumis à un contrôle très strict. Non seulement l'engagement des dépenses est très difficile à

obtenir, mais aussi le paiement des fournisseurs accuse souvent un retard défavorable. Pour un besoin donné, le mode d'approvisionnement est déterminé par le montant des sommes à engager. Pour moins de trois millions, il suffit d'une lettre de commande directe. Entre trois et dix millions, l'établissement de la lettre de commande est subordonné à la tenue d'une consultation restreinte. Si les sommes à engager dépassent dix millions, l'acquisition se fait sur passation de marché après appel d'offres. Depuis la mise en place d'une caisse d'avance, certains règlements sont effectués à l'enlèvement.

Actuellement, cet approvisionnement est soumis à deux contraintes: les disponibilités financières et le choix des fournisseurs. En effet, l'acquisition des pièces de rechange souffre beaucoup de l'insuffisance des moyens financiers disponibles mais aussi de la diversité des types d'équipement et de la pauvreté du marché local. En effet, certains représentants locaux de marques étrangères (cas des moteurs "DIEUTZ-ARGENTINE") se trouvent souvent, eux-même, en rupture de stock. Ce qui rend problématique l'acquisition des pièces de rechange quand le besoin se fait sentir.

D'autre part, ces pièces sont stockées actuellement dans les magasins centraux de la DEM (à Louga). Avec la nouvelle répartition géographique des forages, cette excentricité rend plus difficile l'approvisionnement des sites d'exploitation. Il importe donc de transférer ces magasins dans un site aussi proche des unes que des autres sections.

L'approvisionnement des forages à partir des sections est très difficile et lent du fait des distances à parcourir et de la modicité des moyens logistiques. Il serait donc intéressant de mettre à la disposition des conducteurs de forage un petit lot de pièces d'usure courante et de leur

apprendre à procéder aux petits remplacements au cours de leur stage au centre de formation de Louga. Ceci éviterait aux forages de devoir fonctionner avec des anomalies et réduirait les charges de travail des sections; d'où une nouvelle source d'économie sur les frais de maintenance.

CHAPITRE 8

PROPOSITIONS ET RECOMMANDATIONS

Dans le chapitre 7, nous avons tenté de faire une analyse critique des divers aspects de la politique de maintenance en vigueur, tels que nous les avons appréhendés. Ces propositions font suite à cette analyse et s'inscrivent dans les limites de ces appréhensions. D'autre part, elles s'inspirent des mêmes objectifs que ceux qui ont guidé l'analyse de la situation actuelle.

8.1/ CHOIX DES EQUIPEMENTS

Tout système de maintenance, pour être efficace, doit reposer sur une parfaite connaissance du matériel à entretenir. D'autre part, le choix d'un équipement adapté résout en grande partie les problèmes de maintenance.

Dans notre cas, les améliorations possibles pour l'avenir, sont de deux ordres. Elles consistent à limiter la diversité des équipements motorisés et à choisir des équipements adaptés aux conditions climatiques et aux exigences du terrain.

Une telle démarche a pour avantages:

- une standardisation du matériel ;
- une réduction du nombre d'interventions;
- une plus grande souplesse dans la gestion des stocks (moteurs, pompes et pièces détachées);
- une politique de maintenance plus flexible;
- et une spécialisation du personnel d'intervention.

8.1.1: Choix des moteurs

En dehors des caractéristiques techniques (puissance, vitesse, consommation spécifique, ...), une attention particulière doit être accordée au comportement en température tropicale et en atmosphère poussiéreuse. En effet, ces conditions font qu'un échauffement anormal du matériel, et particulièrement de la chambre de combustion, est la principale cause d'arrêt des moteurs. Cet échauffement a pour conséquence directe une consommation excessive d'huile du fait que cette dernière, en plus de sa fonction de lubrification, assure un rôle de refroidissement. Cet échauffement produit aussi une usure prématurée des chemises et des segments.

Le manque de compression est aussi une cause d'arrêt souvent constatée. Cette avarie est due, en partie à l'usure des segments.

Ainsi, nous constatons que les arrêts de moteur sont en grande partie liés aux systèmes de lubrification et de refroidissement.

Un autre critère de choix est donc le mode de refroidissement des moteurs. Les systèmes classiques sont le refroidissement par eau et le refroidissement par air.

Si le refroidissement par eau a l'avantage d'être plus régulier et même plus efficace, il est aussi celui qui présente le plus d'inconvénients car l'ennemi principal du moteur diesel, c'est l'eau et les impuretés qui l'accompagnent. En plus du coût de l'eau utilisée, il faut souligner l'action corrosive de celle-ci sur les éléments métalliques et surtout sur le radiateur. D'autre part, si le moteur n'est pas conçu pour un climat tropical, la capacité du réservoir d'eau peut s'avérer insuffisante pour assurer un bon refroidissement.

En revanche, le refroidissement par air utilise un élément gratuit et dont l'agressivité est beaucoup moins grande que celle de l'eau. En plus, son utilisation simplifie l'entretien du moteur. Le critère du bruit ayant peu d'influence dans le cas de nos applications, nous suggérons qu'à l'avenir, la préférence soit accordée aux moteurs à refroidissement par air. Il faudra alors veiller à ce que les locaux qui abritent les groupes de pompage aient une emmenée d'air frais suffisante pour un refroidissement correct.

6.1.2: Choix des pompes

Par rapport aux pompes en surface, l'installation des électropompes présente plusieurs avantages parmi lesquels un entretien infime et une augmentation de la durée de vie du groupe de pompage. Un autre avantage est la protection contre les interventions intempestives.

Cependant, la maintenance de ces pompes exige de solides connaissances en électromécanique et en électrotechnique. Or, le personnel exécutant de la DEM est très peu qualifié dans ces domaines. Par contre, cette direction a hérité de l'ancienne Subdivision de l'Outillage Mécanique Hydraulique plus de 40 années d'expérience avec les pompes à axe vertical.

Nous suggérons à la DEM d'éviter de se lancer dans l'acquisition d'électropompes puisque ces dernières exigent une disponibilité technique que son personnel ne possède pas encore.

Toutes ces suggestions visent à résoudre certains problèmes de maintenance au moment même de la conception des projets. En effet, il s'agit de rechercher le matériel répondant aux besoins et aux conditions d'exploitation et non de chercher plus tard à adapter le fonctionnement à un

matériel choisi à priori. Pour ce faire, il importe de trouver les voies et moyens susceptibles de renforcer la contribution des services nationaux au choix des équipements lors de la conception des projets financés par la coopération internationale. Une telle situation aurait par ailleurs l'avantage de faciliter l'approvisionnement en pièces de rechange et la gestion des stocks.

6.2/ PRATIQUE DE L'ENTRETIEN

Actuellement, les tournées pour entretien préventif sont programmées mensuellement. La planification des réparations est faite suivant le nombre de pannes en instance et un calendrier d'interventions est établi pour chaque mois. Mais la réalité, c'est que la DEM n'a pas les moyens de cette politique, et ces calendriers ne peuvent donc point couvrir toutes les pannes en instance. Aussi, il arrive que certains forages restent longtemps à l'arrêt.

Il n'est pas besoin de revenir ici sur la nécessité de mettre en oeuvre les moyens requis pour la satisfaction de ces plans.

Par souci d'éviter les arrêts de longue durée et qui ne se justifient pas par le seul manque de moyens, il importe que les décisions d'intervention soient prises exclusivement à partir de critères techniques. Autrement dit, il faut tenter de libérer cette politique des pressions de nature politique ou religieuse. Il est possible cependant de surseoir à cette proposition en cas d'événements particuliers (gamou, magal ou autres événements de ce genre).

D'autre part, il serait intéressant, à notre avis, de mettre à la disposition des conducteurs de forage un stock d'outils et de petites pièces

de rechange afin qu'ils puissent remédier aux petites anomalies. Par exemple, ils pourraient ainsi reserrer des boulons, remettre sous tension des courroies de transmission ou remplacer des filtres usés avant la limite. Actuellement, ces travaux ne sont effectués que lors du passage des équipes de section. Or, le fonctionnement du forage se poursuit entre temps; ce qui aggrave les dommages ultérieurs.

Pour améliorer le suivi de l'entretien et le contrôle des performances des équipements, il faut veiller à ce que les conducteurs de forage mentionnent effectivement le passage des équipes d'intervention et accordent un soin particulier à la tenue des carnets de pompage.

De façon générale, la pratique de l'entretien dans un cadre administratif est beaucoup plus soumise aux disponibilités financières qu'aux exigences de l'efficacité et de la rentabilité.

Généralement, chaque constructeur établit pour ses produits un plan de maintenance basé sur le nombre d'heures de fonctionnement. Mais dans la pratique, et surtout dans notre cas, il est difficile de déterminer la durée de fonctionnement effective d'autant plus que les carnets de pompage sont mal tenus. Pour cette raison et compte tenu des conditions particulières d'exploitation, nous suggérons au Bureau des Etudes et de la Programmation de confectionner des cahiers d'entretien qui serviront de référence à la planification et à l'exécution des opérations de maintenance. Ces documents devront préciser, pour chaque type d'engin:

- les détails de chaque opération (nature, rang séquentiel, moyens nécessaires, ...);
- la fréquence des opérations à périodicité;
- la durée standard d'exécution de chaque opération.

Le but de ces documents est d'établir un planning et un programme de charge de travail aussi bien pour les sections que pour la Division de la Maintenance.

Des temps d'intervention bien définis et des cahiers d'entretien complets contribueront inéluctablement à une utilisation rationnelle des moyens humains et matériels.

Le niveau d'entretien à adopter dépend du degré de complexité des opérations à effectuer.

Actuellement, le premier niveau, qui englobe toutes les opérations d'entretien préventif, est effectué par les sections régionales. Les deuxième et troisième niveaux (interventions spécialisées et révisions générales) sont à la charge de la division de la maintenance.

Pour notre part, nous estimons que les sections régionales doivent continuer à effectuer les opérations d'entretien préventif.

Par contre, les activités de la division de Louga doivent être décentralisées. Ainsi, les ateliers de Louga pourraient se limiter à l'exercice du deuxième niveau d'entretien qui regroupe les grosses réparations et les interventions pour lesquelles les sections régionales ne sont pas équipées.

Le troisième niveau d'entretien, constitué des opérations de révision générale, sera à la charge de l'atelier que nous proposons d'installer à Diame Niadio.

D'ailleurs, ce site pourrait également servir de lieu d'entreposage des pièces de rechange et des équipements de remplacement.

6.3/ GESTION DES PIÈCES DE RECHANGE

Pour étudier la rentabilité d'un système de maintenance, il faut, entre autre, avoir une idée précise de la consommation de pièces de rechange et du coût engendré par l'arrêt d'un équipement.

Financièrement, il s'agit de voir si le manque à gagner produit par les arrêts de forages est suffisant pour justifier un niveau de stock permettant d'éviter ces arrêts.

Cependant, notre système de production privilégie actuellement l'aspect social sur l'aspect rentabilité financière. Par conséquent, la maintenance ne doit pas souffrir d'un manque de pièces de rechange, même si les coûts de stockage doivent être relativement élevés.

La gestion des pièces de rechange peut être examinée à trois niveaux.

6.3.1: Approvisionnement

C'est le niveau le plus important et le point de départ de la procédure. Toute amélioration doit être axée sur la recherche de financement et sur le choix des fournisseurs. Ce dernier point est celui sur lequel la DEM peut intervenir de manière effective.

Une solution possible (solution No 1) est d'intervenir au niveau du choix initial des équipements à installer, dans le sens d'une véritable standardisation du matériel.

Une autre alternative (solution No 2) est d'intervenir directement au niveau des fournisseurs pour exiger que leurs représentants locaux s'engagent à satisfaire la demande de la DEM en pièces d'usure courante.

Cette alternative vise à éviter la rupture de stock au niveau même des fournisseurs.

L'évaluation qualitative de ces solutions est donnée ci-dessous.

SOLUTION No 1:

Avantages

La standardisation du matériel

- limite les choix de fournisseurs;
- réduit les coûts d'acquisition (achats, frais de commande et de transport);
- assouplit la politique de commande;
- limite la diversité des équipements;
- permet une meilleure gestion des stocks de pièces;
- assouplit la politique de maintenance.

Inconvénients

En revanche, cette standardisation entraîne:

- des difficultés éventuelles de commande de faibles quantités en urgence;
- un risque de conflit entre la DEM et les bailleurs de fonds;

SOLUTION No 2:

Avantages

L'intervention au niveau des fournisseurs

- évite les ruptures de stock;
- permet un contrôle direct des fournisseurs locaux;
- facilite les commandes en urgence.

Inconvénients

Cette intervention

- favorise une diversité des équipements;
- ne permet pas de se départir des lourdeurs dans la gestion de nos stocks;
- ouvre la voie aux improvisations des commandes.

En comparant ces deux solutions, nous voyons que la première est qualitativement la meilleure. Malgré les difficultés et les débats qu'elle ne manquera pas de soulever, c'est elle que nous proposons à la DEM d'adopter. Il s'agira alors de faire de la maintenance, en général, un cheval de bataille dans les négociations de financement des projets.

8.3.2: Gestion et distribution des pièces détachées

Vue l'importance des pièces de rechange et les difficultés rencontrées actuellement dans l'approvisionnement des sites d'exploitation, nous proposons de procéder à une décentralisation du stockage de ces pièces. Pour ce faire, l'implantation d'un magasin de stockage à Diame Niadio est un choix tout indiqué.

Ce site est proche de la capitale où les lots de pièces sont réceptionnés et d'où ils sont acheminés vers Louga, lieu de stockage actuel. De par sa position géographique, ce site constitue aussi un point stratégique pour les réseaux de distribution. En fait, c'est un centre névralgique à partir duquel toutes les destinations peuvent être atteintes sans difficultés majeures (trajets raccourcis, gains de temps considérables).

Le site de Diame Niadio servira ainsi de magasin central pour l'entreposage des pièces de rechange et des équipements de remplacement et d'atelier pour les opérations de révision générale des équipements d'exhaure.

Nous proposons aussi de mettre à la disposition de la division de la maintenance un micro-ordinateur qui permettrait, entre autre, d'informatiser l'approvisionnement et la gestion des stocks.

Cette proposition, si elle est mise en oeuvre, permettrait de redynamiser ce secteur en améliorant le système de gestion et en assurant un suivi plus régulier des consommations de pièces. Dans cette activité, nous trouvons que la DEM doit acquérir plus d'autonomie vis-à-vis des pouvoirs publics. Le but recherché par là est de la libérer des lourdeurs administratives afin de simplifier les circuits de commande.

8.4/ MOYENS D'INTERVENTION

Comme il a été montré au chapitre 7, les moyens actuellement mis en oeuvre sont loin d'être à la hauteur du niveau requis pour une maintenance correcte des matériels d'exhaure motorisés. Etant donné que la tendance est à l'augmentation des forages, la seule solution viable est de faire suivre cette évolution par un accroissement des moyens d'intervention.

Nos propos à ce sujet vont donc dans le sens d'une résorption du déficit en personnel estimé par la DEM à 325 agents pour la gestion en cours.

L'augmentation des moyens humains est fortement conditionnée par l'allocation de ressources financières supplémentaires. L'exploitation et l'entretien d'un forage nécessitent actuellement un budget de l'ordre de 5.5 millions FCFA par an, si l'on ne tient pas compte des frais de renouvellement du matériel.

D'autre part, toute augmentation du personnel d'intervention, si elle n'est pas suivie par celle des moyens logistiques, provoquerait une

chute du taux d'occupation de la main d'oeuvre. Donc, les moyens humains, matériels et financiers devront être réajustés simultanément. Or, le statut public de la DEM, ne peut pas, à l'heure actuelle, permettre la mobilisation de ressources suffisantes pour réduire l'écart entre les charges de travail et la disponibilité des moyens d'exécution. Il apparaît ainsi l'urgence de mettre sur pied un organe indépendant pour l'entretien des forages.

La circulation et le traitement de l'information sont des supports essentiels à l'exercice d'une maintenance décentralisée. Pour améliorer l'état actuel de ces éléments, l'informatisation demeure indispensable.

La DEM dispose actuellement d'un réseau radiophonique et à l'échelon central d'un micro-ordinateur. Pour compléter ce réseau, nous proposons de doter la division de Louga d'un outil similaire.

Qualitativement parlant, cette informatisation présente beaucoup d'avantages dont:

- la mise sur fichier de toute les informations relatives à la maintenance et aux équipements;
- la réduction de l'espace de stockage des données et des informations;
- un meilleur suivi de la politique de maintenance;
- un assouplissement de la gestion des stocks;
- une meilleure connaissance du patrimoine géré;
- un contrôle renforcé de l'utilisation des ressources mises en oeuvre;
- et une recherche d'informations plus simple et plus rapide.

Enfin, nous recommandons fortement de profiter des opportunités fournies par l'évolution du contexte socio-économique en milieu rural pour généraliser la création des comités de gestion. En plus de sa susceptibilité de réduire substantiellement les difficultés de la DEM, cette solution

aura l'avantage d'enclencher un nouveau processus de développement dans les villages.

Pour le moyen et le long terme, la création d'une société d'exploitation et d'entretien des forages ruraux, à l'image de la SONEES pour les forages urbains, demeure l'unique solution viable.

6.5/ CREATION DE NOUVELLES SECTIONS DE FORAGE

La décentralisation opérée dans l'exercice de la maintenance a permis jusqu'alors de contrôler presque toutes les localités possédant un forage. Mais, cette couverture est rendue de plus en plus difficile par l'expansion du réseau de forages et la dispersion géographique de ces ouvrages. Une septième section régionale, celle de Diourbel, a été mise sur pied en 1988 pour améliorer la couverture du réseau. Mais cela n'a pas résolu entièrement le problème d'autant plus que cette section fonctionne encore au ralenti avec seulement trois agents au niveau de la base.

Pour le moment, nous proposons la création de deux nouvelles sections qui seront implantées à Fatick et à Kolda. La première couvrirait la région administrative de Fatick et les arrondissements de Thidiaye et Fissel (Région de Thiès). La deuxième couvrirait les régions administratives de Ziguinchor et Kolda.

La réalisation de cette proposition a pour objectif de réduire les charges de travail de la section de Kaolack, et de renforcer la décentralisation des activités de maintenance.

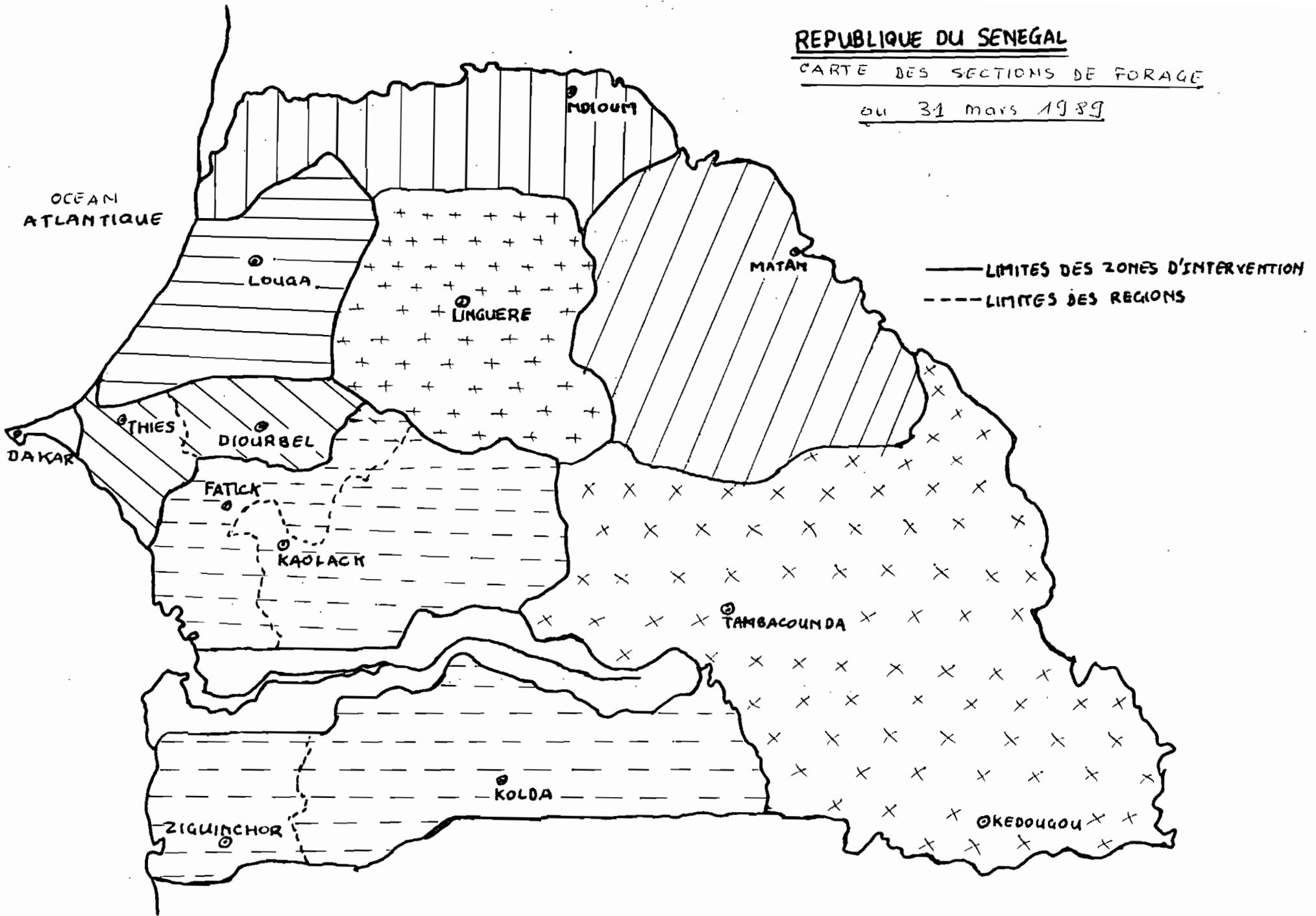
Avec ces nouvelles sections, le découpage sera celui que nous présente la carte donnée ci-après.

L'investissement relatif à ces deux sections correspond aux frais à engager pour la construction des bâtiments (ateliers et bâtiments administratifs), l'achat de moyens logistiques et la fourniture des équipements des bureaux et des ateliers.

REPUBLIQUE DU SENEGAL

CARTE DES SECTIONS DE FORAGE

au 31 mars 1989

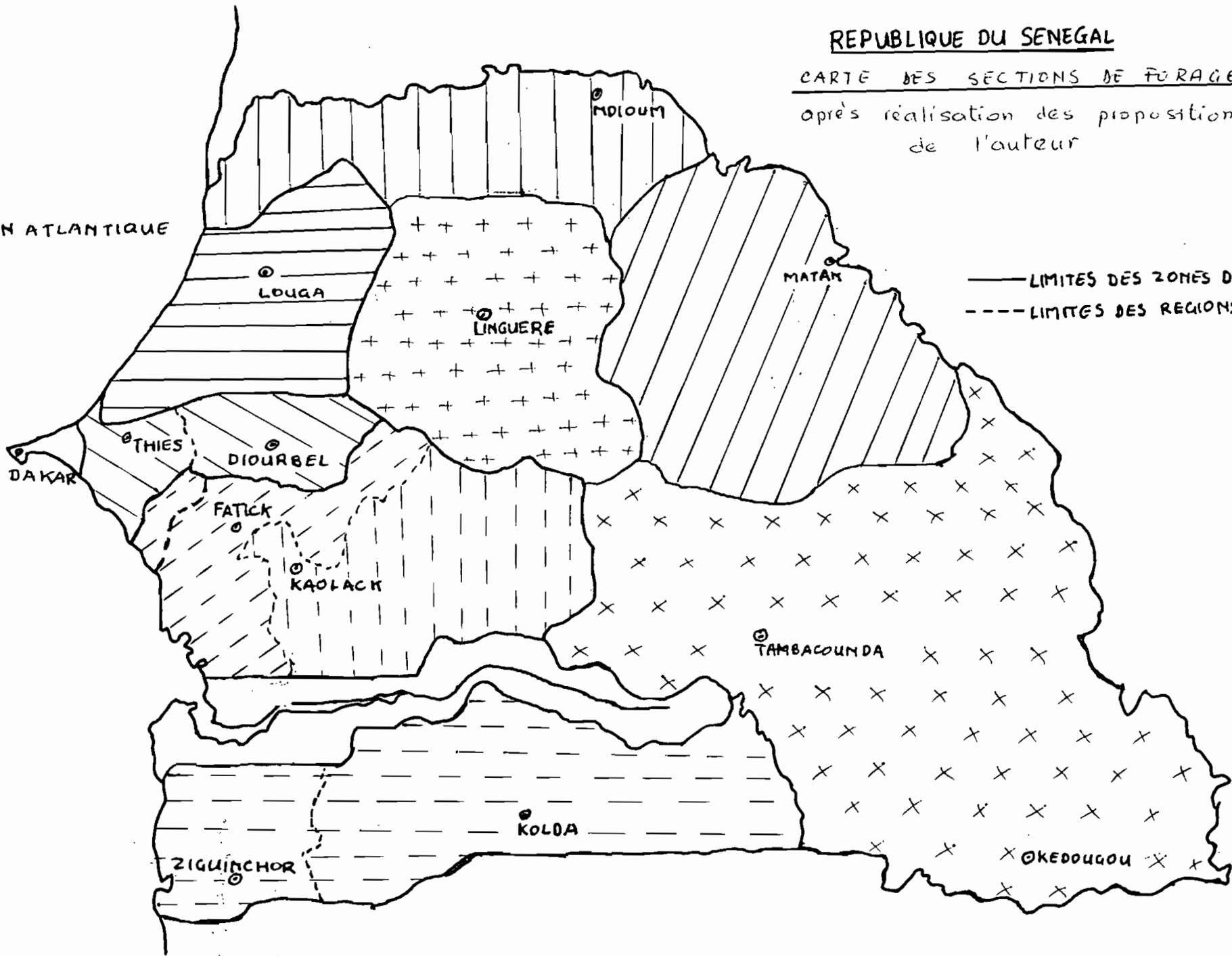


REPUBLIQUE DU SENEGAL

CARTE DES SECTIONS DE FORAGE

après réalisation des propositions
de l'auteur

Océan Atlantique



— LIMITES DES ZONES D'INTERVENTION

- - - LIMITES DES REGIONS

CONCLUSION

Les analyses menées au cours de ce projet n'ont pas la prétention d'être exhaustives. Néanmoins, nous avons tenté de faire un tour d'horizon assez complet des différentes réalités que vivent la Direction de l'Entretien et de la Maintenance et ses divers organes d'exécution.

Les analyses contenues dans la première partie nous ont emmenés à constater d'une part le rythme élevé auquel s'accroît le patrimoine de forages et la diversité des équipements motorisés dont sont dotés ces ouvrages; et d'autre part l'évolution favorable du contexte socio-économique en milieu rural pour la prise en charge des coûts récurrents par les usagers.

L'essentiel de ce travail a été consacré à l'étude de la problématique de l'entretien et de la maintenance des forages motorisés. A cet effet, l'analyse a tourné autour de l'organisation structurelle de la D.E.M., du système de maintenance en vigueur et des moyens humains, matériels et financiers engagés pour la réussite de sa mission.

Sans revenir sur les détails de nos analyses, nous pouvons retenir qu'en réalité, toutes les difficultés rencontrées par la DEM sont le résultat de l'insuffisance des moyens financiers mis en oeuvre et du personnel disponible.

En effet, outre le manque chronique de moyens logistiques, nous avons noté que les besoins financiers ne sont satisfaits qu'à 34% environ et que le personnel disponible n'est que de l'ordre de 36% de l'effectif requis.

Ces chiffres traduisent à eux seuls l'urgence de sortir la DEM de sa situation actuelle sous peine de la paralyser face à ses attributions.

Or, l'importance des sommes investies dans la réalisation des forages interdit toute négligence dans leur entretien.

Ainsi, nos recommandations vont d'abord dans le sens d'une plus grande considération de l'aspect "maintenace" dans la conception des projets.

Nous demandons ensuite qu'un effort particulier soit fait en ce qui concerne les moyens humains et logistiques.

A l'heure où l'austérité est de rigueur, nous insistons fortement sur la nécessité de mettre en place une société nationale, à l'image de la SONEES, pour l'exploitation et l'entretien des forages ruraux.

ANNEXE A

PRESENTATION DE LA DEM

La Direction de l'Entretien et de la Maintenance (DEM) est créée par le décret No 83-1322 du 27 décembre 1983. Elle était alors chargée:

- d'opérer la refonte de la Subdivision de l'Outillage Mécanique Hydraulique (SOMH), dont les compétences étaient dépassées par l'évolution des équipements, et par la suite, orienter et contrôler ses activités;

- de participer, en collaboration avec la Direction de l'Hydraulique Rurale et la Direction des Etudes Hydrauliques, aux choix d'ouvrages et d'équipements ruraux;

- de calculer les charges récurrentes des projets et de déterminer les modalités de participation financière des bénéficiaires des ouvrages réalisés;

- de sensibiliser les populations sur l'importance d'une bonne conservation des installations mises à leur disposition, et de les inciter à une utilisation rationnelle de ces dernières;

- de veiller au bon fonctionnement et à l'entretien des matériels hydrauliques mis en place;

- de suivre les questions afférentes aux différents bailleurs de fonds internationaux.

Pour remplir cette importante mission, la DEM est dotée d'une structure comprenant:

- une division de l'exploitation;
- une division de la maintenance;
- un bureau d'études et de la programmation;
- un bureau de gestion;
- et des sections régionales.

I - LA DIVISION DE L'EXPLOITATION

Elle est chargée :

- de suivre les équipements et les ouvrages,
- de sensibiliser les populations sur l'importance d'une bonne conservation des installations mises à leur disposition,
- d'encadrer et de contrôler les comités de gestion de forage,
- d'élaborer et de mettre en oeuvre les programmes d'entretien préventif des équipements et ouvrages hydrauliques gérés par la DEM,
- de ravitailler en carburant et lubrifiant les stations de pompage,
- de coordonner et de superviser les activités des sections régionales,
- de veiller au bon fonctionnement des équipements.

II - LA DIVISION DE LA MAINTENANCE

Basée à Louga, cette division est chargée:

- de l'organisation et du fonctionnement des ateliers, magasins et unités lourdes d'intervention,
- des grosses réparations à effectuer sur les pompes et moteurs de forages, sur les engins, les ouvrages et sur les réseaux d'adduction d'eau potable,
- des révisions générales des moteurs, engins et autres équipements,
- de l'approvisionnement en pièces détachées, matériaux de construction,

outillage et équipements d'intervention divers de l'ensemble des structures de la DEM,

- de la réalisation en régie de travaux neufs, d'équipement de points d'eau ou d'extension de réseaux,
- de la formation et du perfectionnement des conducteurs de forages et du personnel d'intervention,
- de l'établissement, en rapport avec la division de l'exploitation, du programme d'activités des ateliers et des équipes d'intervention lourde.

III - LE BUREAU D'ETUDES ET DE LA PROGRAMMATION

En étroite collaboration avec la Direction des Etudes Hydrauliques et la Direction de l'Hydraulique Rurale, ce bureau est chargé:

- de participer aux choix des ouvrages et équipements hydrauliques,
- d'effectuer toute étude d'amélioration de la productivité ou de rationalisation des types de matériel et des conditions d'utilisation,
- de calculer les charges récurrentes des projets de réalisation et de remplacement d'équipements,
- de proposer en rapport avec la Division de l'Exploitation, les taux de participation financière des bénéficiaires des ouvrages installés,
- d'élaborer les textes régissant l'organisation de l'exploitation et de la gestion des installations hydrauliques en milieu rural, et d'en suivre l'application,
- de veiller à la tenue des fichiers d'ouvrages et d'équipements, à la mise à jour et à l'exploitation des données statistiques,
- d'établir le programme global de la direction, son tableau de bord et ses activités de contrôle de gestion,
- de veiller à la bonne circulation de l'information,
- de suivre les questions afférentes à la coopération internationale.

IV - LE BUREAU DE GESTION

Il travaille en étroite collaboration avec les autres cellules de la DEM. En rapport avec ces cellules, il est chargé:

- d'élaborer les prévisions budgétaires de la direction,
- d'exécuter et de suivre les opérations financières,
- de gérer les crédits de fonctionnement et de tenir la comptabilité matière,
- de suivre la comptabilité analytique d'exploitation,
- de gérer le personnel et les services généraux,
- de fournir les éléments administratifs et financiers du tableau de bord.

V-LES SECTIONS REGIONALES

Elles sont au nombre de sept et sont placées sous l'autorité du chef de la Division de l'Exploitation. Elles constituent le maillon le plus proche des usagers et sont chargées directement:

- du suivi, de l'inspection et de l'entretien périodique des équipements et ouvrages en service,
- de l'encadrement et du contrôle des conducteurs de forages et des comités de gestion,
- des réparations courantes et des diagnostics de panne,
- de veiller à la bonne tenue des carnets de pompage et au bon fonctionnement de l'ensemble des installations en service.

Ces sections sont implantées à Louga, Kaolack, Linguère, Matam, NDioum, Tambacounda et Diourbel. Ce sont les structures qui opèrent la décentralisation réelle des activités de la Direction de l'Entretien et de la Maintenance.

ANNEXE B

LA CONCESSION DES FORAGES

A l'heure actuelle, plus de quatre cents forages motorisés sont exploités au Sénégal. Nous avons les forages publics qui sont réalisés et entretenus par les soins de l'Etat et les forages appartenant au domaine privé.

Dans le domaine du service public, deux formes d'exploitation sont appliquées en ce moment: la régie directe et la concession.

En régie directe, l'Etat exécute les forages et se charge de les gérer lui-même, en engageant les fonds nécessaires à leur acquisition et à leur exploitation.

En concession, la phase d'exécution est la même qu'en régie directe. L'exploitation et la gestion des ouvrages sont alors confiées à un organisme indépendant qui s'engage à assurer un service permanent de l'eau en engageant les moyens susceptibles de garantir une gestion correcte de l'ouvrage.

Au Sénégal, on distingue trois types de concessionnaires:

- les Groupements d'Intérêt Economique (GIE),
- les Comités de Gestion,
- et la Société Nationale d'Exploitation des Eaux du Sénégal (SONEES).

I - RAPPORTS CONTRACTUELS ETAT-GIE

Jusqu'à date, seuls quelques forages de la zone sylvo-pastorale ont été cédés à des GIE car ces forages pastoraux assurent l'approvisionnement en eau d'un cheptel important.

Le Groupement d'Intérêt Economique est doté de la personnalité civile et peut être créé par deux ou plusieurs personnes sans qu'il soit nécessaire de constituer une société de type classique et sans l'apport d'aucun capital propre.

Pour être membre d'un groupement, il faut satisfaire les conditions suivantes:

- résider depuis au moins trois ans dans un rayon de quinze kilomètres autour du forage,
- être propriétaire et exploiter par soi-même du bétail comportant dix vaches en âge ou en état de reproduction, ou tout autre patrimoine équivalent,
- être engagé physiquement et financièrement dans un projet de développement se déroulant dans le territoire desservi par le forage.

Dans la structure du groupement, il est stipulé que:

- par lui-même il ne réalise pas de bénéfices qui sont acquis directement par ses membres,
- ses membres sont tenus des dettes de celui-ci sur leur patrimoine propre,
- il n'est pas assujéti à l'impôt.

Le groupement s'engage à assurer la gestion et l'exploitaion du forage, dans l'objectif de maintenir un équilibre permanent entre la capacité d'exhaure du forage, les besoins des usagers qui le fréquentent et la productivité des pâturages qu'il desssert.

Un cahier de charges, annexé au decret portant concession de la gestion et de l'exploitation des forages pastoraux, définit les relations contractuelles entre la DEM et le GIE. Ces relations tournent essentiellement autour des points suivants:

- trois mois avant le début de chaque exercice, le GIE concessionnaire élabore un programme de production d'eau qu'il soumet pour approbation au Ministère de l'Hydraulique,
- les services techniques compétents de ce ministère établissent annuellement un inventaire des équipements et infrastructures mis à la disposition du concessionnaire,
- les projets d'aménagement et d'équipement hydrauliques autre que ceux nécessaires au fonctionnement correct des installations d'exhaure sont soumis à l'approbation des services techniques du ministère de tutelle,
- le contrôle technique du fonctionnement des GIE est assuré par les services compétents du Ministère de l'Hydraulique,
- l'autorité concédante s'engage à porter assistance au concessionnaire en cas de besoin.

II - RELATIONS ETAT-SONEES

La concession des forages à la SONEES est encore limitée, conformément à sa vocation, à la gestion des réseaux urbains et semi-urbains.

Créée en 1973, la SONEES est une Société d'Economie Mixte administrée par un conseil d'administration dont les prérogatives sont très larges. Ce statut lui confère une grande autonomie dans la gestion de son fonctionnement et une grande liberté d'action.

Sa principale attribution est de garantir la sécurité et la permanence de l'alimentation en eau des populations desservies.

III - LES COMITES DE GESTION

La création des comités de gestion au niveau des forages ruraux a

été initiée par la circulaire interministérielle en date du 9 janvier 1984.

En réalité, ces structures servent à réglementer la participation des usagers à la gestion de leur forage. Ainsi, on retrouve un comité de gestion au niveau de chaque forage.

Ces comités sont mis en place à l'issue d'assemblées générales de tous les usagers du forage; suivant un cadre précisé dans la circulaire sus-visée.

Chaque comité est dirigé par un bureau composé essentiellement d'un président, d'un vice-président, d'un trésorier et d'un surveillant général. Le rôle du bureau est d'animer l'action des usagers pour une gestion adéquate de leur point d'eau.

Ces comités sont encadrés et contrôlés par les agents de la Division de l'Exploitation de la Direction de l'Entretien et de la Maintenance. Leurs contributions financières servent à rémunérer les conducteurs de forage, à acheter du carburant, du lubrifiant et quelques petites pièces d'usage courant.

ANNEXE C

MOYENNE JOURNALIERE DE POMPAGE

Les carnets de pompage étant très mal tenus par les conducteurs de forage, il est assez difficile de connaître exactement le nombre d'heures de pompage.

Pour les besoins de notre travail, nous avons estimé la moyenne de pompage à partir des données du tableau ci-dessous. Les localités considérées sont situées dans la zone du Ferlo où nous avons les besoins en eau les plus importants à cause du cheptel.

Localité	Mois de mars 86 Nombre d'heures		Mois de mai 86 Nombre d'heures	
	total	par jour	total	par jour
Boki Diwe	163	5.3	303	9.8
Kothiedie Aere	96	3.1	122	3.9
Mbar Toubab	181	5.8	250	8.1
Niassante	147	4.7	132	4.2
Tessekre	284	9.2	465	15
Yare Lao	87	2.8	75	2.4

Ainsi, nous avons une moyenne de 5.15 h pour le mois de mars et 7.2 h pour mai. Cela nous donne une moyenne journalière de 6.2 heures de pompage, d'où l'hypothèse de 6 heures que nous avons considérée.

ANNEXE D

CARACTERISTIQUES DE QUELQUES MOTEURS DE LA DEM

Ces moteurs sont ceux qui sont mentionnés dans le tableau 13 du rapport.

Nous avons ici les caractéristiques qui nous ont permis d'évaluer les consommations de carburant et d'huile dans les équipements.

Marque	Type	Consommation spécifique (l/h)	Vidange	
			Capacité(l)	Périodicité(h)
DEUTZ	F3L912	5.5	8	125
	F5L912	9	12	125
	F2L511	5.5	3.5	125
	F1L511	2.84	2.4	100
HATZ	E80	0.5	2.5	150
LISTER	HRW2	3.5	11	125
	HRW3	5	15	125
CERES	P25	5.6	8	100

BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES

- (1) SOMH, Rapports annuels, de 1972 à 1977
- (2) DEM, Rapports annuels, de 1983 à 1986
- (3) BENEDETTI G., Introduction à la gestion des opérations,
Edition: Moundia, 1983
- (4) LYONNET P., La maintenance: mathématiques et méthodes,
Edition: Lavoisier, 1986
- (5) EPT, Polythiès No 3 , Juin 1987
- (6) GAUTIER A. et SY S.B. Evaluation de potentiels éolien et solaire
au Sénégal,
CERER, Université CAD de Dakar, octobre 1983
- (7) LAMBERT C. Rapport d'enquête sur les éoliennes FIASA au Sénégal,
CERER-CECI, Université CAD de Dakar, Mars 1987