

6 4 . 1

4 H Y

COMITÉ PERMANENT INTER-ÉTATS
DE LUTTE CONTRE LA
SÉCHERESSE DANS LE SAHEL
CILSS

ORGANISATION DE COOPÉRATION
ET DE DÉVELOPPEMENT
ÉCONOMIQUES
OCDE

CLUB DU SAHEL

SAHEL D(83) 209 - Résumé

DIFFUSION GENERALE

L'HYDRAULIQUE VILLAGEOISE
DANS LES PAYS MEMBRES DU CILSS
LES COÛTS RÉCURRENTS

RESUME EXECUTIF

LIBRARY
INTERNATIONAL REFERENCE CENTRE
FOR COMMUNITY WATER SUPPLY AND
SANITATION (IRC)



F. KABORE/J. DURAND

Décembre 1983

264.1-84Hy-5785

TABLE DES MATIERES

	<u>Pages</u>
AVANT-PROPOS	1
INTRODUCTION	3
RESUME EXECUTIF	5
PARTIE I - CONSIDERATIONS GENERALES	5
1. Le concept de l'hydraulique	5
1.1 L'hydraulique rurale	5
1.1.1 L'hydraulique villageoise	5
1.1.2 L'hydraulique pastorale	5
1.2 L'hydraulique urbaine	5
2. Problématique de base de l'hydraulique villageoise	6
3. Conception générale des "Charges Récurrentes" du secteur hydraulique villageoise	6
3.1 Généralités	6
3.2 Le concept des charges récurrentes dans les projets d'hydraulique villageoise	6
3.3 Les dépenses de développement	7
3.4 Les charges récurrentes	7
3.5 Le coefficient de charges récurrentes	8
3.6 Interprétation des coûts d'investissements et des charges récurrentes en hydraulique villageoise	8
PARTIE II - ANALYSE DES DIVERS COÛTS EN HYDRAULIQUE VILLAGEOISE ET METHODOLOGIE D'EVALUATION DE CES COÛTS	9
4. Analyse des coûts d'investissements en hydraulique villageoise dans les pays du Sahel	9

5. Analyse des "Charges Récurrentes" en hydraulique villageoise, dans les pays du Sahel	13
5.1 Les charges récurrentes reliées à "l'entretien des ouvrages"	13
5.1.1 Les charges récurrentes reliées à l'entretien des puits	13
5.1.2 Les charges récurrentes reliées à l'entretien des "forages villageois"	13
5.2 Les charges récurrentes reliées à l'entretien et au fonctionnement des "moyens d'exhaure" en hydraulique villageoise	13
5.2.1 Entretien et fonctionnement de l'"exhaure traditionnelle"	13
5.2.2 Entretien et fonctionnement des pompes d'exhaure à motricité humaine (exhaure manuelle) en hydraulique villageoise	14
5.2.3 Coût spécifique des "pièces détachées" des pompes d'exhaure à motricité humaine	14
5.2.4 Coût de l'intervention des structures d'entretien	14
5.2.5 Entretien et fonctionnement de l'exhaure motorisée (motopompes à énergie conventionnelle)	14
5.3 Les charges récurrentes reliées au renouvellement (amortissement) des installations en hydraulique villageoise	21
5.3.1 Charges récurrentes du renouvellement des ouvrages	21
5.3.2 Charges récurrentes du renouvellement des "moyens d'exhaure" et installations annexes	22
6. Méthodologie d'évaluation moyenne des charges financières futures dans les programmes en hydraulique villageoise	23
6.1 Estimation "moyenne" du nombre de points d'eau villageois requis	23
6.1.1 L'unité démographique	24
6.1.2 Besoin théorique en points d'eau villageois dans un échantillonnage de pays sahéliens	24

6.2 Estimation, selon l'approche régionale, du coût des programmes futurs en hydraulique villageoise	25
6.2.1 Estimation des coûts moyens d'investissements	25
6.2.2 Estimation des charges récurrentes moyennes des programmes futurs en hydraulique villageoise (approche régionale)	26
6.2.3 Estimation méthodique "coût/année" des charges récurrentes des programmes en hydraulique villageoise	26
PARTIE III - LES ENERGIES NOUVELLES ET RENOUEVABLES COUTS ET UTILISATION EN HYDRAULIQUE VILLAGEOISE	30
7. Disponibilités des énergies nouvelles et renouvelables dans les pays du Sahel et orientations des pays	30
8. L'utilisation de l'énergie solaire en hydraulique villageoise et l'analyse des coûts inhérents	31
9. Evaluation économique du pompage à énergie solaire en hydraulique villageoise	33
9.1 Energie requise pour un village de 500-1000 habitants	33
9.2 Méthodologie de calcul du coût en capital et des coûts récurrents des systèmes solaires de pompage en hydraulique villageoise	34
9.2.1 Coût en capital	34
9.2.2 Coûts récurrents	36
10. L'utilisation de l'énergie éolienne en hydraulique villageoise	37
BIBLIOGRAPHIE	39

AVANT-PROPOS

Le présent document a été préparé par **Agrovet Inc.** en vertu d'un contrat avec l'**Agence Canadienne de Développement International (ACDI)**.

L'étude est coordonnée par les secrétariats du Comité Permanent Inter-états de Lutte contre la Sécheresse au Sahel (CILSS) et du Club du Sahel (OCDE, Paris).

Les idées exprimées et les faits exposés dans ce document n'engagent que la responsabilité des auteurs. Ils ne représentent pas nécessairement les vues de l'ACDI, du CILSS, du Club du Sahel, d'Agrovet ou des autorités nationales.

INTRODUCTION:

OBJECTIF/BUTS DE L'ÉTUDE

Au cours des dix dernières années un nombre important de programme d'hydraulique villageoise ont été mis en oeuvre au Sahel en vue d'améliorer les conditions d'alimentation en eau des hommes et du bétail. La dégradation persistante de ces conditions d'alimentation en eau, en dépit des énormes efforts consentis par les administrations des pays sahéliens, avec l'appui de la Communauté Internationale, a permis de comprendre que l'amélioration de la situation ne se limitait pas seulement à l'exécution d'ouvrages mais passait aussi et surtout par une gestion globale et rationnelle des ressources et des équipements hydrauliques.

Les Bilans-Programmes du secteur établis dans les pays ont souligné l'acuité d'un certain nombre de problèmes dont l'analyse devait être approfondie par des études spécifiques telle celle des charges récurrentes faisant l'objet du présent document.

OBJECTIF

Contribuer à la résolution du problème de financement des charges récurrentes dans le secteur de l'hydraulique villageoise dans les pays du Sahel.

BUTS

Lors de réunions régionales et nationales des responsables du secteur de l'hydraulique villageoise des pays du Sahel, des agences d'aide, du CILSS et du Club du Sahel:

- a) permettre d'évaluer le niveau d'appréciation des coûts récurrents dans les États;
- b) permettre d'améliorer ce niveau d'appréciation des coûts récurrents et d'en harmoniser les éléments;

- c) examiner une méthodologie d'analyse, de planification et de contrôle des charges récurrentes;
- d) susciter des discussions motivées et fructueuses autour de la problématique des charges récurrentes;
- e) permettre de dégager les actions à mener en vue d'assurer le financement effectif des charges récurrentes du secteur.

Cette étude s'inscrit dans le cadre du projet régional, "Projet d'appui aux Directions nationales de l'hydraulique pour la mise en place d'une gestion rationnelle de l'eau", élaboré par le CILSS en consultation avec le Secrétariat du Club du Sahel.

Étant donné que les divers secteurs de l'hydraulique (villageoise, des centres ruraux, pastorale et urbaine) posent des problèmes très différents, le présent document se limite à l'hydraulique villageoise en habitat sédentaire, pour laquelle les besoins en eau incluant le bétail de case, représentent 10 à 25 l/jour par habitant, soit approximativement un ouvrage de captage moderne pour 300 habitants.

La majorité des pays africains ayant démontré un grand intérêt pour l'utilisation des énergies nouvelles et renouvelables telles que l'énergie solaire et les éoliennes, le présent document dégage un aperçu des coûts reliés à l'utilisation de ces formes d'énergie.

RÉSUMÉ EXÉCUTIF

PARTIE I - CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

1. LE CONCEPT DE L'HYDRAULIQUE

De façon à situer correctement la présente étude des charges récurrentes en hydraulique villageoise, les divers secteurs de l'hydraulique sont brièvement définis.

1.1 L'hydraulique rurale

Le concept "Hydraulique rurale" regroupe l' "Hydraulique Villageoise" et l' "Hydraulique Pastorale".

1.1.1 L'Hydraulique Villageoise

L'hydraulique villageoise vise un objectif essentiellement social qui consiste à satisfaire les besoins des populations rurales dispersées et du bétail de case représentant des besoins de 10 à 25 l/j/habitant.

1.1.2 L'Hydraulique Pastorale

Son objectif est essentiellement économique et consiste à satisfaire les besoins de grands troupeaux (nomadisants ou sédentaires) ou des périmètres irrigués. Le volume requis représente $45 \text{ m}^3/\text{j}/\text{habitant}$ et peut être triplé en saison chaude.

1.2 L'hydraulique urbaine

L'hydraulique urbaine consiste à satisfaire les besoins des populations concentrées. Bien que pouvant comporter des aspects sociaux, son caractère dominant demeure sa rentabilité économique.

2. PROBLÉMATIQUE DE BASE DE L'HYDRAULIQUE VILLAGEOISE

L'objectif de l'hydraulique villageoise est de garantir aux populations rurales l'approvisionnement régulier et dans des conditions acceptables en eau d'alimentation.

Assurer la pérennité du service en maintenant en bon état de fonctionnement les ouvrages hydrauliques; voilà toute la problématique de l'hydraulique villageoise.

Dans la détermination future des actions requises, le rôle des populations bénéficiaires sera déterminant.

3. CONCEPTION GÉNÉRALE DES "CHARGES RÉCURRENTES" DU SECTEUR HYDRAULIQUE VILLAGEOISE

3.1 Généralités

Il est devenu évident qu'il ne suffit pas seulement d'investir pour atteindre un niveau satisfaisant de croissance économique, mais il faut aussi faire fonctionner et entretenir la capacité installée afin d'assurer la pérennité du service.

3.2 Le concept des charges récurrentes dans les projets d'hydraulique villageoise

Le groupe de travail CILSS/Club du Sahel a retenu la formulation suivante du concept de charges récurrentes:

"Les dépenses récurrentes sont l'ensemble des flux annuels des dépenses brutes de l'État et de ses agences, en monnaie locale et en devises, occasionnées par le fonctionnement et l'entretien d'une capacité installée, génératrice de bénéfices socio-économiques, quelque soit la source de financement de ces dépenses, intérieure ou étrangère".

(Club du Sahel/CILSS, 1)

Le concept de "charges récurrentes" est né de la constatation que les pays en développement en général, et ceux du Sahel Ouest Africain en particulier, éprouvent de grandes difficultés à assurer le fonctionnement et l'entretien des équipements financés, pour la plupart, par des sources extérieures.

La deuxième constatation est que les opérations de développement entraînent deux catégories de dépenses:

3.3 Les dépenses de développement

Qui sont celles permettant l'installation d'une capacité génératrice de bénéfices socio-économiques. Ainsi, toutes les dépenses de mise en place d'une opération, y compris le fonctionnement partiel, expérimental ou provisoire sont des charges de développement.

3.4 Les charges récurrentes

Par contre, constituant l'ensemble des dépenses permettant l'utilisation de la capacité installée (entité individuelle au sein d'un projet) et de son maintien en état de bon fonctionnement. Ainsi la notion de coûts récurrents n'a de sens concret que si l'équipement a atteint sa phase de fonctionnement normal.

Toutes les dépenses occasionnées avant le début de cette phase de fonctionnement normal sont à classer dans la catégorie des dépenses non récurrentes, donc étant de développement.

Dans le secteur de l'hydraulique villageoise, les dépenses récurrentes portent sur:

- l'entretien des ouvrages;
- l'entretien des moyens d'exhaure;
- le fonctionnement des moyens d'exhaure;
- le renouvellement des installations, considérant que certains éléments ont une vie technique et économique assez courte et nécessitent une provision pour amortissement.

Cela suppose que les charges d'entretien, de fonctionnement et de renouvellement doivent être prises en compte, évaluées et leurs modes de financement clairement définis avant la mise en place des installations.

3.5 Le coefficient de charges récurrentes

Ce coefficient (r) serait le rapport entre les charges récurrentes d'une année pour l'entretien et le fonctionnement normal (Dr) et les dépenses de développement de l'installation (Dd):

$$r = \frac{Dr}{Dd}$$

Ce ratio, bien que variable suivant les opérations et selon les pays est une donnée théorique qui permet des projections financières et prévisionnelles pour un secteur donné.

3.6 Interprétation des coûts d'investissements et des charges récurrentes en hydraulique villageoise

Il importe de mentionner que ces coûts varient d'un pays à l'autre et même à l'intérieur d'un même pays selon de très nombreux facteurs:

- 1) le coût spécifique des matériaux requis;
- 2) les salaires du personnel;
- 3) éloignement des lieux;
- 4) types de substratums;
- 5) les techniques de captages - ouvrages de captage;
- 6) les moyens d'exhaure;
- 7) les structures et infrastructures d'entretien

**PARTIE II - ANALYSE DES DIVERS COÛTS EN HYDRAULIQUE VILLAGEOISE
ET MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION DE CES COÛTS**

**4. ANALYSE DES COÛTS D'INVESTISSEMENTS"
EN HYDRAULIQUE VILLAGEOISE DANS LES PAYS DU SAHEL**

Les coûts d'investissements suivants sont analysés:

- . Coûts d'investissements en hydraulique villageoise des **PUITS** pour divers pays sahéliens (tableau i).
- . Coûts d'investissements en hydraulique villageoise, des **FORAGES** équipés de pompes manuelles, pour divers pays sahéliens (tableau ii).
- . Coûts d'investissements en hydraulique villageoise, des **FORAGES PROFONDS "MOTORISÉS"** (énergie conventionnelle) (tableau iii).

TABLEAU I SOMMAIRE DES COÛTS D'INVESTISSEMENTS DES PUIITS EN PAYS SAHÉLIENS

M = million FCFA

PAYS	KABORÉ (3)	HLAVEK (4)	BRGM (5-9-10) BURGÉAP (11-12)	DIVERS AUTEURS 6, 7, 8)
NIGER	(3) 6,7 M (40 m) 133,850 m.l.	(4) 5,04 M (45 m) 112,000 m.l. (*)	(5) 4,2 M (30 m) 140,000 m.l. (*-1)	(6) 7 M (40 m) 175,000 m.l. (*-2)
			(5) 7,75 M (60) 129,000 m.l. (*-1)	(7) 4,9 M (37 m) 135,000 m.l.
SÉNÉGAL	(3) 2,8 M (40 m) 70,000 m.l.	(4) 7,2 M (40 m) 180,000 m.l. (*)	(9) 3-4 M (40 m) 75-100,000 m.l.	
GAMBIE	-	-	(10) 5,6 M (20 m) 280,000 m.l. (*-3)	
HAUTE-VOLTA	(3) 3 M (40 m) 60,000 m.l.	(4) 3 M (25 m) 120,000 m.l.		
MAURITANIE	(3) 10-13,5 M (50 m) 200-270,000 m.l. (*-4)		(11) 7-10 M (30-50 m) (*-4) (*-5) 200-280,00 m.l./terrain tendre (50 m) - Trarza/Bassikounou 310,500 m.l./socle dur (30 m) - Captage dans le Hodh	
MALI	-	(4) 4,4 M (35 m) 127,000 m.l.	(12) 5 M (25 m) soit 200,000 m.l. (*-6) Zone Nord et Est (UPI et UP 2.1 Nord) 3.5 M (20 m) soit 175,000 m.l. (*-6) Zone Centre et Sud 5 M (variable) Zone du fleuve	
DIVERS PAYS				(8) 6-8 M (40 m) soit 150-200,000 m.l.

Les prix de revient "réels" sont, dans plusieurs cas, plus élevés que ceux indiqués ci-haut car ces derniers ne comprennent pas, en général, l'amortissement des matériels, (camions derricks), qui sont généralement rétrocédés. Il en est de même des études d'implantation, des reconnaissances, du contrôle des travaux et du coût des échecs. Excluant l'amortissement, les facteurs précités peuvent représenter une majoration de 15% pour des puits donnant 3 m³/jour, 25% pour des puits donnant 6 m³/jour.

(*) Prix 1980 actualisés à 1983

(*-1) Voir tableau 4.2

(*-2) Voir tableau 4.3

(*-3) Prix de 1978 (172,500 FCFA/m.l.) actualisés
- 13% an - à 1983

(*-4) 1,5 à 2 millions UM (UM, 1 = 6,9 FCFA juillet 1983)

(*-5) Voir tableaux 4.4, 4.5 et 4.6

(*-6) 2 FM = 1 FCFA

TABEAU II - SOMMAIRE DES COÛTS D'INVESTISSEMENTS
pour les "Forages" équipés de pompes manuelles
(FCFA)

M = million FCFA

PAYS	KABORÉ (3)	HLAVEK (4)	BRGM (5-9-10) BURGÉAP (11-12)	DIVERS AUTEURS 6, 7, 8)
NIGER	(3) 3,6 M (50 m) 72,000 m.l.	(4) 3,7 M (45 m) 80,000 m.l. (*)	(5) 2,8-3,5 M (50 m) 56-70,000 m.l. (*-1)	(6) 3,6-4,2 M (40 m) 90-105,000 m.l. (8) 2,56 M (40 m)(* -3) 64,000 m.l.
SÉNÉGAL	(3) 2, M (40 m) 50,000 m.l.	(4) 4,7 M (50 m) 94,000 m.l. (*)	(9) 2,5-4 M (50 m) 50-80,000 m.l. (*-2)	
GAMBIE	-	-	(10) 2,5-3 M (50 m) 50-60,000 m.l.	
HAUTE-VOLTA	(3) 3,654 M (50 m) 73,000 m.l.	(4) 3,3 M (45 m) 73,000 m.l. (*)	-	(7) 2,5 M (40 m) 63,000 m.l. (8) 1,98 M (*-3)
MAURITANIE	(3) 9,5 M (50 m) 190,000 m.l. (*-4)	-	(11) 5-11,6 M (*-4) (*-5)	
MALI	-	(4) 4,2 M (50 m) 84,000 m.l.	(12) 3,2 à 6,5 M (50 m) 64-130,000 m.l. (*-6)(*-7)	

(*) Prix 1980 actualisés à 1983

(*-1) Voir tableaux 4.8 et 4.9

(*-2) Voir tableaux 4.10 et 4.11

(*-3) Voir tableau 4.12

(*-4) UM,1 = 6,9 FCFA juillet 1983)

(*-5) Voir tableaux 4.13, 4.14 et 4.15

(*-6) 2 FM = 1 FCFA

(*-7) Voir tableaux 4.16, 4.17 et 4.18

**TABLEAU III - COÛT DES INVESTISSEMENTS DES FORAGES PROFONDS
MOTORISÉS
(énergie conventionnelle)**

Soulignons qu'il existe plus de 300 de ces forages profonds motorisés au Sénégal dont la majorité capte la nappe maestrichtienne. L'équipement est constitué de pompes à axe vertical entraînées par moteur diésel.

Le débit moyen d'exploitation est de $45 \text{ m}^3/\text{h}$ (soit $150/250 \text{ m}^3/\text{j}$).

Le coût d'un forage profond motorisé se situe entre 15 et 25 MFCFA; celui de l'équipement de pompage de l'ordre de 4,5 MFCFA (9).

A titre de comparaison, mentionnons que Kaboré (3) lors de sa mission en juin 1983 dans divers pays Sahéliens rapporte des chiffres se situant aux environs de 30 à 40 MFCFA.

5. ANALYSE DES "CHARGES RÉCURRENTES", EN HYDRAULIQUE VILLAGEOISE, DANS LES PAYS DU SAHEL

5.1 Les charges récurrentes reliées à "l'entretien des ouvrages"

5.1.1 Les charges récurrentes reliées à l'entretien des puits (tableau iv)

L'entretien des "puits" consiste essentiellement:

- désensablement du fond du puits ou son approfondissement;
- réparation de la colonne de captage lorsque cette dernière est fissurée et réalimenter le massif filtrant en gravillon;
- réparation des buses cassées;
- réparation des installations de surface: margelle, anti-bourbier, air d'assainissement autour du puits.

5.1.2 Les charges récurrentes reliées à l'entretien des "forages villageois" (tableau v)

5.2 Les charges récurrentes reliées à l'entretien et au fonctionnement des "moyens d'exhaure" en hydraulique villageoise

5.2.1 Entretien et fonctionnement de l' "exhaure traditionnelle"

Pratiquée depuis toujours par les populations sahéliennes, il est d'une technicité très simple. Dans la plupart des cas, le puisage est effectué à la main, par les femmes et les enfants à l'aide d'une corde et d'un récipient manoeuvré à bout de bras. Les récipients de puisage les plus employés sont des puisettes en chambre à air oualebasse de 3 à 5 litres.

5.2.2 Entretien et fonctionnement des pompes d'exhaure à motricité humaine (exhaure manuelle) en hydraulique villageoise

ENTRETIEN

Introduits dans la sous-région avec le développement des forages à petit diamètre (4" à 6") et de faible profondeur (40 à 60 m), les pompes manuelles nécessitent un entretien pouvant se décomposer comme suit:

- . Entretien courant: graissage, serrage de boulons et remplacement des pièces d'usure facilement accessibles.
- . Grosses réparations et remplacement des pièces non facilement accessibles.
- . Renouvellement tout ou partie de la pompe.

FONCTIONNEMENT

Pour ce type de moyens d'exhaure, le coût du fonctionnement est nul, l'énergie nécessaire à son fonctionnement étant fournie directement par l'utilisateur. Les charges récurrentes correspondant se limitent donc aux dépenses d'entretien.

5.2.3 Coût spécifique des "pièces détachées" des pompes d'exhaure à motricité humaine (tableau vi).

5.2.4 Coût de l'intervention des structures d'entretien

Les tableaux viii et ix illustrent ces coûts.

5.2.5 Entretien et fonctionnement de l'exhaure motorisée (motopompes à énergie conventionnelle) (tableau x)

Ce type d'exhaure est généralement pratiqué sur des gros forages exploitant les nappes profondes du sédimentaire (SÉNÉGAL, NIGER, MAURITANIE ... etc.) pour des débits importants. Un gardien des installations est en permanence sur place mais la quasi-totalité de l'entretien est techniquement assurée par des équipes spécialisées, toutes administratives pour le moment. Les pièces d'usures ou de remplacement et le coût de la main-d'oeuvre sont assez chers.

TABEAU IV - SOMMAIRE DES CHARGES RÉCURRENTES RELIÉES À "L'ENTRETIEN" DES PUITTS DANS QUELQUES PAYS SAHÉLIENS

<u>Pays</u>	<u>Coûts "FCFA"</u>	<u>Pays</u>	<u>Coûts "FCFA"</u>
Niger	<p>Kaboré (3) - 128,968 FCFA/3 ans/puits, d'où un coût annuel de 42,989 FCFA/an/puits. Les collectivités (arrondissements et sous-préfectures), fournissent à L'OFEDES, 75,000 FCFA par période de 3 ans. Il en résulte donc un déficit de 53,968 FCFA/3 ans/puits (chiffres 1983).</p> <p>BRGM (5) (*) (*-1) - 204 millions FCFA/1575 puits visités en 1980-81, soit 129,500 FCFA en moyenne par 3 ans, d'où un coût annuel de: 43,200 FCFA /an/puits. Actualisés (13%) à 1982. Environ 50,000 FCFA.</p> <p>CCE (20) - 25-30,000 FCFA/an/puits - chiffres 1978. Actualisés à 1982: environ 50,000 FCFA.</p>	Mali	<p>BURGÉAP (12): 1980-1984</p> <p>a) Aquifères discontinus (1 curage et réfection des margelles et superstructures tous les 5 ans. Charge annuelle: 25,000 FCFA Actualisés à 1982: 28,250 FCFA</p> <p>b) Aquifères continus: Idem plus majoration pour reprise du captage. Charge annuelle: 50,000 FCFA Actualisés à 1982: 56,500 FCFA</p>
		Divers pays (moyenne)	<p>CEAO (19) - 50,000 FCFA/an/puits (chiffres 1982)</p> <p>HLAVEK (*) - 40,000 FCFA/an/puits (chiffres 1980 soit environ 50,000 FCFA 1982 - si actualisés à 13%</p> <p>CCE (20) - 25-30,000 FCFA/an/puits (chiffres 1978, soit environ 50,000 FCFA 1982 si actualisés à 13%.</p>
Mauritanie	<p>Kaboré (3)</p> <p>a) entretien de puits avec captage: environ 207,000 FCFA; b) entretien de puits en terrain dur: 69,000 FCFA; c) contre-puits sans abreuvoir: environ 138,000 FCFA.</p> <p>BURGÉAP (11)</p> <p>a) région de TRARZA - puits de grand diamètre captage autonome, terrain tendre, - 50 m. (séparation de l'hydraulique villageoise et de l'abreuvement). Coût: 207,000 FCFA; (*-3)</p> <p>b) région d'AFOLLÉ - puits de grand diamètre - 25 m. Coût: 138,000 FCFA (*-3)</p> <p>c) région BASSIKOUNOU - puits de 70 m. en moyenne. Coût: 207,000 FCFA. (*-3)</p>		
		N.B.	<p>Mentionnons qu'au titre de la "réfection" des puits les coûts suivants sont relevés:</p> <p>- réfection du puits: 300-400,000 FCFA</p> <p>- margelle: 80-100,000 FCFA</p>
<p>(*) Le montant relativement élevé est dû en grande partie selon BRGM (12) aux interventions au niveau du captage de la nappe, soit réfection, soit surtout mise en place d'une colonne (coût de 678,000 FCFA + 17% de frais généraux, soit 793,000 FCFA: Re: tableau 4.2)</p> <p>(*-1) (18) Il y a lieu de différencier dépenses récurrentes et dépenses de réhabilitation, ces dernières, il est vrai, ayant été occasionnées par manque d'entretien. Par exemple, il serait erroné de considérer comme charges récurrentes les dépenses relatives à la mise en place de nouvelles colonnes de ciment sur des puits anciens. Ces dépenses doivent être considérées comme dépenses d'investissement de remplacement.</p> <p>(*-2) U.M.1 = 6,9 FCFA - juillet 1983 (*-3) Comprend entretien et renouvellement des pompes de forages, entretien des puits et contre-puits. (*-4) 2 FM = 1 FCFA</p>			

1
15
1

TABLEAU V **SOMMAIRE DES CHARGES RÉCURRENTES RELIÉES**
À L'ENTRETIEN DES "FORAGES" DANS LES PAYS DU SAHEL

<u>Pays</u>	<u>Coût FCFA</u>
Divers pays	CEAO (19) Entretien du trottoir (1/15 du coût de réalisation estimé à 150,000 FCFA), soit 10,000 FCFA HLAVEK (4); 10,000 FCFA BURGÉAP/CCE (21); 10,000 FCFA

(*) Les chiffres ci-haut mentionnés sont à titre indicatif. Il est très difficile, en effet, de "décomposer" en catégories bien distinctes les charges récurrentes reliées à l'entretien des "forages" (exemple: pourcentage du "coût en personnel" des sociétés (gouvernementales, privées, mixtes) de maintenance qui doivent être imputées à la section entretien des forages versus entretien des moyens d'exhaure (pompes manuelles ou motorisées). Nous verrons plus en détail, lors de l'analyse des charges récurrentes reliées à l'entretien et au fonctionnement des moyens d'exhaure la ventilation de ces divers coûts.

TABLEAU VI - SOMMAIRE DES CHARGES RÉCURRENTES DE L'ENTRETIEN ET DU FONCTIONNEMENT
DES POMPES D'EXHAURE À MOTRICITÉ HUMAINE DANS QUELQUES PAYS SAHÉLIENS

Pays	Références	FCFA	Pays	Références	FCFA
NIGER	KABORÉ (3)	50,000	MAURITANIE (*-1)	KABORÉ (3)	69,000 + 69,000 (frais d'amortissement) (*-3)
	BRGM (5)	50-100,000 (cette somme intègre, selon l'auteur, en partie ou en totalité les dépenses d'amortissement.)		FOUGEIROL (13)	69,000 + 69,000 (frais d'amortissement) (*-4 et *-5)
	HYDROSULT (6)	85,000 + 90,000 (frais d'amortissement)* (voir 5.3.2.1)		BURGÉAP (11)	Voir tableau 5.5 (charges/usager/m ³)
				ZONE FLEUVE	34,500 à 69,000 + 69,000 (frais d'amortissement) (*-5)
				ZONE GUIDIMAKA	69,000 + 69,000 (frais d'amortissement) (*-5)
SÉNÉGAL	KABORÉ (3)	75,000	MALI	BURGÉAP (12)	
	BRGM (9)	50-100,000		a) Aquifères discontinus	5,000 superstructures 20,000 pièces détachées et main-d'oeuvre artisanale 25,000 (renouvellement de la pompe/10 ans) 50,000
GAMBIE	BRGM (10)	75,000		b) Aquifères continus	70,000 majoration pour intervention 8 fois plus fréquentes sur les forages
HAUTE-VOLTA	KABORÉ (3)	50,000		DILUCA	(voir tableaux 5.6, 5.8 et 5.9)
	IWAGO B.V.(7)	55,000		DIVERS PAYS (moyenne)	HLAVEK (4) 50,000 forage (socle) frais d'entretien 60,000 (frais d'amortissement) (*-3) CEAO (19) 50,000 DILUCA (16) 40,000 (pièces détachées 10,000 (*-6), structure d'entretien 30,000) (voir tableaux 4.8, 4.9, 4.10 et 4.11)
	SATEC (22)	50,000			
	DILUCA (16)	voir tableaux 5.6, 5.8 et 5.9			

(*) L'auteur suppose un coût de 450,000 FCFA (1,500.00 \$Can.) pour la pompe et une durée effective de 5 ans (voir aussi tableau 4.9 pour coûts des pompes).

(*-1) UM,1 = 6,9 FCFA - juillet 1983 (*-2) 2 FM = 1 FCFA (*-3) Pompe et superstructure

(*-4) Les charges de fonctionnement (pompe essentiellement) comprennent l'amortissement sur la base d'un renouvellement de la pompe tous les 5 à 7 ans, et d'un entretien par les artisans; à noter que 20% de cette somme se rapporte à la formation et au suivi de l'opération pendant les premières années suivant les travaux.

(*-5) Coût de la pompe estimé à 345,000 FCFA - vie effective 5/7 ans. (*-6) Le but fixé par les constructeurs étant d'atteindre un coût de 5,000 FCFA/an/pompe.

TABLEAU VII ENTRETIEN ET FONCTIONNEMENT DES POMPES D'EXHAURE À MOTRICITÉ HUMAINE COÛT DES PIÈCES DÉTACHÉES DANS QUELQUES PAYS SAHÉLIENS

Le coût des pièces détachées nécessaires à l'entretien annuel d'une pompe à main est en baisse constante depuis ces dernières années, comme l'atteste le tableau ci-après:

Programmes et Pays	Nombre de pompes installées et type	Période d'observation Année	Coût annuel de l'entretien	Coût unitaire de l'entretien
Boucle du Cacao COTE-D'IVOIRE	554 Vergnet	12 mois 1979	5,606,800	10,120 FCFA
"Liptako 130 forages" NIGER	106 Vergnet	12 mois 1981	530,000	5,000 (*)
Programme AVV HAUTE-VOLTA	160 ABI	30 mois 1979-1980	3,690,000	9,225
Mali Aqua Viva MALI	52 Vergnet	12 mois 1978	933,000	17,940 (* -1)
IVème FED TOGO	272 Vergnet	24 mois 1979-1980	6,059,375	11,000

(*) Voir tableau 5.7

(* -1) Coût relativement élevé dû aux modifications successives de la pompe Vergnet.

Source: DILUCA (16)

Remarques:

Le coût des pièces détachées nécessaires à l'entretien annuel d'une pompe à main atteint une valeur minimale de 5,000 FCFA.

Ce coût représente l'investissement en pièces détachées nécessaires au bon fonctionnement de la pompe à main.

Les améliorations techniques apportées depuis ces dernières années sur les modèles de pompe ont fait baisser du triple le coût de l'entretien annuel.

TABEAU VIII CÔTE D'IVOIRE - "SODECI"
ENTRETIEN ET FONCTIONNEMENT DES POMPES D'EXHAURE
À MOTRICITÉ HUMAINE
"Coût de l'entretien d'une structure d'entretien"

Si l'on se réfère à l'expérience de la SODECI, en Côte-d'Ivoire, essentiellement basée sur les modèles ABI et Vergnet, le coût de l'entretien, comprenant les frais de personnel, le fonctionnement des véhicules et le prix des pièces détachées, hormis les frais généraux, peut être présenté dans le tableau suivant:

Année	Ouvrages en service	Nombre d'interventions	Dépenses totales (millions FCFA)	Coût/pompe/an (FCFA)
1976 - 1977	1848	1787	128,75	69,000
1978 - 1979	5354	6938	159,00	29,700
1979 - 1980	8701	9195	155,77	18,000 *

*Comprend uniquement personnel et véhicules

Source: DILUCA (16)

On constate que le coût de l'entretien diminue régulièrement. Cette baisse doit être attribuée, d'une part, à l'augmentation de l'efficacité de la structure d'entretien, d'autre part, à une meilleure fiabilité des modèles installés.

**TABLEAU IX MALI - PROJETS PNUD/MALI ET HELVETAS
ENTRETIEN ET FONCTIONNEMENT DES POMPES D'EXHAURE
À MOTRICITÉ HUMAINE
"Coût de l'intervention d'une structure d'entretien"**

Projet	Nombre de pompes installées	Modèle de pompe	Coût de l'entretien annuel / pompe
PNUD/UNICEF	252	Vergnet Briau	35,000 FCFA 40,000 FCFA
HELVETAS	200	Vergnet	22,500 FCFA

Source: DILUCA (16)

Remarques:

Il est intéressant de remarquer que les coûts indiqués aux tableaux 5.8 et 5.9 sont passablement comparables.

On constate que ces chiffres sont bien inférieurs à ceux estimés dans le cadre de dossier d'avant projets de programme d'hydraulique villageoise où le coût d'entretien, évalué durant la période de garantie est le suivant:

Personnel	8,700 FCFA	17.5%
Véhicule - outillages	6,300 FCFA	12.5%
Fonctionnement	14,500 FCFA	20.0%
Pièces détachées	<u>20,000</u> FCFA	40.0%
TOTAL	49,500 FCFA	

En ce qui concerne l'exemple de la SODECI, en Côte-d'Ivoire (tableau 5.8), mentionnons que la SODECI collecte, depuis mi-1981, les cotisations villageoises fixées à 60,000 FCFA, le coût de cet entretien passant intégralement à la charge des populations rurales. La SODECI envisage de diminuer ces cotisations à une valeur minimale de 18,000 FCFA/an/pompe.

TABLEAU X SOMMAIRE DES COÛTS D'ENTRETIEN ET DE FONCTIONNEMENT DE L'EXHAURE MOTORISÉE (MOTOPOMPES A ÉNERGIE CONVENTIONNELLE), POUR LES FORAGES, DANS QUELQUES PAYS DU SAHEL.

<u>PAYS</u>	<u>RÉFÉRENCES</u>	<u>COÛT MFCFA</u>
NIGER	Kaboré (3) BRGM (5) (Source OFEDES)	5,9 4,9 forages pastoraux 3-5 stations des centres administratifs
SÉNÉGAL	Kaboré (3) BRGM (9) GARRITY/DIOUF (23)	3,3 2,7 à 2,9 forages sans adduction 8,5 " avec adduction 2,53 à 4,23
GAMBIE	BRGM (10)	2,75
MAURITANIE	KABORÉ (3)	6,5
DIVERS PAYS	HLAVEK (4)	1 à 4

5.3 Les charges récurrentes reliées au renouvellement (amortissement) des installations en hydraulique villageoise

5.3.1 Charges récurrentes du renouvellement des ouvrages

5.3.1.1 Charges récurrentes du renouvellement des puits

Ces charges sont estimées à environ 150,000 FCFA/ouvrage/an pour des puits de 20 m.

5.3.1.2 Charges récurrentes du renouvellement des forages

Les forages bien que d'introduction relativement récente dans la sous-région (*) ne devraient pas poser, en général, de problèmes de renouvellement avant quelques dizaines d'années. Les premiers forages au SÉNÉGAL (***) ont plus de 30 ans d'âge mais n'ont pratiquement jamais posé de problème de débit nécessitant leur remplacement. Toutes les difficultés sur ces ouvrages se situent au niveau du moyen d'exhaure. Il est toutefois indiqué de "provisionner" les charges de "renouvellement" suivantes:

- forages profonds "rotary" dans le sédimentaire récent:
500,000 FCFA/ouvrage/an
- forage "au socle" de 40/50 m.:
150,000 FCFA/ouvrage/an.

5.3.2 Charges récurrentes du renouvellement des "moyens d'exhaure" et installations annexes

5.3.2.1 Charges récurrentes de renouvellement (exhaure traditionnelle)

Au niveau de l'exhaure traditionnelle sur les puits à grand diamètre, le renouvellement de la puisette et de la corde est régulièrement assuré en moyenne quatre fois par an et par famille;

exhaure traditionnelle 5,000 FCFA/an/famille

-
- (*) Les forages ont commencé à se multiplier dans la plupart des États sahéliens à partir des années 1970.
 - (**) Sur près de 200 forages exploités actuellement par la SOMH au SÉNÉGAL: 2 forages ont plus de 38 ans - 1 forage entre 33 et 38 ans - 29 forages entre 28 et 38 ans - 51 forages entre 10 et 28 ans - 117 forages ont moins de 10 ans.

COÛT ANNUEL/FAMILLE DU PUISAGE TRADITIONNEL ET DE SON ENTRETIEN

<u>Matériels utilisés</u>	<u>Coût</u>
3 à 4 puisettes en caoutchouc/an	1,000 FCFA
4 cordes/an	<u>4,000 FCFA</u>
(*-1) TOTAL	5,000 FCFA/an/famille

5.3.2.2 Charges récurrentes de renouvellement (exhaure avec pompes à motricité humaine)

exhaure par hydropompe à motricité humaine
50,000 à 90,000 FCFA selon la durée du vie estimative (5 à 7 ans)

5.3.2.3 Charges récurrentes de renouvellement (exhaure à l'aide de pompes motorisées à énergie conventionnelle et installations annexes)

exhaure par motopompes à énergie conventionnelle

- village de 500 personnes avec exhaure de $10 \text{ m}^3/\text{j}$
et entretien par la collectivité elle-même:
450,000 FCFA/an BURGÉAP/CCE (21)
- village de 1,500 personnes avec exhaure de $30 \text{ m}^3/\text{j}$
et entretien spécialisé:
570 à 600,000 FCFA/an - BURGÉAP/CEE (21) et Mamadou Diouf (24)

6. MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION MOYENNE DES CHARGES FINANCIÈRES FUTURES DANS LES PROGRAMMES EN HYDRAULIQUE VILLAGEOISE

Le coût d'un programme en hydraulique villageoise est le résultat du produit de coûts unitaires (par type d'ouvrage) par les nombres d'ouvrages (de chaque type).

6.1 Estimation "moyenne" du nombre de points d'eau villageois requis

6.1.1 L'unité démographique

L'estimation "moyenne" des points d'eau requis peut être établie selon HLAVEK (4), à partir de la prise en compte des "unités démographiques (UD) pour lesquelles il est nécessaire de créer un point d'eau moderne en permanence. Il apparaît que la taille "moyenne" la "plus probable" de l'unité démographique correspond à un groupe de quelque 200 à 300 personnes, ce qui correspond à la moyenne d'une "classe" dite 0-500 habitants, qui est la classe la plus "fréquente". A ce titre, HLAVEK (4) relève le mode de calcul adopté par le Niger, à savoir que:

- pour 7,400 villages de 0-500 habitants; 1,500 villages de 500-1,000 habitants; 350 villages de 1,000-1,500 habitants et 130 villages de 1,500-2,000 habitants (*); le nombre de points d'eau modernes est égal:

$$(7,400) \times 1 + (1,500) \times 2 + (350) \times 3 + (130) \times 4 = 11,970$$

6.1.2 Besoin théorique en points d'eau villageois dans un échantillonnage de pays Sahéliens

**TABLEAU XI POINTS D'EAU MODERNES ACTUELS ET BESOINS FUTURS
DANS DIVERS PAYS SAHÉLIENS**

PAYS	Nombre de villages	Point d'eau modernes existants	Besoins futurs
Haute-Volta	7,600	4,800	8,000
Mali	10,800	5,300	12,300
Mauritanie	4,100	1,800	1,500
Niger	9,380	7,525	12,340
Sénégal	14,400	1,500	6,300
Gambie	1,000	225	900
Cap-Vert	-	-	400
Tchad	-	-	<u>5,000</u>
			46,740 (*)

(*) En excluant la Gambie, le Cap-Vert et le Tchad (étant donné que les figures ne sont pas homogènes avec le reste de la région), nous arrivons à un total de 40,440.

Source: BURGÉAP (4-12-25); BRGM (5-9-10); SEMA (26); KABORÉ (2).

6.2 Estimation, selon l'approche régionale, du coût des programmes futurs en hydraulique villageoise

Nous analyserons dans les pages suivantes, selon l'approche régionale, les divers paramètres de l'estimation des charges financières des programmes futurs en hydraulique villageoise.

6.2.1 Estimation des coûts moyens d'investissements

On arrive pour les 5 États sahéliens retenus (tableau xi) dans notre analyse au total de: 40,440 points d'eau d'où les sous-ensembles suivants:

- **terrains sédimentaires récents: 10,110 points d'eau**
2/3 seraient des puits de 40 m. à 6 M FCFA/unité correspondant à un coût moyen de:
 $6,740 \text{ ouvrages (puits)} \times 6 \text{ MFCFA} = 40,440 \text{ MFCFA}$

- 1/3 seraient des forages (aquifères profonds et/ou captifs) d'une profondeur de 80-100 m correspondant à un coût moyen de:
 $3,370 \text{ ouvrages (forages)} \times 7.5 \text{ MFCFA} = 25,275 \text{ MFCFA}$

- **terrains sédimentaires anciens "socle": 30,330 points d'eau**
1/3 seraient des puits de 20 m. correspondant à un coût moyen de:
 $10,110 \text{ ouvrages (puits)} \times 3 \text{ MFCFA} = 30,330 \text{ MFCFA}$

- 2/3 seraient des forages de 50 à 75 m correspondant à un coût moyen de:
 $20,220 \text{ ouvrages (forages)} \times 4 \text{ MFCFA} = 80,880 \text{ MFCFA}$
soit un **coût d'investissement (pour les 5 pays retenus) de 177 milliards de FCFA**

Le coût moyen d'investissement est d'environ 4,375 MFCFA. Il y a lieu cependant "d'ajouter" à ce coût moyen:

En raison des taux d'échecs (succès à 80%) et des coûts reliés aux études préliminaires, études d'implantation et surveillance des chantiers, nous obtenons un facteur multiplicatif de 1,50 (1,25 x 1,20) d'où un estimé final d'investissement pour 40,440 ouvrages d'environ 266 milliards de FCFA pour les cinq pays retenus.

6.2.2 Estimation des charges récurrentes moyennes des programmes futurs en hydraulique villageoise (approche régionale)

Au coût d'investissement d'environ 266 milliards de FCFA pour les 40,400 ouvrages positifs retenus pour les cinq pays antérieurement mentionnés, il est indispensable de prévoir le **financement des charges récurrentes** de ces points d'eau modernes. En nous basant sur les diverses données mentionnées dans le présent document, nous retenons les estimations moyennes suivantes (re: tableau xii):

6.2.3 Estimation méthodique "coût/année" des charges récurrentes des programmes en hydraulique villageoise

6.2.3.1 Formules générales d'estimation méthodique des coûts récurrents des projets, des programmes en hydraulique villageoise

Formules générales

$$\text{CRAP} = N (E + EF + A)$$

$$\text{CRTP} = N (E + EF + A) (t)$$

$$\text{CRATOP} = N (E + EF + A)_1 + N (E + EF + A)_2 + \dots$$

dans laquelle:

$$\text{CRAP} = \text{Coûts récurrents "annuels" par projet}$$

$$\text{CRTP} = \text{Coûts récurrents totaux d'un projet.}$$

$$\text{CRATOP} = \text{Coûts récurrents "annuels" totaux des divers projets des programmes d'hydraulique villageoise,}$$

$$N = \text{Nombre d'installations (ouvrages/moyens d'exhaure) complétés selon le ratio "déboursés progressifs/engagements totaux" (re: tableau 6.3)}$$

$$E = \text{Coûts récurrents annuels d'entretien des ouvrages}$$

$$EF = \text{Coûts récurrents annuels d'entretien et de fonctionnement des moyens d'exhaure}$$

$$A = \text{Coûts récurrents annuels d'amortissement des ouvrages et des moyens d'exhaure}$$

$$1,2 = \text{Identification spécifique de chacun des projets d'un programme d'hydraulique villageoise (Exemple: CRAP}_1 \text{ pour projet N° 1)}$$

$$t = \text{Nombre d'années}$$

**TABLEAU XII - ESTIMATION DES CHARGES RÉCURRENTES MOYENNES
DES PROGRAMMES FUTURS EN HYDRAULIQUE VILLAGEOISE
(APPROCHE RÉGIONALE DES 5 PAYS RETENUS)**

1. Charges d'entretien des ouvrages
 - 1.1 16,850 puits (re: 6.2.1) x 50,000 FCFA (tableau 5.1) = 842 MFCFA
 - 1.2 23,590 forages (re: 6.2.1) x 10,000 FCFA (tableau 5.2) = 235,9 MFCFA

2. Charges d'entretien/fonctionnement des moyens d'exhaure
 - 2.1 Cas de pompes manuelles
40,440 ouvrages x 50,000 FCFA (tableau 5.4) = 2 milliards FCFA
 - 2.2 Cas de motopompes à énergie conventionnelle (*)
40,440 ouvrages x 3,5 MFCFA (tableau 5.10) = 14,2 milliards FCFA
(*) excluant les moyens d'exhaure de type semi-urbain.

3. Charges de renouvellement des ouvrages
 - 3.1 Terrains sédimentaires récents (re: 6.2.1)
6,740 puits x 150,000 FCFA (re: 5.3.1.1) = 2 milliards FCFA
3,370 forages x 500,000 FCFA (re: 5.3.1.2) = 1,7 milliards FCFA
 - 3.2 Terrains sédimentaires anciens "socle" (re: 6.2.1)
10,110 puits x 150,000 FCFA (re: 5.3.1.1) = 1,5 milliards FCFA
20,220 forages x 200,000 FCFA (re: 5.3.1.2) = 4,1 milliards FCFA

4. Charges de renouvellement des moyens d'exhaure
 - 4.1 Cas de pompes manuelles
40,440 ouvrages x 70,000 FCFA (re: 5.3.2.2) = 2,8 milliards FCFA
 - 4.2 Cas de motopompes à énergie conventionnelle (incluant moteurs*)
40,440 ouvrages x 1,25 MFCFA (re: 5.3.2.3) = 50,6 milliards FCFA

Estimation totale

- a) avec 100% - pompes manuelles = 14,9 milliards FCFA
 - b) avec 90% - pompes manuelles et 10% motopompes = 19,3 milliards FCFA
 - c) avec 80% - pompes manuelles et 20% motopompes = 25,8 milliards FCFA
 - d) avec 60% - pompes manuelles et 40% motopompes = 37,8 milliards FCFA
-

(*) L'amortissement minimum pour les moteurs est de 650,000 FCFA/an.

6.2.3.2 Formule "spécifique" d'estimation méthodique des coûts récurrents annuels - par projet - des programmes d'hydraulique villageoise

$$\text{CRAP} = N (E_p) + N (E_f) + N (E_x) + N (EF_h) + N (EF_m) + N (EF_n) + N (A_p) + N (A_f) + N (A_x) + N (A_h) + N (A_m) + N (A_n)$$

dans laquelle:

CRAP₁ = Coûts récurrents annuels/projet

1,2 = Identification particulière du projet

N = Nombre d'ouvrages/installations complétés selon le ratio "déboursés progressifs/engagements totaux" (re: tableau 6.3)

E_p = Coût récurrent annuel d'entretien des puits

E_f = Coût récurrent annuel d'entretien des forages

E_x = Coût récurrent annuel d'entretien des ouvrages divers, autres que puits et forages (ex.: puits-forages)

EF_h = Coût récurrent annuel d'entretien et fonctionnement des moyens d'exhaure avec pompes manuelles (énergie humaine)

EF_m = Coût récurrent annuel d'entretien et fonctionnement des moyens d'exhaure avec pompes à énergie conventionnelle

EF_n = Coût récurrent annuel d'entretien et fonctionnement des moyens d'exhaure utilisant les énergies nouvelles et renouvelables

A_p = Coût récurrent annuel d'amortissement des puits

A_f = Coût récurrent annuel d'amortissement des forages

A_x = Coût récurrent annuel d'amortissement des ouvrages divers, autres que les puits et forages (ex.: puits-forages)

A_h = Coût récurrent annuel d'amortissement des moyens d'exhaure à énergie humaine

A_m = Coût récurrent annuel d'amortissement des moyens d'exhaure avec pompes à énergie conventionnelle

A_n = Coût récurrent annuel d'amortissement des moyens d'exhaure utilisant les énergies nouvelles et renouvelables.

Cette formule "spécifique" pourra être "amputée" selon les projets particuliers de certaines de ses composantes afin de répondre aux besoins précis d'analyse des coûts récurrents desdits projets.

6.2.3.3 Formules "spécifiques modifiées" d'estimation méthodique des coûts récurrents annuels et/ou totaux par projet des programmes d'hydraulique villageoise

La formule "spécifique" re: 6.2.3.2), lorsqu'appliquée à un projet comprenant un seul volet, tel la construction de 100 puits équipés d'hydropompes manuelles, peut être "modifiée" comme ci-après: (N.B.: 1 = N° du projet)

Formule "spécifique modifiée"

$$CRAP_1 = N (E_p + EF_h + A_p + A_h)$$

Advenant que le même projet demande de prévoir un taux d'inflation annuel de l'ordre de 10% pour un nombre (t) d'années, la formule permettant de calculer les coûts récurrents totaux du projet sera:

$$CRTP_1 = N (E_p + EF_h + A_p + A_h) (1.1)^t$$

Suivant le même raisonnement, les coûts récurrents annuels d'un projet prévoyant la construction de 100 forages équipés de 90 hydropompes manuelles et de 10 motopompes à énergie conventionnelle pourront être représentés par la formule "spécifique modifiée" suivante:

$$\begin{aligned} CRAP_1 &= N (E_f + A_f) + N (EF_h) + N (EF_m + A_m) \\ &= 100 (E_f + A_f) + 90 (EF_h + A_h) + 10 (EF_m + A_m) \end{aligned}$$

Il serait facile advenant la nécessité de prévoir un taux d'inflation annuel de 10% pour un nombre (t) d'années (1.1)^t d'insérer ce facteur dans la formule.

PARTIE III - LES ÉNERGIES NOUVELLES ET RENOUVELABLES
COÛTS ET UTILISATION EN HYDRAULIQUE VILLAGEOISE

7. DISPONIBILITÉS DES ÉNERGIES NOUVELLES ET RENOUVELABLES
DANS LES PAYS DU SAHEL ET ORIENTATIONS DES PAYS

Les deux tableaux suivants (xiii et xiv) donnent un aperçu de la disponibilité de ces énergies nouvelles et renouvelables (ENR) dans les pays du Sahel de même que les orientations des pays vis-à-vis l'utilisation des ENR.

TABLEAU XIII LA DISPONIBILITÉ DES "ENR" DANS LES PAYS DU SAHEL

	Énergie solaire (sans concentration)	Énergie solaire (avec concentration)	Énergie biomasse (déchets)	Énergie biomasse (bouse, fumier)	Micro-Mini Hydraulique	Énergie éolienne Lente	Énergie éolienne Rapide	REMARQUES SUR LA PRIORITÉ
Guinée	**	-	***	**	*	*	-	B, S, H
Haute-Volta	***	*	**	***	*	**	-	S, B, E
Mali	***	**	**	***	*	**	*	S, B, E, H
Niger	***	**	-	*	-	**	**	S, E
Sénégal	***	**	***	***	*	***	**	S, B, E

*** très bon, ** bon, * moyen, - pauvre
S = solaire, B = biomasse, H = hydraulique, E = éolienne.

Source: La Corporation de Recherche Énergie (27)

**TABLEAU XIV - LES ORIENTATIONS DES PAYS SAHÉLIENS
VIS-A-VIS L'UTILISATION DES "ENR".**

	Plan directeur (politique énergétique)	Énergie solaire thermique	Énergie solaire thermodynamique	Énergie solaire photovoltaïque	Énergie éolienne (lente)	Énergie éolienne (rapide)	Énergie biomasse (bouse, fumier)	Énergie biomasse (déchets)	Micro-mini hydro
Guinée	°	?	?	?	?	?	**	?	**
Haute-Volta	°	**	°	°	**	°	***	°	**
Mali	°	*	°	***	*	°	**	°	°
Niger	° ¹	***	***	°	°	°	°	°	°
Sénégal	**	***	***	**	**	*	**	*	°

*** très accentuée; ** accentuée; * peu accentuée; ° aucune orientation;
? inconnue.

¹ en préparation; financé par les N.U. (Banque Mondiale).

Source: La Corporation de Recherche Énergie (27)

8. L'UTILISATION DE L'ÉNERGIE SOLAIRE EN HYDRAULIQUE VILLAGEOISE ET L'ANALYSE DES COÛTS INHÉRENTS

Au cours des récentes années, il est apparu évident que potentiellement l'irradiation solaire directe était une source d'énergie viable, économique et d'une technicalité appropriée pour utilisation avec les petites pompes hydrauliques. On en est présentement rendu au stade de considérer sérieusement l'utilisation de cette "ressource" au titre de composante dans les diverses esquisses de planification de développement rural.

De façon à mieux comprendre les possibilités affectés par l'utilisation de l'énergie solaire en hydraulique villageoise, il nous apparaît opportun de résumer brièvement la technologie de l'énergie solaire.

Les systèmes de pompage photovoltaïque

Le système peut être relativement simple et comprendre:

- un générateur photovoltaïque, composé d'éléments (photopiles) montés sur un châssis et connectés entre eux, afin de donner le voltage désiré. Par l'intermédiaire de ces photopiles, les radiations solaires sont converties en électricité sous forme de courant continu;
- un moteur étenche, à courant continu, directement accouplé à une pompe hydraulique

Les systèmes de pompage solaire thermodynamique

Quoique l'enthousiasme général manifesté lors de l'apparition sur le marché commercial des premiers systèmes thermodynamiques de pompage, ait grandement diminué, de nouvelles idées concernant des procédés de fabrication modifiés sont actuellement développés par divers organismes internationaux. Aucun de ces nouveaux systèmes est présentement disponible commercialement étant donné qu'ils sont plutôt à l'état de prototype. Une des raisons évidente expliquant la raison pour laquelle les systèmes de pompage thermo-solaires sont moins développés que les systèmes photovoltaïques en est le coût prohibitif.

Coût de capitalisation spécifique d'investissement

(SCC: Specific Capital Cost)

Un système de pompage se doit d'être conçu de façon à maximiser le débit total quotidien en fonction de la quantité d'énergie solaire absorbée. Le critère déterminant dans la comparaison entre les divers systèmes est le **rapport coût/efficacité**. A cet effet, le concept coût de capitalisation spécifique (SCC: Specific Capital Cost) est aujourd'hui utilisé de façon à relier le coût en capital d'un système à l'énergie hydraulique produite quotidiennement. Ce concept est défini de la façon suivante (HALCROW: 29):

$$SCC = C/pgVH$$

C = Coût du système (US \$)

p = densité de l'eau (Kg/m³)

g = accélération de la pesanteur

V = volume total d'eau pompé/jour d'ensoleillement standard (m³) - (5 k Wh/m²)

H = tête statique (mètre)

Selon cette définition, le "SCC" exprime des unités de dollars/joule/jour. Mentionnons que le "SCC" a été adopté pour décrire le rapport coût/efficacité parce qu'il combine les effets du coût en capital du système avec ses rendements.

Coûts d'investissements de divers systèmes photovoltaïques

De façon à établir un "coût d'acquisition moyen" des divers systèmes commerciaux photovoltaïques, le rapport UNDP/World Bank (HALCROW 29), illustre les soumissions suivantes reçues suite à un appel d'offre spécifique (re: tableau xv).

TABLEAU XV COÛT D'ACQUISITION DE DIVERS SYSTÈMES PHOTOVOLTAÏQUES

	Spécification	(U.S. \$)
CATÉGORIE A	débit de 60 m ³ /jr tête statique de 2 m	2,860.00 à 27,800.00
CATÉGORIE B	débit de 60 m ³ /jr tête statique de 7 m	8,440.00 à 31,000.00
CATÉGORIE C	débit de 20 m ³ /jr tête statique de 20 m	7,270.00 à 69,750.00

9. ÉVALUATION ÉCONOMIQUE DU POMPAGE À ÉNERGIE SOLAIRE EN HYDRAULIQUE VILLAGEOISE

9.1 ÉNERGIE REQUISE pour un village de 500-1000 habitants

Dans l'élaboration des divers projets prévoyant l'utilisation de l'énergie solaire en hydraulique villageoise des volumes de 40 à 60 litres per capital/par jour sont généralement considérés. A 40 litres/tête, le volume d'eau quotidien requis pour un village de 500 personnes se situe à environ 20 mètres cubes. L'énergie hydro-électrique maximum requise pour un tel système, avec pompage sous une tête statique de 20 mètres, serait approximativement de 200 watts. Un village de 1000 personnes où l'eau nécessite un pompage sous une tête statique de 40 mètres nécessiterait, en conséquence, une puissance énergétique maximum d'environ 800 watts. Cette énergie peut facilement être fournie par des systèmes de pompes fonctionnant à l'énergie solaire. Pour une pompe solaire, la puissance crête peut varier entre quelques centaines de watts jusqu'à quelques kilowatts, selon le débit désiré.

CONTRAINTES GÉNÉRALES:

Quoique l'efficacité technique des systèmes utilisant l'énergie solaire ait été démontrée, il en demeure que l'on ne peut affirmer que tous les équipements commercialisés jusqu'à date, se soient avérés suffisamment simples ou robustes pour être utilisés de façon efficace dans les conditions difficiles des pays en voie de développement. Le prix des équipements fut aussi un obstacle par le passé, à l'utilisation de cette énergie renouvelable. Cependant, suite à l'augmentation de l'intérêt général suscité par cette nouvelle technologie, ainsi qu'aux nombreuses données recueillies versus les divers projets internationaux, il en est résulté une amélioration appréciable dans le processus de fabrication des pompes hydrauliques à énergie solaire de même qu'une réduction substantielle des coûts. Actuellement, ces tendances se continuent et nous pouvons logiquement penser que le jour n'est pas loin où il sera possible de commercialiser des systèmes de pompage à l'énergie solaire qui seront efficaces, robustes, fiables, économiques et qui pourront être réparés, maintenus et assemblés (ou mieux produits) dans les pays en voie de développement.

9.2 Méthodologie de calcul du coût en capital et des coûts récurrents des systèmes solaires de pompage en hydraulique villageoise

Les coûts reliés au cycle de vie des composantes individuelles dans chacun des systèmes alternatifs proposés sont équivalents à la somme du coût en capital et du coût actuel des charges récurrentes (pour une durée de vie et un taux d'escompte déterminés). Ces valeurs sont additionnées pour trouver les coûts reliés au cycle de vie du système concerné et convertis par la suite en coûts annuels uniformes.

9.2.1 Coût en capital

Pour chaque composante du système, le coût en capital peut être représenté de la façon suivante:

$$C = C_0 + C_1 S^b$$

dans lequel: S : représente la grosseur de la composante
(puissance de pointe pour un système photovoltaïque)
C₀: Coût fixe
C₁: Coût relié à la dimension du système
b : exposant

TABLEAU XVI - RÉSULTAT DES ANALYSES SUR LES SYSTÈMES D'APPROVISIONNEMENT EN EAU DES VILLAGES

Pompes	No. pompes	No. de points d'eau	Population puits d'eau	Dimensions du système	Durée de vie		Coût/capital du système US\$	Coûts récurrents			Coût cycle de vie \$	Coût/unité de l'eau, cents/m ³
					Source d'énergie années	Pompe années		Coûts remplac. (coût act.) \$	Coûts annuels d'opér. \$	Coûts annuels mainten. \$		
Avec conduits de distribution												
Soleil	1	4	187	974 Wp (1)	15	5.3 (5)	21169	3113	0	98	25301	22.3
Vent	1	4	187	40.7 M ² (2)	30	10	16038	823	0	59	17469	15.4
Diésel "bas"	1	4	187	2.5 kW (3)	9.9	10	6649	1549	414	206	14629	12.9
Diésel "haut"	1	4	187	2.5 kW (3)	7.3	10	6649	2063	1242	406	25806	22.7
Sans distribution												
Soleil	1	1	750	944 Wp (1)	15	5.3 (5)	19849	1017	0	98	23273	20.5
Vent	1	1	750	39.4 m ² (2)	30	10	14500	522	0	59	15629	13.8
Diésel "bas"	1	1	750	2.5 kW (3)	10	10	5641	1164	402	206	12932	11.4
Diésel "haut"	1	1	750	2.5 kW (3)	7.5	10	5641	1641	1206	406	23832	21.0
Pompes manuelles	7	7	107	60 W (4)	-	10	12796	1077	0	350	17497	15.4

(1) Débit de l'ensemble

(2) Surface du rotor

(3) Débit de l'arbre

(4) Basé sur une utilisation de plus de 5 heures

(5) Incluant moteur électrique

(*) Population 750 habitants, consommation per capita de 40 l/j, hauteur d'aspiration statique de 20 m., densité de la population 75 hab./hectare, mois solaire critique = 19.3 MJ/m², vitesse critique du vent = 2.5 m/s, i = 10%, n = 30 ans.

Source: HALCROW (29)

Chacune de ces valeurs, C_0 - C_1 et b sont nécessaires pour chaque composante. Cette définition présume que les dimensions (grosseurs) varient continuellement tandis que les variations peuvent être de façon discontinues.

9.2.2 Coûts récurrents

Pour chacune des composantes, les coûts récurrents sont estimés en trois (3) catégories:

9.2.2.1 Coûts d'entretien et de réparation

Dans tous les cas où c'est possible en regard des systèmes mécaniques mobiles, les coûts sont exprimés en dollars pour 1000 heures opérationnelles, M , et cette valeur est utilisée avec le nombre total d'heures opérationnelles pour calculer les coûts annuels d'entretien et de réparation.

9.2.2.2 Coûts d'opération

Ces coûts sont les frais de carburant, les frais de nourriture pour les animaux, les charges de main-d'oeuvre pour l'opération et la surveillance, c_f , calculés sur la base de la consommation d'énergie requise du système. Lorsque requis, un taux d'inflation différent, i_f , peut être spécifié.

9.2.2.3 Coûts de renouvellement

Basés sur la durée de vie spécifiée des divers systèmes. Un taux d'inflation distinct, i_c , est requis, pour tenir compte des variantes entre le coût de remplacement d'une composante spécifique et la tendance générale des prix. (Il est prévu que les coûts des ensembles photovoltaïque vont diminuer, en termes réels.)

10. L'UTILISATION DE L'ÉNERGIE ÉOLIENNE EN HYDRAULIQUE VILLAGEOISE

Divers types d'éoliennes sont présentement connues et utilisées. En général on peut diviser en deux catégories ces genres d'éoliennes.

10.1 Éoliennes dont le principe est la conversion de l'énergie du vent en énergie mécanique qui fera fonctionner une pompe à eau.

Mentionnons les éoliennes à voile, multipales et celles de type Savonius.

10.2 Éoliennes dont le principe est la conversion de l'énergie du vent en énergie mécanique qui fera fonctionner une génératrice ou un alternateur pour produire de l'électricité à courant continu ou alternatif.

Mentionnons l'éolienne Darrieus et l'aérogénérateur Aérowatt.

BIBLIOGRAPHIE
(suite)

13. FOUGEIROL, D. Enseignement de la campagne de forages de KAYES-NORD et NARA-EST.
BURGÉAP NT 1289 E 1120. 1982
Citation dans BURGÉAP (11)
14. BOURGUET, L. BURGÉAP - R. 414/E. 855
Planification de l'utilisation des eaux en R.I. Mauritanie - Étude économique des différents types d'ouvrages - Calcul du prix de l'eau - Détermination des équipements les mieux adaptés - mars 1980.
15. KINGHAM, J.A. Pompes à eau actionnées à la main ou au pied destinées aux pays en voie de développement - 1980.
16. DILUCA, C. CIEH - L'hydraulique villageoise dans les pays-membres du CILSS - Conditions d'utilisation et d'entretien des moyens d'exhaure - janvier 1983.
17. BANQUE MONDIALE PNUD INT/81/026 - Rapport de la Direction du Projet No. 2. Projet de pompes à motricité humaine pour l'alimentation en eau rurale - Tests de laboratoire - Essais in Situ et Développement Technologique - avril 1983.
18. ACDI Agence Canadienne de Développement International - Communication présentée lors du colloque sur les coûts récurrents au Sahel, tenu à Niamey - juin 1983.
19. CEAO/FOSIDEC Communauté Économique de l'Afrique de l'Ouest - Évaluation des charges financières des projets communautaires et définition d'une politique de couverture de ces charges - octobre 1982.
20. CCE Commission des Communautés Européennes - Évaluation (ex-post) sectorielle des projets d'approvisionnement en eau en milieu urbain et villageois - Tome II - août 1978.
21. BURGÉAP/CCE "L'équipement des villages en puits et forages en fonction des conditions hydrogéologiques dans les États A.C.P. d'Afrique (Types d'ouvrages et de matériels - Conditions d'emploi - Études et reconnaissances préalables)" - BURGÉAP/CCE - Direction Générale du Développement - 1978.
22. SATEC Mission d'étude de la participation villageoise aux charges récurrentes des programmes d'hydraulique villageoise en Haute-Volta, rapport pour le Ministère du Développement rural de Haute-Volta, Paris, 1981.

BIBLIOGRAPHIE

1. CILSS - Club du Sahel, "les dépenses récurrentes des programmes de développement des pays du Sahel", analyse et recommandations, août 1980.
2. CIEH 1981 Hydraulique villageoise et moyens d'exhaure.
3. KABORÉ, F. Notes générales - Mission dans divers pays Sahéliens, juillet 1983 (Étude Agrovet).
4. HLAVEK, R.J./ DUPUIS, J.G Hydraulique Villageoise et développement rural dans le Sahel. Document Sahel D (80) III - novembre 1981.
5. BRGM L'Hydraulique villageoise dans les pays membres du CILSS - Situation au Niger - Enquête et propositions en vue d'une gestion rationnelle de l'eau - Rapport d'appui aux directives de l'hydraulique - décembre 1982.
6. HYDROSULT Agence Canadienne de Développement International - Étude de factibilité - Construction de 300 ponts d'eau dans les départements MARADI-ZINDER & DIFFA au Niger - avril 1982.
7. IWACO B.V. Étude sur l'organisation et le financement de l'entretien des ouvrages - janvier 1983.
8. BRGM/AGE L'évolution de la problématique de l'hydraulique rurale dans la sous-région.
Réunion régionale de synthèse sur l'hydraulique villageoise au Sahel-Ougadougou - 3-5 octobre 1983.
9. BRGM L'Hydraulique villageoise dans les pays-membres du CILSS - Situation au Sénégal - Enquête et propositions en vue d'une gestion rationnelle de l'eau - Rapport d'appui aux directives de l'hydraulique - septembre 1982.
10. BRGM L'Hydraulique villageoise dans les pays-membres du CILSS - Situation en Gambie - Enquête et propositions en vue d'une gestion rationnelle de l'eau - Rapport d'appui aux directives de l'hydraulique - septembre 1982.
11. BURGÉAP L'Hydraulique villageoise dans les pays-membres du CILSS - Situation en Mauritanie - Enquête et propositions en vue d'une gestion rationnelle de l'eau - Rapport d'appui aux directives de l'hydraulique - décembre 1982.
12. BURGÉAP L'Hydraulique villageoise dans les pays-membres du CILSS - Situation au Mali - Enquête et propositions en vue d'une gestion rationnelle de l'eau - Rapport d'appui aux directives de l'hydraulique - décembre 1982.

BIBLIOGRAPHIE
(suite)

23. GARRITY/DIOUF GARRITY, Monique P., DIOUF, Mamadou - Étude sur le financement des charges récurrentes - Sénégal - L'Hydraulique Rurale - Harvard Institute for International Development -1979.
24. MANADOU DIOUF Coûts récurrents des Ouvrages d'Hydraulique Rurale au Sénégal, Septembre 1979.
25. BURGÉAP L'hydraulique villageoise dans les pays membres du CILSS - Situation au Cap-Vert - Enquête et propositions en vue d'une gestion rationnelle de l'eau - Rapport d'appui aux directions de l'hydraulique -octobre 1982.
26. SEMA Le développement de l'hydraulique villageoise dans le Sahel -Bilan et Perspectives - Synthèse et annexes - Club du Sahel (D(83) 207 -juillet 1983.
27. LA CORPORATION DE RECHERCHE ÉNERGIE Pochette d'information sur les énergies nouvelles et renouvelables dans les pays du Sahel - janvier 1983.
28. KALBERMATTEN, J.M. "Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation -A Planner's Guide"
J.M. KALBERMATTEN, D.S. JULIUS, D.D. MARA, C.G. GUNNERSON
World Bank - December 1980.
29. HALCROW, W UNDP - World Bank - Small Scale Solar - Powered Pumping Systems:
The Technology, its economics and advancement - Main Report - Sir William Halcrow and Partners in association with Intermediate Technology Power Limited - June 1983.
30. ACDI Pochette d'information sur les énergies nouvelles et renouvelables dans les pays du Sahel - préparé pour l'ACDI par la Corporation de Recherche Énergie - janvier 1983.