



**DIRECTION DES ETUDES ET DES SERVICES
ACADEMIQUES**

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE D'INGENIEUR
DE L'EQUIPEMENT RURAL**

Présenté par :

DIABATE Mahi

Thème :

***AEP et sources d'énergie dans les communes
rurales du Burkina Faso. Diagnostic des systèmes
actuels et perspectives à partir d'étude de cas.
(Village de Samorogouan)***

MEMBRES DU JURY

- | | |
|--------------------|-----------|
| 1. GUEYE Ismaïla | Président |
| 2. ZOUNGRANA Denis | Encadreur |
| 3. TRAORE Eric | Membre |
| 4. BAGRE Ahmed | Membre |

UTER : GVEA & GEI

juin, 2006

DEDICACE

Au nom d'Allah, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux.

Je dédie ce mémoire de fin d'études à :

Mon regretté père Salif DIABATE que je n'ai même pas vu;

Ma regrettée mère Ouorokia TOGOLA que Dieu m'a arrachée en septembre 2001;

Ma regrettée mère Fatoumata TOGOLA que Dieu m'a arrachée en octobre 2004 ;

Qu'Allah leur accorde son paradis.

Ma mère Mariam TOGOLA ;

Tous mes oncles ;

Toutes mes sœurs ;

Tous mes frères en particulier Sidiky DIABATE ;

Mon regretté maître du premier cycle Monsieur Soungala DEMBELE ;

Mes logeurs à Fana : Daouda TOGOLA, à Dioïla :

Alassane FOMBA et à Bamako : Madou TRAORE ;

Tous mes amis.

En bref à tous ceux qui m'ont soutenu moralement ou financièrement durant mes études.

Je ne saurais les remercier mais Dieu est capable.

Je garderai longtemps leurs souvenirs en mémoire.

SOMMAIRE

DEDICACE	1
SOMMAIRE	2
Liste des abréviations	5
Liste des illustrations	6
RESUME	8
AVANT PROPOS	9
REMERCIEMENTS	10
INTRODUCTION	11
CONTEXTE DE L'ETUDE	13
OBJECTIF DE L'ETUDE	13
PROBLEMATIQUE	14
1 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	16
1.1 PRESENTATION DU BURKINA FASO.....	16
1.1.1 Situation géographique	16
1.1.2 Population.....	16
1.1.3 Organisation administrative et situation politique	16
1.1.4 Situation socio-économique	17
1.2 PRESENTATION DU VILLAGE DE SAMOROGOUAN	17
1.2.1 Situation géographique.....	17
1.2.2 Population.....	18
1.2.3 Activités socio-économiques	19
1.2.4 Climat et végétation	20
1.2.5 Hydrographie.....	20
1.2.6 Infrastructures	20
1.2.7 Quelques services intervenants dans le village	21
2 JUSTIFICATION DU PROJET	21
3 METHODOLOGIE GENERALE	22
ENQUÊTES	23
4 ENQUETES	24
4.1 CADRE LOGIQUE DE NOTRE ETUDE.....	24
4.2 CHOIX DES PERSONNES (MENAGES) INTERROGEES.....	24
4.3 QUESTIONNAIRES.....	25
4.4 ENQUETE SUR LE TERRAIN	25
4.5 DIFFICULTES ET BIAIS	25
4.6 EXPLOITATION STATISTIQUE ET L'INTERPRETATION DES RESULTATS DES ENQUETES	26
4.6.1 Procédé de traitement des données	26
4.6.2 Interprétation des résultats	26
4.6.3 Enquête pour le renforcement du pompage d'eau	26
4.6.4 Enquête pour l'électrification du village	31
VOLET I: AEP	35
VOLET I: AEP	35
5 DIAGNOSTIC DU SYSTEME AEPS DE SAMOROGOUAN	36
5.1 METHODOLOGIE D'ACQUISITION DES INFORMATIONS	36

5.2 HISTORIQUE.....	36
5.3 DESCRIPTION DU SYSTEME.....	36
5.3.1 Le château d'eau.....	36
5.3.2 Les bornes fontaines	37
5.3.3 Les panneaux solaires.....	38
5.3.4 La pompe.....	39
5.3.5 Les conduites.....	39
5.3.6 Les modes de desserte.....	39
5.3.7 Tarification de l'eau	39
5.4 GESTION DU SYSTEME	40
5.5 DIFFICULTES RENCONTREES POUR LA GESTION DU SYSTEME	41
5.6 CONSEQUENCES DE L'ARRET DU SYSTEME.....	41
5.6.1 Sur le plan économique :	41
5.6.2 Sur le plan social :	41
5.7 CONCLUSION DU DIAGNOSTIC	42
6 RENFORCEMENT DU SYSTEME AEPS DE SAMOROGOUAN.....	43
6.1 POLITIQUE NATIONALE DU BURKINA FASO EN MATIERE D'EAU.....	43
6.2 PLANIFICATION	43
6.3 JUSTIFICATION DE L'EXTENSION	44
6.3.1 Nombre de points de livraison	44
6.4 DIMENSIONNEMENT DES EQUIPEMENTS	44
6.4.1 Modèle hydraulique du système de pompage.....	44
6.4.2 Dimensionnement hydraulique	45
6.4.3 Conduites de refoulement	47
6.4.4 Dimensionnement électrotechnique	51
VOLET II : ENERGIE	57
VOLET II : ENERGIE	57
7 SOURCES D'ENERGIE	58
7.1 GROUPE ELECTROGENE.....	58
7.2 SYSTEMES PHOTOVOLTAÏQUES	58
7.3 CENTRALE DE RECHARGE	59
7.4 SYSTEME HYBRIDE.....	59
7.5 VARIANTES DE PROJET	61
8 DIMENSIONNEMENT DES SYSTEMES	62
8.1 SYSTEMES PHOTOVOLTAÏQUES (PV)	62
8.1.1 Estimation des besoins d'électricité (en Wh/j).....	62
8.1.2 Estimation de l'ensoleillement.....	62
8.1.3 Estimation de la capacité de stockage requise (Ah).....	62
8.1.4 Puissance du champ photovoltaïque (Wc)	63
8.2 GROUPE ELECTROGENE	63
8.2.1 Description des caractéristiques d'un groupe	63
8.2.2 Dimensionnement du groupe électrogène	63
ANALYSE ECONOMIQUE DU PROJET	64
9 ANALYSE ECONOMIQUE DU VOLET AEP.....	65
9.1 COUTS D'INVESTISSEMENT	65
9.2 COUT D'INVESTISSEMENT ACTUALISE	65
9.3 COUTS D'EXPLOITATION	66
9.4 LE COUT TOTAL DU PROJET	66
9.5 PRIX DE REVIENT DU M3 D'EAU POMPE	67
9.6 COMPARAISON	67
10 ANALYSE ECONOMIQUE DU VOLET ENERGIE	68
10.1 COUTS D'INVESTISSEMENT	68
10.2 COUT D'INVESTISSEMENT ACTUALISE	68

10.3	COUTS D'EXPLOITATION	68
10.4	LE COUT TOTAL DU PROJET	69
10.5	PRIX DE REVIENT DU KWH PRODUIT.....	69
10.6	COMPARAISON	69
11	ANALYSE DES CONDITIONS DE REPLICATION DU SYSTEME D'ELECTRIFICATION DE BANZON A SAMOROGOUAN	70
11.1	HISTORIQUE	70
11.2	DESCRIPTION DU SYSTEME.....	70
11.3	FONCTIONNEMENT DU SYSTEME	70
11.4	ANALYSE DU SYSTEME	71
11.5	CONCLUSION	72
12	CHOIX DEFINITIF DE LA SOURCE D'ENERGIE.....	74
12.1	AVANTAGES ET INCONVENIENTS	74
12.2	CRITERES DE CHOIX	74
	76
	PERSPECTIVES.....	76
	RECOMMANDATIONS.....	79
	DIFFICULTES RENCONTREES.....	80
	CONCLUSION GENERALE.....	81
	ANNEXES.....	83
	ANNEXE 1 : FICHES D'ENQUETES.....	84
	ANNEXES.....	85
	A.....	85
	ANNEXES.....	86
	ANNEXE 2 : QUELQUES RESULTATS DES ENQUETES	86
	ANNEXE 3 : CALCUL DU COUT DU KWH PRODUIT PAR UN GROUPE ELECTROGENE.....	101
	ANNEXE 4 : VALEURS ACTUALISEES NETTES (V.A.N) ET TAUX DE RENDEMENT INTERNE (TRI) DE QUELQUES VARIANTES DE PROJET D'ELECTRIFICATION.....	104
	ANNEXE 5 : POINT DE FONCTIONNEMENT DE LA POMPE	110
	BIBLIOGRAPHIE	111

LISTE DES ABREVIATIONS

Sigles	Définitions
GEE	Groupe des Ecoles EIER-ETSHER
EIER	Ecole Inter-Etats d'Ingénieurs de l'Equipement Rural
ETSHER	Ecole Inter-Etats des Techniciens Supérieurs de l'Hydraulique et de l'Equipement Rural
CDI	Centre de documentation et d'information
GVEA	Gestion et Valorisation de l'Eau - Assainissement
GEI	Génie Energétique et Industriel
UTER	Unité thématique d'Enseignement et de Recherche
PRS	Programme Régional Solaire
ONEA	Office National de l'Eau et l'Assainissement
SONABEL	Société Nationale Burkinabé d'Electricité
SONABHY	Société Nationale Burkinabé d'Hydrocarbures
PED	Pays en Développement
ERD	Electrification Rurale Décentralisée
DIEPA	Décennie Internationale de l'Eau Potable et l'Assainissement
EODA	Société Electrification- Ondulation – Distribution - Assistance
AEP	Approvisionnement en Eau Potable
ADAE	Association pour le Développement des Adduction d'Eau dans la région de Bobo-Dioulasso
AUE	Association des Usagers de l'Eau
CSPS	Centre de Santé et de Promotion Sociale
CEG	Collège d'Enseignement Général
HMT	Hauteur Manométrique totale
VAN	Valeur Actualisée Nette
TRI	Taux de Rendement Interne
AEPS	Adduction d'eau potable simplifiée
SAV	Service Après -Vente
PMH	Pompe à Motricité Humaine
AEPA	Approvisionnement en Eau Potable et Assainissement
PME	Petite et Moyenne Entreprise
PMI	Petite et Moyenne Industrie
AFD	Agence Française pour le Développement
PEA	Poste d'Eau Autonome
ONG	Organisation non gouvernementale
VREO	Valorisation des ressources en eau
ONU	Organisation des Nations Unies
AEPA	Approvisionnement en Eau Potable et Assainissement
CILSS	Comité Permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel
SOFITEX	Société des Fibres Textiles
GEI	Génie Energétique et Industriel

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Photo

PHOTO -1 : LE CHATEAU D'EAU	PHOTO -2 : UNE BORNE FONTAINE.....	38
PHOTO -1 : LE CHATEAU D'EAU	PHOTO -2 : UNE BORNE FONTAINE.....	38
PHOTO -3: GRILLAGE ET SUPPORTS DES PANNEAUX	PHOTO -4 : PANNEAUX DEMONTES...	39
PHOTO -3: GRILLAGE ET SUPPORTS DES PANNEAUX	PHOTO -4 : PANNEAUX DEMONTES...	39
PHOTO -5 : LES FEMMES A LA RECHERCHE DE L'EAU AU CHATEAU PRIVE		40
PHOTO -6: UN PUIS A GRAND DIAMETRE TARI		41

Carte

CARTE 1 : SITUATION GEOGRAPHIQUE DU BURKINA.....	16
CARTE 2 : PROVINCE DU KENEDOUGOU.....	17
CARTE 3 : DEPARTEMENT DE SAMOROGOUAN.....	18
CARTE 4 : PLAN DU VILLAGE.....	19

Figure

FIGURE -1 : CADRE LOGIQUE DE NOTRE ETUDE	24
FIGURE -2: ETAPES DE DETERMINATION DE LA DEMANDE SOLVABLE.....	28
FIGURE -3 : PLAN DU RESEAU EXISTANT.....	37
FIGURE -4: MODELE HYDRAULIQUE DU SYSTEME DE POMPAGE.	46
FIGURE -5: RESEAU RENFORCE	48
FIGURE -6 : DETERMINATION DE LA COTE MINIMALE DU RADIER.....	50
FIGURE -7 : ELECTRIFICATION SOLAIRE PAR STATION DE RECHARGE.....	60
FIGURE -8 : ELECTRIFICATION SOLAIRE PAR STATION DE RECHARGE SYSTEME HYBRIDE ...	61

Tableaux

TABLEAU -1 : LES OUTILS ET LES OBJECTIFS.....	22
TABLEAU -2 : PRINCIPALES SOURCES D'EAU UTILISEES DANS LE VILLAGE	27
TABLEAU -3 : CONSOMMATION JOURNALIERE (L/HAB) DES PERSONNES ENQUETEES.....	27
TABLEAU -4 : ETAT DES BORNES FONTAINES.....	38
TABLEAU -5 : DIFFERENTS PRIX DE L'EAU	40
TABLEAU -6 : DETERMINATION DE LA COTE MINIMALE DU RADIER.....	50
TABLEAU -7 : CONDITIONS DU DIMENSIONNEMENT D'UN GROUPE DIESEL	52
TABLEAU -8 : PUISSANCE DU GROUPE A INSTALLER.....	53
TABLEAU -9 : COUT D'INVESTISSEMENT DU RENFORCEMENT	65

TABLEAU -10 : COUT D'EXPLOITATION DES VARIANTES DE L'ELECTRIFICATION	66
TABLEAU -11 : COUT TOTAL DES VARIANTES DE PROJET POUR LE POMPAGE D'EAU	67
TABLEAU -12 : PRIX DE REVIENT DU M3 D'EAU PAR LE POMPAGE SOLAIRE ET PAR LE DIESEL.....	67
TABLEAU -13 : COMPARAISON DES SOURCES D'ENERGIE POUR LE POMPAGE.....	67
TABLEAU -14 : COUTS D'INVESTISSEMENT DES VARIANTES.....	68
TABLEAU -15 : COUTS D'EXPLOITATION DES VARIANTES	68
TABLEAU -16 : PRIX DU KWH PRODUIT PAR LES VARIANTES DE PROJET	69
TABLEAU -17 : COMPARAISON DES SOURCES D'ENERGIE POUR L'ELECTRIFICATION.....	69
TABLEAU -18 : CHOIX DE LA SOURCE D'ENERGIE POUR L'ELECTRIFICATION.....	75

Auteur : DIABATE Mahi

**Encadreurs : M. ZOUNGRANA Denis
M. TALEB O. Mohamed**

RESUME

La présente étude concerne le diagnostic d'un de ces systèmes d'approvisionnement en eau potable réalisé dans le cadre du programme régional solaire phase 1, qu'avait bénéficié le village de Samorogouan dont la gestion connaît quelques difficultés.

L'objectif du projet est de renforcer et pérenniser ce système d'approvisionnement en eau potable, d'étudier la faisabilité de son électrification et enfin analyser les conditions de réplification du système d'électrification de Banzon à Samorogouan.

Les potentialités villageoises pour l'entretien des ouvrages hydrauliques sont directement liées aux possibilités financières et revenus qui prévalent dans les régions et aux capacités de leurs groupements et associations.

Le taux d'électrification rurale au Burkina Faso est faible et le choix des investissements est dicté par la rentabilité du projet. Ce qui fait que plus de 80 % de la population souffre du manque de ce bien dont certains développements sont inimaginables sinon impossibles sans son intervention. L'absence d'électricité en zones rurales se traduit en définitive par des ratios prix/performances très élevés.

La problématique de la gestion des infrastructures hydrauliques en zones rurales se décline en adoptant une tarification appropriée des divers usages de l'eau qui tient compte à la fois des coûts de la ressource et des coûts environnementaux.

Celle de l'électrification rurale invite à la réflexion globale de redéfinition par rapport à des objectifs macroéconomiques et des politiques énergétiques subséquentes.

Le diagnostic du système AEPS de Samorogouan montre que les objectifs de sa réalisation n'ont pas été atteints à cause d'une faible utilisation de l'ouvrage surtout en saison pluvieuse. En plus de cette sous-exploitation du système vient s'ajouter le vol des panneaux. Cependant à la lumière des résultats des enquêtes que nous avons menées au cours de cette étude, le renforcement du système s'avère nécessaire.

Quant à l'électrification du village, les faisabilités technique et sociale ne posent aucun problème mais c'est la faisabilité économique qui dicte le choix. En effet, les analyses économiques que nous avons faites sur les variantes de projet ont montré qu'une simple subvention de l'investissement initial ne suffit pas pour que le projet soit viable.

Mots clés : AEP, Sources d'énergie, électrification, zones rurales, Samorogouan, EIER, Burkina Faso, 2006

AVANT PROPOS

Le groupe des écoles EIER-ETSHER est une école qui forme pour tous les secteurs de l'équipement rural, périurbain et urbain. Il est devenu Institut Supérieur Inter-Etats de formation et de recherche dans les domaines de l'Eau, l'Energie, l'Environnement et les Infrastructures à l'issue de son conseil d'administration qui s'est tenu à Ouagadougou le 8 Février 2005. Cette réforme s'est soldée par l'instauration du système Licence Master Doctorat (LMD).

L'ingénieur diplômé de l'Ecole Inter-Etats d'Ingénieurs de l'Equipement Rural (EIER), pour répondre aux besoins du secteur privé, doit maîtriser à la fois les disciplines et les théories de base ainsi que les techniques liées à l'eau, aux aménagements, à l'énergie et à l'environnement.

Pour atteindre cet objectif, les élèves ingénieurs en classe de 1^{ère} et 2^{ème} Année font au moins un projet par an dans un domaine spécifique. La maîtrise à la fois de différentes disciplines nécessite ou exige un projet qui va au-delà d'un seul domaine. D'où l'introduction d'un projet intégrateur et un mémoire de fin d'études dans le programme de la formation en phase terminale pour permettre à ces élèves après avoir appris les théories de base et les techniques de l'ingénieur d'appliquer celles-ci à un projet réel .

Le présent document intitulé « AEP et Sources d'énergie dans les communes rurales du Burkina Faso. Diagnostic des systèmes actuels et perspectives à partir d'études de cas » constitue mon mémoire de fin d'études qui s'est déroulé du 20 mars au 16 juin 2006 pour l'obtention du diplôme d'ingénieur de l'équipement rural (génie rural).

Le mot « AEP » conduit bien sûr à penser de préférences à des « hydrauliciens », mais très vite on s'aperçoit qu'il est impossible de le s'en tenir à la seule mécanique des fluides et que les connaissances d'un ingénieur chargé d'une distribution d'eau doivent être beaucoup plus vastes.

REMERCIEMENTS

La présente étude n'aurait pu atteindre ses objectifs sans la contribution de nombreuses personnes, en termes de mise à disposition d'informations, de réponses à nos nombreuses questions, de suivi et de recommandations faites par mes encadreurs.

Pour leur disponibilité et leur patience durant toutes les phases de ce projet de fin d'études nous remercions vivement :

- Mes encadreurs :
 - Monsieur **ZOUNGRANA** Denis mon encadreur principal, enseignant d'hydraulique urbaine au groupe eier-etsher ;
 - Monsieur **TALEB** Ould Mohamed El hadj mon second encadreur, enseignant d'électrotechnique au Groupe eier-etsher;
- Les personnes dont les noms suivent :
 - Monsieur **TRAORE** Mory, mon guide et en même temps logeur à Samorogouan ;
 - Monsieur **TRAORE** Eric enseignant de Probabilités Statistiques au Groupe eier-etsher et promoteur de ce projet ;
 - Monsieur **SANOU** Daouda, responsable de l'association pour le développement des adductions d'eau dans la région de Bobo-Dioulasso (ADAE) pour ses directives dans la recherche documentaire ;

En bref à toute personne ayant contribué à la réalisation de ce projet.

INTRODUCTION

Les problèmes que rencontrent les pays en développement sont nombreux et les besoins multiples. De ce fait, il est fallacieux de prétendre établir une hiérarchie de valeur et donc de priorité entre des secteurs tels la santé, l'éducation, l'eau, l'énergie etc.

Dans la plupart des scénarios d'évolution, l'une des conditions d'équilibre des établissements humains, repose sur la création d'activités génératrices de revenus locales à travers une stratégie d'aménagement du territoire qui met en avant le développement socio-économique endogène dans le monde rural. Une stratégie qui implique l'amélioration des conditions de vie des populations et la réduction des flux migratoires vers les villes et les pays du nord.

Or bien que l'énergie ne constitue que l'un des facteurs d'aménagement, sa disponibilité reste un élément déterminant du développement durable. L'amélioration des conditions de vie et le démarrage d'activités génératrices de revenus sont, en effet subordonnés à la satisfaction des besoins des populations rurales en énergie. C'est ce qui justifie l'effort important déployé par les pouvoirs publics dans les pays en développement et les bailleurs de fonds internationaux en faveur de l'électrification rurale. Quel chef d'Etat nouvellement élu n'a pas cité l'électrification rurale comme l'une de ses priorités ?

L'approvisionnement en eau potable représente un segment particulier de la demande en énergie en milieu rural. En effet, ce besoin fondamental est, la plupart du temps satisfait par l'utilisation de l'énergie humaine notamment celle des femmes et des petites filles. La « corvée de l'eau » n'est-elle pas parmi les principales causes de la non scolarisation féminine en milieu rural ?

La présente étude consiste à diagnostiquer le système d'approvisionnement en eau potable de Samorogouan en vue de dégager les perspectives et d'étudier la faisabilité de son électrification.

Le rapport comprend deux volets essentiels :

- Volet I : AEP ;
- Volet II : Energie.

Après avoir analysé la demande en eau et en énergie, dans le volet I nous allons diagnostiquer le système AEPS de Samorogouan et étudier les possibilités d'extension de ce système.

Quant au volet II, il est centré sur l'étude des possibilités d'électrification Samorogouan.

Enfin la dernière partie du rapport concerne l'analyse économique du projet et les conditions de répliation du système d'électrification de Banzon à Samorogouan.

CONTEXTE DE L'ETUDE

Le Programme Régional Solaire (PRS) lancé à l'initiative de la Commission Européenne et du Comité Permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel (CILSS), est le plus ambitieux programme entrepris dans le sahel. En effet il a permis d'installer au Burkina Faso 80 pompes solaires dont 36 dans la région des Hauts bassins.

L'objectif de ce programme est de contribuer à une amélioration durable des conditions de vie des populations. Pour ce faire, la prise en charge des équipements est assurée par les villageois. Mais de nos jours, plus de 80 % de ces systèmes ne fonctionnent plus à cause du vol des panneaux solaires.

La présente étude concerne le diagnostic d'un de ces systèmes d'approvisionnement en eau potable, qu'avait bénéficié le village de Samorogouan dont la gestion connaît quelques difficultés.

OBJECTIF DE L'ETUDE

L'objectif du projet est d'étudier les possibilités :

- ✓ De renforcer et pérenniser le système d'approvisionnement en eau potable de Samorogouan ;
- ✓ De le doter d'un système d'électrification rurale.

PROBLEMATIQUE

La pérennité d'un service d'eau ou d'électricité suppose que les coûts d'exploitation et de renouvellement à court terme soient au moins couverts.

Le contraire signifierait la nécessité de disposer de subventions d'exploitation, c'est-à-dire de subventions annuelles qui couvriraient les déficits courants.

Les populations rurales des pays en développement sont généralement caractérisées par :

- De faibles capacités de paiement et des revenus parfois irréguliers ;
- Une densité faible (habitats dispersés) ;
- Des besoins de consommation électrique faible.

Ces caractéristiques font que la notion de risque prend de l'ampleur dans la gestion des services d'eau et d'électricité. Ainsi dépouillée dès à priori et des calculs de rentabilité de projets isolés, la problématique de l'électrification rurale invite à la réflexion globale de redéfinition par rapport à des objectifs macroéconomiques et des politiques énergétiques subséquentes.

Habitats dispersés, demande faible et insolvable (ou si peu) consommation mal répartie se conjuguent pour faire de l'électrification rurale une énigme à clés multiples. Malgré ces négations, la rentabilité économique de l'électrification d'un village, mesurée par de simple taux de rentabilité interne (TRI) ne rend pas complètement compte des effets bénéfiques de l'électrification comparée aux investissements engagés.

Ainsi 78 à 85 % de la population du Burkina Faso n'ont et n'auront jamais accès à l'électricité si une politique énergétique orientée vers l'utilisation de solutions techniques et technologiques et des stratégies appropriées n'est pas appliquée.

Les besoins existent pourtant et pour paradoxal que cela soit, force est de reconnaître que les populations rurales paient déjà et très cher une énergie électrique de médiocre qualité. La lampe à pétrole (qui est sans doute le moyen d'éclairage le plus utilisé) coûte 200 fois plus cher que l'éclairage électrique urbain fluorescent. Sa puissance lumineuse est pourtant très limitée et reste très en dessous des normes habituelles admises pour la lecture notamment.

L'absence d'électricité en zones rurales se traduit en définitive par des ratios prix/performances très élevés.

En ce qui concerne l'hydraulique, l'analyse des conditions de mise en œuvre des programmes d'hydraulique met en évidence deux constats majeurs :

1. Les programmes d'hydraulique villageoise ont été motivés par l'urgence de sécuriser les conditions d'approvisionnement en eau puis de garantir à tous, dans les meilleurs délais, un accès à l'eau potable.
2. En outre ce n'est que très tardivement que l'on a pris en considération les populations en tant qu'usagers des points d'eau, et donc la façon dont s'exprime leur demande et surtout dont celle-ci se relativise par rapport aux autres priorités des villages.

En milieu rural, un des problèmes émergents à l'heure actuelle, c'est le mode d'alimentation en eau potable des gros centres ruraux (tel est le présent cas) dont la population est comprise entre 2000 et 10 000 habitants. On constate une demande grandissante pour une meilleure qualité du service d'eau potable parmi ces populations semi-urbaines qui n'entrent pas dans le champ d'application des grandes sociétés de distribution d'eau.

Ainsi au regard de toutes les réalités économiques des zones rurales, plusieurs questions méritent d'être posées afin d'atteindre les objectifs de ce projet:

Est-il possible au regard de la nature, de l'importance et de la structure de la demande solvable des différentes catégories de populations, développer des alternatives techniques, institutionnelles et gestionnaires capables d'améliorer l'accès à l'eau potable pour ces populations dont la majorité sont agglomérées dans de gros bourgs ruraux en transition durable vers l'économie urbaine ?

Comme les panneaux solaires qui constituaient la source d'énergie pour le pompage d'eau du système existant font l'objet de vol, existe-il une autre source d'énergie plus adaptée ? Faut-il laisser les ruraux auto-produire eux-mêmes très cher leur énergie domestique au moyen d'équipements traditionnels peu performants ou bien englober une fraction considérable des investissements de l'Etat dans l'électrification des zones rurales et y vendre à bas prix une énergie qui coûte cher à cette communauté ?

1 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

1.1 Présentation du Burkina Faso

1.1.1 Situation géographique

Le Burkina Faso, anciennement appelé [Haute-Volta](#), est un pays d'[Afrique](#) de l'Ouest sans accès à la mer. Ses habitants sont les Burkinabé (mot invariable). Le nom de ce pays signifie en français « Pays des hommes intègres ».

C'est un pays enclavé situé au coeur de l'Afrique de l'ouest dans la boucle du Niger et s'étend sur une superficie de 274.200 Km² entre les 9^{ème} et 15^{ème} degrés de latitude nord et les longitudes 2.2 Est et 50. Ouest. Il a des frontières communes avec le Mali au Nord et à l'ouest, la côte d'ivoire, le Ghana, le Togo et le Bénin au sud, le Niger à l'est (voir carte 1).

1.1.2 Population

La population du Burkina Faso était estimée à 11 616 000 habitants en décembre 2000 et croît à un rythme de 2,4% l'an.

Carte 1 : Situation géographique du Burkina

1.1.3 Organisation administrative et situation politique

Le territoire national est divisé en 45 provinces, 320 départements, 49 communes et environ 8000 villages. La commune et la province sont des collectivités locales dotées de la personnalité morale et de l'autonomie financière. C'est un vote populaire qui élit le Président de la République. Et c'est le Président qui nomme le Premier Ministre avec l'approbation de la législature.

1.1.4 Situation socio-économique

L'agriculture et l'élevage sont les principales sources de croissance de l'économie nationale et contribuent à près de 31% du PIB et 60% des exportations. Le taux brut de scolarisation dans l'enseignement de base est de 40,50% pour l'année 1997-1998 ; il est de 33% chez les filles et 48% chez les garçons. Le taux d'alphabétisation des adultes au niveau national reste faible, 29% pour les hommes et 10% pour les femmes en décembre 2000. Il présente de fortes disparités entre zones urbaines et zones rurales.

1.2 Présentation du village de Samorogouan

1.2.1 Situation géographique

Le village de Samorogouan est une localité située au Sud-Ouest du Burkina Faso dans la région des Hauts Bassins.

C'est un département de la province du KENEDOUGOU dont le chef lieu de province est ORODARA. Cette province est composée de 91,65 % de population rurale.

Carte 2 : Province du Kenedougou



Le village est limité :

- ✓ au nord par MOROLABA et N'DOROLA ;
- ✓ à l'est par KOUROUMA ;
- ✓ au sud-est par BANZON ;
- ✓ au sud par DJIGOUERA ;
- ✓ à l'ouest par KOLOKO et SINDO.

Carte 3 : Département de Samorogouan



1.2.2 Population

La population du village de Samorogouan est estimée à 5248 habitants dont 2711 hommes (51,7 %) et 2537 femmes (48,3 %) selon le recensement de mars 1998 mais atteint de nos jours 8000 habitants d'après le recensement de l'élection passée. Le village a connu de fortes migrations principalement dans les 1990 à 1992 et qui s'est traduit par une évolution nette de la population. On compte actuellement (1998) 2880 immigrés représentant 55 % de la population dont 30 % de Mossi, 15 % de Marka-Dafing, 10 % de Bobo, Dagari, Gourounsi, Peul. L'ethnie dominante est le Samogo (45 %) et ce sont eux les autochtones.

Le village compte quatre secteurs. Il a été loti en 1998. Le plan de lotissement du village existe mais nous n'avons pu l'avoir durant notre sortie sur terrain et nos recherches documentaires, nous avons fait donc un plan sommaire du village à partir des coordonnées géographiques de quelques points du village.

La carte 4 donne l'emplacement des différents quartiers du village.

Carte 4 : Plan du village

■

1.2.3 Activités socio-économiques

Les habitants de Samorogouan sont essentiellement des agriculteurs (y compris les peuls qui pratiquent de plus en plus cette activité). Quelques producteurs entretiennent des plantations d'arbres fruitiers notamment les manguiers, orangers... et/ou produisent de la banane.

Les différentes spéculations rencontrées au village sont : coton, maïs, petit mil, patate, niébé, sésame, arachide, bissap, gombo, oseille, tomate, oignons et tabouchi. Elles sont différemment importantes pour les différents groupes ethniques.

Les cultures vivrières (73 %) sont partagées entre l'autoconsommation et la vente.

Le niveau d'équipement est très modeste. Il est constitué essentiellement de matériel aratoire à traction animale.

Les difficultés de commercialisation existent pour les céréales et sont liées surtout aux achats à des prix peu rémunérateurs et fluctuants. En ce qui concerne le coton, elles portent sur l'enlèvement et quelques fois le paiement tardif des recettes du coton par la SOFITEX.

Le problème de couloir de passage des animaux expose le peul à des conflits entre agriculteurs et éleveurs.

A côté de l'agriculture, nous avons les activités commerciales et artisanales.

Le village dispose d'un marché hebdomadaire d'assez grande importance et un marché journalier de moindre importance. Les activités qui s'y déroulent portent essentiellement sur la vente de produits manufacturés (pièces détachées, tissus et autres vêtements, ustensiles de cuisines... etc.

Quant à l'artisanat, il dispose de plusieurs réparateurs de cycles (motos, vélos). Il existe aussi des menuisiers, des tôliers, des forgerons, des tailleurs et des réparateurs de radios.

1.2.4 Climat et végétation

Le climat est de type soudanien. La pluviométrie annuelle peut atteindre 1200 mm. La végétation est de type savane arborée.

1.2.5 Hydrographie

Le village de Samorogouan n'a pas de cours d'eau permanent, un cours d'eau tertiaire affluent de la DOUMBA traverse le village. Mais la création récente d'un barrage sur le dit affluent pourra développer une activité de pêche qu'il faudrait d'ores et déjà planifier rationnellement. Le barrage sert essentiellement à l'abreuvement des animaux.

1.2.6 Infrastructures

Le village de Samorogouan est mieux doté en infrastructures que les autres villages du département. Il abrite en effet les services d'encadrement et de l'administration générale du département.

1. Santé : il existe un centre de santé et de promotion sociale (CSPS) constitué de dispensaire et de maternité, deux dépôts pharmaceutiques dont un privé ;
2. Enseignement : Samorogouan compte deux écoles primaires, l'une datant de 1945 et l'autre de 1997 et un Collège d'Enseignement Général (CEG) devenu lycée en 1998 ;
3. Hydraulique : il dispose d'un certain nombre d'infrastructures hydrauliques :
 - Cinq pompes à motricité humaine dont deux non fonctionnelles ;
 - Un château d'eau et quatre bornes fontaines acquis en 1998 quoique ayant renforcé les infrastructures existantes rencontre des problèmes techniques de gestion et fait l'objet de notre étude;
 - Trois puits à grand diamètre dont un creusé cette année ;
 - Un barrage construit dont l'exploitation n'est pas encore envisagée.

1.2.7 Quelques services intervenants dans le village

Le village abrite un certain nombre de services départementaux d'appui et d'administration générale : Préfecture, Commissariat de police, Perception, Centre de Santé et de Promotion Sociale, Ecole primaire et lycée, Environnement et Eaux et Forêt.

2 JUSTIFICATION DU PROJET

Parmi les facteurs essentiels d'aménagement du territoire, l'électrification rurale constitue un élément clé car elle permet l'amélioration du mode de vie des populations rurales en donnant accès aux moyens d'éclairage et d'audiovisuel. Elle constitue ainsi dans le cas où les autres facteurs d'aménagement sont disponibles (piste et eau), un atout important pour le démarrage des activités artisanales et l'amélioration des conditions de productivité du secteur rural.

D'où la justification de ce projet d'électrification rurale étant donné que Samorogouan dispose déjà d'un système d'adduction d'eau potable simplifié et dont la gestion connaît quelques difficultés.

3 METHODOLOGIE GENERALE

La méthodologie adoptée pour mener à bien cette étude est résumée dans le tableau 3.1.

Tableau -1 : les outils et les objectifs

Méthode	Outils ou moyens	Objectifs
Recherche documentaire	<ul style="list-style-type: none"> - CDI EIER - Documents de projets (APS, APD) dans les Directions respectives 	<ul style="list-style-type: none"> - réunir les informations disponibles ; - orienter mieux la suite de l'étude.
Enquête/Entretien	Questionnaire ou la fiche d'entretien	<ul style="list-style-type: none"> - Analyser la demande en évaluant ou en estimant: <ul style="list-style-type: none"> • les besoins à besoins à satisfaire ; • les dépenses actuelles des ménages en matière d'eau et énergie ; • les capacités de paiements ; • les disponibilités à payer ; - Prévoir les utilisations futures des systèmes qui seront mis en place : <ul style="list-style-type: none"> • les substitutions ; • les nouvelles applications. - savoir la priorité des ménages - savoir les atouts et les contraintes observés dans la gestion des systèmes existants (AEP pour Samorogouan et Electricité pour Banzon) ;
Dépouillements	Exploitation statistique et l'interprétation des résultats des enquêtes.	<ul style="list-style-type: none"> - Analyses thématiques ; - Appréhender les possibilités de participation financière des usagers, - Modéliser la sensibilité du marché aux prix ;
Rédaction du rapport	- Ordinateurs	<ul style="list-style-type: none"> - Elaborer un document que les autorités compétentes peuvent se servir pour résoudre la problématique ; - Attirer l'attention des financiers.

ANALYSE DE LA DEMANDE ET METHODE D'APPROCHE DU MARCHE

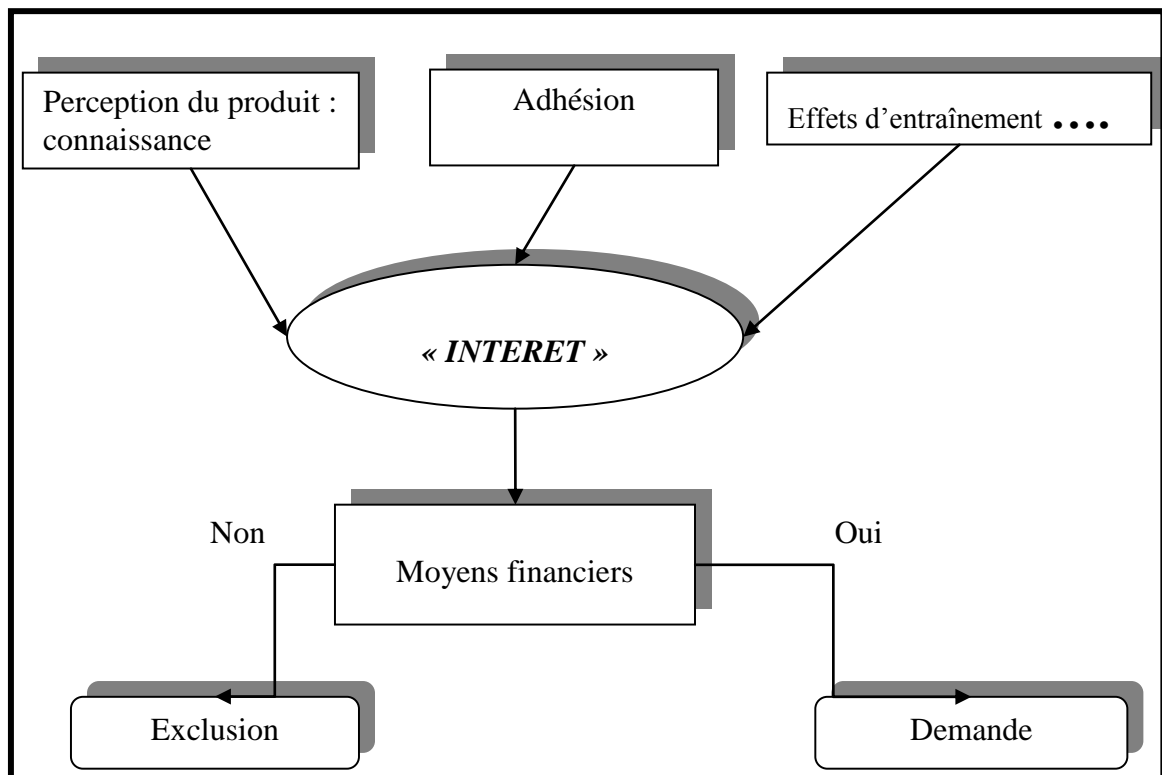
4 ENQUETES

4.1 Cadre logique de notre étude

La demande solvable est la garantie de la réussite et de la pérennité d'un système d'AEP ou d'électricité. L'intérêt de la population dépend de plusieurs facteurs notamment de la perception du produit (eau ou électricité). La demande effective, dépend des moyens financiers des personnes. Celles ne pouvant se permettre de telles dépenses sont « exclues » de l'utilisation de l'eau ou courant. La notion d'exclusion doit être observée sous l'angle de la rentabilité du système, mais c'est qui est sûr en absence d'autres ressources alternatives (cas de l'eau), il est clair que les habitants vont se rabattre sur le réseau.

Le cadre logique de notre étude est présenté ci-dessous.

Figure -1 : Cadre logique de notre étude



4.2 Choix des personnes (ménages) interrogées

Les moyens mis à notre disposition et le temps limités ont conditionné notre méthodologie, à la forme de l'enquête et du nombre de personnes interrogées.

Si nous avons recherché une enquête dont les résultats seraient représentatifs de la population, nous aurions dû interroger un nombre de personnes suffisamment important par rapport à la population du village. Si l'on se tient à un échantillon minimum de 10% (recommandé pour la représentativité d'une telle enquête) nous aurions dû remplir, eu égard d'environ les 1300 ménages de Samorogouan, un nombre minimum de 130 questionnaires.

4.3 Questionnaires

Les grandes rubriques des questionnaires sont intuitives. Pour le renforcement du pompage par exemple les rubriques portent sur les sources d'approvisionnement en eau, la consommation journalière, les heures de pointes, les problèmes rencontrés, etc. Quant à l'électrification, elles portent sur les équipements d'éclairages, équipements audio-visuel, attraction à l'électricité, aspects financiers, les dépenses courantes actuelles substituables à l'électricité, etc. Les différentes fiches d'enquête sont dans l'annexe 1.

4.4 Enquête sur le terrain

Nous avons opéré dans le village de façon aléatoire.

4.5 Difficultés et biais

La principale difficulté de notre étude est que cette dernière porte sur une réalisation future. Nous faisons allusion à l'électrification étant donné que le système d'adduction d'eau existe déjà dans le village. Nous savons combien il est difficile pour chacun d'appréhender une réalisation future et surtout pour des projets où on a peu d'expériences dans le pays.

Comment bien estimer les capacités de paiement et les disponibilités à payer des ménages ? Ce qui fait que le risque est grand d'un décalage entre la déclaration d'intention de la personne interrogée et la modification ultérieure effective de son comportement. Bien souvent la personne interrogée répond dans l'affirmative afin de faire plaisir à l'enquêteur.

En fonction du sujet que porte le questionnaire (électricité ou eau) les réponses sont inévitablement orientées, surtout quant il s'agit de la questions portant sur les priorités de la personne interrogée et du village en général.

Une autre difficulté est l'absence de corrélation entre les dépenses énergétiques et revenus monétaires en milieu rural. En effet, il est assez intuitif de penser que les dépenses énergétiques des ménages ainsi que leur future disponibilité à payer, sont proportionnelles

à leurs revenus monétaires. Il s'agit en fait d'une fausse bonne idée conduisant à d'inextricables difficultés d'enquêtes et à des résultats très peu utilisables.

Nous sommes également conscients que certaines personnes enquêtées ont adopté une attitude très positive par rapport à l'électricité, malgré nos mises en garde, en espérant que cela accélérerait la mise en œuvre du projet.

4.6 Exploitation statistique et l'interprétation des résultats des enquêtes

4.6.1 Procédé de traitement des données

Pour le traitement des données, nous avons préféré la méthode par ordinateur bien vrai que la taille de l'échantillon soit petite (27 personnes). Si nous avons procédé par le traitement manuel, il serait très laborieux de croiser les informations. Vu cet inconvénient, nous avons traité les données par Microsoft Excel.

4.6.2 Interprétation des résultats

Nous ne présentons ici que les interprétations des résultats les plus déterminants pour estimer la demande. Quelques résultats sont dans l'annexe 2.

4.6.3 Enquête pour le renforcement du pompage d'eau

4.6.3.1 Sources d'eau utilisées

L'interprétation des résultats de l'enquête a montré que les puits sont très utilisés dans le village (**92 %**). A la date de notre enquête, les puits situés derrière le barrage à 6 Km du village étaient surtout utilisés (**34 %**). Cependant on ne doit pas prendre cela comme argument car le réseau n'était pas fonctionnel. Ce qui est sûr l'eau du château (il s'agit du château d'un particulier) n'était pas beaucoup utilisée. Quant aux forages comme nous l'avons dit plus haut, ils sont non seulement insuffisants (5 au total y compris le forage pour le château qui fait l'objet de notre étude) mais aussi tous situés dans un seul secteur (secteur 2). Et de plus encore deux fonctionnent actuellement.

Selon les personnes enquêtées et les entretiens que nous avons effectués avec les responsables du comité de gestion, un forage a été abandonné à cause de la nature des roches de l'aquifère qui donnent une coloration rougeâtre à l'eau de ce forage.

Tableau -2 : Principales sources d'eau utilisées dans le village

Source d'eau utilisée	Pourcentage (%)
Château ¹	4
Forages ou château	4
Puits	92

4.6.3.2 Temps mis pour la recherche de l'eau

Les résultats des enquêtes ont montré que les femmes mettent au moins 6 heures pour la recherche de l'eau. Celles qui partent chercher l'eau généralement aux puits derrière le barrage à plus de 6Km sont les plus rapides car la distance et les moyens de transport (charrette) font que beaucoup de femmes ne partent pas là-bas. Par conséquent, les quelques unes qui y rendent remplissent rapidement leurs récipients.

4.6.3.3 Consommation journalière moyenne par habitant

Les résultats des enquêtes ont donné une consommation moyenne de **24 l/j/habitant** (voir tableau 4.2).

On notera que malgré que tous les forages fonctionnels soient dans le secteur 2, c'est ce dernier qui a la plus faible consommation (18 l/j/habt). Par contre la plus grande a été enregistrée dans le secteur 4 et c'est là que se trouve le seul puits à grand diamètre qui contient l'eau au moment de notre enquête. Ce constat nous montre encore combien l'eau des puits est utilisée dans le village.

¹ Il s'agit du château d'eau privé

Tableau -3 : Consommation journalière (l/hab) des personnes enquêtées

SER : signe extérieurs de richesse. 1 : Pauvre, 2 : Peu riche, 3 : Riche à titre indicatif.

FX : Femme de X ans.

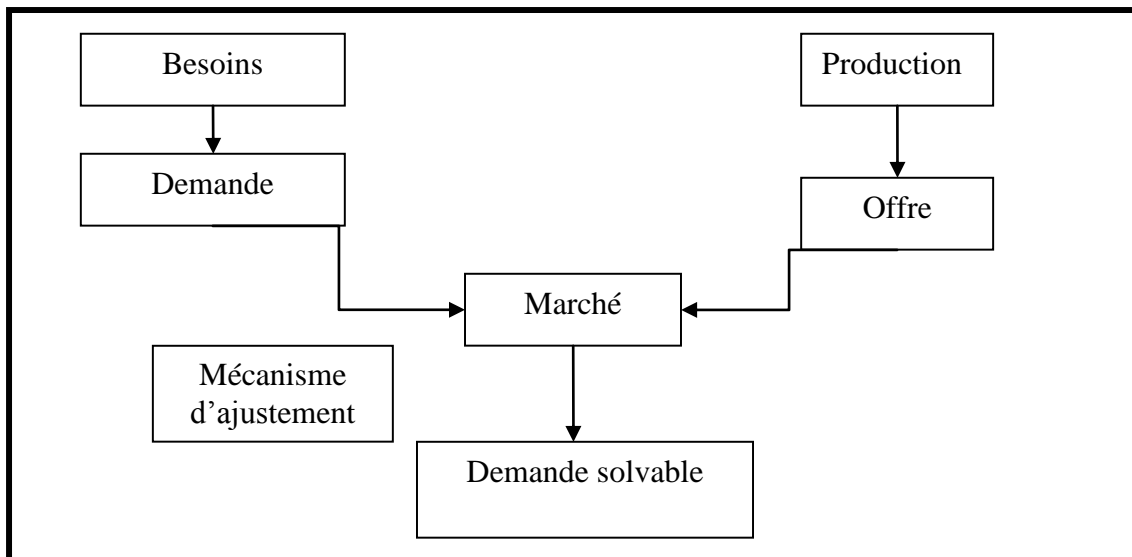
4.6.3.4 Estimation de la demande en eau

4.6.3.4.1 Notion de demande

Avant d'estimer la demande en eau du village, il est important d'éclaircir la notion de demande.

Le besoin en eau d'un usager est ce qu'il consommerait en dehors de toute contrainte économique. La demande d'un usager est la consommation qu'il a atteint lorsque celui-ci intègre la synthèse de ses contraintes économiques, son appréciation de la valeur sociale et sanitaire de l'eau. La notion de demande est née de la nécessité de prendre en compte toutes les contraintes pour construire des systèmes économiquement viables, socialement acceptables et durables du point de vue de l'environnement. Compte tenu de l'importance que prend aujourd'hui la valeur économique de l'eau en raison de coûts de mobilisation de plus en plus élevés et de sa raréfaction, le service de l'eau entre dans la logique qui veut que les installations et les quantités d'eau produites soient perpétuellement adaptées à la demande solvable. Le service de l'eau potable répond donc au jeu de l'offre et de la demande, avec un mécanisme d'ajustement qui est le marché.

Figure -2: Etapes de détermination de la demande solvable



Mais pourquoi parle-t-on de demande alors que l'eau est un besoin vital et un droit universel quasi reconnu par toutes les nations et les institutions internationales. Dans les pays développés, la facture d'eau représente en moyenne 1 à 3% du budget des ménages, pour un niveau de service équivalent pour tous. Quant aux pays en développement, la charge financière du service d'eau pèse 5 à 6 % et peut atteindre jusqu'à 20 % pour les ménages les plus pauvres (H. Smet, Droits à l'eau 2002). Pour satisfaire leurs droits et assurer la viabilité des systèmes, il faut alors présenter des alternatives et moduler les coûts qu'ils doivent supporter en fonction du service offert. La demande solvable est donc préalable à la définition de la dimension des systèmes AEP. C'est l'élément le plus important de la planification des systèmes. Dans le domaine de l'alimentation en eau, dans les pays en développement, l'on parle de demande solvable pour tenir compte de la diversité et la précarité des pouvoirs d'achat des populations à faibles revenus.

Hormis la qualité physico-chimique et bactériologique qui est une obligation de santé publique, la demande se définit à partir de quatre critères :

1. la quantité d'eau ;
2. la continuité du service ;

3. la qualité du service c'est-à-dire le type de point de livraison (Borne fontaine, branchement collectif ou privé) ;
4. la pression de service.

La demande en eau est influencée par quatre facteurs principaux :

- les conditions socio-économiques :
 - les revenus des ménages ;
 - le comportement culturel des usagers vis-à-vis de l'eau : quelle valeur d'usage et quelle importance de sa liaison à la santé ?
 - le niveau d'équipement sanitaire de l'habitat.
- Le développement urbain : ce sont les traits caractéristiques de la localité sur le plan de l'organisation et de l'occupation des sols, l'existence et le développement d'unités économiques consommatrices d'eau ;
- Les sources d'approvisionnement existantes : la qualité, la quantité, le coût et la fiabilité des sources d'approvisionnement alternatives au système amélioré ont une influence considérable sur l'évolution de la demande ;
- La tarification : une variation des tarifs entraîne un réajustement des quantités demandées.

4.6.3.4.2 Demande estimée

Comme nous montre le graphique 4.1, les résultats des enquêtes ont montré que le prix l'eau vendue à 10 FCFA pour un bidon de 20 l est cher pour 46 % de la population, très cher pour 19 %, bon pour 31 % et moins cher pour seulement 4 %.

Graphique -1 : Estimation de la demande solvable

L'interprétation montre que seulement **35 % à 40 %** de la population sont prêts à utiliser l'eau du réseau. Ce taux doit être en fait plus bas que ça car il y a une borne fontaine qui était totalement abandonnée depuis la mise en service du réseau (BF3).

En définitive nous considérons par la suite que la demande est liée à **50 %** de la population. Nous considérons aussi compte tenu de la faible utilisation du système pendant l'hivernage, une consommation journalière par habitant de **15 Litres** pour ne pas surdimensionner les équipements.

Par conséquent, la consommation journalière totale assurée par le réseau sera :

Consommation = $0,015 \times 8000 \times 0,5 = 60 \text{ m}^3/\text{j}$.

La demande journalière moyenne du village est de **60 m³/j**.

4.6.4 Enquête pour l'électrification du village

4.6.4.1 Dépenses actuelles en énergie

Les dépenses mensuelles en énergie sont significatives par rapport aux revenus des populations. Nous les avons évaluées par ménage enquêté et par type de consommation en énergie (pétrole, piles, batterie, bougie, etc.) Elles varient de 1000 FCFA à 62 000 FCFA, et cachent derrière elles une fausse logique à savoir penser que les dépenses mensuelles sont proportionnelles aux revenus de la famille ou au nombre de personnes dans la famille (voir les détails dans l'annexe 2.2). C'est là un paradoxe du monde rural qui rend les résultats des enquêtes plus difficiles à exploiter.

4.6.4.2 Equipements d'éclairage

L'équipement le plus utilisé dans le village est lampe à pétrole (**93 %**) et ce taux doit être plus élevé que ça. A côté de lampe, s'ensuit la torche avec les piles. Les bougies sont très peu utilisées. Les familles qui possèdent les panneaux solaires utilisent des ampoules basse tension.

4.6.4.3 Equipements audiovisuels

Presque toutes les familles possèdent des radios pour écouter des informations. La source d'énergie principale utilisée est la pile.

La possession des radiocassettes est aussi répandue dans le village (**78 %**) mais se heurte le plus souvent aux problèmes d'achat des piles pour les familles qui n'ont pas de batterie. Pour la télévision, quelques familles aisées seulement en possèdent. Les résultats de l'enquête ne reflètent pas la réalité du village par rapport à la possession des télévisions. Les problèmes liés à la recharge des batteries chaque fois à Bobo-Dioulasso découragent beaucoup de personnes du village.

4.6.4.4 Sources d'énergie substituables par l'électricité

La plupart des personnes enquêtées possèdent des batteries (**74 %**). Quelques familles possèdent des panneaux solaires. Par contre, la possession du groupe électrogène est très limitée (moins de 3%).

4.6.4.5 Equipements professionnels

Il existe dans le village une dizaine de moulins et quelques petits postes de soudures et des ateliers de menuiserie.

4.6.4.6 Autres équipements

Les autres équipements utilisés que nous avons pu voir sont une cuisinière et une bouteille de gaz.

4.6.4.7 Priorités des personnes enquêtées

Il est vrai que la priorité des personnes n'influence pas trop les paramètres du dimensionnement mais a une part significative pour la prise de décision.

En effet, malgré les fortes dépenses mensuelles des familles, à la réponse de la question « Est-ce que l'électrification du village est-elle une priorité ? » plus de **75 %** des personnes enquêtés ont dit catégoriquement non (voir annexe 2.2). Elles disent toutes que c'est le problème d'eau qui est prioritaire pour le moment. Tout cela montre jusqu'à quel point le problème d'eau est actuellement crucial dans le village.

4.6.4.8 Estimation de la demande en énergie

Elle est essentiellement liée aux besoins domestiques. Les besoins sont variés selon les ménages, cependant on peut les regrouper en types les applications de la micro électrification :

- les usages dits « spécifiques de l'électricité », avec la communication (principalement l'audiovisuel) et l'éclairage ;

- les usages mécaniques (la force motrice), notamment pour le pompage et la mouture ;
- les usages thermiques, notamment pour la production de froid artificiel (réfrigération et rafraîchissement de l'air).

4.6.4.9 Critères de conception

Au regard de son caractère initiative et le manque de retour d'expérience en la matière, nous n'avons considéré que trois critères pour la conception du système. Ce sont :

1. le taux de raccordement ;
2. la consommation moyenne mensuelle par abonné;
3. le temps de fonctionnement par jour.

4.6.4.9.1 Taux de raccordement

Nous l'avons fixé à 5 % en tenant compte des réalités économiques du village et en s'inspirant du taux de raccordement de Banzon qui est voisin de 2,5 %. Toutefois on notera par ailleurs que ce taux dépasse rarement 10 %.

4.6.4.9.2 Consommation mensuelle par abonné

La consommation moyenne en énergie par habitant à l'échelle mondiale est de 250 watts mais plus de 2/3 de l'humanité se situe en dessous de ce seuil. Il est moins de 50 watts dans la plupart des pays d'Afrique.

Un dimensionnement au départ pour 100 W/abonné (3 lampes + audiovisuel) peut déjà constituer un point de départ pour les zones rurales, la technique de distribution évoluant avec l'accroissement des besoins.

Compte tenu du fait que les calculs économiques que nous avons effectués ont montré que ça soit du solaire ou du Diesel, tout KWh vendu à moins de 450 FCFA ne sera pas rentable à moins qu'on bénéficie d'une subvention extérieure. Nous avons plafonné la consommation à 12 KWh par mois et par abonné (~ 67 W/abonné).

4.6.4.9.3 Temps de fonctionnement du système

Nous avons considéré un temps de 6 h à 7 h par jour pendant la nuit.

4.6.4.9.4 Puissance à installer

Les paramètres ci-dessous permettent de calculer la puissance du groupe ou du système photovoltaïque.

En effet nous avons :

- Population du village : 8000 habitants ;
- Taille des ménages (nous l'avons estimée) : 8 personnes ;
- Nombre de ménages : 1000
- Nombre d'abonnés = $1000 \times 0,05 = 50$

Nous considérons 50 abonnés pour dimensionner le système.

Ainsi :

$$Puissance(KW) = \frac{12 * 50}{6 * 30} = 3,3$$

La puissance active à installer pour l'éclairage est de **3,3 KW**.

4.6.4.10 Synthèse des interprétations des deux enquêtes

Les résultats interprétés des deux enquêtes sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Services rendus	Demande solvable estimée
Eau	60 m3/j
Eclairage	3,3 KW + pompage

Il nous reste maintenant de définir comment et à combien faut-il fournir ces services à la population.

Pour mener à bien cette phase du projet, nous avons considéré deux volets :

- Volet I : Approvisionnement en eau potable ou AEP ;
- Volet II : Electrification ou Energie.

VOLET I: AEP

**APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE DE LA COMMUNES RURALE DE
SAMOROGOUAN**

5 DIAGNOSTIC DU SYSTEME AEPS DE SAMOROGOUAN

5.1 Méthodologie d'acquisition des informations

Ce diagnostic a fait l'objet d'une sortie sur le village. Nous précisons que le système ne fonctionnait pas au moment de l'étude. Par conséquent certains aspects n'ont pas été abordés dans ce rapport.

Les informations sont obtenues d'une part par des entretiens avec les responsables du comité de gestion de points d'eau et d'autre part par des visites de l'installation.

5.2 Historique

Le système d'adduction d'eau potable simplifiée (AEPS) de Samorogouan a été réalisé dans le cadre du Programme Régional Solaire (PRS) phase I en 1998.

Le coût total de l'installation a été de 40 millions de nos francs. La population a participé à hauteur de 500 000 FCFA (Cinq cent mille francs) à partir d'une cotisation de 40 000 FCFA (Quarante mille francs) par quartier (5 quartiers), le restant à mobiliser étant de 300 000 FCFA (Trois cent mille francs) a été donnée par les ressortissants du village dans les villes.

5.3 Description du système

Le système comprend :

- un château d'eau ;
- quatre bornes fontaines ;
- un système de pompage photovoltaïque ;
- des conduites d'adduction en PVC.

C'est un réseau ramifié composé de cinq (4) bornes fontaines alimentées par un château intercalé entre la station de pompage et le réseau. La longueur total du réseau est d'environ **1672 ml**. Cette valeur a été obtenue par les mesures des coordonnées géographiques des bornes fontaines et les mesures de distances que nous avons effectuées sur le terrain et qui ont été par la suite traitées par **Arcview**. A part ça, nous n'avons eu aucun document sur le projet.

La figure **8.1** donne la configuration du réseau existant.

5.3.1 Le château d'eau

C'est un château d'eau métallique. Il a un volume de 15 m³ et la hauteur du radier/sol est de 3,35 m. Le diamètre du château est de 3 m et sa hauteur est 2,3 m.

Figure -3 : Plan du réseau existant



5.3.2 Les bornes fontaines

Le réseau comprend quatre (4) bornes fontaines chacune ayant 3 robinets et un robinet a été mis à côté du château. Chaque secteur du village a une borne fontaine.

Le tableau **5-1** de la page suivante fait un état de lieux de ces bornes fontaines.

Tableau -4 : Etat des bornes fontaines

Borne fontaine	Secteur	Etat	Observation
BF1	2	3 robinets, tous fonctionnaient avant l'arrêt du système	Densité de population faible tout au autour (habitat semi- dispersé)
BF2	1	3 robinets, tous fonctionnaient avant l'arrêt du système	A côté d'une mosquée et la densité de la population est plus élevée (habitat groupé)
BF3	4	3 robinets, rien ne marchaient avant l'arrêt du système, les têtes des robinets cassés. Borne fontaine abandonnée depuis la mise en service du réseau	Densité très faible tout autour. Borne fontaine au milieu des arbustes. (habitat très dispersé)
BF4	3	3 robinets dont un en panne, sinon tous fonctionnaient avant l'arrêt du système	Au sein du collège d'enseignement général (CEG)

Photo -1 : Le château d'eau

Photo -2 : Une borne fontaine

5.3.3 Les panneaux solaires

Le pompage était assuré par 34 panneaux solaires pour une puissance maximale de 1960 w. La tension maximale (V_{dmax}) étant de 175 V et l'intensité maximale ($I_{d max}$) est de 14 A. Les panneaux étaient dans un grillage fermé et gardés pendant la nuit par un gardien à raison de 5000 FCFA (Cinq mille francs) par mois.

La maintenance des panneaux était assurée par Sahel Energie Solaire moyennant un coût de 170 000 FCFA (Cent soixante dix mille francs) par an pendant 5 ans.

En 2002, c'est-à-dire l'année où la maintenance du système était terminée, que 11 (onze) panneaux furent volés. Le système marchait mais avec quelques difficultés.

En décembre 2005, 12 (douze) autres panneaux ont été volés mettant ainsi le système à l'arrêt. Le comité a donc démonté le reste des panneaux et les a déposés chez un particulier en attendant une solution alternative.

A notre arrivée, il ne restait que les supports des panneaux. (Voir photos 5.3 et 5.4).

Photo -3: Grillage et supports des panneaux

Photo -4 : Panneaux démontés

5.3.4 La pompe

C'est une pompe solaire immergée dans un forage et refoule l'eau dans le château.

5.3.5 Les conduites

Elles sont en PVC. Les cassures étaient fréquentes sur les tronçons traversant la route. Aucune protection des points hauts n'a été envisagée. Il en est de même que la vidange.

5.3.6 Les modes de desserte

La desserte était assurée essentiellement par les bornes fontaines. Cependant il existe quelques branchements particuliers principalement dans les services (préfecture, perception, commissariat, l'inspection et la grande mosquée).

5.3.7 Tarification de l'eau

L'eau était vendue à des fontainiers à 200 FCFA (Deux cents francs) le m³ qui la revendent aux usagers. Avec le vol des 2/3 des panneaux et devant l'ampleur de la pénurie d'eau dans le village, un particulier qui possède un château (1 m³) (voir photo 5.5) dans sa cour a mis à la disposition du comité de gestion deux robinets (deux raccords) pour soulager la population. Le prix du m³ a été légèrement augmenté. Les différents prix de l'eau avant et après l'arrêt du système sont dans le tableau ci-dessous.

Tableau -5 : Différents prix de l'eau

Volume (l)	Moyens de transport	Prix avec panneaux	Prix avec le carburant
20	bidon	10 FCFA	15 FCFA
30	bidon	15 FCFA	25 FCFA
200	barrique	75 FCFA	125 FCFA
13	seau	5 FCFA	10 FCFA

Photo -5 : Les femmes à la recherche de l'eau au château privé

5.4 Gestion du système

En perspective de la gestion des installations d'alimentation en eau du village, il existe deux comités : le comité de suivi chargé de la supervision, l'harmonisation des prix et de la gestion de tous les points d'eau, il comprend 30 personnes et le comité de gestion des points d'eau composé de huit (8) personnes chargé de l'application des décisions du comité de suivi.

Le comité de gestion est composé de quatre hommes et quatre femmes. Les femmes étant des vices ou adjointes du poste considéré.

Le bureau est structuré comme suit :

- un président ;
- secrétaire ;
- un trésorier ;
- un chargé d'hygiène et propreté.

Le comité se réunissait chaque mois et assurait le paiement du gardien et les frais de maintenance.

Il collaborait aussi avec l'association pour le développement des adductions d'eau (ADAE) dans la région de Bobo-Dioulasso.

5.5 Difficultés rencontrées pour la gestion du système

Le problème majeur rencontré pour la gestion du système est dû au fait que les habitants ne s'intéressaient pas beaucoup à l'eau du réseau. En effet, les consommations d'eau avaient essentiellement lieu dans les différents services du village (préfecture, commissariat, perception, collège).

C'est en 2002 qu'on a volé le tiers des panneaux. Le système marchait mais avec quelques difficultés. C'est quant on a volé le deuxième tiers des panneaux (il ne reste que 11 panneaux pour un total de 34) en décembre 2005 que le système ne pouvait plus fonctionner et les puits étaient les sources d'eau les plus utilisées dans le village.

Photo -6: Un puits à grand diamètre tari

5.6 Conséquences de l'arrêt du système

Les conséquences sont nombreux et variés et sont d'ordre économique et social.

5.6.1 Sur le plan économique :

- les femmes passent toute la journée à la recherche de l'eau et sont donc privées d'autres activités telles que le commerce, le tissage, etc. ;
- l'hivernage s'annonce mal pour beaucoup de ménages qui n'ont pu construire ;
- la santé des populations.

5.6.2 Sur le plan social :

- les conflits entre les ethnies ou entre les autochtones et les migrants ;
- la corvée de l'eau ;
- le dépeuplement du village ;
- beaucoup d'enseignants évitent d'être mutés dans les zones sans eau ni électricité ;
- l'éducation des enfants est compromise.

5.7 Conclusion du diagnostic

En conclusion au diagnostic de ce système, nous pouvons dire que la sous-exploitation du système a perturbé sa gestion. Bien qu'ayant renforcé les infrastructures hydrauliques existantes du village, l'objectif du projet n'a pas été atteint.

Cette sous exploitation du système peut s'expliquer par le fait que la majorité de la population pratique une agriculture de subsistance et les moyens de production sont très modestes (daba, traction animale pour les familles aisées). Cette agriculture est également affectée par la dégradation des sols et les difficultés liées à la commercialisation des céréales qui se caractérisent des prix peu rémunérateurs et fluctuants. Le coton qui constitue la seule culture de rente est affecté par des paiements très tardifs et l'enlèvement des crédits par la SOFITEX. Les paysans cultivent souvent les nouveaux semis de coton avant d'avoir la recette de la campagne écoulée. En bref la sous-exploitation du système est due au niveau de vie très bas des populations.

En plus de cette faible utilisation du système viennent s'ajouter le vol des panneaux et la fragilité du mode d'organisation.

6 RENFORCEMENT DU SYSTEME AEPS DE SAMOROGOUAN

6.1 Politique nationale du Burkina Faso en matière d'eau

De nombreux textes législatifs et réglementaires (lois, ordonnances et leurs décrets d'application) régissent le secteur de l'eau au Burkina Faso.

Le document de « politique et stratégie en matière d'eau » adopté par le gouvernement du Burkina Faso fait l'objet du décret N°98-365/PRE/PM/MEE du 10 septembre 1998. La politique nationale de l'eau qui y est définie, au regard de ses objectifs, principes et approches, ouvre des perspectives notables pour le développement des équipements et services d'AEP des centres urbains, semi-urbains et ruraux par la recherche :

- d'une mobilisation institutionnelle et financière concertée de l'Etat, des collectivités locales et des usagers des services d'AEPA ;
- de l'intégration du sous secteur AEPA dans le cadre général des ambitions de développement politique, social et économique du pays.

En application de cette nouvelle politique de l'eau, le Gouvernement a lancé la réforme du système de gestion des infrastructures hydrauliques d'AEP en milieu rural et semi-urbain².

La réforme vise à :

- Assurer un fonctionnement permanent des équipements hydrauliques d'approvisionnement en eau potable des populations en milieu rural et semi-urbain ;
- Assurer le transfert de la maîtrise d'ouvrage publique des installations d'alimentation en eau des aux collectivités locales et aux communautés bénéficiaires.

6.2 Planification

Le milieu physique du village est de plus en plus affecté par les changements climatiques. Ce qui fait que le tarissement des puits ne fait que s'aggraver dans le village.

Vu ces raisons, nous pouvons dire que dans les années à venir l'exploitation du système pourra connaître son essor. La demande en eau payante est loin d'être maîtrisée. Par conséquent, il est très difficile de pouvoir planifier à long terme son accroissement.

² Décret n°2000-514/PRES/PM/MEE du 3 novembre 2000 portant adoption d'un document cadre de la réforme du système de gestion des infrastructures hydrauliques d'AEP en milieu rural et semi-urbain

Vu ces difficultés nous avons considéré trois périodes :

- ✓ A court terme ou dans l'immédiat;
- ✓ A moyen terme ou dans 5 ans ;
- ✓ A long terme au-delà de 10 ans.

A la lumière des informations que nous avons reçues pendant notre sortie et compte tenu de la productivité des forages dans la région (5 m³/h) nous pouvons planifier l'approvisionnement en eau du village comme suit :

- ❖ A court terme et à moyen terme, l'alimentation en eau peut être assurée par les forages existants ;
- ❖ A long terme, il faudra faire de nouveaux forages.

En ce qui concerne la demande à moyen terme, nous avons considéré qu'elle pourra atteindre le double de la demande actuelle c'est à dire **120 m³/j**.

La demande non maîtrisée fait qu'il sera avantageux de réaliser le projet en deux étapes. Peut être dans la deuxième phase, on peut installer un nouveau château.

6.3 Justification de l'extension

6.3.1 Nombre de points de livraison

6.3.1.1 Bornes fontaines

Il existe actuellement 4 bornes chacune ayant 3 robinets. Chaque robinet est dimensionné pour livrer un débit de 1 m³/h soit 3 m³/h par borne fontaine. Si l'on considère par exemple un temps de fonctionnement journalier de 6 heures, le volume distribué suffit pour assurer la demande. Par conséquent, augmenter le nombre de bornes fontaines ne semble pas être pertinent. Mais compte tenu de la répartition géographique des bornes fontaines existantes qui pénalise certains habitants, nous allons mettre une borne fontaine dans le secteur 4 au Sud-Ouest (voir schéma du réseau renforcé), une borne fontaine à l'école B.

6.3.1.2 Branchements particuliers

Nous rappelons que les quelques branchements particuliers qui existent dans le village sont essentiellement dans les services ou dans les mosquées. Par conséquent, même si on renforcera le système, l'accroissement du taux de branchement ne sera pas très significatif. Cependant nous allons en tenir compte au moment du calage de la côte du radier.

6.4 Dimensionnement des équipements

6.4.1 Modèle hydraulique du système de pompage

Le modèle hydraulique du système de pompage est présenté par la figure 6.1.

6.4.2 Dimensionnement hydraulique

6.4.2.1 Débit du projet

Nous n'avons eu aucune information sur les caractéristiques du forage existant. Nous nous sommes référés essentiellement à deux sources :

- les documents des projets similaires réalisés dans le même cadre que ce projet (il s'agit du Programme Régional Solaire [PRS] phase I) ;
- la carte des ressources en eau de la région des Hauts Bassins.

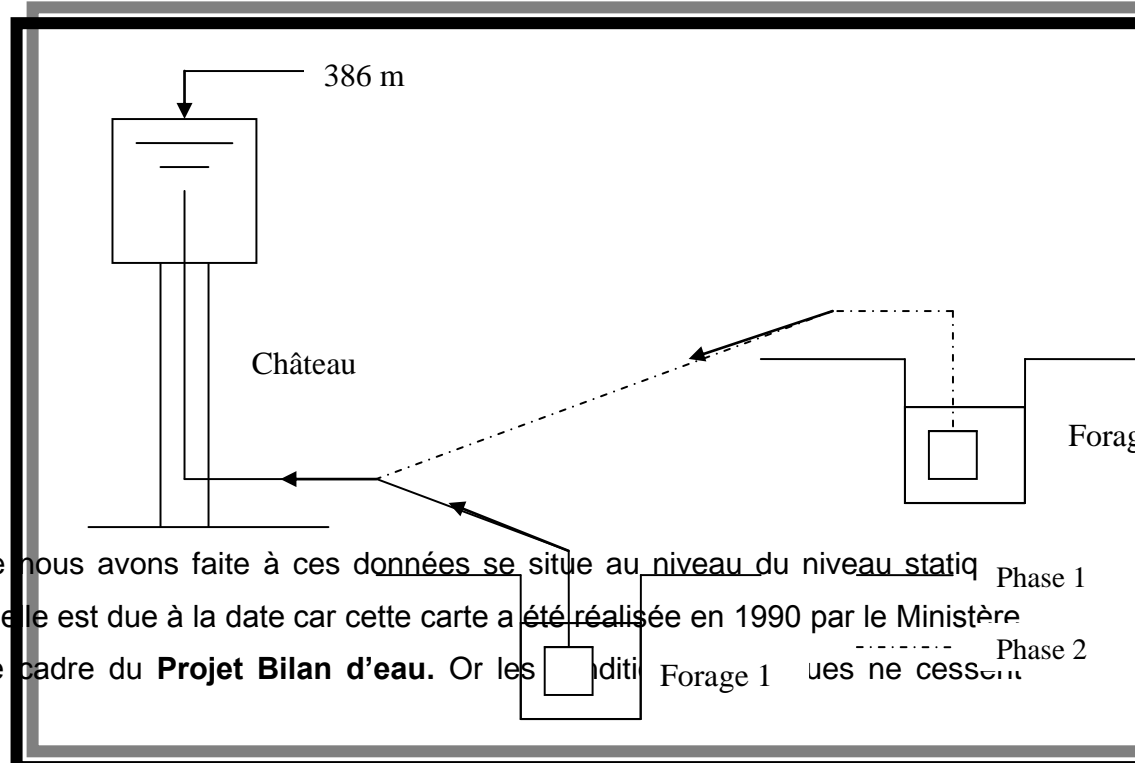
On notera cependant qu'aucun de ces documents n'était suffisant à lui seul pour tirer une conclusion satisfaisante.

En effet, en ce qui concerne les documents du PRS, l'un des critères pour l'installation du système dans un village était conditionné à ce que le forage ait au moins un débit égal à **5 m³/h**. Nous avons pu avoir alors un ordre de grandeur du débit et à l'aide des relevés que nous avons effectués au cours de notre sortie (Puissance maximale des panneaux solaires, le volume du réservoir) nous avons estimé la hauteur manométrique totale (HMT) de la pompe existante (le réservoir était dimensionné pour stocker 70 % du débit journalier).

Comme la connaissance de la hauteur manométrique totale (HMT) ne permet ni de savoir le niveau statique ni le niveau dynamique du forage, nous avons fait recours à la lecture de la carte. Grâce à cette dernière, nous avons pu connaître que :

- les unités hydrogéologiques sont constituées de schistes, de brèches et de grès ;
- la profondeur moyenne des forages dans la zone est de 56 m ;
- le pourcentage de réussite de forages positifs est de 88 % ;
- le débit moyen des forages positifs est de 5,9 m³/h ;
- le niveau statique est à 12 m ;
- les potentialités d'exploitation extensive et intensive des forages dans la zone sont respectivement bonne et très bonne.

Figure -4: Modèle hydraulique du système de pompage.



Le reproche que nous avons faite à ces données se situe au niveau du niveau statique. Nous savons qu'elle est due à la date car cette carte a été réalisée en 1990 par le Ministère de l'eau dans le cadre du **Projet Bilan d'eau**. Or les conditions ne cessent d'évoluer.

Au cours de notre sortie sur le terrain, nous avons constaté que certains puits à grand diamètre ayant plus de 20 m de profondeur étaient à sec. Et plus remarquable encore, un puits sur les berges du marigot qui traverse le village était tari. C'est pour dire simplement que la nappe est très rabattue par rapport à l'indication de la carte.

En combinant les informations issues des trois sources à savoir les documents du PRS, la carte et notre sortie, nous avons considéré un débit de **5 m³/h** et un niveau statique de **25 m** pour dimensionner la pompe. Et par manque de données techniques, nous considérons que tous les forages du village sont identiques.

Nous avons considéré un temps de fonctionnement maximal de 10 heures par jour.

Ainsi on aura :

Débit maximal à refouler :

- 1^{ère} étape : **60 m³/j** soit 6 m³/h. Dans ce cas un seul forage peut suffire ou deux dans en cas de forte demande.
- 2^{ème} étape : **120 m³/j** soit 12 m³/h. Dans ce cas deux forages peuvent suffire ou un en cas de faible demande.

- Les forages concernés pour le renforcement du système sont au nombre de trois. La première phase concerne le forage qui alimentait le système existant (F1 : voir le schéma du réseau renforcé) et la deuxième phase consiste à raccorder un forage au réseau existant.

6.4.3 Conduites de refoulement

Dans une station de pompage, les dépenses énergétiques représentent 50 à 60 % du coût d'exploitation. Etant donné que l'énergie dépensée est proportionnelle aux pertes de charge dans la conduite et varient en sens inverse du diamètre de celle-ci, on a intérêt à augmenter le diamètre pour diminuer le coût d'exploitation. Cependant les dépenses d'amortissement se trouvent accrues.

Le dimensionnement de la conduite de refoulement consiste à déterminer le diamètre économique en utilisant les formules ci-après :

6.4.3.1.1 Conduite de refoulement d'un seul forage

Q = 5 m³/h

Auteur	Formule	Diamètre (mm)	Vitesse (m/s)
Bresse	$D = 1.5\sqrt{Q}$	63	0.63
Bresse modifié	$D = 0.8\sqrt[3]{Q}$	90	0.31
Meunier		63	0.63
EIER*		63	0.63

* la formule de l'EIER dérive de celle de Vibert.

Nous retenons le diamètre **DN 63 en PVC et une pression nominale de 16 bars.**

6.4.3.1.2 Conduite principale à raccorder

Il s'agit de la conduite dont les deux pompes de la deuxième phase du projet vont refouler.

Q = 10 m³/h

Auteur	Formule	Diamètre (mm)	Vitesse (m/s)
Bresse	$D = 1.5\sqrt{Q}$	90	0.61
Bresse modifié	$D = 0.8\sqrt[3]{Q}$	110	0.41
Munier		90	0.61
EIER*		90	0.61

Nous retenons le diamètre **DN 110 en PVC avec une pression nominale de 16 bars.**

6.4.3.2 Réseau

Les équipements à dimensionner sont :

- les conduites des différents tronçons ;
- le réservoir

Le réseau est dimensionné pour les deux phases du projet.

Les conduites sont dimensionnées avec les formules donnant le diamètre économique. Les bornes fontaines ont chacun un débit de 3m³/h. La pression de service est de 0.3 bar.

La figure 6.2 donne la configuration du réseau existant renforcé en tenant compte de la justification du projet.

Figure -5: Réseau renforcé

■

Les différentes longueurs des tronçons du réseau renforcé sont dans le tableau ci-dessous.

Les nouvelles conduites sont en noir foncé et leur longueur totale est de 1313 ml tout diamètre compris.

Le réseau renforcé a une longueur totale de **2504** m.

La deuxième phase consiste à coupler seulement une pompe à la première pompe installée dans la première phase du projet.

Les altitudes des différentes bornes fontaines sont dans le tableau ci-dessous.

Bornes fontaines (BF)	Altitude (m)
BF1	380
BF2	378
BF3	382
BF4	382
BF5	382

BF6	377
-----	-----

Les altitudes des châteaux 1 et 2 sont respectivement 380 m et 378 m.

a. Les conduites

Les pertes de charge dans les différents tronçons du réseau ont été calculées avec la formule de Manning-Strickler.

Les diamètres, les débits, les pertes de charge et les longueurs des différents tronçons sont dans le tableau ci-dessous.

b. Réservoir

C'est un réservoir surélevé intercalé entre le réseau et la station de pompage. Le fonctionnement des pompes est asservi aux niveaux d'eau dans le réservoir (démarrage au niveau bas-arrêt au niveau haut).

Le volume de stockage moyenne d'un réservoir étant de 25% à 50 % de la demande journalière de pointe, le nouveau réservoir aura pour volume $60 \times 0,25 = 15 \text{ m}^3/\text{j}$. Or le réservoir existant a un volume de 15 m³. Par conséquent, il n'est pas judicieux de d'augmenter la capacité du réservoir actuel.

L'emplacement du réservoir doit concilier deux contraintes :

- se situer au centre de la zone desservie pour minimiser la longueur et le diamètre des conduites principales ;
- être construit au point géométriquement le plus haut de la zone couverte afin de minimiser sa hauteur par rapport au terrain naturel.

La surélévation d'un réservoir a un impact important sur son coût de construction.

La côte minimale du radier est déterminée par rapport au point le plus hydrauliquement défavorable. La cote minimale du radier est déterminée par la formule suivante :

$$Z_r = Z_i + Y_i + \Delta H_{r-i}$$

Z_r : cote piézométrique la plus basse au départ de la distribution;

Z_i : cote piézométrique du point i connu (m) ;

Y_i : Pression de service égale à 3 m ;

ΔH_{r-i} : Perte de charge entre le réservoir et le point i

Le tableau 6.1 donne la cote minimale Z_r du radier du réservoir.

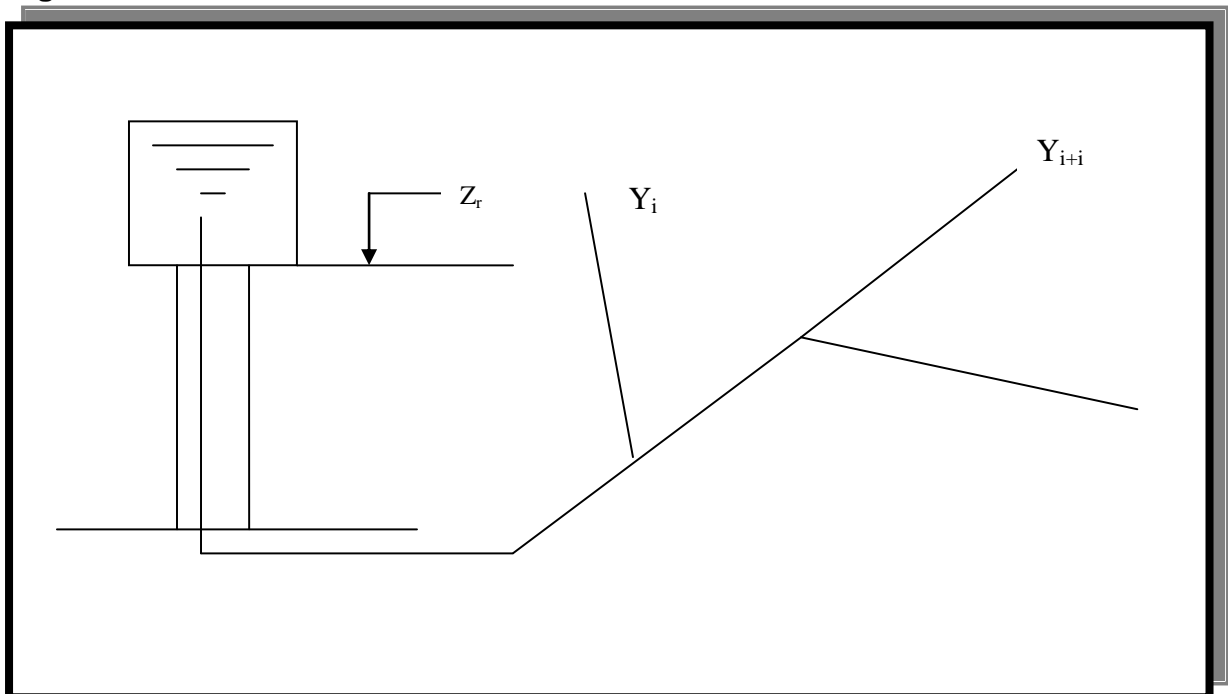
Tableau -6 : Détermination de la cote minimale du radier

La cote minimale du radier est de **386³ m**.

Compte tenu de la cote minimale du radier nous suggérons déplacer le château un peu vers la colline au Sud où la cote est plus grande comme indique le schéma du réseau renforcé enfin d'optimiser sa hauteur par rapport au sol.

Dans la suite du rapport, nous allons considérer une hauteur maximale du radier par rapport au sol de **5 m**.

Figure -6 : Détermination de la cote minimale du radier



6.4.3.3 Choix de la pompe

Il se fait par la connaissance du débit et de la hauteur manométrique totale imposés par l'exploitation du système. La courbe caractéristique du système est dans l'annexe 5. Le

³ Le GPS avec lequel nous avons effectué les mesures n'avait pas une bonne précision pour les altitudes.

choix définitif s'effectue en précisant le type de pompe : pompe solaire ou électropompe alimenté par un groupe Diesel.

- HMT :
 - Niveau statique N_s : 25 m ;
 - Rabattement estimé S : 18 m ;
 - Niveau dynamique N_d : 43 m ;
 - Hauteur du radier par rapport au sol H_r : 5 m ;
 - Perte de charge p_{dc} : 2 m.



HMT = 50 m.

- Débit : 5 m³/h

6.4.4 Dimensionnement électrotechnique

6.4.4.1 Puissance de l'électropompe

6.4.4.1.1 Electropompe Diesel

Sur les catalogues des pompes immergées **GRUNDFOS**, nous avons choisi **SP5A-17** qui satisfait aux conditions imposées.

Le renforcement du système exigera donc au moins deux pompes immergées et toutes doivent être identiques pour faciliter leur maintenance (**2 x SP5A-17**).

Chaque pompe est livrée avec son moteur, la puissance nominale ainsi que le rendement du moteur sont donnés par le constructeur.

La puissance nominale est de **1,5 KW** et le rendement moyen est de 0,7.

Cette puissance nominale correspond à la puissance absorbée par la pompe P_A .

La puissance P_m absorbée par le moteur est définie par la relation suivante :

Où η_m est le rendement du moteur.

La puissance absorbée par le moteur P_m est de **2,1 KW**.

6.4.4.1.2 Dimensionnement du groupe électrogène

Nous avons deux électropompes chacune ayant une puissance absorbée de 2,1 KW.

Comme le projet est réalisé en deux phases à savoir :

- 1^{ère} Phase : une électropompe est concernée;

- 2^{ème} Phase : deux électropompes sont concernées.

En effet, les puissances absorbées totales pendant la première et la deuxième phase sont respectivement **2,1 KW** et **4,2 KW**.

Nous avons considéré aussi que les électropompes vont démarrer séparément. Les groupes sont dimensionnés principalement pour le pompage de l'eau. L'éclairage domestique pendant la nuit ou les petits besoins artisanaux sont secondaires et ne se font pas simultanément. Il n'y a pas de charge de base permanente, on a coupure dans le réseau. Dans ces conditions, la contrainte la plus forte en régime transitoire sera le démarrage d'un second moteur. Le groupe est dimensionné avec un facteur de puissance de 0,8. Le dimensionnement d'un groupe Diesel en tenant compte des contraintes de démarrage et l'impact du démarrage d'un second moteur sur le premier moteur déjà en marche en régime stabilisé est résumé dans le tableau **6.2**.

Soit S1 (respectivement P1) la charge initiale stabilisée en KVA (resp. KW) ;

Soit S'1 (resp. P'1) la charge supplémentaire provoquant l'impact.

Tableau -7 : Conditions du dimensionnement d'un groupe Diesel

Condition 2 :	pour éviter que le courant total d'appel ne provoque une chute de tension trop forte
Condition 1 :	Pour que la puissance active totale soit acceptable (aux surcharges près)
Par ailleurs, on vérifiera que la puissance active instantanée P'1 respecte la règle $P'1 \leq 0,5 P_g$ (KW) ou $P'1 \leq 0,66 P_g$ (KW) selon que le groupe sera en charge ou à vide.	

Nous avons assimilé la puissance absorbée 2,1 KW à la puissance nominale d'un moteur électrique de 2,2 KW pour déduire le courant nominal I_n sous 400 V qui est de 4,8 A. Le courant de démarrage I_d est égal à cinq fois le courant nominal ($I_d = 5 I_n$) et le facteur de puissance au démarrage est de 0,3.

Ainsi :

$$S1 = 4,8 \times 0,4 \times \sqrt{3} = 3,32 \text{ KVA} \text{ et } P1 = 2,2 \text{ KW.}$$

$$S'1 = 4,8 \times 5 \times 0,4 \times \sqrt{3} = 16,63 \text{ KVA} \text{ et } P1 = S'1 \times 0,3 = 5 \text{ KW.}$$

La puissance du groupe à installer pour chaque phase du projet est dans le tableau **3.3**.

Tableau -8 : Puissance du groupe à installer

	Phase I	Phase II
Puissance P1 (KW) active en régime permanent	0	2,2
Puissance P1' (KW) active en régime transitoire	5	5
Condition 1 : P_G Supérieure ou égale à	6,25	8,89

Puissance S1 (KVA) apparente en régime permanent	0	3,5
Puissance S'1 (KVA) apparente en régime transitoire	16,63	16,63
Condition 2 : P_G Supérieure ou égale à	8,32	10
Puissance du groupe Diesel à choisir	9 KVA	13 KVA

6.4.4.1.3 Cas de la pompe solaire

Les pompes solaires tirent habituellement l'eau d'un puits ou d'un forage avec un faible débit.

Le moteur d'une pompe solaire peut être un moteur à courant continu ou à courant alternatif. Les moteurs à courant continu se branchent directement sur le champ photovoltaïque et sont en général plus simples à faire fonctionner que les moteurs à courant alternatif. Les données les plus importantes à estimer sont la quantité d'eau requise quotidiennement (m³/j) et la hauteur à laquelle cette eau doit être élevée pour pouvoir être utilisée.

L'énergie requise pour soulever une certaine quantité d'eau pour une certaine hauteur pendant une journée, est calculée à partir des données de débit et de la hauteur manométrique totale. Cette énergie est proportionnelle (d'après les études réalisées dans le cadre du PRS) à une constante hydraulique et inversement proportionnelle au rendement du groupe motopompe. Le rendement des groupes motopompes est de 25 % à 45 % et dépend du type de moteur et de pompe.

L'énergie quotidienne requise pour la pompe solaire E_{elec} est exprimée par la relation suivante :

N.B : il s'agit du rendement du groupe motopompe.

Le générateur solaire photovoltaïque est dimensionné en considérant que chaque Watt crête (Wc) fournit approximativement 4 Wattheures d'électricité par jour sous un ensoleillement journalier de 5 KWh/m²/j si on inclut les pertes de dimensionnement.

La puissance du générateur solaire associé à la pompe est obtenue par le générateur solaire dimensionné comme suit :

Puissance Wc =

Nous considérons un rendement de 35 %.

A.N Wc=

La puissance du générateur solaire est donc de **6000 Wc**.

Pour assurer la demande journalière avec les pompes solaires dont le temps de pompage maximum est de 6 heures par jour il faut au moins deux forages pour renforcer le système.

6.4.4.2 Protection de l'électropompe

Moteur

On doit pouvoir assurer l'arrêt du moteur en cas d'échauffement interne ou dès l'apparition d'une cause risquant de provoquer un échauffement.

Les causes pouvant provoquer un échauffement sont nombreuses :

- ✓ Les démarrages trop fréquents ou trop longs puisque le courant de démarrage est nettement plus important que le courant nominal ;
- ✓ Une baisse de tension d'alimentation ;
- ✓ Le blocage du rotor.

Les appareils permettant d'assurer la protection des moteurs contre les échauffements sont :

- les relais thermiques magnétiques ou magnétothermiques associés à des contacteurs ;
- les ispsso-thermes ou thermo sondes destinés à contrôler la température à l'intérieur des bobinages et à provoquer l'ouverture du discontacteur en cas d'élévation anormale de cette température.

Pompe

On doit éviter que la pompe fonctionne une fois désamorçée sous peine de destruction des roues. En effet le désamorçage se traduit par une rapide diminution de la puissance appelée et du $\cos\phi$.

Les appareils permettant de prévenir un désamorçage sont d'ordre électriques ou hydrauliques

*** Electriques :**

- relais à minimum de puissance ;
- relais de $\cos\phi$;

*** Hydrauliques :**

- manostat ;
- relais hydroélectriques ;
- mesure du niveau dynamique par des électrodes.

6.4.4.3 Câbles électriques

Le câble électrique est l'élément fondamental de transport de l'énergie. De ce fait il doit être choisi déterminé soigneusement en tenant compte des critères d'abord techniques et économiques.

Du point de vue technique, on détermine une section qui permet le bon fonctionnement du circuit tout en respectant les trois conditions suivantes :

1. Section pouvant supporter, durant tout le temps de fonctionnement du moteur l'échauffement admissible qui se produit en régime normal ;
2. Section pouvant supporter, en cas de court circuit, durant le temps qui précède la réaction des appareils de protection l'échauffement imposé par ce régime ;
3. Section imposée par la chute de tension admissible au démarrage.

La section retenue sera la plus grande parmi ces trois sections.

Pour déterminer cette section, on peut procéder par des expressions analytiques ou par des abaques qui donnent la section du câble connaissant :

- ❖ Le mode de démarrage du moteur ;
- ❖ Le courant nominal corrigé par un facteur de correction qui tient compte des conditions de pose des câbles ;
- ❖ La tension d'alimentation ;
- ❖ La longueur du câble ;
- ❖ Et la chute de tension admissible.

Comme en basse tension la section imposée par la chute de tension est prédominante surtout si cette dernière est faible (3%). C'est pourquoi cette dernière méthode a été utilisée pour déterminer la section du câble de puissance (voir annexes).

Avec les conditions de notre installation une section de **4 x 16 mm²** en PRC cuivre est suffisante pour respecter les trois conditions citées plus haut.

VOLET II : ENERGIE

ENERGIE DANS LA COMMUNE RURALE DE SAMOROGOUAN

7 SOURCES D'ENERGIE

Le village de Samorogouan est à une distance de 50 Km du réseau national, donc loin. En plus de cet éloignement la demande en énergie est faible c'est-à-dire les consommations potentielles sont inférieures à 300 KWh/hab/an, la solution la plus adaptée pour électrifier le village est donc le groupe électrogène ou les systèmes solaires. On peut aussi combiner ces deux sources d'énergie donnant ainsi un système hybride ou mettre en place une centrale de recharge de batterie.

7.1 Groupe électrogène

Les groupes électrogènes restent une solution intéressante d'électrification rurale. Même si la faisabilité technique et financière de l'électrification solaire collective est démontrée, sa compétitivité par rapport à l'utilisation de groupes électrogènes n'est assurée que pour certaines gammes de puissance. Il faut également considérer d'autres facteurs déterminants tels que : la facilité d'approvisionnement en combustible, le coût du combustible, etc.

7.2 Systèmes photovoltaïques

Certains avantages fondamentaux font des systèmes photovoltaïques une solution de choix pour l'électrification rurale dans un contexte de développement durable :

- ce sont des systèmes modulaires, applicables dès les plus petites unités (par exemple calculatrice solaire) à plusieurs centaines de kilowatts. Cet avantage technique permet de faire évoluer une installation selon l'accroissement des besoins et les possibilités de financement ;
- l'électricité est produite sur le lieu même de sa consommation réduisant la nécessité de réseau de distribution électrique ;
- aucun carburant n'est nécessaire, éliminant les problèmes inhérents à leur achat et leur transport ;
- sans aucune pièce en mouvement, leur fiabilité et durée de vie sont grandes (hormis les batteries à changer tous les 3 à 7 ans selon le type) ;
- les coûts de maintenance sont faibles comparés à ceux des systèmes conventionnels ;
- aucune nuisance sonore n'est générée.

Cependant on attribue souvent deux défauts à l'énergie solaire : sa dilution et sa variabilité. La puissance maximale incidente est de 1 KW/m². Cette puissance est très petite par rapport aux puissances de la plupart des équipements industriels, mais très grande par rapport aux besoins du secteur domestique et tertiaire des pays industrialisés et à tous les besoins domestiques des zones rurales des pays en développement.

En bref, l'énergie solaire est, naturellement par ses caractéristiques physiques intrinsèques, la source d'énergie la mieux adaptée à la satisfaction des besoins modérés et dispersés.

7.3 Centrale de recharge

La configuration « centrale de recharge » utilise le même concept pour la distribution de l'électricité, mais c'est la batterie qui joue cette fois ci le rôle du « véhicule ».

Une telle configuration est constituée :

- d'une centrale de production d'électricité à partir de modules solaires photovoltaïques ;
- d'une série de chargeurs de batteries.

Les batteries déchargées sont reçues à la centrale. Elles sont rechargées et livrées à la fin de la journée à l'utilisateur (voir figure 7.1 de la page suivante).

La mise en place d'une centrale de recharge présente plus d'inconvénient que d'avantages.

7.4 Système hybride

Pour répondre à de fortes demandes énergétiques en milieu rural, une autre technologie est désormais proposée alliant deux ou plusieurs sources d'énergie. Ce système appelé hybride est ainsi souvent composé d'une source d'énergie renouvelable couplée à l'utilisation à un groupe électrogène (voir figure 7.2).

Figure -7 : Electrification solaire par station de recharge

Figure -8 : Electrification solaire par station de recharge système hybride

7.5 Variantes de projet

Au regard des avantages et inconvénients qu'offre chaque concept, on peut adopter provisoirement les variantes suivantes :

- raccordement au réseau électrique ;
- système hybride ;
- les mini réseaux photovoltaïques ;
- mini réseau local alimenté par un groupe électrogène ;

8 DIMENSIONNEMENT DES SYSTEMES

8.1 Systèmes photovoltaïques (PV)

Les données nécessaires au dimensionnement sont :

- les données de l'ensoleillement local ;
- l'estimation de la consommation.

Les premières sont relativement accessibles, pour toute la planète. Les secondes sont plus difficiles à évaluer, elles nécessitent des compétences techniques et sociologiques, ainsi qu'une bonne connaissance du pays.

8.1.1 Estimation des besoins d'électricité (en Wh/j)

L'estimation des besoins a fait l'objet d'une enquête et dont les résultats permettent d'adopter une consommation de 12 KWh/client et par mois.

8.1.2 Estimation de l'ensoleillement

L'ensoleillement au Burkina Faso varie de 3000 à 3500 heures par an. La moyenne est de 5 KWh/m²/j.

8.1.3 Estimation de la capacité de stockage requise (Ah)

La valeur la plus importante pour le calcul de la capacité nécessaire des accumulateurs est le nombre de jours d'autonomie souhaitée (J). Ce choix doit tenir compte du niveau de sécurité des équipements souhaités (appareil de froid médical ou éclairage de confort), de la météorologie locale (nombre maximum de jours sans soleil), etc.

Une fois ce paramètre choisi, la capacité de stockage se calcule de la manière suivante :

Où CJT : consommation journalière totale (Wh);

Un : Tension nominale du système : généralement 12 ; 24 ou 48 Volts

J : Nombre de jours d'autonomie désiré ;

Kbat : Rendement des accumulateurs (70 à 90 %) ;

Dmax : Décharge journalière maximale des accumulateurs ;

Ej : Ensoleillement journalier (KWh/m²/j) ;

Kgen : Rendement du générateur (dû aux poussières, etc.) : moyen 95 %.

8.1.4 Puissance du champ photovoltaïque (Wc)

Pour un temps de fonctionnement de 6 heures par jour, la consommation journalière totale (CJT) en Wh est de $3300 \times 6 = 19\ 800$ Wh.

La puissance du champ photovoltaïque PV (Wc) est donc :

Où $E_j = 5$ KW/m²/j ; $K_{bat} = 0,8$; $K_{gen} = 0,9$

La puissance du champ photovoltaïque pour l'électrification du village est de **6000 Wc**⁴

8.2 Groupe électrogène

8.2.1 Description des caractéristiques d'un groupe

Le groupe électrogène se compose essentiellement :

- d'un moteur thermique, de son tableau de commande et ses accessoires permettant d'en contrôler le fonctionnement ;
- d'un alternateur avec son dispositif d'excitation et de régulateur ;
- d'une armoire d'appareillage électrique de commande et de contrôle ;
- d'un châssis commun et de son habillage, adapté aux conditions d'emploi.

Le moteur thermique, pour la gamme de puissance correspondant aux besoins de l'électrification des zones isolées, est un DIESEL fonctionnant au fuel domestique.

Le nombre de groupes dépend des moyens de production qui doivent être adaptés à la nature de la distribution envisagée.

Le choix d'un groupe électrogène se fait en tenant compte de son environnement et sa puissance et le démarrage des moteurs s'il y en a.

Pour le démarrage des moteurs notamment, on aura à assurer transitoirement une puissance qui pourra être supérieure à la puissance nominale.

Le rendement d'un groupe Diesel est généralement compris entre 30 % et 40 %.

8.2.2 Dimensionnement du groupe électrogène

Nous rappelons que la puissance active totale pour l'éclairage est de 3,3 KW.

Comme il n'y a pas des contraintes de démarrage, le groupe de 9 KVA peut être utilisé pendant la nuit pour l'éclairage.

En définitive pour assurer le pompage et électrifier, il faut au moins deux groupes Diesel de 9 KVA dont l'un comme secours pour la première phase du projet (dans l'immédiat) et le groupe de 13 KVA n'interviendra que dans la deuxième phase.

⁴ Nous avons considéré une autonomie d'une journée seulement.

ANALYSE ECONOMIQUE DU PROJET

9 ANALYSE ECONOMIQUE DU VOLET AEP

9.1 Coûts d'investissement

La documentation sur le centre est surtout qualitative et est insuffisante sur le plan quantitatif pour renseigner entièrement l'analyse économique.

Par conséquent le fait de mesurer les longueurs des conduites sur le terrain n'est pas sans erreur. De plus le fait qu'on a redimensionné et renforcé le réseau, certaines conduites seront remplacées notamment la conduite principale qui longe la route et d'autres seront ajoutées. Compte tenu du coût d'investissement des modules, du groupe électrogène et la longueur totale remplacée, nous allons négliger le coût d'investissement résiduel pour évaluer le prix de revient du m³ d'eau.

Le devis estimatif et descriptif du renforcement en fonction de la source d'énergie est dans le tableau ci-dessous.

Tableau -9 : Coût d'investissement du renforcement

Le coût d'investissement initial du pompage Diesel estimé est de **seize millions de nos francs (16 000 000 FCFA)**.

Le coût d'investissement initial du pompage solaire estimé est de **Cinquante trois millions de nos francs (53 000 000 FCFA)**.

9.2 Coût d'investissement actualisé

Comme les équipements n'ont pas une même durée on calcule le coût actualisé du projet pour tenir compte des investissements ultérieurs. En considérant une durée de vie du projet égal à 15 ans c'est-à-dire celle de la moitié des conduites PVC, le coût actualisé (**la**) se calcule par la relation

Où I_k =investissement à l'année $5 \cdot i$ car la pompe et le groupe électrogène ont une durée de vie de 5 ans ;

I_0 =investissement initial

a = taux d'intérêt =10%

Les investissements ultérieurs font l'objet d'un tableau qu'on appelle « Echéanciers des investissements et des renouvellements ». C'est un tableau qui retrace année par année, et pour toute la durée de vie du projet les coûts initiaux et le renouvellement des équipements de production nécessaire au fonctionnement du projet. Le tableau des échéanciers des investissements et de renouvellement ainsi les investissements actualisés des variantes sont dans les tableaux ci-dessous.

9.3 Coûts d'exploitation

Ils englobent les frais du carburant, le coût d'entretien des équipements, les coûts d'amortissement et les charges du personnel.

Nous considérons que le personnel est composé de :

- de deux gardiens et un technicien pour la solution Diesel ;
- de deux gardiens pour la solution solaire.

Nous fixons forfaitairement la charge mensuelle à 100 000 FCFA pour le Diesel et 60000 FCFA pour le solaire.

Pour le calcul des frais du carburant, nous avons considéré la première phase du projet, la puissance totale installée est de 18KVA dont 9 KVA pour le pompage et 9 KVA comme groupe de secours. Donc en fonctionnement, nous avons au plus **9 KVA**.

La consommation moyenne en carburant est de 0.25 l/KVA/h. Le litre du gas-oil coûte 700 FCFA et les frais de lubrifiants représentent 15 % des frais de carburant.

Le temps de fonctionnement maximal est de 10 heures par jour.

Les frais d'entretien et d'amortissement ainsi que le coût d'exploitation global sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

Tableau -10 : Coût d'exploitation des variantes de l'électrification

9.4 Le coût total du projet

Le coût total du projet est la somme du coût d'investissement actualisé et le coût d'exploitation actualisé du projet.

Le coût d'exploitation actualisé de chaque solution est dans le tableau de la page suivante.

Le coût total de chaque variante est le tableau ci-dessous.

Tableau -11 : Coût total des variantes de projet pour le pompage d'eau

9.5 Prix de revient du m³ d'eau pompé

Prix de revient = =

Où V_t est le volume total actualisé pompé durant le projet

Volume annuel pompé par le Diesel (m3) $V_a=10*5*365 = 18\ 250\ m3^5$.

Volume annuel pompé par le solaire (m3) $V_a = 60*365 = 21\ 900\ m3$.

La production actualisée de chaque variante est dans le tableau de la page suivante.

Le prix de revient du m³ d'eau pompé de chaque variante est dans le tableau 9.4.

Tableau -12 : Prix de revient du m3 d'eau par le pompage solaire et par le Diesel

9.6 Comparaison

Nous avons considéré trois paramètres essentiels : le coût d'investissement, le coût d'exploitation et le prix de revient du m3 d'eau.

Tableau -13 : Comparaison des sources d'énergie pour le pompage

La comparaison des deux sources d'énergie montre que le coût d'investissement des systèmes solaires limite considérablement le choix de cette source énergie.

Malgré le coût d'exploitation très élevé du groupe électrogène, les systèmes solaires ne sont pas compétitifs à l'heure actuelle pour le pompage. Qu'en serait-il en 2050 par exemple et au-delà ? La technologie des moteurs thermiques est assez mure maintenant, son évolution dans le temps est lente. Par contre celle des panneaux solaires est en pleine croissance et les prix des modules continuent de baisser. Les prix des hydrocarbures ne cessent de monter, nous pouvons dès maintenant espérer dans l'avenir sur les énergies renouvelables en particulier l'énergie solaire.

⁵ Nous considérons que le pompage est régulier

10 ANALYSE ECONOMIQUE DU VOLET ENERGIE

10.1 Coûts d'investissement

Dans cette partie nous avons pris les hypothèses suivantes :

1. Longueur totale du réseau BT : 5 Km ;
2. Puissance du transformateur : 160 KVA ;
3. Les frais d'entretien du réseau sont calculés en considérant que le KWh coûte **110 FCFA** dans le cas de l'électrification conventionnelle et **450⁶ FCFA** pour les autres ;
4. L'amortissement calculé correspond à celui de deux groupes électrogènes ;

Les devis estimatifs et descriptifs des différentes variantes du projet sont dans les tableaux de la page suivante.

10.2 Coût d'investissement actualisé

On le calcule de la même manière qu'en AEP.

Le tableau des échéanciers des investissements et de renouvellement ainsi les investissements actualisés des variantes sont dans les tableaux des pages suivantes.

Tableau -14 : Coûts d'investissement des variantes

10.3 Coûts d'exploitation

Ils englobent les frais du carburant, le coût d'entretien des équipements, les coûts d'amortissement et les charges du personnel.

Les coûts d'exploitation des variantes sont dans le tableau suivant.

Tableau -15 : Coûts d'exploitation des variantes

⁶ Le prix 450F/KWh ne tient pas compte de tous les frais pour la distribution de l'énergie.

10.4 Le coût total du projet

Le coût du projet est la somme du coût d'investissement actualisé et le coût d'exploitation actualisé du projet.

Les tableaux suivants donnent le coût d'exploitation et le coût total de chaque variante du projet.

10.5 Prix de revient du KWh produit

Prix de revient = $\frac{\text{Coût total}}{\text{Production}}$

Où Pt est la production totale actualisée donnée par le tableau ci-dessous.

On en déduit le prix du KWh de chaque variante. Ces prix sont dans le tableau **10.3**.

Tableau -16 : Prix du KWh produit par les variantes de projet

10.6 Comparaison

Le résumé des paramètres déterminants pour le choix des variantes de projet est présenté ci-dessous.

Tableau -17 : Comparaison des sources d'énergie pour l'électrification

L'analyse des variantes montre que sans subvention, le KWh produit par un groupe électrogène est de l'ordre de **1000 FCFA**. Quant au KWh du réseau conventionnel, ce prix est loin d'être réel à cause de la demande faible en énergie. Toutefois comme l'énergie électrique est un facteur déterminant pour la création d'emplois, les prévisions sont à cet effet très difficiles à planifier.

Nous avons fait dans l'annexe **3** des simulations pour des projets totalement subventionnés en considérant un minimum de 50 clients, mais force est de constater qu'avec un coût moyen du KWh supérieur à 350 FCFA les valeurs nettes actualisées (**VAN**) sont toutes négatives. De même, les taux de rendement interne (**TRI**) vont de 27 % à 46 %.

11 ANALYSE DES CONDITIONS DE REPLICATION DU SYSTEME D'ELECTRIFICATION DE BANZON A SAMOROGOUAN

11.1 Historique

Banzon est un village situé au SUD-EST de Samorogouan à 20 km. Il a une population de 8302 habitants (1998). Il dispose d'un périmètre irrigué et d'un système d'adduction d'eau simplifié (AEPS). La vente de l'eau s'est heurtée à une tradition de la gratuité de l'accès à l'eau. Les nappes souterraines sont peu profondes.

Le pompage était assuré par un petit groupe électrogène et le système est géré par l'Association des Usagers de l'Eau (AUE) de Banzon.

Le mini-adduction fut financé par la coopération française.

Comme l'adduction ne marchait pas, le groupe chômait. Le chômage du groupe a suscité l'idée d'électrifier le village en espérant que les recettes de l'électricité vont compenser les pertes pour la vente de l'eau. Du coup la coopération française a changé le petit groupe électrogène en le remplaçant par un autre de grande puissance pour assurer le pompage et électrifier le village. Le coût total de l'installation a été de 40 millions de nos francs (Quarante millions). Il a été entièrement financé par la coopération française.

Le système a été mis en service le 8 mars 2005 avec vingt six (26) clients.

11.2 Description du système

C'est un réseau basse tension (BT). Les tensions disponibles sont 380 V en triphasé et 220 V en monophasé. Les ampérages disponibles sont : 1A, 3 A, 5 A, 10A et 15 A.

La puissance du groupe Diesel est de 40 KVA. Les poteaux sont en bois et espacés de 50 à 60 m. Le réseau a une longueur totale d'environ 5 Km.

11.3 Fonctionnement du système

Le temps de fonctionnement du système varie de 6h à 7 h par jour dans la nuit. Les clients potentiels sont les commerçants (boutiques autour du marché) et quelques ménages aisés.

Aucun artisan ne s'est inscrit. Une seule rue est éclairé par le système : il s'agit de la route qui traverse le village.

Depuis février 2006, le système est arrêté. La raison évoquée par le responsable est le coût du gas-oil. Actuellement, huit (8) personnes veulent se brancher mais le réseau ne fonctionne pas. La situation est maintenant plus grave qu'avant car il n'y a plus d'eau ni électricité et le nouveau groupe est encore en chômage pour faute de carburant.

11.4 Analyse du système

Au cours de notre entretien avec le responsable du système, nous n'avons pas pu avoir toutes les informations désirées sur le système pour les raisons suivantes :

- depuis l'arrêt du système, il y a eu beaucoup d'enquêtes sur le système mais sans suite ;
- l'association craint aussi qu'un « escroc » vienne confisquer le groupe.

Mais les informations que nous avons eues suffisent pour analyser le fonctionnement du système.

Nous savons :

- la puissance du groupe (40 KVA) ;
- le nombre de clients (26) ;
- les données de la facture d'un client.

Les composantes de la facture sont :

- Avance sur consommation (3200 FCFA pour la facture qu'on a eue) ;
- Prime fixe : 1500 FCFA ;
- Eclairage public : 200 FCFA.

Le montant total de cette facture est donc de 4900 FCFA pour une consommation mensuelle de 16 KWh. Nous pouvons déduire le coût du KWh distribué.

Il est vrai qu'en zones rurales la consommation mensuelle dépasse rarement 20 KWh mais nous considérons ici une consommation par client et par mois de 25 KWh pour déterminer la puissance active correspondante. Pour un temps de fonctionnement de 6h/j.

Ainsi

Dans la formule ci-dessus :

25 correspondant à la consommation en KWh par client et par mois ;

26 correspond au nombre de clients et 30 correspond au nombre de jours par mois.

Avec cette puissance nous pouvons calculer le facteur de puissance du groupe.

Avec S : la puissance apparente du groupe.

En considérant que la taille moyenne des ménages est de 8 personnes, nous pouvons aussi calculer le nombre puis déduire le taux de raccordement.

En effet :

Le taux de raccordement est d'environ **2,5 %**.

11.5 Conclusion

Le facteur de puissance minimal que beaucoup de distributeurs d'énergie exigent est de 0,8. Le responsable du système a donc raison de dire que le groupe consomme trop. En plus de cette consommation élevée, les calculs économiques que nous avons effectué sur le coût du KWh produit par un groupe électrogène sans tenir compte des autres coûts (distribution, entretien du réseau, administration des factures, etc.) montrent que ce dernier ne doit pas être inférieur à 350 FCFA.

L'échec du système est donc dû à une mauvaise tarification du service rendu, un très mauvais facteur de puissance et la non prise en compte des activités génératrices de revenus (soudure, moulins, etc.) qui pouvaient rentabiliser un peu le projet.

L'analyse de ce système montre qu'en gardant le même groupe, il faut au moins une centaine de clients pour qu'il soit rentable en considérant les hypothèses citées plus haut ou que le personnel bénéficie d'une lourde subvention !

Quant à sa réplique à Samorogouan, la conclusion n'est pas facile. Par conséquent, la réplique du système de Banzon à Samorogouan, à notre avis par prudence doit s'arrêter au réseau sans groupe tout en appliquant un tarif adéquat car on ne dispose pas encore de retour d'expérience dans la région pour confirmer les prévisions des usages de l'électricité.

Quant au surdimensionnement du groupe constaté ici, par manque de marketing pour raccorder les artisans (soudure, moulins..) car cela leur reviendrait moins cher, on doit initier un accompagnement sur au moins cinq (5) ans pour assurer la montée en charge.

12 CHOIX DEFINITIF DE LA SOURCE D'ENERGIE

12.1 Avantages et inconvénients

Les avantages inconvénients de chaque variante sont dans le tableau ci-dessous.

Variante	Avantages	Inconvénients
V1 Electrification conventionnelle	<ul style="list-style-type: none"> - électricité disponible 24h/24h sauf coupure - solution durable - peut faire face à l'augmentation future de la demande 	<ul style="list-style-type: none"> - coût d'investissement très élevé - coût d'entretien du réseau - exigence d'un personnel qualifié
V2 : Electrification par Groupe électrogène	<ul style="list-style-type: none"> - technologie éprouvée - configuration de distribution comparable à celle du réseau national, le raccordement est facilité dans la perspective d'une interconnexion avec le réseau - grande possibilité de choix dans le matériel - exploitation et gestion centralisée de l'infrastructure électrique 	<ul style="list-style-type: none"> - difficulté d'entretien dans les zones rurale où la disponibilité d'un spécialiste fait souvent défaut - grande fréquence de pannes entraînant les interruptions de la production d'électricité - limitation du temps de fonctionnement due aux charges d'exploitation élevées notamment au coût du carburant - problèmes liés au transport de carburant surtout dans les sites isolés - dépendance de sources d'énergie importées - difficultés d'approvisionnement des pièces de rechange
V3 : Electrification par systèmes solaires	<ul style="list-style-type: none"> - faible coût d'exploitation - ressource renouvelable - disponibilité du soleil - ne pollue pas l'environnement - longues durées de vie des modules 	<ul style="list-style-type: none"> - coût d'investissement élevé - puissance maximale incidente limitée (1 KW/m²) - choix limité dans le matériel - renouvellement des batteries (tous les 3 à 5 ans) et des onduleurs (tous les 10 ans) - vols de panneaux
Electrification hybride	<ul style="list-style-type: none"> - idem V3 et V2 	<ul style="list-style-type: none"> - idem V3 et V2

12.2 Critères de choix

A la lumière des résultats de l'analyse économique des volets AEP et énergie, des réalités économiques des populations rurales, des aspects financiers, organisationnels et

institutionnels chaque variante de projet peut être choisie selon les conditions résumées dans le tableau ci-dessous.

Tableau -18 : Choix de la source d'énergie pour l'électrification

Variante	Conditions à remplir	Observation
Electrification conventionnelle	- Investissement initial et renouvellement des équipements pris en charge par l'Etat	Solution idéale
V2 Electrification par Groupe électrogène	- Investissement initial et renouvellement des équipements pris en charge par l'Etat ; - Gestion par marchés publics ou SONABEL ; - Tarif du KWh au moins égal à 500 FCFA ou subvention	Solution à défaut
V3 Electrification par systèmes solaires	- Investissement initial et renouvellement des équipements pris en charge par l'Etat ; - Tarif du KWh au moins 1000 FCFA ou une forte subvention	Solution à éviter
Electrification hybride	Idem pour les variantes 2 et 3	Solution à éviter

La solution (1) c'est-à-dire l'électrification conventionnelle est idéale car:

- le coût d'un réseau MT dépend de beaucoup du coût des câbles et des poteaux qui sont généralement en acier. Or la demande actuelle de l'acier par les pays industrialisés notamment la Chine est de plus en plus grande. Ce phénomène peut se traduire par le doublement ou le triplement du coût de l'acier dans les années à venir. Par conséquent le coût du réseau suivra la même évolution ;
- le prix des hydrocarbures ne cesse de croître. Ce qui pénalisera beaucoup à long terme l'électrification par un groupe électrogène.

La solution (3) basée sur les systèmes photovoltaïques est à éviter pour les raisons suivantes :

- le coût d'investissement est très élevé ;
- le système ne permet de faire face à une augmentation future de la demande.
- le vol des panneaux ne doit pas être aussi négligé.

La combinaison des avantages et inconvénients de chaque source d'énergie montre que le groupe Diesel est la source d'énergie la plus adaptée actuellement pour Samorogouan, avec centralisation des besoins et fourniture de l'électricité au système AEP et marketing vers les artisans pour valoriser et optimiser la production.

PERSPECTIVES

Pour un meilleur avenir de l'électrification rurale au Burkina, on ne doit pas évaluer les projets en se basant sur les seuls critères du taux de rendement interne (**TRI**) ou de la valeur actuelle nette (**VAN**). On doit aussi voir l'impact et le coût social bien que difficile à évaluer de l'exode rural et le coût de l'éclairage par les installations traditionnelles.

A court terme, l'électrification peut progresser par la mise en place d'un système de crédit Energie pour doter les populations rurales des équipements de production d'énergie électrique, auxquels sont associés des récepteurs, pour une utilisation majoritairement domestique.

A moyen et long terme, il serait dommage de limiter l'électrification rurale à une simple utilisation domestique. Par conséquent, il serait opportun d'élaborer des programmes d'électrification plus ambitieux, chercher des moyens et modalités permettant à des artisans ruraux de s'équiper d'outils de production électrique (machines à coudre, appareils de menuiserie, de soudure, etc.), faisant place aux machines manuelles, afin :

- ✓ d'une part d'accroître leur capacité de production ;
- ✓ d'autre part, d'assurer aux opérateurs de l'électrification par le fonctionnement des machines, une source stable de revenus.

Ces mêmes applications professionnelles permettront d'assurer, hors de leur durée de fonctionnement, la pérennité de l'alimentation des usages domestiques.

L'enjeu des décennies à venir est donc de s'orienter vers la recherche de solutions d'électrification innovatrices sur le plan technique, ingénieuses sur le plan financier, adaptées aux niveaux organisationnels et créatives à l'échelle institutionnelle.

Quant au secteur de l'approvisionnement en eau, la gestion doit être faite par les marchés publics ou à la rigueur de type directe par les communautés pour assurer la pérennité du système.

La gestion directe par le comité villageois est une solution intéressante, car elle rapproche les gestionnaires des usagers. Cependant ce type de gestion est limitée par :

- par un manque d'expérience en la matière ;
- le fait que presque tous les habitants se connaissent, la résolution de problèmes d'impayés devient alors très délicate surtout s'il s'agit des notables du village.

La problématique de la gestion des infrastructures hydrauliques se décline de la façon suivante :

1. En mettant en place des modes de financement autres que ceux actuels, et en particulier les factures d'eau, permettant de maintenir le patrimoine technique en bon état, une fois l'équipement initial réalisé ;
2. En prenant en compte dans la facturation de l'eau, les investissements supplémentaires qu'il faut consentir pour améliorer les performances environnementales et la santé publique;
3. En s'assurant que les usagers participent - ou tout au moins leurs avis et vont par la suite accepter et peuvent payer les services rendus.

En bref une tarification appropriée des divers usages de l'eau qui tient compte à la fois des coûts de la ressource et des coûts environnementaux.

Ce qui coûte cher, ce n'est pas l'eau en tant que ressource naturelle ; c'est l'argent nécessaire pour faire des investissements lourds et espacés dans le temps ; c'est aussi l'information dont il faudrait disposer pour conduire des politiques économiquement rationnelles à un niveau centralisé ou décentralisé.

La notion de solvabilité fait allusion à la viabilité désormais attendue des programmes d'approvisionnement en eau : aujourd'hui, les décideurs sont unanimes qu'on ne doit plus se satisfaire seulement de résultats immédiats mais qu'il faut aussi s'assurer que ces résultats et les bénéfices de bien être qui en découlent sont garantis sur une longue période. Cette viabilité dépend de toute une série de facteurs non seulement techniques, socio - culturels, mais surtout financiers, économiques et institutionnels.

Le déséquilibre offre/demande constitue une des caractéristiques essentielles de la situation actuelle de l'AEP des zones semi-urbaines. Un recouvrement effectif des coûts ou au moins pour l'exploitation et l'entretien est indispensable pour assurer la pérennité des équipements réalisés. Dans ces conditions, l'identification et l'évaluation de la demande en eau potable payante apparaissent comme deux éléments clés pour assurer la durabilité des équipements d'AEP. Cette difficulté d'identification et d'évaluation de la demande en eau payante est sans doute due aux spécificités et diversités du tissu urbain.

Le secteur privé dans le domaine de l'eau se développe de nos jours à grande échelle. Dans les années à venir, la principale question qu'on se pose est : quels seront les mécanismes et outils qui différencieront l'eau et les autres produits marchands ?

RECOMMANDATIONS

Au regard des problèmes rencontrés pour la gestion du système d'approvisionnement de Samorogouan nous recommandons :

- de faire une prospection géophysique en vue de réaliser d'autres puits ou forages dans le village ;
- de faire une analyse chimique des eaux des forages du village ;
- que l'accent soit mis sur la promotion de l'éducation, le taux de scolarisation obtenu par les résultats de notre enquête est faible ;
- que la population soit sensibilisée sur les maladies d'origine hydrique ;
- Que la gestion du système soit faite par les marchés publics dans la mesure où la gestion purement privée est très risquée de nos jours pour la simple raison qu'il n'est pas du tout facile de vendre l'eau chère en zones rurales;
- Que les responsabilités des acteurs du secteur eau soient bien définies ;
- Que les petits artisans soient pris en compte dans l'évolution future du projet d'électrification pour garantir sa pérennité;
- D'utiliser le surplus d'énergie non consommée pendant le pompage pour charger des batteries.

Quant à l'électrification, nous proposons :

La diffusion à grande échelle et durable de l'électrification rurale au Burkina Faso doit passer par les conditions suivantes :

- un environnement institutionnel et réglementaire favorable permettant de mobiliser efficacement les acteurs du secteur ;
- une analyse de la demande ;
- des modalités organisationnelles adaptées afin de garantir la qualité de l'offre de service, mais à moindre coût ;
- éviter des programmes d'électrification rurale orientée solaire qui ne sont pas forcément rentables ;
- la formulation d'un programme d'électrification rurale régionale ;
- l'implication de la SONABEL par la formation des agents de maintenance des systèmes en zones rurales ;
- la concertation entre les différents intervenants dans le secteur ;

- que le Ministère concerné veille à ce que les problèmes rencontrés avec la gestion des puits ou des forages ne se retrouvent pas en électrification rurale. Nous faisons allusion ici aux pannes de pompes dans les zones rurales ;
- La mobilisation de moyens financiers pour la réalisation de projets en énergies renouvelables devrait être favorisée par l'intégration des préoccupations environnementales dans les stratégies des institutions.

En ce qui concerne le vol des panneaux, nous proposons pour limiter ou contrer ce phénomène :

- De prendre un gardien qui sera « bien payé » ;
 - D'utiliser des moyens électroniques :
5. le premier étant de dire aux constructeurs de fabriquer les modules de telle sorte que tout module ayant été déconnecté de son générateur d'origine, et même reconnecté à un régulateur ou une batterie ne délivre aucun de courant.
 6. Ce premier moyen pénalise les propriétaires qui doivent déménager ou quitter la zone, par conséquent il sera mieux de doter les modules d'une carte magnétique avec code, que seul le propriétaire connaît. La mise en marche des modules sera conditionnée à la validation de ce code.

Seuls les moyens électroniques sont susceptibles à notre avis de pallier efficacement le problème de vol car de nos jours, les villageois sont loin d'être à l'abri des voleurs. Et même s'il y a un gardien selon l'importance du champ photovoltaïque les voleurs n'hésiteront pas à le tuer.

DIFFICULTES RENCONTREES

Les principales difficultés rencontrées au cours de cette étude sont :

- l'insuffisance de données techniques sur le projet ;
- l'arrêt du système au moment de l'étude rendant l'estimation de la demande plus difficile ;
- les contraintes de temps. Le manque cruel de données sur le système existant nous a obligé de créer de nouvelles données, ce qui nous a demandé beaucoup de temps.

CONCLUSION GENERALE

La pérennité du système d'approvisionnement en eau potable de Samorogouan dépend des approches proposées pour sa gestion. Il n'existe pas cependant une seule solution mais quelque soit la solution adoptée l'exigence d'une demande solvable et la prise en compte du coût de renouvellement du système restent et resteront toujours la clé de la réussite.

La source d'énergie actuelle la plus économique pour électrifier la commune rurale de Samorogouan est celle du diesel (groupe électrogène). Certes le raccordement au réseau national est mieux mais le choix de ce dernier est limité par son investissement élevé (plus d'un demi milliard de nos francs).

Quant au pompage de l'eau, l'énergie solaire est la plus appropriée sur le plan technique compte tenu de son coût d'exploitation qui est de l'ordre de 10% du coût d'investissement tandis que celui des moteurs thermique représente 50 à 60 % du coût d'investissement. Ce seul critère ne suffit pas cependant pour choisir l'énergie solaire quant on regarde son coût d'investissement qui devient très élevé dès que la puissance installée dépasse 1000 watts crêtes. En plus de ce coût les systèmes solaires présentent un inconvénient majeur qui est le vol des panneaux. Par conséquent l'énergie thermique est aussi l'énergie la plus adaptée pour le pompage de l'eau.

Par ailleurs au stade actuel de l'évolution technologique, les générateurs photovoltaïques ne sont pas un substitut aux moteurs thermiques ou centrales hydrauliques car ils ne peuvent pas faire tourner de gros ateliers, ni d'irriguer de grandes surfaces de façon rationnelle. Mais ils ont un mérite majeur : ils peuvent apporter à chaque famille quelques dizaines de watts pour au moins s'éclairer, à un coût très inférieur à celui des installations classiques. Ils peuvent aussi alimenter quelques autres systèmes de puissances modestes et de grand intérêt : audiovisuel, éclairage d'écoles, pompe pour la fourniture de faible quantité journalière d'eau potable ou le petit maraîchage, éclairage public, réfrigérateurs à vaccins pour dispensaires.

La situation de l'électrification rurale au Burkina Faso est préoccupante et constitue de ce fait comme l'un des enjeux pour les décennies à venir : pendant combien d'années encore 80 % de la population du Burkina Faso resteront-elles privées d'électricité ?

L'extension des réseaux électriques, trop coûteuse, ne peut les atteindre avant plusieurs décennies, les mini-réseaux locaux alimentés par des éoliennes ou des groupes électrogènes Diesel peuvent intéresser certaines zones.

Les nouvelles approches de développement et de lutte contre la pauvreté devraient s'intensifier dans ce sens. Ces efforts devront reposer sur une ferme volonté de tendre vers la réalisation des objectifs fixés par l'ONU pour le millénaire.

La détermination de l'ensemble des acteurs est la condition nécessaire pour rompre avec une logique fataliste conduisant, malgré quelques opérations ponctuelles, au maintien des zones rurales en condition de privatisation du minimum d'électricité.

La mise en place de ces conditions nécessitent une connaissance détaillée du contexte étudié et doivent s'appuyer sur des données physiques, socio-économiques et institutionnelles dont la disponibilité et la fiabilité sont déterminantes pour la réussite des approches proposées.

De ce fait, la difficulté de garantir le retour d'investissement et donc la nécessité d'allouer une subvention pour l'accès à l'électricité en milieu rural devrait faire partie de la problématique au lieu d'en constituer un facteur de blocage. Cela permettrait, tout en élargissant le champ d'investigation hors du secteur électrique, voire énergétique, d'explorer les interactions entre économie et électrification rurale afin d'en révéler tous les bénéfices.

Le problème de l'eau potable est certes à la une à Samorogouan sinon le village souffre aussi du manque de réseau d'eaux pluviales (bien vrai qu'il a été loti depuis 1998 aucun réseau d'eaux pluviales n'y existe), du mauvais état des routes en saison pluvieuse.

ANNEXES

Annexe 1 : Fiches d'enquêtes

Annexe 2 : Quelques résultats des enquêtes

Annexe 3 : Calcul du coût du KWh produit par un groupe électrogène

Nous avons calculé ici le coût du KWh en omettant les charges dues au renouvellement du réseau électrique, aux frais d'administration des factures et les frais d'entretien du réseau. Nous avons aussi mis en évidence la variation de ce coût en fonction du taux d'utilisation du groupe électrogène.

Annexe 4 : Valeurs actualisées nettes (V.A.N) et taux de rendement interne (TRI) de quelques variantes de projet d'électrification

Pour effectuer les calculs économiques et les comparaisons éventuelles entre les sources d'énergie nous avons posé plusieurs hypothèses. Sauf indication contraire celles qui suivent sont applicables.

1. Tous les projets sont entièrement subventionnés ;
2. le renouvellement du réseau électrique n'est pas pris en compte ;
3. Consommation en carburant : 0,25 l/KVA/heure ;
4. Coûts :
 - Coût d'un litre de carburant : 700 FCFA ;
 - Coût des lubrifiants : 15 % du prix du carburant ;
 - Coût d'un KVA installé : 400 000 FCFA ;
 - Coût d'un Wc installé : 7000 FCFA ;
 - Coût des batteries : 10 % du coût des modules ;
 - Coût de l'onduleur : 20 % du coût des modules ;
 - Coût d'un Km de réseau électrique BT : 4 000 000 FCFA ;
 - Coût du transport et d'installation des modules : 15 % du coût des modules ;
5. Amortissement :
 - Un groupe électrogène : 5 ans ;
 - Un modules : 15 ans ;
 - Un onduleur : 10 ans ;
 - Une batterie : 3 ans ;
 - Réseau électrique : 20 ans ;
6. Entretien :
 - Entretien annuel d'un groupe électrogène : 20 % de son prix d'achat ;
 - Entretien annuel d'un module : 1 % de son prix ;
 - Maintenance des modules : 250 000 FCFA pour chaque 5000 Wc
7. Personnel :
 - Salaire d'un gardien : 15 000 FCFA/mois ;
 - Main d'œuvre : 100 FCFA/heure ;
 - Personnel : 600 000 FCFA /an ;

8. Taux :

- Inflation : 1% et sera appliqué seulement aux frais de personnel ;
- Aucun impôt ou taxe n'est imposé.

Le temps de fonctionnement du système est de 6 heures par jour.

Principe de l'analyse

Nous avons effectué l'analyse économique de chaque variante du projet en utilisant les outils de l'analyse financière à savoir la valeur actuelle nette (VAN), le délai de récupération et le taux de rentabilité interne du capital investi (TRI).

Chaque variante sera évaluée sur une durée de vie de 15 ans.

Un taux de 10 % sera appliqué au montant de l'investissement pour tenir compte des imprévus.

Le réseau d'électricité fonctionne avec un nombre minimum de 50 clients et connaîtra un accroissement de 5 clients par année est prévu pour les années à venir.

Nous avons calculé successivement le coût d'investissement ses échéanciers des investissements et des renouvellements et les échéanciers des recettes/Dépenses de chaque variante du projet.

Les différents tableaux dans les pages qui suivent qui illustrent l'analyse des variantes de projet.

DEDICACE

DEDICACE

12.3

Annexe 5 : Point de fonctionnement de la pompe

Les caractéristiques de la pompe sont :

Celles de la conduite sont :

Le point de fonctionnement du système est ci-dessous.

BIBLIOGRAPHIE

1. *Les pompes et les petites stations de pompage*
Ministère de la coopération française (SOGREAH), Novembre 1978
2. *L'électrification rurale décentralisée : une chance pour les hommes, des techniques pour la planète, Décembre 2000*
Sous la Direction de Christophe De GOUVELLO & Yves MAIGNE
3. *Photovoltaïque : L'électricité solaire au service du développement rural 2^{ème} édition, Décembre 2002*
Sous la Direction de Abdelhanine BENALLOU et de Michel RODOT
4. *Projet test d'électrification rurale : un projet du Ministère de l'Energie et des Mines du Burkina Faso en collaboration avec la coopération Danoise. Année 1998*
5. *Economies et techniques essentielles des aménagements hydrauliques : Dimensionnement, Tarification*
Maurice BOUVARD
6. *Les stations de pompage d'eau 5^{ème} édition*
AGHTM, Année 2000
7. *Cours d'électrification rurale Tome 2, 3^{ème} Année EIER : Structure et composition des réseaux, Alimentation des zones isolées.*
J . LIEB Janvier 2000
8. *Cours d'électrification rurale Tome 3, 3^{ème} Année EIER : Eclairage public*
J . LIEB Janvier 2000
9. *Cours d'approvisionnement en eau potable*
M. ZOUNGRANA Denis Version 2003
10. *Rapport de mission de l'ingénieur AEP du 13/03/95 au 31/03/1995 effectué dans le cadre du programme régional solaire RESO phase 1 au Burkina Faso*
Komla JACKAREY, BERA
11. *Eléments de connaissance du milieu du village de Samorogouan*
Programme d'appui à la décentralisation et à la gouvernance locale, Septembre 2001