

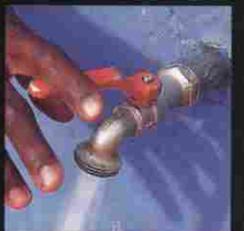
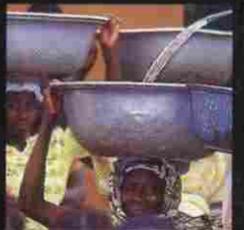
1105

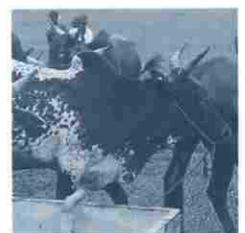


HYDRAULIQUE VILLAGEOISE ET POMPAGE SOLAIRES AU SERVICE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE DANS LES PAYS DU SAHEL

Programme Régional Solaire

ENSEIGNEMENTS
ET PERSPECTIVES





1. LE PRS, UN PROGRAMME AMBITIEUX	p 6
1.1. LE CONTEXTE A L'EPOQUE DE LA CONCEPTION DU PROGRAMME	p 7
1.2. PRINCIPAUX OBJECTIFS, RESULTATS ET MOYENS FINANCIERS PREVUS	p 7
1.3. LES REALISATIONS DU PROGRAMME	p 10
1.4. RESPONSABILITES AUX NIVEAUX REGIONAL, NATIONAL ET LOCAL	p 10
1.4.1. Au niveau régional	
1.4.2. Au niveau national	
1.4.3. Au niveau local	
1.5. UNEVOLONTE D'IMPLICATION DES USAGERS ET DE PROMOTION DU SECTEUR PRIVE SAHELIEEN	p 12
 2. LES ENSEIGNEMENTS DU PRS	 p 13
2.1. LE PHOTOVOLTAIQUE, TECHNOLOGIE APPROPRIEE AU SAHEL	p 13
2.1.1. L'approvisionnement en eau potable	
2.1.2. L'irrigation	
2.1.3. Les besoins domestiques : éclairage et audiovisuel	
2.1.4. La réfrigération	
2.2. LE CAS PARTICULIER DU POMPAGE SOLAIRE	p 16
2.2.1. La démarche pour la sélection des villages	
2.2.2. La méthode de dimensionnement des systèmes	
2.2.3. Sous et sur-dimensionnement	
2.2.4. Typologie des villages équipés	
2.2.5. Débits des forages équipés	
2.3. LE PARTI PRIS DE LA FIABILITE TECHNIQUE	p 23
2.3.1. Priorité à la qualité technique des systèmes solaires	
2.3.2. Premiers retours d'expérience sur la fiabilité des systèmes	
2.3.3. Coût du contrôle de qualité des systèmes solaires	
2.3.4. Faiblesses, cependant, au niveau des infrastructures d'accueil	
2.4. LE FINANCEMENT DES SYSTEMES SOLAIRES	p 29
2.4.1. La recherche d'économies d'échelle	
2.4.2. Le coût de l'investissement	
2.4.3. Le financement de l'investissement	
 3. LES ACTEURS ESSENTIELS DU PRS : LES USAGERS ET LES OPERATEURS PRIVES SAHELIENS	 p 34
3.1. CONTRIBUTION FINANCIERE INITIALE DES VILLAGES	p 34
3.2. MODALITES DE GESTION DES SYSTEMES D'APPROVISIONNEMENT EN EAU	p 35

TABLE DES MATIÈRES

3.2.1. Exploitation et gestion par un comité de point d'eau (CPE)	
3.2.2. Délégation de la gestion à une entité indépendante des usagers	
3.3. MODALITES DE PAIEMENT DE L'EAU	p 38
3.4. MAINTENANCE DES EQUIPEMENTS SOLAIRES PAR LES PRIVÉS SAHÉLIENS	p 39
3.4.1. Principes adoptés et coûts	
3.4.2. Situation du paiement des contrats de maintenance	
3.5. RENOUELEMENT DES EQUIPEMENTS SOLAIRES	p 43
3.5.1. Objectifs de provision pour le renouvellement des équipements	
3.5.2. Situation de l'épargne au regard des objectifs	
3.5.3. Evolution de l'épargne et risque d'érosion	
3.6. PERENNITE DES SCHEMAS DE MAINTENANCE ET DE RENOUELEMENT MIS EN PLACE	p 47
3.6.1. Evolution des charges d'exploitation et de maintenance	
3.6.2. Provision pour le renouvellement	
3.6.3. Pérennité des opérateurs privés sahéliens	
3.7. PERSPECTIVES RELATIVES AUX MODALITES D'EXPLOITATION ET A LA MAINTENANCE DES SYSTEMES D'APPROVISIONNEMENT EN EAU	p 50
3.7.1. Quel niveau de décentralisation ?	
3.7.2. Redéfinir le contenu des contrats de maintenance	
4. PERSPECTIVES DU PHOTOVOLTAIQUE AU SAHEL	p 52
4.1. INTEGRATION DANS LES POLITIQUES SECTORIELLES NATIONALES	p 52
4.1.1. Le solaire au Sahel, sur quel segment de marché ?	
4.1.2. La place du solaire dans les secteurs de l'eau	
4.1.3. La place du solaire dans le secteur électrique	
4.2. POUR UNE DIFFUSION COMMERCIALE DU SOLAIRE	p 53
4.2.1. Faciliter l'accès au crédit	
4.2.2. Limiter la fiscalité sur les équipements solaires	
4.2.3. Protéger les systèmes contre le vol	
4.2.4. Renforcer les capacités de production et la valeur ajoutée locale	
4.3. LA TECHNOLOGIE PHOTOVOLTAIQUE AU SERVICE D'UN BESOIN D'INFRASTRUCTURE	p 55

TABLE DES ENCARTS

● Encart n° 1 : Caractéristiques des systèmes de pompage et des systèmes communautaires du PRS	p 8
● Encart n° 2 : Répartition des équipements entre les pays. Comparaison entre les quantités prévues à la Convention de financement et les quantités effectivement installées	p 9
● Encart n° 3 : De multiples paramètres pour cerner les domaines de pertinence du photovoltaïque	p 14
● Encart n° 4 : Les systèmes communautaires au Burkina Faso	p 15
● Encart n° 5 : Le dimensionnement des pompes immergées	p 18
● Encart n° 6 : Conditions de fonctionnement des pompes du PRS	p 23
● Encart n° 7 : Test des équipements du PRS	p 24
● Encart n° 8 : Résultats des mesures du monitoring	p 25
● Encart n° 9 : Taux d'intervention sur les pompes du PRS au Mali et au Burkina en fonction de leur durée d'installation.	p 26
● Encart n° 10 : Coût des actions de contrôle qualité	p 27
● Encart n° 11 : Adaptation des systèmes de stockage d'eau au Burkina Faso : les postes d'eau autonomes	p 28
● Encart n° 12 : Production photovoltaïque mondiale et européenne	p 30
● Encart n° 13 : Coût des infrastructures d'accueil	p 31
● Encart n° 14 : Montants inscrits à la Convention de financement du PRS	p 32
● Encart n° 15 : Financements nationaux et régionaux	p 33
● Encart n° 16 : Niveau de la contribution initiale réelle des villages	p 34
● Encart n° 17 : Les comités de point d'eau	p 35
● Encart n° 18 : Extrait du contrat de concession d'exploitation provisoire du réseau d'approvisionnement en eau potable en Mauritanie. Village de Tantane	p 36
● Encart n° 19 : Organisation de la gestion de l'eau et prix de vente de l'eau	p 37
● Encart n° 20 : Adaptation des contrats de maintenance au contexte de chaque pays	p 40
● Encart n° 21 : Coût annuel des contrats d'entretien et de SAV exprimé en ECU et en pourcentage du coût des installations	p 41
● Encart n° 22 : Paiement des contrats de maintenance et de service après vente dans 6 pays du CILSS.	p 43
● Encart n° 23 : Objectif d'épargne annuelle pour le renouvellement des équipements de pompage dans 4 pays	p 44
● Encart n° 24 : Répartition des villages en fonction du taux de couverture des objectifs financiers globaux	p 45
● Encart n° 25 : Erosion des monnaies des pays du CILSS	p 46

Le soleil constitue au Sahel une source abondante d'énergie qui peut être utilisée tout autant pour le développement économique des zones rurales que pour l'amélioration de la qualité de vie de leurs habitants. Le Programme Régional Solaire - financé par la Commission Européenne sur les ressources de la Convention de Lomé au bénéfice des pays du CILSS - grâce à l'installation de systèmes photovoltaïques de pompage de l'eau et d'électrification, a contribué à la réalisation de ce double objectif, non seulement de par la vulgarisation d'une technologie fiable et adaptée au contexte sahélien, mais surtout du fait de la volonté d'implication des villageois et de l'émergence d'opérateurs privés sahéliens chargés d'effectuer les travaux et d'assurer les services après-vente s'y rattachant.

Toutefois, il importe de mettre en évidence que la capacité des usagers à rassembler et gérer l'épargne nécessaire pour couvrir les charges de fonctionnement, de maintenance et de renouvellement de certains éléments des installations solaires, constitue une garantie essentielle de viabilité et de pérennité des services d'approvisionnement en eau ou d'électrification.

Tirer les premiers enseignements du Programme Régional Solaire n'est pas un exercice aisé puisqu'il consiste à mesurer une opération complexe, prenant en compte des facteurs socio-économiques, financiers, fiscaux et techniques, dans laquelle chaque pays apporte sa spécificité et ses réponses appropriées. En effet, la mise en place et l'exploitation de cette nouvelle technologie ont nécessité un long cheminement de la part de l'ensemble des participants à ce programme (usagers, entreprises, administrations nationales, CILSS). Le choix et l'installation des systèmes ainsi que la mise en place d'une maintenance adéquate

dans le but d'assurer la fourniture de l'eau et sa distribution ont rencontré de nombreuses contraintes et ont fait du PRS, certes un produit novateur mais aux résultats sous certains aspects encore fragiles. L'expérience acquise permet cependant aujourd'hui de mieux cerner les faiblesses à devoir corriger pour aborder l'avenir avec l'espoir d'une plus grande diffusion d'une technologie solaire apte à répondre aux besoins les plus élémentaires des populations.

Que ce soit à travers des programmes d'investissement pour accompagner un service public marchand d'eau ou d'électricité existant ou à travers des mesures facilitant l'émergence d'une gestion commerciale des installations, les perspectives de développement du photovoltaïque sont réelles au Sahel. Elles dépendront cependant pour une large part de la place que voudront bien leur accorder les Etats Sahéliens dans leurs politiques nationales de développement et de décentralisation, mais aussi du rôle que pourra jouer le secteur privé dans la mise en œuvre de cette technologie et, plus généralement, dans le développement des services publics de fourniture d'énergie et d'eau potable.

Hans SMIDA,

Directeur à la Commission Européenne
Direction Générale du Développement
DGVIII

Mariam CISSE K. SIDIBE,

Secrétaire Exécutif du
Comité Permanent Inter-Etats
de Lutte contre la sécheresse
dans le Sahel (CILSS)

1. LE PROGRAMME REGIONAL SOLAIRE, UN PROGRAMME AMBITIEUX

Le PRS, qui a pour principal objectif de lutter contre la désertification des pays du Sahel et d'améliorer les conditions de vie des populations rurales grâce à l'installation de systèmes photovoltaïques de pompage de l'eau et d'électrification, est en voie d'achèvement. Ce programme, le plus important jamais conduit en Afrique subsaharienne, a démontré que la technologie solaire savait apporter une réponse appropriée à la question de la fourniture en énergie et en eau pour les sites isolés. Au-delà de l'innovation technique, la volonté d'implication des villageois et l'émergence d'opérateurs privés sahéliens en sont les bases fondamentales, des piliers sur lesquels repose aujourd'hui toute action de développement.

Depuis la Conférence de Rio sur le développement durable (1992) et la prise de conscience qui en a découlé, les énergies renouvelables – et en particulier l'énergie solaire photovoltaïque – sont reconnues comme une option à fort potentiel dans la plupart des pays du Sud et retiennent l'intérêt des principaux bailleurs de fonds.

Le contexte était très différent en 1986, lorsque les chefs d'Etat des pays du CILSS (Comité Permanent Inter-Etats de lutte

contre la sécheresse dans le Sahel) décidèrent d'initier un grand programme d'énergie solaire photovoltaïque avec le soutien de la Commission des communautés européennes : après les années de sécheresse, l'enjeu était de fournir des produits vivriers aux populations les plus isolées. D'où l'idée de mettre à leur disposition un système d'exhaure capable de fonctionner quelle que soit la pluviométrie et indépendamment d'un approvisionnement régulier en hydrocarbures (à cause de son coût élevé et des contraintes de distribution dans les zones isolées). Sur le plan technique, le solaire photovoltaïque offrait ces caractéristiques.

Il soulevait cependant d'autres interrogations à cause de l'absence de recul sur le fonctionnement des équipements solaires dans les conditions sahéliennes et à cause du manque de compétences photovoltaïques africaines, au niveau des administrations et dans le secteur privé.

Mais, si les aspects technologiques innovants qui ont concentré l'essentiel des préoccupations initiales ont été réels et dans l'ensemble bien maîtrisés, le PRS a également soulevé très tôt de nombreuses autres questions, et ouvert de nombreux chantiers de réflexions et d'actions :

- sur les relations entre les usagers, le secteur privé et les pouvoirs publics ;

- sur le rôle des usagers dans le processus de décision et de gestion des équipements ;
- sur les modalités de gestion des équipements et de la tarification de l'eau ;
- sur la valorisation des ressources financières générées.

1.1. Le contexte à l'époque de la conception du programme

En 1986, les chefs d'Etat des pays membres du CILSS (1) réunis à Praia – Cap-Vert – lancent, avec l'appui de la Commission des communautés européennes, un grand programme d'énergie solaire photovoltaïque. Les pays du CILSS qui ont subi les sécheresses de la décennie 70 et du début des années 80 ont décidé de consacrer au moins 50 % des financements disponibles au titre de Lomé III à l'amélioration de la sécurité alimentaire et à la lutte contre la désertification. Le PRS s'inscrit dans ce contexte.

Parallèlement, au milieu de la décennie 80 qui est la Décennie internationale de l'eau potable et de l'assainissement (DIEPA), la Commission européenne dispose d'une longue expérience de financement de programmes d'hydraulique villageoise. Après les programmes de puits, les forages ont fait leur apparition à la fin des années 70 et se sont multipliés pendant la décennie 80. Equipés de pompes manuelles qui fournissent moins d'un mètre cube d'eau par heure à des profondeurs pouvant atteindre 60 mètres, ces points d'eau deviennent insuffisants pour les gros villages de plus de 1 000 habitants, qui, sous le double effet de l'accroissement démographique naturel et

des flux migratoires locaux, se développent rapidement. Cette évolution amène les pays sahéliens et la Commission européenne à rechercher d'autres moyens d'exhaure, ainsi que des systèmes de maintenance plus adaptés.

Cette convergence d'orientation débouche, en 1989, sur la signature de la Convention de financement du Programme Régional Solaire entre le CILSS, agissant au nom et pour le compte de ses Etats membres, et la Commission européenne.

Cette année-là, le marché mondial du photovoltaïque est de 40 MWc, et le PRS vise à l'installation de 1,386 MWc, soit 3,5 % du marché mondial. Volontariste dans sa démarche, le Programme Régional Solaire est – et demeure à ce jour – le plus grand programme photovoltaïque réalisé en Afrique subsaharienne.

(1) Les pays membres du CILSS bénéficiaires du PRS : le Burkina Faso, le Cap-Vert, la Gambie, la Guinée-Bissau, le Mali, la Mauritanie, le Niger, le Sénégal et le Tchad.

1.2. Principaux objectifs, résultats et moyens financiers prévus

Les objectifs globaux fixés au départ du PRS consistaient essentiellement dans la lutte contre la désertification grâce au pompage de l'eau et l'amélioration des conditions de vie grâce à un début d'électrification.

En fait, la composante électrification rurale du PRS restera marginale et les objectifs spécifiques du programme seront liés à l'approvisionnement en eau :

- améliorer l'accessibilité de l'eau, en quantité et qualité ;
- améliorer les conditions économiques des villageois par le développement de ressources complémentaires (maraîchage) : il

était prévu que les pompes installées par le PRS permettraient l'irrigation de près de 300 ha de cultures maraîchères et de 100 ha de vergers ;

- réduire le temps investi dans l'approvisionnement en eau potable de plus de 1 million de personnes et ainsi faire gagner à la population féminine et enfantine 1,8 million de journées de travail liées à la corvée de l'eau.

Pour atteindre ces objectifs, le programme prévoyait :

Sur le plan des équipements :

- la fourniture et l'installation de 1 040 systèmes de pompage pour l'irrigation de cultures maraîchères et l'arboriculture, l'approvisionnement en eau potable et des usages mixtes, d'une puissance totale d'environ 1 330 kWc ;

Caractéristiques des systèmes de pompage et des systèmes communautaires du PRS

- 2 types de pompes de surface pour adaptation sur eau de surface (P1, P2)
- 4 types de pompes immergées pour adaptation sur forage (P3, P4, P5, P6)
- 2 types de systèmes d'éclairage communautaire (E1, E2)
- 1 type de réfrigérateur médical (R)
- 2 types de recharge de batteries (C1, C2)

Systèmes de pompages

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Type de pompe	Surface	Surface	Immergée	Immergée	Immergée	Immergée
Puissance (Wc)	300-400	600-700	700-800	1 350-1 450	2 300-2 500	3 500-3 900
Performance (m ³ /jour)	180	340	360	820	1 340	2 050

La performance exprimée en m³/jour correspond au débit exprimé en m³/jour multiplié par la hauteur manométrique totale (HMT). Aucune pompe P1 n'a été commandée.

(écoles, centres d'alphabétisation...), comprenant 6 réglottes fluorescentes 6-10 W, deux réglottes fluorescentes 18-22 W et un halogène 40-60 W.

Systèmes communautaires

Froid sanitaire

Système R : package de réfrigérateur médical répondant aux normes de l'OMS et comprenant un réfrigérateur de 40 litres à caisson isotherme surisolé.

Eclairage communautaire

Système E1 : destiné aux maisons et aux petits bâtiments à usage communautaire, comprenant 2 réglottes fluorescentes 6-10 W et une réglotte fluorescente 18-22 W.

Système E2 : destiné aux établissements de santé (maternité, dispensaire...) et aux gros bâtiments à usage communautaire

Chargeurs

Système C1 : destiné à charger des accumulateurs Cd-Ni, pouvant remplacer les piles sèches ordinaires R20. Comprend un panneau de 50 Wc pour charger en même temps 80 accus. Livraison de 300 accus par système.

Systèmes C2 : destiné à charger des batteries monoblocs 12 V de type automobile, pour être utilisées comme source autonome d'énergie pour l'alimentation de poste radio, TV... Comprend des modules pour environ 200 Wc et permet de charger 2 batteries de 40 Ah par jour, ou une batterie de 70 Ah par jour.

Sources : Convention de financement du PRS, Manuel de référence du PRS, CILSS.

Encart n°1

- la fourniture et l'installation de 690 équipements communautaires (recharge de batteries, réfrigérateurs et éclairages communautaires) d'une puissance totale d'environ 56 kWc.

Sur le plan des actions d'accompagnement :

- des actions de formation à destination du personnel des structures administratives nationales chargées de la maîtrise d'œuvre du programme ;

ments avec contractualisation des relations entre usagers et sociétés privées. Dès la conception du programme, il est établi clairement que les financements régionaux couvriront la fourniture et l'installation des équipements solaires et les actions d'accompagnement qui s'y rattachent. Les infrastructures d'accueil (captage d'eau, château d'eau, canalisation, systèmes de distribution...) et les autres mesures d'accompagnement (soutien institutionnel, formation, animation) sont laissées à la

Répartition des équipements entre les pays. Comparaison entre les quantités prévues à la convention de financement et les quantités effectivement installées

	Systèmes de pompage de surface		Systèmes de pompage immergé		Systèmes communautaires	
	Prévus à la Convention de financement	Installés	Prévus à la Convention de financement	Installés	Prévus à la Convention de financement	Installés
Burkina Faso	65	0	130	81	71	287
Cap-Vert	1	0	48	31	44	31
Gambie	0	0	63	50	74	57
Guinée-Bissau	0	0	53	31	40	31
Mali	35	0	191	151	45	33
Mauritanie	61	0	74	63	44	31
Niger	40	0	94	66	47	29
Sénégal	35	16	75	68	95	121
Tchad	0	0	75	70	95	24
TOTAL	237	16	803	610	690	644
En % de la Convention		7 %		76 %		93 %

Encart n°2

- des actions d'animation visant à informer les populations cibles du programme et débouchant sur la constitution des groupements de gestion des équipements solaires ;

- l'adoption, par les Etats sahéliens, d'un régime juridique d'exploitation des équipe-

charge des autorités nationales qui peuvent mobiliser les financements soit sur les ressources du Programme indicatif national (PIN) dans le cadre de la Convention de Lomé associant l'Union européenne aux Etats ACP, soit sur d'autres ressources (nationales, autres bailleurs de fonds, ONG...).

A ce titre, la contribution européenne s'est élevée à 34 MECU pour la part régionale affectée au CILSS et à un montant équivalent pour la part affectée aux différents Etats bénéficiaires.

1.3. Les réalisations du programme

Dans les faits, les réalisations du programme ont différé des prévisions initiales, et les installations ont porté quasi exclusivement sur les pompes immergées pour l'approvisionnement en eau potable. Sur les 237 pompes de surface prévues par la Convention de financement, 16 seulement ont été commandées, et les demandes de systèmes communautaires se sont fait attendre, ce qui a dénoté le faible intérêt des maîtres d'œuvre nationaux pour ce type de système.

L'encart n°2 (voir page 9) résume bien le décalage entre les prévisions de la Convention de financement et les réalisations.

Tout en ayant maintenu la puissance totale d'environ 1 330 kWc prévue initialement, le fait que le nombre de pompes installées est de 40 % inférieur aux prévisions s'explique essentiellement par :

- un surcoût dans le prix des systèmes qui a entraîné une réduction des quantités par rapport aux estimations initiales, tout en restant comprises dans le cadre des dispositions du cahier des charges des marchés de fournitures ;
- la quasi-impossibilité d'identifier, dans les zones de concentration des équipements, des sites adéquats pour accueillir des pompes de surface pour l'irrigation : ces

pompes, d'une puissance plus faible, ont été remplacées par des pompes immergées de puissance plus élevée, et donc plus chères. A budget donné, moins de pompes ont pu être commandées.

1.4. Responsabilités aux niveaux régional, national et local

Le PRS est organisé autour de trois niveaux d'intervention : régional, national et local.

1.4.1. Au niveau régional

Pour les équipements photovoltaïques, le CILSS, au sein duquel est localisée la coordination régionale du PRS, agit au nom et pour le compte de ses pays membres en tant que maître d'ouvrage. Signataire de la Convention de financement, il est aussi responsable des aspects techniques concernant les équipements, du respect des principes de base du programme et, plus généralement, du suivi de sa mise en œuvre et de son impact dans la région.

Les interlocuteurs du CILSS au niveau régional sont l'ensemble des maîtres d'œuvre nationaux, réunis une fois par an dans le cadre du comité de pilotage régional dont le rôle est essentiellement informatif et les fournisseurs d'équipements photovoltaïques dont la compétence est limitée aux pays du lot qui lui a été attribué.

Les marchés de fourniture de systèmes photovoltaïques étant régionaux, un principe de dotations en systèmes pour chaque pays, sous la forme de droit de tirage, a été adopté. Pour tenir compte des différences d'avancement du programme suivant les pays et de la date limite de passation des commandes (31 décembre 1994), ce princi-

pe de droit de tirage a été modifié et des réaffectations ont été effectuées entre pays d'un même lot tout en restant dans le cadre des variations de quantité contractuelles. Ces modifications ont été favorables aux pays où la mise en œuvre du programme était la plus avancée.

Enfin, un autre élément de la dimension régionale du programme a été le mixage entre des financements régionaux (PIR) et nationaux (PIN). Sur ce point, le PRS constituait une expérience unique (1) qui a renforcé le caractère régional du projet. Cependant, le décalage entre des équipements disponibles et des programmes d'accueil proposant des sites en nombres insuffisants, d'une part, et la faible mobilisation des maîtres d'œuvre nationaux pour trouver les ressources financières nécessaires à l'accueil des systèmes du PRS, d'autre part, a, dans bien des cas, été source de complication et de délais importants dans la mise en œuvre.

1.4.2. Au niveau national

Dans tous les pays, la maîtrise d'œuvre nationale a été confiée à l'administration en charge de l'approvisionnement en eau potable des populations rurales, soit, la plupart du temps, la Direction de l'hydraulique (2). Le choix des Directions de l'hydraulique comme maîtres d'œuvre explique, en grande partie, le recentrage des activités du PRS sur la composante "alimentation en eau potable" des populations rurales ou des gros villages. Un protocole d'exécution entre le CILSS et chacun de ses États membres précise les obligations des maîtres d'œuvre nationaux, qui sont responsables :

- de la mobilisation des ressources financières nécessaires et de la réalisation des infrastructures d'accueil ;

- de la programmation de l'installation d'équipements et de l'animation des populations cibles ;

- de la définition d'un régime d'exploitation des équipements (incitatif et viable basé sur une tarification économique de l'eau) ;

- d'un abaissement des droits de douane sur les équipements solaires pour contribuer à la promotion du solaire.

Ainsi, la responsabilité des maîtres d'œuvre nationaux couvre tous les aspects de la mise en œuvre du programme, dans le respect des engagements contractuels pris par le CILSS à travers les marchés de fournitures de systèmes photovoltaïques.

Dans certains pays, l'activité de maître d'œuvre a été déléguée en partie aux programmes d'accueil du PRS, qui disposaient d'une relative autonomie de gestion et de décision par rapport aux Directions de l'hydraulique.

Les interlocuteurs du maître d'œuvre au niveau de chaque pays sont :

- le représentant local du fournisseur de matériel photovoltaïque, qui est chargé à la fois de l'installation des systèmes solaires et de l'exécution des contrats de maintenance pour les cinq années qui suivent la réception provisoire des équipements ;

- les populations villageoises liées contractuellement aux sociétés chargées de la maintenance.

1.4.3. Au niveau local

L'installation des équipements est confiée à des opérateurs privés (représentants locaux des fournisseurs d'équipements

(1) Sous Lomé IV, de tels montages entre fonds PIR et PIN sont recherchés afin d'obtenir un plus grand engagement des pays bénéficiaires de ressources du PIR.

(2) A l'exception du Cap-Vert pour lequel c'est la division des énergies renouvelables qui était initialement maître d'œuvre national du PRS. Mais la responsabilité a été transférée en cours d'exécution à l'INGRH (Institut national de gestion des ressources hydrauliques).

solaires), à qui les usagers confient, par contrat, la maintenance.

Les usagers sont responsables de l'utilisation des pompes dans des conditions normales et de leur entretien régulier (nettoyage des panneaux et des points d'eau...); l'administration participe à la négociation des contrats de maintenance et veille au respect des engagements des différentes parties.

L'organisation des usagers varie suivant les pays. Tous ceux qui ont opté pour une exploitation communautaire des équipements – Mali, Niger, Tchad, Sénégal, Burkina Faso, Guinée-Bissau et Gambie – ont constitué ce que l'on appelle couramment des comités de point d'eau, en général un groupement d'usagers. Le CPE est responsable à la fois de l'exploitation de l'installation, du paiement des contrats de maintenance et des provisions pour renouvellement. Il a également un certain pouvoir décisionnel en ce qui concerne le prix et les modalités de vente de l'eau, l'extension du réseau et l'ajout de nouvelles bornes fontaines. Son statut est différent selon les pays. Les pays qui ont opté pour un mécanisme d'exploitation privé – Mauritanie – ou communale – Cap-Vert – ont créé une nouvelle entité au niveau local : le fermier (1). Il se charge de l'exploitation de la station de pompage et de son entretien courant, du paiement des contrats de maintenance et des provisions pour renouvellement.

(1) En Mauritanie, on parle de concessionnaire provisoire mais il s'agit de fermier.

(2) A l'exception des panneaux photovoltaïques, dont le renouvellement est du ressort de l'État, au même titre que le château d'eau, le réseau de distribution et le forage, dont les durées de vie sont voisines (de l'ordre de vingt ans).

aspects également très innovants ont suscité des réflexions, des interrogations tout au long de la mise en œuvre, sans que des réponses définitives n'y soient forcément apportées. Mais elles sont aujourd'hui au cœur de la réorganisation de l'approvisionnement en eau des zones rurales sahéliennes. Elles concernent :

- la prise en charge par les usagers des frais de maintenance et de renouvellement (2). Il passe par une tarification de l'eau sur des bases économiques et la définition d'un régime juridique d'exploitation des équipements qui soit incitatif.
- le désengagement des Etats sahéliens au profit du secteur privé local. Ce dernier devait assurer la maintenance et le service, après-vente des installations voire même l'exploitation des systèmes de distribution d'eau. Outre la réticence de certains Etats à confier ce rôle au secteur privé, le PRS a été confronté, dès son origine, à l'absence de compétences locales spécifiques dans le secteur du photovoltaïque. Le programme a donc joué un rôle important dans l'émergence de sociétés privées, sélectionnées à travers les fournisseurs d'équipements solaires. Aujourd'hui, il semble que nombreux sont les opérateurs locaux qui apparaissent sur le marché du photovoltaïque.

1.5. Une volonté d'implication des usagers et de promotion du secteur privé sahélien

A posteriori, la technologie du photovoltaïque apparaît comme l'innovation la plus aisée à maîtriser par le programme. D'autres

2. LES ENSEIGNEMENTS DU PRS

Du fait d'un ensoleillement important et de besoins énergétiques diffus qui ne peuvent pas être satisfaits par d'autres sources d'énergie, l'énergie solaire est considérée depuis longtemps comme une alternative de choix pour répondre aux besoins énergétiques de base des populations rurales sahéliennes. Pour atteindre son objectif de banalisation du solaire, le PRS a privilégié quatre types d'usages : l'approvisionnement en eau potable, l'irrigation, l'éclairage et la réfrigération.

2.1. Le photovoltaïque : une technologie appropriée au Sahel

C'est pour l'approvisionnement en eau potable des populations rurales que le PRS aura permis de mieux cerner les conditions de banalisation de l'énergie photovoltaïque et son positionnement concurrentiel par rapport aux autres types d'exhaure. Avec plus de 90 % de la puissance installée, la composante "eau potable" concentre la quasi-totalité des ressources du programme. Quant aux autres usages, leur place marginale dans le programme ne permet pas de tirer d'enseignement significatif sur les conditions appropriées pour leur diffusion élargie au Sahel.

2.1.1. L'approvisionnement en eau potable

Le PRS a touché environ 1 % des 67 000 villages des pays du CILSS, dont la population rurale est supérieure à 32 millions d'habitants. Le nombre de villages de 1 000 à 3 000 habitants équipables en pompes solaires de puissance (300 à 3 900 Wc) retenu dans le programme reste important, et les développements technologiques plus récents permettent aujourd'hui d'envisager le recours à une gamme de puissance élargie (50 - 8 000 Wc) adaptée à l'équipement de villages plus petits mais aussi plus importants.

Plusieurs études technico-économiques réalisées dans des pays du CILSS avant ou pendant le PRS, ont montré que le pompage solaire était plus rentable que le pompage diesel. Une étude récemment réalisée par la Direction de l'hydraulique du Mali établit que pour une HMT de 30 m et un débit journalier de 50 m³, le coût du mètre cube extrait par une pompe solaire est de 0,28 ECU/m³ alors que le coût de l'eau fournie par une pompe diesel est estimé à 0,55 ECU/m³, amortissement compris.

Cependant, il serait hâtif de conclure que dans tous les contextes le pompage photovoltaïque est toujours la bonne solution. Le PRS, à travers la diversité des situations rencontrées, démontre que les contextes pour lesquels le pompage solaire constitue l'option à moindre coût dépendent moins des conditions établies a priori (populations, profondeur de nappe, HMT, débit spéci-

fique...) que des conditions réelles d'utilisation (taux d'utilisation des installations, variations saisonnières, croissance de consommation...). Mais lorsque ces conditions sont réunies, le solaire offre un service hautement apprécié par les populations bénéficiaires.

Ainsi, au Tchad, à l'issue du programme, près de 200 villages ont demandé à la Direction nationale de l'hydraulique d'être équipés de pompes solaires. Et 10 % de ces villages ont déjà commencé à cotiser pour verser la "contribution initiale" demandée par le PRS avant l'installation de la pompe.

La comparaison avec le pompage manuel, sensiblement moins cher, ne se pose pas seulement en termes économiques, mais en termes de qualité de service : accès à l'eau, suppression de la corvée de pompage et des files d'attente, eau de meilleure qualité... Bien que le pompage manuel reste une source d'approvisionnement alternatif, particulièrement utilisée pendant la saison des pluies, les populations se sont montrées extrêmement sensibles à la

proximité des points de desserte du réseau alimenté par la pompe solaire : la multiplication des bornes fontaines, voire la possibilité de branchements individuels, sont des éléments importants dans l'appréciation qu'ont les populations de la qualité du service.

2.1.2. L'irrigation

L'installation de seulement 16 pompes sur les 237 initialement prévues montre clairement que l'utilisation de pompes photovoltaïques pour l'irrigation d'un petit périmètre maraîcher n'est pas une option aisée à mettre en œuvre.

Le petit maraîchage est en général le fait d'exploitants individuels ou de groupements de producteurs privés. Au Sahel, une telle activité existe, par exemple, le long du fleuve Sénégal, ou en amont des nombreux petits barrages au Burkina Faso. Mais le PRS, mis en œuvre par les Directions de l'hydraulique chargées essentiellement de l'approvisionnement en eau potable, est un programme d'investissement public qui vise à satisfaire des usages collectifs.

(1) Dans bien des cas, la durée de vie retenue dans les études est égale à vingt ans, ce qui est d'ailleurs la durée garantie actuellement par certains fournisseurs.

De multiples paramètres pour cerner les domaines de pertinence du photovoltaïque

Suivant les cas, le solaire est en concurrence avec d'autres sources énergétiques. De nombreuses analyses technico-économiques ont cherché à cerner le domaine de pertinence du solaire photovoltaïque (1). Les études de définition du PRS n'ont pas échappé à cet exercice. Étant donné les incertitudes et les imprécisions sur les paramètres de l'analyse, elles doivent être maniées avec précaution. Du fait de la durée de vie du photovoltaïque, l'évolution de tous les coûts (coût du renouvellement, durée de vie des équipements, parités monétaires pour les composants importés, taxes douanières et fiscales...) est difficile à prévoir. Elle détermine pourtant le coût du service rendu, qu'il s'agisse d'un mètre cube pompé ou d'une heure d'éclairage. L'analyse technico-économique ne fournit qu'une réponse partielle pour estimer le marché du solaire. Celui-ci dépend de

paramètres moins faciles à quantifier, comme la capacité de financement des populations qui est fonction de leur pouvoir d'achat mais peut être accrue par l'accès à un crédit adapté (microfinance). Il dépend également de leur intérêt à payer pour le service proposé, intérêt qui n'est pas seulement lié à des critères objectifs (coût du service comparé à d'autres sources, impact sur la santé...) mais également à la perception que les usagers ont de ce service. Enfin, il dépend de l'existence, ou non, de sources concurrentes. C'est typiquement le cas pour l'approvisionnement en eau potable où l'on constate une diminution des consommations à la pompe solaire pendant la saison des pluies du fait d'une plus grande disponibilité d'eau aux points d'approvisionnement traditionnels (puits, marigots...).

Encart n°3

Les systèmes communautaires au Burkina Faso

Le Burkina Faso est le seul pays à avoir commandé un nombre significatif de systèmes communautaires : 287, soit près de la moitié des systèmes du programme ! Ceux-ci équipent 62 centres permanents d'alphabétisation et de formation (CPAF) et 70 formations sanitaires telles que des centres de santé primaire et des maternités. Les systèmes ayant été réceptionnés entre juin 1996 et 1997, le recul est aujourd'hui insuffisant pour tirer des enseignements.

Sahel Energie Solaire, l'opérateur privé burkinabé chargé de la maintenance, a établi une grille de coût beaucoup plus attractive que dans les autres pays : 40 000 FCFA/an pour un système

(éclairage ou réfrigérateur), 80 000 FCFA/an pour deux et 120 000 FCFA/an pour trois ou plus.

La viabilité financière d'un tel montage semble possible pour les formations sanitaires qui disposent de ressources suffisantes dégagées par la vente de médicaments et les prestations médicales. Il faut encore qu'elles budgétisent chaque année le coût du contrat de maintenance, et effectuent les provisions nécessaires au renouvellement des installations.

Pour les centres d'alphabétisation, dont le budget de fonctionnement est aléatoire (location des équipements, champs communautaires...), la viabilité est plus incertaine.

Encart n°4

De là résulte en grande partie la réticence de tous les pays, Sénégal excepté, à développer cette composante du programme.

Aujourd'hui, pour les 16 pompes installées au Sénégal, le recul est insuffisant pour conclure à leur viabilité, et pour tirer des enseignements sur le potentiel du pompage solaire appliqué à l'irrigation. Mais la pertinence de cette technologie n'est pas remise en cause pour les faibles hauteurs de pompage (HMT < 15 m), les petites surfaces (inférieures à 2 ha) et les cultures à forte valeur ajoutée (maraîchage, arbres fruitiers...), lorsque le marché se situe à une distance raisonnable.

2.1.3. Les besoins domestiques : éclairage et audiovisuel

Un système comprenant un panneau, un régulateur et une batterie fournit suffisamment d'énergie pour satisfaire les besoins en éclairage et faire fonctionner une radio ou un poste de télévision d'un ménage rural sahélien. Si des modalités de paiement adaptées sont proposées avec des mécanismes de microcrédit appropriés, ce système est accessible pour un nombre croissant de ménages ruraux (5 à 20 % environ), en le comparant

aux dépenses courantes en piles, pétrole lampant et bougies. Il offre, en outre, un service de bien meilleure qualité. Il s'agit vraisemblablement, à moyen terme, du principal marché commercial du photovoltaïque en Afrique subsaharienne, et plus généralement dans les pays en développement.

Les systèmes d'éclairage et de recharge de batteries du PRS proposent une gamme assez complète des services d'électrification rurale à base de photovoltaïque : chargeur d'accumulateurs substituables aux piles sèches ; recharges de batteries automobiles, systèmes individuels et communautaires d'éclairage. Le PRS, programme d'investissement public, a opté pour une installation de ces systèmes dans des lieux publics : dispensaires, maternités, écoles et centres d'alphabétisation. Mais ces établissements sortent du domaine de compétence des Directions de l'hydraulique, maîtres d'œuvre nationaux. De ce fait, et faute d'une claire responsabilité institutionnelle, leur prise en charge par les structures qui en bénéficient a rarement été effective. Cette situation, si elle ne trouve pas de solution rapidement, hypothèque la viabilité de ces systèmes. De ce fait, le PRS a peu contribué à la diffusion du solaire pour les usages domestiques d'éclairage et d'audiovisuel au Sahel (voir ci-dessus encart n° 4).

2.1.4. La réfrigération

Les systèmes photovoltaïques se substituent avantageusement aux traditionnels réfrigérateurs à pétrole ou gaz. Il s'agit là plutôt d'une niche de marché, mais à très forte valeur ajoutée du fait des besoins en froid pour la conservation des vaccins et médicaments dans les dispensaires ruraux.

Ce marché est réel, dès lors qu'il s'intègre dans les politiques nationales des ministères de la Santé, et donc dans les budgets de fonctionnement des centres de soins ruraux (dispensaires, maternités...). Ceux-ci, s'ils suivent les principes de l'initiative de Bamako (1), disposent d'un budget de fonctionnement suffisant pour couvrir les charges d'entretien.

(1) L'initiative de Bamako vise à amener les dispensaires à facturer leurs prestations (consultations, soins...) à un taux permettant de dégager les ressources pour couvrir leurs charges de fonctionnement.

2.2. Le cas particulier du pompage solaire

Critères démographiques, critères socio-économiques et critères hydrogéologiques ont permis de sélectionner les villages destinés à recevoir une pompe solaire, et de retenir parmi six systèmes différents ceux les plus à même de rendre le meilleur service. Testés, réceptionnés et, pour certains d'entre eux, suivis en continu, les systèmes ont bien répondu aux performances annoncées par les constructeurs.

Le choix des sites à équiper, puis la sélection du type de pompe de la gamme du PRS la mieux adaptée à chaque village ont été des phases clés de la mise en œuvre du programme.

Le type de pompe retenu pour chaque village conditionne le service d'approvisionnement en eau fourni aux populations qui sont très sensibles à la qualité de ce service : accessibilité à l'eau, variations saisonnières, qualité de l'eau, etc. La sélection des villages ainsi que des équipements à y

installer conditionne, à plus d'un titre, la viabilité des équipements installés puisque le coût des contrats de maintenance et de la provision pour renouvellement dépendent du type d'équipement retenu.

2.2.1. La démarche pour la sélection des villages

Les forages, équipés de pompes manuelles, fournissent de 1 à 6 m³ d'eau par jour. Ce système de pompage est adapté aux petits villages de 200 à 500 habitants, dont les habitations sont peu éloignées les unes des autres et dont la cohésion sociale est assurée.

Avec l'accroissement démographique et les flux migratoires locaux et même régionaux, le nombre de villages de 500 à 5 000 habitants s'est multiplié rapidement. Leur approvisionnement en eau par des forages équipés de pompes manuelles devient coûteux, car le nombre de forages à réaliser augmente. De plus, le service fourni est peu attrayant, particulièrement pour les femmes et les enfants : effort de pompage, file d'attente, éloignement des habitations...

Le système photovoltaïque, qui permet d'obtenir des débits nettement plus importants et alimentant un ou plusieurs points de distribution publics, apparaît alors comme l'option offrant un bon rapport coût/service.

Cependant, le seul critère démographique est trop réducteur pour décider d'équiper un village d'une pompe solaire, et le PRS a élaboré une démarche d'identification, de sélection et de dimensionnement de l'équipement de pompage plus complète.

Au niveau du village

La démarche adoptée pour identifier les villages éligibles répondait à la fois à des critères socio-économiques et hydrogéologiques.

Critères socio-économiques

- engagement de la collectivité pour accueillir les équipements en prenant en compte les avantages/contraintes des systèmes du PRS ;
- besoins objectifs réels et manque d'alternative d'approvisionnement en eau pour l'alimentation des populations et éventuellement du bétail ;
- capacité organisationnelle (existence d'un comité de point d'eau, habitude de systèmes de cotisation, habitude de s'organiser en association ou groupement...);
- capacité financière suffisante pour couvrir les charges d'exploitation, de maintenance et de renouvellement (revenus propres suffisants et sûrs, systèmes d'épargne-crédit, soutien de populations émigrées...).

Critères hydrogéologiques

- débit du point d'eau : les équipements du PRS devaient être installés, en priorité, sur des points d'eau existants de débit supérieur à 5 m³/heure ;
- capacité de recharge de l'aquifère, évaluée après un pompage d'essai de longue durée corrigé en tenant compte de la pluviométrie moyenne.

Au niveau national

La seule contrainte concernait la localisation des villages dans les zones dites de concentration. Il s'agissait, au début du PRS, exclusivement des zones des projets de développement rural financés par le 6^e FED (Fonds européen de développement). En fait, devant l'impossibilité à identifier suffisamment de sites dans ces zones de concentration ou devant l'insuffisance des ressources finan-

cières disponibles, d'autres programmes d'accueil ont été retenus : financement du 7^e FED, d'autres bailleurs de fonds, et dans certains cas d'ONG.

Dans les faits

Le processus de sélection de site est une démarche qui vise à l'adéquation entre un village, avec ses caractéristiques socio-économiques et hydrogéologiques, et un type de pompe. Cette démarche complète a été rarement suivie dans son intégralité par les équipes nationales et dans les trois pays – Burkina Faso, Mali, Sénégal – où une évaluation de l'impact local des pompes solaires a été réalisée, les conclusions sont identiques : les populations ont été insuffisamment impliquées dans le choix du type de pompe et du type de réseau (localisation et nombre des points de distribution). De plus, il est important de souligner que bon nombre d'administrations nationales des pays bénéficiaires ont commandé des systèmes dans le but de consommer des dotations qui leur avaient été initialement allouées par le CILSS sans se soucier de la démarche préalable de sélection des villages. Par ailleurs, pour éviter essentiellement le risque de surdimensionnement des équipements solaires (entraînant des coûts de maintenance et de renouvellement excessifs), le dimensionnement des pompes installées a fait l'objet d'une grande attention de la part du programme.

2.2.2. La méthode de dimensionnement des systèmes

Le dimensionnement des équipements, ou plus exactement le choix pour chaque village d'une pompe parmi la gamme du PRS, a été du ressort des maîtres d'œuvre nationaux. Pour les aider dans cette démarche, et standardiser l'approche, la

Le dimensionnement des pompes immergées

Principe de base du dimensionnement : détermination des paramètres de fonctionnement

Le dimensionnement d'une pompe photovoltaïque pour un site donné a pour but de déterminer le système qui fournira la quantité d'eau nécessaire estimée, d'une part, avec le meilleur rendement possible afin de minimiser la taille du générateur photovoltaïque, et, d'autre part, en se calant le plus près des besoins en eau, c'est-à-dire sans gaspillage par excès de pompage, ni pénurie. Pour choisir la pompe adaptée au besoin estimé, deux paramètres primordiaux doivent être calculés : le débit de pompage horaire requis et la hauteur manométrique totale.

Le débit horaire est calculé à partir des besoins journaliers en eau. Comme le débit d'une pompe solaire est variable au cours de la journée, sur 8 à 9 heures de fonctionnement environ, on considère que l'eau pompée sur une journée solaire est équivalente à un pompage moyen à débit constant sur 6 heures.

La hauteur manométrique totale (HMT) qui correspond à la hauteur équivalente d'eau à relever (voir graphique n° 1) est la somme de :

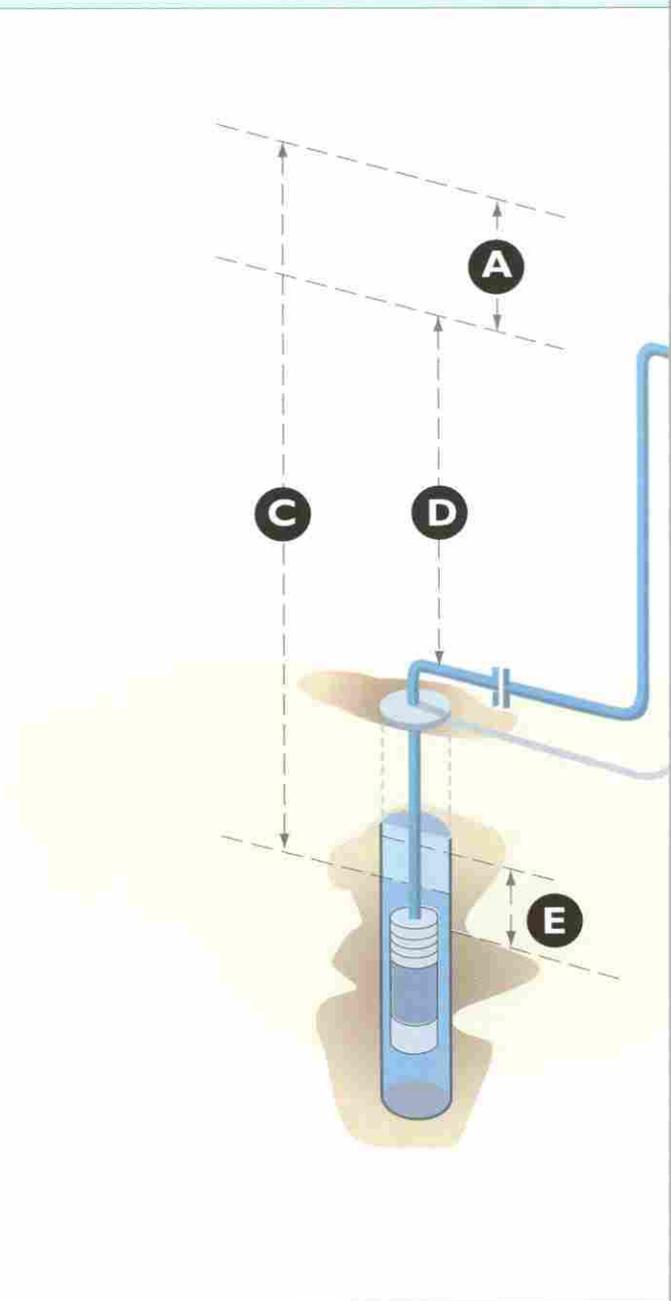
- la hauteur entre le niveau de l'eau dans le forage et le haut du réservoir de stockage ;
- la hauteur de rabattement : dans un forage, l'eau pompée n'est pas renouvelée immédiatement et la différence de niveau d'eau par rapport au niveau avant pompage (niveau au repos ou niveau statique) est appelée rabattement ;
- les pertes de charge dans les canalisations, qui correspondent aux résistances que subit l'écoulement de l'eau le long des parois, au passage des coudes, des vannes, etc. On prend en compte ces pertes de charge en les transformant en une hauteur d'eau supplémentaire à relever.

Les difficultés techniques du dimensionnement

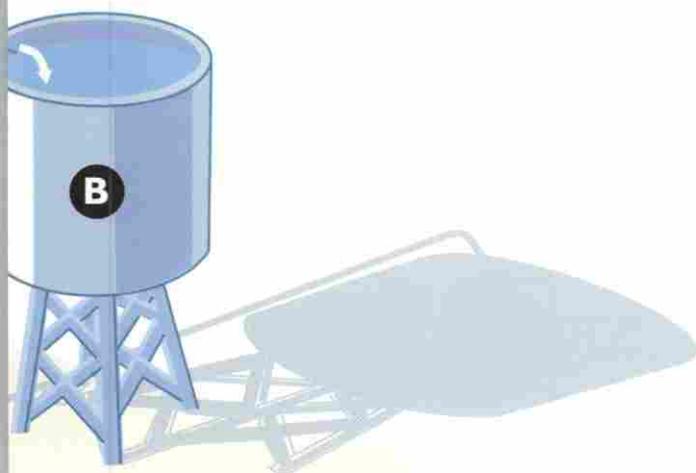
On voit que la HMT dépend directement des caractéristiques du forage et du débit appliqué à ce forage (en effet, le rabattement dépend de l'alimentation de ce dernier par la nappe). Par ailleurs, le groupe électropompe a, quant à lui, des caractéristiques mécaniques et électriques propres qui font que la hauteur d'eau à relever impose un débit à la pompe. Toute la difficulté

du dimensionnement vient de cette interdépendance de la HMT à la fois avec le débit du forage, et avec la pompe.

Dans chaque site à équiper, l'équation du forage liant HMT et débit est déterminée à partir des mesures de pompage effec-



tuées in situ sur le forage. Ces mesures sont par ailleurs indispensables avant toute installation de système de pompage pour connaître la capacité de ce forage, en particulier le débit maximal admissible sans assécher le forage et mettre la pompe hors d'eau.



- A : Perte de charge**
- B : Volume du réservoir**
- C : Hauteur Manométrique Totale (HMT)**
- D : Hauteur du réservoir**
- E : Rabattement**

Graphique n°1

Le PRS disposait d'une gamme de systèmes couvrant la zone de pompage caractérisée par des HMT de 0 à 75 m et des débits journaliers allant jusqu'à plus de 125 m³. Chacune des pompes de cette gamme correspond à une zone de fonctionnement optimal et leur courbe spécifique de débit en fonction de la HMT est connue (voir graphique n° 2).

Des méthodes de calcul itératives permettent de déterminer le point de fonctionnement commun débit-HMT à la pompe et au forage le plus proche du débit requis et d'en déduire la pompe s'adaptant le mieux aux caractéristiques du forage. Le PRS a opté pour une méthode graphique pour trouver le point optimal de fonctionnement correspondant aux besoins à satisfaire, elle permet de visualiser le fonctionnement de la pompe, la réponse du forage au pompage et l'adéquation au site de la pompe choisie.

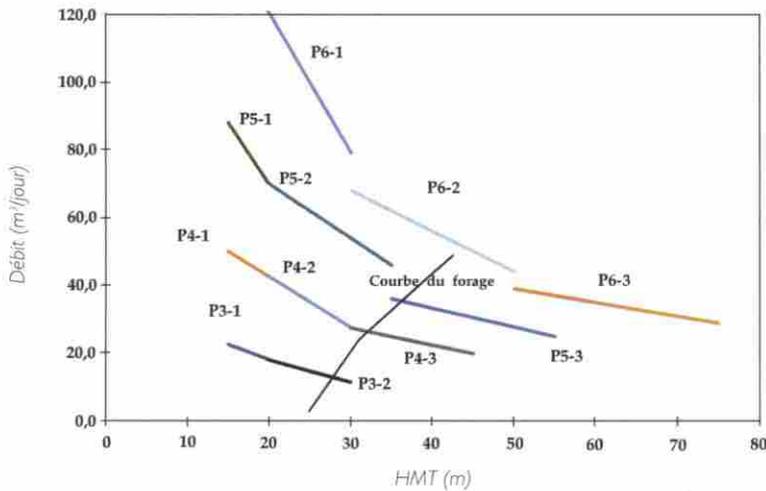
Les détails de la méthode graphique

Cette méthode consiste à reporter sur un même graphe, d'une part, les courbes de fonctionnement débit-HMT des pompes de la gamme en question et, d'autre part, la courbe de débit-HMT du forage. Cette dernière est tracée à partir de l'équation liant débit et HMT établie au cours des tests sur le forage : elle représente la réponse du forage au pompage. A chaque débit appliqué au forage correspond une HMT imposée par le forage et inversement. Les calculs de la HMT dépendent du niveau d'eau dans le forage au départ (ou niveau statique). Ce dernier étant variable suivant les saisons, on prend ici le niveau de fin de saison sèche (niveau d'étiage). C'est le cas le plus défavorable pour le pompage car l'eau est au plus bas avant que les pluies réalimentent la nappe, la HMT est donc maximale. Le point correspondant au débit requis est également tracé sur cette courbe.

Le point d'intersection entre la courbe de pompe la plus proche du point requis et la courbe du forage correspond au point de fonctionnement commun recherché entre la pompe et le forage. La pompe correspondant à cette courbe est alors celle qui est la mieux adaptée aux besoins et au site. Sur l'exemple illustré, pour un besoin estimé à 28 m³/jour avec une HMT de 33 mètres, la pompe retenue est une P 4-3.

Encart n°5

Courbes caractéristiques des pompes du PRS et méthode de dimensionnement graphique



Graphique n°2

coordination régionale du PRS, assurée par une cellule rattachée au CILSS, a élaboré une méthode de dimensionnement graphique facilement opérationnelle. Cette méthode, qui a été systématiquement appliquée, permet, sur le plan technique, de chiffrer avec précision le volume d'eau produit par la pompe : les études de monitoring qui ont permis de suivre le fonctionnement de 10 pompes pendant un an ont confirmé que les quantités d'eau réellement pompées étaient très proches des calculs du dimensionnement : en moyenne, l'écart est de seulement 5 %.

2.2.3. Sous et sur-dimensionnement

Si le dimensionnement a effectivement permis de sélectionner les pompes qui fournissaient la quantité d'eau la plus proche possible des besoins estimés, la consommation réelle mesurée a souvent été différente du fait de l'utilisation par les villages d'autres sources traditionnelles d'approvisionnement en eau (puits, marigots...). Par exemple, sur 7 systèmes de pompage dont le fonctionnement a été suivi pendant une année, le taux d'utilisation moyen des pompes est de 62 %, avec un minimum de 17 % et un maximum de 93 % :

- 3 pompes ont eu un taux d'utilisation supérieur à 80 % dès la première année, et, étant donné l'évolution de la consommation, elle devraient être très rapidement sous-dimensionnées ;
- 2 pompes ont un taux d'utilisation entre 50 % et 70 %, et devraient donc être utilisées de façon optimale au bout de trois à cinq ans ;
- 2 pompes sont nettement sous-utilisées (moins de 30 %) et devraient a priori le rester pendant de nombreuses années.

Cette différence entre besoins estimés et consommation réelle s'explique en partie par les hypothèses retenues pour l'évaluation initiale : les consommations quotidiennes d'eau ont été calculées sur la base de 20 litres par personne et 40 litres par tête de bétail. Or ces normes sont rarement vérifiées dans les faits. Ainsi, au Burkina Faso, la consommation constatée est seulement de 10 litres par personne et par jour. La consommation en eau potable n'est pas une donnée statique. Elle varie dans le temps, et dépend de nombreux paramètres :

- des caractéristiques de l'offre et en particulier de l'éloignement des habitations des points de distribution d'eau. Pour fournir un meilleur service, certains pays, comme la Mauritanie, ont proposé des branchements individuels ;
- de l'existence de points d'eau alternatifs. L'estimation des besoins à satisfaire devrait mieux intégrer les points d'eau alternatifs existant dans le village (pompes à moteur thermique, pompes manuelles, puits traditionnels) ;
- de la prise de conscience par les villageois de l'intérêt du service de l'eau. L'évolution de la consommation n'est pas linéaire : par exemple, pour le village de

Kain, dans le Yatenga au Burkina Faso, elle a crû de 42 % entre la première et la troisième année, avant de diminuer de 17 % l'année suivante (voir graphique n° 3). Ainsi, les premières années, les pompes sont souvent sous-utilisées par rapport à leur productible maximal. Cependant, le recul manque pour savoir si la croissance de la consommation va se prolonger au-delà des premières années ;

- de la croissance démographique du village, qui est, à long terme, un déterminant essentiel ;
- de la saison. La consommation fluctue au cours de l'année, avec un pic en saison sèche où elle peut saturer la capacité de production de la pompe, alors qu'en saison des pluies le taux de consommation est inférieur à 60 % de la quantité d'eau pompée. Par ailleurs, on constate un accroissement rapide du taux d'utilisation de la pompe qui croît d'année en année. Par exemple, pour le village de Kain, le taux d'utilisation est de 63 % la première année, puis 73 % la deuxième et 79 % la troisième.

Les maîtres d'œuvre nationaux gagneraient à suivre en continu l'évolution de la consommation et de l'utilisation de l'eau, et à mettre en évidence les variations saisonnières et le recours à des points d'eau alternatifs. Ces informations, collectées sur une période assez longue (une dizaine d'années) permettraient d'améliorer le processus de dimensionnement.

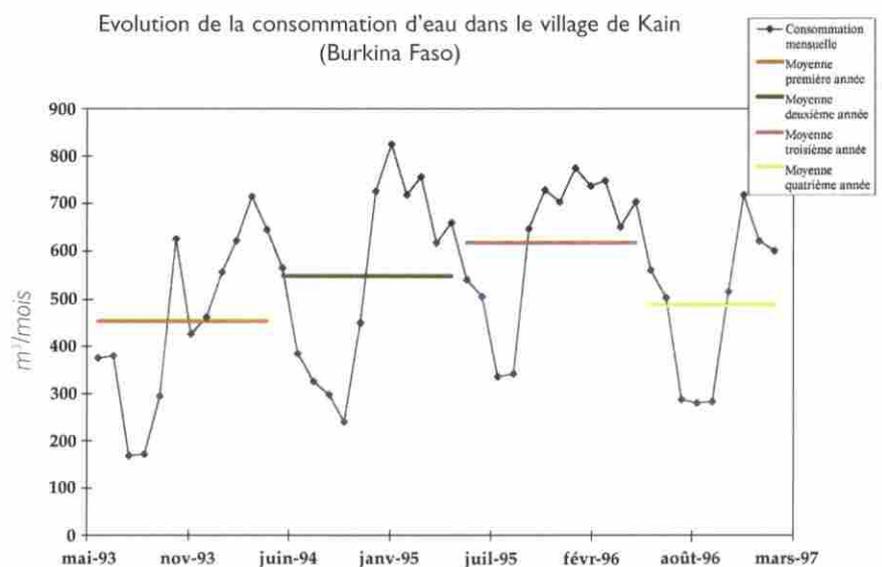
Sous-dimensionnement

Les populations sont très sensibles aux problèmes qui résultent d'un sous-dimensionnement (non-couverture de leurs besoins en eau, par exemple pour des activités de maraîchages). Le sous-dimensionnement pourrait être corrigé par l'adjonction de nouveaux panneaux, le changement de la pompe, etc.

S'il n'a pas été prévu que les systèmes évoluent au cours des cinq premières années couvertes par la période de garantie, cette évolution est techniquement réalisable. Elle mériterait d'être envisagée au-delà ; selon des modalités de financement qui restent à définir. Cela permettrait d'éviter que ne se développe une perception trop figée des systèmes photovoltaïques alors que l'un des intérêts majeurs de la technologie est bien sa modularité.

Surdimensionnement

Dans l'ensemble, une tendance au surdimensionnement a été constatée lors des dernières lettres de commande pour consommer les puissances crêtes prévues au marché. Cette constatation doit être relativisée dans la perspective de l'évolution des consommations, mais dans une proportion que l'on ne connaît pas précisément. Les populations n'ont pas conscience de l'incidence financière d'un surdimensionnement : elle est pourtant lourde de conséquence pour les villages dont la contribution financière pour la maintenance est fonction du type



Graphique n°3

de pompe qui leur a été attribuée. Le surdimensionnement pourrait être limité par des actions visant à dynamiser la consommation (extension du réseau, nouvelles bornes fontaines ou encore branchements individuels...) ou à utiliser le surplus de modules pour d'autres applications (éclairage, recharge de batterie) après avoir reconfiguré la pompe (éventuellement changé le bloc électropompe) comme cela a été envisagé en Mauritanie.

2.2.4. Typologie des villages équipés par le PRS

Cette typologie est établie à partir de la base de données du PRS, initialement conçue pour la gestion des marchés de fourniture des systèmes solaires. Dans la phase de consolidation du programme, le CILSS envisage la mise en place d'une base de données, décentralisée au niveau des Etats (administrations nationales et opérateurs privés) avec une synthèse régionale des informations, qui permettra de suivre l'évolution des différents paramètres des installations : population, réparations, paiement des contrats de maintenance, épargne, consommations, points d'eau alternatifs...

Le village type

La population du village type du PRS est légèrement inférieure à 2 000 habitants, la pompe du PRS fournit en moyenne 20,5 litres par habitant et par jour, avec une HMT moyenne de 29 mètres.

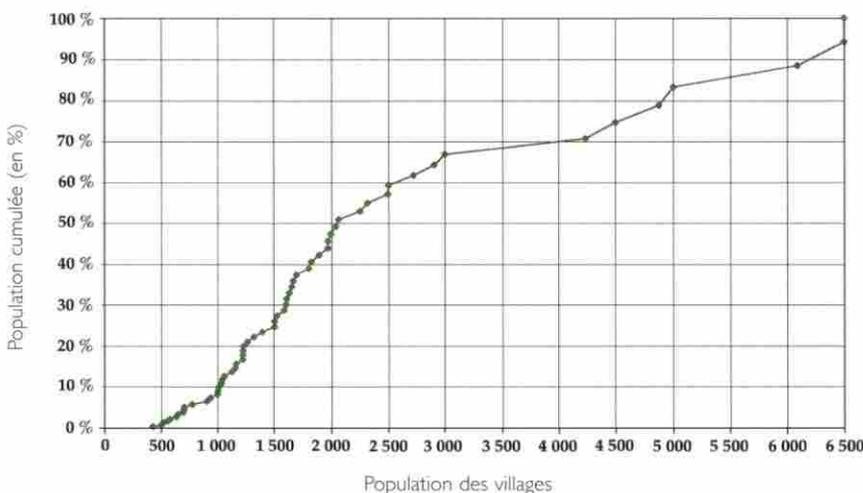
Derrière ces valeurs moyennes se cachent en fait de grandes variétés de situations qui mettent en évidence que toute la gamme des pompes immergées du PRS (voir encart n° 6) a été utilisée pour répondre à des besoins et des contextes très différents : la HMT varie de 12 à 69 mètres, et le débit fournit de 12 à 84 mètres cubes, la population des villages s'étend de 420 à 6 500 habitants (voir graphique 4).

Taille des villages équipés et débit moyen par habitant

On peut mettre en évidence trois catégories de villages :

- les villages de moins de 1 000 habitants : ils représentent seulement 10 % de la population concernée par le PRS mais 25 % des villages équipés. Dans ces villages, les pompes fournissent en moyenne 43 litres par jour et par habitant, soit un productible très nettement supérieur aux besoins des populations. Comme cela a déjà été souligné, 1 000 habitants correspond à la limite inférieure de compétitivité de la gamme des pompes du PRS. A posteriori, cela confirme l'intérêt d'étendre la gamme des pompes solaires utilisées à des plus faibles puissances, mieux adaptées à des villages de moins de 1 000 habitants ;
- les villages de 1 000 à 3 000 habitants : ils représentent 55 % de la population concernée par le programme et 65 % des villages équipés. Dans ces villages, les pompes fournissent en moyenne 25 litres

Population des villages équipés de pompes du PRS



Graphique n°4

Conditions de fonctionnement des pompes du PRS

	Débit (m ³ /jour)			HMT (m)		
	Min.	Moyen	Max.	Min.	Moyen	Max.
Pompe P3	12	24	34	15	24	35
Pompe P4	18	37	55	12	28	44
Pompe P5	26	51	77	16	31	53
Pompe P662	26	59	84	29	41	64
TOTAL	12	38	84	12	29	69

Source : d'après base de données de la coordination régionale du PRS.

Encart n°6

par jour et par habitant, soit un productible supérieur aux besoins des populations, mais qui devrait permettre de répondre à court et moyen terme à l'accroissement des besoins :

- les villages de plus de 3 000 habitants : ils représentent 35 % de la population concernée par le programme mais seulement 10 % des villages équipés. Pour ces villages, les pompes fournissent en moyenne 8 litres par jour et par habitant, soit un productible inférieur aux besoins des populations. Elles sont, de fait, un moyen d'exhaure complémentaire à d'autres moyens d'exhaure existants.

2.2.5. Débits des forages équipés de pompes solaires

Le PRS visait, en priorité, à valoriser des forages de débit supérieur à 5 m³/h en les équipant d'un moyen d'exhaure plus performant qu'une pompe manuelle. Cet objectif a été atteint : le débit moyen mesuré est de 4,8 m³/h (voir graphique n° 5). Quant aux 25 % de pompes qui fournissent un débit inférieur à 3 m³/h, deux tiers d'entre elles correspondent à des villages de moins de 1 000 habitants et le débit produit est suffisant (> 25 litres par habitant et par jour).

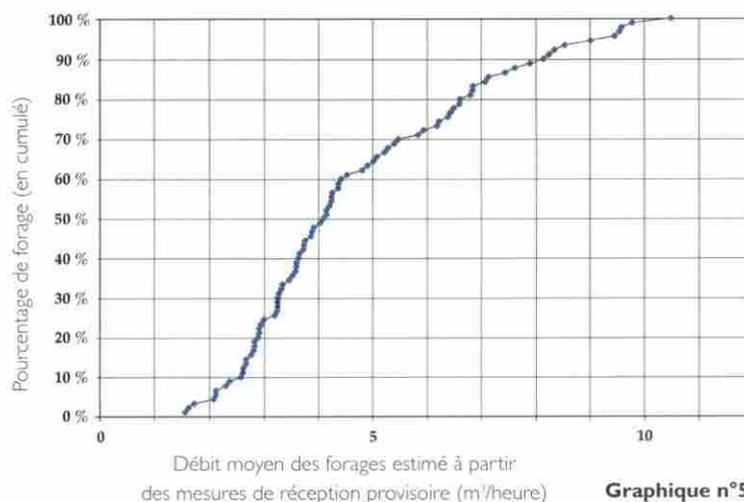
2.3. Le parti pris de la fiabilité technique

Pour réussir l'intégration des systèmes de pompage dans le monde rural sahélien, le CILSS et la Commission européenne avaient choisi d'introduire des équipements photovoltaïques qui avaient fait la preuve de leur fiabilité. Le dossier d'appel d'offres définissait une gamme de systèmes, afin de contribuer à un début de standardisation et d'éviter des fabrications spéciales.

Les promoteurs du PRS voulaient aller plus loin qu'une simple garantie industrielle (1) sur les composants des systèmes, fut-elle valable

(1) Ces garanties contre les défauts de matière, de fabrication ou de montage sont de cinq ans pour les générateurs photovoltaïques, et de deux ans pour tous les autres composants (onduleur, électropompe).

Distribution des forages en fonction du débit moyen fourni par des pompes du PRS



Graphique n°5

Tests des équipements du PRS

Les systèmes de pompage et les systèmes communautaires proposés par les fournisseurs sélectionnés suite à l'appel d'offres international du PRS ont fait l'objet de tests dans les laboratoires européens. Les adjudications définitives n'ont été prononcées qu'après les tests réalisés. L'objectif était de vérifier le fonctionnement de ces équipements : aptitude à remplir le service requis et adaptation aux conditions locales de fonctionnement, c'est-à-dire en climat tropical, dans des zones isolées et souvent d'accès difficile et en utilisation journalière. Le but recherché était également de s'assurer de la simplicité de la maintenance et de la durabilité des installations.

Quatre laboratoires ont participé aux tests de pompage : TUV (Allemagne), CEA (France), GRES (Royaume-Uni) et CONP (Espagne). Un ensemble de tests a été effectué sur un exemplaire de chacun des systèmes fournis par les soumissionnaires/adjudicataires provisoires du programme, selon un protocole d'essais établi par des experts de la Commission européenne (mai 1990). Au total, 37 systèmes (Siemens, Photowatt ou Photowatt-Total Energie) ont été soumis à ces tests.

A chaque fois, un ensemble complet de pompage, prêt à l'emploi, a été livré au laboratoire de tests : la pompe et son moteur à courant alternatif ou continu, l'onduleur pour les pompes à courant alternatif, le dispositif étanche de jonction du câble d'alimentation électrique à la pompe et tous les interfaces électriques tels que l'interrupteur marche-arrêt etc. ; plus les notices d'installation, de fonctionnement et de maintenance et l'outillage nécessaire à l'installation et à l'entretien des systèmes.

Les groupes électropompes ont été testés dans les conditions de fonctionnement sur site, en simulant une alimentation électrique par énergie solaire. Un démontage complet pour inspection clôturait les essais pratiqués sur chacun des systèmes.

Les tests ont porté sur quatre domaines différents :

- la conformité des systèmes proposés par les fournisseurs avec les spécifications techniques requises dans l'appel d'offres : ces der-

nières sont comparées aux fiches techniques des matériels. Une attention particulière a été apportée aux protections prévues contre la foudre ;

- le contrôle des performances des systèmes de pompage par rapport aux performances annoncées. Les résultats ont été dans l'ensemble satisfaisants ;

- l'examen de la documentation fournie, aussi bien pour le montage, le fonctionnement que pour la maintenance des équipements. Les résultats de cette partie des tests ont été plutôt négatifs, la plupart des notices étaient incomplètes, peu claires ou manquaient de précision notamment sur les instructions au niveau du câblage. Presque toutes les notices ont dû être améliorées ;

- enfin, une série de tests spécifiques étaient destinés à vérifier la fiabilité des équipements et l'efficacité des protections électriques des systèmes en cas d'erreur de manipulation ou de problème de fonctionnement. Ces tests étaient les suivants :

1 étude de la solidité des emballages et de leur efficacité en cas de choc durant le transport sur site. L'isolement des villages à équiper et leur accès parfois difficile augmentent les risques d'endommagement pendant le transport. Les tests ont montré que cet aspect n'avait pas toujours été pris en compte par les fournisseurs et ont été améliorés ;

2 protection des électropompes immergées en cas de pompage à sec ou de blocage de l'entrée d'eau au niveau de la crépine ;

3 protection contre tout incident électrique (inversion de polarité lors du câblage, court-circuit...) ;

4 adaptation des équipements aux conditions locales. Le comportement des parties électriques et électroniques face à des variations importantes de température et d'humidité ainsi que leur étanchéité à l'air, à l'eau et aux poussières ont été examinées. Quelques ajustements à faire sur la conception de ces éléments électriques et la fragilité de certains onduleurs ont été mis en évidence et pris en compte par les fournisseurs.

Encart n°7

plusieurs années. Cela s'est traduit, dans les dossiers d'appel d'offres internationaux, par des engagements sur les performances des systèmes. Ainsi, pour les installations de pompage, les performances initiales doivent être maintenues dans la limite d'une tolérance de 10 % sur le débit pendant les cinq

années qui suivent l'installation. Cette démarche de très forte responsabilisation des fournisseurs – au niveau de la définition des systèmes et du choix des composants (onduleurs, pompes...) d'une part, et du service fourni, d'autre part – constituait à l'époque une innovation majeure :

- pour le secteur de l'hydraulique villageoise, dans lequel aucune garantie de service n'est pratiquée ni pour les pompes manuelles ni pour les motopompes ;

- pour le secteur du pompage photovoltaïque dans lequel, jusqu'au PRS, la viabilité technique des systèmes avait souvent été constatée a posteriori mais jamais contractualisée pour une durée aussi longue.

2.3.1. Priorité à la qualité technique des systèmes solaires

Afin de valider les options techniques des fournisseurs, le CILSS a mis en place deux étapes de contrôle des caractéristiques des équipements et de leurs performances :

- avant l'adjudication définitive des marchés, des tests ont été réalisés par quatre laboratoires européens, à la fois sur les caractéristiques des systèmes et sur leur fonctionnement. Ces tests, dont le coût a été supporté par le programme, ont été réalisés dans le double objectif de contrôler les systèmes et de formuler des recomman-

dations pour en améliorer la viabilité (voir ci-contre encart n° 7) ;

- avant la réception provisoire des systèmes de pompage, une procédure de validation, in situ, des caractéristiques de fonctionnement des systèmes a été définie par la coordination régionale du PRS et appliquée par tous les maîtres d'œuvre nationaux : mesure de l'ensoleillement, de la HMT et du débit fourni, puis calcul du débit équivalent dans les conditions normales définies dans l'appel d'offres.

De plus, la coordination régionale du PRS a financé une action de suivi continu du fonctionnement (monitoring) de dix stations de pompage pendant un an (deux en Gambie, deux au Sénégal, trois au Mali et trois au Burkina Faso). L'objectif du monitoring était à la fois de vérifier les services fournis par les systèmes de pompage sur une longue période, mais également de mieux connaître leur fonctionnement suivant les variations saisonnières, et éventuellement d'y apporter des améliorations (voir encart n° 8). Le monitoring a ainsi permis de vérifier que les performances réelles des systèmes étaient

Résultats des mesures du monitoring

	Moyenne sur 10 villages
Performance système (en % des DAO)	98 %
Performance système (en % dimensionnement)	105 %
Irradiation moyenne mesurée	5,62 (kWh/m ² /j)
Rendement photovoltaïque	8,81 %
Rendement onduleur - pompe	31 %
Débit journalier moyen mesuré	23 m ³
Débit journalier dimensionnement	32 m ³
Taux d'utilisation énergétique	62 %

Source : Monitoring de 10 stations de pompage au PRS : Jambur et Dinguiril (Gambie), Worde et Thialaga (Sénégal), Sinsima, Kintieri et Nankorola (Mali), Pini, Kain et Bougounam (Burkina Faso).

Encart n°8

très voisines des performances contractuelles : 98 % en moyenne.

2.3.2. Premiers retours d'expérience sur la fiabilité des équipements solaires

Avec un recul de deux à cinq ans sur le fonctionnement des pompes, on peut aujourd'hui affirmer que les précautions techniques adoptées par le programme ont permis d'atteindre une fiabilité élevée (1).

Des taux de panne très faibles

Au Burkina Faso, le temps moyen entre intervention (*Mean Time Between Failure*) est de 4,8 années. Même si ce calcul a été établi sur un parc de pompes qui ont entre un et cinq ans de fonctionnement, il est la preuve d'une remarquable fiabilité des systèmes de pompage. Au Mali, il est de 5,5 années et en Gambie de 3 années.

Ces taux sont sensiblement plus performants que le taux de 2,4 années constaté au Mali entre 1984 et 1990 sur le parc des 116 pompes solaires dont l'entretien était assuré par la Cellule d'entretien des équipements solaires (CEES) (2). Cette amélioration de la fiabilité est certainement à mettre au crédit des choix techniques du PRS.

Un vieillissement qui n'entraîne pas d'augmentation significative du taux d'intervention

Avec les informations disponibles, il est difficile de conclure si la fréquence des pannes augmente avec le vieillissement des installations : au Mali, le taux de pannes augmente progressivement avec le vieillissement des pompes, alors qu'au Burkina Faso il semble en être indépendant. Mais pour les deux pays, la fréquence des interventions reste faible, et moins d'une pompe sur quatre nécessite une intervention chaque année.

Nature des interventions

Depuis le démarrage du programme, 103 interventions ont été nécessaires sur les pompes du Burkina Faso, du Mali et du Tchad (sur un parc de 301 pompes) et se répartissent comme suit :

- 22 changements d'onduleur ;
- 15 changements de pompes ;
- 16 changements de moteur ;
- 6 interventions liées à des vols de modules ;
- 49 interventions diverses (générateur, connexion, refoulement...).

(1) Les données sur les pannes et les interventions ne sont pas disponibles pour tout le pays. L'une des actions décidées par le CILSS pour la phase de consolidation du programme est justement la mise en place, dans chacun des États, de la collecte de ces informations afin d'approfondir la connaissance des durées de vie des systèmes installés, et, plus généralement, d'accumuler un meilleur retour d'information sur les choix techniques.

(2) "Le pompage solaire photovoltaïque : 13 années d'expérience et de savoir-faire au Mali", Direction de l'hydraulique du Mali, ministère français de la Coopération, Agence française pour la maîtrise de l'énergie, 1991.

Taux d'intervention sur les pompes du PRS au Mali et au Burkina Faso en fonction de leur durée d'installation

Année de l'intervention	Fréquence d'intervention sur les pompes		
	Mali	Burkina-Faso	Moyenne Mali + Burkina
1ère année de fonctionnement	1 %	24 %	14 %
2e année de fonctionnement	12 %	13 %	12 %
3e année de fonctionnement	17 %	16 %	17 %
4e année de fonctionnement	28 %	9 %	21 %

Encart n°9

Coût des actions de contrôle qualité

	En ECU	En % des marchés de systèmes photovoltaïques
Monitoring	190 000	0,8 %
Tests en laboratoire	336 000	1,4 %

Source : d'après la coordination régionale du PRS et fiches de suivi financier du PRS de la délégation de la Commission européenne au Burkina Faso.

Encart n° 10

Environ 45 % des interventions ont nécessité le changement d'une pièce coûteuse (onduleur, pompe ou moteur) et tous ces changements ont été effectués dans le cadre des contrats de maintenance en garantie totale qui lient les comités de point d'eau aux représentants locaux des fournisseurs.

Les pompes installées au Burkina Faso, au Mali et au Tchad ont fonctionné 6 321 mois en cumulé et ont nécessité, en moyenne, le remplacement d'un onduleur, d'une pompe ou d'un moteur toutes les 9,9 années de fonctionnement. Même si ces mesures concernent un parc de pompes relativement jeune (5 années de fonctionnement), elles mettent en évidence la grande fiabilité des pompes solaires du PRS.

2.3.3. Coût du contrôle de qualité des systèmes solaires

Si l'objectif de fiabilité technique des systèmes de pompage solaire semble avoir été pleinement atteint, il est intéressant de connaître le coût des actions de contrôle qualité financées par le projet. Le coût des tests en laboratoire reste très modeste par rapport au coût des équipements (1,4 %), et il en est de même des actions de monitoring qui n'excèdent pas 0,8 % du coût

des équipements. Sur ces aspects de contrôle qualité, la centralisation de toutes les actions au niveau régional par le CILSS a permis de substantielles économies d'échelle.

Ces éléments chiffrés confirment ainsi que le coût du contrôle qualité reste marginal, et valide ainsi la démarche technique du PRS :

- spécifications en termes de service fourni fixées par le projet ;
- conception du système par les fournisseurs ;
- contrôle de la qualité et du respect des spécifications de service par le projet.

En plus de ces actions ponctuelles de contrôle qualité, la cellule de coordination régionale du CILSS chargée de la gestion contractuelle des marchés de fourniture, et les maîtres d'œuvre nationaux, se sont assurés du respect des spécifications techniques : réception en usine, contrôle du respect des caractéristiques du matériel en cas de modification proposée par les fournisseurs, réception provisoire sur site avec vérification des performances des systèmes, etc. A partir de 1998, ils effectueront les premières mesures de contrôle des performances des systèmes après cinq années de fonctionnement.

2.3.4. Faiblesses cependant au niveau des infrastructures d'accueil

Si le CILSS s'était réservé le choix de spécifications techniques exigeantes et communes à tous les pays pour les équipements solaires, la conception et la réalisation des infrastructures d'accueil étaient laissées aux maîtres d'œuvre nationaux. De ce fait, il n'existe ni standards développés au niveau régional, ni uniformité dans les réalisations.

Les évaluations du programme ont mis en évidence que (1) :

- presque la moitié des villages du Sénégal trouvent leur réseau de distribution d'eau sous-dimensionné, trop souvent limité aux seuls quartiers anciens du village. Ce problème de desserte a un impact direct sur le taux d'utilisation des systèmes : en effet, la distance à la borne fontaine la plus proche est un des éléments clés dans le choix des villageois entre les différents points d'eau : pompe solaire, puits, forages avec pompe manuelle, marigot... Dans l'ensemble, les populations ont le sentiment de ne pas avoir été associées au choix du type de réseau, à sa localisation et au nombre de bornes fontaines ;
- de nombreux problèmes techniques (dimensionnement, conception, vieillisse-

ment...) ont été constatés sur les réseaux de distribution d'eau au niveau du réservoir ou des bornes fontaines : 15 % des villages du Sénégal ont de l'eau rougeâtre, 15 % également ont une pression trop faible ou des problèmes d'usure au niveau des vannes ou autres éléments de plomberie. Des résultats identiques ont été enregistrés au Mali, avec près de 30 % des villages présentant soit des fuites d'eau au niveau des têtes de robinet ou des problèmes d'usure de la robinetterie.

Ces problèmes ont un impact direct sur le service de l'eau proposé aux villageois et donc sur l'image d'ensemble du pompage solaire. Ils auraient pu être évités par une plus grande concertation avec les villageois sur la conception du réseau et les quartiers à desservir, une expertise technique plus rigoureuse et un contrôle plus strict des entreprises locales chargées de la réalisation. Etant donné les budgets alloués par les pays (voir chapitre 3), ces carences techniques ne sont pas liées à un manque de moyens, mais bien à un manque de réflexion dans le choix des infrastructures d'accueil et par un manque de prise en compte des spécificités du pompage solaire. Cette réflexion fait partie du programme d'activités de la cellule de coordination régionale pendant la phase de consolidation.

(1) "Évaluation complémentaire du PRS", Hydro R&D, 1996 et "Application de méthodes participatives à l'évaluation de l'impact des projets d'hydraulique villageoise, Burkina Faso, Sénégal, Mali", Particip, GmbH, 1996.

Adaptation des systèmes de stockage d'eau au Burkina Faso : les postes d'eau autonomes

Les normes usuelles de hauteur et de stockage n'ont pas été adaptées aux spécificités du solaire, et parfois les réservoirs peuvent atteindre des hauteurs de 15 mètres. Or, le stockage en hauteur accroît la HMT et, pour obtenir un même débit, cela nécessite une puissance crête supérieure. De plus, le pompage solaire se caractérise par des débits réguliers et faibles pendant la durée d'ensoleillement en comparaison du pompa-

ge par motopompe. La vitesse de l'eau dans les canalisations est donc lente, d'où des pertes de charges linéaires qui restent faibles. Partant de ces deux constatations, le Burkina Faso a conçu des postes d'eau autonomes, où le stockage est localisé à proximité des bornes fontaines avec des hauteurs d'eau de l'ordre d'un mètre, suffisantes pour assurer un débit à la consommation convenable.

Encart n°11

2.4. Le financement des systèmes solaires

2.4.1. La recherche d'économies d'échelle

A l'époque du lancement de l'appel d'offres, le marché mondial du photovoltaïque était estimé à 40 MWc, avec une production des industriels des pays membres de l'Union européenne de 14,5 MWc, soit plus du tiers de la production mondiale, (encart n°12 p 30). Avec le développement des capacités de production et la maturité des technologies, le coût de fabrication des modules photovoltaïques est en baisse régulière : de 8 ECU/Wc en 1980, il se situait à environ 5,5 ECU/Wc en 1989, et il est aujourd'hui inférieur à 4 ECU/Wc.

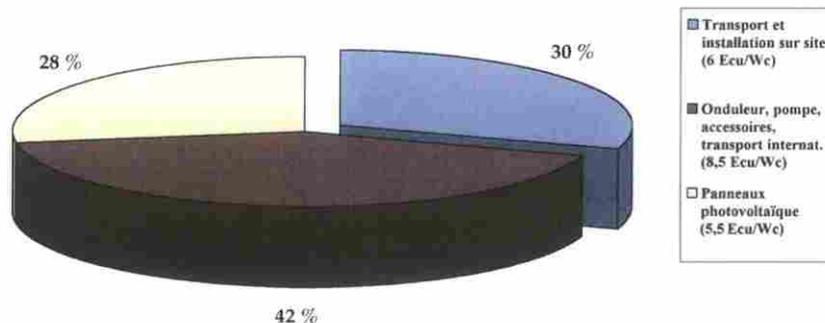
En lançant un appel d'offres pour 1,33 MWc, ce qui constituait un très important marché pour les principaux industriels européens, le CILSS et la Commission européenne souhaitaient ainsi bénéficier pleinement des effets d'économie d'échelle. Cependant, afin de ne pas créer un marché captif au Sahel pour un seul fournisseur, il fut retenu de diviser les pays du CILSS en trois lots, avec impossibilité pour un même fournisseur de se voir attribuer les trois lots :

- lot n° 1 : Cap-Vert, Gambie, Guinée-Bissau, Mauritanie, Sénégal, attribué à Siemens Solar, pour une puissance crête totale de 539 kWc ;
- lot n° 2 : Burkina Faso, Mali, attribué au groupement Photowatt-Total Energie pour une puissance crête totale de 490 kWc ;
- lot n° 3 : Niger, Tchad attribué à Photowatt pour une puissance crête totale de 228 kWc.

Le prix du watt-crête des systèmes de pompage varie suivant les types de pompes, et, de façon générale, décroît lorsque la puissance crête du système augmente.

La décomposition du prix des systèmes de pompage du PRS est représentée sur le

Décomposition du prix des système de pompage du PRS
Prix moyen pompe du PRS installé = 20 ECU/Wc



Graphique n°6

graphique n° 6, et met en évidence les trois composantes, de poids sensiblement équivalent :

- les panneaux photovoltaïques qui représentent 28 % du coût des systèmes installés (40 % hors installation) ;
- les autres composants (onduleurs, pompes et accessoires) qui représentent 42 % du coût global installé (60 % hors installation) ;
- le transport local et l'installation sur site qui représentent 30 % du coût des systèmes.

Avec un prix moyen de 20 ECU/Wc, il apparaît que l'effet escompté, obtenir une réduction des prix grâce à des économies d'échelle, ne s'est pas produit. Les prix ont même été significativement supérieurs aux estimations initiales de la Convention de financement qui étaient de 16,9 ECU/Wc, soit un dépassement d'environ 20 % en moyenne. De ce fait, les quantités initialement prévues ont dû être révisées à la baisse (20 %).

Plusieurs facteurs peuvent expliquer ces niveaux de prix plus élevés que prévu :

- des spécifications techniques très exigeantes : le choix des normes les plus exi-

Production photovoltaïque mondiale et européenne

	1989	1994
Production mondiale de modules photovoltaïques (en MWc)	40,2	69,4
dont production par des entreprises européennes (en MWc)	14,5	34,0
Principaux producteurs européens de photovoltaïque (en MWc)		
Siemens Solar GmbH (D)	7,0	13,0
BP Solar (UK)	1,4	6,1
Eurosolare (I)	0,8	3,5
ASE (D)	1,2	2,4
Photowatt (F)	0,8	1,8
Helios (I)	0,8	1,7

Source : PV News, vol.14, n° 2, 1995.

Encart n°12

geantes en matière d'équipements photovoltaïques a garanti un niveau de qualité rarement requis dans le cadre d'autres programmes (voir plus haut) ;

- une garantie système sur les cinq premières années de fonctionnement : si cette période de garantie ne pose pas de problème particulier pour les panneaux photovoltaïques, les fournisseurs ont dû provisionner pour des pièces de rechange (onduleurs, pompes...) (1) ;

- des prix fermes sur cinq années, dont la validité a été étendue à deux années supplémentaires. Cet engagement des fournisseurs à maintenir leurs prix fermes pendant une aussi longue durée, alors qu'ils ne pouvaient obtenir de leurs sous-traitants des prix fermes pour la même durée, a eu pour effet négatif d'introduire une incertitude financière importante qui a été répercutée dans les prix des systèmes du PRS ;

- des marchés gérés sur une période de dix années : le délai entre le lancement de l'appel d'offres en 1989 et les derniers paie-

ments qui interviennent fin 1997 soit une dizaine d'années, est également source de surcoûts de gestion importants pour les fournisseurs, qui les ont répercutés dans les prix des systèmes.

2.4.2. Le coût de l'investissement

Devant l'importance du budget global du PRS, la question du coût de la technologie photovoltaïque mérite d'être posée.

On estime en général que les programmes d'hydraulique villageoise avec pompe d'exhaure manuelle conduisent à un coût d'investissement de 30 à 50 ECU par habitant. Le PRS, avec 610 pompes immergées installées dans des villages en moyenne de 2 000 habitants, pour un budget global de 60 millions d'ECU (hors systèmes communautaires et pompes de surface), conduit à un coût d'investissement de 49 ECU par habitant. Si l'on ajoute le coût du forage, le coût d'investissement pour du pompage solaire est de l'ordre de 55 ECU par habitant (2), un montant légèrement supérieur à celui nécessaire pour le pompage manuel. Mais cette différence de prix est bien faible au

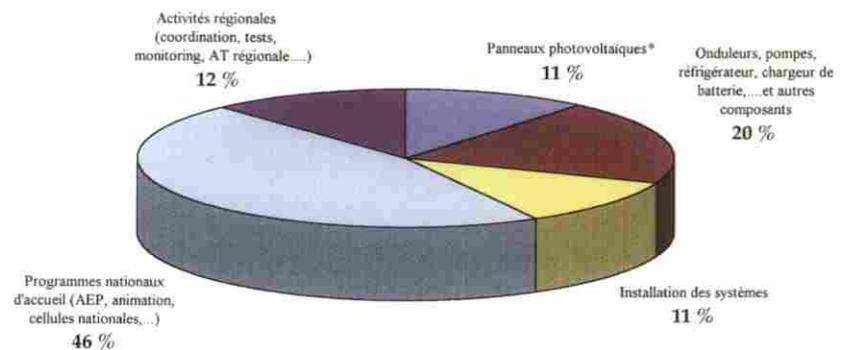
(1) Une partie de ces provisions a été supportée par le programme qui a financé un stock de pièces de rechange pour une valeur de 5 % du coût des équipements.

(2) En effet, les pompes du PRS ont été, dans leur grande majorité, installées sur des forages existants. Le coût d'un forage varie de 6 000 à 15 000 ECU, soit environ 3 à 8 ECU/habitant pour un village-type du PRS.

regard de l'amélioration du service. Le budget global du PRS tel que décomposé sur le graphique n° 7 montre que :

- 31 % des coûts concernent la fourniture des systèmes photovoltaïques et 11 % leur installation ;
 - 12 % du budget global couvrent les activités régionales (coordination, contrôle qualité, tests, monitorings...) ;
 - 46 % du budget porte sur les infrastructures d'accueil (réseau, château d'eau...) et les mesures d'accompagnement (identification, animation et organisation des usagers...).
- Ces trois derniers postes de dépenses (réseaux d'approvisionnement en eau potable, animation, installation des systèmes, identification de sites, assistance technique, coordination...) auraient été identiques ou

Décomposition du budget global du PRS (63 millions d'ECU)



*sur la base des prix du photovoltaïque en 1989

Graphique n°7

presque en cas de recours à une autre source d'énergie pour l'exhaure de l'eau, comme par exemple des petits groupes électrogènes. Ainsi, si le coût d'investissement par habitant est légèrement plus élevé pour le PRS que pour les programmes d'hydrau-

Coût des infrastructures d'accueil au Mali, au Burkina Faso et au Sénégal

L'évaluation du PRS a réalisé une analyse de la décomposition des coûts des programmes d'accueil dans trois pays (Mali, Burkina Faso, Sénégal,) qui met en évidence :

- des coûts moyens par pompe (hors coût des systèmes photovoltaïques) de 53 000 à 65 000 ECU, proches d'un pays à l'autre, ce qui correspond de 26 à 33 ECU par habitant pour un village de 2 000 habitants,
- des différences significatives au niveau du poids relatif des postes de dépense. Par exemple, le réseau de distribution d'eau varie de 38 à 61 % du budget des projets d'accueil.

	Mali (PAPS 70 49 pompes)	Burkina Faso (PDR Sissili 20 pompes)	Sénégal (Ensemble 68 pompes)	Moyenne
Assistance technique + animation + fonctionnement cellule	676 000	343 000	1 649 000	31 %
Forage et autres travaux	342 000	357 000	1 206 000	19 %
Réseau d'adduction d'eau	1 608 000	435 000	1 858 000	50 %
TOTAL	2 626 000	1 135 000	4 533 000	100 %
Coût par site	53 600	56 700	66 000	

Encart n°13

Montants inscrits à la Convention de financement du PRS

POSTES	ECU
Fourniture d'équipements	24 250 000
Formation	225 000
Information - animation	780 000
Coordination régionale	1 085 000
Assistance technique	2 390 000
Imprévus (+ ou - 18 %)	5 270 000
TOTAL	34 000 000

Source : Convention de financement du PRS.

Encart n°14

lique manuelle, ceci n'est pas tant dû au fait d'utiliser la technologie photovoltaïque, mais plus à la démarche d'ensemble du programme qui vise à promouvoir un service d'approvisionnement en eau plus performant : eau abondante toute l'année, suppression de la corvée d'exhaure, grâce à un réservoir de stockage, plus grande proximité des points de distribution et donc réseau étendu dans le village...

2.4.3. Le financement de l'investissement

Si les montants globaux en jeu pour réaliser ce programme sont importants (les financements extérieurs s'élèvent à environ 63 MECU, y compris les contributions non communautaires), les coûts d'investissement par usager se situent à un niveau voisin de celui estimé pour les programmes d'hydraulique villageoise (50 ECU par habitant environ). Compte tenu des pratiques alors admises lors de la préparation du programme, justifiées par la faiblesse des populations bénéficiaires et l'absence quasi-totale de systèmes de financement décentralisés accessibles aux populations cibles, et les incertitudes sur les coûts réels de la maintenance, le CILSS

et la Commission européenne ont préféré assurer le financement total des investissements sous réserve des dispositions prises pour s'assurer de l'engagement des usagers à financer d'abord la maintenance et le fonctionnement des systèmes mis en place, puis, dans une certaine mesure, les coûts de renouvellement.

Aussi ne sera-t-il question que des financements externes sur les ressources FED, les contributions financières des usagers étant traitées dans le chapitre 3 suivant relatif aux usagers et à leurs relations avec le secteur privé.

L'une des originalités du financement du PRS réside dans la variété des fonds qui proviennent en partie :

- du Programme indicatif régional (PIR) d'Afrique de l'Ouest, pour la fourniture et l'installation des équipements solaires et les actions d'accompagnement qui s'y rattachent (tests, cellule régionale...);
- des Programmes indicatifs nationaux (PIN) ainsi que d'autres bailleurs de fonds et ONG au niveau de chaque pays, pour les infrastructures d'accueil (captage d'eau, château d'eau, canalisation, systèmes de distribution, branchements particuliers, bornes fontaines) et les mesures d'accompagnement. Ce mixage des fonds a rendu plus difficile le suivi de l'exécution financière du programme, et a souvent été source de manque de coordination entre l'installation des pompes et la réalisation des infrastructures d'accueil. Mais la contribution nationale a également eu pour conséquence une plus forte appropriation de l'approche du PRS par les différents pays.

Les fonds régionaux

Les fonds régionaux, sous la forme d'une aide non remboursable de la Commission

européenne, d'un montant de 34 millions d'ECU, couvrent les équipements photovoltaïques et des actions régionales d'accompagnement (formation, information-animation, coordination régionale, assistance technique).

Les montants inscrits à la Convention de financement ont été dépassés pour la quasi-totalité des postes. Ces dépassements ont été imputés sur les imprévus dont l'importance avait été justifiée lors de la définition du projet par les incertitudes sur les prix des équipements et par une provision en cas de sécheresse prolongée. Si le budget alloué aux équipements solaires a été respecté au prix d'une réduction des quantités commandées, les différences constatées entre les prévisions et l'exécution sur les postes de la Convention de financement sont principalement dues à une extension de la durée du programme. Celle-ci a entraîné une prolongation des activités de coordination : initialement budgétées pour quatre années elles auront en fait fonctionné plus de huit. Dans une moindre mesure, les autres dépassements budgétaires sont dus à des actions sous-évaluées (tests en laboratoire, monitoring, évaluation...), et, de

façon plus marginale, à des actions non prévues.

Les fonds nationaux

Les fonds nationaux proviennent essentiellement des ressources allouées par la Commission européenne aux pays du CILSS dans le cadre des accords de Lomé, mais également dans certains cas d'autres organismes de coopération (aides bilatérales). Ils couvrent les infrastructures d'accueil (réseau de distribution, réservoirs, forages) ainsi que des mesures d'accompagnement (animation, identification des sites, dimensionnement, système de maintenance, appui institutionnel). La multiplicité des sources de financement a rendu difficile la consolidation de l'ensemble des fonds affectés au projet. Ces informations ne sont disponibles que pour cinq pays : Burkina Faso, Mali, Mauritanie, Niger et Sénégal.

En moyenne, les fonds nationaux affectés au PRS sont sensiblement équivalents aux fonds régionaux. Sur cette base, on estime que le budget global du PRS s'élève à environ 63 millions d'ECU, dont 34 millions à partir de fonds régionaux (54 %) et 29 millions d'ECU mobilisés par les Etats sahéliens sur ressources nationales (46 %).

Financements nationaux et régionaux

PAYS	Fonds régionaux (ECU)	Fonds nationaux (ECU)
Mauritanie	3 295 000	3 568 000
Sénégal	4 016 000	3 950 000
Burkina Faso	3 351 000	3 745 000
Mali	5 301 000	5 569 000
Niger	2 642 000	3 218 000
TOTAL	18 605 000	20 050 000

Source : Coordination régionale du PRS. 1 ECU = 1,88 DM = 647 FCFA

Encart n°15

3. LES ACTEURS ESSENTIELS DU PRS : LES USAGERS ET LES OPERATEURS PRIVES SAHELIENS

La pérennité des installations solaires est liée à la capacité des usagers à en assurer les charges de fonctionnement, de maintenance et de renouvellement, et à la capacité des opérateurs privés sahéliens à effectuer les travaux et les services après-vente s'y rattachant. Ces principes novateurs sont aujourd'hui adoptés comme base de tout programme d'hydraulique en zone rurale. Mais leur application au solaire, qui implique la constitution d'une épargne importante sur une longue période, demeure à ce jour une expérience unique.

3.1. Contribution financière initiale des villages

En préalable à l'installation des systèmes solaires, il avait été convenu que chaque village devait verser une contribution initiale égale à 10 % du coût des systèmes. Cette contribution, versée sur un compte bancaire mais qui restait la propriété du village, avait pour objectif de tester la volonté du village d'accueillir un système de pompage solaire, de vérifier sa capacité à en assumer les coûts associés et de constituer une première épargne nécessaire au renouvellement des équipements. Bien que

Niveau de la contribution initiale réelle des villages

PAYS	Contribution initiale en pourcentage du prix des systèmes	Montant en monnaie locale
Tchad	3 à 4 %	400 000 à 1 340 000 FCFA
Niger	Moins de 1,2 %	165 000 FCFA
Burkina Faso	Moins de 1,5 %	150 000 à 211 000 FCFA
Mali	3 à 4 %	450 000 à 1 350 000 FCFA
Mauritanie	1,5 à 2,5 %	110 000 à 180 000 UM
Gambie	2 à 3 %	12 000 à 20 000 dalasi

Source : d'après conclusions du 5^e comité de Pilotage du PRS, Bamako, décembre 1994.
Taux de change utilisés : 1 ECU = 650 FCFA = 180 UM = 13 dalasi.

Encart n°16

le principe de la contribution financière initiale des usagers ait été défini au départ, certains pays ne l'ont finalement pas appliqué (Guinée-Bissau et Cap-Vert), d'autres ont adapté les modalités au contexte local. En outre, les monnaies nationales de la plupart des pays ayant subi de fortes dévaluations (1) par rapport au franc français et au mark allemand (monnaies des marchés de fourniture des systèmes photovoltaïques), il semblait difficile de maintenir une contribution initiale à hauteur de 10 % alors que son montant avait été présenté aux villages en début de programme en monnaies locales (fortes). Ainsi, in fine, la plupart des pays ont adopté des niveaux de contribution initiale qui varient de 1 à 4 % du prix des systèmes installés.

3.2. Modalités de gestion des systèmes d'approvisionnement en eau

Suivant les pays, le mode d'organisation pour la gestion des équipements et le recouvre-

ment des recettes tirées de la vente de l'eau ont pris des formes très différentes. Deux grandes familles de modes de gestion se dégagent : la gestion par un comité de point d'eau et la délégation de gestion à une entité indépendante des usagers.

3.2.1. Exploitation et gestion par un comité de point d'eau (CPE)

Ce mode de gestion est directement inspiré de la gestion des points d'eau équipés de pompes manuelles. La constitution et le nombre de membres des CPE varient suivant les pays, et dans un même pays suivant les projets d'accueil. Ainsi, au Mali, les CPE ont souvent plus de sept membres tandis qu'en Guinée-Bissau, les membres du comité sont seulement trois.

L'analyse du fonctionnement des comités de point d'eau a fait ressortir des difficultés structurelles propres à ce mode de gestion :

- une maîtrise imparfaite des outils de comptabilité par les responsables et une

(1) À noter la dévaluation du franc CFA, à compter de janvier 1994, dont la parité avec le franc français a été divisée par deux.

Les comités de point d'eau

Le pourcentage de femmes au sein des comités de point d'eau varie d'un pays à l'autre, mais elles demeurent toujours très nettement minoritaires : au Tchad et au Mali, elles représentent moins de 10 % des CPE, au Niger environ 25 %, elles sont marginalisées en Guinée-Bissau et bien que présentes au Sénégal n'occupent aucun poste de responsabilité mais assurent seulement des tâches précises autour des bornes fontaines (hygiène, discipline).

Dans l'ensemble, les membres des comités de point d'eau sont stables : au Tchad, près de 85 % des membres actuels des CPE le sont depuis leur création ; au Sénégal, tous les bureaux des CPE sont en place depuis le démarrage du projet. Le degré d'alphabétisation des membres des CPE est un indicateur de la capacité organisationnelle et de maîtrise des différents outils de gestion. Il est, dans l'ensemble, assez élevé, ce qui est un acquis

important dans la gestion documentaire : au Niger, 40 % des membres des CPE sont alphabétisés, principalement en français ; au Mali, ils sont plus de 65 %, dont 42 % alphabétisés en français, 13 % en arabe et autant en bambara.

Les programmes d'accueil des équipements de pompage sont responsables de la formation des usagers et donc du personnel des comités de point d'eau. Les résultats de ces formations semblent être assez décevants : au Mali, 78 % des membres de CPE interrogés considèrent ne pas avoir reçu de formation adaptée à leur fonction au sein du CPE ; au Niger ils sont 66 % dans ce cas.

Sources : Études sur la valorisation de l'épargne autour des stations de pompage solaire du PRS, Semis (pays du lot n° 1) et Bera (pays des lots n° 2 et 3), 1996.

Encart n°17

tenue approximative des journaux de compte et de gestion. Dans bien des cas, le niveau de formation des responsables semble être insuffisant pour envisager une maîtrise à terme de ces outils :

- une confusion quasi systématique des responsabilités attribuées aux principaux membres du CPE, entre les fonctions d'ordonnancement et de contrôle des dépenses.

Malgré ces imperfections, ce mode organisationnel a le mérite de s'appuyer sur les structures sociales existantes du village, et, de ce fait, de bénéficier d'une légitimité réelle, qui se traduit, entre autres, par une stabilité de ses membres et de ses activités.

3.2.2. Délégation de la gestion à une entité indépendante des usagers

Pour ce mode de gestion, on trouve essentiellement deux cas de figures, avec des variantes en fonction du contexte de chaque pays :

- la délégation à un organisme de type privé : c'est, par exemple, le cas de certains villages en Mauritanie, avec la nomination d'un gérant de l'installation, seul responsable de son bon fonctionnement, et rémunéré en fonction des ventes réalisées. Dans ce schéma, la collectivité de base (mairie), se limite au contrôle de la qualité des prestations du fermier.

(1) Le terme approprié est "contrat d'affermage" dans lequel l'administration propriétaire des équipements en confie l'exploitation à un acteur privé, le fermier.

Extrait du contrat de concession (1) d'exploitation provisoire du réseau d'approvisionnement en eau potable en Mauritanie. Village de Tantane

Entre :

L'administration (Direction de l'hydraulique, commune et Moughataa), d'une part,

Le concessionnaire provisoire, d'autre part.

[...]

Article 3

Le concessionnaire provisoire est chargé :

- de l'exploitation et du fonctionnement des équipements de stockage, de protection et de distribution d'eau ;
- de la distribution de l'eau potable au niveau des points de vente individuels et publics ;
- de l'entretien des équipements et du réseau ;
- du recrutement ou du recours au service rémunéré à la tâche d'un personnel de distribution (fontainier...);
- du recouvrement de recettes de la vente de l'eau et leur affectation aux différents postes de dépense prévus.

[...]

Article 4

Le prix de l'eau est fixé à 90 UM/m³ pour les abonnés et à 100 UM au niveau des points de vente publics. Le détail est donné ci-après :

Aux bornes fontaines :

- Fût 200 litres 20 UM
- Chambre à air 15 UM
- Seau 20 litres 3 UM
- Jerrican 50 litres 7 UM

Pour les animaux :

- Camelin 10 UM
- Bovin 6 UM
- Caprin - Ovins (pour 10) 6 UM
- Ane 3 UM

[...]

Article 7

Le concessionnaire se charge de verser tous les mois :

- 9 167 UM pour la maintenance des équipements solaires ;
- 15 000 UM pour le renouvellement des équipements solaires ;
- 5 000 UM au gardien de la station de pompage ;
- 20 UM/m³ aux fontainiers (plus un fût de 200 litres/jour) ;
- 5 UM/m³ à la mairie (bornes + abonnés).

Encart n°18

Organisation de la gestion de l'eau et prix de vente de l'eau

PAYS	Organisation de la gestion pour le recouvrement des recettes tirées de la vente de l'eau	Modalité de vente de l'eau	Prix de vente de l'eau en monnaie locale	Prix du m ³ pour l'alimentation des populations
Burkina Faso	Comité villageois de point d'eau	<ul style="list-style-type: none"> Facturation au volume consommé (Sourou, Yatenga et Passoré) Cotisation annuelle (Sissili) 	<ul style="list-style-type: none"> 250 FCFA par m³ 3 500 FCFA par famille par an 	<ul style="list-style-type: none"> 0,4 ECU/m³ 0,1 ECU/m³
Cap-Vert	<ul style="list-style-type: none"> Concessionnaires privés Agence communale de production et gestion d'eau (APDA) 	Facturation au volume consommé dans les deux cas	<ul style="list-style-type: none"> 40 à 100 CUE/m³ pour les usages domestiques, 30 CUE/m³ pour l'irrigation 	0,4 à 1 ECU/m ³
Gambie	Comité villageois de point d'eau	Cotisation annuelle	50 à 125 dalasi par personne active et par an	0,13 à 0,33 ECU/m ³
Guinée-Bissau	Comité villageois de point d'eau	Cotisation mensuelle	3 000 pesos par personne par mois	0,2 ECU/m ³
Mali	Comité villageois de point d'eau	<ul style="list-style-type: none"> Quelques cas de facturation au volume consommé Cotisation sur des bases irrégulières 	Varie suivant les projets d'accueil <ul style="list-style-type: none"> 200 FCFA par famille par mois Gratuit pour usage domestique et 6 000 FCFA/an pour parcelle de 0,5 ha (zone CMDT) 	0,08 ECU/m ³
Mauritanie	Système de gestion par des concessionnaires privés	<ul style="list-style-type: none"> Facturation au volume consommé Quelques rares cas de cotisation 	75 à 100 UM/m ³	0,42 à 0,56 ECU/m ³
Niger	Comité villageois de point d'eau	Facturation au volume consommé		0,19 ECU/m ³

Suite page 38

Sénégal	Comité villageois de point d'eau	Cotisation mensuelle, sauf un cas de facturation au m ³	500 à 1 000 FCFA par famille et par mois	0,21 à 0,42 ECU/m ³
Tchad	Deux types de gestion : • gestion communautaire avec comité de point d'eau (CPE), • gestion de type semi-urbain avec un comité de gestion de l'eau (CGE)	CPE : cotisation mensuelle volume consommé, CGE : Facturation au volume consommé	CPE : 150 à 350 FCFA par ménage et par mois, CGE : 250 FCFA par m ³	CPE : 0,06 à 0,15 ECU/m ³ CGE : 0,38 ECU/m ³

Taux de change utilisés : 1 ECU = 650 FCFA = 180 UM = 13 dalasi = 21 000 pesos = 110 escudos
 Pour passer de la facturation par personne au prix du mètre cube consommé facturé, on utilise les hypothèses suivantes :
 1 famille = 8 personnes, consommation de 15 litres/jour/personne.

Encart n°19

- la délégation à un organisme de type communal : c'est, par exemple, le cas au Cap-Vert, sur l'île de Maio, où l'Agence de production et de gestion de l'eau (APDA) est responsable de l'exploitation des 13 systèmes de pompage installés sur l'île. Dotée d'une réelle autonomie financière et technique, l'APDA emploie 9 personnes.

Ce mode de gestion est particulièrement bien adapté aux villages importants (de plus de 2 000 habitants) où la distribution justifie un réseau doté de fontaines publiques ainsi que de branchements particuliers, et où le paiement de l'eau est basé sur les quantités prélevées. A bien des égards, la délégation de service à un organisme privé ou communal apparaît comme plus achevée que le mode de gestion par comité de point d'eau. Mais, faute d'un recul suffisant, les résultats constatés dans le cadre du programme ne permettent pas encore de conclure à sa viabilité à long terme. On aura tout intérêt à continuer à suivre ces mécanismes de gestion les prochaines années. Le PRS a cependant prouvé que des populations rurales pouvaient adhérer à des modes organisationnels complexes et novateurs, dès lors qu'elles y voyaient clairement leur intérêt propre. Cela s'est concrétisé par l'acceptation du principe de vente de l'eau comme le prouve l'importance des sommes mobilisées.

3.3. Modalités de paiement de l'eau

Dès les premières études (avant la dévaluation de 1994) menées sur le "dispositif financier à mettre en place pour la maintenance et le renouvellement des installations", les conditions de viabilité financière des équipements, ont été établies sur la base d'une hypothèse de vente de l'eau à 5 FCFA la bassine de 20 litres, soit 250 FCFA/m³. Il était estimé que 15 à 25 % de l'eau produite devait être vendue pour permettre d'assurer les charges de fonctionnement, et 25 à 35 % pour assurer également le renouvellement des équipements, hors modules photovoltaïques.

Le prix de vente de l'eau et les modalités de tarification ont fait l'objet d'adaptations propres à chaque pays. Essentiellement, deux types de modalités ont été retenus pour le paiement de l'eau :

- la vente au volume effectivement enlevé, mesuré à la borne fontaine en fonction du récipient de collecte utilisé, ou mesuré au compteur dans le cas de branchements individuels ;
- la cotisation mensuelle – ou annuelle – par ménage. Les bases de cotisation varient

suivant les pays : cotisation par foyer fiscal, par femme mariée, ou encore par homme adulte. Le principe de cotisation est aussi souvent adopté pour les animaux (bovin, caprin ou ovin) et pour le maraîchage.

Le prix du mètre cube facturé varie en règle générale de 0,1 à 0,6 ECU/m³. On se situe en général en dessous des prix moyens envisagés dans les études préalables (de l'ordre de 0,7 ECU/m³), principalement pour des raisons monétaires, puisque les pays ont maintenu les prix estimés en monnaie locale, alors que la plupart des monnaies de la zone ont subi une importante dépréciation depuis les études initiales. Ainsi, dans le cas du Tchad, les comités de gestion de l'eau facturent au taux de 250 FCFA/m³, soit exactement le taux initialement envisagé en monnaie locale, alors que la parité entre l'ECU et le franc CFA est passée de 1 pour 350 à 1 pour 650. Le prix réel de vente de l'eau est donc de 0,38 ECU/m³ au lieu de 0,7 ECU/m³ recommandé.

L'encart n° 19 (voir page 37-38), qui présente les différents modes de gestion, montre bien que les prix de vente de l'eau sont plus élevés lorsqu'il y a facturation du volume consommé. Ils procurent ainsi aux usagers des recettes plus importantes garantissant un meilleur recouvrement des coûts.

3.4. Maintenance des équipements solaires par les privés sahéliens

3.4.1. Principes adoptés et coûts

Dans tous les pays, à l'exception du Cap-Vert et de la Guinée-Bissau, la responsabilité de la maintenance et du service après-vente des équipements solaires installés dans le

cadre du PRS a été contractuellement confiée à des opérateurs privés pour une durée de cinq ans. Il n'est pas inutile de rappeler que, pour que la pérennité des contrats de maintenance et de service après-vente soit une réalité, ils doivent être, d'une part, financièrement supportables par les villageois, et, d'autre part, rentables pour les opérateurs privés locaux qui en ont la charge. Bien sûr, le coût des contrats dépend en premier lieu de la nature des prestations fournies par les opérateurs privés. Selon les termes de l'appel d'offres, deux types de modalités ont été envisagés pour les contrats de maintenance :

- une contribution contractuelle du fournisseur se limitant à la constitution d'un stock de pièces de rechange, utilisées en substitution des pièces défectueuses, ce stock étant la propriété de l'administration. Ce type de service concernait le Cap-Vert et la Guinée-Bissau ;

- un contrat d'entretien, rémunéré par les usagers, avec l'obligation faite aux opérateurs d'assurer l'entretien, l'approvisionnement et le remplacement de toutes les pièces défectueuses, et toute réparation pour une durée de cinq ans. Ce type de service concerne les sept autres pays – Burkina Faso, Gambie, Mali, Mauritanie, Niger, Sénégal et Tchad – et incluait les obligations suivantes :

- le maintien des performances constantes des systèmes solaires pendant une durée d'au moins cinq ans ;
- deux visites annuelles préventives ;
- en cas de problème, l'attributaire devait être à même de remettre en fonctionnement l'installation dans un délai de 48 heures, et pour cela devait ouvrir des antennes décentralisées au niveau des zones de concentration des équipements.

Sur la base des offres de Siemens (lot n° 1), Photowatt-Total Energie (lot n° 2) et

Adaptation des contrats de maintenance au contexte de chaque pays

Dans l'ensemble, les pays ont opté pour un contrat en garantie totale, tout en y apportant quelques modifications visant à alléger les obligations des opérateurs privés et, en contrepartie, à réduire le coût du service de maintenance pour le rapprocher de ce qui était estimé, en début de programme, comme la capacité financière des populations.

Au Niger, du fait de la réduction du nombre de systèmes installés et de la multiplication des zones de concentration, la suppression de l'obligation d'ouverture d'une agence dans les zones de concentration a fait l'objet en 1991 d'une négociation entre l'attributaire du marché d'équipement photovoltaïque (Photowatt), son représentant local (SNTT) et le maître d'œuvre national. Elle a été adoptée en compensation d'une réduction du coût annuel du contrat de maintenance et d'un différé d'un an du premier paiement. Pour les systèmes communautaires, le Niger jugeant le coût des forfaits de maintenance trop élevé a souhaité limiter la responsabilité de SNTT à la fourniture de pièces détachées et confier la maintenance à la Direction de la santé en charge du Programme élargi de vaccination (PEV).

Au Burkina Faso, trois zones de concentration ont été retenues au lieu de deux à l'origine : 6 systèmes ont été installés dans le Sud-Ouest (provinces de la Comoé, du Houet et du Kéné Dougou), 21 systèmes dans la province de la Sissili et 53 dans les provinces du Sourou, Yatenga et Passoré, soit au total 80 pompes installées au lieu des 163 initialement prévues. L'entreprise en charge de la maintenance, Sahel Energie Solaire (SES), a, en accord avec le maître d'œuvre national et le CILSS, ouvert des points de contact au niveau de chaque zone de concentration, tout en gardant l'engagement d'intervenir sous 48 heures à partir de Ouagadougou. Cependant, SES a récemment décidé d'ouvrir deux antennes décentralisées, l'une dans le sud-ouest du pays, à Bobo Dioulasso, et l'autre dans la pro-

vince du Yatenga, à Ouahigouya. Pour SES, l'ouverture de ces agences vise à développer une relation de proximité avec les usagers. L'entreprise espère bénéficier de cette relation à double titre, par :

- le suivi régulier des paiements de tous les comités de point d'eau : Sahel Energie Solaire estime que, si un des comités de point d'eau venait à interrompre ses paiements annuels pour les contrats de maintenance, cela aurait rapidement un effet de tache d'huile sur les autres CPE de la zone, voire du pays. Or, lorsque tous les contrats de maintenance et de service après-vente seront devenus opérationnels, les cotisations correspondront à 20 millions de francs CFA par an, soit environ 10 % du chiffre d'affaires actuel de la société ;
- la diffusion d'autres produits photovoltaïques : dans certains villages, Sahel Energie Solaire a mis à la disposition du comité de point d'eau une vingtaine de kits photovoltaïques individuels selon un principe de crédit-bail, avec transfert de propriété à l'issue de la période de paiement : versement initial de 25 000 FCFA, puis échéances mensuelles de 12 000 FCFA, pendant une période de deux années.

Au Tchad, huit villages situés hors zone de concentration, ce qui rendait les visites préventives coûteuses, se sont vu proposer un contrat tripartite les liant au prestataire de service BOK Sarl et à l'ONHPV (Office national de l'hydraulique pastorale et villageoise) selon un principe de garantie partielle, avec facturation de chaque visite.

Au Mali, la Somimad et la Direction nationale de l'hydraulique ont limité à une le nombre de visites préventives annuelles.

Encart n°20

Photowatt (lot n° 3), la définition des modalités de maintenance et de service après-vente a fait l'objet de négociations entre chaque attributaire et son représentant local, d'une part, le maître d'œuvre national agissant pour le compte des villages et le

CILSS, d'autre part. Il en a résulté des adaptations en fonction du contexte de chaque pays. Bien sûr, l'adoption de modalités de service après-vente différentes s'est répercutée dans le coût annuel des contrats (voir encart n° 20).

Le coût des contrats de maintenance varie beaucoup. Pour un même système : pour une pompe P6 (3 600 à 3 800 Wc), il est presque trois fois plus cher au Tchad (912 ECU/an) qu'au Burkina Faso (325 ECU/an). Pour un même pays : en Mauritanie, le contrat de maintenance d'une pompe P3 (700-800 Wc) est de 315 ECU/an, et le contrat de maintenance d'une pompe P6 (3 600-3 800 Wc) est de 512 ECU/an.

Trois paramètres influencent le coût de la maintenance et du service après-vente :

- les modalités du contrat : c'est-à-dire la nature des prestations fournies par l'opérateur privé en matière de maintien des per-

formances des installations et de délai d'intervention en cas de problème de fonctionnement.

Dans le cadre du PRS, les pays ont opté pour des contrats en garantie totale. Cependant, comme le PRS a financé un stock de pièces de rechange dont la valeur représente 5 % du coût des équipements, le coût actuel des contrats de maintenance ne correspond pas à "des conditions économiques normales".

Etant donné le très faible nombre de problèmes techniques rencontrés (voir chapitre 2), ce stock de pièces de rechange sera suffisant pour faire face aux problèmes rencontrés au cours des cinq premières années de fonctionnement des pompes. A cette échéance, il aura été consommé, et certains

(1) Depuis cette date, certains montants de contrat ont été renégociés. C'est par exemple le cas au Burkina Faso, où une diminution de 8 à 10 % a été décidée.

Coût annuel des contrats d'entretien et de services après-vente exprimé en ECU et en pourcentage du coût des installations

PAYS	Types de systèmes de pompage					
	Antennes décentralisées	Coût du SAV	P3 700-800 Wc	P4 1 300-1 500 Wc	P5 2 300-2 500 Wc	P6 3 600-3 800 Wc
Burkina Faso	oui	ECU/an	232	316	319	325
	réouverture	en % coût système	1,5 %	1,5 %	0,8 %	0,6 %
Gambie	non	ECU/an	359	438	491	571
		en % coût système	1,5 %	1,3 %	1,0	0,9 %
Niger	non	ECU/an	202	219	232	250
		en % coût système	0,9 %	0,7 %	0,5	0,4 %
Mali	oui	ECU/an	384	398	523	554
		en % coût système	2,2 %	1,5 %	1,3	1,0 %
Mauritanie	non	ECU/an	315	393	433	512
	en %	coût système	1,8 %	1,5 %	1,1	1,0 %
Sénégal	non	ECU/an	213	261	293	341
	en %	coût système	0,9 %	0,8 %	0,6	0,6 %
Tchad	non	ECU/an	127	333	519	912
	en %	coût système	0,7 %	1,2 %	1,2	1,6 %

Source : Conclusions du 5^e comité de pilotage du PRS, Bamako, décembre 1994. (1)

Encart n° 21

composants essentiels du système auront dépassé la moitié de leur durée de vie prévisionnelle – onduleurs en particulier. Il est difficile de prévoir si le prix actuel des contrats de maintenance et de service après-vente pourra être maintenu au-delà de ces cinq premières années. Il appartiendra alors aux autorités nationales de renégocier les contrats entre privés et villages, et de garantir les deux parties de leur bonne exécution. Cette activité de renégociation sera lancée avec l'appui du CILSS pendant la phase de consolidation du programme.

- la taille des systèmes : ramené au prix des équipements, le coût du service après-vente est proportionnellement moins cher pour les "gros" systèmes de type P6 (3 600 à 3 800 Wc) que pour les "petits" systèmes de type P3 (700 à 800 Wc). Une analyse plus détaillée montre que le coût annuel des contrats de maintenance varie de 0,4 % à 2,2 % du prix du système installé, avec une moyenne de 1,2 %. Le coût des contrats de maintenance mis en place dans le cadre du programme est significativement moins élevé que les valeurs retenues dans les études préalables qui chiffreraient le coût annuel de la maintenance à environ 3 à 4 % du coût des équipements. Cela s'explique également par le financement, à travers le programme, de la constitution du stock de pièces de rechange (voir page 41 encart n° 21).

- le regroupement des équipements dans des zones de concentration : celles-ci ont été décidées en fonction des zones de concentration des Programmes indicatifs nationaux qui ont financé, en grande partie, les programmes d'accueil. Le choix de zones de concentration reposait essentiellement sur une logique de réduction des coûts de la maintenance, avec l'ouverture d'agences décentralisées au niveau de chaque zone, financièrement viabilisées grâce aux paiements des contrats annuels

de maintenance. Or, l'ouverture de ces agences génère des charges fixes pour les opérateurs privés, et la multiplication du nombre de zones de concentration au niveau de chaque pays, qui s'est ajoutée à la réduction du nombre de systèmes installés dans chaque zone, a rendu la viabilité financière de ces agences très aléatoire. Finalement, ce principe a été abandonné dans les pays où la maintenance est assurée depuis la capitale (Mauritanie, Sénégal, Niger, Tchad).

3.4.2. Situation du paiement des contrats de maintenance

Le taux moyen de paiement des annuités des contrats de maintenance et de service après-vente varie du simple au double suivant les pays (voir encart n° 22) : seulement 45 % au Mali et 91 % au Niger, pour un taux moyen de couverture (1) des annuités d'environ deux tiers (67 %).

En fait, le taux de couverture des contrats de maintenance pourrait être sensiblement supérieur si les villages utilisaient les ressources générées par la vente de l'eau pour payer les annuités dues :

- au Burkina Faso, 87 % des villages qui ont des arriérés de paiement d'annuités du contrat de maintenance ont les ressources financières pour régulariser leur situation, ce qui porterait ainsi à 75 % le taux de villages à jour de leurs paiements du contrat de maintenance ;

- au Tchad, 44 % des villages peuvent également payer leurs arriérés d'annuités du contrat de maintenance, ce qui ferait passer à 80 % le taux de villages à jour de leurs paiements du contrat de maintenance ;

- dans de nombreux cas, les arriérés d'annuités de contrat de maintenance datent de la (des) première(s) année(s) de fonctionne-

(1) Le taux moyen de couverture est défini comme le pourcentage d'annuités payées à la société privée locale en charge de la maintenance par rapport aux annuités qui lui sont dues depuis la réception de la pompe.

Païement des contrats de maintenance et de service après-vente dans 6 pays du CILSS

	Villages à jour des paiements du contrat de maintenance	Villages avec une annuité de retard	Villages avec deux annuités de retard ou plus	Taux de couverture moyen des paiements
Burkina Faso	26 %	46 %	28 %	59 %
Gambie	44 %	34 %	22 %	72 %
Mali	21 %	60 %	19 %	45 %
Niger	77 %	21 %	2 %	91 %
Sénégal	86 %	10 %	4 %	83 %
Tchad	64 %	27 %	9 %	78 %
Moyenne	48 %	37 %	15 %	67 %

Source : Diagnostic des réalisations du PRS et définition des actions de consolidation, IED-Semis, 1997.

Encart n° 22

ment des pompes et depuis lors le village paie régulièrement. Il est très peu probable que de tels arriérés puissent être recouverts. Cette situation met en évidence que, pour la grande majorité des villages, les revenus tirés de la vente de l'eau sont suffisants pour couvrir les charges de maintenance dans les conditions fixées par le programme. En est-il de même pour couvrir les charges de renouvellement ?

3.5. Renouvellement des équipements solaires

3.5.1. Objectifs de provision pour le renouvellement des équipements

L'une des caractéristiques du photovoltaïque est d'induire des montants d'investissement plus élevés qu'un système fournissant la même quantité d'eau à l'aide d'un groupe électrogène et d'une électropompe, mais de

susciter, en contrepartie, des charges de fonctionnement moins élevées. Accumuler les provisions dès la première année de fonctionnement du système est donc une nécessité pour faire face aux charges de renouvellement des principaux composants. Dans les objectifs de provision pour renouvellement, le PRS a estimé la durée de vie des onduleurs, pompes et moteurs, à sept ans, et celle des panneaux à vingt ans. Dans les principes du programme, la responsabilité de constituer une provision pour le renouvellement des onduleurs, pièces et moteurs ainsi que pour toutes les pièces à durée de vie plus courte (robinetterie, vannes...) revient aux villages ; la responsabilité du renouvellement des panneaux, des infrastructures d'accueil (château d'eau, réseau...) et du forage, aux États.

En fonction des coûts pratiqués dans les marchés du PRS pour chaque pays et des hypothèses de renouvellement adaptées aux contextes nationaux, des différences significatives apparaissent entre pays et entre systèmes (voir encart n° 23).

Objectif d'épargne annuelle pour le renouvellement des équipements de pompage dans 4 pays

PAYS	Monnaies	Type de pompe			
		P3	P4	P5	P6
Burkina Faso	en FCFA	323 000	333 000	680 145	986 535
	en ECU	497	512	1 046	1 518
Gambie	en dalassi	7 408	9 389	10 710	12 685
	en ECU	570	722	824	976
Sénégal	en FCFA	269 855	280 603	421 652	438 400
	en ECU	415	432	649	674
Mauritanie	en UM	40 000	110 000	180 000	200 000
	en ECU	222	611	1 000	1 111

1 ECU = 650 FCFA = 1,3 dalassi = 180 UM

Encart n°23

Aujourd'hui, avec un peu de recul sur le vieillissement des équipements du PRS, on constate que les hypothèses de renouvellement fixées aux villages pourraient être révisées à la baisse sous le double effet :

- d'une durée de vie des composants qui devrait, en moyenne, être supérieure à sept ans, comme en témoignent les taux de panne constatés ;
- de la possibilité de réparer les onduleurs – changement de carte – sans qu'un remplacement ne soit systématiquement nécessaire, ce qui réduit de beaucoup le coût des réparations.

Toutefois, il n'est pas exclu qu'à l'avenir les Etats exigent des usagers une contribution substantielle pour le renouvellement de l'ensemble des installations (équipements solaires et infrastructures d'accueil).

3.5.2. Situation de l'épargne au regard des objectifs

Début 1996, le montant total épargné pour l'ensemble du PRS était supérieur à

400 000 ECU, soit environ 900 ECU par village équipé à cette date, avec un minimum de 150 ECU/village en Guinée-Bissau et plus de 1 400 ECU/village au Tchad. Mais dans ces derniers, comme la contribution initiale moyenne est de 1 180 ECU/pompe, l'épargne réelle constituée est seulement de 220 ECU.

Cependant, le montant d'épargne ne donne qu'une vision imparfaite du montant réellement provisionné pour renouvellement, à cause des arriérés de paiement sur leur contrat de maintenance. On dispose cependant pour quelques pays d'une situation nette des objectifs financiers des villages (1), qui prend en compte les charges de fonctionnement courant, la maintenance et les provisions pour renouvellement. Les résultats financiers observés sur cet échantillon de 160 villages, soit environ un quart des pompes du PRS, mettent en évidence que plus de la moitié des villages (56 %) ont mobilisé les ressources financières pour couvrir au moins les deux tiers des charges de maintenance et de renouvellement (encart n°24).

(1) Echantillon qui ne couvre que les pompes installées et réceptionnées depuis plus d'une année.

Cette observation confirme la capacité des villages à assurer ces charges financières et valide l'hypothèse du programme d'une prise en charge des coûts de maintenance et de renouvellement par les usagers. Mais cette vision moyenne masque des différences importantes suivant les pays : au Burkina Faso 75 % des villages couvrent plus des deux tiers des objectifs financiers, en Gambie seulement 17 % y arrivent. Parmi les principales raisons pour expliquer de telles différences, on peut évoquer la valeur d'usage de l'eau qui diffère suivant l'existence ou l'absence d'autres sources d'approvisionnement, mais également l'importance accordée par les projets d'accueil à la formation des usagers, et l'implication de l'opérateur privé local.

Deux questions essentielles restent posées :

- des actions complémentaires d'animation et de formation auprès des villages qui ne remplissent pas les objectifs ainsi qu'une plus forte présence à leur niveau des opérateurs privés locaux peuvent-elles avoir un impact significatif sur leur effort financier ?
- comment cette épargne évoluera-t-elle au fil des années ? Avec deux risques com-

binés : que les contributions financières des villages s'essoufflent et que l'épargne ne s'érode du fait de la dépréciation des monnaies nationales.

3.5.3. Evolution de l'épargne et risque d'érosion

Si l'épargne constituée à ce jour est une preuve tangible de la bonne intégration des systèmes de pompage dans les économies villageoises, l'intérêt villageois à continuer à alimenter cette épargne doit se prolonger dans le temps pour assurer la viabilité des équipements. Or, sur cette question, et bien que le recul soit insuffisant, plusieurs constatations montrent un certain ralentissement. Par exemple, au Mali, sur le projet d'accueil Odik (21 pompes), l'épargne était de 31,6 millions de francs CFA en mars 1995, seulement 27,8 millions en février 1996, et 29,9 millions fin mars 1997. Ainsi, entre 1995 et 1997, les sommes collectées ont tout juste été suffisantes pour payer les contrats annuels de maintenance.

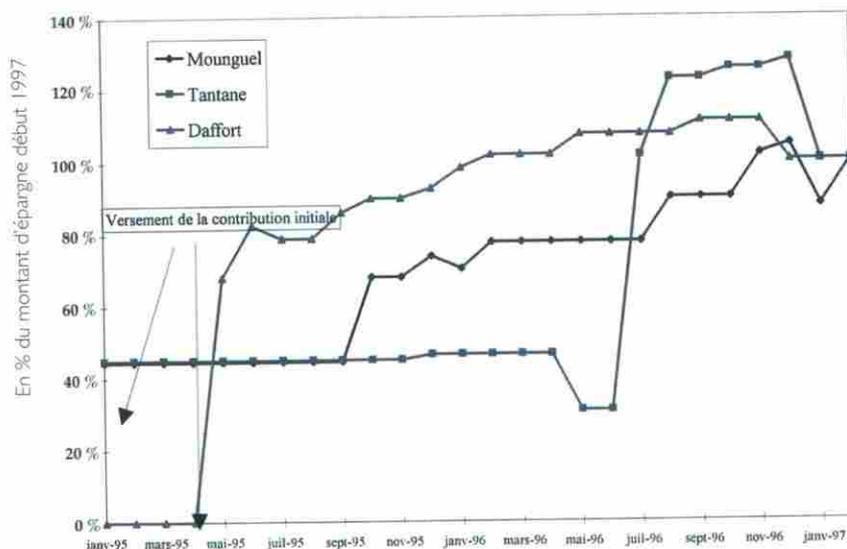
De façon générale, le comité de pilotage du PRS annonçait, fin 1994, une épargne

Répartition des villages en fonction du taux de couverture des objectifs financiers globaux (maintenance + provision pour renouvellement)

	Nombre de pompes de l'échantillon	Pourcentage de villages de l'échantillon en fonction du taux de couverture des objectifs financiers pour la maintenance et les provisions pour renouvellement			
		> 100 %	66 à 100 %	33 à 66 %	< 33 %
Burkina Faso	55	49 %	25 %	20 %	5 %
Gambie	47	6 %	11 %	17 %	66 %
Mauritanie	20	25 %	35 %	15 %	25 %
Sénégal	38	45 %	26 %	21 %	8 %
Total échantillon	160	33 %	23 %	19 %	26 %

Encart n°24

Illustration de l'évolution des comptes d'épargne dans 3 villages de Mauritanie



Graphique n°8

cumulée sur l'ensemble des pays du CILSS de 285 millions de francs CFA. Un an et demi plus tard, les résultats de l'étude sur la valorisation de l'épargne établissaient que ce montant n'était que de 268 millions de francs CFA alors que plus de 100 systèmes supplémentaires avaient été installés, confirmant ainsi cette tendance au ralentissement de la constitution de l'épargne pour le renouvellement des systèmes.

Ainsi, après une première phase marquée par la constitution rapide d'une épargne villageoise grâce, entre autres, à la contribution initiale versée par les usagers et aux premiers mois de vente de l'eau, il semblerait que les villages équipés de systèmes de pompage soient maintenant entrés dans une seconde phase d'inflé-

Erosion des monnaies des pays du CILSS

La dévaluation des monnaies des pays membres du CILSS a été forte depuis 1989, date de la signature de la convention de financement du PRS. Elle a résulté soit d'une dépréciation progressive, soit d'une dévaluation subite, comme ce fut le cas du franc CFA en janvier 1994. Au-delà de la période de garantie des équipements – cinq années –, cette érosion monétaire a un impact important sur la viabilité des mécanismes financiers établis, la plupart des composants étant importés, donc facturés en devises.

PAYS	Monnaie	Un ECU exprimé en monnaie nationale		Dévaluation par rapport à l'ECU (% par an)
		en 1989	en 1995	
Burkina Faso, Mali	FCFA	350,00	650,00	-11 %
Niger, Tchad, Sénégal				
Gambie	dalasi	8,75	13,10	-7 %
Mauritanie	ouguiya	100,00	180,60	-10 %
Cap-Vert	escudos	87,50	110,20	-4 %
Guinée-Bissau*	pesos	778,00	21 700,00	-74 %

Quant à la rémunération de l'épargne par le système bancaire, elle est dans tous les cas inférieure à la dévaluation des monnaies, avec une différence de l'ordre de 5 % par an. Dans ces conditions, et à titre illustratif, trois villages ayant épargné suffisamment pour le renouvellement de leurs onduleurs et placé cette épargne sur un compte rémunéré, ne pourront, au bout de cinq années, renouveler que deux onduleurs.

*Depuis juillet 1997, la Guinée-Bissau a adopté le franc CFA comme monnaie nationale.

chissement des recettes de vente de l'eau. Afin de mieux appréhender l'évolution de l'épargne (voir graphique n° 8), le CILSS a décidé de développer un outil informatique de suivi régulier de la situation de l'épargne villageoise, installés chez les maîtres d'œuvre nationaux et les opérateurs privés sahéliens, qui seront chargés la collecte des informations.

Risque d'érosion de l'épargne et possibilités de valorisation

La dépréciation monétaire de l'épargne constituée par les villages (voir encart n° 25) fait peser une hypothèque sur les mécanismes financiers mis en place pour assurer le renouvellement des équipements.

Pour lutter contre cette dépréciation monétaire, plusieurs possibilités de valorisation de l'épargne ont été étudiées par le CILSS. Mais la responsabilité de leur mise en œuvre est du ressort des pays et à ce jour aucun mécanisme de protection n'a été adopté. Comme les acteurs à associer à de telles évolutions sont nombreux – villages, système bancaire, maîtres d'œuvre nationaux... –, tout changement risque de prendre du temps avant d'être opérationnel.

Parmi les possibilités étudiées par le CILSS, il a été envisagé d'utiliser les fonds pour le financement d'activités selon des schémas de crédit mutualiste lorsque la gestion du point d'eau est collective, ou selon des schémas plus classiques de rentabilité financière lorsqu'elle est privée. L'épargne constituée à partir de la vente de l'eau pourrait ainsi financer des activités telles que :

- les banques de céréales ;
- la vente de bétail sur pied ou l'embouche ovine ;

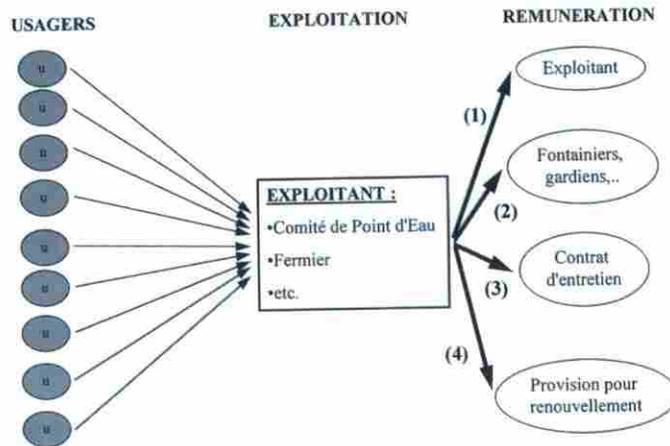
- des jardins maraîchers ;
- des systèmes de recharge de batteries...

Si ces modes de valorisation de l'épargne paraissent attractifs, leur mise en œuvre nécessiterait de prendre des précautions très sérieuses, sans oublier que les comités de point d'eau formés dans le cadre du PRS, n'ont ni savoir-faire ni maîtrise des outils financiers pour se lancer dans un système de crédit trop compliqué. Dans tous les cas, ils devraient se concevoir en collaboration avec des opérateurs spécialisés dans le crédit rural et les microfinancements.

3.6. Pérennité des schémas de maintenance et de renouvellement mis en place

La pérennisation des schémas de maintenance et de renouvellement mis en place par le programme dépend en premier lieu de la pérennité des mécanismes financiers, mais également de la pérennité de l'activité de maintenance des opérateurs privés.

Le mécanisme financier pourra être considéré comme pérenne, si, à l'issue du programme, il continue à fonctionner, c'est-à-dire que les usagers continuent à rémunérer le service d'eau, dans des proportions qui permettent de payer à la fois son fonctionnement courant (fontainiers, gardiens...), son exploitation (éventuellement gérant ou concessionnaire), son entretien (suite du contrat de maintenance au-delà de la période de garantie) et son renouvellement (à l'exception des panneaux solaires, dont l'investissement et le renouvellement sont à la charge de l'autorité publique ainsi que,



Graphique n°9

selon les pays, les réseaux et châteaux d'eau éventuels).

3.6.1. Evolution des charges d'exploitation et de maintenance

Les aspects relatifs à la capacité financière effective des populations ont déjà été traités précédemment. Comme cela est illustré sur le graphique n° 9, les fonds collectés couvrent différents types de dépenses : rémunération de l'exploitant, des fontainiers et gardiens, paiement du contrat de maintenance et provision pour le renouvellement des systèmes.

Charges d'exploitation

A l'origine, dans les villages où l'exploitation du système d'approvisionnement en eau était de la responsabilité d'un comité de point d'eau, les membres de ces comités étaient censés assurer leur responsabilité bénévolement, seuls les fontainiers étant rémunérés. Il semble maintenant acquis que les principaux membres de ces comités (président, trésorier, secrétaire)

seront rémunérés dans les années à venir. C'est en tout cas leur souhait, et une nécessité si l'on veut rendre leurs activités plus performantes et améliorer les recouvrements des paiements des usagers.

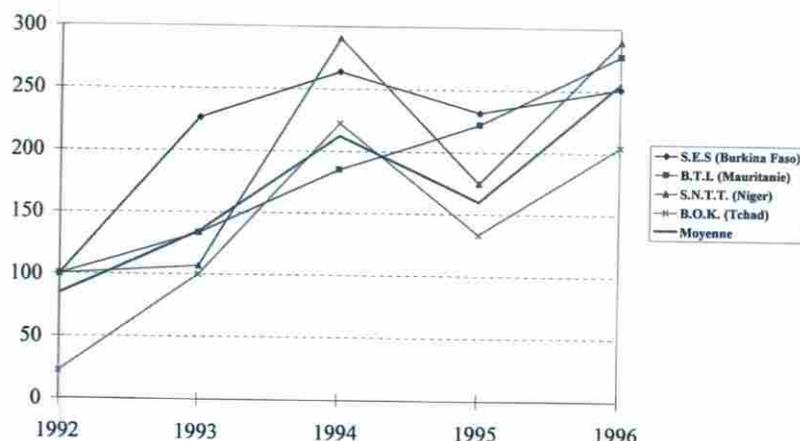
En Mauritanie, les concessionnaires se rémunèrent en théorie "en dernier", c'est-à-dire après paiement des salaires des fontainiers, du contrat de maintenance des équipements solaires et de la provision pour renouvellement.

Dans tous les cas, la couverture des charges d'exploitation ne semble pas poser de problème au regard des recettes lorsque ces dernières sont basées sur la vente de l'eau.

Charges de maintenance

Si la prolongation du contrat de maintenance des équipements solaires (panneaux, pompes, onduleurs) au-delà des cinq années initiales prévues dans les marchés régionaux apparaît comme la meilleure option, aucun pays n'a commencé à négocier les conditions et le coût de cette extension. Pourtant, à la fin de l'année 1998, 20 % des pompes seront arrivées au terme de ce contrat, et ce pourcentage sera passé à 70 % à la fin de l'année 2000. Le CILSS a prévu, au cours de la phase de consolidation du PRS, d'appuyer les Etats dans leur réflexion sur les modalités que pourrait revêtir cette extension de contrat, mais la responsabilité dans les négociations avec les sociétés locales et les fournisseurs est du ressort des Etats. Or, au-delà de cinq années, le stock de pièces de rechange financées par le projet sera contractuellement consommé. Toutes les hypothèses sont possibles : maintien du coût et du service proposé, augmentation du coût du fait de l'épuisement du stock de pièces de rechanges, ou, au contraire, diminution grâce à une négociation directe avec les sociétés locales,

Chiffre d'Affaires des opérateurs locaux du PRS dans le domaine du solaire (en millions de FCFA)



Graphique n°10

Préparer l'après PRS

Depuis fin 1994 et la signature des dernières lettres de commande, la part du PRS a commencé à diminuer dans le chiffre d'affaires des opérateurs privés sahéliens. Ceux-ci ont donc dû trouver d'autres marchés.

Ainsi, BTI, en Mauritanie, considère que le PRS n'a compté que pour environ 10 % de son chiffre d'affaires en 1996. Si tous les opérateurs privés ne sont pas dans la même situation, les plus dynamiques ont déjà démarré l'après PRS. Pour certains, cela semble passer par la diversification de leurs activités : au Cap-Vert, EPS, le représentant local de Siemens/SEEE fait de l'éolien, en Mauritanie, BTI produit des régulateurs et des réglettes – ce qui représente déjà plus de 50 % de son activité.

Si les opérateurs locaux ont la capacité de poursuivre leur activité de maintenance, leur implication effective au-delà des engagements contractuels du programme dépendra des modalités qui seront négociées.

3.7. Perspectives relatives aux modalités d'exploitation et à la maintenance des systèmes d'approvisionnement en eau

3.7.1. Quel niveau de décentralisation ?

L'analyse des relations entre les différents acteurs du programme montre que, à l'issue de la période de garantie couverte par les contrats de maintenance, la dimension régionale du programme disparaît et ce sont essentiellement des relations au niveau local et entre les niveaux local et national qui demeurent. Elles dépendent du mode d'exploitation adopté (comité de point d'eau, fermier...) mais, dans tous les cas, impliquent l'opérateur privé sahélien, sous le contrôle de l'administration nationale qui demeure, dans la plupart des pays, propriétaire de l'équipement solaire.

Mais, entre les villages et l'échelon national basé dans la capitale, les distances sont grandes et ne permettent pas un suivi régulier des installations. L'expérience du PRS montre l'intérêt d'un niveau intermédiaire "décentralisé", relais entre le local et le national. Suivant les pays, cet échelon intermédiaire varie en fonction de l'organisation de l'administration. Au Burkina Faso, il correspond au territoire couvert par les Directions régionales de l'hydraulique. Au Mali, la nouvelle politique de décentralisation rend responsables les communes (qui regroupent en général une petite dizaine de villages) des infrastructures rurales. Mais le schéma institutionnel retenu pour les adductions d'eau potable dans les centres ruraux ou semi-urbains (éligibles généralement à la technologie solaire) prévoit une cellule de conseil (organisme permanent d'audit et de

dont certaines sont à même d'assurer la maintenance avec des stocks de pièces de rechange limités. Seule la signature effective de nouveaux contrats de maintenance pour une durée prolongée au moins jusqu'à la dixième année permettrait de répondre par l'affirmative aux questions sur la pérennité du système.

3.6.2. Provision pour renouvellement

La valeur de la provision pour renouvellement a été établie en début de programme, à partir du coût des composants et de leur durée de vie. Elle est donc fixe, et indépendante à la fois du prix de vente de l'eau, du taux de recouvrement, ou encore du taux d'utilisation de la pompe. Or, dans les faits, les paiements effectués par les exploitants sont fonction des conditions d'utilisation de la pompe. La provision pour renouvellement constitue dans la plupart des cas l'élément d'ajustement du dispositif financier : elle est payée en dernier lieu, si les recettes générées le permettent.

Par exemple, au Cap-Vert, le montant des redevances que doit payer l'APDA de Maio au titre de la provision pour renouvellement de ses 13 pompes solaires a été indexé sur la quantité produite par rapport au productible théorique des pompes : si une pompe produit deux fois moins que ce qui était attendu (pour cause de consommation insuffisante ou autre raison), la provision pour renouvellement sera deux fois moindre. En Mauritanie, dans les faits, le concessionnaire ne versera la provision pour renouvellement que si les recettes le permettent et après avoir été lui-même rémunéré.

Cette façon de faire, si elle est cohérente avec le fonctionnement à court terme

(rémunération du fonctionnement et de l'entretien), pourrait remettre en cause la viabilité à long terme.

3.6.3. Pérennité des opérateurs privés sahéliens

En confiant la maintenance des installations au secteur privé, le programme a fait l'hypothèse de la pérennité de ses opérateurs privés.

Le PRS a eu un impact important sur le renforcement des compétences dans le domaine du solaire sur le développement de leurs activités. Le graphique n° 10, (page 50) qui concerne quatre sociétés locales, met en évidence que leur chiffre d'affaires dans le domaine du solaire a plus que triplé entre 1992 et 1996. En fait, cette croissance s'est surtout produite pendant les deux premières années du programme, et leur activité depuis s'est stabilisée. Si l'achèvement des installations du PRS a occasionné un ralentissement du développement voire une diminution de l'activité solaire des opérateurs privés locaux, qui reste dépendante des programmes d'investissement public, leur pérennité ne semble pas remise en cause.

La maintenance des pompes solaires : une activité non négligeable

La rémunération des contrats de maintenance n'est pas négligeable dans l'activité des sociétés locales : au Burkina Faso, elle représenterait, si tous les contrats étaient recouverts, environ 20 % du chiffre d'affaires actuel de SES, et, en Mauritanie, environ 10 % de celui de BTI.

Cette activité de maintenance constitue une excellente plate-forme pour développer de nouvelles applications commerciales (vente de kits individuels, recharges de batteries...).

conseil) pour contrôler et consulter tout autant les communes (maîtres d'ouvrage) que les opérateurs (exploitants, fermiers ou autres).

L'idée initiale des zones de concentration des équipements, qui devait déboucher sur l'ouverture par les opérateurs privés d'une base régionale dans chaque zone de concentration était un premier pas vers la constitution de ce niveau intermédiaire. Mais, à la suite de la réduction du nombre de systèmes initialement prévus, la plupart des fournisseurs ont négocié de ne pas ouvrir à leur niveau des bases régionales, qui, pour être rentables, devraient suivre un nombre plus important de sites. Sauf à changer le contenu des contrats de maintenance.

3.7.2. Redéfinir le contenu des contrats de maintenance ?

Du fait du montage des marchés, qui dissociaient la fourniture des systèmes photovoltaïques de la réalisation des infrastructures – château d'eau, réseau, bornes fontaines, branchement – les contrats de maintenance ne couvrent que l'équipement de pompage (panneaux, onduleur, électropompe). Or, pour les usagers, le service de l'eau pour lequel ils paient est un tout. Et en cas de détérioration des infrastructures ou de panne à leur niveau, le contrat de maintenance des pompes est sans effet, alors que le service de l'eau se détériore voire s'interrompt !

Cette situation est loin d'être exceptionnelle, ce qui pousse plusieurs pays à réfléchir à un regroupement des responsabilités de maintenance pour l'ensemble des composants des systèmes d'approvisionnement en eau. Certains pays vont même plus loin, comme le Burkina Faso, qui envisage d'attribuer des zones de concession à des opérateurs privés. Ces derniers seraient chargés

d'assurer la maintenance des points d'eau de la zone et de se faire rémunérer par les usagers. Une telle option aurait le double avantage de créer le niveau intermédiaire de décentralisation de la maintenance décrit précédemment, et de confier à un même opérateur privé la responsabilité de la maintenance de l'ensemble des systèmes d'approvisionnement en eau des zones rurales.

On peut même envisager, comme dans le cas du Mali, un transfert de compétence de l'Etat aux communes qui deviendraient les maîtres d'ouvrage, avec une participation contractuelle du secteur privé pour l'exploitation des systèmes (pompage, réseaux, bornes fontaines, branchements éventuels) et une responsabilisation des usagers (et notamment des femmes) pour exprimer leurs besoins. Le contrôle de la gestion par les communes et une assistance à la commune et à l'opérateur privé seraient mis en place sous forme d'une cellule de conseil aux communes, autonome, et financée par prélèvement sur les recettes des communes sur l'eau. L'Etat pourrait intervenir à travers les Directions régionales de l'hydraulique de manière informelle pour arbitrage.

4. PERSPECTIVES DU PHOTOVOLTAÏQUE AU SAHEL

L'expérience acquise, enrichie de projets mis en œuvre dans d'autres pays en développement, permet aujourd'hui de mieux cerner l'intérêt de la technologie solaire, ainsi que ses perspectives de diffusion et d'expansion au Sahel. Il reste de nombreuses actions à mener pour intégrer le solaire dans l'économie des pays et le diffuser à grande échelle. De nouveaux programmes de services et des accès faciles au micro-crédit pour la satisfaction des besoins domestiques renforceront sans aucun doute les capacités de production et la valeur ajoutée locale.

4.1. Intégration dans les politiques sectorielles nationales

4.1.1. Le solaire au Sahel, sur quel segment de marché ?

La seule composante du programme qui visait à mettre le solaire au service de la production – le maraîchage – a finalement été abandonnée. Si des blocages institutionnels ont joué un rôle dans cet abandon, les caractéristiques de la technologie ne permettent d'envisager, ni aujourd'hui, ni dans la prochaine décennie, d'élargir son application à des usages productifs. Les perspectives du solaire au Sahel se trouvent donc ailleurs : dans la satisfaction des besoins domestiques d'électricité spécifique (éclairage et appareils de radio, télévision), dans le pompage

d'eau potable et les télécommunications. Ces utilisations qui ne permettent pas de produire plus ou mieux contribuent à l'amélioration des conditions de vie des populations rurales. Celles-ci souhaitent des services de base de qualité, et sont réellement prêtes à payer pour cela. Aujourd'hui, avec un accès élargi à l'information et avec la diffusion croissante de la télévision et de la radio dans les zones rurales, la demande en systèmes solaires devrait normalement augmenter.

Que ce soit à travers des programmes d'investissement pour apporter un service public marchand d'eau ou d'électricité, ou à travers des mesures facilitant l'émergence d'une diffusion commerciale, la banalisation du solaire et son intégration à part entière dans l'économie des pays sahéliens dépendent des mesures qu'adopteront les Etats sahéliens. En premier lieu, dans le secteur de l'eau comme dans celui de l'électricité, le solaire doit trouver sa place dans les politiques nationales d'offres par rapport aux autres technologies.

4.1.2. La place du solaire dans le secteur de l'eau

L'équipement des zones rurales sahéliennes en moyens d'exhaure est de la responsabilité des pouvoirs publics. L'institutionnalisation du solaire dans les politiques nationales de l'eau est donc un facteur essentiel à son développement. A l'issue du PRS, le solaire est perçu par toutes les Directions de l'hydraulique de la région comme une option à prendre en compte pour l'approvisionnement en eau potable des populations. Dans la plupart des pays, le programme est

reconnu comme une référence importante en matière de gestion de l'eau. Il alimente à ce titre les réflexions en cours sur la redéfinition des responsabilités entre les usagers, les opérateurs privés et les pouvoirs publics, qu'ils se situent au niveau national ou à un niveau décentralisé.

Mais la place concrète que les pouvoirs publics souhaitent donner au solaire reste floue. Le PRS n'a pas eu d'effet d'entraînement vis-à-vis des autres principaux bailleurs de fonds, et leur implication dans ce secteur reste modeste. Ainsi, un recensement sommaire réalisé auprès des Directions de l'hydraulique fait apparaître qu'une quinzaine de programmes avec une composante d'hydraulique solaire sont actuellement engagés dans les pays du CILSS. Ils visent à l'installation d'environ 160 pompes, dont seulement 2 pour l'irrigation et le reste pour l'alimentation en eau potable des populations (1).

4.1.3. La place du solaire dans le secteur électrique

Dans le secteur électrique, l'intégration du solaire dans les politiques nationales d'électrification rurale demeure au stade de la réflexion. Si les limites de l'électrification conventionnelle (extension de ligne à partir du réseau interconnecté ou groupe électrogène alimentant un réseau isolé) sont admises par les sociétés d'électricité, aucune ne s'est encore lancée dans des actions d'électrification rurale à partir de l'énergie photovoltaïque, qui posent des questions de gestion locale particulières souvent contraires à leurs pratiques institutionnelles. On observe néanmoins quelques ouvertures récentes des sociétés d'électricité, permettant le développement d'actions dans certaines zones isolées. Cette situation ne devrait pas changer dans les prochaines années, tant que ces sociétés auront à faire face à des préoccupations prioritaires : restructuration financière, ouverture de la production au secteur privé, délégation de gestion voire privatisation, amélioration de la qualité de service...

Dans les années à venir, on peut penser qu'une

logique commerciale de diffusion de systèmes photovoltaïques pour satisfaire les besoins domestiques d'éclairage et pour les appareils de radio, cassette et télévision se développera. L'État (ministère de l'Énergie, société d'électricité, ministère des Finances...) gardera néanmoins un rôle important à double titre :

- réglementation fiscale, et en particulier adoption de taux de taxes modérés dans un contexte où la quasi-intégralité du système est importé ;
- facilitation de l'accès au crédit, voire subvention partielle, dès lors que l'on cible un segment de population plus large que celle pouvant supporter l'intégralité du coût du système.

Bien sûr, le taux de pénétration des systèmes photovoltaïques dépendra grandement de la contribution financière des pouvoirs publics. Les seules forces du marché trouveraient rapidement leurs limites dans un contexte de pouvoir d'achat sahélien faute d'un marché spontané suffisant. Les pouvoirs publics, par des actions ciblées, peuvent créer les conditions à une diffusion élargie, pilotée par l'État, mais mise en œuvre par les opérateurs privés. De leur implication dépendra l'importance du développement du solaire dans les années à venir. En effet, ceux-ci auront un rôle déterminant à jouer dans la mise en place d'un cadre institutionnel et législatif favorable à la diffusion commerciale du solaire.

4.2. Pour une diffusion commerciale du solaire

4.2.1. Faciliter l'accès au crédit

Pour l'utilisateur, un kit solaire individuel peut représenter, sur sa durée de vie, l'option à moindre coût par rapport aux solutions traditionnelles (lampe à pétrole, piles sèches...)

(1) Informations collectées auprès des directeurs de l'hydraulique des pays membres du CILSS, à l'occasion du comité de pilotage du PRS qui s'est tenu à Niamey, du 27 au 31 janvier 1997.

et fournir un service de bien meilleure qualité. Mais l'importance de l'investissement initial constitue bien souvent un obstacle à l'acquisition, et le passage à grande échelle ne se fera que si un crédit adapté à la population rurale est mis en place.

Mettre en place un crédit usager est difficile, car les bénéficiaires sont nombreux, dispersés sur de grandes distances, ils n'offrent pas de garanties, empruntent de petites sommes... autant de facteurs entraînant des coûts de gestion très importants. Les pouvoirs publics pourraient soutenir les banques locales, coopératives d'épargne-crédit, organismes de microfinancement... qui sont les plus à même de diffuser ce type de crédit. Ce soutien pourrait prendre différentes formes : taux bonifiés, fonds de garantie, prise en charge d'une partie des coûts de gestion...

La question du crédit touchera aussi les opérateurs sahéliens du solaire qui n'ont pas une assise financière suffisante pour répondre à un développement rapide de ce marché, lequel entraînera une rapide augmentation de leurs besoins en fonds de roulement. Ce besoin sera encore plus grand s'ils proposent des facilités de paiements aux usagers qui n'ont pas trouvé de crédit. Dans ce cas, ils devraient également pouvoir bénéficier d'un soutien pour accéder aux crédits nécessaires à leur activité.

4.2.2. Limiter la fiscalité sur les équipements solaires

C'est pour le marché des kits solaires individuels que les taxes à l'importation qui existent dans certains pays constituent un véritable obstacle à la diffusion (1). Pour les autres usages (pompage, réfrigération...), les équipements sont financés dans le cadre de programme de coopération ou par des ONG, et bénéficient le plus souvent à ce titre d'une exonération des taxes.

Les réunions techniques entre pays membres

de l'UEMOA ont inscrit les équipements photovoltaïques parmi les produits devant bénéficier de taxes à taux réduit. La concrétisation de cette décision devrait avoir un impact positif sur la diffusion commerciale des équipements solaires, en attendant qu'elle soit généralisée à l'ensemble des pays du CILSS.

4.2.3. Protéger les systèmes contre le vol

Preuve du début de la banalisation du solaire, et de la reconnaissance de sa valeur marchande, les vols de modules se sont multipliés au cours des deux dernières années du programme. Dans les seuls Sénégal et Mali, plus de 100 modules ont été volés, et au Mali, 10 % des villages ont été touchés. C'est la viabilité des mécanismes financiers de provision pour renouvellement qui sont remis en cause par ce type de phénomène. Si un tel risque de vol demeurait, la diffusion des équipements s'en trouverait certainement ralentie.

Les dispositifs à mettre en place pour protéger les systèmes peuvent être organisationnels (meilleure appropriation des usagers, dans le cas des programmes d'investissement public, gardiennage), physiques (fixation des modules par des boulons antivol), électroniques (alarmes, reconnaissance des modules), mais aussi financiers (assurances) : il ne s'agit en effet pas seulement de prévenir le vol de façon absolue, mais d'alléger le risque financier qu'il représente pour l'épargne villageoise.

En plus des actions préventives, les pouvoirs publics devraient prendre les mesures de contrôle et de répression qui s'imposent : recherche des panneaux volés grâce à leur numéro d'identification (n° de série), contrôles préventifs, et également coopération entre pays pour éviter des transferts de modules.

(1) Au Burkina, certaines de ces taxes atteignent 67% ! L'un des objectifs du PRS était leur diminution. Au cours du programme, seuls trois pays (Mauritanie, Sénégal et Mali) les ont réduites entre 0 et 5%.

4.2.4. Renforcer les capacités de production et la valeur ajoutée locale

Faute d'un savoir-faire industriel local dans le domaine du photovoltaïque, la totalité des équipements fournis par le PRS ont été fabriqués à l'extérieur des pays sahéliens et importés. Le rôle des sociétés privées locales sous-traitants des fournisseurs s'est limité à des prestations certes vitales pour la pérennité des équipements – installation et maintenance – mais de moins grande valeur ajoutée industrielle. Elles ont eu pour conséquence la création d'emplois locaux et la création de savoir-faire technique. Mais ces sociétés qui ont vécu de l'installation ne peuvent pas survivre grâce aux recettes de la maintenance seule et doivent vendre d'autres systèmes. Que ce soit dans le cadre de programmes d'infrastructure comme le PRS, ou par vente directe de systèmes à usage individuel.

Reste la question de la fabrication locale des systèmes. Il est clair qu'étant donné la taille du marché de chaque pays pris individuellement, la production locale de certaines pièces n'est envisageable que si elles bénéficient d'une diffusion régionale. Cette intégration de produits fabriqués localement, en permettant d'accroître la valeur ajoutée locale ne doit pas s'accompagner d'une détérioration de la qualité des systèmes, sauf à remettre en cause un des principaux acquis du PRS.

4.3. La technologie photovoltaïque au service d'un besoin d'infrastructure

Aujourd'hui, si la viabilité de la technologie photovoltaïque n'est plus à démontrer, les modalités de son intégration banalisée sur la scène énergétique restent encore à définir et à tester:

Les grandes initiatives mondiales privilégient les approches de type commercial, visant la diffusion à grande échelle de systèmes individuels à usage d'éclairage et audiovisuel. Les programmes se centrent sur les mécanismes financiers nécessaires à l'acquisition de ces systèmes, tels des biens d'équipement domestiques durables.

Le PRS, au contraire, intègre véritablement la technologie dans une politique sectorielle, le photovoltaïque n'étant en somme que le vecteur énergétique nécessaire à la fourniture d'un service, l'eau potable. C'est le seul programme de cette taille où il a été appliqué à un besoin d'infrastructure et où les mécanismes financiers établis en vue d'assurer la durabilité des systèmes de pompage ont été aussi loin dans leur mise en œuvre – maintenance, provision pour renouvellement, contractualisation du service après-vente.

À ce titre, les enseignements du programme sont uniques et en fait applicables à toute approche d'infrastructure : démontrés pour le pompage de l'eau potable, ils pourraient s'appliquer à l'électrification photovoltaïque pour des besoins de santé, pour l'éducation, pour l'électrification de base de communautés villageoises... à condition de s'affranchir des blocages institutionnels.

Ils ne sont pas propres au Sahel : même dans des régions du monde où le potentiel de marché pour des systèmes individuels est substantiel, il demeure des zones hors d'atteinte du réseau électrique où le photovoltaïque représente clairement l'option de moindre coût pour apporter un service d'infrastructure. ■

Ont également participé
à ce programme :

La DG XII Energies Renouvelables
et le CCR-Ispra

Les consultants

Afriisol (Association africaine des
industriels et installateurs solaires)
Afritec-IACAR (Mali)
Alpha (France)
Becis (Mali)
Beller (RFA)
Bera (Burkina Faso)
Burgéap (France)
Enviroplan (I Krüger) (Danemark)
GID (Mali)
Hydro-RD (Belgique)
IED (France)
IWACO (Pays-Bas)
Particip (RFA)
Sémis (Sénégal)
WIP (RFA)

Les experts

J.M. Durand (IT Power)
W.B. Gillet (Halcrow Gilbert)
P. Helm (WIP)
L. Pigueiras E. (CIEMAT)

Les laboratoires

CIEMAT-IER (Espagne)
CONPHÆBUS (Italie)
GENEC (France)
GRES (Royaume-Uni)
TÜV RHEILAND (RFA)

**Les représentants des fournisseurs
et/ou chargés de la maintenance**

B.O.K. (Tchad)
B.T.I. (Mauritanie)
ELSEG (Cap-Vert)
S.E.S. (Burkina Faso)
S.N.T.T. (Niger)
Somimad (Mali)
S3E (Sénégal, Guinée Bissau)
VM-The Gambia (Gambie)

Les industriels

Photowatt (France)
Total-Energie (France)
Siemens (RFA)



Directeur de la publication Alain Liébard.
Rédacteur en Chef Yves-Bruno Civel.
Etudes et enquêtes Denis Rambaud Méasson.
Conseil Yves Maigne.
Maquette Jean-Claude Lamberdière
avec les moyens techniques de la revue SYSTÈMES SOLAIRES.
Secrétaires de rédaction Violaine Dupré et Sylvie Reiniche.
Traducteur Jeffrey Allyn Raymond.
Photographies Rémy Delacloche.
Remerciements à Pierre Péligré et Francis De Clerck
(Commission Européenne - DG VIII)
et à François O. Kaboré (CILSS).



Commission européenne
Direction Générale
du Développement (DG VIII)
200, rue de la loi
1049 Bruxelles - Belgique



CILSS
**Comité permanent Inter-Etats
de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel**
Coordination Régionale du PRS
BP 7049
Ouagadougou - Burkina Faso



Ouvrage, financé par la Commission européenne,
direction générale du développement,
a été imprimé en décembre 1999
TRACTEBEL imprimerie
Avenue Ariane 7
1200 Bruxelles - Belgique
ISBN 2-9510008-2-0
Editeur : **Fondation Energies pour le Monde**
146, rue de l'Université - 75007 Paris - France





COMMISSION EUROPÉENNE
DIRECTION GÉNÉRALE
DU DÉVELOPPEMENT (DGVIII)



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



FONDATION ÉNERGIES
POUR LE MONDE

