

An aerial photograph of a rural village in a dry, dusty environment. In the foreground, a light blue building with a corrugated metal roof is partially covered by a structure of solar panels. Several people, including men, women, and children, are gathered around the building. In the background, there are more simple buildings, a satellite dish on a pole, and some trees. The overall scene depicts a rural community benefiting from renewable energy technology.

GRET

Professionnels du
développement
solidaire

DOCUMENT DE SYNTHÈSE

Électrification rurale par plateformes multifonctionnelles solaires

Synthèse réalisée dans le cadre du projet Erudi

Le projet Erudi a été financé par l'Union européenne et l'Apas, et mis en œuvre par le Gret, Ecodev et Tenmiya, entre septembre 2011 et août 2016.

PROJET MIS EN ŒUVRE
EN PARTENARIAT AVEC :



Le projet Erudi est mis en œuvre par le Gret, Ecodev et Tenmiya.



- Fondé en 1976, le **Gret** est une ONG internationale de développement, de droit français, qui agit du terrain au politique, pour lutter contre la pauvreté et les inégalités. Ses 700 professionnels interviennent sur une palette de thématiques afin d'apporter des réponses durables et innovantes pour le développement solidaire. www.gret.org
- **Ecodev** est une ONG mauritanienne créée en 1999 pour soutenir les acteurs de Développement à la base (communes, associations, ONG...). Elle intervient dans quatre grands axes : (i) appui aux communes et à la société civile à travers un renforcement des capacités ; (ii) amélioration des conditions de vie des populations par le développement et l'accès aux services sociaux de base ; (iii) soutien au développement de la bonne gouvernance par l'intégration sociale de la démocratie et de la culture citoyenne ; (iv) soutien à la gestion durable des ressources naturelles et l'appui à la sécurité alimentaire.
- ONG mauritanienne, **Tenmiya** a acquis, depuis près de 20 ans, une forte expérience en matière d'hydraulique rurale, d'électrification rurale et de nutrition. Tenmiya mène des actions diversifiées dans plusieurs régions de Mauritanie. www.tenmiya.org

Avec le soutien financier de :

- ★ l'Union européenne;
- ★ l'Apas (Agence de promotion de l'accès universel aux services).



*La présente publication a été élaborée avec l'aide de l'Union européenne et de l'Apas.
Le contenu de la publication relève de la seule responsabilité du Gret et ne peut aucunement être considéré comme étant le point de vue de l'Union européenne et de l'Apas.*

RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE POUR CITATION : Samba Camara, Julien Cerqueira, Nalla Samassa, *Électrification rurale par plateformes multifonctionnelles solaires*, Synthèse rédigée dans le cadre du projet Erudi, Paris, Gret, août 2016, 32 p.

COORDINATION : Julien Cerqueira.

CONTRIBUTEURS : Samba Camara, Julien Cerqueira, Samassa Nalla.

ÉQUIPE OPÉRATIONNELLE DU PROJET :

Gret : Julien Cerqueira, Samassa Nalla, Samba Camara, Colin Rieutord, Yacoub Ould Abdollahi, Ba Thierno Ousmane, Khadijetou Sakho, Kalidou Mboj, Alhousseinou Niang, Ibrahima Sileye Ndiaye, Ba Yéro Samba, Isselmou Ould Arava.

Tenmiya : Mohamed Ould Tourad, Mohamed ould Zouber, Moussa Abdoulaye, Babacar N'Diouck, Moussa Kane.

Ecodev : Bah Boucheiba, Alioune Diakité, Abd Daim Ould Sidi, Yero Ousmane, Mohamed Jaber, Thiam Hamidou Ba, Fatimata Sy, Birane Maissa Digane, Traoré Samba.

CRÉDITS PHOTOS : © EnHaut ! – Sauf p. 5, p. 8 droite, p. 17, p. 19, p. 20 : © Gret

MAQUETTE : Hélène Gay (Gret), Nancy Cossin.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	3
Présentation du projet et résultats attendus	3
RÉSULTATS DU PROJET	5
L'ingénierie sociale : de la sélection des villages à l'accompagnement des acteurs	5
La sélection des villages	5
La formalisation des comités d'usagers	7
L'accompagnement des acteurs locaux	9
Le modèle technique de la plateforme	11
Présentation du dimensionnement technique	12
FOCUS : Dimensionnement des plateformes : retour d'expérience du projet Perub	15
Bilan du fonctionnement technique	19
FOCUS : Le recyclage des batteries : perspectives en Mauritanie	20
La délégation comme mode de gestion des plateformes	23
Le principe retenu : la délégation de service	23
Détail du rôle des acteurs	24
Contractualisation	26
FOCUS : La sélection des délégataires	27
CONCLUSION	29
De Perub à Erudi, retour sur dix années d'expérimentation en matière d'électrification rurale	29
LES MOTS D'ERUDI	31

Introduction

PRÉSENTATION DU PROJET ET RÉSULTATS ATTENDUS

La très grande majorité des habitants des zones rurales de Mauritanie ne bénéficie d'aucune source d'énergie moderne. Ces familles s'éclairent à la bougie et doivent parcourir de longues distances pour accéder à des services comme la mouture de céréales, la charge de téléphones, la réparation des charrettes et des outils agricoles, l'achat de glace ou la conservation des aliments.

Le projet Erudi visait à pourvoir aux besoins d'énergie électrique de 70 000 habitants d'une centaine de villages de Mauritanie, à travers la mise en place de plateformes multifonctionnelles solaires (PTFM). La plateforme solaire est un bâtiment qui regroupe plusieurs services alimentés par énergie solaire (moulin, congélateur, chargeur de téléphone, de batterie, activités artisanales, soudure, etc.), disponibles pour répondre aux besoins des villages. C'est une solution d'électrification intermédiaire entre l'équipement individuel (kit solaire) et le réseau électrique, qui permet de développer des activités économiques de proximité dans des villages isolés.

Le projet a été mené entre septembre 2011 et août 2016 dans quatre régions de Mauritanie par le Gret, en partenariat avec les ONG mauritaniennes Ecodev et Tenmiya qui disposent d'une grande expérience dans la réalisation de projets en zone rurale. Chaque partenaire assurait la mise en œuvre opérationnelle du projet dans une zone d'intervention et le Gret coordonnait les aspects transversaux. Le projet fait suite à une première expérience réussie, le projet Perub, qui a permis d'électrifier 24 villages de la région du Brakna par des plateformes multifonctionnelles solaires entre 2008 et 2011.

TABLEAU 1 : CHIFFRES CLÉS

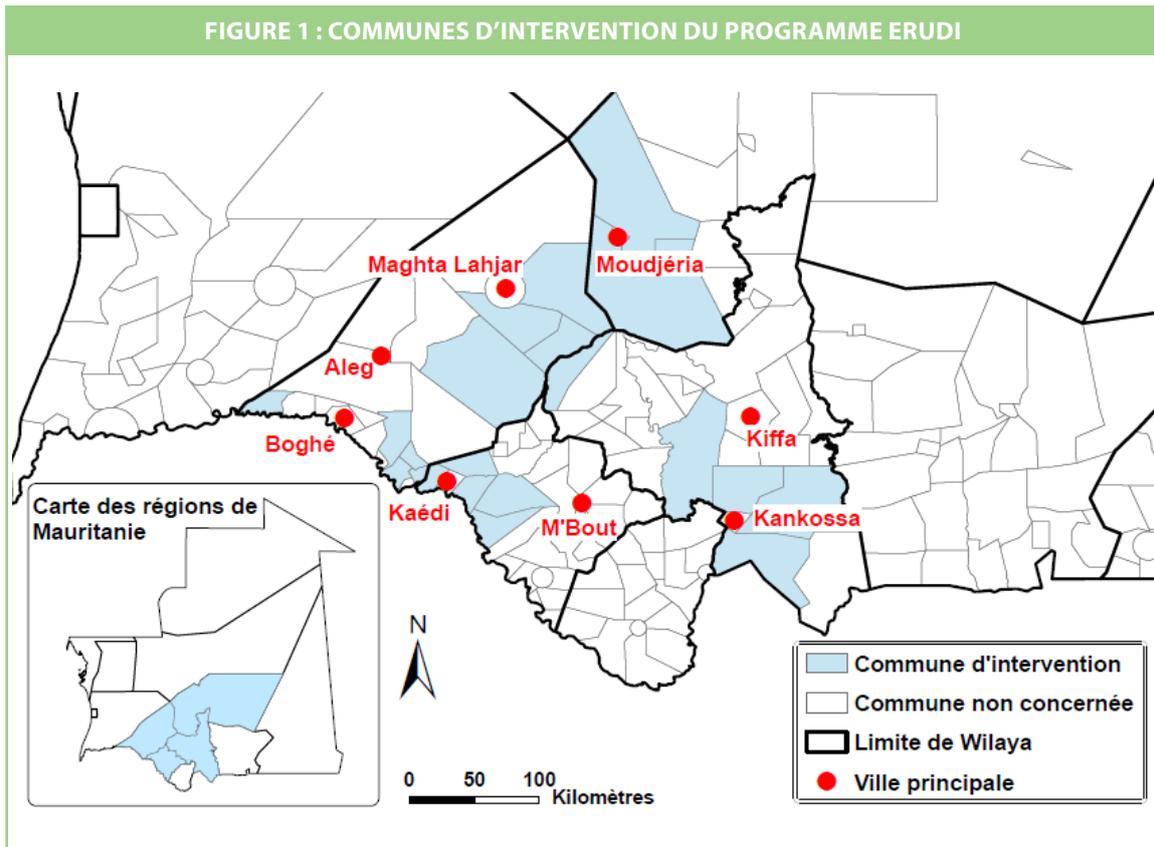
60 mois de mise en œuvre	79 villages bénéficiaires	75 000 bénéficiaires directs
3 partenaires de mise en œuvre	Budget : 3,5 M €	Puissance installée totale : 159 000 Wc
21 communes d'intervention dans quatre régions	530 services installés : 98 congélateurs, 56 moulins, 59 systèmes de soudure, 150 prises pour l'artisanat et 42 télévisions	
316 membres des 79 comités d'usagers sont formés pour suivre le fonctionnement des plateformes	379 exploitants de services ont créé ou renforcé leur activité économique	3 délégués, sous contrat avec l'Apas, assurent la fourniture de l'électricité et la maintenance des plateformes

Électrification rurale par plateformes multifonctionnelles solaires

Synthèse réalisée dans le cadre du projet Erudi

L'Agence pour la promotion de l'accès universel aux services (Apaus), qui pilote pour le compte de l'État mauritanien le déploiement des plateformes multifonctionnelles dans le pays, a été le point d'ancrage institutionnel du projet.

Le projet avait pour objet, en plus de l'accès à l'électricité, le développement d'activités économiques dans ces villages ruraux. Il visait également à formuler des enseignements qui puissent venir nourrir la stratégie nationale d'électrification rurale.



Source : Gret – Réalisation : J. Cerqueira (Gret)

Résultats du projet

L'INGÉNIERIE SOCIALE : DE LA SÉLECTION DES VILLAGES À L'ACCOMPAGNEMENT DES ACTEURS

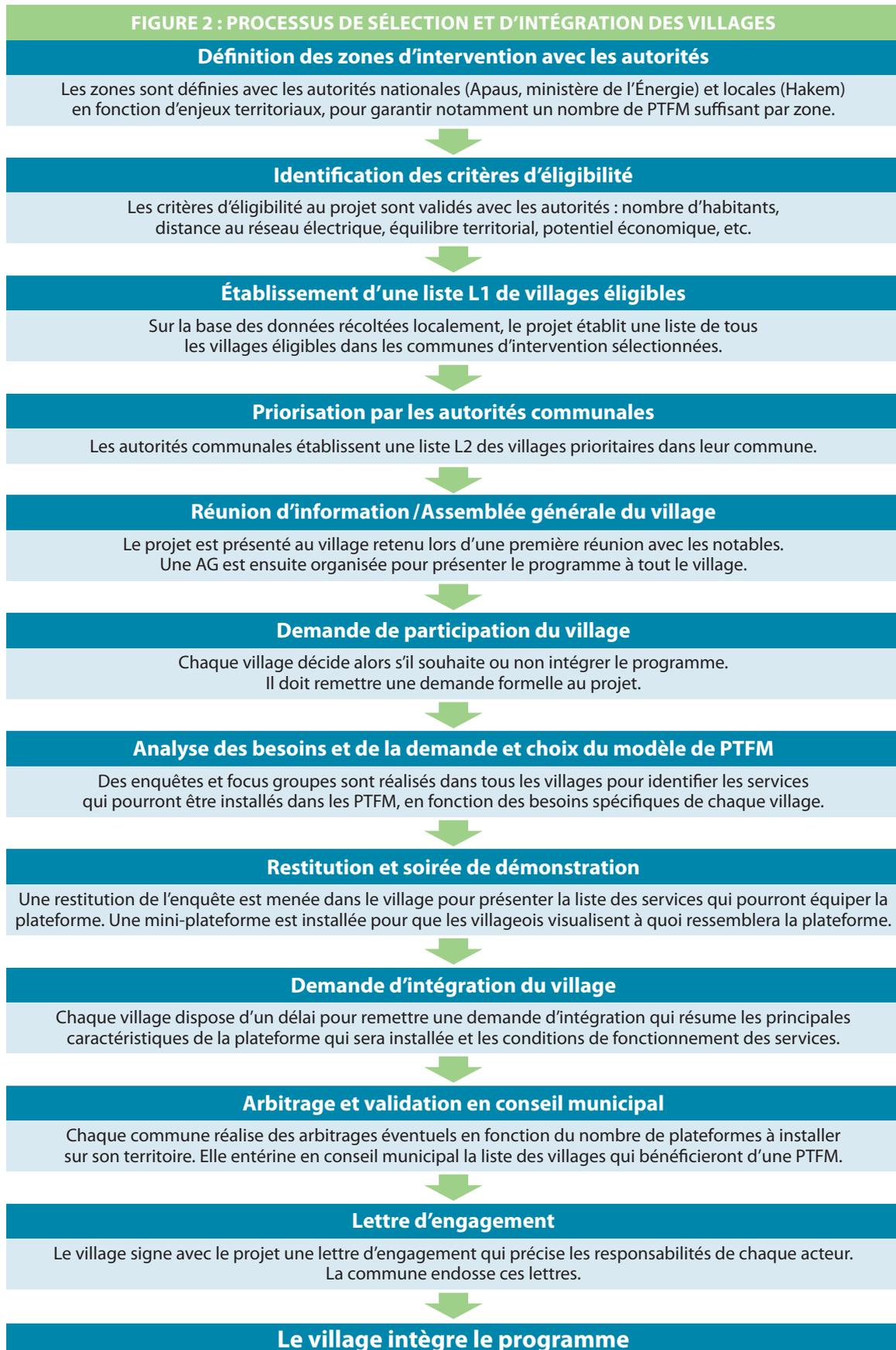
Fort de l'expérience d'un premier projet de plateformes multifonctionnelles solaires mené en Mauritanie entre 2008 et 2011, le Gret et ses partenaires ont développé une méthodologie d'intervention qui a permis d'intervenir dans de très nombreux villages dans une démarche à la fois structurée et individualisée. Cette ingénierie sociale était capitale pour permettre l'acceptation du projet par les bénéficiaires, puisque chaque village équipé a décidé lui-même de son intégration au programme, tout en standardisant le travail des équipes qui devaient mener les mêmes activités dans tous les villages de leur zone d'intervention. On peut découper ce travail d'ingénierie sociale en trois phases distinctes : la sélection des villages, la formalisation des comités d'usagers et la formation et l'accompagnement des acteurs locaux.

★ La sélection des villages

Un guide des procédures a été conçu au démarrage du projet pour standardiser les étapes de sélection des villages d'intervention. L'objectif initial du projet étant d'équiper une centaine de villages, cette standardisation était nécessaire pour faciliter le travail des équipes d'animation et donner les mêmes chances d'intégrer le projet à tous les villages. Les différentes étapes de cette phase de sélection sont présentées sur la page suivante.



Réunion d'information sur le projet



Ce processus est long mais il permet à chaque village d'obtenir les mêmes informations et de décider finalement s'il souhaite ou non intégrer le projet pour bénéficier d'une plateforme. Il donne une large place aux autorités communales qui sont mobilisées dès le démarrage du projet et participent à certaines activités phares dans les villages. L'objectif est bien de sensibiliser ces communes sur l'accès à l'électricité pour leur faire comprendre qu'il s'agit d'un enjeu territorial fort qu'elles peuvent s'approprier.

79 villages ont finalement été retenus pour intégrer le projet, mais bien plus ont été approchés aux différentes étapes de ce processus.

21 communes d'intervention sélectionnées	174 villages pré-identifiés (L2), donnant lieu à 174 réunions d'information	154 assemblées générales organisées
128 demandes de participation reçues. Chaque village a été ensuite enquêté	93 demandes d'intégration reçues	21 conseils municipaux ont validé une liste principale et une liste d'attente par commune

★ La formalisation des Comités d'usagers

Une fois que le village a officiellement intégré le projet, les équipes entament les démarches de formalisation du Comité d'usagers (CU). Ce comité représente le Regroupement des usagers du village (RUV), sorte d'association des usagers qui a pour objet la facilitation et la promotion de l'accès à l'énergie dans le village. Il assure le suivi du bon fonctionnement de la PTFM en :

- assurant une meilleure information des différents acteurs sur les services et la qualité des services ;
- relayant les attentes des usagers auprès du délégataire ;
- proposant des pistes d'amélioration des services ;
- veillant au respect des tarifs définis et homologués ;
- s'impliquant dans la gestion et la résolution des conflits ;
- alertant les autorités (Apaus) en cas de dysfonctionnement constaté dans la gestion par le délégataire ;
- « cautionnant » les clients qui achètent à crédit les kits solaires et en aidant au recouvrement des créances.

Le comité d'usagers intervient par ailleurs avant la mise en route de la plateforme pour valider le choix des artisans et exploitants des services. En effet, si dans la majorité des situations un seul artisan postule pour exploiter un service, il peut parfois y avoir plusieurs candidats, notamment pour la gestion des congélateurs. C'est alors au comité que revient, en tant que représentant du village, le choix de l'artisan qui exploitera le service.

Les membres du comité d'usagers

Le comité d'usagers est composé d'un représentant, d'un chargé d'exploitation, d'un chargé de gestion et d'un chargé de communication, tous élus par le regroupement des usagers du village pour un mandat de deux ans, renouvelable une seule fois. Pour assurer la transmission des compétences aux membres entrants le renouvellement du comité d'usagers ne peut concerner plus de la moitié des membres à la fois sauf cas de force majeure.

Le Représentant assure la direction du CU. Il représente le comité d'usagers auprès des pouvoirs publics et des institutions. Il veille à l'orientation et à l'exécution des activités de la structure. Il

assume toutes les fonctions administratives, c'est-à-dire qu'il est le représentant légal du comité, anime et coordonne les activités, convoque et préside les réunions, ordonne les dépenses, veille au bon fonctionnement du comité et rend compte au Regroupement des usagers de sa gestion. Il assure l'intérim du chargé de communication en cas d'empêchement de celui-ci.

Le Chargé d'exploitation est en charge des relations avec les exploitants sur toutes les questions concernant l'exploitation de la plateforme et de ses services. C'est lui qui réceptionne les plaintes, les réclamations et les demandes concernant les services, il veille au respect des tarifs, des horaires et des règles d'hygiène. Il assure l'intérim du chargé de gestion en cas d'empêchement de celui-ci.

Le Chargé de gestion est responsable des biens du RUV. C'est lui qui établit le budget prévisionnel, tient la comptabilité, identifie chaque dépense à venir et le moyen d'y faire face. Son but est d'assurer l'équilibre des comptes. Il assure l'intérim du chargé d'exploitation en cas d'empêchement de celui-ci.

Le Chargé de communication est responsable de la préparation des plans de communication à destination des usagers et veille à leur bonne exécution. Il assure la gestion documentaire (classement et archivage). Il prépare avec le représentant les ordres du jour des assemblées générales et des réunions du comité et rédige les procès-verbaux, comptes rendus des réunions et les courriers. Il assure l'intérim du représentant en cas d'empêchement de celui-ci.

Le processus de formalisation

La formalisation du comité d'usagers intervient en cinq étapes clés.

Étape 1. Préparation de la constitution du RUV

Une **Assemblée générale informative** est organisée dans le village à l'intention de toute personne majeure, usager de la plateforme et résidant dans le village, avec la volonté de créer prochainement une association locale à but non lucratif appelée Regroupement des usagers de la plateforme du village.

Étape 2. La création du RUV

Suite à la réunion d'information, une **Assemblée générale constitutive** est convoquée par les responsables du village. Elle a pour but de valider la création du RUV et la mise en place du premier comité d'usagers. Cette assemblée générale constitutive est supervisée par un représentant de la commune (conseiller municipal désigné par le maire de la commune à cet effet).



Réunion d'information dans le village de Dar el Barka



Formation sur la gestion financière

Étape 3. Adoption des statuts et règlement intérieur

Les membres du comité d'usagers adoptent le **Manuel de fonctionnement du RUV**. Ce manuel comporte deux chapitres : un chapitre *Organisation* qui décrit le statut du regroupement des usagers en 12 articles. Dans ce chapitre figurent d'une part les éléments d'identité (titre, but et adresse du siège social) et d'autre part l'ensemble des règles de fonctionnement que se fixe l'association. Il constitue une sorte de contrat qui s'applique entre les membres du regroupement des usagers du village. Le chapitre *Fonctionnement* constitue le règlement intérieur du regroupement des usagers. Il a pour objet de préciser les règles et les dispositions de fonctionnement de l'association et du comité d'usagers. Il met un accent particulier sur les modalités d'élection des membres du comité d'usagers, les modalités de gestion, le rôle des acteurs de la plateforme et son fonctionnement.

Étape 4. Élection des membres du CU

Chaque candidat à l'élection du CU doit remplir les conditions générales et spécifiques suivantes :

- **Conditions générales** : être membre du RUV, être résident permanent du village, être motivé, disponible, volontaire, responsable, crédible, intègre et stable dans le village. Savoir écouter, être impliqué dans la vie sociale du village et avoir une bonne capacité de restitution. Ne pas avoir d'intérêt financier direct dans la plateforme, c'est-à-dire ne pas être gérant, exploitant, opérateur et ne pas avoir investi dans un service.
- **Conditions spécifiques** : (i) le Représentant doit être une personne de consensus, charismatique, stratège, savoir communiquer et savoir lire et écrire (ii) le Chargé d'exploitation doit être de préférence une femme, rigoureuse et savoir faire preuve de discernement (iii) le Chargé de gestion doit être une femme, intègre, savoir lire, écrire et maîtriser les quatre opérations arithmétiques (iv) le Chargé de communication doit savoir communiquer à l'écrit et à l'oral.

Étape 5. Légalisation du RUV et du CU

Après le choix des membres du CU, un **Arrêté communal** est pris par les autorités communales pour acter la création du RUV et la mise en place du CU. Cela permet d'éviter de procéder à toutes les étapes de reconnaissance légale d'une association, processus complexe et long en Mauritanie.

★ L'accompagnement des acteurs locaux

Le plan de formation

Un plan de formation a été conçu pour renforcer les acteurs intervenant directement dans la gestion des plateformes : comité d'usagers, gérant de la plateforme et exploitants des services. Les besoins de formation sont différents d'un acteur à l'autre et portent sur des domaines spécifiques selon les fonctions qu'ils remplissent dans la bonne marche de la plateforme.

Le plan de formation comprend huit modules distincts :

- **Module 1 – Organisation** : il s'agit d'un module destiné aux membres des comités d'usagers, qui leur permet de mieux comprendre leur rôle et leurs relations avec le Regroupement des usagers du village (RUV). Il présente en détail le manuel de fonctionnement du regroupement des usagers.
- **Module 2 – Gestion administrative** : c'est un module destiné aux comités d'usagers, qui leur permet de maîtriser les règles de base du fonctionnement administratif d'une structure de type associative. Il présente en détail les outils de gestion administrative utilisés et met un accent particulier sur les fondamentaux de la bonne gestion administrative notamment l'archivage.
- **Module 3a – Gestion financière** : ce module est destiné aux comités d'usagers. Il leur permet de maîtriser les principes et les règles de base de la gestion financière de leur structure associative. Il présente en détail les outils de gestion financière utilisés et met un accent particulier sur les

grands principes de la bonne gestion financière d'une association notamment la traçabilité des opérations, la transparence et les outils de gestion.

- **Module 3b – Gestion financière** : il s'agit d'un module destiné aux exploitants des services des plateformes. Il est construit sur le même principe que le module 3a mais se concentre sur la gestion financière d'un service. Il recouvre les thématiques suivantes : entreprise et famille, approvisionnement, gestion des stocks, calcul des coûts, comptabilité, fonds de roulement, compte d'exploitation et marketing.
- **Module 4 – Schéma de gestion de la plateforme** : ce module est destiné aux membres des comités d'usagers, aux exploitants des services et aux gérants des plateformes. Il vise à faire comprendre le rôle, les droits et les devoirs de chaque acteur intervenant dans la gestion des plateformes.
- **Module 5 – Fonctionnement technique, sécurité et hygiène** : c'est un module destiné aux membres des comités d'usagers, aux exploitants des services et aux gérants des plateformes. Il présente le fonctionnement technique général de la plateforme et alerte sur les règles d'hygiène et de sécurité à respecter autour du bâtiment.
- **Module 6 – Gestion technique des services** : c'est un module destiné aux exploitants des services et aux gérants des plateformes. Ce module est réalisé service par service. Il présente à l'exploitant du service et au gérant de la plateforme le fonctionnement technique spécifique du service, fournit des conseils sur l'entretien de l'équipement d'usage lié au service et indique les procédures à suivre en cas de panne ou de dysfonctionnement.
- **Module 7 – Gestion technique et petite maintenance** : c'est un module destiné aux gérants des plateformes, pour leur faire comprendre ce qu'est l'électricité et pour leur apprendre les bases de leur travail de suivi et de petite maintenance des plateformes. Ce module est réalisé en partenariat avec les délégataires des plateformes.

TABLEAU 2 : TABLEAU DE SYNTHÈSE DES FORMATIONS

N°	Thème du monde	Public	Durée	Période	Organisation
1	Organisation – Rôle et responsabilités du CU et RUV	CU	4h	Avant mise en route PTFM	3 villages en même temps
2	Gestion administrative	CU	3 à 4h	Avant mise en route PTFM	3 villages en même temps
3a	Gestion financière	CU	3 à 4h	Avant mise en route PTFM	3 villages en même temps
3b	Gestion financière	Exploitants	4 à 6h	Juste avant mise en route PTFM	2 à 3 villages
4	Schéma de gestion de la plateforme	CU + gérant + exploitants	2 à 3h	Juste avant mise en route PTFM	1 village à la fois
5	Fonctionnement technique, sécurité et hygiène	CU + gérant + exploitants	2h	À la mise en route de la PTFM	1 village à la fois
6	Gestion technique des services	Exploitants + gérant	1h/ service	À la mise en route de la PTFM	1 village à la fois
7	Gestion technique et petite maintenance	Gérants	2 jours	À la mise en route de la PTFM	4 villages à la fois (8 pers.)

L'organisation des formations

Les formations ont été réalisées directement par les équipes du projet, qui ont elles-mêmes bénéficié d'une formation en pédagogie des adultes et d'une préparation pour leur permettre de mener à bien ces formations. Pour chaque module une première formation a été menée dans un village avec l'appui de l'équipe de coordination du programme.

Plusieurs acteurs étant concernés par un même module, une organisation a dû être trouvée pour rationaliser le déroulement des formations tout en favorisant le plus possible les échanges et les discussions lors des formations. Ainsi, certaines formations sont organisées par acteur, et regroupent ainsi les mêmes acteurs de plusieurs plateformes (des comités de plusieurs plateformes sont regroupés pour une même formation par exemple). D'autres formations ont lieu par plateforme, et regroupent tous les acteurs concernés d'une même plateforme. 316 membres des comités d'usagers, plus de 300 exploitants et 79 gérants ont bénéficié de ces formations.

L'accompagnement des acteurs

Une fois les formations réalisées, les acteurs locaux ont été accompagnés régulièrement par les équipes projet. La première étape de cet accompagnement post-formation a consisté en la validation des listes des exploitants par les membres du comité d'usagers sous la supervision de l'équipe projet. Cette validation des listes des exploitants par le CU est l'une de ses responsabilités en tant que comité d'usagers.

Le suivi post-formation se poursuit ensuite par la vérification de la bonne utilisation des outils de gestion (administrative et financière) à chaque passage d'un membre de l'équipe dans le village. Ce suivi permettait de préciser certains points qui pouvaient être mal compris par les acteurs.

Les plateformes étant entrées en exploitation quelques mois seulement avant la fin du projet, le temps d'accompagnement des acteurs était très court. Il aurait été nécessaire de pouvoir prolonger ce suivi pour garantir une bonne appropriation des outils et des méthodes. Les délégataires pourront néanmoins continuer à accompagner les acteurs locaux lors de leurs visites de contrôle dans les villages.

LE MODÈLE TECHNIQUE DE LA PLATEFORME

La plateforme permet de faire fonctionner une palette de 10 services : congélateur, moulin à céréales, soudure, télévision, multimédia, charge de téléphone, charge de batterie, coiffure, couture et réparation de pneu. En plus de cela, l'électricité produite peut être utilisée lors d'occasions particulières pour faire fonctionner des baffles ou un amplificateur avec micro. Le choix des services dépend des besoins et de la demande de chaque village (voir partie I).

Ces services fonctionnent intégralement à partir d'énergie solaire. La Mauritanie reçoit un ensoleillement moyen d'environ 5 kWh/m²/j, ce qui représente une énorme source d'énergie. Il est donc possible de faire fonctionner tous ces services à partir de cette énergie solaire, qui est stockée dans un parc de batteries avant d'être distribuée aux équipements de chaque service lorsqu'ils sont utilisés. Les services peuvent fonctionner en 12 V (charge batterie), 24 V (congélateur, soudure 1^{ère} option), 36 V (soudure 2^{ème} option) et 220 V (autres services).

★ Présentation du dimensionnement technique

Un système centralisé

Le dimensionnement technique des plateformes Erudi est construit sur un mode centralisé : un seul générateur (regroupant plusieurs modules photovoltaïques) produit l'électricité en courant continu, qui est stockée dans un seul parc batterie et convertie en 220 V alternatif pour être utilisée par les

LES SERVICES DISPONIBLES DANS LES PLATEFORMES



Congélateur



Charge de téléphone



Coiffure



Couture



Moulin à céréales



Service multimédia



Soudure



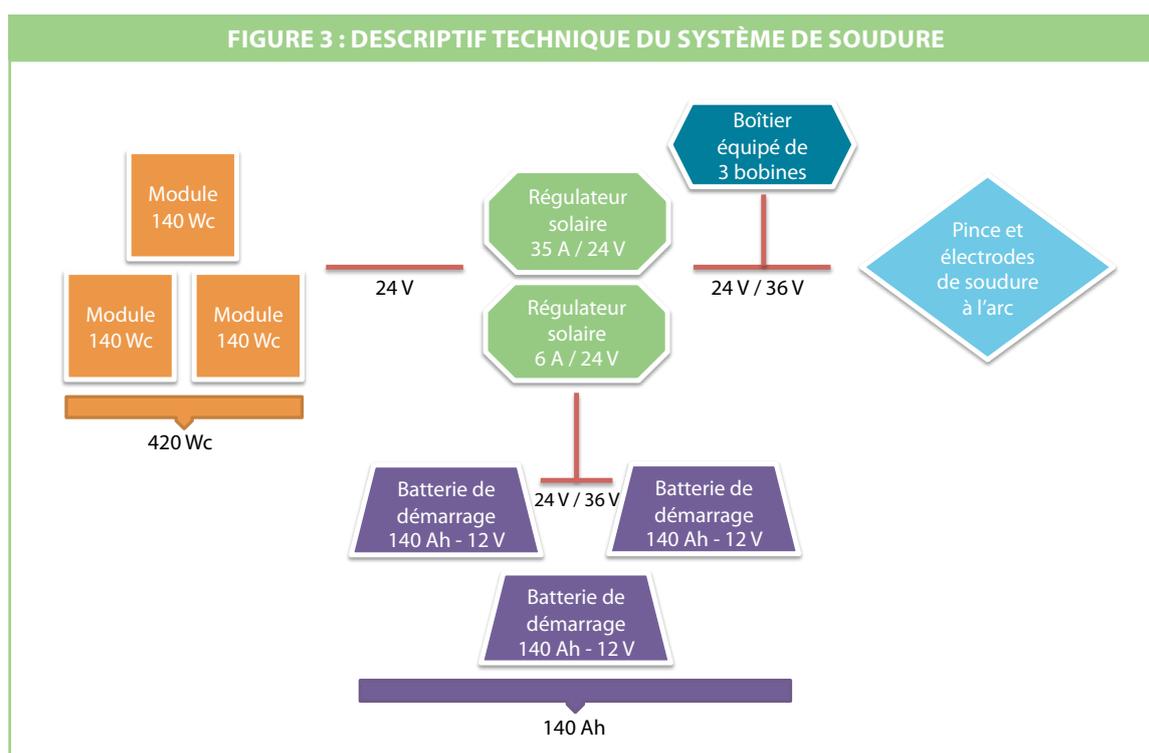
Télévision

équipements des exploitants. La taille du générateur et du parc de batteries ainsi que la puissance de l'onduleur dépendent du nombre de services installés dans la plateforme. À ces éléments structurant s'ajoutent un certain nombre de régulateurs (pour réguler la charge et la décharge des batteries) et d'autres équipements de liaison et de protection (câbles, sectionneurs, boîtiers, disjoncteurs, dispositif de raccordement à la terre, etc.).

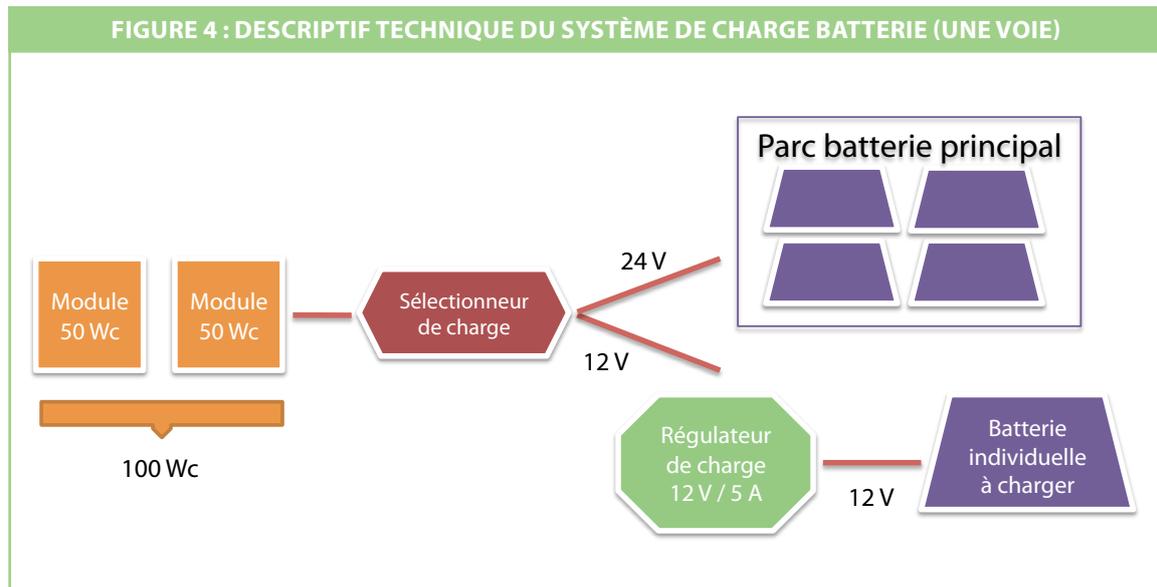
Ce système centralisé comporte néanmoins deux exceptions :

Soudure : le dispositif de soudure a été créé par le Gret depuis le projet Perub. Il permet de réaliser de la soudure à partir d'énergie solaire (tous les autres systèmes existants fonctionnant à partir de groupes électrogènes). Deux tensions différentes sont utilisées : 24 V pour une soudure de précision et 36 V pour souder des pièces plus épaisses. Un boîtier équipé de trois bobines permet de passer d'une tension à une autre par simple mouvement d'un interrupteur. Les batteries servent uniquement à stabiliser le courant et apporter la tension voulue : le dispositif fonctionne au fil du soleil, sans possibilité de fonctionner pendant un temps prolongé en l'absence de soleil.

Du fait de la configuration très spécifique de ce service, il n'était pas possible de l'intégrer au système centralisé de la plateforme. Par conséquent il s'agit d'un service totalement autonome, qui dispose de ses propres modules photovoltaïques, batteries, régulateurs et équipements annexes.



Charge batterie : le dispositif de charge batterie permet de charger plusieurs batteries en même temps. Il est conçu par module de 2 voies de charges ; 1 à 3 modules de charge peuvent être installés dans une même plateforme (pour charger 2 à 6 batteries en même temps donc). Le système est dimensionné en semi-autonomie : lorsqu'une batterie individuelle est en charge, le système est autonome, l'électricité est produite par des modules photovoltaïques spécifiques et charge la batterie par l'intermédiaire d'un régulateur de charge dédié. Mais un commutateur à deux positions permet de redistribuer l'électricité produite par les modules PV au parc de batterie principal lorsqu'aucune batterie individuelle n'a besoin d'être chargée. Ainsi l'électricité n'est pas perdue mais vient renforcer le générateur principal pour être utilisée par les autres services.



Ce système centralisé a été choisi car la majorité des services fonctionnent en 220 V, courant alternatif. Cela permet d'utiliser les équipements disponibles sur le marché. Seul le congélateur fonctionne dans une autre tension, en 24 V. Il s'agit en effet d'un équipement spécifiquement fabriqué pour fonctionner sur un système solaire, qui résiste bien aux températures importantes du milieu sahélien et qui a une consommation énergétique plus limitée que celle d'un congélateur traditionnel fonctionnant en 220 V.

Le système centralisé a plusieurs avantages :

- le dimensionnement est réalisé sur la base des consommations théoriques de chaque service. Or la consommation réelle peut être assez différente de cette consommation théorique. Elle dépend du mode d'utilisation de l'équipement, de l'activité réalisée avec, du comportement de l'exploitant, etc. Par ailleurs, tous les équipements ne sont pas nécessairement utilisés tous les jours. La centralisation permet donc de niveler ces variations de consommation en mutualisant l'énergie produite pour tous les services. L'électricité qui n'est pas utilisée par un service à un moment donné peut être utilisée par un autre service qui en a besoin ;
- cela permet d'installer des équipements de grande capacité qui ont souvent un meilleur rapport puissance/prix, sont d'une grande fiabilité et dont la durée de vie est parfois supérieure aux équipements de plus faible capacité ;
- en cas de panne sur un module photovoltaïque ou une batterie, le système reste opérationnel ;
- cela réduit les besoins d'entretien et de maintenance car il y a moins d'équipements à contrôler.

Cependant la centralisation a également des inconvénients. L'électricité est partagée entre tous les artisans sur la base d'une estimation des besoins par service, mais aucun contrôle n'est réalisé sur l'électricité réellement consommée par activité. Un artisan qui utilise mal son service, comme en ouvrant continuellement un congélateur par exemple, peut consommer bien plus que ce qui avait été prévu initialement. Les comportements individuels font donc courir un risque à l'ensemble du dispositif. Par ailleurs les pannes ne sont pas exclues, et si une panne touche un équipement central comme l'onduleur ou un régulateur, cela peut perturber le fonctionnement de tous les services en même temps. Les équipements installés de forte capacité ne sont pas encore disponibles sur le marché national, ce qui complique les opérations de renouvellement. Le financement du renouvellement est enfin plus complexe puisque chaque équipement est assez cher : lorsqu'un équipement est en panne, il est donc plus coûteux de le remplacer.

FOCUS – Dimensionnement des plateformes : retour d'expérience du projet Perub

Le projet Perub avait permis l'installation de 24 plateformes multifonctionnelles dans la région du Brakna. Ces plateformes permettaient le fonctionnement des mêmes services que pour les plateformes du projet Erudi. Cependant le dimensionnement technique était différent : chaque service était autonome, avec son propre générateur et son propre parc de batterie.

TABLEAU 3 : SYNTHÈSE DU DIMENSIONNEMENT TECHNIQUE DE PLATEFORMES PERUB

Service	Tension de fonctionnement	Puissance du générateur solaire	Capacité du parc de batterie
Congélateur	24 V	360 Wc	360 Ah
Moulin à céréales	24 V	720 Wc	400 Ah
Soudure	24 V / 36 V	270 Wc	300 Ah
Système 220 V (autres activités)	220 V	720 Wc	720 Ah
Charge batterie	12 V	720 Wc	NA

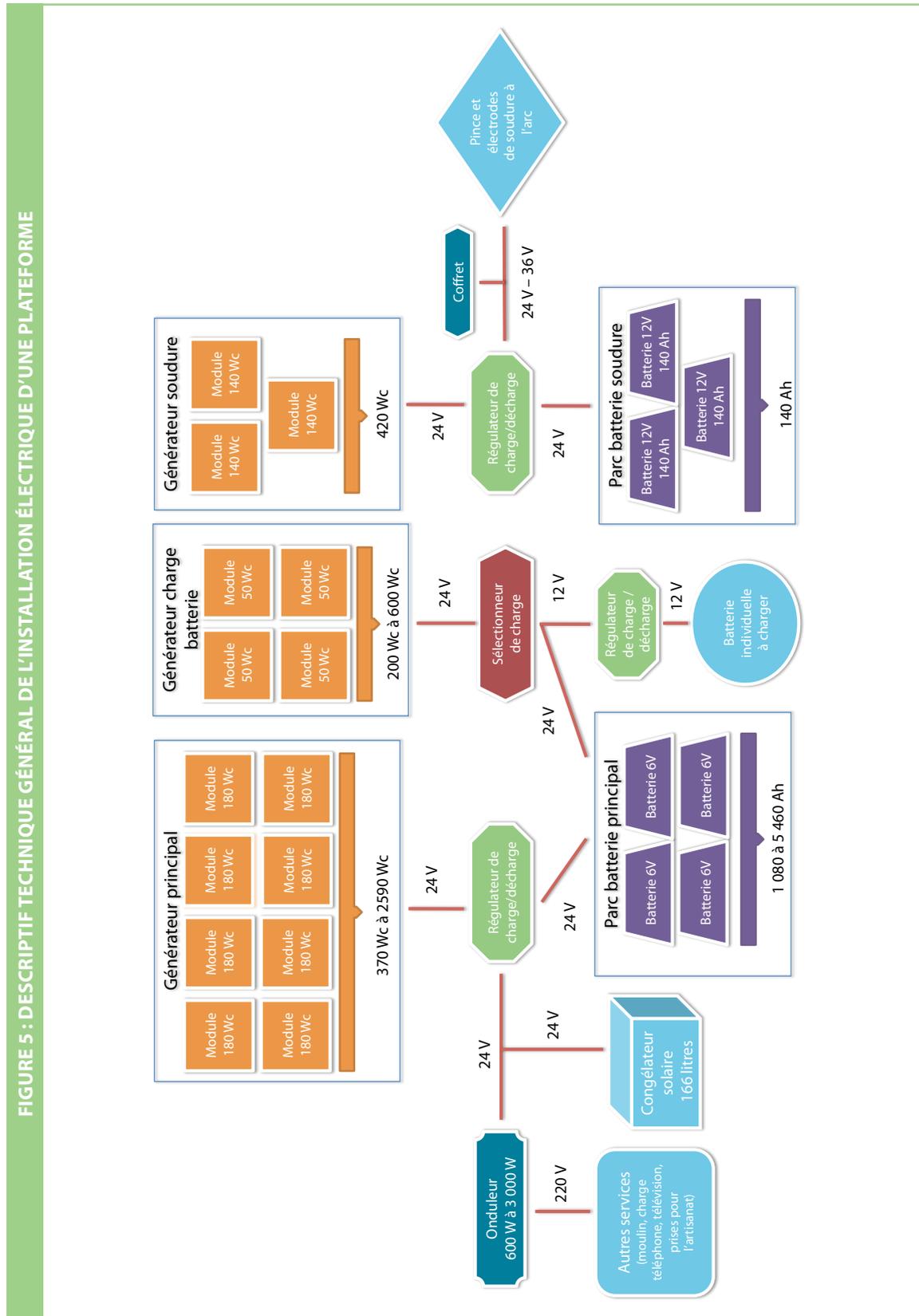
Ce dimensionnement permettait une grande souplesse de fonctionnement. Il est ainsi possible d'assurer le suivi d'un service en particulier, et en cas de problème sur un service, cela n'affecte pas les autres activités de la plateforme. Par ailleurs cela responsabilise chaque exploitant sur son équipement et l'incite à vérifier que le gérant de la plateforme fait bien les opérations de contrôle et de petite maintenance nécessaires. Cependant lorsqu'un service n'est pas utilisé, l'électricité est perdue puisqu'elle ne peut pas être utilisée par un autre service.

Afin de vérifier si le dimensionnement électrique des plateformes Perub était correct, nous avons réalisé dans le cadre du projet Erudi un travail de mesure des consommations réelles de chaque service, en instrumentant une plateforme et en collectant les données de fonctionnement sur plusieurs mois. Ce travail a mis en lumière que le dimensionnement global était équilibré, avec cependant des problèmes de surdimensionnement ou sous-dimensionnement sur certains services :

- **congélateur** : la consommation électrique est sensiblement supérieure à la valeur théorique définie. Elle est en moyenne de 1 200 Wh/jour, ce qui implique que le champ photovoltaïque comme le parc batterie étaient sous-dimensionnés ;
- **soudure** : le générateur est largement sous-dimensionné, tout comme le parc batteries ;
- **système 220 V** : le système est surdimensionné par rapport aux besoins. L'éclairage représente une consommation électrique non négligeable, et on a constaté de mauvaises pratiques comme des lampes restant allumées en continu, de jour comme de nuit.

Les conclusions de cette analyse ont permis de définir des nouvelles consommations théoriques par service, et de proposer pour les plateformes Erudi un nouveau dimensionnement permettant de maximiser la durée de vie des équipements.

Caractéristiques principales de l'installation électrique



Le dimensionnement des plateformes est donc construit autour d'un système centralisé de production, de stockage et de conversion du courant en 220 V qui permet de faire fonctionner la majorité des services. Seules la soudure et en partie la charge batterie fonctionnent en autonomie. Le dimensionnement repose sur les choix techniques suivants :

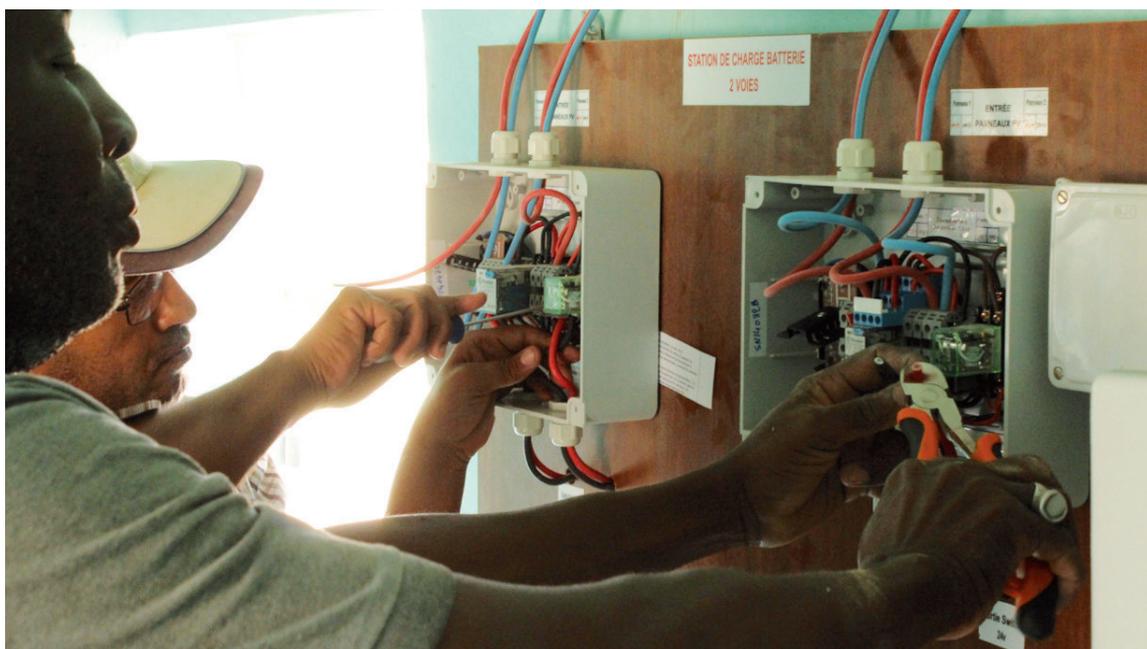
Générateur : les modules photovoltaïques utilisés sont des modules de puissance 185 Wc. Ils délivrent une tension de 24 V qui est bien adaptée au rechargement d'un parc batterie fonctionnant en zone isolée.

Stockage : le stockage de l'électricité est réalisé dans un parc constitué de batteries de 6 V. Trois capacités sont disponibles, 270 Ah, 330 Ah et 400 Ah, ce qui permet de choisir pour chaque plateforme le modèle de batterie le plus adapté à la capacité totale à installer. Ces batteries ont une durée de vie assez longue, d'au moins cinq ans, pour un taux de décharge de 40 % par jour.

Régulation : les régulateurs utilisés sont des régulateurs de charge et décharge. Les modèles disponibles sont de 45 A et de 70 A. Dans les plateformes comportant de nombreux services plusieurs régulateurs de 45 A peuvent être installés ; cela revient moins cher que d'utiliser des régulateurs de plus grande capacité.

Conversion : les onduleurs convertissent l'électricité en courant continu de 24 V du parc batteries en courant alternatif 220 V. Comme pour les batteries, trois modèles sont disponibles, afin d'atteindre la capacité nécessaire de chaque plateforme : 600 W, 1 300 W ou 2 400 W. Plusieurs onduleurs peuvent être installés dans une même plateforme.

Une attention particulière a été apportée à l'amélioration de la sécurité des installations, afin de prévenir tout risque d'accident lors des opérations d'entretien, de maintenance et de renouvellement. Des sectionneurs et des disjoncteurs sont installés à plusieurs emplacements du réseau électrique de la plateforme. Un système parafoudre raccordé à la terre est également installé. Tous les équipements électroniques (régulateur, onduleur, sélectionneur) et les tableaux de commande ont été livrés pré-installés sur des supports en bois ou dans des boîtiers fermés. Cela permet à la fois de faciliter l'installation des équipements sur le bâti et de limiter les risques de manipulation par des personnes non habilités, comme les enfants. Enfin, tous les raccordements électriques sont réalisés grâce à un système de goulottes en PVC : il n'y a donc aucun fil apparent dans la plateforme.



Installation du système de charge batterie dans une plateforme



Vue aérienne d'une plateforme modèle 3, village de Dar el Barka

Un nouveau modèle de bâtiment

Le bâtiment qui accueille la plateforme est construit par le projet. Ce bâtiment a été totalement repensé pour mieux s'adapter au besoin d'espace et d'indépendance des services. Une plateforme pouvant contenir de 1 à 10 services, plusieurs modèles de bâtiments ont été conçus :

- modèle 0 : aucun bâtiment n'est construit ; 1 à 2 services sont installés dans un bâtiment existant dans le village, chez la personne qui les exploite ;
- modèle 1 : superficie totale de 30 m² incluant une salle fermée de 8,5 m² et deux hangars ;
- modèle 2 : superficie totale de 61 m² incluant 3 salles fermées de 16,5 m² et deux hangars ;
- modèle 3 : superficie totale de 83 m² incluant 4 salles fermées de 25 m² et deux hangars.

Les pièces des plateformes accueillent l'installation électrique, le parc batterie et les services de charge téléphone, congélateur, moulin et soudure prioritairement. Les hangars, positionnés au nord et au sud, accueillent les autres services. Des chambres fermées en panneaux stratifiés peuvent être installées sous les hangars pour certains artisans qui souhaitent bénéficier d'un espace fermé (coiffure, couture, etc.).

Le bâti et le hangar nord sont recouverts d'un toit en tôles « bac aluminium » fixées sur une charpente en IPN et tubes métalliques. Cette solution a été préférée à la dalle de béton utilisée généralement en Mauritanie afin à la fois de diminuer le budget du bâtiment et de réduire la durée des travaux. En effet, une dalle en béton armé doit être coulée puis sécher 30 jours minimum, alors que la charpente et le toit en tôle peuvent être installés bien plus rapidement.

Le hangar sud est recouvert par les modules photovoltaïques, installés sur un support métallique adossé à la plateforme. Les supports ont été conçus spécifiquement selon la taille des modules PV utilisés. Des traverses entre les rangées de modules, auxquelles on accède par une échelle, permettent d'assurer les opérations d'entretien et de maintenance. Les modules installés font de l'ombre sous le hangar sud, qui est majoritairement utilisé en fin de journée pour la télévision.

★ Bilan du fonctionnement technique

Les premières plateformes fonctionnent depuis maintenant près d'un an. Il n'y a pas eu pour l'heure de panne technique : tous les services fonctionnent sans problème. Le nouveau dimensionnement produit une électricité en quantité suffisante pour les services installés, sans qu'on ait observé de problème de conflit entre les usages. Les délégataires ont installé eux-mêmes les équipements électriques, ce qui leur a permis de former leurs équipes au fonctionnement de la plateforme.

Les enjeux en termes d'entretien et de maintenance sont assez faibles. Le modèle technique est conçu pour fonctionner avec un entretien de base : nettoyage des modules photovoltaïques, vérification du niveau d'électrolyte des batteries, dépoussiérage des équipements électriques, vérification des connexions et raccordement, etc. Des mesures de la tension et du courant peuvent être réalisées régulièrement pour s'assurer du bon fonctionnement des équipements, et notamment de la charge du parc batteries.

En dehors de ces activités d'entretien courant, aucune intervention technique n'est nécessaire la plupart du temps. Des interventions plus complexes peuvent avoir lieu en cas de panne d'un équipement. Des sectionneurs et disjoncteurs ont été installés pour éviter les risques d'accident : il est possible de déconnecter le générateur du parc batterie lors d'une intervention. Les équipements défectueux peuvent être remplacés facilement par un technicien du délégataire qui doit simplement déconnecter l'ancien appareil et connecter le nouveau de la même façon.



Plateforme en construction, village de Kewala

FOCUS – Le recyclage des batteries : perspectives en Mauritanie

Les batteries constituent le point faible de tout système solaire. En effet, il est nécessaire de prévoir un parc batteries relativement important pour permettre de stabiliser l'électricité produite par les modules photovoltaïques et de permettre des usages en période de faible ensoleillement, voire la nuit. Or les batteries sont des équipements polluants, qu'il faut manier avec précaution. Le recyclage des batteries pose un triple enjeu :

- **environnemental** : l'électrolyte acide contenu dans les batteries doit être neutralisé pour éviter la pollution des sols et des eaux souterraines ;
- **sanitaire** : la majorité des batteries comporte une part importante de plomb, sous forme de poussière notamment. L'intoxication au plomb peut causer des dommages importants sur le système nerveux et les reins, et entraîner des cas de saturnisme ;
- **économique** : le cours du plomb est assez élevé (1 600 \$/t au printemps 2016) ce qui rend économiquement intéressant de valoriser le plomb contenu dans les batteries usagées.

Du fait de ces enjeux sanitaires et environnementaux, le recyclage doit avoir lieu dans une usine adaptée, répondant à des normes strictes de sécurité. Toute solution de recyclage manuelle, comme l'ouverture des batteries pour récupérer le plomb, doit être évitée.

Une étude a été menée dans le cadre du projet Erudi pour analyser les solutions de recyclage potentielles à développer dans le pays. Cette étude a permis d'estimer le parc de batterie : environ 5 000 tonnes de batteries usagées sont jetées chaque année, provenant à 90 % du parc automobile. Aucune solution de recyclage n'existe dans le pays, mais un exportateur semble acheter régulièrement des batteries usagées pour les exporter vers l'Inde ou la Chine. Cela a permis de structurer une filière informelle de collecte qui limite la prolifération de batteries usagées, mais ces exportations se font en violation de la convention de Bâle sur le transport des matières dangereuses, très peu d'autorisations officielles d'export ayant été accordées alors que plusieurs chargements ont quitté le pays depuis 2010.

L'étude a envisagé la possibilité de mettre en place une unité de retraitement et de valorisation en Mauritanie. L'investissement pour une telle unité est relativement lourd, autour de 10 M€. Le gisement actuel mesuré est suffisant pour couvrir les charges de fonctionnement d'une telle unité, mais la rentabilité ne serait atteinte que pour un gisement de 7 500 t/an environ. Il conviendrait donc d'affiner l'analyse du parc batterie existant, en approchant notamment les grosses industries qui intègrent déjà probablement une démarche de valorisation, pour confirmer l'intérêt de l'installation d'une telle unité de recyclage en Mauritanie.



Batteries usagées en attente de réacheminement



Point de collecte de batteries usagées, Nouakchott

TABLEAU 4 : TABLEAU DE SYNTHÈSE DES ÉQUIPEMENTS INSTALLÉS PAR PLATEFORME

Zone d'intervention	N°	Village	Modèle	Congélateur	Télévision	Charge téléphone	Moulin	Michelin	Couture	Coiffure	Soudure	Charge batteries	Multimédia	Puissance des générateurs (Wc)	Capacité des batteries (Ah)	Puissance des onduleurs (W)	
ASSABA	1	Archane Hamoud	M2	2	1	10	1	1	1	1	1	2	0	1 865	3 960	2 400	
	2	Bedna	M2	1	1	10	0	1	1	1	1	2	0	1 730	3 060	1 300	
	3	Blajmil	M2	1	0	10	1	0	0	0	1	2	0	1 915	3 060	1 300	
	4	Bouserwil	M2	1	1	10	1	1	1	1	1	2	0	2 285	4 380	2 400	
	5	Blemzawed	M0	0	0	10	1	0	0	0	0	2	0	940	1 600	1 300	
	6	Djafayé Lery	M2	1	1	10	1	1	1	0	0	1	2	0	2 100	3 620	1 300
	7	Haikama	M1	1	1	10	1	0	0	0	0	2	0	0	1 125	2 160	1 300
	8	Hartane	M1	0	1	10	0	0	0	0	0	2	0	0	570	1 080	600
	9	Kewala	M2	1	1	10	1	1	1	1	1	2	0	0	2 285	4 380	2 400
	10	Seyal	M3	2	1	10	1	1	1	1	1	2	0	0	2 655	4 740	2 400
	11	Azewaz	M3	2	1	10	1	1	1	1	1	2	1	0	3 210	5 700	2 400
	12	Bouhabché	M2	1	0	10	1	1	1	0	0	1	2	0	1 915	3 060	1 300
	13	Hamoud Poste	M3	3	1	10	0	1	1	1	1	2	0	0	2 655	4 740	2 600
	14	Klebiya	M2	1	1	10	1	0	0	0	0	2	0	0	1 680	3 200	1 300
	15	Ndermiyé	M2	1	0	10	1	0	1	1	1	2	0	0	1 730	3 200	1 300
	16	Tafra Poudre	M1	2	0	10	1	0	0	0	0	2	0	0	1 680	3 200	1 300
	17	Teguelweze	M2	1	1	10	1	1	1	1	1	2	0	0	2 470	4 380	2 600
	18	Weringuel	M2	0	0	10	1	1	1	1	1	2	0	0	1 730	3 060	2 400
	19	Bir el Barké	M3	2	1	10	1	1	1	1	1	2	0	0	2 285	4 380	2 400
	20	Jefteni	M0	0	0	10	1	0	0	0	0	2	0	0	940	1 600	1 300
	21	Miskine	M0	0	0	10	1	0	0	0	0	2	0	0	940	1 600	1 300
	22	Tezekre	M1	1	1	10	1	0	0	0	0	2	0	0	1 495	3 200	1 300
	23	Awje	M2	2	0	10	1	1	1	1	1	2	0	0	2 470	5 220	2 400
	24	Bourke	M2	1	1	10	1	1	1	1	1	2	0	0	2 285	4 380	2 400
	25	Dar Nayjim	M1	1	1	10	0	0	0	0	0	2	0	0	1 545	2 580	1 300
	26	N'Dawda	M2	1	1	0	1	0	0	0	0	2	0	0	2 285	4 380	1 300
	27	Sani	M2	1	1	10	0	1	1	1	0	2	0	0	1 310	2 640	1 300
	28	Thiethieina	M2	0	1	10	1	1	1	1	1	2	0	0	1 310	2 640	2 400
	29	Woloum Hatar	M3	2	0	10	1	1	1	1	1	2	0	0	2 675	4 740	2 400
	30	Dar El Barka	M3	2	1	10	0	1	1	1	0	2	1	0	2 255	4 320	2 400
	31	Testem I	M2	1	1	10	0	1	1	1	1	2	0	0	2 305	4 380	2 400
	32	Thielaw	M2	1	1	10	1	1	1	1	0	2	0	0	2 305	4 380	2 400
	33	Belel Gawde	M3	2	0	10	1	1	1	0	0	2	0	0	2 490	4 380	2 400
	34	Bouchama	M1	1	0	10	0	0	0	0	0	2	0	0	1 380	1 740	600
	35	Darto Abdallah	M2	2	0	10	1	0	0	0	0	2	0	0	1 885	3 960	1 300
	36	Ndiawaldi	M2	1	1	10	0	1	1	1	1	2	0	0	2 305	3 660	1 300
	37	Niabina	M3	3	0	10	0	1	1	1	1	2	0	0	2 490	4 380	1 300

BRAKNA
SUD

Électrification rurale par plateformes multifonctionnelles solaires

Synthèse réalisée dans le cadre du projet Erudi

Zone d'intervention	N°	Village	Modèle	Congélateur	Télévision	Charge téléphone	Moulin	Michelin	Couture	Coiffure	Soudure	Charge batteries	Multimédia	Puissance des générateurs (Wc)	Capacité des batteries (Ah)	Puissance des onduleurs (W)
GORGOL	38	Arifoundi	M2	1	1	10	0	1	1	0	1	2	0	1 750	3 060	1 300
	39	Téthiane	M2	2	0	10	1	0	0	0	1	2	0	2 305	4 380	1 300
	40	Ganki	M3	2	1	10	0	0	1	1	0	2	1	2 255	4 320	2 400
	41	Waddio Bossoye	M2	1	0	10	1	1	1	1	1	2	0	2 120	2 020	2 400
	42	Thiouth	M1	1	0	0	1	0	0	0	0	2	0	1 330	2 640	1 300
	43	Djingué	M2	2	0	10	1	0	0	0	0	4	0	2 525	4 380	1 300
	44	Mafoundou	M2	2	0	10	0	1	1	1	0	2	0	2 305	4 380	2 400
	45	Talhaya	M3	2	1	10	1	1	1	1	1	2	1	3 045	5 700	3 000
	46	Towmiyatt	M2	1	0	1	1	1	1	1	0	2	0	2 120	2 020	2 400
	47	Bithiougol 1	M2	0	0	10	1	1	0	0	1	2	0	1 195	2 020	1 300
	48	Sinthiane Diakiri	M2	1	1	10	1	1	0	0	1	2	0	2 305	4 380	2 400
	49	Fass Kanadié	M1	1	1	10	1	0	0	0	0	2	0	1 515	2 640	1 300
	50	Sinthiou Boumak	M2	2	1	10	1	1	0	0	0	2	0	2 305	4 380	1 300
	51	Eroné	M2	2	0	10	1	1	1	1	1	2	0	2 070	3 240	2 400
	52	Jeikh Tedoume	M0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	775	1 320	600
	53	Koundel	M2	1	0	10	1	0	0	0	0	2	0	1 935	3 060	1 300
	54	Tokomadji	M3	2	0	10	1	1	1	1	1	2	1	2 675	4 740	2 400
	55	Boursreywilat	M2	2	1	20	1	1	1	1	1	2	0	2 100	3 660	2 400
	56	Elharemeine	M2	1	1	10	1	1	1	0	1	4	0	2 285	4 380	2 400
	57	Guenguéla	M1	1	0	10	0	1	1	1	1	2	0	1 865	3 960	2 400
	58	Hesseye Dhalie	M2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2 840	5 220	2 400
	59	Rdheidhie	M2	2	1	10	0	1	1	1	1	2	0	2 485	4 380	2 400
	60	Ajar BouhliBoud	M2	1	1	20	1	1	1	1	1	2	0	1 730	2 580	1 300
	61	Boudiengal	M2	1	0	10	0	1	1	1	1	2	0	1 175	2 580	600
	62	Wassaa	M2	1	0	10	1	1	1	1	1	2	0	2 100	3 620	1 300
	63	Belekhethair Zaghoura	M2	1	1	10	1	1	1	1	1	2	0	2 285	4 380	2 400
	64	Kerbala	M2	2	1	20	0	1	1	1	1	2	0	1 545	2 580	2 400
	65	Tembara	M2	1	1	10	1	1	1	1	1	2	0	2 100	3 620	2 400
	66	Ligned	M2	1	0	20	1	1	1	1	1	2	0	2 285	3 720	2 400
67	Ired	M2	1	0	20	0	1	1	1	1	2	0	2 285	3 660	1 300	
68	Agwewa 1	M2	2	0	20	1	1	1	1	1	6	0	2 655	5 980	2 400	
69	Wad Rkyse	M2	0	1	10	0	1	0	1	1	6	0	2 500	3 620	2 400	
70	Boufkeyrine	M1	1	1	20	1	1	1	1	1	2	0	1 760	1 740	1 300	
71	Lerdi	M3	1	0	10	1	1	1	0	1	2	0	2 655	4 740	2 400	
72	Mechroue Agweynite	M2	1	0	10	0	1	0	0	0	2	0	2 285	4 380	2 400	
73	Mohamed Zeine	M1	1	0	10	0	1	0	1	0	2	0	1 360	1 740	600	
74	Naitim	M1	1	1	10	1	1	1	1	1	2	0	1 545	2 580	600	
75	Machraa	M2	1	1	10	1	1	1	1	1	2	0	1 865	3 960	2 400	
76	Nwedhene	M3	1	1	10	1	1	1	1	1	2	0	2 285	4 380	2 400	
77	Belenyar	M3	1	1	10	1	1	1	0	1	2	0	1 865	3 960	2 400	
78	Djweyngui	M2	2	0	10	1	1	1	1	1	2	0	2 655	4 740	2 400	
79	Tourougueylin	M2	2	0	10	1	1	1	1	1	2	0	2 655	4 740	2 400	
	Total			98	42	811	56	57	47	46	59	170	5	159 190	284 720	146 800

LA DÉLÉGATION COMME MODE DE GESTION DES PLATEFORMES

Les plateformes du projet Perub étaient gérées sur une base communautaire : un comité d'électrification villageois, élu par l'ensemble des habitants du village équipé, était responsable du bon fonctionnement de la plateforme. Il assurait l'entretien et la petite maintenance des équipements à travers un gérant qu'il sélectionnait et rémunérait pour cela. Le comité signait un contrat d'exploitation avec chaque exploitant et récoltait les redevances que ces derniers versaient pour le paiement de l'électricité. Ce système était opérationnel sans difficulté dans les villages, mais il comprenait une difficulté majeure : le comité ne pouvant techniquement réaliser la maintenance des équipements, il fallait recourir à une prestation externe.

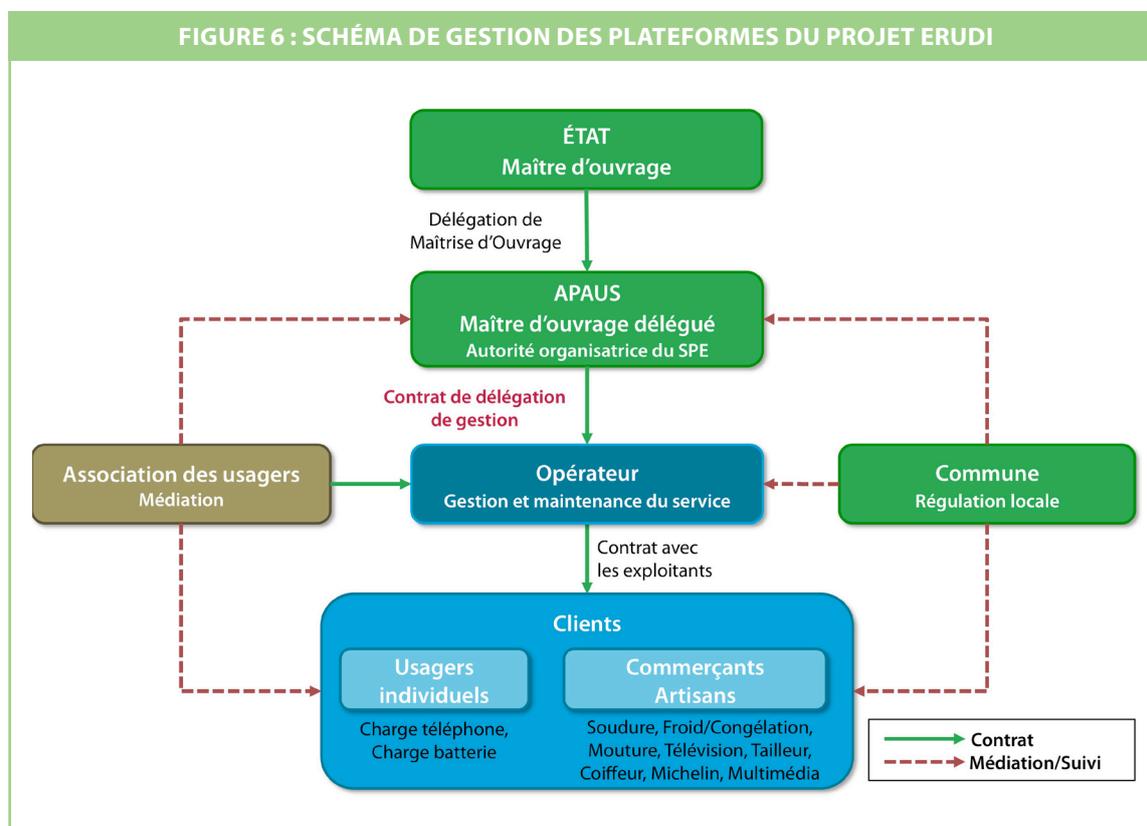
Le projet prévoyait que l'Apaus contracte avec une entreprise pour assurer la maintenance des plateformes mais cela ne s'est réalisé que tardivement, ce qui a fragilisé le fonctionnement des plateformes. Par ailleurs, la séparation des responsabilités de gestion de la fourniture de l'électricité (confiée aux Comités d'électrification villageois) et de maintenance des équipements (confiée à une entreprise prestataire) est un handicap majeur pour la pérennité du dispositif. En effet les comités qui sont fortement mobilisés dans le fonctionnement de la plateforme sont dépendants d'une entreprise qui est elle payée directement par l'État pour une prestation qu'elle réalise très irrégulièrement. Le système était donc fortement déséquilibré. Cet enseignement a servi de base à la formulation des propositions pour le nouveau schéma de maîtrise d'ouvrage des plateformes du programme Erudi.

★ Le principe retenu : la délégation de service

Le nouveau schéma de gestion, maintenance et renouvellement des plateformes repose sur les grands principes suivants :

- l'État est maître d'ouvrage du service d'accès à l'électricité par plateforme multifonctionnelle solaire. Il a désigné une structure assurant la maîtrise d'ouvrage déléguée du service en son nom : c'est l'Apaus. À ce titre, une convention de délégation de maîtrise d'ouvrage a été signée entre le ministère du Pétrole, de l'Énergie et des Mines (MPEM) et l'Apaus en octobre 2013 ;
- la fourniture de l'électricité dans les plateformes est assurée dans le cadre de contrats de délégation de service public par des délégataires recrutés par appel d'offre par l'Apaus. Chaque délégataire intervient dans une zone comportant assez de plateformes pour permettre la rentabilité de la délégation ;
- le délégataire est responsable à la fois de la fourniture du service et de la maintenance des équipements. Il est rémunéré directement par les usagers des services dans le respect des termes du contrat de délégation ;
- dans chaque village, une association des usagers (le Regroupement des usagers du village – RUV) assure la représentation des usagers auprès du délégataire et du maître d'ouvrage délégué. Elle veille au respect des termes du contrat de délégation et saisit la commune ou le maître d'ouvrage délégué en cas de problème.

Ces principes s'opérationnalisent dans le schéma de gestion suivant :



Ce schéma se veut avant tout pragmatique. Il repose sur un certain vide juridique puisqu'aucun acteur n'est légalement identifié comme responsable du service d'électrification par plateforme multifonctionnelle. Il permet néanmoins d'affirmer la responsabilité de l'État et de cadrer l'intervention des délégataires privés. Ce schéma est issu d'un long processus de négociation qui a été mené avec les autorités mauritaniennes, et qui a abouti à la signature par l'Apaus des contrats de délégation avec les délégataires.

✳ Détail du rôle des acteurs

- **L'État, maître d'ouvrage du service**

Une analyse légale réalisée en 2012 a fait apparaître que légalement les communes seraient les autorités maître d'ouvrage de l'électrification par plateforme multifonctionnelle solaire (selon les dispositions à la fois du Code de l'électricité et du Code des communes). Il apparaissait cependant que les communes n'étaient pas en capacité d'assumer ces responsabilités. Leurs moyens tant financiers qu'humains sont limités et il n'était pas envisageable qu'elles puissent assumer ce rôle nouveau dans un futur proche. Par conséquent, il a été décidé de confier à l'État la maîtrise d'ouvrage des plateformes. L'État a transféré cette responsabilité à l'Apaus.

L'État finance par ailleurs une partie du renouvellement des équipements à travers un fonds de maintenance logé au ministère du Pétrole, de l'Énergie et des Mines (MPEM).

- **L'Apaus, maître d'ouvrage délégué, garant du fonctionnement du service**

L'Apaus est l'autorité organisatrice du service public d'électrification par plateforme multifonctionnelle solaire. À ce titre, elle sélectionne des délégataires qui assurent la gestion du service. L'Apaus est le

garant de la qualité et de la continuité du service et veille à l'application de tous les contrats signés entre les acteurs. Elle est propriétaire des plateformes.

L'Apas assure le renouvellement des équipements, sur financement de l'État et des délégataires. Elle demande chaque année au MPEM de provisionner un certain montant pour financer le renouvellement de tous les équipements en fin de vie des plateformes du pays.

- **Les délégataires, gestionnaire du service**

Des délégataires sont sélectionnés pour assurer la fourniture de l'électricité dans les zones de délégation. Trois zones de délégation ont été instituées dans le cadre du projet Erudi : l'Assaba, le Brakna nord et le Brakna sud – Gorgol. Chaque délégataire gère toutes les plateformes incluses dans ces zones. Ils sont responsables à la fois de la fourniture du service et de la maintenance des équipements électriques. Ils fournissent l'énergie à des usagers individuels (les personnes qui demandent à charger un téléphone ou une batterie) et à des abonnés qui exploitent des services à partir de l'électricité disponible (tels que les meuniers ou les soudeurs).

Les délégataires sont rémunérés directement par les recettes tirées de l'exploitation des plateformes (provenant des usagers individuels et des abonnés). Ils veillent au bon fonctionnement des dispositifs électriques, en assurent l'entretien régulier (à travers une visite obligatoire au moins tous les deux mois) et doivent intervenir dans les 72 h en cas de panne d'un équipement. Les délégataires ont l'autorisation de déconnecter un exploitant qui n'a pas payé dans les délais sa facture d'électricité.

**TABLEAU 5 : TARIFS VALABLES DANS LES PLATEFORMES
(COÛT D'ACHAT DE L'ÉQUIPEMENT ET ÉLECTRICITÉ)**

	Coût achat de l'équipement	Tarif électricité
Congélateur	240 000 MRO	11 000 MRO à 13 000 MRO/mois
Moulin	85 000 MRO	11 000 MRO à 13 000 MRO/mois
Soudure	0	11 000 MRO/mois
Charge téléphone	0	100 MRO par charge
Charge batterie	0	250 MRO à 300 MRO par charge
Télévision	Selon modèle	4 000 MRO à 4 500 MRO/mois
Couture	Selon modèle	4 000 MRO à 7 000 MRO/mois
Michelin	Selon modèle	2 250 MRO/mois
Coiffeur	Selon modèle	2 200 MRO à 2 600 MRO/mois
Multimédia	Selon modèle	3 500 MRO à 4 000 MRO/mois

Pour garantir le bon entretien des plateformes, les délégataires sont responsables financièrement de toutes les batteries installées dans les plateformes : ils doivent remplacer à leur frais toute batterie qui tomberait en panne pendant la durée de leur contrat ; en contrepartie ils deviennent propriétaires de toutes les batteries des plateformes qu'ils gèrent à la fin du contrat de délégation. Ils versent également chaque année à l'Apas une provision pour le renouvellement des équipements, dont le montant a été défini dans leur offre pour obtenir la délégation.

• Les exploitants des services des plateformes

Dans chaque village, des exploitants font fonctionner des services à partir de l'énergie fournie par les délégataires. Ces exploitants peuvent être aussi bien des individus privés que des associations ou coopératives du village. Chaque exploitant doit avoir reçu un agrément de l'Association des usagers pour pouvoir gérer un service. En contrepartie de l'exploitation d'un service ils paient mensuellement au délégataire le tarif de l'électricité.

Le délégataire peut demander au Regroupement des usagers le droit d'exploiter un service qui ne serait pas déjà géré par une personne du village. Si l'Association accepte il devient lui-même exploitant d'un service et doit à ce titre respecter les obligations relatives au bon fonctionnement de la plateforme.

• Les Regroupements des usagers, régulateurs locaux

Dans chaque village, un Regroupement des usagers du village (RUV) est formalisé. Cette association assure l'interface entre les usagers, les exploitants des services, l'opérateur et les autorités. Elle habilite les exploitants des plateformes (c'est-à-dire elle les autorise à devenir exploitant) et elle agit comme régulateur local : elle vérifie que chaque acteur remplit son rôle et respecte les engagements qu'il a pris ; elle intervient pour rappeler à un acteur défaillant ses obligations ; elle saisit la commune ou l'Apaus lors d'un problème persistant dans la bonne marche de la plateforme.

• Les communes

L'électrification par faible puissance est une compétence des communes. Même s'il ne leur est pas aujourd'hui possible d'exercer cette responsabilité du fait de leur faiblesse financière et de leur manque de ressources humaines compétentes, il est important de confier un rôle aux communes. La commune peut donc constituer, aux côtés des associations d'usagers, un régulateur local, car les maires sont très présents dans leurs circonscriptions et peuvent régler certains problèmes qui se présentent dans les villages.

★ Contractualisation

Les relations entre les acteurs sont régies par plusieurs contrats :

- un **contrat de délégation de service public** est signé entre l'Apaus et chaque délégataire. Ce contrat précise les responsabilités du délégataire et de l'Apaus, fixe les tarifs de l'électricité et détermine les modalités de renouvellement des équipements. Il est signé pour quatre ans ;
- un **contrat de fonctionnement de la plateforme** est signé entre le Regroupement des usagers du village, le délégataire et la commune, et endossé par l'Apaus et le Gret. Il définit le rôle des acteurs et fixe les modalités pratiques de fonctionnement de la plateforme : tarifs des services, horaires de fonctionnement, etc. ;
- un **contrat d'abonnement** est signé par chaque exploitant de service avec le délégataire. Ce contrat fixe les conditions de fonctionnement du service : heure de fonctionnement autorisé, puissance autorisée, tarif, etc.

FOCUS – La sélection des délégués

Le métier d'opérateur de gestion et de maintenance de plateformes solaires est un métier nouveau en Mauritanie. De ce fait, nous avons cherché à encourager des entreprises mauritaniennes à postuler pour cette fonction, alors mêmes qu'elles ne connaissent pas les responsabilités ni les résultats commerciaux attendus pour un tel métier. Le processus de sélection des opérateurs a été à la fois rigoureux et souple, ce qui a permis de toucher dans une première phase un large spectre d'entreprises potentiellement intéressées.

Le processus de sélection des délégués a été mené en trois étapes :

- la **rédaction du cahier des charges du délégué**. Ce cahier des charges détaille les responsabilités des acteurs (Apaus, délégué, commune, exploitants) et précise les modalités de mise en œuvre de la délégation. Il liste également les interventions attendues du délégué dans la gestion du service : visites de contrôle, modalités d'intervention en cas de panne, procédure de gestion du stock d'équipements, etc. Ce cahier des charges a été rédigé en concertation continue avec l'Apaus. Il est ensuite devenu une annexe du contrat de délégation ;
- un **Appel à manifestation d'intérêt (AMI)** a permis de toucher plusieurs entreprises et de sélectionner celles qui semblaient disposer des meilleures ressources pour assumer la fonction d'opérateur des plateformes. A l'issue de cet AMI l'Apaus a retenu six entreprises qui présentaient l'expérience et les capacités suffisantes en délégation et en installation solaire ;
- un **appel d'offre restreint** a été lancé auprès des entreprises préalablement sélectionnées. Ces entreprises ont été accompagnées par l'équipe du projet pour compléter les formulaires technique et d'analyse financière. Un outil de projection financière avait été conçu pour l'occasion, afin d'estimer la rentabilité de la délégation en fonction des hypothèses de gestion formulées par le délégué.

Une difficulté majeure s'est posée dans la passation du marché : nous avons prévu que les délégués soient également les installateurs des équipements électriques des plateformes, mais cela n'a pas été possible du fait des règles de passation de marché de l'Union européenne. Par conséquent, deux marchés distincts ont dû être lancés. Deux entreprises ont été retenues pour se partager l'installation des équipements et la délégation, mais sur des lots différents : chaque entreprise a installé les équipements dans le lot qui était délégué à l'autre entreprise.

Cette situation n'est pas idéale pour pérenniser le projet car elle a fait courir à la fois un risque de surcoût (deux entreprises réalisant le travail qu'une seule aurait pu fournir) et de rupture de responsabilité entre l'installateur et le gestionnaire des plateformes. Par ailleurs, l'attrait de la délégation nous a semblé également diminué. Les plateformes ont néanmoins toutes été installées sans encombre puis être mises en service avant la fin du projet.

Les retards pris dans l'installation des équipements n'ont pas permis de réaliser un accompagnement des délégataires dans la durée. Par conséquent, il est difficile de tirer une conclusion sur ce mode de gestion. L'enjeu principal de cette nouvelle étape qui s'est ouverte avec la mise en route des plateformes repose sur la bonne gestion du service. Le cahier des charges de la délégation est clair et cohérent, mais il demeure un outil théorique qui doit être optimisé par un passage à la pratique. Cette mise en pratique repose maintenant sur les délégataires et sur l'Apaus.

La pérennité du service ne sera garantie que si l'Apaus s'engage pleinement dans le dispositif, en assurant un contrôle ferme et efficace des délégataires. L'Agence doit veiller à l'application du cahier des charges de la délégation et doit s'affirmer comme maître d'ouvrage délégué du service. Elle doit mobiliser le personnel adéquat pour assurer cette fonction et permettre un suivi régulier des délégataires.

Pour faciliter ce travail, nous recommandons la mise en place d'un Observatoire des plateformes multifonctionnelles, qui permettra de suivre le fonctionnement des services des plateformes du pays et le respect des engagements des délégataires. Cet observatoire permettrait de standardiser les processus de collecte des données techniques et financières autour des plateformes. Il favoriserait les retours d'expérience en synthétisant des données sur la durée de vie des équipements, les besoins en stock d'équipement de renouvellement et sur les résultats financiers des services.

Conclusion

DE PERUB À ERUDI, RETOUR SUR DIX ANNÉES D'EXPÉRIMENTATION EN MATIÈRE D'ÉLECTRIFICATION RURALE

Après plus de dix années à mettre en place des projets de plateformes multifonctionnelles solaires en Mauritanie et plus de 150 villages équipés, par le Gret ou à travers d'autres initiatives, on constate que les plateformes sont une réelle solution pour électrifier les villages et renforcer le tissu économique local.

L'impact des plateformes sur la vie des populations rurales est tangible. En plus de proposer des services électrifiés localement, ce qui diminue leur coût d'accès pour les populations et réduit considérablement les contraintes de transport, les plateformes favorisent dans certains villages la constitution d'un véritable écosystème favorable aux échanges économiques et au développement de nouvelles activités. La plateforme devient parfois le cœur d'un petit marché qui attire les populations des villages environnants.

Le projet Erudi a apporté plusieurs améliorations qui permettent d'envisager une diffusion de la démarche à grande échelle :

- une **structuration de la démarche** autour de procédures claires et d'outils de mise en œuvre adaptés. Cette structuration permet un gain de temps important. Ainsi 79 villages ont pu être équipés en quatre ans. La phase de sélection des villages est très documentée, ce qui facilite une réplification de la démarche. Le Gret et ses partenaires ont démontré qu'il est possible d'adopter une démarche de « sous-traitance » dans la mise en œuvre de plateformes : une équipe de coordination réduite peut accompagner plusieurs ONG locales dans la sélection et l'intégration de nouveaux villages, pour un coût de mise en œuvre optimisé ;
- une **standardisation des modèles techniques**, tant au niveau du génie civil que de l'installation électrique. Cette standardisation permet de proposer plusieurs modèles adaptés aux spécificités des villages, tout en diminuant les coûts de construction et en garantissant une production d'électricité suffisante pour les services. Le nouveau dimensionnement électrique est tout à fait pertinent, même s'il complique la passation des marchés puisqu'il faut définir les équipements à acquérir pour chaque plateforme une par une ;
- l'expérimentation d'un **nouveau mode de gestion, la délégation**. Ce mode de gestion semble bien plus pérenne que la gestion communautaire mise en place dans le cadre du projet Perub et dans les projets menés directement par l'Apaus. En effet, il repose sur l'entrepreneuriat privé qui dispose à la fois des compétences pour gérer les plateformes et d'une volonté de toucher de nouveaux marchés en milieu rural. En regroupant les fonctions de fourniture de l'électricité et de maintenance des équipements, la délégation sécurise le service et responsabilise les délégataires, qui sont payés directement par les usagers, et non par l'État.

Cependant, plusieurs aspects doivent encore être améliorés. En matière de construction des plateformes tout d'abord, il devient évident que cette étape constitue le principal frein à un programme de plateformes à grande échelle. En effet, les marchés de construction des plateformes prennent beaucoup de retard du fait de la faible compétence des entreprises de génie civil et de leur

mauvaise organisation. Il convient de trouver les moyens pour fluidifier cette étape de construction. Une solution à cela réside peut-être dans l'auto-construction : chaque village pourrait s'organiser pour construire sa propre plateforme, selon des caractéristiques minimum communes, en mobilisant des artisans locaux. La coordination du programme pourrait alors se contenter d'un contrôle technique pour vérifier la conformité des travaux aux spécifications requises.

La délégation est ensuite un mode de gestion encore en expérimentation. Il conviendra d'attendre quelques années pour en faire un bilan complet. Mais on peut déjà affirmer qu'il ne pourra être efficace que si l'État et l'Apas assument pleinement leur rôle. Le premier pour financer lorsque c'est nécessaire le renouvellement des équipements, afin d'éviter une interruption du service ; la deuxième pour suivre et contrôler le délégataire, dans le respect des dispositions du cahier des charges de la délégation.

La principale faiblesse de ce mode de gestion repose probablement sur la non rentabilité des plateformes : l'État doit financer une partie du coût de renouvellement des équipements. Cela n'est pas problématique en soi puisque c'est également le cas pour tous les services d'électricité en Mauritanie, en zone urbaine comme dans les sites isolés. Mais cela limite la responsabilisation du délégataire car on ne peut encore envisager un investissement conséquent de sa part. Ces entreprises sont donc des gestionnaires de services plus que de réels délégataires qui assument l'intégralité des missions de gestion, de maintenance et de renouvellement. La seule solution pour les responsabiliser pleinement est de mettre en place des dispositifs assez complexes de garantie sur les batteries. Cela implique encore plus de contrôle et de suivi de l'Apas.

Les projets Perub et Erudi ont donc permis de proposer puis de faire évoluer un modèle d'électrification rurale qui a démontré son intérêt. Ces projets ont posé les bases et fourni les outils pour un passage à l'échelle, afin de toucher plus de villages. Cette réplication ne pourra cependant pas être menée par des ONG ; elle nécessite une totale implication de l'État. Les perspectives d'un « programme nationale PTFM » visant plusieurs centaines de village ont déjà été évoquées, mais son lancement n'est pas encore confirmé par l'État mauritanien.

LES MOTS D'ERUDI

Apaus (Agence pour la promotion de l'accès universel aux services) : agence chargée de mettre en œuvre une politique progressive de généralisation des services essentiels au développement économique et au bien-être social, notamment les services d'eau, d'électricité et de télécommunications. L'Apaus a été définie par l'État comme maître d'ouvrage délégué des plateformes.

Équipements d'usage : équipements que les exploitants connectent à la plateforme pour leur activité. Par exemple, le congélateur, le moulin et la télévision sont des équipements d'usage.

Exploitant : coopérative, association, entrepreneur privé qui exploite un service de la plateforme.

Gérant : employé embauché par délégataire, chargé de l'ouverture et de la fermeture du centre, de la gestion de certains services comme la charge téléphone et de l'entretien de la plateforme. Il représente le délégataire dans le village.

Maintenance : activité consistant à vérifier l'état de fonctionnement d'un équipement et à faire les réparations nécessaires pour augmenter sa durée de vie.

Plateforme (ou plateforme multifonctionnelle solaire) : bâtiment équipé de panneaux solaires alimentant en électricité des services (congélateur, moulin, soudure, télévision, artisanat, charge téléphone et charge batterie).

Regroupement des usagers du village (RUV) : organisation locale constituée des habitants d'un village électrifié et responsable du bon fonctionnement de la plateforme. L'exécutif du RUV est constitué par un Comité d'usagers de cinq membres.

Renouvellement : remplacement d'un équipement à la fin de sa durée de vie. Le coût du renouvellement peut être calculé de façon simple en divisant le prix d'achat par la durée de vie estimée de l'équipement.

Services (d'une plateforme) : ce sont les activités qui peuvent se développer grâce à l'électricité dans les plateformes. Certains services sont gérés par le gérant, d'autres par les exploitants.

Village : regroupement de personnes plus ou moins dense en milieu rural. Le village n'est pas une entité administrative reconnue en Mauritanie. Chaque village dispose généralement d'un chef de village.

Pour aller plus loin, les documents suivants sont disponibles en téléchargement sur le site du Gret : www.gret.org

- Samba Camara, Julien Cerqueira, Nalla Samassa, *Électrification rurale par plateformes multifonctionnelles solaires. Synthèse rédigée dans le cadre du projet Erudi*, Gret, août 2016, 32 p.
- Julien Cerqueira, Nalla Samassa, *Fiche projet Erudi*, Gret, mai 2016, 2 p.
- *Film documentaire sur les projets de la 2^{ème} Facilité Énergie en Mauritanie*, Nouakchott, 2015.
- Julien Cerqueira, Nalla Samassa, *Guide des procédures pour la mise en place de plateformes multifonctionnelles solaires*, Gret, juin 2016.
- Julien Cerqueira, Colin Rieutord, *Cahier des charges pour la délégation du service public de l'électricité dans les plateformes multifonctionnelles solaires*, Document de travail, Gret, octobre 2014.

CONTACTS

Représentation du Gret en Mauritanie : samassa.mr@gret.org

tél. : +222 45 25 84 96

www.gret.org/mauritanie

En Mauritanie : Nalla Samassa, samassa.mr@gret.org

Au siège : Julien Cerqueira, cerqueira@gret.org

PROJET FINANCÉ PAR :



*La présente publication a été élaborée avec l'aide de l'Union européenne et de l'Apas.
Le contenu de la publication relève de la seule responsabilité du Gret et ne peut aucunement
être considéré comme étant le point de vue de l'Union européenne et de l'Apas.*