

Rapport final:

Plateforme Energétique Rurale (PER)



Auteur(s):

David Blaise, Tsuanyo, CNDT / MINRESI
Jean-François, Affolter, HEIG-VD / IESE (HES-SO)
Marc Pellerin, HEIG-VD / IESE (HES-SO)

Date du rapport: 31 décembre 2022	Numéro du contrat: 2020.09
Institution: HEIG-VD / IESE (HES-SO)	Pays: Cameroun

Elaboré par:

HEIG-VD / IESE (HES-SO)

Route de Cheseaux 1, 1401 Yverdon

Tél: 024 55 76 306, Jean-francois.affolter@heig-vd.ch , <http://iese.heig-vd.ch>



CNDT-MINRESI,

Ngoa Ekele, Yaoundé, Cameroun

Tél/Fax: +237222 222 509, david.tsuanyo@cndtcameroun.cm , www.cndtcameroun.cm



Avec le soutien de la

Plate-forme REPIC

c/o NET Nowak Energie & Technologie SA

Waldweg 8, CH-1717 St. Ursen

Tél: +41(0)26 494 00 30, Fax: +41(0)26 494 00 34, info@repic.ch / www.repic.ch

La plate-forme REPIC est un mandat des offices fédéraux suivants:

Secrétariat d'Etat à l'économie SECO

Direction du développement et de la coopération DDC

Office fédéral de l'environnement OFEV

Office fédéral de l'énergie OFEN

Le ou les auteurs de ce rapport portent seuls la responsabilité de son contenu et de ses conclusions.



Table des matières

1. Résumé	4
2. Abstract	5
3. Situation initiale	7
4. Objectifs.....	8
5. Revue du projet	8
5.1 Mise en œuvre du projet	8
5.2 Atteinte des objectifs et résultats.....	9
5.3 Préparation de la multiplication et de la réplication	12
5.4 Impacts, durabilité	13
6. Perspectives, suites possibles	14
6.1 Multiplication, réplication	14
6.2 Impacts, soutenabilité	14
7. Enseignements tirés du projet.....	16
8. Conclusions	17
9. Remerciements	18
10. Références	18
11. Annexes.....	19

1. Résumé

- Le milieu rural camerounais, constitué d'à peu près 50% de la population du pays, a un taux d'accès à l'électricité encore inférieur à 23% et un taux d'accès à l'eau potable de moins de 45% [1,2]. Avec des activités essentiellement agropastorales, dans plus de 10 000 localités rurales (environ 75% des cas), les populations sont obligées de parcourir des dizaines de km pour avoir accès à des services énergétiques (moulin, recharge téléphone, coiffure, réfrigération, éclairage séchage, premiers soins de santé, etc.), de même que pour transformer et écouler leurs produits agricoles (manioc, maïs, cacao, café, etc.).
- Il est opportun et nécessaire de favoriser l'accès à l'électricité et à l'eau potable dans ces milieux, tout en leur proposant des utilitaires électriques et hydrauliques de base (machines à moudre, congélateur/réfrigérateur, machines coiffure/couture, recharge téléphone, séchoirs et cuiseurs écologiques, téléviseurs, irrigation et abreuvoir, etc.) afin de booster les activités socio-économiques, par des technologies les plus efficaces et compatibles avec le développement durable.
- Au Cameroun, comme dans la plupart des pays africains, le transfert des technologies est très souvent axé sur le milieu éducatif au détriment des populations utilisatrices de ces technologies. Il est nécessaire de développer des solutions qui s'adressent directement à la population de la localité concernée, tout en s'assurant de leur viabilité technique et financière. Cela implique la mise en place d'un modèle économique qui intègre l'appropriation des solutions proposées par les populations locales.

Le projet « Plateforme Energétique Rurale », en abrégé PER, a consisté en la conception et la réalisation d'une plateforme comprenant un système d'énergie photovoltaïque supporté par un container de 20 pieds et deux de 40 pieds, tous équipés par du matériel permettant de booster les activités socio-économiques dans la localité. Ces trois containers aménagés sont équipés de panneaux photovoltaïques d'une puissance totale de 18,5 kWc sur toit et d'un stockage d'électricité de 18 kWh. Le PER comprend un système d'adduction en eau potable avec pompage solaire photovoltaïque. Deux locaux des containers équipés permettent des formations locales à la fabrication et de distribution des petites technologies d'énergie renouvelable (fours solaires, foyers améliorés, séchoirs solaires, kits solaires), à l'outil informatique, et une infirmerie de secours. Un hangar extérieur permet de faire fonctionner les utilitaires énergétiques et hydrauliques précisés au paragraphe précédent. La figure 1 présente l'allure générale de la PER réalisé. Les travaux se sont déroulés de la manière suivante :

- Le Ministère Camerounais de la Recherche Scientifique et de l'Innovation (MINRESI) à travers son Comité National de Développement des Technologies (CNDT) a effectué des pré-études et entamé la mise en place des containers et du forage. Puis la réalisation définitive de la Plateforme Energétique Rurale a pris lieu au moyen d'une collaboration entre le CNDT-MINRESI et la HEIG-VD ; tout ceci grâce au soutien du REPIC.
- La pré-étude existante servant de base, le dimensionnement précis des éléments à placer dans les locaux et le modèle économique fut finalisé en étroite collaboration, avec l'accueil à la HEIG-VD d'un ingénieur du MINRESI. Puis le matériel fut commandé directement sur place pour ce qui peut l'être ; pour le reste par le biais de la HEIG-VD puis envoyé sur place pour l'installation, dans un container « dernier voyage » utilisé ensuite sur place comme 3^{ème} container de la PER.
- La mise en service s'est effectuée à nouveau en collaboration. Deux représentants (un ingénieur projet et un technicien) de la HEIG-VD ont participé à cette phase au Cameroun. De plus, une dimension pédagogique a été incluse, avec la formation de techniciens pouvant maintenir les installations, faire des fabrications locales des petites technologies d'énergie renouvelable, effectuer des diagnostics ainsi que les réparations et renseigner les utilisateurs sur l'importance des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique.
- Le modèle économique est constitué d'un comité local de gestion, la vente des biens et services initiés sur la plateforme PER à des montants relativement faibles par rapport à la ville, et au reversement d'une certaine contribution mensuelle pour tous ceux qui créeront une activité autour de la plateforme. La collecte se fait par le comité de gestion, et une partie de la somme collectée sert à l'entretien et au remplacement des équipements de la plateforme afin d'assurer sa viabilité économique.

La suite du projet sera la multiplication sur plusieurs sites, afin de faire un rapport global de fonctionnement des PERs sous différents situations socioclimatiques rencontrés dans le pays. Le projet initial envisageait à court terme l'installation de la PER sur 5-6 sites déjà identifiés dans des villages correspondants à toutes les zones agro écologiques du pays. Toutefois, ces étapes nécessiteront un financement supplémentaire.

Dans le cadre de la pérennisation, la population rurale est formée et entièrement impliquée aux aspects opérationnels de la PER. Il en sera de même pour toutes les PERs réalisées dans différentes Régions, comme précisé précédemment. De même, un réseau permettant la mise en connexion des comités de pilotage des différentes plateformes PERs pour le partage d'expérience sera initié.



Figure 1 : vue de la Plateforme Energétique Rurale (PER)

2. Abstract

Rural Cameroon, which embraces about 50% of the country's population, has an electricity access rate of less than 23% and a drinking water access rate of less than 45%. With essentially agropastoral activities, in more than 10'000 rural localities (about 75% of the cases), the populations are constrained to travel dozens of kilometers to have access to energy & services (mill, phone recharging, hairdressing, refrigeration, leisure activities, drying, first aid, etc.), as well to process and sell their agricultural products (manioc, corn, cacao, coffee, etc.).

It is appropriate and necessary to promote access to electricity and drinking water in these areas, while offering basic electrical and hydraulic utilities (milling machines, freezer/fridges, hairdressing/sewing machines, telephone recharging, ecological dryers and cookers, televisions, irrigation and watering places, etc.) in order to boost socio-economic activities, using the most efficient technologies compatible with sustainable development.

In Cameroon, as in most African countries, technology transfer is very often focused on the educational environment to the prejudice of practical solutions for the populations using these technologies. It is necessary to develop solutions that directly address the population of the concerned community, while ensuring their technical and economic viability. This implies the implementation of a financial business model that integrates the appropriation of the proposed solutions by the local populations.

The project consisted of the design and realization of a "Rural Energy Platform" (abbreviated PER) composed of a mini photovoltaic energy system supported by a 20 feet container and two 40 feet containers. These three containers are equipped with photovoltaic panels having a total power of

18.5 kWp and an electricity storage of 18 kWh. The PER includes a drinking water supply system, with photovoltaic pumping. Two equipped container spaces enable local training, as well manufacture and distribution of small-scale renewable energy technologies (solar ovens, improved stoves, solar dryers, solar kits), IT tools, and an emergency dispensary. An outdoor shed allows the operation of the energy and hydraulic utilities specified in the previous paragraph. Figure 1 shows the general appearance of the PER.

The work was carried out in the following manner:

The Cameroonian Ministry of Scientific Research and Innovation (MINRESI) through its National Committee for the Development of Technologies (CNDT) carried out pre-studies and started the installation of containers and drilling. Then the final realization of the Rural Energy Platform took place through a collaboration between CNDT-MINRESI and HEIG-VD; all this thanks to the support of REPIC. Existing pre-study serving as a basis, the precise dimensioning of the elements to be placed in the premises and the economic model were finalized in close collaboration, with the reception at the HEIG-VD of an engineer from MINRESI. Then the material was ordered directly on the spot for what could be; for the rest by the means of the HEIG-VD then sent on the spot for the installation, in a container "last journey" used as 3rd container of the PER.

The commissioning was again done in collaboration. Two representatives (a project engineer and a technician) of the HEIG-VD participated at this phase in Cameroon. In addition, an educational dimension was included, with the training of technicians to maintain the installations, carrying out local manufacturing of small renewable energy technologies, perform diagnostics and repairs and inform users about the importance of renewable energy and energy efficiency.

The economic model consists of a local management committee, the sale of goods and services initiated on the PER platform at relatively low prices compared to the city, and the payment of a certain monthly contribution for all those who will create an activity on the spot. The collection is done by the management committee, and part of the amount is used for the maintenance and replacement of equipment on the platform, to ensure its economic viability.

Further projects will be the multiplication on several sites, in order to make a global report on the performance of the PERs under different socio-climatic situations encountered in the country. The initial project envisages in the short term the installation of the PER on 5-6 sites already identified in the villages corresponding to all the agro-ecological zones of the country. However, this step will require additional funding.

As part of the continuation, the rural population is trained and fully involved in the operational aspects of the PER. The same will be true for all the PER carried out in different regions, as mentioned above. Likewise, a network allowing the connection of the steering committees of the different PER platforms for experience sharing will be initiated.

3. Situation initiale

- Localisation du projet

Le site du projet se situe dans la localité de Mvan Nvog Nyengue, dans la commune d'Akonolinga (figure ci-dessous). Le PER se situe à un carrefour de pistes situé à environ une heure de voiture de la ville d'Akonolinga. Il est entouré de brousse et de forêts où les habitants pratiquent la culture sur brûlis.

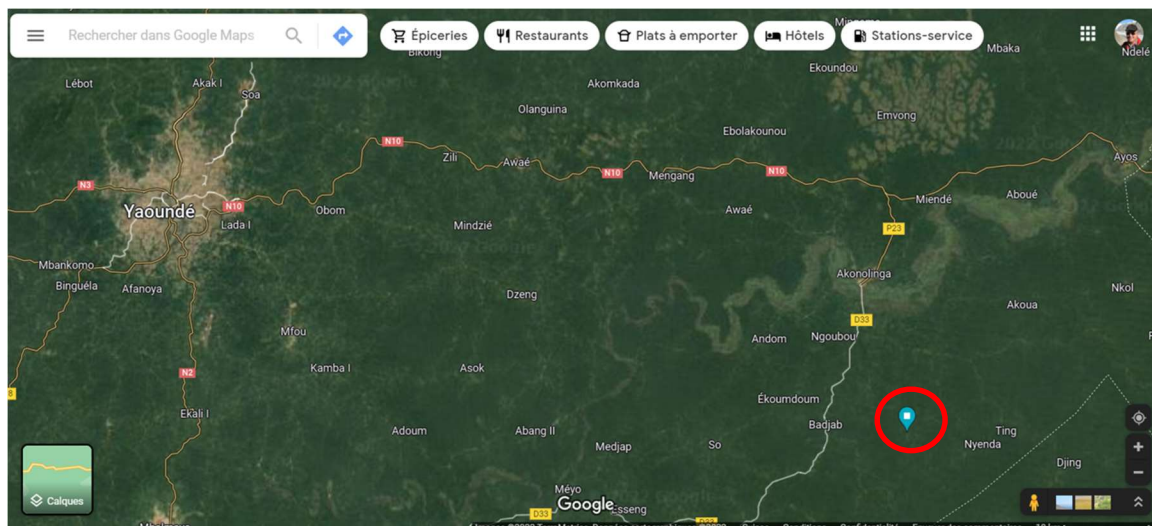


Figure 2 : situation du projet (point bleu), dans la partie centrale du Cameroun

- Situation initiale sur place avant l'installation de la PER :

Les populations de la localité de Mvan Nvog Nyengue (environ 400 habitants), n'avaient accès ni à l'eau potable, ni à l'électricité. Les cours d'eau de la zone constituaient leurs seuls points de ravitaillement en eau « potable » et s'assèchent quasiment 3 à 4 mois par an. Ces populations, pour se coiffer les cheveux, visionner, se coudre des vêtements, ou acheter des aliments de consommation, etc. étaient obligés de parcourir plus de 20 km à pied ou à moto pour ceux qui ont un peu plus de moyens. Des localités comme Mvan Nvog Nyengue, il en existe plus de 10'000 au Cameroun et dans beaucoup de pays d'Afrique subsaharienne.

Les principaux besoins de cette population étaient donc : boire de l'eau potable, s'éclairer, se nourrir, se coiffer, s'habiller, se soigner, améliorer leurs rendements agropastoraux et pouvoir se créer des revenus grâce à la vente et à la transformation de leurs produits agropastoraux particulièrement les céréales et les tubercules de manioc.

- Solutions proposées pour le projet et des activités commerciales dans ce domaine :

La solution proposée « Plateforme Energétique Rural » (PER) est une plateforme innovante différente des kiosques solaires habituels dans la mesure où elle intègre en plus un système d'adduction en eau potable, la fourniture des équipements/utilitaires énergétiques, et d'un espace favorable à la création non seulement d'un marché, mais aussi des activités sociales. Les habituels « kiosque Solaire », actuellement réalisés dans les pays africains, n'intègrent que la recharge de batteries, de téléphones et dans certains cas la réfrigération, et ne se limite qu'à une exploitation limitée de l'énergie solaire. La PER telle que proposée est une solution plus complète, permettant de créer une dynamique de développement auprès de la population par la formation, la fabrication/vente d'équipements et des utilisations diverses provenant de toute source disponible. Ce système n'avait pas encore été construit au Cameroun -et nulle part ailleurs à notre connaissance- est cependant reproductible dans toute autre localité rurale défavorisée. Cela inclut aussi un modèle de gestion nouveau, reparti entre exploitant interne et externe. Ainsi, certains équipements solaires sont aussi vendus plus facilement dans tout le pays, y inclus les systèmes de pompage d'eau.

4. Objectifs

Le projet global a pour objectif de construire des Plateformes Energétiques Rurales dans des localités isolés et démunies, afin de subvenir à leurs besoins en énergie électrique, en énergie thermique et en eau potable et en technologie de transformation ; ceci à partir d'un système d'énergie photovoltaïque, un système solaire d'adduction en eau potable, et la fabrication/distribution des petites technologies durables (fours solaires, foyers améliorés, séchoirs solaires, les kits solaires, moulins, etc.) permettant de booster les activités économiques dans la zone.

Le principal objectif est la réalisation d'une première plateforme PER pilote permettant de valider les dimensionnements et la formation de techniciens. Ce projet pilote permettra ensuite, grâce aux expériences acquises, la réalisation « en série » d'autres plateformes PER au Cameroun, voire dans d'autres pays Africains. Cet objectif se décline en trois points à savoir :

- Apporter une alimentation électrique durable soutenant les activités socio-économiques locales dans des zones reculées et isolées ;
- Apporter une alimentation en eau potable pour la population et les zones agropastorales ;
- Favoriser la vie sociale et économique des populations.

5. Revue du projet

5.1 Mise en œuvre du projet

L'approche de mise en œuvre du projet consistait à partir des travaux préliminaires, réalisés par l'équipe du Comité National de Développement des Technologies (CNDT) du Ministère Camerounais de la Recherche Scientifique et de l'Innovation (MINRESI), pour réaliser de manière définitive la PER au moyen d'une collaboration entre le MINRESI et la HEIG-VD, grâce au soutien du REPIC.

La démarche de mise en œuvre globale s'est articulée par les activités suivantes :

Activité 1 : Cahier de charges et études de conception du système

Cette activité a inclus l'étude et l'installation de la PER avec centrale solaire autonome de 18.5 kWc supportée par trois containers aménagés, du pompage et d'un kiosque construit.

- Sous-tâche 1.1 : Visites mutuelles et ajustement des idées définitives sur les processus du projet. A la fin de cette étape, l'organisation de détail fut établie/consolidée
- Sous-tâche 1.2 : Rédaction du cahier de charges définitif de la PER. L'idée était déjà bien avancée, mais une formalisation des performances et des prestations exigées fut nécessaire. De même, plusieurs modèles économiques furent envisagés et l'un fut déterminé avec le soin nécessaire pour qu'à la mise en service il soit accepté par les utilisateurs. Une évaluation socio-économique avant réalisation a été faite. A la fin de cette étape, le cahier des charges et un modèle économique applicable furent disponibles.
- Sous-tâche 1.3 : Dimensionnement définitif de la PER, choix du matériel. Une étude complète avec modélisation du fonctionnement (avec le logiciel spécialisé type PVSyst) a soutenu le dimensionnement. Le choix du matériel s'est effectué en comparaison des produits disponibles au Cameroun et en Suisse, avec le choix des meilleures options tant en termes de respect des coûts que du point de vue fiabilité et facilité de maintenance. Cette étape s'est conclue par un dossier descriptif, une liste de matériel respectant le budget disponible et la répartition des tâches concernant les commandes à effectuer

Activité 2 : Réalisation de la Plateforme Energétique Rurale

- Sous-tâche 2.1 : Commandes et préparation de la réalisation : Chaque partenaire a commandé le matériel défini. Pour le matériel de provenance Suisse il fut nécessaire d'organiser l'envoi jusqu'au MINRESI, lequel s'est chargé de l'acheminement local. En parallèle, les plans et schémas nécessaires se sont effectués, de manière à minimiser les risques d'erreur. Sur place, la formation à la fabrication, montage et à la maîtrise locales des petites technologies d'énergies (moulins, séchoir solaire, kit solaire, foyers bioénergies, etc.) démarrent. La HEIG-VD s'est procurée des batteries sodium-nickel et les a testées avant de les envoyer au Cameroun. Le but des tests était d'acquérir les connaissances utiles pour leur mise en service et leurs modes d'utilisation dans les conditions locales. A la fin de cette activité, tout le matériel d'installation était disponible sur site, ainsi que la documentation nécessaire au montage.

Il convient de noter que l'objectif de départ était d'utiliser des batteries à eau salée. Bien que la technologie semble prometteuse, après analyse de leur disponibilité et de leur fonctionnement à l'état actuel, il a été décidé de recentrer le choix sur un stockage sodium-nickel. D'une part pour éviter les

batteries au plomb et d'autre part pour les tester sur le long terme dans des conditions sub-sahariennes. Ce choix technologique a en outre été conforté par le fait qu'un autre projet REPIC s'apprêtait à installer ce type de batteries au Cameroun, ce qui laissait entrevoir d'intéressantes possibilités de collaboration pour la maintenance et l'échange d'expériences.

- Sous-tâche 2.2 : Réalisation des infrastructures principales. Un kiosque avec le pompage a été réalisé en premier. Puis dans une seconde étape le reste a été installé et construit, soit deux containers 40 pieds compartimentés en kiosques, munis d'une installation solaire de 15 kW (en micro-réseau), avec stockage. A la fin de cette étape, les installations techniques du micro-réseau, opérationnelles, ont été offertes à l'usage des utilisateurs.
- Sous-tâche 2.3 : Réalisation des infrastructures secondaires. L'accueil des utilisateurs et les branchements des utilitaires ont été réalisés (installations frigorifiques, moulins, appareils de coiffure, de dentisteries etc.). Les contrôles techniques, les mises au point nécessaires ont été effectuées.
- Sous-tâche 2.4 : Des techniciens ont été formés sur place, pour assurer la maintenance, la formation et l'accueil de nouveaux utilisateurs, résoudre les problèmes « du quotidien ». Un système est mis en place pour assurer le suivi et l'intervention en cas de problèmes ne pouvant être résolu par les techniciens locaux. Les documents de maintenance sont établis. Toute la documentation est organisée de manière à être facilement accessible au cours de la vie des installations. A la fin de la tâche, l'installation a été laissée en exploitation de manière fiable aux responsables locaux désignés.

Activité 3 : Analyses techniques et socio-économiques

- Sous-tâche 3.1 : Analyses socio-économiques. Des premières analyses post-mise en service ont été effectuées, au moyen d'Ateliers de restitution du projet et fonctionnement des activités économiques avec les populations locales. Cela a permis d'évaluer le LCOE, de mettre en œuvre le modèle économique basé sur le comité de gestion et de tirer des conclusions stratégiques pour la mise en œuvre des prochaines PER. Il sera question par la suite de démontrer annuellement, sur la base du fonctionnement quotidien réel, la rentabilité économique de ce premier pilote (le principal critère de succès) de recenser et de résorber par ricochet tous les verrous pouvant influencer la réplication et la multiplication de la PER dans d'autres sites. Des enseignements ont été tirés sur toutes les phases du projet, sur les aspects utilisateurs et sur le modèle économique appliqué. Le développement spontané de multiples nouvelles activités, incluant le nombre d'emploi créé, serait un véritable critère de succès autour de la PER.

Activité 4 : Administratif, reporting et dissémination

- Sous-tâche 4.1 : Rapports, articles et dissémination. Pendant et à la conclusion du projet, des conférences ont été organisées pour disséminer l'information sur le concept de PER et favoriser la multiplication des plateformes. Une conférence sous forme PPT, un poster, une vidéo sur l'installation ainsi qu'un rapport final sont disponibles.
- Sous-tâche 4.2 : Gestion de projet. La gestion fut assurée conjointement et de manière coordonnée par HEIG-VD et MINRESI. Chaque organisme fut responsable de ses propres frais de gestion.

Malgré quelques ajustements du projet initial, entre autres dans le choix du container et dans la disposition du site, l'idée de base a été respectée. Les principaux changements effectués ont été :

- La disposition du site pour que l'installation solaire soit plus facile à mettre en place
- La taille, plus grande, du container envoyé pour que la population puisse bénéficier d'un local supplémentaire (et de l'envoi de matériel en sus)
- Le type de batterie pour avoir un modèle intéressant à étudier avec de meilleurs retours que le premier modèle choisi, tout en respectant mieux l'environnement que des batteries au plomb ou au lithium

Un léger retard a été pris à cause de la situation sanitaire mais les équipes se sont activées et tout le matériel a été livré et installé dans des délais très raisonnables.

5.2 Atteinte des objectifs et résultats

Objectif 1 : Apporter une alimentation électrique durable soutenant les activités locales

Résultat 1 : Une alimentation électrique durable constituée d'un système photovoltaïque de 18,5 kW et d'une capacité de stockage d'énergie de 18 kWh pour favoriser les activités locales du village. Cette énergie électrique permet d'alimenter les petits moteurs (moulins à moudre, réfrigérateurs, recharges batteries de téléphones, machine à coudre et tondeuse pour coiffure, appareils de dentisterie, stockages de vaccins, conservation de biens de consommation, etc.).

Objectif 2 : Apporter une alimentation en eau potable pour la population et les zones agropastorales

Résultat 2 : Un système de pompage solaire, constitué d'un champ photovoltaïque de 3,4 kWc, d'un forage de 82 m de profondeur et d'un réservoir de stockage d'eau de 5'000 litres, a été mis sur pieds. Ce système d'adduction en eau potable alimente la population, les zones agricoles et l'élevage des plusieurs villages.

Objectif 3 : Favoriser la vie sociale et économique des populations

Résultat 3 : Grâce à la plateforme PER, il a été noté une amélioration importante de la qualité de vie des populations de la localité de MVAN NVOG NYEGUE et les localités environnantes grâce à la fourniture de l'électricité, de l'eau potable, des services énergétiques et des systèmes durables de fourniture d'énergie thermique (pour la cuisson et le chauffage).

De même, des formations ont été faites à l'endroit de la population dans la fabrication, et la distribution des petites technologies d'énergies utiles aux populations rurales (fabrication et distribution des kits photovoltaïques, des fours solaires, séchoirs solaires, foyers améliorés) et l'accroissement des services énergétiques ;

Illustration des résultats :



(a) Salle d'apprentissage



(b) Salle de couture



(c) Mise en marche d'une machine à moudre



(d) système d'adduction en eau potable



(e) Infirmerie (Pratique de la médecine dentaire au niveau de la PER) et coiffure autour de la plateforme

Figure 3 (a à e) : Quelques images de mise en fonctionnement de la PER

5.3 Préparation de la multiplication et de la réplication

Pour préparer la multiplication et la réplication, les mesures suivantes ont déjà été prises:

- **Sensibilisation et communication sur l'importance d'une PER**

Tout au long du projet, plusieurs communications ont été effectuées en vue d'assurer une prise en main du système autant par les bénéficiaires que par les potentiels partenaires techniques et financiers. Ci-dessous quelques images reflétant les communications effectuées. D'autres articles et spots vidéo seront publiés tout au long du fonctionnement du système.

			
Séminaire sur site de la PER lors de la mise en place du système (Akonolinga, Mars 2022)	Séminaire sur la PER au Ministère Camerounais de la recherche (Yaoundé, mars 2022)	Conférence de vulgarisation du concept PER auprès des élèves-ingénieurs de la HEIG-VD (Suisse, octobre 2022)	Séminaire sur la PER à la HEIG-VD (Yverdon-les-Bains, octobre 2022)

- **Le traitement des éléments de maîtrise de la technologie**

- Une attention particulière a été mise sur la documentation du projet (plans, photos, appui avec la réalisation de séquences filmées, formation de techniciens) afin de produire un « manuel de réalisation »
- Elaboration des documents pour la maintenance du site (fiches de contrôles et d'entretien) pour assurer le fonctionnement pérenne de l'installation.

- **La recherche des partenariats techniques et financiers**

- Les technologies, les fournisseurs locaux et les coûts de différents composants d'une PER ont été examinés et des perspectives de collaboration sont envisagés avec certaines structures notamment :
 - ASG (African Solar Generation). Cette jeune société, encouragée par un autre projet REPIC, développe des sites alimentés au PV et avec le même système de stockage. Une collaboration est prévisible en cas d'échange de matériel ou de réparations
 - ASGI (African Solar Generation International). Possibilité d'importation de produits solaires à des tarifs préférentiels
 - Mhyllab : laboratoire de la mini-hydraulique, Suisse. Contacts établis en vue d'ajouter des productions hydrauliques aux PER dont les sites qui s'y prêteront
 - Centre Albert Schweizer (CEAS). Contacts établis pour l'examen de futures solutions technologiques pour la transformation locale
- Le CNDT - MINRESI a présenté le concept PER aux autorités locales et le projet pilote réalisé sera soumis officiellement au Gouvernement du Cameroun, dans le cadre des missions régaliennes du CNDT, afin de solliciter une prise en main par le Ministère en charge de l'énergie et l'Agence d'Electrification Rurale
- Conception structurelle : Des subventions supplémentaires seront sollicitées pour installer 5 autres pilotes PER dans les zones ayant des structures agro écologiques et socio-économiques différentes, afin de mieux maîtriser les stratégies de réplication.
- Parallèlement, des demandes de subventions seront soumises aux potentiels partenaires techniques et financiers pour la réalisation de ces 5 autres pilotes PER. La recherche des partenaires financiers est toujours en cours, y inclus REPIC.

5.4 Impacts, durabilité

Les impacts et la durabilité de la PER réalisé sont perceptibles à travers l'analyse SWOT ci-dessous

Forces : Limite l'exode rural ; eau potable ; conservation des aliments ; éducation-formation ; médecine d'urgence ; limite les besoins de déplacements à la ville (chers et polluants), transformation locales des récoltes, accroissement des techniques agricoles	Faiblesses : Modèle économique (cher pour les revenus locaux) ; puissance limitée (p.ex. pas possible de faire de la soudure à arc, un des besoins qui pourrait s'avérer) ; l'absence du réseau téléphonique et internet
Opportunités : Offre des perspectives d'emploi localement ; vie sociale favorisée (visionnements) ; nouveaux métiers (p.ex., artisanat du bois, fabrication locale) épanouissement social, éveil de la population, formations, bibliothèque	Menaces : Panne de matériel (mais ce risque est limité car l'installation se compose de 4 branches PV indépendantes et de 2 batteries) Mauvais suivi et entretien ; responsable technique local pas efficace ; encaissements financiers qui ne suivent pas

Les facteurs/indicateurs pertinents et spécifiques au projet sont clairement identifiés dans le tableau ci-dessous

Ecologique	Unité	A la conclusion du projet REPIC
Puissance installée en énergies renouvelables	[kW]	18,5 (Photovoltaïque)
Energie renouvelable produite	[kWh]/an	12 à 18'000 kWh/an*
Energie fossile économisée	[kWh]/an	9 à 14'000 litres/an*
Réduction des gaz à effet de serre	[t CO ₂ -eq] /an	23 à 35 t/an*
Déchets nouvellement récoltés et triés	[t]	Négligeable
Déchets nouvellement recyclés	[t]	Négligeable
Economique		
Coûts de l'énergie (LCOE)	[CHF/kWh]	0,56 CHF/kWh
Retour sur Investissement (RSI)	[année]	20 ans
Seuil de rentabilité	[%]	5 %
Social		
Nombre de bénéficiaires	[personnes]	Plus 400
Nombre de nouvelles places de travail	[Nombre]	5 à plus de 20 (évolutif**)
Nombre de personnes formées	[Nombre]	30 à 300 (évolutif***)
Autre indicateurs		
Chiffre d'affaire annuel de la PER	[CHF]	Évolutif
Nombre de commerces ouverts	[unité]	Evolutif**

Remarques sur les indications du tableau :

*Certains chiffres sont dépendant de l'énergie délivrée par la PER ; ainsi une certaine sensibilité est indiquée (bornes min et max.). Par exemple, il existe une variation du LCOE de 0,49 à 0,67 ct/kWh en fonction de l'énergie délivrée par la PER, donc des activités lucratives développées autour de la PER ou des places de travail. Notons que ce coût est concurrentiel à un kWh qui serait obtenu par des groupes thermiques, revenant dans les conditions locales à 0,68 CHF/kWh ; sans compter qu'il faudrait acheminer le carburant sur place.

Le coût des batteries de la PER influence énormément le LCOE, car deux batteries ont été privilégiées dans le cadre de ce projet pilote pour question de sécurité. Il serait possible de privilégier la réduction du parc de batteries dans les projets PER, tout en maximisant l'utilisation de l'énergie au cours de la journée.

**Il est attendu au début de 5 à 10 places, puis une évolution en fonction de l'attractivité du modèle proposé. Le nombre de places est limité par la puissance maximum et le nombre de prises disponibles

***Le PER dispose d'une salle d'enseignement, équipé de 8 ordinateurs. Il est prévu des cours éducatifs pour les enfants et des cours professionnels pour les adultes (type arboriculture, vétérinaire, bureautique, mais aussi sur la santé, sexualité ou autres thèmes utiles). Il est difficile de prévoir combien de personnes seront ainsi formées, mais potentiellement plusieurs centaines.

6. Perspectives, suites possibles

6.1 Multiplication, réplication

La réplication et la multiplication de la PER est conditionné par disponibilité de nouveaux financements. Il est prévu après ce premier pilote, que 5 autres soient construits dans 5 sites ayant des caractéristiques différentes. En effet, le Cameroun est une « Afrique miniature » car il existe 5 zones bien particulières : zone sahéenne, zone montagneuse, zone forestière, semi-équatoriale et semi-tropicale. Ainsi, l'intérêt de tester les PER dans d'autres régions s'explique par des conditions climatiques bien différentes, idem les comportements sociaux, les différentes condition agro-climatiques ; les différentes capacité d'accueil, l'enthousiasme, les initiatives locales ; l'éventuelle nécessité d'adapter les conditions économiques etc. Cette démarche permettra d'optimiser chaque fois les PER en fonction de tous ces paramètres.

Il est ainsi escompté que les résultats d'étude des 5 PER puissent être extrapolés à toute l'Afrique et servir de « modèles » à d'autres pays de ce continent.

Le principe de fonctionnement et le modèle économique restent similaires, mais la ressource énergétique peut changer. Les étapes suivantes seront donc entreprises afin de faciliter la réplication et la multiplication du système :

Etape 1 : Soumettre le rapport technico-économique de réplication et faire visiter la PER pilote au Gouvernement Camerounais (ceci entre dans le cadre des missions régaliennes du CNDT-MINRESI)

Etape 2 : Rechercher des financements pour la construction de 5 autres sites pilotes en fonction des opportunités d'appels à financement disponibles

Etape 3 : Optimiser les PER existantes et reprendre des études techniques et économiques puis, rapporter globalement sur toutes les PER installées afin de soumettre le projet de multiplication des PER à travers des investissements. A ce moment, il sera question de confirmer les conditions de rentabilité de la PER pour les rendre totalement attrayant à l'investissement.

6.2 Impacts, soutenabilité

Aspects économiques :

- Viabilité financière : un mécanisme de recouvrement des coûts très diversifié grâce à différents flux de génération de revenus permet de stabiliser et d'augmenter les flux de trésorerie du Comité de Pilotage de la Plateforme PER de la localité. Les coûts d'investissement et d'exploitation sont récupérés et un bénéfice éthiquement acceptable est généré.
- Personnalisation : les offres de solutions seront adaptées aux besoins des communautés et aux exigences du lieu.
- Entrepreneurat local : un accent particulier est mis sur le soutien aux initiatives entrepreneuriales locales qui favorisent la croissance inclusive et le développement communautaire.

Aspects sociaux :

- Les enfants de la localité ont des solutions d'éclairage pour apprendre les leçons le soir, de plus, une salle de formation et de lecture, dans laquelle une mini-bibliothèque est aménagée.
- L'outil informatique n'est plus un mystère pour les jeunes et les écoliers de la localité. Désormais ils ont accès aux mêmes services informatiques qu'en ville et un marché de reprographie pourra se créer dans les prochains jours.

- Les populations trouvent plus de plaisir à vivre dans leur environnement, les conditions de vie sont améliorées, Ils peuvent désormais se coiffer sur place, coudre leurs vêtements sur place, acheter les produits de premières consommations sur place, etc.
- La plateforme est aussi un espace de loisir pour visionner les matchs football (très aimés dans la région), et écouter la musique etc.
- Avec la mise en œuvre d'une Plateforme PER, nous aurons créé initialement cinq emplois directs dans ces plateformes. En outre, nous allons donner la possibilité aux jeunes artisans de générer des revenus autour de la plateforme. De même, avec les locataires des plateformes, nous allons créer/sécuriser environ 20 à 30 emplois indirects.
- Les opérateurs locaux et leurs collaborateurs sont formés aux aspects techniques de solaire PV et solaire thermique, à la potabilisation de l'eau, aux pratiques d'hygiène, d'utilisation efficace de l'énergie, à la comptabilité et au secrétariat-bureautique.
- Harmonisation et intégration des communautés : La plateforme PER crée un environnement permettant aux membres de la communauté de se réunir en un même lieu, où ils peuvent discuter des questions de développement social et communautaire.

Aspects environnementaux :

- Respect de l'environnement : Le système de production d'électricité et du pompage de l'eau est alimenté par des énergies renouvelables (énergie solaire). L'énergie renouvelable est également utilisée pour recharger les appareils électroniques et fournir de l'électricité aux boutiques et hangar loués.
- Réduction des émissions : Les émissions polluantes sont réduites car il n'est plus nécessaire de recourir aux générateurs ou petites machines à essence, de faible rendement et souvent défaillantes, pour fournir de l'énergie aux jeunes artisans, qui disposent désormais d'une électricité fiable au niveau de la plateforme. De plus, la pratique courante consistant à brûler du bois de chauffage récolté de manière non durable pour faire bouillir de l'eau à des fins de consommation est réduite, grâce au pompage de l'eau propre de la nappe phréatique et aux foyers améliorés.



Figure 4 : vie sociale, visionnement d'émissions TV/football

7. Enseignements tirés du projet

Enseignements technico-économiques :

Le LCOE du kWh d'un système îloté reste élevé, peut-être encore trop élevé pour la population locale. L'analyse des coûts montre que le coût de la batterie est en première position responsable du coût. La technologie choisie semble néanmoins parfaitement adaptée au milieu dans lequel elle fonctionne. Toutefois elle présente le défaut d'une autodécharge nocturne assez forte ; les quelques 300 à 400 W en permanence pour maintenir la température à 265 degrés obligent un surdimensionnement de 3-4 kWh pour la nuit. Sur un total de 18 kWh ceci représente 20 à 30% de surcoût. Suivent les coûts du génie-civil et de la logistique, qui sont eux difficilement compressibles.

Une diminution de la taille batterie est envisageable, mais cette technologie Sodium-Nickel n'étant livrée que par modules de 9 kWh, un seul module limiterait beaucoup les activités sociales en soirée¹ et encouragerait la maximisation des activités au cours des heures ensoleillées. Le fait d'avoir deux éléments de batteries permet une sécurité (n-1), de quoi permettre un fonctionnement réduit du PER si l'une des deux tombes en panne. Se fournir en Suisse, l'envoyer, la remplacer et la remise en service peut prendre plusieurs mois. Or après avoir offert un service et une certaine « dépendance » des places de travail au fonctionnement du système, il serait navrant de mettre toutes les activités « au chômage » aussi longtemps et probablement très contre-productif pour la réputation de ce genre d'installation. Un changement avec du lithium permettrait plus de souplesse mais rappelons qu'ici la volonté était délibérée d'éviter cette chimie, ainsi que le Plomb.

Une réduction du coût de l'investissement peut toutefois être estimée de 15 à 30% par rapport à ce projet en optimisant la chaîne de fourniture de tout ce matériel, la commande « en gros » de certains éléments et des négociations plus serrées avec les fournisseurs.

Des souhaits de la population environnante se sont déjà exprimés d'avoir l'électricité dans toutes les maisons alentour. Ceci conforte l'intérêt de kits solaires ou/et d'étudier la possibilité de coupler des micro-réseaux, basés sur des PER, qui seraient optimisés à cet effet.

Enseignements organisationnels :

Nous pensons que le succès de la démarche réside dans la conduite du projet en étroite et bonne collaboration entre le Cameroun et la Suisse. Ceci aidé par l'accueil des partenaires lors des phases d'élaboration du projet. Les partenaires étaient spécialisés dans les mêmes thématiques, avec les idées claires sur les besoins et les possibilités. En outre, une organisation et une planification détaillée ont été réalisées en commun (le temps nécessaire a été pris pour ce faire, sans travailler « dans l'urgence » ou dans le stress).

La mise en service en collaboration, avec plusieurs ingénieurs, a permis de s'assurer que le partenaire local a une bonne maîtrise de l'installation, ainsi une bonne prise en main permettant d'assurer du bon fonctionnement à long terme.

Ayant un appareil qui s'est révélé défectueux lors de la mise en service, nous avons pu apprécier la collaboration avec un autre porteur de projet sur place (fondation Antenna) pour le remplacement de cet équipement. Ainsi, nous pouvons recommander de mettre en contact formellement les différents porteurs de projet dans un même pays, dès le départ, pour des échanges d'expériences ou des échanges de services (on peut penser, par exemple : à partager des containers pour l'envoi de matériel ; échanger les « bonnes adresses », p.ex. des artisans effectuant du travail de qualité ; sur des entreprises locales fournissant du matériel spécifique ; sur les habitudes locales facilitant les démarches etc.). On peut aussi penser à provoquer ces contacts avec les porteurs de projets utilisant les mêmes technologies, même si ce n'est pas dans les mêmes pays, dans l'esprit de faire profiter les autres des expériences acquises et ainsi renforcer l'efficacité générale.

¹ Rappelons que la nuit tombe chaque jour de l'année entre 18 et 19h sous ces latitudes

8. Conclusions

Les jeunes de la localité peuvent dorénavant transformer et conserver les produits cultivés sans se déplacer. De même, ils seront plus concentrés sur leurs études avec la disponibilité d'éclairage au niveau de la PER. Avec une salle informatique et des outils nécessaires disponibles, ils seront mieux instruits. Par ailleurs, les femmes ménagères pratiqueront la couture sans difficulté, car la PER a mis à leurs dispositions cinq machines à coudre ainsi que de l'énergie électrique pour leur fonctionnement.

La présence d'électricité permet aux activités artisanales de se développer et de créer de l'emploi local, évitant aussi de nombreux trajets (longs, coûteux et polluants) à la prochaine ville. La conservation des aliments grâce aux possibilités de réfrigération est progrès notable, car sans ces moyens les denrées se corrompent en peu de temps.

La mise à disposition d'eau potable est un énorme progrès pour le confort de vie et la situation sanitaire. En bref, les conditions de vie sociale et économique se sont nettement améliorées.

Il est encore souhaitable d'investir du temps en amont pour étudier comment les utilisateurs finaux se serviront de toutes les technologies et services qu'offrent la plateforme. Il est aussi nécessaire de veiller sur le modèle économique afin de certifier de la viabilité économique de l'installation, de manière à anticiper d'éventuels futurs problèmes. Il est possible de procéder à des ajustements qui conduisent à une réussite des concepts de la PER.

Transformer un environnement presque invivable (sans eau, ni électricité) en un « oasis » de confort et de développement autant pour les jeunes-élèves que pour les paysans locaux restent la plus grande satisfaction de ce projet. Des environnements comme celui exprimé dans ce projet existent par milliers au Cameroun et en Afrique de manière générale. Au lieu de lancer toutes les préoccupations vers l'extension des réseaux HT financièrement insupportable par les pays Africains, il serait intéressant d'offrir des conditions socio-économiques saines à toutes les couches de la population où qu'elle se trouve à travers des microsystèmes décentralisés d'énergie et d'eau comme celui exprimé par la PER. De plus, l'amélioration des conditions de vie dans ces zones reculées permet de limiter l'exode rural et de favoriser le retour « aux sources » des autochtones ayant quittés la localité depuis longtemps à cause des conditions de vie difficiles.

9. Remerciements

Nous souhaitons remercier REPIC pour le soutien financier ayant assuré la réalisation du projet.

Nos remerciements vont aux techniciens de la HEIG-VD et du MINRESI ainsi qu'aux Directions de ces établissements, pour leur soutien proactif constant.

Un grand merci aux entreprises ayant fourni du matériel à « prix coûtant » ainsi qu'à toutes les personnes ayant effectué des dons complémentaires qui ont permis d'équiper le PER (matériel médical, informatique, livres, divertissement, etc.).

10. Références

- [1] Ministère de l'eau et de l'énergie du Cameroun : « Situation énergétique du Cameroun » 2017
- [2] AIEA « World Energy Outlook », 2019

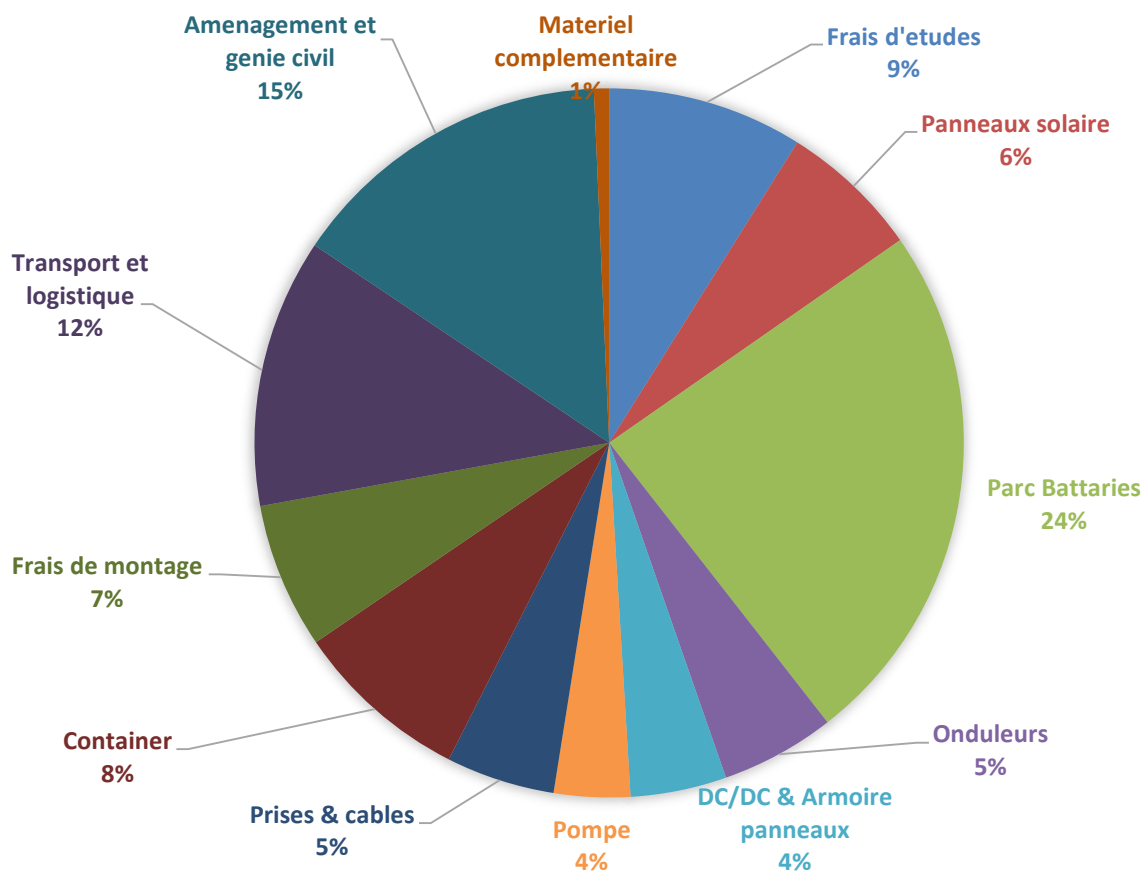
11. Annexes

Annexe 1 : prototype de vulgarisation du concept PER

Pour faciliter la compréhension du concept de PER, un prototype adjoint à des poster ont été conçu et exposé à des foires nationales au Cameroun :



Annexe 2 : Pourcentages des coûts du système PER



Annexe 3 : Photos de la mise sur pieds du projet pilote de la Plateforme PER



Annexe 4 : Poster version 1 du projet PER



MINISTRE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET DE L'INNOVATION
COMITE NATIONAL DE DEVELOPPEMENT DES TECHNOLOGIES
 Présentation générale du projet



Concept de « PLATEFORME ENERGIQUE RURAL »

pour booster les activités socio-économiques dans une localité rurale non électrifiée
 (cas du village Mvan Mvong Nyengue, Arrondissement d'Akonolinga)

Financement: 90.000 000 FCFA (Coopération Suisse)

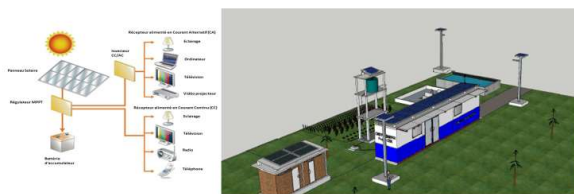
Résumé

Au Cameroun, le taux moyen d'accès à l'électricité est estimé à 23% en zone rurale [1]. Ceci est principalement dû à leur enclavement et leur dispersion. Ce qui entraîne les coûts de production et de transport de l'électricité élevés. Cependant, au regard de l'important potentiel solaire du pays (estimé à 4,8 KWh/m2/jr), il est opportun de promouvoir la production d'énergie électrique décentralisée par des systèmes solaires. C'est dans ce contexte que naît le projet de réalisation d'un « Plateforme Energétique Rurale (PER) ». Le but de ce concept innovant PER est de booster les activités socioéconomiques dans les localités rurales non électrifiées en facilitant l'accès à l'électricité et à la vulgarisation des techniques de fabrication des systèmes énergétiques à énergie solaire. La localité de Mvan Mvong Nyengue a reçu ce projet comme site pilote.

Objectifs général

Faciliter l'accès aux services énergétiques dans une localité rurale isolé dans le but de booster les activités socio-économiques.

Principe de fonctionnement et conception



Le système solaire photovoltaïque installé est composé principalement de 04 éléments : Un champ solaire (5kWc), un régulateur de charge, un parc de batterie et un onduleur,

Mise en œuvre du projet



Résultats actuels

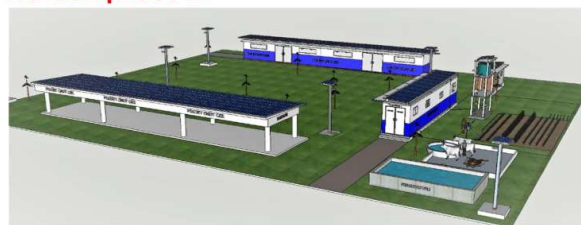


Figure 3 images des installations PER sur le site d'Akonolinga

Utilisations du PER



Travaux phase 2:



- Extension pour support modules solaires pouvant contenir 15kWc (Un container + un hangar)
- Local technique et toilettes alimentés à l'énergie solaire
- Achat du matériel usuel de fonctionnement (congélateur, moulin, hachoir et 4 ordinateurs fixes)

Partenaires: REPIC

Renewable Energy
 Energy & Resource Efficiency
 Promotion in
 International
 Cooperation

HEIG^{vx}

IESE INSTITUT D'ENERGIE ET SYSTEMES ELECTRIQUES

CNDT-Comité National de Développement des Technologies- BP 1457 Yaoundé- CAMEROUN
 Tél/Fax : (+237) 222. 222. 509 – Mail : contact@cndtcameroun.cm - www.cndtcameroun.cm