Financement de deux systèmes photovoltaïques au Bénin

Etudiant : Cavillier Quentin
Superviseur : M. Wieser Philippe EPFL
Juillet 2013

Sommaire

Le projet en deux minutes : 2
Situation actuelle au Bénin : 3
Description du projet : 3
Déroulement du projet : 4
Sites des installations : 5
Image 1 : Localisation de la commune de Savalou au Bénin 5
Dispensaire de Lahotan dans la commune de Savalou 6
Image 2 : Dispensaire de Lahotan 6
Ecole primaire de Lahotan dans la commune de Savalou 7
Image 3 : Ecole de Lahotan 7
Plan de financement : 8
Fonds nécessaires à la mise en œuvre du projet 9
Continuité du projet 9
Sponsoring et Dons 9
Annexe 1 : Dimensionnement du système du dispensaire 10
Annexe 2 : Dimensionnement du système de l'école primaire : 12
Annexe 3 : Description des frais de l'étudiant sur place : 14
Annexe 4 : Frais supplémentaires 14
Annexe 5 : Lettres d'engagements des bénéficiaires 15

Le projet en deux minutes :

L'installation de systèmes photovoltaïques dans des pays en développement peut paraitre utopique et non prioritaire. Cependant pour qu'un pays puisse se développer, son accès à l'électricité doit être assuré. Ceci n'est malheureusement pas le cas pour le Bénin avec uniquement 5% des ménages en milieux ruraux qui ont accès à l'électricité. Ce pays possède un grand potentiel de développement grâce à l'instauration d'une démocratie et d'une volonté commune du gouvernement.

Le moteur principal de l'ONG « Pont Universel » est de donner l'opportunité à des citoyens suisses souhaitant aller à la rencontre d'une autre culture de pouvoir partager leurs connaissances dans un but humanitaire. Ainsi l'ONG « Pont Universel » a proposé à l'étudiant Quentin Cavillier, en projet de Master en mécanique à l'EPFL, de réaliser un de leurs projets en cours. Ce projet consiste en la promotion du photovoltaïque en milieu rural au Bénin. Pour cela, les installations de deux systèmes photovoltaïques autonomes, le premier sur un dispensaire et le second sur une école, sont prévues dans la commune de Savalou. Les deux sites choisis font partis d'un autre projet plus important d'installation de systèmes photovoltaïques comprenant les installations d'une trentaine de systèmes similaires supervisé par l'ONG « Electriciens sans frontières ».

La création de ce projet de Master est fondée sur la nécessité de transmettre les connaissances et de promouvoir les systèmes électriques durables dans des pays qui ont actuellement un grand besoin de nouvelles sources d'énergies.
De plus, un travail de sensibilisation sur l'entretien et la sécurité des systèmes permettra d'assurer la pérennité de leurs utilisations.
La commune de Savalou c'est engagée à verser un budget d'environ 1500 CHF par an pour l'entretien et la sécurité des systèmes photovoltaïques. Les coûts pour l'achat du matériel s'élèvent à 16'780 CHF, dont 9'670 CHF pour le système du dispensaire et 7'110 CHF pour celui de l'école. Le budget total estimé du projet s'élève à 25'180 CHF. La suite de ce rapport comporte la présentation des deux sites et le justificatif du dimensionnement des deux systèmes électriques. La recherche de fonds consiste bien évidement à réunir une somme suffisante pour acheter le matériel sur place et garantir l'installation complète, cependant le don de matériel ou d'expérience sur la réalisation de ce projet sont aussi grandement recherchés.

Situation actuelle au Bénin :

Le Bénin est un pays avec une stabilité politique très forte en Afrique occidentale. L'implémentation d'une démocratie et d'une constitution en 1990 a permis des développements sociaux-économiques importants avec, par exemple, l'instauration de la scolarité obligatoire.
Un des problèmes majeurs au Bénin est l'approvisionnement en électricité ce qui freine énormément son développement. Actuellement le Bénin ne produit que 10% de l'électricité qu'il consomme. L'électricité importée provenant de pays voisins peu fiables, tel que le Nigéria, le réseau subit de fréquentes coupures de courant. Certaines études montrent que l'accès à l'électricité varie de 80% en littoral dans les grandes villes à 5% en milieu rural avec une moyenne de 22% pour le pays. Même si le nombre de ménages en ville bénéficiant de l'électricité augmente annuellement, les ménages situés en milieu rural ne peuvent être reliés au réseau à cause de l'isolement géographique de ceux-ci. Ainsi, face à cette difficulté géographique et au renchérissement des prix des carburants fossiles, le gouvernement porte un grand intérêt au développement de systèmes électriques à énergies renouvelables. Cependant les investissements alloués pour ces systèmes restent faibles en comparaison à ceux dédiés à la consommation des énergies conventionnelles dans les secteurs énergétiques autres que l'électricité. Sachant que l'agriculture est un des vecteurs principaux de l'économie au Bénin, l'apport de l'électricité en milieu rural permettrait d'accroitre grandement la qualité de vie des habitants et de réduire l'exode de la population vers les villes en leur fournissant des services similaires à ceux présents en milieu urbain.

Description du projet :

Pour promouvoir la production d'électricité en milieu rural à l'aide d'énergie renouvelable, l'objectif principal est l'installation de deux systèmes photovoltaïques sur deux infrastructures : une école et un dispensaire. L'installation de ces deux systèmes est un projet visant également à la formation d'un personnel compétent dans l'entretien et l'installation de systèmes électriques durables. Par la suite, les connaissances transmises au personnel permettront d'assurer la main d'œuvre spécialisée pour d'autres installations photovoltaïques lors de futurs investissements de l'état.
L'idée principale est de donner la capacité aux personnes locales de subvenir à leur besoins électriques de manière indépendante.
Un second objectif est de démontrer au gouvernement les avantages de ces installations, que ce soit dans la simplicité de l'installation, de l'entretien et de la rentabilité, ceci afin de débloquer des fonds plus importants par la suite. Il devient nécessaire de montrer les avantages des énergies renouvelables en cette période où

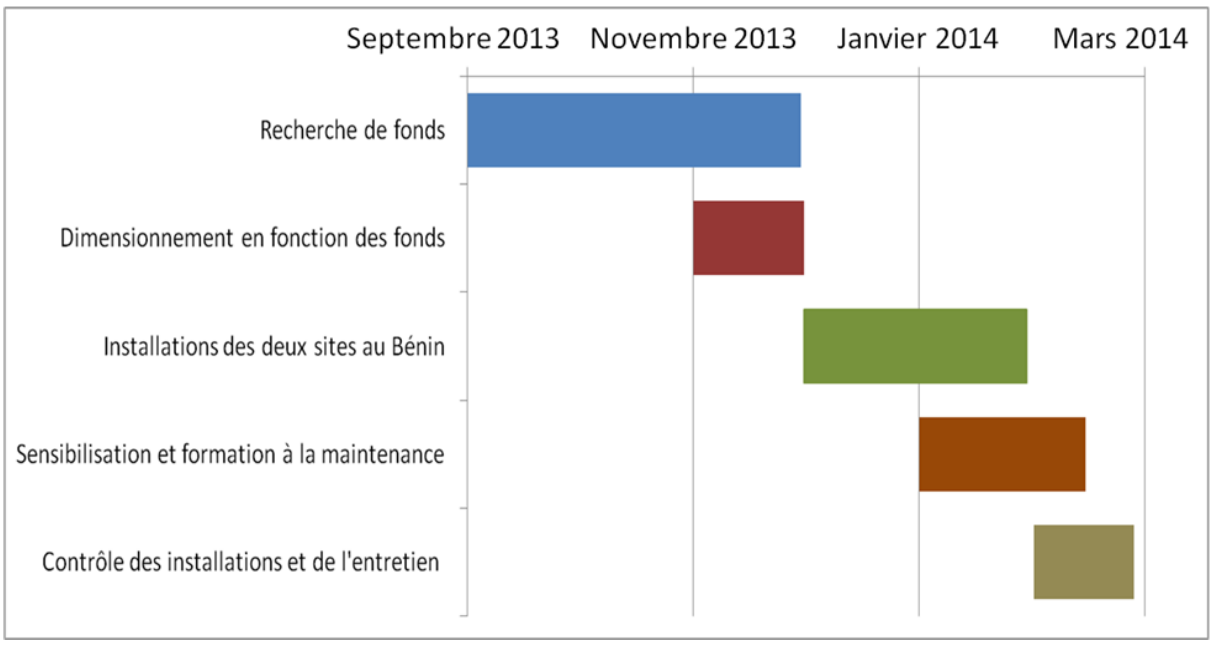
la stabilité des énergies fossiles n'est plus garantie, surtout dans des pays en développement, afin de prévenir des crises énergétiques futures.

Déroulement du projet :

Le projet se déroulera en deux phases. La première de septembre à fin novembre 2013 se fera en Suisse. La deuxième phase de décembre 2013 à février 2014 se réalisera au Bénin. Le rendu de la thèse de Master est fixé à mi-mars 2014.

La première phase consistera en l'établissement d'un cahier des charges, en fonction des subventions reçues, et de la mise en place des ressources humaines et logistiques du projet. Le dimensionnement du système et la recherche des fonds seront réalisés par Quentn Cavillier et l'ONG « Pont Universel ». La préparation des sites, la recherche du matériel sur place et les accords signés garantissant des ressources humaines pour l'entretien seront à la charge du coordinateur au Bénin, M. Attolou Richard Bruno de l'ONG « Action Bénin & Solidarité ».

La deuxième phase sera l'achat, l'installation et la formation d'un personnel pour l'entretien. Ceci sera effectué par l'étudiant Quentin Cavillier. Un travail de sensibilisation auprès de la population locale sera réalisé afin de garantir la sécurité des installations et de démontrer les gains de qualité de vie avec l'apport de l'électricité en milieu rural. Une période de test et de contrôle de l'entretien des systèmes permettra d'obtenir des chiffres et de réaliser des reportages photos ou vidéos afin de promouvoir le photovoltaïque au Bénin.



Sites des installations :

Le rayonnement global au Bénin est en moyenne de 210 W/m^2. Ceci correspond à 1.5 fois la radiation moyenne en suisse (140W/m2). Avec un tel potentiel, le Bénin pourrait facilement produire assez d'électricité pour les besoins primaires (éclairage, hôpitaux, école, agriculture, etc...) en milieu rural.
Une première contrainte est d'assurer un éclairage pour les deux bâtiments de 19 heures à minuit, soit 5 heures par jour. A cela s'ajoutent l'alimentation de divers appareils électriques propres au bâtiment scolaire ou au dispensaire.
Les deux systèmes prévus ont été pré-dimensionnés selon les besoins d'un dispensaire et d'une école situés dans la commune de Savalou. Ce dimensionnement n'est pas définitif mais il nous permet néanmoins d'établir un budget prévisionnel. Les deux descriptions suivantes donnent une première vision de l'apport des installations à la population locale.

Image 1 : Localisation de la commune de Savalou au Bénin

Dispensaire de Lahotan dans la commune de Savalou

Le dispensaire de Lahotan comprend : une salle de soins, une salle d'observation, une pharmacie, une salle de consultation, une salle de vaccination, le domicile du docteur, le domicile de la sage femme et la cour extérieure. Un total de quinze lampes et trois prises doivent être installées pour assurer le fonctionnement du dispensaire de jour comme de nuit. A cela s'ajoutent divers appareils électriques médicaux tels que : un frigo de conservation des vaccins, un aspirateur, un poste récepteur radio et une télévision.

Image 2 : Dispensaire de Lahotan

La puissance nécessaire pour les lampes est évaluée à 1.5 kWh/jour et 3.5 kWh/jour pour les appareils électriques (sachant que le frigo doit être alimenté en permanence), soit un total de 5 kWh/jour. Cinq batteries assurent une capacité de stockage de 5.8 kWh, ce qui représente une alimentation permanente du frigo pendant trois jours.
Un descriptif détaillé du calcul des consommations est fourni dans les annexes de ce rapport.
En se basant sur cette estimation et sur l'ensoleillement au Bénin nous obtenons une installation composée de dix-sept panneaux photovoltaïques de 50w pour une surface totale de 7.3 m^2 et cinq batteries 12v - 200ah.
Le prix du matériel complet avec convertisseur et régulateur est estimé à **9'670 CHF**. Ce budget sera réévalué dans le cas d'une donation de matériel (en Suisse, p. ex.) qu'il faudra alors exporter au Bénin.

Ecole primaire de Lahotan dans la commune de Savalou

L'installation d'un système électrique dans l'école aura pour but de fournir un éclairage pour les cours du soir afin de réduire le nombre d'étudiants par classe et de donner la possibilité aux enseignants de préparer leurs cours après la fin de la journée. Un objectif secondaire est de fournir une source d'électricité à la population locale afin qu'elle puisse venir recharger ses appareils électriques durant la journée. Pour cela nous dimensionnons une installation pouvant éclairer six salles de classe et une cour extérieure avec un surplus de production électrique destiné au chargement d'appareils électriques divers.

Image 3 : Ecole de Lahotan

La consommation des neuf lampes pour une durée de 5 heures est de 0.9 kWh/jour. A cela on ajoute 1 kWh/jour qui correspond à la consommation d'une télévision. Pour le chargement des appareils électriques durant la journée (7 heures), la consommation est de 2.1 kWh/jour, ce qui correspond à la consommation de trois petits ordinateurs portables.
Ainsi nous arrivons au dimensionnement d'un système composé de quatorze cellules photovoltaïques de 50w pour une surface de 5.9 m^2 et trois batteries de 12v - 200ah. Le prix estimé avec tous les composants du système est de **7'110 CHF**. Ce budget sera réévalué dans le cas d'une donation de matériel (en Suisse, p. ex.) qu'il faudra alors exporter au Bénin.

Afin d'assurer un fond minimum dans le cas d'imprévus, une contribution d'environ 5 cts. - sera demandé à chaque personne souhaitant recharger un appareil électrique.

Ceci devrait générer un fond supplémentaire d'environ 400 CHF par année au minimum.

Plan de financement :

Un des problèmes majeurs des systèmes photovoltaïques autonomes est le moyen de stocker l'électricité. Dans notre cas, l'utilisation de batteries est requise. Le budget pour l'achat des batteries représente 30% du prix d'achat des systèmes complets. Sachant que leur durée de vie est de 5 ans, il est primordial de s'assurer que les fonds attribués chaque année seront suffisants pour assurer le remplacement des batteries le cas échéant. Un des problèmes fréquents dans des projets de ce type est l'impossibilité pour les bénéficiaires d'assurer financièrement le remplacement de pièces couteuses comme les batteries dans notre cas. C'est pourquoi un plan de financement sur 5 ans est détaillé ci-dessous afin de s'assurer que le projet pourra perdurer dans le temps.

Besoins (CHF)	**Immédiats**	**Annuels**	**Tous les 5 ans**
Matériels (Ecole)	7'110	100	1'950
Matériels (Dispensaire)	9'760	100	3'250
Ressources humaines	5'410	300	500
Transports	900		100
Imprévus	2'000	50	600
Total	**25'180**	**550**	**6400**
Ressources (CHF)	**Immédiates**	**Annuelles**	**Restantes après 5 ans**
Autofinancement		400	2'000
Fonds récoltés	14'810	1'500	4'750
Subventions manquantes	**10'370**		
Total	**25'180**	**1'900**	**6'750**

Sachant que l'autofinancement de 400 CHF a été sous estimé, nous obtenons un plan viable à long terme à la seule condition que la commune de Savalou honore sa promesses de verser des fonds de 1'500 CHF par année pour ces systèmes. L'annexe 5 présente les deux lettres d'engagements de la commune et du directeur de l'école à assurer l'entretien et la sécurité des systèmes.

Fonds nécessaires à la mise en œuvre du projet

Afin de garantir la prospérité de ce projet, la somme totale (totaux A+B+D des annexes 1,2 et 4) nécessaire s'élève donc à 21'370 CHF. Cela comprend l'achat du matériel, l'emploi d'un ingénieur sur place, les frais de transport et une marge pour les imprévus de 12%. Actuellement la somme manquante est de **15'370 CHF.** En ce qui concerne les frais de l'étudiant, une bourse lui est fournie par l'association "Ingénieurs du monde" de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne qui couvre l'achat des billets d'avion. Les frais d'hébergement et de nutrition sur place sont à la charge de l'étudiant (voir annexe 3). Ainsi nous garantissons que la somme mentionnée ci-dessus sera exclusivement utilisée pour l'achat du matériel, l'envoi et le transport de celui-ci sur les deux sites et l'emploi d'un électricien local comme support d'aide à l'étudiant.

Continuité du projet

Après la réalisation de ce projet, une période de test sera effectuée sur les installations afin d'obtenir des chiffres en vue d'appuyer la promotion des systèmes électriques photovoltaïques. Comme mentionné plus haut, cet avant-projet est le premier pas d'un projet visant l'installation d'une trentaine de systèmes similaires dans d'autres villages supervisé par l'ONG « Electriciens sans frontières ». Il est donc primordial de montrer tous les avantages du photovoltaïque grâce à deux exemples concrets pour appuyer un projet de plus grande ampleur. Etant donné que les prix du photovoltaïque sur le marché Béninois sont supérieurs au marché Européen, l'installation de sites photovoltaïques grâce à des aides externes accélérera la démocratisation de ces technologies de ce pays dans le but d'induire une baisse des prix sur le marché béninois. En conclusion, ce projet n'a pas comme unique objectif de fournir de l'électricité à deux bâtiments en milieu rural. Son objectif à long terme est d'apporter une vision au sein de la population rurale et du gouvernement sur l'importance de ces systèmes pour le développement de ces régions.

Sponsoring et Dons

En cas de donations, un sponsoring du matériel est envisageable avec la parution du logo du sponsor dans toutes les publications relatives à ce sujet. Les donations sont à verser aux coordonnées suivantes :

ONG Pont Universel - Projet photovoltaïque
Route des Jorettes 31, 1642 Sorens (FR), SUISSE
Mobile : +41 79 788 16 05
Banque Raiffeisen de La Broye - 1560 Payerne
IBAN : CH32 8047 9000 0164 9530 8

Annexe 1 : Dimensionnement du système du dispensaire

Tableau de la consommation estimée pour le dispensaire :

Désignations	Qtité	Puissance (watt)	Temps d'utilisation (h)	Conso par jour (wh)
Lampes	**15**	**20**	**5**	**1500**
Frigo	**1**	**80**	**24**	**1920**
Télévision	**1**	**200**	**3**	**600**
Aspirateur	**1**	**1800**	**0.5**	**900**
Radio	**1**	**5**	**12**	**60**
Total				**4980**

Calcul du nombre de panneaux photovoltaïques requis :

Surface d'un panneau : 0.44 m2
Rendement d'un panneau : 15 %
Pertes dues au convertisseur : 10%
Rayonnement moyen au Bénin durant les heures d'ensolleillement : 714W m2
Puissance journalière fournie par les cellules : 4980+10% · 4980=5478 Wh
Puissance horaire fournie par les cellules : 54787=783 W
Surface nécessaire = 783 0.15·714 = 7.3 m2
Nombre de panneaux requis = 7.30.44 = 16.59≅17

Calcul du nombre de batteries requises :

Pour assurer le bon fonctionnement des batteries et garantir une durée de vie prolongée, nous fixons un chargement maximum à 90% et un déchargement minimum à 40% de la capacité de la batterie. Afin de prévoir des périodes de mauvais temps, nous dimensionnons les batteries afin qu'elles puissent fournir suffisamment d'électricité pour une autonomie de trois jours pour le frigo, c'est-à-dire *1920•3=5760* Wh. Nous remarquons que la capacité des batteries est supérieure à la production journalière des panneaux ce qui diminue les probabilités d'être en panne de courant dans des situations urgentes qu'il est possible de rencontrer dans un dispensaire.

Capacité d'une batterie : 50% · 200 ah · 12 volt = 1200 wh
Nombre de batteries requises : 57601200 = 4.8≅5

Tableau du budget pour l'achat du matériel nécessaire au dispensaire :

Désignations	Qtité	Prix unitaire (CHF)	Total(CHF)
Panneau solaire 50 W	17	240	4080
Régulateur solaire de 12/24 Vol	1	210	210
Convertisseur 220 /12 2 000 Watts	1	370	370
Batterie 12 volts 200 Ah	5	650	3250
Cables VGV souple de 4mm	1	140	140
Cables VGV souple de 2.5mm	2	110	220
Lampes en reglette de 1.20 m	15	15	225
Interrupteurs	15	5	75
Accessoires (Vis ; Attaches ; Prises...)	1	300	300
Transport sur place	1	800	800
Total A			9670

Images supplémentaires :

Image 4 : Logement de la sage femme

Image 5 : Logement de l'infirmier

Annexe 2 : Dimensionnement du système de l'école primaire :

Tableau de la consommation estimée pour l'école :

Désignations	Qtité	Puissance (watt)	Temps d'utilisation (h)	Conso par jour (wh)
Lampes	**9**	**20**	**5**	**900**
Télévision	**1**	**200**	**5**	**1000**
Ordinateur	**3**	**100**	**7**	**2100**
Total				**4000**

Calcul du nombre de panneaux photovoltaïques requis :

Surface d'un panneau : 0.44 m2
Rendement d'un panneau : 15 %
Pertes dues au convertisseur : 10%
Rayonnement moyen au Bénin durant les heures d'ensolleillement : 714wm2
Puissance journalière fournie par les cellules : 4000+10% · 4000=4400 Wh
Puissance horaire fournie par les cellules : 44007=629 W
Surface nécessaire = 629 0.15 · 714 = 5.9 m2
Nombre de panneaux requis = 5.90.44 = 13.41 ≅ 14

Calcul du nombre de batteries requises :

Pour assurer le bon fonctionnement des batteries et garantir une durée de vie prolongée, nous fixons un chargement maximum à 90% et un déchargement minimum à 40% de la capacité de la batterie. Afin de prévoir des périodes de mauvais temps, nous dimensionnons les batteries afin qu'elles puissent fournir suffisamment d'électricité pour une autonomie de trois jours pour les lumières, soit *900•3=2700* Wh.

Capacité d'une batterie : 50% · 200 ah · 12 volt = 1200 wh
Nombre de batteries requises : 27001200 = 2.25 ≅ 3

Tableau du budget pour l'achat du matériel nécessaire à l'école :

Désignations	Qtité	Prix unitaire (CHF)	Total(CHF)
Panneau solaire 50 W	**14**	**240**	**3360**
Régulateur solaire de 12/24 Vol	**1**	**210**	**210**
Convertisseur 220 /12 2 000 Watts	**1**	**370**	**370**
Batterie 12 volts 200 Ah	**3**	**650**	**1950**
Cables VGV souple de 4mm	**1**	**140**	**140**
Cables VGV souple de 2.5mm	**2**	**110**	**220**
Lampes en reglette de 1.20 m	**8**	**15**	**120**
Interrupteurs	**8**	**5**	**40**
Accessoires (Vis ; Prises...)	**1**	**200**	**200**
Transport sur place	**1**	**500**	**500**
Total B			**7110**

Annexe 3 : Description des frais de l'étudiant sur place :

Désignations	**Qtité**	**Prix unitaire (CHF)**	**Total(CHF)**
Billets Genève-Cottonou	**2**	**750**	**1500**
Transports Cottonou - Savalou	**2**	**30**	**60**
Visa 90 jours	**1**	**150**	**150**
Hébergement	**60**	**20**	**1200**
Nutrition pour une journée	**60**	**15**	**900**
Total C			**3810**

Annexe 4 : Frais supplémentaires

Désignations	**Qtité**	**Prix unitaire (CHF)**	**Total(CHF)**
Transport sur place	**60**	**15**	**900**
Facturation horaire d'un ingénieur	**400 h**	**4**	**1600**
Supplément pour les imprévus (12% du devis pour l'achat du matériel)			**2000**
Total D			**4500**

Annexe 5 : Lettres d'engagements des bénéficiaires

Savalou, le 07 janvier 2013

FAEG/
REPUBLIQUE DU BENIN
****
DEPARTEMENT DES COLLINES
****
COMMUNE DE SAVALOU
****
N°4K/ 017 /M/SG-SA.-

Le Maire de la Commune de Savalou

A

Monsieur le Coordonnateur National de l'ONG « Actions Bénin et Solidarité » (**ABS**)

OBJET : engagement pour la pérennisation du système photovoltaïque à installer dans la Commune de Savalou

Monsieur le Coordonnateur,

Par la présente, la Mairie de Savalou vient marquer son adhésion et son soutien au projet d'installation du système électrique à partir des panneaux solaires dans les structures sanitaires et éducatives que sont les écoles, l'hôpital de zone de Savalou, les centres de santé de Lahotan et Gobada. Au nom du Conseil Communal de Savalou, je voudrais présenter mes vifs et sincères remerciements à votre ONG ainsi qu'à votre partenaire « Electriciens Sans Frontière de France » pour le choix porté sur la Commune de Savalou.

Par cette même occasion, la Mairie de Savalou s'engage à assurer la maintenance préventive et curative des installations qui seront mises en place en vue de la pérennisation du système photovoltaïque.

Convaincu de ce fructueux partenariat, je vous prie de recevoir, Monsieur le Coordonnateur, l'expression de mes salutations distinguées.

Ampliations :
- Médecin Coordonnateur Zone Sanitaire.....01
- DDS Z/C 01

Le Maire par Intérim,

Cossi T. AGBALLA.-

Commune de Savalou BP : 90 Tél : 22 54 02 17 / 22 54 06 84 comsavalou@yahoo.fr

HJ / SSA
REPUBLIQUE DU BENIN
****
MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS MATERNEL ET PRIMAIRE
****
DIRECTION DEPARTEMENTALE DES ENSEIGNEMENTS MATERNEL ET PRIMAIRE DU ZOU ET DES COLLINES
****
CIRCONSCRIPTION SCOLAIRE DE SAVALOU
****
SO N°014 D-EPP/LHT-A / CS / SVL

Savalou, 14 Janvier 2013

Le Directeur de l'Ecole Primaire Publique de **LAHOTAN / A**.

A

Monsieur le Coordonnateur National de **L'ONG** "Actions – Bénin et Solidarité"

Objet : Lettre d'engagement.

Monsieur le Coordonnateur,

Je soussigné, Mr **DONOUGBO Bloukou**, Directeur de l'école Primaire Publique de **LAHOTAN/A**, m'engage pour la pérennisation du système photovoltaïque à installer dans mon école.

Je vous rassure d'ores et déjà de ma disponibilité à œuvrer pour la sécurisation et le bon usage dudit système.

Le Directeur de LAHOTAN-A

CS / SAVALOU - LE DIRECTEUR - EPP. LAHOTAN 'A'

Bloukou C. DONOUGBO

Vu et approuvé

Le Chef de la Circonscription Scolaire

CIRCONSCRIPTION SCOLAIRE - LE CHEF CIRCONSCRIPTION - SAVALOU

Justin HOUADJETO