

Promotion du photovoltaïque dans quatre villages des communes de Savalou et Bante



Etudiant : Cavillier Quentin
Superviseur : M. Wieser Philippe EPFL
Septembre 2013 – Mars 2014

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|-----------|
| TABLE DES MATIERES | 2 |
| 1. LE PROJET EN DEUX MINUTES | 3 |
| 2. SITUATION ACTUELLE AU BENIN : | 4 |
| 3. DESCRIPTION DU PROJET : | 4 |
| 4. DEROULEMENT DU PROJET | 5 |
| 5. SITES DES INSTALLATIONS | 6 |
| 6. DISPENSAIRE DE LAHOTAN | 7 |
| 7. ECOLE PRIMAIRE DE LAHOTAN..... | 7 |
| 8. PLACE DU VILLAGE DE LAHOTAN..... | 8 |
| 9. PLAN DE FINANCEMENT | 8 |
| 10. CONTINUITE DU PROJET..... | 9 |
| 11. SPONSORING ET DONS | 10 |
| 12. ANNEXE 1 : DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME DU DISPENSAIRE..... | 11 |
| 13. ANNEXE 2 : DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME DE L'ECOLE PRIMAIRE : | 12 |
| 14. ANNEXE 3 : DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME DE LA PLACE DU VILLAGE..... | 13 |
| 15. ANNEXE 5 : LETTRES D'ENGAGEMENTS DES BENEFICIAIRES | 14 |

1. LE PROJET EN DEUX MINUTES

L'installation de systèmes photovoltaïques dans des pays en développement peut paraître 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 (PU) » a proposé à l'étudiant Quentin Cavillier, en projet de Master en mécanique à l'EPFL, de réaliser un de ses projets en cours. Ce projet consiste en la promotion du photovoltaïque en milieu rural au Bénin. Pour cela, les installations de douze systèmes photovoltaïques autonomes sont prévues dans quatre villages. Les villages de Lahotan et Gobada situés dans la commune de Savalou et les villages de Coco et Djagballo situés dans la commune voisine de Bante. L'ONG « Action Bénin Solidarité (ABS) » est le coordinateur sur place du projet.

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.

Le budget total du projet est estimé à 37'000 CHF sans tenir compte du bénévolat fourni par les organisations ESF, PU et ABS. Une collaboration avec l'ONG « Electriciens sans frontières (ESF) » nous octroie la possibilité d'obtenir gratuitement du matériel (panneaux solaires, câbles, etc...) qui représente un montant de 15'000 CHF grâce à leurs partenaires EDF, Legrand et Nexans. L'unique condition pour ce don est de réunir une somme de 22'000 CHF assurant le transport, les frais de mains d'œuvre et l'achat des batteries afin de garantir l'installation du matériel envoyé sur place.

Actuellement les fonds récoltés s'élèvent à 11'000 CHF, en deux dons de 5'500 CHF (4'500 euros). **L'offre de visibilité que nous proposons à nos donateurs dans ce projet est, contre une donation de 5'500 CHF, de leur dédier l'électrification d'un de nos quatre villages.** Ceci dans le but de garantir le plus de clarté possible sur l'utilisation des fonds récoltés.

Une autre possibilité est de parrainer l'installation d'un seul système avec une donation de 2'000 CHF (par exemple, l'électrification du dispensaire du village de Lahotan).

Nous sommes donc toujours à la recherche de fonds d'une valeur totale de 11'000 CHF d'ici fin décembre.

La suite de ce rapport comporte la présentation des sites et le justificatif du dimensionnement des systèmes électriques pour le village de Lahotan. Les trois autres villages ne sont pas décrits dans ce rapport mais leur électrification suivra le même plan.

2. SITUATION ACTUELLE AU BENIN :

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, 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 avec 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'accroître 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.

3. DESCRIPTION DU PROJET :

L'installation de trois systèmes photovoltaïques au sein du village de Lahotan 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.

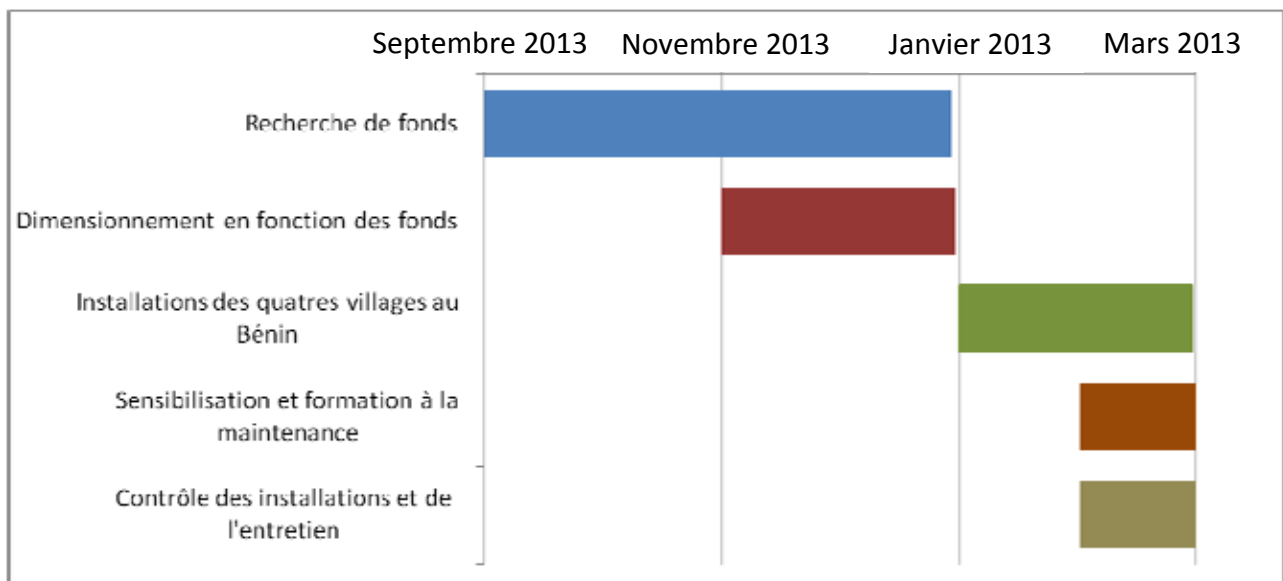
Un second objectif est de démontrer au gouvernement les avantages de ces installations, que ce soit dans la simplicité de l'installation, de l'entretien et de la rentabilité, ceci afin de débloquent des fonds plus importants par la suite. Il devient nécessaire de montrer les avantages des énergies renouvelables 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.

4. DEROULEMENT DU PROJET

Le projet se déroulera en deux phases. La première de septembre à fin décembre 2013 se fera en Suisse. La deuxième phase de janvier 2014 à mars 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 Quentin 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 données chiffrées et de réaliser des reportages photos ou vidéos afin de promouvoir le photovoltaïque au Bénin.



5. SITES DES INSTALLATIONS

Le rayonnement global au Bénin est en moyenne de 210 W/m². 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, écoles, agriculture, etc...) en milieu rural.



Image 1 : Localisation de la commune de Savalou au Bénin

Une première contrainte est d'assurer un éclairage pour les deux bâtiments de 19 heures à 22h, soit 3 heures par jour avec une autonomie de 3 jours pour les batteries. A cela s'ajoutent l'alimentation de divers appareils électriques propres au bâtiment scolaire ou au dispensaire.

6. DISPENSAIRE DE LAHOTAN

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 quatorze lampes et trois prises doivent être installées pour assurer le fonctionnement du dispensaire de jour comme de nuit.



Image 2 : Dispensaire de Lahotan

La puissance nécessaire pour les lampes et les prises est évaluée à 1.05 kWh/jour. Deux batteries assurent une capacité de stockage de 4.8 kWh, ce qui représente un déchargement de 22% des batteries journalièrement.

En se basant sur le budget de l'annexe 1, le prix du matériel complet avec convertisseur et régulateur est estimé à 3'425 CHF pour l'électrification d'un dispensaire composé de deux modules photovoltaïques de 200W.

7. ECOLE PRIMAIRE DE LAHOTAN

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 sept lampes et d'une prise pour une durée de 4 heures est de 0.9 kWh/jour. Deux batteries assurent une capacité de stockage de 4.8 kWh, ce qui représente un déchargement de 19% des batteries journalièrement.

Le prix estimé dans l'annexe 2 est de 3'055 CHF avec l'achat d'un module photovoltaïque de 280W.

8. PLACE DU VILLAGE DE LAHOTAN

La place du village assurera un éclairage public de 4h par jour avec la mise à disposition de prises de rechargement pour les appareils électrique de la population. Le système est composé de quatre lampadaires, deux lampes pour le local de recharge et de cinq prises pour une consommation total de 0.48 kWh/jour. Dans notre cas, une seule batterie d'une capacité de 2.4kWh permet un déchargement journalier de 20%.

Le système complet évalué dans l'annexe 3 est de 2'755 CHF avec l'achat de deux modules photovoltaïques de 170W. Les dimensionnements des modules ont été fait en fonction des dons de matériel fournis par l'entreprise EDF.

9. 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 qu'un revenu créé par ces systèmes assurera le remplacement de ces batteries. Pour cela, une contribution de 5ct sera demandée par rechargement. Sachant que la moyenne des enfants par écoles est de 700 élèves, on peut supposer une minimisation de 15 rechargements par jour. En utilisant cette même moyenne pour les systèmes du dispensaire et de la place du village, on arrive à un revenu de 820CHF par an.

| A : Besoins (CHF) | Immédiats | Annuels | Tous les 5 ans |
|-----------------------------|-------------------|------------------|------------------------------|
| Matériels (Ecole) | 3'425 | 100 | 880 |
| Matériels (Dispensaire) | 3'055 | 100 | 880 |
| Matériel (Place du village) | 2'755 | 100 | 440 |
| Total | 9'235 | 300 | 2'200 |
| | | | |
| B : Ressources (CHF) | Immédiates | Annuelles | Restantes après 5 ans |
| Autofinancement | - | 820 | 2'600 |
| Dons de matériel | 3'705 | | |
| Pérennisation (B-A) | -5'530 | + 520 | + 400 |

Sachant que l'autofinancement de 820 CHF a été sous estimé, nous obtenons un plan viable à long terme. 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. Après un certain temps d'adaptation, il est envisageable d'obtenir une moyenne de 30 rechargements par site, sachant que le maximum peut être de 60 par jour. Dans ce cas, les bénéfices seront alloués à l'installation de systèmes similaires dans les villages voisins.

10. CONTINUITÉ DU PROJET

Après la réalisation de ce projet, une période de test sera effectuée sur les installations afin d'obtenir des données chiffrées 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 un exemple concret pour appuyer un projet de plus grande ampleur. Etant donné que les prix du photovoltaïque sur le marché Béninois sont supérieurs à ceux du 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.

11. SPONSORING ET DONS

En cas de donation, 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 :

Fondation ACUBE
A3 EPFL
CP 122
CH - 1015 Lausanne
Banque : PostFinance
IBAN CH69 0900 0000 1232 1984 7

12. ANNEXE 1 : DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME DU DISPENSAIRE

Calcul du nombre de panneaux photovoltaïques requis :

Pertes dues au convertisseur : 10%

Energie solaire au Bénin : $550 \frac{W}{m^2}$

Puissance crête des panneaux pour $1000 \frac{W}{m^2}$: 200W

*Puissance réelle : $0.55 * 200 = 110W$*

*Energie requise : $(14 * 20W + 70W) * 3 = 1050 Wh$.*

Puissance requise : $\frac{1050}{7} = 150 W$

*Nombre de panneaux : $2 * 110 > 150$*

Nous obtenons donc un surplus de puissance de 70W qui peut être utilisé pour les rechargements durant la journée ou qui compense les jours de mauvais temps.

Tableau du budget pour l'achat du matériel nécessaire au dispensaire (don de matériel surligné en vert) :

| Désignations | Qtité | Prix unitaire (CHF) | Total(CHF) |
|---------------------------------|-------|---------------------|------------|
| Panneau solaire 200 W | 2 | 340 | 680 |
| Régulateur solaire de 12/24 Vol | 1 | 210 | 210 |
| Convertisseur 220 /12 200 Watts | 1 | 200 | 200 |
| Batterie 12 volts 200 Ah | 2 | 440 | 880 |
| Cables VGV souple de 4mm | 1 | 140 | 140 |
| Cables VGV souple de 2.5mm | 1 | 110 | 110 |
| Lampes 20W | 14 | 15 | 210 |
| Interrupteurs | 4 | 5 | 20 |
| Prises | 3 | 5 | 15 |
| Prise de terre | 1 | 60 | 60 |
| Accessoires | 1 | 200 | 200 |
| Main d'oeuvre | 1 | 200 | 200 |
| Transport sur place | 1 | 500 | 500 |
| Total | | | 3425 |

13. ANNEXE 2 : DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME DE L'ECOLE PRIMAIRE :

Calcul du nombre de panneaux photovoltaïques requis :

$$\text{Puissance crête des panneaux pour } 1000 \frac{W}{m^2} : 280W$$

$$\text{Puissance réelle} : 0.55 * 280 = 154W$$

$$\text{Energie requise} : (7 * 20W + 70W) * 4 = 840 Wh$$

$$\text{Puissance crête des panneaux} : \frac{840}{7} = 120 W$$

$$\text{Nombre de panneaux} : 1 * 154 > 120$$

Tableau du budget pour l'achat du matériel nécessaire à l'école (don de matériel surligné en vert) :

| Désignations | Qtité | Prix unitaire (CHF) | Total(CHF) |
|---------------------------------|-------|---------------------|------------|
| Panneau solaire 280 W | 1 | 420 | 420 |
| Régulateur solaire de 12/24 Vol | 1 | 210 | 210 |
| Convertisseur 220 /12 200 Watts | 1 | 200 | 200 |
| Batterie 12 volts 200 Ah | 2 | 440 | 880 |
| Cables VGV souple de 4mm | 1 | 140 | 140 |
| Cables VGV souple de 2.5mm | 1 | 110 | 110 |
| Lampes en reglette de 1.20 m | 7 | 15 | 105 |
| Interrupteurs | 4 | 5 | 20 |
| Prises | 2 | 5 | 10 |
| Prise de terre | 1 | 60 | 60 |
| Accessoires | 1 | 200 | 200 |
| Main d'oeuvre | 1 | 200 | 200 |
| Transport sur place | 1 | 500 | 500 |
| Total | | | 3055 |

14. ANNEXE 3 : DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME DE LA PLACE DU VILLAGE

Puissance crête des panneaux pour 1000 $\frac{W}{m^2}$: 170W

*Puissance réelle : 0.55 * 170 = 93W*

*Energie requise : (4 * 20W + 2 * 20W) * 4 = 480 Wh*

Puissance crête des panneaux : $\frac{480}{7} = 69 W$

*Nombre de panneaux : 2 * 93 > 69*

Partant du principe que le système de la place du village sera principalement dédié aux rechargements, il est nécessaire de prévoir un surplus de puissance uniquement pour les rechargements. Dans notre cas, 117W de surplus offre la possibilité de recharger une soixantaine de téléphones portables (7Wh par batterie de téléphone) en 4 heures.

Tableau du budget pour l'achat du matériel nécessaire à la place du village (don de matériel surligné en vert) :

| Désignations | Qtité | Prix unitaire (CHF) | Total(CHF) |
|---------------------------------|-------|---------------------|------------|
| Panneau solaire 170 W | 2 | 280 | 560 |
| Régulateur solaire de 12/24 V | 1 | 210 | 210 |
| Convertisseur 220 /12 200 Watts | 1 | 200 | 200 |
| Batterie 12 volts 200 Ah | 1 | 440 | 440 |
| Câbles VGV souple de 4mm | 1 | 140 | 140 |
| Câbles VGV souple de 2.5mm | 1 | 110 | 110 |
| Lampes 20W | 6 | 15 | 90 |
| Interrupteurs | 4 | 5 | 20 |
| Prises de recharge | 5 | 5 | 25 |
| Prise de terre | 1 | 60 | 60 |
| Accessoires | 1 | 200 | 200 |
| Main d'œuvre | 1 | 200 | 200 |
| Transport sur place | 1 | 500 | 500 |
| Total | | | 2755 |

15. ANNEXE 5 : LETTRES D'ENGAGEMENTS DES BENEFICIAIRES

FAEG/
REPUBLIQUE DU BENIN

DEPARTEMENT DES COLLINES

COMMUNE DE SAVALOU

N°4KJ 017 /M/SG-SA.-

Savalou, le 07 janvier 2013

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

MINISTÈRE DES ENSEIGNEMENTS MATERNEL ET
PRIMAIRE

DIRECTION DÉPARTEMENTALE 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



[Signature]
Bloukou C. DONOUGBO

Vu et approuvé

Le Chef de la Circonscription Scolaire



[Signature]
Justin HOUADJETO