

Matériel pédagogique pour une formation pompage solaire pour des installateurs et des formateurs

Instructions, méthodologiques et mode d'emploi

Projet RE-ACTIVATE, 2017

1. Introduction

La promotion des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique constitue un pilier central de la politique du Maroc. Le pays dispose d'un potentiel technique de production d'électricité à partir d'énergie solaire qui correspond à plus de mille fois la consommation actuelle de 28 TWh (2011). Afin de faire profiter l'industrie de ces technologies ou d'autres technologies solaires novatrices, des ressources financières considérables sont à engager. Mais la création d'une base solide de connaissances et de compétences constitue une véritable opportunité de développement. Dans ce sens, la GIZ soutient, dans le cadre du programme RE-ACTIVATE, le développement de la base des compétences et de connaissances des entreprises marocaines, et des institutions de recherche, dans le secteur de la formation ainsi que dans le secteur de l'emploi.

Objectif global du projet : Les compétences des institutions et des acteurs de l'économie privée, œuvrant dans le secteur énergétique, et spécialement dans le segment solaire, seront renforcées, afin de leur permettre d'exploiter le marché des technologies solaires au Maroc. Cet objectif se traduit par la mise en œuvre de deux volets comme suit :

- Volet 1 (expert): formation des formateurs
- Volet 2 (installation): formation des installateurs

Le programme RE-ACTIVATE se fixe un objectif d'appui aux instituts de formation aux métiers des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique et assurer leur intégration dans le paysage éducatif, le but étant de contribuer à couvrir le besoin du secteur des énergies renouvelables en techniciens spécialisés. Des cadres, spécialisés pour répondre aux attentes du marché d'emploi dans les filières des énergies solaires seront le fruit d'une formation axée sur la pratique et adaptée en permanence au marché du secteur qui est en pleine croissance.

Dans cette lignée et pour introduire l'exercice pratique des modules spécifiques sur des projets réels, il a été décidé de conduire à titre pilote le module « Installation des systèmes photovoltaïques » dans une logique d'apprentissage – formation continue, pour ce faire un expert spécialisé en installation des systèmes PV sera mobilisé par la GIZ pour préparer et implémenter cette action. Le CPT de Kenitra s'apprête à être la plateforme d'exercice pour le module pompage solaire à conduire en formation continue au profit des professionnels du métier au niveau du CPT sur la base d'une pompe solaire didactique.

Un second niveau de formation destiné aux concepteurs de systèmes de pompage a été conçu et animé par une équipe de formateurs et consultant locaux.

2. Objectives

Développer une offre de formation technique à l'intention des électriciens et des techniciens motivés à se lancer dans le domaine de la conception, l'installation et la maintenance des installations de pompage solaire en vue d'application pour la petite irrigation identifié comme un domaine pourvoyeur d'emplois dans les secteurs de l'agriculture et de l'agroalimentaire au Maroc.

3. Groupe Cible

Les formateurs et électriciens-installateurs motivés à s'engager dans les énergies renouvelables en général et plus spécifiquement dans le domaine du pompage solaire à vocation agricole ont été concernés. Le niveau de pratique du français était suffisant pour mener une telle formation complètement en français pour les formateurs, mais on suppose que pour les installateurs cela ne sera pas le même cas. Le niveau de connaissance des formateurs a varié. Il y avait des formateurs avec une expérience dans le pompage solaire, mais aussi des formateurs sans expérience.

Deux niveaux de formation sont disponibles :

- (i) Formation des formateurs (FDF)
- (ii) Formation des installateurs (FDI).

3.1. Formation des formateurs (FDF)

Ce volet d'adresse aux formateurs en électricité avec connaissances de base en technologies photovoltaïques et aux formateurs en hydrologie dans l'agriculture qui veulent acquérir des connaissances supplémentaires et se spécialiser dans le pompage solaire.

Le formateur des systèmes de pompage solaire doit avoir des connaissances en électricité de base et sur les systèmes photovoltaïques, mais aussi des connaissances en hydraulique ainsi que des aptitudes annexes en menuiserie, ouvrage métallique, maçonnerie, gestion.

Avec les connaissances acquises et les supports pédagogiques, les formateurs donnent des formations aux installateurs des systèmes de pompage solaire. Les formateurs savent analyser une demande du client privé, commercial, industriel, institutionnel ou gouvernemental par une demande directe ou par appel d'offre:

- analyse d'une demande du client
- Identifier les besoins du client,
- Vérifier la faisabilité technique et financière de l'installation,
- Collecter les éléments pour dimensionner une installation de type rural,
- Répartir les activités au sein d'une petite équipe et assurer l'interface avec les autres corps de métier
- simulation de la puissance nécessaire par logiciel pour satisfaire le débit demandé
- l'ingénierie d'un système de pompage avec ces plans électriques et hydrauliques
- analyse et choix des composants adaptés au site de pompage
- le planning et les étapes de l'installation
- consignes de sécurité de travail
- le service après-vente (SAV)

- Faire les réglages, les tests nécessaires et la mise en service de l'installation,
- -Respecter l'environnement et tenir compte de l'étude d'impact sur le terrain.
- Assurer la mise au propre de sa fin de chantier sur l'ensemble des points d'intervention,
- -Présenter et expliquer aux clients du fonctionnement de l'installation réalisée et remettre des documents concernant l'ouvrage exécuté (notices techniques, schéma de l'installation...)
- Assurer maintenance préventive des installations selon un planning, un protocole, une durée recommandée par le fabricant,
- Réaliser la maintenance corrective en intervenant sur les différents en appliquant des protocoles de diagnostic proposés par les fabricants, en les appliquant au cas spécifique de chaque installation

Les connaissances lui permettent de devenir également un chargé de projet, qui mène les études préalables du chantier et assure l'exécution et la maintenance.

Il maîtrise non seulement les domaines propres aux systèmes de pompage solaire mais aussi l'environnement technique dans lequel s'insère ces systèmes.

Il exécute les activités qui lui sont confiées après avoir pris connaissance des consignes et directives, dans le respect de la réglementation en vigueur. Il assure la protection des biens et des personnes, en prenant en compte les impératifs de qualité, de sécurité sur les chantiers. Il apporte conseil, assistance et écoute aux utilisateurs des équipements photovoltaïques. L'installateur-maintenancier des systèmes de pompage solaire doit avoir des connaissances en électricité de base et sur les systèmes photovoltaïques, mais aussi des connaissances en hydraulique ainsi que des aptitudes annexes en menuiserie, ouvrage métallique, maçonnerie, gestion. Il doit avoir des habiletés psychomotrices tels que la dextérité et la faculté de coordination et de détection rapide des anomalies et erreurs. Il doit disposer d'un bon sens de l'organisation ainsi qu'une bonne technique d'expression et de communication.

3.2. Formation des Installateurs (FDI)

L'installateur-maintenancier des systèmes de pompage solaire réalise sous sa responsabilité ou celle du chargé de projet, les études préalables du chantier et assure l'exécution et la maintenance. Il maîtrise non seulement les domaines propres aux systèmes de pompage solaire mais aussi l'environnement technique dans lequel s'insère ces systèmes.

L'installateur-maintenancier des systèmes de pompage solaire photovoltaïque est un technicien œuvrant dans la mise en œuvre d'équipements fonctionnant avec du courant continu et du courant alternatif et améliore l'efficacité énergétique. Il doit être capable de :

A partir des besoins du client, exprimés et validés lors d'une visite sur le chantier ou au vu des plans du projet sous sa responsabilité ou du chargé de projet, il est capable de conseiller, puis de définir et de rédiger une proposition technique qui répond en détail à la demande du client. Cette proposition peut intégrer toute les actions administratives, fiscales et financières capables d'apporter un vrai service au client. Sur la base du devis accepté par le client, le concepteur de systèmes de pompage solaire photovoltaïque assure:

- L'identification des besoins en eau du client,
- Le relevé des informations sur le site,
- Le dimensionnement des différents équipements et matériels constituant le système de pompage
- Le choix des équipements et matériels en adéquation avec le besoin du client,
- la réalisation des plans, des schémas de montage et des dossiers d'exécution,
- l'étude de la localisation et des détails techniques du chantier avec la gestion des achats de matériel nécessaire à cette mise en place,
- La réalisation du devis du système de pompage
- La fourniture des éléments permettant de constituer le dossier de financement du client,
- L'appui à l'installateur pour l'implantation du système de pompage solaire sur le site,
- la réalisation des câblages électriques nécessaires au fonctionnement du système avec la pose des conduits électriques selon les influences externes de l'environnement en exploitant un schéma et/ou un dossier d'exécution,
- l'appui à l'installateur pour la mise en service de l'installation, en vérifiant le bon fonctionnement de tous les éléments constituant l'installation du système de pompage solaire.

4. Concept

Les modules tests élaborés pour ces deux niveaux de formation seront considérés comme des supports à adapter en fonction des publics cibles et des objectifs à atteindre au regard des besoins de formation identifiés. Les formations tests réalisées ont permis de mettre en évidence la diversité des besoins en formation à satisfaire. L'aspect modulaire de la formation permettra de procéder rapidement aux adaptations nécessaires.

Cette approche nécessitera de la part des formateurs, une bonne maîtrise des contenus des modules et des capacités d'andragogies avérées.

Certains modules testés pour les installateurs se sont révélés d'un niveau théorique un peu élevé compte tenu du niveau de la pratique du français d'une part et du niveau académique des participants d'autre part. Les concepts présentés à travers ces modules nécessaires pour une bonne appropriation de la formation seront maintenus mais présentés de façons plus expérimentales à travers des travaux pratiques, des vidéos ou des simulations.

L'approche de formation-action testée et qui s'est révélée pertinente sera à privilégier. L'entrée dans la formation par une situation pratique à résoudre à travers l'installation d'un système complet permet de maintenir la motivation des participants pendant toute la durée de la formation

5. Programme

5.1 Programme de la formation des formateurs (FDF)

Premiers deux jours, matinée

Time	Monday, 18. September 2017	Tuesday, 19. September 2017
09.00 - 10.30	<p>les bases du photovoltaïque</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introduction <ol style="list-style-type: none"> 1.1 Présentation du formateur 1.2 Présentation des participants 2. Données de base sur le soleil <ol style="list-style-type: none"> 2.1 Situation spatiale 2.2 Définition „AIR MASS“ 2.3 Ensoleillement 2.4 Différences géographiques 3. Cellules solaires <ol style="list-style-type: none"> 3.1 Technologies différentes 3.2 Processus de production 3.3 Evolution des rendements 3.4 Effet photovoltaïque 	<p>les bases du pompage photovoltaïque I</p> <p>Étude de marché</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.1 Fabricant LORENTZ 1.2 Fabricant GRUNDFOS 1.3 Autres fabricants <p>Configurations possibles</p> <ol style="list-style-type: none"> 2.1 Système de pompage solaire 2.2 Utilisation avec un chateau d'eau 2.3 Système hybride PV-groupe électrogène 2.4 Système hybride PV- générateur éolien 2.5 Système de pompage avec batterie
Lecturer	Jürgen Raach	Jürgen Raach
10.30 - 10.45	<i>coffee break</i>	<i>coffee break</i>
10.45 - 12.15	<p>les bases du photovoltaïque</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Modules solaires <ol style="list-style-type: none"> 4.1 Comment lire une fiche technique? 4.2 Les normes principales 4.3 Les conditions standard du test 4.4 NOCT 4.5 Coefficients de température 4.6 La loi d'Ohm et les unités 4.7 Courbes courant-tension 	<p>les bases du pompage photovoltaïque I</p> <p>Spécial sur l'Hydraulique:</p> <ul style="list-style-type: none"> - définition HMT - cavitation et autres effets - causes de réduction de performance - choisir une pompe centrifuge
Lecturer	Jürgen Raach	Manfred Amoureux

Premiers deux jours, après-midi

12.15 - 13.45	<i>lunch break</i>	<i>lunch break</i>
13.45 - 15.15	<p>les bases du photovoltaïque</p> <p>5. Générateur solaire 5.1 La mise en série des modules solaires 5.2 La mise en parallèle des modules solaires 5.3 Les boîtes de connexion 5.4 Parafoudre 5.5 Plan de couverture de surface</p>	<p>les bases du pompage photovoltaïque I</p> <p>Spécial sur l'Hydraulique: - calcul de pression géostatique d'après l'équation de Bernoulli - pertes d'hauteurs par friction de diamètre de la canalisation - courbes de pompe hauteur - débit horaire - courbes de rendement</p>
Lecturer	Jürgen Raach	Manfred Amoureux
15.15 - 15.30	<i>coffee break</i>	<i>coffee break</i>
15.30 - 17.00	<p>les bases du photovoltaïque</p> <p>6. Orientation du générateur solaire 6.1 Meilleure production annuelle 6.2 Production équilibrée 6.3 système de suivi (tracking)</p> <p>7. Support des modules 7.1 Les normes principales 7.2 Support sur sol 7.3 Support pour des toits inclinés</p> <p>8. Étude sur le marché photovoltaïque 8.1 Les fabricants principaux 8.2 Développement du marché mondial</p>	<p>les bases du pompage solaire I</p> <p>3. Composants différents 3.1 Pompes GRUNDFOS SQF 3.2 Boîtes de connexion 3.3 Onduleurs de pompe RSI 3.4 Pompes submersibles GRUNDFOS SP 3.5 Câble alimentaire</p>
Lecturer	Jürgen Raach	Jürgen Raach

Wednesday, 20. September 2017	Thursday, 21. September 2017	Friday, 22. September 2017
<p>les bases du pompage photovoltaïque II</p> <p>4. Dimensionnement d'un système de pompage 4.1 Questionnaire des renseignements du client 4.2 Dimensionnement par logiciel WEPCAPS 4.3 Plan de couverture des modules solaires 4.4 Plan du circuit électronique 4.5 Plan du circuit hydraulique</p> <p>5. Préparation d'une offre commerciale 5.1 Dresser une liste des pièces 5.2 Estimer les services d'installation 5.3 Calcul du prix 5.4 Présentation de l'offre</p> <p>Jürgen Raach</p>	<p>installation d'un système de pompage photovoltaïque</p> <p>Procédé et démarches d'une installation à l'exemple d'un système de pompage solaire installé à Munich</p> <ul style="list-style-type: none"> - fondation en béton pour le support sur sol - orientation du générateur solaire - installation de la pompe - raccordement électrique - mise à la terre <p>Jürgen Raach</p>	<p>Financement d'un système de pompage</p> <p>Calcul de prix de vente pour un système de pompage</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estimation du cout de vie - Méthode de calcul d'annuité <p>Jürgen Raach</p>
<i>coffee break</i>	<i>coffee break</i>	<i>coffee break</i>
<p>les bases du pompage photovoltaïque II</p> <p>Spécial sur dimensionnement manuel par formule / fiche EXCEL:</p> <ul style="list-style-type: none"> - poser les modules (azimuth etc) - comment analyser la demande? - mois à retenir pour le dimensionnement - quelle taille donner au réservoir? - quel débit choisir pour la pompe? <p>Manfred Amoureux</p>	<p>maintenance d'un système de pompage photovoltaïque</p> <ul style="list-style-type: none"> - Maintenance quotidienne - Inspection visuelle - Inspection auditive - Inspection par mesure - Fréquence de maintenance - Maintenance préventive par télésurveillance <p>Jürgen Raach</p>	<p>Financement d'un système de pompage</p> <p>Comparaison financière des différentes technologies concurrentes, PV, diesel, réseau</p> <ul style="list-style-type: none"> - Calcul du prix par m³ débité - Calcul du prix par kWh <p>Jürgen Raach</p>

<i>lunch break</i>	<i>road trip + lunch packets</i>	<i>lunch break</i>
<p>les bases du pompage photovoltaïque II</p> <p>Spécial sur dimensionnement manuel par formule / fiche EXCEL: - comment choisir la taille de la canalisation? - comment estimer le besoin électrique? - comment calculer la taille du champs photovoltaïque? - comment choisir la puissance pour l'onduleur / contrôleur?</p> <p>Travail en groupe</p> <p>Manfred Amoureux</p>	<p>visite d'un site d'installation</p> <p>GIZ</p> <p>Amoureux / Raach</p>	<p>Financement d'un système de pompage</p> <p>discussions et analyse des subventions disponibles au Maroc</p> <p>Jürgen Raach</p>
<i>coffee break</i>		
<p>les bases du pompage photovoltaïque II</p> <p>analyse d'un cahier de charge à l'exemple d'un appel d'offre actuel au Maroc pour le pompage solaire</p> <p>travail en groupe</p> <p>- dimensionnement du système de pompage par logiciel - calcul de prix - dessin des plans techniques divers</p> <p>Jürgen Raach</p>		

5.2 Programme de la formation des installateurs (FDI)

Le programme de la formation des formateurs (FDF) est la base du programme des installateurs (FDI). Le programme FDI s'oriente aux modules du programme FDF déjà disponibles par la GIZ (référence de la formation par M. Soussa) et peut être composé en fonction du savoir des installateurs.

Modules	Référence	Durée (j)*
Rappels de base	M1N1	0,5
Les bases de la photovoltaïque	M2N1	1,5
Les bases du pompage solaire	M3N1	1
L'installation d'un système de pompage solaire	M4N1	1
La maintenance d'un système de pompage solaire	M5N1	0,5
Devis estimatif d'un système de pompage solaire	M6N1	0,5

* Une journée de formation est estimée à environ 6h de travail

6. Matériel

6.1 Matériel de la formation des formateurs (FDF)

Le matériel de formation est classé dans sept catégories comme il est montré dans le tableau ci-dessous. La base et le "fil rouge" de la formation sont les diapositives en format *Power Point*. La formation tenue entre le 17.09.2017 et 22.09.2017 était enregistrée par vidéo et peut être aussi utilisée comme un webinaire. Différents films disponibles sur YOUTUBE ont accompagné et ont offert une diversion aux participants.

1. Diapos
2. Enregistrement des séances de formation
3. Films téléchargés par youtube
4. Logiciels gratuits
5. Questionnaires des jours
6. Informations complémentaires
7. Recommandation du formateur

Le logiciel WEBCAPS de la société GRUNDFOS a servi de dimensionner les systèmes de pompage solaires avec les données d'ensoleillement du Maroc. Ce logiciel est gratuit et disponible sur le site web www.grundfos.com. Autres logiciels des fabricants tels que COMPASS de la société LORENTZ sont disponibles souvent par un enregistrement client. D'autres logiciels peuvent être à tout moment utilisés par les formateurs pour arriver à un résultat de dimensionnement comparable.

À la fin de chaque journée, un test à QCM (questionnaire à choix multiples) a repris des questions et réponses traités lors de la journée. Le meilleur résultat du test a reflété les points maximum atteints et a contrôlé les performances et l'attention attribuée à la formation de chaque participant.

Dans le classeur électronique des *informations complémentaires*, il y a des catalogues des fabricants des composants électriques tels que les modules solaires, les onduleurs, les pompes etc. qui servent aux participants à chercher des informations supplémentaires qui pourraient être nécessaires pour le

dimensionnement des systèmes de pompage. En plus, ce classeur sert comme bibliothèque pour une autoformation après le cours de formation.

Le dossier *informations supplémentaires* comprend également des tableaux et formules pour calculer certains paramètres solaires et hydrauliques (par exemple, les pertes de charge, la cavitation etc.).

Les recommandations du formateur se concentrent sur l'application de la théorie apprise à l'installation et le câblage des systèmes solaires de pompage:

- 1) Mise en disposition des pompes électriques à démonter et assembler (3 x personnes par groupe)
- 2) Mise en disposition des stands de câblage pour les systèmes de pompes comme dans un centre de formation professionnelle (3 x personnes par groupe)

7. Liens et Outils

Liens outils:

Lien fabricant LORENTZ:

<https://www.lorentz.de/>

Lien fabricant GRUNDFOS:

<http://www.grundfos.com/>

Lien product center & logiciel GRUNDFOS:

<http://product-selection.grundfos.com/front-page.html?custid=GMA&time=1508755458637&qcid=228458607>

Lien POWERING AGRICULTURE:

<https://poweringag.org/>

Les outils nécessaires:

- Connection Internet
- Système WIFI pour la salle de formation
- Ordinateurs pour le formateur et aussi les participants
- Projecteurs pour les diapositives et vidéos
- Une Clé USB par participant pour partager les informations
- Une caméra vidéo pour enregistrer les classes
- Un paperboard (flipchart) avec feutres pour les calculs en classe
-
- Une caméra digitale pour visite du site

Recommandation:

- 5 x pompes sousmergées démontables et assemblables

- 5 x stand de câblage avec composants (modules, coffret, pompe etc.)

8. Photos visite du site



Photo 1: Visite d'une installation proche de Berrechid, 8 x modules 260Wc = 2080Wc, pompe LORENTZ PS2-1800 C SJ-5-12, HMT = 66m, débit journalier = 23m³



Photo 2: maison d'eau avec onduleur LORENTZ et kit de protection avec parafoudre

8.GIZ / RENAC / Raach

GIZ

La GIZ est le donneur d'ordre pour le projet. Le projet était conçu sous l'instruction de la GIZ, signé par un contrat et réalisé. M. Simon Inauen est directeur de projet.

RENAC

La RENAC est le mandataire direct de la GIZ pour ce projet. La RENAC coordonne l'exécution et contrôle la qualité des services des sous-traitants. M. Bernd Wollwerth-Carl est directeur de projet, responsable du département d'énergie solaire de la RENAC.

RAACH

Pour chaque niveau de formation, il est nécessaire de mobiliser deux formateurs. Chaque formateur est compétent pour l'ensemble du module de formation mais en termes de répartition opérationnelle des tâches, un formateur est plus en charge des aspects théoriques et le second sur les aspects liés à la pratique et les installations, les deux formateurs travaillant collaborativement. Cette collaboration était garantie par Monsieur Manfred Amoureux (TRANSENERGIE FRANCE) et M. Jürgen Raach.

L'expérience professionnelle dans le domaine de pompage solaire de M. Jürgen Raach date de l'an 1994 quand il a fait sa thèse à l'université sur la technologie et rentabilité du pompage solaire par un projet en Indonésie de la GIZ en coopération avec la société solaire SCHOTT SOLAR. Entre 1996 et 1999, Mr. Raach était chargé du projet CILSS auprès de la société SIEMENS SOLAR sur l'ingénierie, la fabrication, la fourniture, l'installation et le SAV des 500 systèmes de pompage solaire dans 5 pays en Afrique de l'Ouest. Depuis 2015, M. Jürgen Raach fournit avec sa société entre 400 et 500 systèmes de pompage par an.