Système AEP à Madagascar

Mettre en œuvre un système d'adduction d'eau potable par pompage solaire

Contexte

Selon le Ministère de l'Eau, de l'Assainissement et de l'Hygiène malgache, le taux d'accès à l'eau potable dans le pays se situe entre 30% à 35%[1] – une réalité bien en deçà des 43% pointés par le JMP.

Dans le pays, les systèmes d'adductions gravitaires possèdent de nombreux avantages: l'investissement est moindre, l'entretien et la maintenance sont simples et peu coûteuses. Si les hauts plateaux facilitent l'utilisation de ce type d'installation, celle-ci est plus difficile dans le reste de la grande Île. Ainsi, mettre en place un système AEP sur la majorité du territoire nécessite le recours à une source d'énergie, thermique ou solaire. De par sa situation géographique, Madagascar dispose d'un réel potentiel de production d'énergie solaire, qui reste aujourd'hui encore peu exploité.

Objectifs et publics

Cette note a pour objectif de détailler les différentes étapes qu'implique la mise en œuvre d'un système d'adduction d'eau potable par pompage solaire, et les enjeux entourant sa pérennisation :

- critères de mise en oeuvre,
- revue des différents choix technologiques,
- démarches de maintenance et d'entretien devant permettre la pérennisation du service.

Cette note s'adresse aux acteurs ayant déjà fait le choix de se tourner vers le solaire.

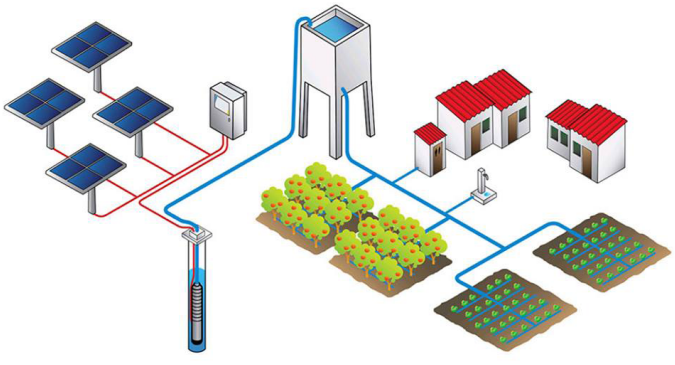
Les caractéristiques et éléments intrinsèques aux systèmes AEP par pompage photovoltaïque (PV) sont ici différenciés afin de faire ressortir les points de vigilance liés à la mise en œuvre de ce système.

Définition

Le système d'adduction d'eau potable par pompage solaire consiste à capter l'énergie solaire à travers des panneaux photovoltaïques pour produire de l'électricité. Celle-ci permet d'alimenter une pompe électrique pour assurer l'exhaure de l'eau depuis un puits ou un forage. Les systèmes de pompage photovoltaïque sont constitués :

- d'un générateur,
- d'une unité de contrôle (MPPT, tableau de commande et onduleur),
- d'un groupe électropompe (moteur + pompe),
- d'un câblage électrique.

Schéma d'un système d'AEP par pompage solaire



Source : Lorentz

1 Selon des études menées dans 17 régions sur le Budget Programme par Objectifs Régionaux
Source : LINFO.RE, le 26.02.2017, http://www.linfo.re/ocean-indien/madagascar/712232-madagascar-moins-de-35-de-la-population-ont-de-l-eau-potable, en ligne.

Critères de mise en oeuvre

6 critères généraux

1. Disponibilité de la ressource en eau
Eaux de surfaces et souterraines disponibles et temps de renouvellement de la nappe

2. Qualité de l'eau
→ pour définir les besoins de traitement
Ceux-ci différeront selon les besoins et l'approvisionnement (eau de surface ou eau souterraine).
Cas du pompage solaire : le système de traitement devra notamment rester fonctionnel dans le cas d'un débit d'exploitation variable.

3. Hauteur Manométrique Totale (HMT)
Elle correspond à la pression totale que doit fournir une pompe. Dans le cas du solaire, le calcul de la HMT constitue une aide à la décision: recours à une pompe plus performante ou à une surface de panneaux solaires plus grande.

4. Bénéficiaires et besoins journaliers
→ pour une adéquation entre les besoins et la ressource et un bon dimensionnement de l'installation

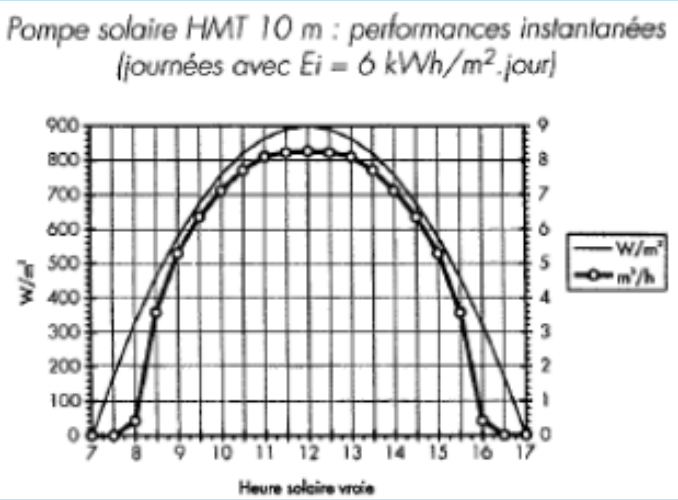
5. Capacité et volonté à payer des bénéficiaires
Recours à des enquêtes socio-économiques

6. Disponibilité des pièces de rechange et présence de ressources humaines qualifiées
→ pour assurer la maintenance et l'entretien des installations
Cela peut passer notamment par la définition des responsabilités du fournisseur sur la garantie et le service après-vente, la formation de techniciens locaux à la maintenance et à l'entretien de ces installations, etc.

4 critères spécifiques au pompage photovoltaïque

1. Ensoleillement
L'intensité solaire n'est pas constante, la durée et le degré d'exposition varient au cours des saisons et de la journée. À Madagascar, l'ensoleillement est d'environ 3 à 4 heures par jour dans les hautes terres centrales contre 6 à 7 heures dans les zones côtières. C'est à midi que l'intensité des rayons est la plus élevée. La *valeur d'ensoleillement* est le nombre moyen d'heures d'ensoleillement, mesuré sur le terrain (kWh / m² / jour) sur une surface horizontale.
Afin de s'assurer d'un approvisionnement constant, malgré les conditions variables, les systèmes doivent être dimensionnés en partant du mois le plus défavorable, à la fois pour la demande et l'ensoleillement.

Le débit d'une pompe solaire tout au long de la journée



Courbe de débit d'une pompe solaire tout au long de la journée. Source : Gay B, 1999

2. Dimensionnement des infrastructures

Les systèmes AEP par pompage PV sont conditionnés par différents facteurs, dont l'ensoleillement. Pour les systèmes alimentant des branchements publics particulièrement – impliquant des créneaux horaires spécifiques – les pics de consommation (matin et soir) ont lieu en dehors des heures de pompage des systèmes photovoltaïques (au maximum en milieu de journée). Les infrastructures de stockage doivent donc être suffisantes pour répondre à la consommation du soir et du lendemain matin. Leur bon dimensionnement permet d'assurer l'approvisionnement en eau tout au long de la journée mais également en cas de panne ou d'absence d'ensoleillement. Comme pour tous les systèmes AEP, le surdimensionnement (calculé sur l'augmentation du nombre de consommateurs) doit lui aussi être effectué.

3. Dimensionnement des câbles

Lors de l'installation d'un système par pompage photovoltaïque, une attention particulière doit être portée à la distance pompe-champ solaire, notamment lorsque celle-ci dépasse les 100m. En effet, le diamètre et la longueur des câbles vont influencer le prix de l'installation : plus la tension sera faible, plus l'intensité sera élevée et impliquera des pertes par résistance.

Faible tension

La faible tension est à compenser par des tuyaux plus grands (à section plus élevée) et plus onéreux. Les pompes à courant continu (DC) sont alimentées par des tensions faibles, car présentent moins de risque de sécurité. Cependant, le courant alternatif (AC) – qui se présente soit en monophasé, soit en triphasé – sera plus dangereux.

Forte tension

La forte tension permet le recours à des câbles moins épais et moins coûteux. Ainsi, le type de câblage dépend de la solution retenue (courant continu ou alternatif). Les câbles devront être, dans tous les cas, résistants aux UV s'ils sont positionnés en extérieur. Certains fournisseurs proposent de calculer ce dimensionnement par le biais de logiciels.

4. Protection des infrastructures et du matériel

Risques de dégradations et de vols

Les installations solaires sont soumises aux mêmes risques de dégradations et de vols que tout autre système. Différentes solutions existent pour dissuader et limiter ces problèmes : boulons antivols, clôture, gardiennage, mise en place d'un détecteur de mouvement, impression du logo de l'entreprise sur les panneaux, antivols, etc.

Pour être efficaces, ces mesures doivent être accompagnées d'une sensibilisation de la population et d'une responsabilisation des autorités locales.

Risques de foudre

Pour une protection totale contre le risque de foudre, chaque point d'entrée (panneau, pompe, sondes, etc.) doit être protégé.

Il existe différentes solutions : parafoudre pour une protection de l'unité de contrôle et des câbles contre la surtension et la surintensité, aménagement du site, paratonnerres, fils enterrés, etc., pour éviter tout danger pour l'homme et tout endommagement du matériel.

Revue des différents choix technologiques

Pompe

Les 2 types de pompes immergées les plus fréquemment utilisées sont la pompe centrifuge munie d'une turbine et la pompe à vis héliocoïdale munie d'un rotor en spirale.

Comparaison

→ En termes de résistance, la principale différence se situe dans la capacité de la pompe à vis hélicoïdale à supporter la présence de limons ou de sable dans l'eau sans être endommagée.

→ En dehors de cet élément, le choix de la pompe sera déterminé par les caractéristiques du forage. Ainsi, la pompe à vis héliocoïdale sera préférée en cas de forage profond ou de durées de pompage élevées avec des conditions d'ensoleillement variables.

→ En revanche, même si la pompe centrifuge nécessite un minimum d'ensoleillement pour assurer la vitesse nécessaire au pompage de l'eau, elle sera plus adaptée en cas de HMT faible ou de forts débits car les pertes de charges, induites par le diamètre du forage, seront moindres.

Moteur

Les moteurs alimentés par un AC sont plus faciles à gérer et donc à favoriser dans ces installations. Le type de courant dépendra de la pompe et influencera le câblage. En fonction des choix effectués face aux contraintes terrain, le recours à un onduleur (présent dans l'unité de contrôle de la pompe) peut avoir lieu. Certains moteurs peuvent être munis de balais, permettant un certain entretien de la pompe. Ce choix dépendra de la qualité de l'eau prélevée.

Unité de contrôle de la pompe

Celle-ci est constituée d'un MPPT, d'un boîtier de commande, et parfois d'un onduleur :

→ Le régulateur MPPT (Maximum Power Point Tracking) optimise le fonctionnement des panneaux solaires en jouant sur la tension afin de créer une situation optimale entre courant et tension et produire une puissance maximale.

→ Le tableau de commande effectue une sorte de contrôle du système en coupant et relançant la pompe en fonction des situations, il assure une protection (réservoirs pleins, manque d'eau, surchauffe, etc.)

→ L'onduleur a pour rôle de convertir le courant continu (CC) produit par les panneaux PV en courant alternatif (AC), plus facile à transporter et alimentant des moteurs plus simples à gérer.

Panneaux solaires

Ils se différencient par les cellules photovoltaïques qui les composent et qui déterminent le rendement des panneaux.

Comparaison

→ Si les cellules à cristaux monocristallins sont les plus efficaces, elles sont également les plus chères ;

→ celles-ci sont suivies de près en termes de rendement par les cellules à cristaux poly cristallins qui sont moins coûteuses à produire ;

→ les cellules de films minces possèdent des coûts moindre coûts mais présentent une efficacité plus faible (soit environ la moitié des précédentes).

Lors du choix d'un panneau solaire (en fonction de ses composants, de sa taille), une attention doit être portée à la tension et au courant produits une fois celui-ci installé. Les valeurs finales, à la sortie du champ solaire, ne cumulent pas l'ensemble des panneaux: le courant va dépendre des capacités de production de chaque panneau et sera limité par le panneau ayant la moins bonne exposition. Ainsi, les choix des technologies et les conditions d'exposition aux rayons solaires (déterminés par l'emplacement et l'inclinaison des panneaux) doivent être réfléchis de manière globale face aux contraintes terrains afin d'être optimales pour l'ensemble des panneaux.

Comme le système de pompage au fil du soleil ne permet pas un approvisionnement constant et afin d'assurer une disponibilité de la ressource pendant les heures creuses, il est important de bien dimensionner le réservoir de stockage d'eau.

Viabilité financière

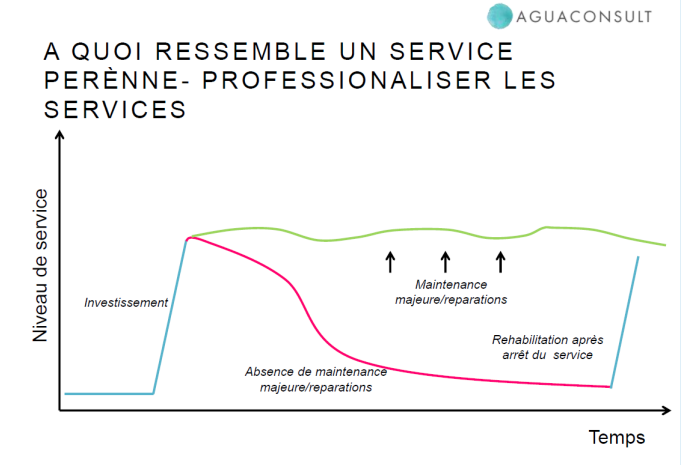
La pérennisation du service est un enjeu clé dans la mise en œuvre de systèmes d'alimentation en eau potable, quel que soit leur source d'énergie : accès aux pièces de rechanges, présence de compétences locales, viabilité financière, etc.

Les systèmes thermiques et solaires possèdent chacun leurs avantages et inconvénients. L'étude du contexte et la projection financière doivent être solidement analysés pour favoriser la durabilité du système.

Caractéristiques financières pour les systèmes photovoltaïques :

Absence de coûts de fonctionnement régulier, coût de la maintenance ponctuelle plus élevé.

L'enjeu est donc d'approvisionner régulièrement un fonds de renouvellement, inclus dans un business plan indexant le tarif de l'eau.
De plus, l'espacement de l'entretien de ces systèmes ne doit pas nuire à la réalisation d'un suivi régulier, indispensable pour prévenir les pannes et assurer une durée de vie maximale à ce système.



Source : Aquaconsult, 2015

Temps de maintenance, entretien et durée de vie des composants de système d'AEP solaire

Les durées de vie des composants cités ci-dessous sont indicatives, variant en fonction du choix des fournisseurs, de la qualité des matériaux (un investissement initial plus conséquent pourra ensuite permettre un système plus fiable et plus durable) et selon le suivi et les entretiens réalisés.

Composant	Fréquence d'entretien	Durée de vie
Panneau PV	Nettoyage quotidien	20 à 25 ans
Pompe	Vérification périodique	5 à 10 ans
Moteur	Nettoyage tous les 2 ans si absence de balais	10 à 12 ans
Câblage électrique	Contrôle régulier pour prévenir l'échauffement en zone chaude	

Pour aller plus loin

Afin de compléter les informations détaillées dans cette note, deux thématiques ont été identifiées et sont abordées dans les zooms ci-dessous.

Stockage d'eau ou d'énergie

Les systèmes de pompage au fil du soleil sont conditionnés par l'ensoleillement. L'absence de stockage d'énergie est remplacée par le stockage de l'eau, ce qui implique alors la construction de réservoirs plus grands que pour les autres systèmes de pompage. Cette limite peut être détournée par le recours à des systèmes de pompage hybride permettant soit de pomper à un débit constant en complément de l'énergie solaire, soit de pomper sans soleil ou en cas de panne.

Autre solution : l'utilisation de batteries, permettant de stocker le surplus d'énergie accumulé tout au long de la journée pouvant ainsi être utilisé à n'importe quel moment. Ces technologies impliquent cependant des coûts et besoins en maintenance supplémentaires, devant être étudiés au préalable.

Investissement cyclique

La principale condition de viabilité des systèmes d'AEP repose sur la disponibilité des fonds de renouvellement alloués aux systèmes. À la différence des systèmes thermiques, les systèmes AEP par pompage photovoltaïque impliquent un investissement cyclique : le renouvellement des infrastructures sera espacé mais conséquent.

Des solutions existent pour permettre de sécuriser les fonds et assurer l'entretien, la maintenance et le renouvellement des ouvrages. Par exemple, l'îlot concessif implique qu'une partie du matériel (pompe et panneau) soit apporté par le gestionnaire ; en étant propriétaire il s'engage à assurer leur entretien, maintenance, remplacement.

Pour plus d'informations :

www.raneau.org/adduction-deau-potable-par-pompage-solaire

Avec l'appui de :

CITE Fampahalalana - Fampandrosoana Informer - Développer

pS-Eau programme Solidarité-Eau

GRET Professionnels du développement solidaire

Experts-Solidaires L'expertise au service de la solidarité internationale

SQVISION energy by sun & wind