

Etude technico-economique d'un système de pompage solaire dans le Sahara_algerien (Application sur quelque puits pastoraux)

R. ZEGAIT¹, M.BEN TRIA², M.AZLAOUI³, S.KAREF⁴

^{1,3,4} Université Zinae Achour-Djelfa, Algérie

²Université de Kasdi-Merbeh-Ouargla, Algérie

¹ E-mail : zegait.rachid@gmail.com

RESUME

Le présent travail traite plus particulièrement les aspects techniques et économiques et contraintes climatiques d'une solution de pompage d'eau en utilisant une source d'énergie solaire photovoltaïque.

Mots clés : Site isolé, puits pastoral, pompage solaire, efficacité, cout ,contrainte

I. INTRODUCTION

L'eau et l'énergie sont parmi les plus importants éléments essentiels et indispensables à la vie. La demande croissante de l'énergie et l'épuisement futur inévitable des sources classiques exigent des recherches sur des sources alternatives, comme les énergies renouvelables.

La résolution de problématique de l'eau dans les sites isolés joue un rôle très important dans le développement du parcours et l'irrigation dans le vaste territoire saharien.

Dans ce modeste travail, nous avons intéressés plus particulièrement par l'application de l'énergie solaire photovoltaïque dans le système de pompage d'eau dans des sites isolés dans la région de Ouargla.

Notons que le territoire national dispose un gisement solaires parmi les plus élevés au monde. La durée d'insolation peut atteindre les 3900 heures par an L'énergie acquise quotidiennement sur une surface horizontale de 1 m² est de l'ordre de 5 KWh, soit près de 2263 kWh/m²/an au sud du pays. L'utilisation de ce type d'énergie propre et décentralisée sur tout le territoire de la wilaya contribue au développement des zones de parcours encourage la population à rester dans leurs zones d'origines.

Tableau 1 : Caracterstiques des puits

N	Nom de puits	Type	Coordonnées UTM			Prof de puits	Prof d'eau	Hauteur d'eau
			X	Y	Z			
01	Drmoum	Traditionnel	248904	3618765	112	13	10.5	1.5
02	El-Gabouss		248645	3632847	107	12	9,5	1.5

II. CADRE PHYSIQUE

Notre zone expérimentale située dans la commune de Taibet fait partie de la wilaya d'Ouargla, située au Nord-est du grand Sahara algérien ; elle est distante de 850 Km de la capitale Alger. La région caractérisée par l'aridité extrême qui s'expliquer par des valeurs des paramètres climatiques stables depuis quatre millénaires (régime anticyclonique quasi permanent). Des précipitations négligeable et irrégulière (inférieur à 30 mm/an), les températures extrêmement élevées et des vents qui contribuent à de très fortes évapotranspirations (2 à 2,5 m/ an) sont les principales contraintes climatique de développements.

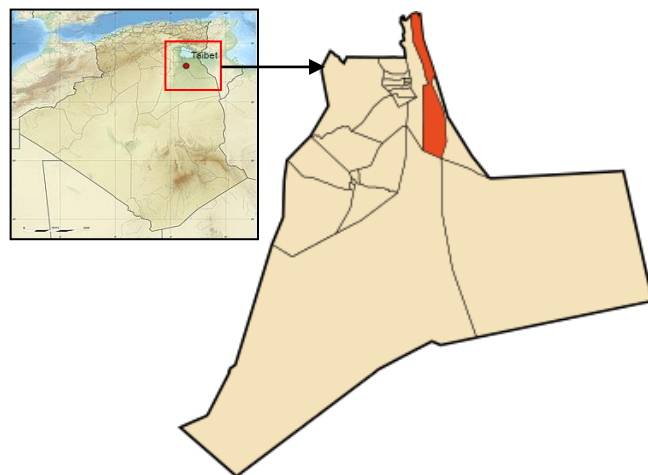


Fig.1: Situation de la zone d'étude

A. Caractéristiques des puits

Nous avons choisi pour notre expérimentation deux puits pastoraux ont des profondeurs faibles autour de 12m dont la hauteur d'eau dans les puits est de 1,5m (Tab1).



Fig.2: Puits (Daroum,Gabouss)-Taibet

III. SYSTÈME DE POMPAGE SOLAIRE

L'objectif visé est le dimensionnement du système de pompage PV à travers le calcul de la puissance crête du générateur photovoltaïque faite passer par quatre étapes indispensables telles que le besoin en eau des cheptels, énergie disponible, choix de pompe, choix d'onduleur répondant au service requis dans les conditions de référence, et finalement le dimensionnement de générateur photovoltaïque.

Une enquête sur site consolidé avec les associations d'élevage de la région mène une richesse animale de la région de puits d'étude autour de 700 tête qui peut transformer à 19 m³/j en termes de besoin en eau.

D'autre part la détermination de l'énergie solaire disponible est basée sur les calculs des valeurs moyennes journalières mensuelles de l'irradiation solaire disponible à l'inclinaison ($\beta = 32^\circ$) des modules photovoltaïques (PV) par rapport au plan horizontal.

Notons que la productibilité de l'énergie de la zone d'étude variant de 6,6 à 8,9 KWh/j dont le maximum, signale au mois juillet –août.

Pour les rayons solaires horizontaux une valeur max enregistrée au mois de juillet (7,9 kwh/m²/j)

Deux conditions ont été posées pour le choix de pompe adaptable à nos systèmes ;

- Choisir les besoins journaliers en eau durant la période de besoin maximal.
- Choisir le mois où l'ensoleillement maximal est le plus faible.

Pour un besoin en eau maximale de 19 m³/j et l'énergie d'ensoleillement, la plus faible pour la saison d'été 7,0 kwh/m²/j ; un débit de 2,71 m³/h est obligatoire.

Le diamètre de la conduite de refoulement choisi à la base de calcul hydraulique est de 40 mm qui favorise une vitesse de 0,7m/s pour un HMT de 13,5m ou l'emplacement de la pompe a été fixé au niveau de 10m.

La puissance de la pompe calculé à la base de la formule (1) est de l'ordre de 0,222 Kw qui peut traduire au puissance hydraulique quotidienne consommée de 1,553 kwh/j

$$P = \frac{g \times Q \times H_{MT}}{\eta} \dots\dots\dots(1)$$

Ces résultats calculer a la base des bonnes conditions d'utilisation, et pour un système bien conçu, on peut s'attendre à un rendement du groupe motopompe oscillant entre 35% et 45%. Une valeur de 1,653 kwh/j de L'énergie électrique quotidienne requise calculé à l'aide de formule (2)

$$Ee = \frac{Eh}{\eta_{ond}} \dots\dots\dots(2)$$

A. Choix de Pompe

Une pompe de type SQF 8A-3 GRUNDFOS a été choisie pour satisfaire les conditions suivantes :

- Assurer Q et l'HMT
- Le rendement est meilleur η_{max} .
- Un poids faible, une anticorrosion, non-encombrement.
- Assurer une capacité d'aspiration forte.
- Une vitesse de rotation importante.
- Anti-cavitation.
- Exploitation simple.

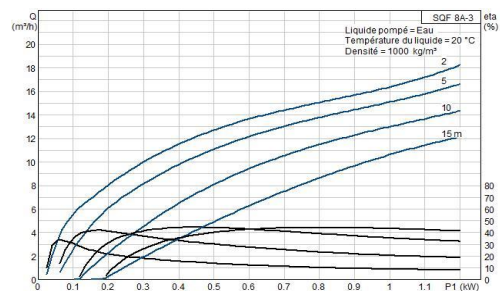


Fig.3: Courbes Caracterstique de la pompe

B. Choix de l'onduleur

Il a pour rôle, la conversion du courant continu produit par les panneaux en courant alternatif identique à celui du réseau. Le choix de l'onduleur dépend des caractéristiques électriques de la pompe alimentée (puissance, tension).

IV. ÉTUDE ECONOMIQUE COMPARATIVE POMPAGE SOLAIRE / GROUPE ÉLECTROGÈNE

Tableau 2 : Caracterstiques de l'onduleur

Type :		1.5 kW
Donnée électrique :		
Entrée DC	Tension max. DC(Voc)	390 V
	Tension recommandée MPPT	280-380 V
	Puissance recommandée	2,50 kWp
	Max. rendement MPPT	99%
Nombre de string		1
Entrée AC	Tension d'entrée nominale	230~ V, 1-phase
	Plage de fréquence	50~60 Hz
Sortie AC	Puissance max.moteur	1,50 kW
	Tension nominale	230~ V, 3-phase
	Plage de fréquence	0~50/60 Hz
	Courant nominal de sortie	12,0 A
Système	Max. efficacité	97%
	Classe de protection	1
	degré de protection	IP54
	température ambiante	(-) 25°C à (+) 65°C
	Refroidissement	Refroidissement forcé
	Affichage	LCD

C. Dimensionnement de générateur PV

Le panneau solaire POLY 200 TF est de type poly cristallines. Le panneau solaire doit être monté sur une structure support orienté correctement afin assurer une utilisation optimum d'énergie solaire dont la puissance maximum est de 200W , tension de circuit ouvert 45,5 V et intensité max de 5,4 A dont la puissance du générateur photovoltaïque est donnée par la formule.

$$Pg = \frac{Ee}{\text{Ensoiellement} \times Rp} \dots\dots\dots(3)$$

Les résultats nous donnent une puissance de 1557W ,ce chiffre peut transformer au 8 modules de 200 Wc d'où la surfacé total de générateur photovoltaïque est de 11,65 m2

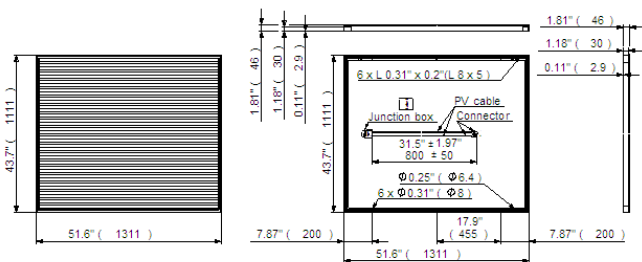


Fig.4: encombrement simplifié de panneau.

Nous avons étudié et analysé deux techniques de pompage séparément le pompage photovoltaïque, le pompage par groupe électrogène conventionnel utilisé plus fréquemment dans les régions sahariennes Ou nous avons comparé le coût global actualisé du m³ d'eau pompé

A. Analyses économique des systèmes de pompage

En général, le calcul des coûts de la production d'électricité par l'énergie solaire photovoltaïque obéit aux mêmes règles que les solutions classiques. Nous étudierons séparément les coûts d'investissement, les coûts d'exploitation et les coûts d'entretien et de maintenance.

Pour évaluer le coût global actualisé du m³ d'eau pompé, il est nécessaire d'avoir certaines données, à savoir [9] :

- La durée de vie de chaque composant,
- Le coût ou l'investissement initial,
- Les coûts de maintenance annuels relatifs au système photovoltaïque,
- Les coûts de remplacements des différents sous-systèmes.

B. Méthode du calcul

Du point de vue de l'investisseur, les coûts actualisés du système de pompage permettent de comparer les coûts entre différentes options. Son importance est liée au fait que certaines options nécessitent de gros investissements de départ et des frais d'exploitation et de maintenance relativement faibles, alors que d'autres présentent la situation inverse. Dans ces conditions, une analyse des coûts devra inclure le coût du financement du capital ainsi que la valeur actualisée des coûts d'exploitation, d'entretien et de remplacement sur la durée de vie prévue du système de pompage. Cette analyse s'appelle le calcul des coûts sur la durée de vie [4].

Fig.5: Schéma d'installation globale d'un pompage PV

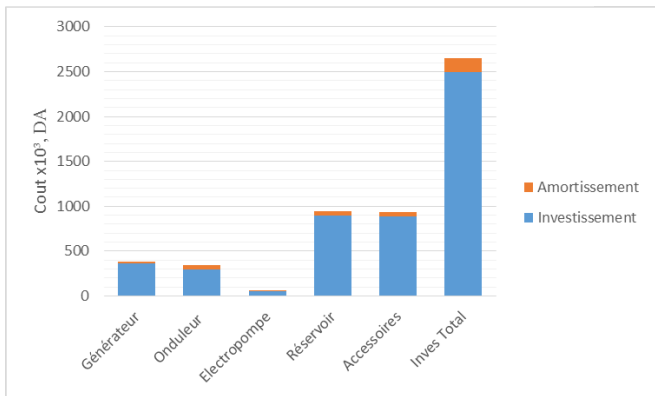
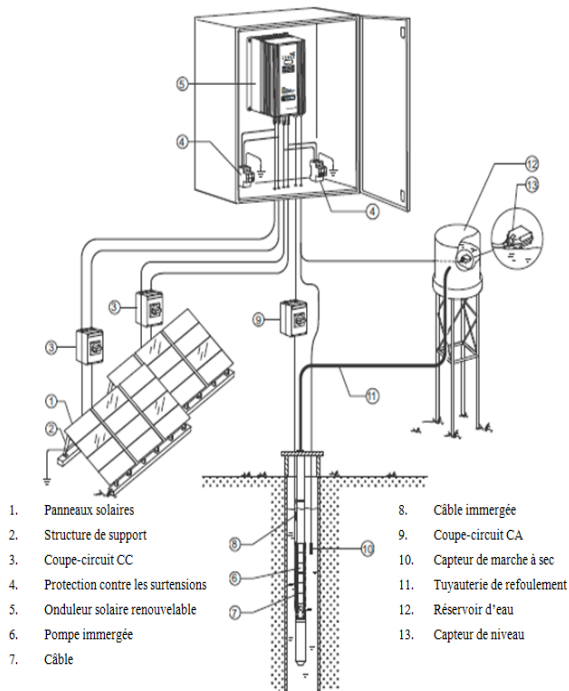


Fig.6: Coût total de l'investissement et de l'amortissement de système de pompage PV.

C. Entretien et maintenance annuel

Malgré la fiabilité des pompes solaires, il est indispensable de veiller à leur bon fonctionnement par un entretien périodique. Dans la mesure où les hypothèses de départ peuvent être différentes, le coût de l'entretien est très difficile à évaluer dans le temps. Pour calculer un coût moyen annuel, l'approche la plus raisonnable est basée sur une expérience vécue sur le terrain qui, aussi théorique qu'elle soit, donnerait un ordre de grandeur réaliste [11].

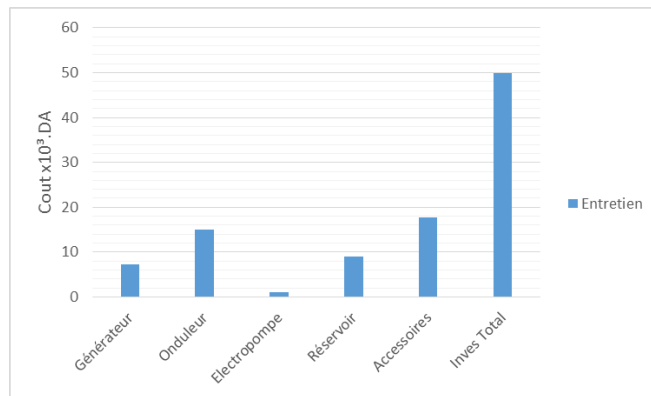


Fig.7.coût total d'entretien annuel de système de pompage PV.

D. Système de pompage par groupe électrogène

Pour la même point de pompage nous alimentons la motopompe par un groupe électrogène le nouveau système est composé par :

- Le groupe électrogène.
- Le groupe électropompe.
- La partie hydraulique (réservoirs..).
- Les accessoires.

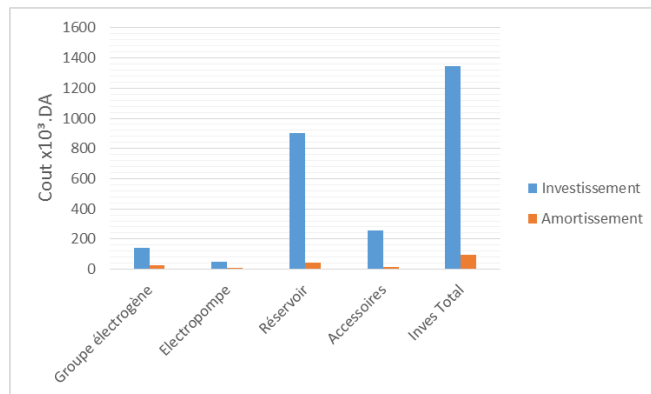


Fig.8: coût total de l'investissement et de l'amortissement de système de pompage par groupe électrogène.

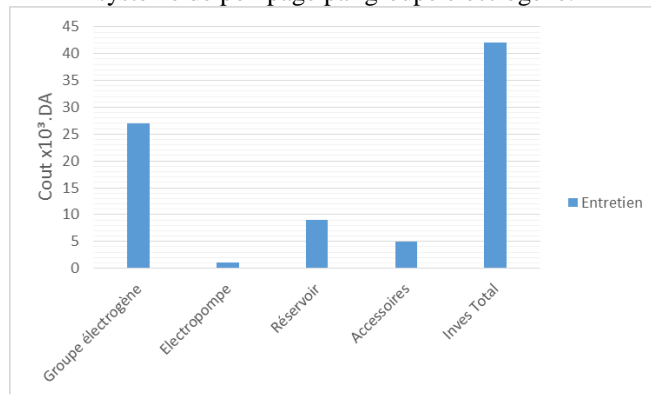


Fig.9: Cout d'entretien

E. Résultats comparatifs

Il est souvent et pratiquement très difficile de décider lequel des techniques de pompage d'eau, solaire photovoltaïque ou par groupe électrogène, est plus intéressant par son coût inférieur et sa fiabilité. En effet, plusieurs paramètres spécifiques au site doivent être pris en charge (éloignement du site, caractéristiques du site, coût de l'investissement, approvisionnement en carburant et lubrifiant, conditions d'exploitation...etc.). Néanmoins, une comparaison de coût total peut se faire rapidement en comparant le coût global actualisé du m³ d'eau pompé cette comparaison globale est souvent décisive sur l'acceptation ou le rejet du projet d'investissement.

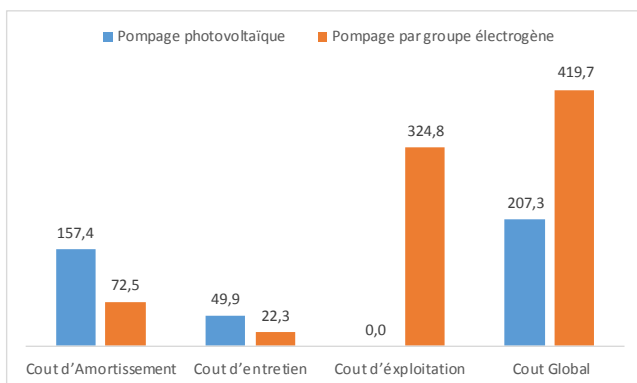


Fig.10: Comparaison des coûts en (10³DA)

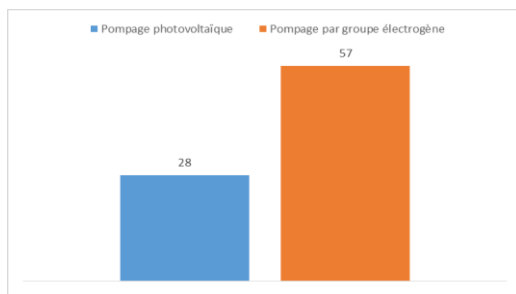


Fig.11: revient de mètre cube d'eau (DA)

V. CONCLUSION

Ce travail a été consacré à l'étude technico-économique d'un système de pompage photovoltaïque dans le site d'Ouargla. Pour mieux analyser les contraintes de l'exploitation d'un système de pompage d'eau, nous avons présenté plusieurs résultats obtenus d'une étude qui a conduit au dimensionnement d'une installation de pompage photovoltaïque. Nous avons montré que le site de Ouargla présente un climat favorable à ce type d'énergie nouvelle ; la région de Ouargla est étendue sur une surface de plus de 163 233

k m² avec un ensoleillement de plus de 5 kWh/m² / jour, ainsi que des ressources importantes d'eau souterraine. Une autre coïncidence très importante favorise encore l'utilisation pour de ce type d'énergie le pompage d'eau à Ouargla est que la demande d'eau, surtout dans l'agriculture, atteint son maximum par temps chaud et sec où c'est justement le moment où l'on a accès au maximum d'énergie solaire.

Une étude économique comparative détaillée entre les deux techniques de pompage d'eau, pompage par énergie solaire photovoltaïque et pompage en utilisant des groupes électrogènes nous a appris l'importance du calcul du coût du kWh produit. Nous avons montré aussi que la technique de pompage par groupes électrogènes semble être la moins coûteuse au début de l'exploitation. La balance devient clairement en faveur de la solution de pompage par énergie solaire photovoltaïque après quelques années d'exploitation (10 ans environ). Le point « faible » de cette dernière solution reste l'investissement initial qui favorise clairement la solution de pompage par groupe électrogène. En effet, notre étude et analyse ont montré qu'il faut prendre en considération d'autres facteurs importants lors d'un éventuel investissement.

Enfin, bien qu'il soit plus clair maintenant que ce n'est pas toujours facile de choisir laquelle des deux techniques de pompage d'eau est la meilleure, il semble que l'avenir est pour l'énergie solaire photovoltaïque. En effet, l'augmentation incontrôlée des prix des carburants et l'épuisement inévitable de ce type de ressources classiques favorisent considérablement l'utilisation des énergies renouvelables. Par conséquent, le développement de ce type d'énergie décentralisé, en particulier dans le sud de notre pays, est très recommandé puisqu'il permet l'accès à l'eau facilement et à moindre coût dans n'importe quel endroit.

REFERENCES

1. **Jimmy Royer, Thomas Djiako, Eric Schiller, Bocar ;** Le pompage photovoltaïque Manuel de cours à l'intention des ingénieurs et des techniciens par : Types des systèmes photovoltaïques.
2. **B. Flèche, D. Delagnes,** « Energie solaire photovoltaïque », juin 07, STI ELT Approch générale.
3. **Oi.** « Design and simulation of photovoltaic water pumping system », Thèse de Doctorat , California Polytechnic State University San Luis Obispo, 2005.

4. **J. Royer, T. Djako**, « Le pompage photovoltaïque », Manuel de cours à l'intention des ingénieurs et des techniciens, Université d'Ottawa, 2002.
5. **Molle**, « Les stations de pompage individuelles pour l'irrigation », juin 1996.
6. **Multon, H. B. Ahmed, N. Bernard**, « Les moteurs électriques pour applications de grande série », Pierre-Emmanuel CAVAREC Antenne de Bretagne de l'École Normale Supérieure de Cachan, Revue 3EI juin 2000.
7. **M. Capderou**, « Atlas solaire de l'Algérie », Office des publications universitaire -Tome 1' Tome 2, Algérie 1986.
8. **S. LABED**. « Le pompage photovoltaïque et le développement des régions sahariennes », Colloque International sur les Ressources en Eau Souterraines dans le Sahara (CIRESS) Ouargla - 12 et 13 décembre 2005. Pompage Photovoltaïque 'Rev. Energ. Ren. Vol. 8 (2005) 19-26.
9. **B. Bouzidi et A. Malek**, « Analyse économique des systèmes énergétiques-station de pompage », Rev. Energ. Ren : ICPWE(2003)53-60.
10. **B. Chabot From cost to prices** : « Economic analysis of PV energy and services progress in photovoltaics research and applications », Vol 6. P55-68 (1998).
11. **B. Bouzidi**, « Analyse de la faisabilité et la rentabilité économique de systèmes de pompage d'eau par énergie solaire photovoltaïque », mémoire de magister, Ecole Nationale Polytechnique, Alger.
12. **B. Azoui et M. Djarallah**, « Dimensionnement et expérimentation d'un système photovoltaïque de pompage d'eau utilisant un moteur à aimants permanents sans balais collecteur », Journée d'Étude sur l'Énergie solaire, Mardi 01 mars 2005, Bejaia.