

Energie solaire comme une alternative pour l'alimentation des fermes dans les sites isolés

B. Azoui^{1*}, R. Mechouma¹, M. Chabane¹, K. Doumandji²

¹ Laboratoire LEB, Faculté de Technologie, Université de Batna 2 Mostafa Benboulaïd, Batna, Algérie

² GIZ InS, Alger, Algérie

Email: azoui_b@yahoo.com

Résumé. L'Algérie possède un gisement solaire très important dû à sa grande superficie dont la majorité est aride ou semi-aride, contenant un nombre important de fermes agricoles qui peuvent être divisées en deux types : le premier est connecté au réseau conventionnel tandis que le second est situé dans des zones isolées. Ces deux types de fermes souffrent de nombreux problèmes dus au manque d'électrification ou de son insuffisance durant les périodes estivales. Dans cette étude, nous nous intéressons aux fermes des sites isolés; elles utilisent pour l'alimentation électrique des moteurs diesel qui sont limités principalement à l'irrigation et à l'éclairage des maisons pendant quelques heures par jour en raison des coûts élevés du carburant et de l'entretien des moteurs. Comme l'Algérie est l'un des pays qui a des journées ensoleillées durant toute l'année, l'énergie solaire peut contribuer à résoudre ce type de problèmes en alimentant les fermes en électricité et en leur apportant certains avantages. Dans cette étude, nous faisons l'étude d'une ferme typique dans un site isolé, tout en montrant comment l'énergie solaire peut contribuer à son alimentation en énergie électrique amicale à l'environnement.

Mots clés. Energie solaire photovoltaïque, Rayonnement solaire, Pompage photovoltaïque, Zones arides et semi arides, Fermes agricoles.

1. Introduction

L'énergie solaire est l'une des applications les plus utilisées des énergies renouvelables, en particulier dans les pays caractérisés par des journées ensoleillées. Elle présente un avantage très important du fait qu'elle est non polluante et nécessite peu d'entretien. Plusieurs recherches ont été menées dans cet axe afin de mieux comprendre son comportement et son fonctionnement dans le but est de développer une gestion et une exploitation adéquates de cette énergie [1-2].

L'Algérie est l'un des pays caractérisés par des journées ensoleillées en raison de la diversité de son climat. La durée d'ensoleillement peut atteindre 3900 heures par an dans les zones arides et semi-arides et l'énergie reçue quotidiennement sur une surface horizontale est d'environ 5 kWh / m² sur la plus grande partie du pays. Cette énergie varie de près de 1700kWh/m²/an dans le nord à 2263 kWh/m²/an dans le sud [3-5]. Ces spécifications font de l'Algérie un site privilégié pour les applications solaires ; car la plupart de ses zones sont arides ou semi-arides. Un nombre important de fermes agricoles est implantés dans ces zones. Certains de ces fermes sont connectés au réseau et d'autres sont dans des sites isolés. Tous les deux souffrent de problèmes dus au manque ou d'insuffisance d'électrification. L'énergie solaire peut contribuer à résoudre ces problèmes en alimentant les fermes en électricité et en leur donnant des avantages tels que:

- éviter l'exode rural en améliorant la vie des agriculteurs;
- contribuer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ;
- préserver les combustibles fossiles pour les générations futures.

Dans cet article, nous présentons une étude d'une ferme dans un site isolé. En commençant par l'analyse des charges de la ferme, qui sont réparties en deux types : charges domestiques et pompage pour l'irrigation. Le premier utilise le stockage des batteries et le second est au

fil du soleil. Ensuite, on donne une méthodologie de dimensionnement (avec et sans stockage). Enfin une proposition de mise en place de deux stations solaires est proposée.

2. Dimensionnement du système

Les étapes générales de dimensionnement d'un système PV sont résumées comme suit [6-12]:

- Étape 1: estimation de l'énergie solaire.
- Étape 2: détermination des charges journalières du consommateur.
- Étape 3: calcul de la puissance crête du champ PV et le choix des modules.
- Étape 4: dimensionnement des batteries de stockage en cas de fonctionnement quotidien.
- Étape 5: dimensionnement des onduleurs.
- Étape 6: Choix des câbles.
- Étape 6: coût total du système.

3. Gisement solaire

Nous commençons par quelques informations sur le site utilisé qui est la région de Batna, pris comme exemple de zones semi-aride. Sa localisation géographique est donnée dans le tableau 1. Le rayonnement journalier moyen mensuel pour une inclinaison égale à l'angle de la latitude est présenté sur la figure 1. La valeur de l'irradiation moyenne journalière pour le mois le plus défavorable de la basse saison est de $3.866\text{kWh/m}^2\cdot\text{j}$ et pour la haute saison est de $5.5\text{kWh/m}^2\cdot\text{j}$ [3,12].

Tab. Localisation géographique

Latitude (deg)	35.33 N
Longitude (deg)	6.11 E
Altitude (m)	1040
Albédo	0.25

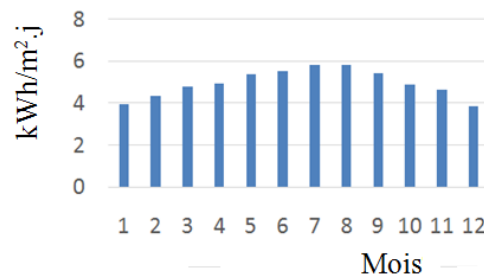


Fig. 1. Rayonnement quotidien moyen mensuel, à l'angle de la latitude

4. Charges de la ferme

La ferme est composée de trois maisons avec 10 personnes au total. C'est une ferme pour l'élevage bovin et l'agriculture fourragère. Elle contient 20 vaches et 01 taureau, 50 moutons, 25 chèvres et 01 cheval, équipés de 01 étable et 01bergerie. La culture fourragère est répartie sur 15 hectares (ha). Suite à la nature des charges diversifiées et à l'aspect décentralisé des systèmes PV, les charges peuvent être divisées en deux types: les charges domestiques et le pompage d'eau pour l'irrigation et par conséquent deux stations PV sont prévues. Le tableau 2 résume la consommation des charges domestiques et la figure 2 la répartition des consommations. On remarque que les appareils d'éclairage, machines à traire et les équipements frigorifiques se partagent presque la grande partie de la consommation. La puissance maximale des charges qui sont alimentées simultanément s'élève à 1,475kW. Le tableau 3 montre les besoins quotidiens en eau (personnes, animaux et irrigation). On suppose que 5ha peuvent être irrigués quotidiennement par un forage dont la hauteur

manométrique est de 165 m.

Tab.2. Consommation domestique

Désignation	Puissance unitaire (Watt)	Energie (Wh)
lampes	15	1485
éclairage public	75	3150
étable et 01bergerie	50	600
télévisions	100	900
réfrigérateurs	4800	
Machines à traire	750	3500
Machines à laver	700	1400
Pompe à eau domestique	370	1110
Total		16945

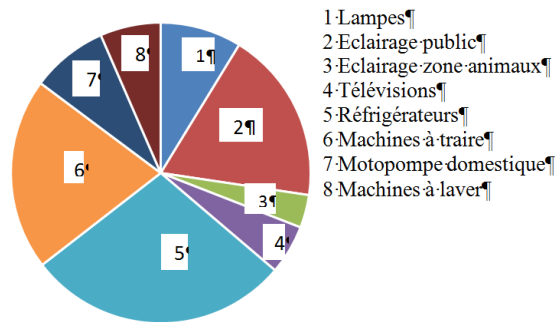


Fig. 2. Répartition des consommations

Tab. 3. Besoins quotidiens en eau

Désignation	Nombre	Besoins unitaire (litres)	Consommation totale (litres)
Personnes	10	150	1500
Vaches et taureau	21	120	2520
Moutons / Chèvres	75	7	525
cheval	01	60	60
Irrigation	05 ha	50000/ha	250000
Total			254605 litres = 254,605m³

5. Méthodologie

5.1 Energie hydraulique

Elle est donnée par :

$$E_H = K_H \times Q_j \times HMT \quad (1)$$

où

K_H est la constante hydraulique donnée par: $K_H = \rho * g = 2,725 \text{ kg.sh/m}^2$, ρ densité de l'eau (1000 kg / m^3), Q_j débit journalier (m^3 / j) et HMT la hauteur manométrique, elle est donnée par: $HMT = h_g + \Delta h$, avec h_g la hauteur géométrique et Δh les pertes de charge.

5.2 La puissance PV crête

Elle est donnée par :

$$P_c = \frac{E_{ch}}{K \times N_{Emin}} \quad (2)$$

Où

E_{ch} est l'énergie consommée quotidiennement (Wh/j), K constante en tenant compte des différentes pertes dans le système (0.75) et $N_{E_{min}}$ nombre d'heures équivalent correspondant à la valeur d'irradiation moyenne du mois le plus défavorable de la saison considérée.

5.3. Capacité de la batterie

Elle est donnée par :

$$C_n = \frac{N_{ja} * E_{ch}}{U_b * P_D * \tau_T} \quad (3)$$

où

N_{ja} est le nombre de jour d'autonomie en cas de mauvais temps, E_{ch} Charge journalière, U_b tension de la batterie, P_D profondeur de décharge et τ_T rendement.

5.4 Dimensionnement des onduleurs

- onduleur utilisé dans le système principal

Le choix de l'onduleur dépend de la valeur maximale de la puissance demandée par les charges qui fonctionnent simultanément. En général, l'onduleur contient la fonction régulateur et parfois la fonction MPPT.

- onduleur utilisé dans le système de pompage

Le choix de l'onduleur dépend du système motopompe.

5.5. Câbles et câblage

C'est sur la partie courant continu de l'installation que les intensités sont les plus importantes, c'est donc dans cette partie que se pose le problème des pertes joules et des chutes de tensions dans les câbles. Le dimensionnement du fil est choisi pour limiter les pertes dans différentes parties du système, la chute de tension doit être de l'ordre de 2 à 3%.

6. Résultats

En appliquant le modèle de dimensionnement précédent, les résultats suivants sont obtenus:

6.1 Système principal

- La puissance crête du générateur PV: 6,08kWp (76 modules de 80Wc).
- La capacité nominale C_n (Ah): 7845 Ah avec 4 jours d'autonomie.
- L'élément choisi des batteries: 2V, C100 = 4340Ah, profondeur de décharge (25%).
- Le nombre d'éléments de la batterie en série: 24 et 2 en parallèle.
- La puissance de l'onduleur compact: 1,6 kW.

6.2 Système de pompage

- L'énergie hydraulique: 114,4768 kWh / jour avec un rendement motopompe de 0,45 (inclus le rendement de l'onduleur).
- L'énergie électrique: 282,66 kWh / jour.
- La puissance crête du générateur PV est de 57kWp (570 modules de 100Wc).
- Pompe immergée (pompe avec moteur en courant alternatif et onduleur)

7. Coût du système principal

La figure 3 montre la répartition du coût du système principal. Le coût des batteries est très élevé. Il est dû aux :

- l'autonomie qui est de 4 jours ;
- batteries choisies ont une durée de vie de 20 ans.

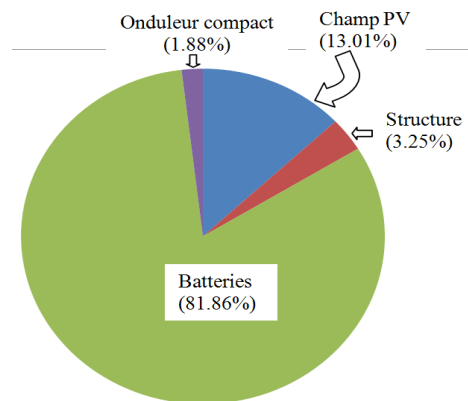


Fig. 3. Répartition du coût total du système principal

8. Conclusion

Dans cette étude, nous nous sommes intéressés au secteur de l'élevage qui représente un pourcentage élevé de la demande d'énergie dans le monde agricole. Cette analyse nous a permis de déterminer les charges et les besoins en eau d'une ferme pilote. Pour la consommation domestique, nous avons remarqué que l'éclairage, les machines à traire et les équipements frigorifiques constituent le plus grand pourcentage de consommation d'énergie, ce qui nécessite une capacité de stockage importante au regard de leurs répartitions durant la journée et du nombre de jours d'autonomie entraînant ainsi un coût élevé.

Il faut souligner le coût élevé du système de pompage dû à la grande consommation d'eau pour l'irrigation.

Malgré ce coût élevé, nous pensons que l'énergie solaire est la clé du développement des fermes dans ce type de zones, et l'énergie solaire est l'avenir de notre pays malgré un prix relativement élevé des constituants du système.

9. Références

- [1] Messenger Roger A. and Ventre J.: Photovoltaic systems engineering, Third edition, CRC Press, 2010.
- [2] Luque A. and Hegedus S.: Handbook of photovoltaic science and engineering, John Wiley & Sons Ltd, England, 2003.
- [3] Azoui B. and Chabane M.: A comparative study of PV systems in semi arid and arid zones in Algeria, 50th International Universities Power Engineering Conference (UPEC 2015), September 1st - 4th, 2015 Staffordshire University, UK.
- [4] Potentiel National des énergies renouvelables. <http://www.mem-algeria.org/francais/index.php?page=potentiels-national-des-energies-renouvelables>.
- [5] Programme des Energies Renouvelables et de l'Efficacité Energétique. <http://www.mem-algeria.org/francais/index.php?page=enr>.
- [6] Royer J., Djiako T., Schiller E. and Sy B. S.: Le pompage photovoltaïque, IEPF/Université d'Ottawa/EIER/CREPA, 1998.
- [7] Labouret A., Viloz M. : Energie solaire photovoltaïque, 2003, Edition Dunod.
- [8] Guihéneuf G : Comprendre et dimensionner les installations domestiques à énergies renouvelables, 2009, Publitronelektro International Media.
- [9] Kolhe M., Joshi J. C., and Kothari D. P.: Performance Analysis of a Directly Coupled Photovoltaic Water-Pumping System, IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 19, N°. 3, September 2004.
- [10] Sharma V. K., Colangelo A. and Spagna G.: Photovoltaic technology: basic concepts, sizing of a stand alone photovoltaic system for domestic applications and preliminary economic analysis, Energy Convers. Mgmt Vol. 36, No. 3, pp. 161-174, 1995.
- [11] Sizing a Solar Pump System. <http://www.solarpumpsolution.com>.
- [12] Capderou M. : Atlas solaire de l'Algérie, Office des publications Universitaires, Alger, Algérie, 1986.