

Méthode de dimensionnement optimal d'une installation photovoltaïque

B. CHIKH-BLED, I. SARI-ALI ET B. BENYOUCEF

Université Abou-Bakr Belkaïd, Faculté des Sciences
Unité de Recherche de Matériaux et Energies Renouvelables (URMER) 13000 Tlemcen, Algérie
Tél/Fax : 043 21 58 90/89 , E. Mail : bachikhbled@yahoo.fr

Reçu le 7-11-2009, En ligne le 9-02-2010

RESUME

L'Algérie est un pays de vaste superficie, elle occupe une situation géographique qui favorise le développement et l'épanouissement de l'utilisation de l'énergie solaire, en particulier pour les régions sahariennes où l'infrastructure pour la distribution de l'énergie électrique n'est pas très développée. Ces régions sahariennes sont caractérisées par plusieurs facteurs (l'isolement des régions, le très fort ensoleillement : fraction d'insolation est de 90% environ, le coût des systèmes conventionnels est très élevé etc...) favorisant l'utilisation de l'énergie solaire pour les besoins des habitants.

Dans la plupart des systèmes photovoltaïques autonomes ou quasi-autonomes réalisés avec un stockage électrochimique approprié de l'énergie, ils sont conçus pour assurer une satisfaction totale de la demande énergétique sur une période donnée. Ils sont aussi prévus pour maintenir une continuité du service rendu pendant la nuit et durant la période hivernale.

Notre étude repose sur un dimensionnement d'une installation photovoltaïque en modélisant chaque composant de cette installation, ensuite nous passons à une optimisation de ce dimensionnement.

Mots clés : Energie photovoltaïque, stockage d'énergie électrochimique, conversion d'énergie solaire.

1. INTRODUCTION

L'Algérie, de par sa position géographique favorable, jouit d'un taux d'ensoleillement annuel très important. Les trois quarts du territoire reçoivent plus de 3000 heures par an, sont constitués de zones arides et caractérisés par une faible densité de population très éparse. Cette situation particulière rend difficile et très coûteuse l'acheminement des énergies conventionnelles et plus spécialement l'énergie électrique.

Le potentiel énergétique solaire permet de pallier à certaines lacunes, quant à l'amélioration des conditions de vie des citoyens par le biais de la voie solaire d'origine photovoltaïque, cette voie permet d'assurer en autres :

- L'éclairage domestique et éventuellement public.
- L'alimentation en eau potable et l'irrigation des surfaces agricoles.
- L'alimentation des conservateurs médicaux installés dans des centres de santé.
- L'alimentation énergétique des moyens de télécommunications...

L'objectif de ce travail est de déterminer un dimensionnement optimal vis-à-vis des données météorologiques disponibles et des critères choisis par l'utilisation dits critères de sélection.

Notre contribution consiste en mise au point d'une méthode d'optimisation appelée *méthode des heures équivalentes* appliquée à trois sites algériens : Tamanrasset, Illizi et Tlemcen en optimisant le binôme (surface de captation, capacité de stockage).

2. CRITERES DE DIMENSIONNEMENT

Les deux critères importants du dimensionnement optimal sont : [1], [2]

– La satisfaction d'une condition sur le comportement énergétique du système en terme d'autonomie ou de déficit autorisé, en effet l'utilisateur a la possibilité de définir au départ l'autonomie du système ou la satisfaction d'un certain taux de couverture pour la période la plus défavorable.

– L'équilibre du couple générateur/stockage.

Ces deux critères cités précédemment ont le principal avantage de traduire ce que les utilisateurs pensent des systèmes photovoltaïques [3] [4].

3. NOTION ET DEFINITION DE PENURIE

Les utilisateurs accepteraient donc difficilement de ne pouvoir disposer d'énergie en un moment donné. Il en est supposé que ces derniers exigent une satisfaction totale de tous leurs besoins à chaque instant de la journée.

Nous dirons qu'il y a pénurie quand la puissance demandée est supérieure à celle fournie par le champ photovoltaïque et les éléments de batterie sont déchargés au seuil minimal, la gestion interdit alors toute fourniture d'énergie aux abonnés, à chaque instant où cela se produit est comptabilisé par le programme de simulation comme heure de pénurie.

Le dimensionnement de l'installation a été fait en tenant compte d'un certain nombre de jours d'autonomie à assurer, ce nombre de jours varie également suivant les applications et la situation géographique du site considéré ; pour notre étude ce nombre est fixé à 3 jours.

4. METHODE DES HEURES EQUIVALENTES

Elle considère que l'intensité fournie par un module photovoltaïque est proportionnelle à l'ensoleillement, le calcul est effectué pour le mois le plus défavorable de l'année, on détermine alors le courant fourni par le champ photovoltaïque dans les conditions où la température est donnée par la relation [3], [5] :

$$T_j = T_u + 25$$

Où T_u est la température diurne.

L'énergie fournie par un module photovoltaïque ou une série de modules suivant la tension du système est donnée par l'expression suivante :

$$E = IV(G/B)\mu S$$

Avec :

B : L'éclairement de référence ($B=1\text{Kwh/m}^2$)

V : La tension du générateur photovoltaïque (V)

μ : Le coefficient d'intégration ($\mu=95\%$)

S : Le coefficient de sécurité ($\mu=85\%$)

G : L'énergie incidente reçue sur le plan des modules (Kwh/m^2).

La méthode adoptée pour effectuer le dimensionnement dans cette étude, est que la puissance crête du champ photovoltaïque P_c et la capacité nominale de stockage C_s sont considérés comme variables, les autres éléments du système restent à coût constant

Les principaux coûts financiers en investissement qui sont liés à la réalisation et à l'installation du système photovoltaïque peuvent être décomposés selon certaines rubriques, à savoir :

- Coût relatif aux études de conception.
- Coût relatif aux équipements et matériels solaires (modules photovoltaïques, régulateur de charge et de décharge, onduleur, éléments de batterie, diverses fournitures...)
- Coût de l'installation du système sur site.
- Coût des travaux de génie civil
- Installation et mise en fonctionnement du système.

A cet effet le coût global de l'installation du système photovoltaïque peut être exprimé par la relation suivante : [6], [1] :

$$C_T = A P_C + B C_S + C_{T0}$$

Avec :

A : Coût du watt crête photovoltaïque (1200 DA)

B : Coût du Kwh de la batterie (4000 DA)

C_s : Capacité de stockage de la batterie (Kwh)

C_{T0} : La somme des coûts de tous les autres systèmes (6000 DA).

5. SOLUTION OPTIMALE DU SYSTEME

Le problème consiste en la détermination de la puissance crête du champ photovoltaïque et de la capacité nominale du système de stockage électrochimique correspondant au coût total minimal de l'installation.

Nous pouvons remarquer que le nombre de jours de pénurie peut également résulter de diverses combinaisons réalisées entre la puissance crête P_c du champ photovoltaïque et la capacité nominale C_s du système de stockage. La solution optimale retenue serait toujours celle qui correspond au coût global minimum de l'installation [7], [2].

La méthode des heures équivalentes a été appliquée aux trois sites algériens : Tamanrasset, Illizi et Tlemcen en déterminant la surface du champ photovoltaïque et la capacité de stockage optimales pour chacun de ces trois sites.

Caractéristiques géographiques des trois sites

Les données géographiques de Tamanrasset, Illizi et Tlemcen sont données par le tableau suivant [3] :

Sites	Latitude	Longitude
Tamanrasset	22,53° N	6° E
Illizi	26° N	8,5° E
Tlemcen	34,56° N	-1,19° O

Table 1 : Caractéristiques géographiques des trois sites

Profil de consommation d'énergie

Nous avons simulé le fonctionnement du système photovoltaïque durant toute une année, la demande d'énergie varie d'un mois à un autre selon les besoins des utilisateurs ; le maximum de la demande est en été du fait de l'utilisation des climatiseurs pour conditionner l'air à l'intérieur des habitations.

Les moyennes mensuelles de la consommation données en Kwh sont représentées par le tableau 2 :

Mois	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
	2,5	2,6	2,8	2,7	2,75	2,8	2,8	3	2,9	2,85	2,8	2,2

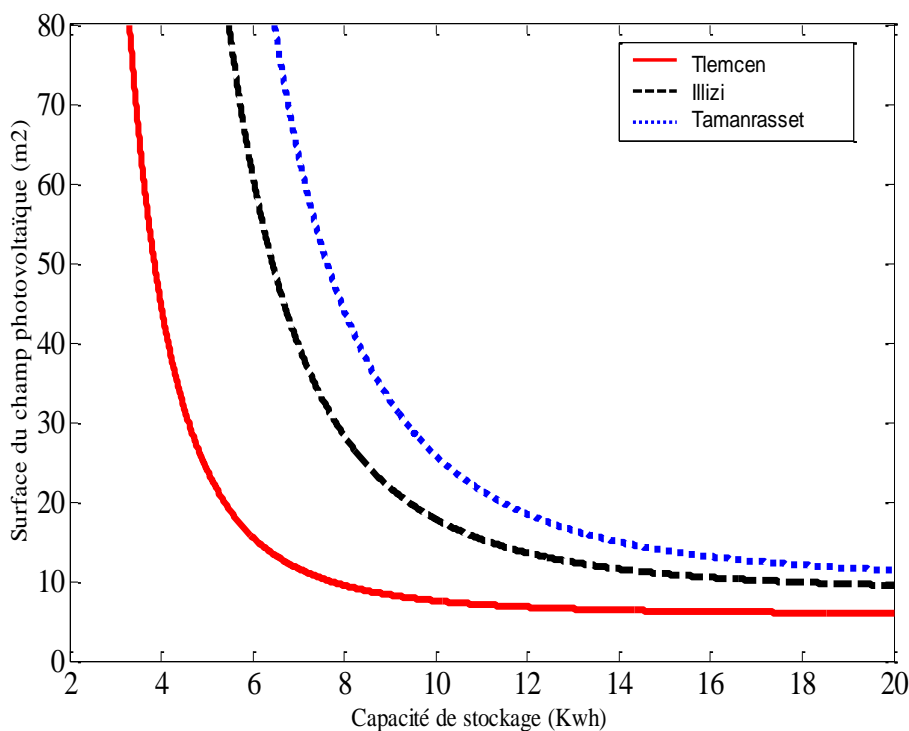


Figure 1 : Variation de la surface du champ PV en fonction de la capacité de stockage pour les trois sites

Solution du problème

C'est à partir des résultats issus du programme de simulation élaboré, que la puissance et la surface du champ photovoltaïque, ainsi que la capacité de stockage ont été déterminées. Les courbes représentatives de la surface du champ, et la capacité de stockage pour les trois sites sont données par la figure 1

Cette figure représente les courbes de variation de la surface du champ photovoltaïque en fonction de la capacité nominale C_s du système de stockage pour un niveau de pénurie de 3 jours.

Les courbes d'iso-satisfaction qui correspondent à ce niveau de pénurie peuvent s'appeler également courbes d'autonomie du système. Chaque point de la courbe représente un couple (A, C) assurant l'autonomie complète du système pour les conditions de référence adaptées pour ce dimensionnement.

6. RESULTATS OBTENUS PAR LA METHODE D'OPTIMISATION

La simulation de fonctionnement de cette installation photovoltaïque nous a permis de déterminer la taille et la surface du champ photovoltaïque ainsi que la capacité de stockage optimales pour les trois sites qui sont résumées par le tableau 3

Sites	Taille du champ PV (Kw)	Capacité optimale de stockage (Kwh)	Surface optimale du champ (m ²)
Tamanrasset	0,979	15,71	8,15
Illizi	0,833	13,51	6,96
Tlemcen	0,634	10,28	5,31

Tableau 3 : Résultats optimaux obtenus par la méthode des heures équivalentes
La capacité nominale de stockage en fonction de la puissance du champ photovoltaïque pour les trois sites considérés est représentée par la figure 2

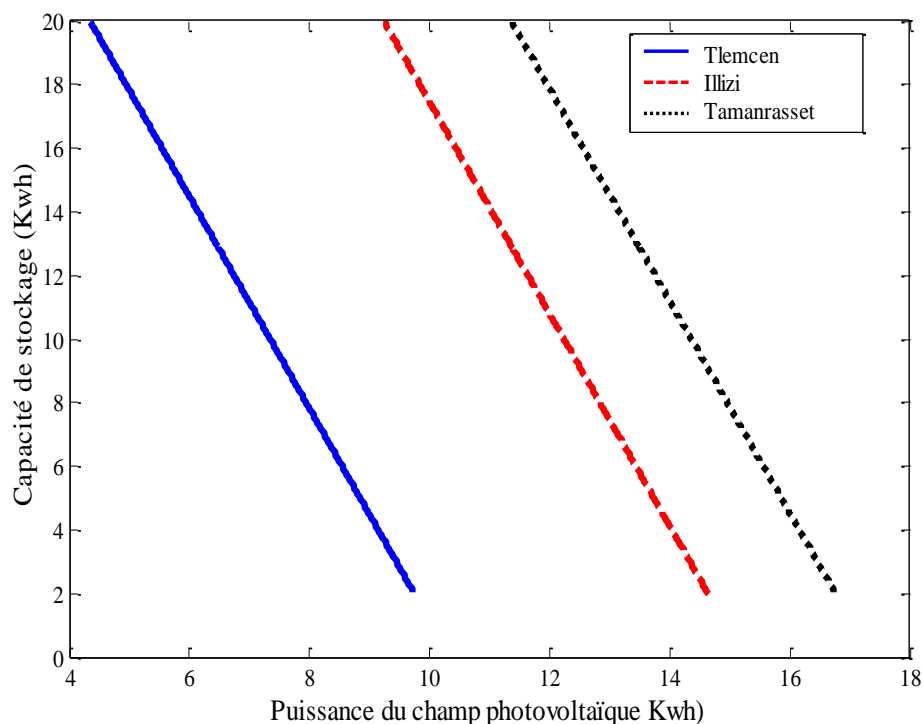


Figure 2 : Variation de la capacité de stockage en fonction de la puissance du champ

Nous constatons que cette capacité est inversement proportionnelle à la puissance du champ photovoltaïque pour les trois sites étudiés.

7. CONCLUSION

Notre étude a porté sur l'analyse d'un système photovoltaïque de puissance destiné à un site isolé de l'Algérie.

Cette étude prend en compte la notion de risque de pénurie liée intrinsèquement à l'utilisation de l'énergie solaire. La prise en compte de cette importante notion nous a permis de proposer une nouvelle manière de présenter et d'interpréter les résultats de dimensionnement d'une installation photovoltaïque. D'une manière générale, cette étude a apporté les éléments nécessaires pour la mise en place des projets électrosolaires photovoltaïques en Algérie. L'avantage de cette approche méthodologique est de nous permettre de mieux appréhender le potentiel énergétique solaire d'un site donné.

L'énergie solaire présente donc un intérêt particulier pour les pays en voie de développement : elle est susceptible d'améliorer très rapidement et moyennant un coût optimal les conditions de vie et de productivité des habitations géographiquement dispersées.

REFERENCES

- [1] M. Chikh, Thèse de Magister, *Etude analytique conceptuelle des systèmes photovoltaïques de puissance adaptés aux sites isolés de l'Algérie*, U. Tlemcen, (1994).
- [2] R. Wagdy, Anis et Robert P Solar and Wind Technology **2**, 9-14, (1985).
- [3] N. Ghellaï, Thèse de Magister, *Dimensionnement d'une installation photovoltaïque*, U. Tlemcen, (1991).
- [4] M.M. Hadjiat, S.M.A. Bekkouche, M.R. Yaiche, M. Hamdani, « *Effet de l'Orientation sur la Température Intérieure d'une Pièce d'un Habitat Située à Ghardaïa* ». Revue Internationale d'Héliotechnique Energie Environnement **39**, 8-14, 2008.
- [5] S. M. A. Bekkouche, T. Benouaz, « *Etude thermique d'un habitat pour l'adaptation au climat local. Effet de l'isolation thermique* », Revue internationale d'Héliotechnique Energie Environnement **36B**, 8-13. 2007.
- [6] Y. Thiaux, J. Seigneurbieux, B. Multon, H. Ben Ahmed, « *Load profile impact on the gross energy requirements of stand-alone photovoltaics systems* », Renewable Energy, Elsevier, **35**,. 602-613 (2010).
- [7] J. Kenfak, F. P. Neirac, T. Tatietsse, D. Mayer, M. Fogue, A. Lejeune, « *Micro-hydro-PV-hybrid system :Sizing a small hydro-PV- hybrid system for rural electrification in developing countries* », Renewable Energy, Elsevier, **34**, 2259-2263, (2009).