



## Etude d'une puissance solaire photovoltaïque de 100kWc pour application dans une zone semi aride

H. Mekerbeche, B. Azoui\* et M. Chabane

Département d'électrotechnique, Laboratoire L.E.B, Université de Batna

\* AZOUL\_B@YAHOO.COM

**Resumé**— Les sites isolés, dans les zones semi arides, sont favorables pour les applications solaires. Ils sont caractérisés par un gisement solaire important. Dans cet article on présente les résultats de dimensionnement d'un générateur photovoltaïque de 100 kWc utilisé dans une zone semi aride. Ce générateur est utilisé pour l'alimentation des foyers, de l'éclairage public, de la mosquée et de pompage photovoltaïque. Le site de Batna est pris comme terrain d'application. Les résultats montrent que le dimensionnement, en utilisant la saison basse, pourrait causer un surplus important au niveau de la haute saison.

**Mots clés**— Systèmes photovoltaïques, dimensionnement, batteries de stockage, rayonnement solaire, zones semi arides.

### I. INTRODUCTION

L'utilisation des énergies renouvelables croit de plus en plus que soit dans le domaine des systèmes autonomes ou des systèmes avec injection aux réseaux. Cela est dû aux avantages qu'elles présentent vis-à-vis la protection de l'environnement et aussi à leurs sources inépuisables [1-2]. L'Algérie est l'un des pays dont le gisement solaire est très important (dans les zones semi arides ou arides); elle présente une superficie très vaste, avec des sites isolés dont leur alimentation en énergie électrique est l'une des préoccupations de l'état. Ces sites isolés sont favorables pour les applications solaires [3]. Ils sont caractérisés par un gisement solaire important. Dans cet article on présente les résultats de dimensionnement d'un générateur photovoltaïque de 100 kWc utilisé dans une zone semi aride. Ce générateur est utilisé pour l'alimentation des foyers, de l'éclairage public, de la mosquée et de pompage photovoltaïque. Le site de Batna est pris comme terrain d'application. Pour cela les caractéristiques climatiques du dit site sont présentées.

### II. PRÉSENTATION DU SITE (BATNA)

La région de Batna se situe à l'Est de l'Algérie, elle a une superficie de 12.038,76k m<sup>2</sup> Elle a les caractéristiques suivantes (voir le tableau 1).

|           |        |
|-----------|--------|
| Latitude  | 35.33N |
| Longitude | 6.11E  |
| Altitude  | 1040m  |
| Albédo    | 0.25   |

Tableau .1 Spécifications du site de Batna

La zone de Batna peut être considérée comme un site semi aride. Elle se caractérise par un rayonnement solaire durant l'année variant de 6 kWh/m<sup>2</sup> pour saison haute à un rayonnement d'environ 4 kWh/m<sup>2</sup> pour les saisons basses [4].

### III. LES CHARGES

#### 3.1 PRÉSENTATION DES CHARGES

Le site contient un ensemble de foyers, une mosquée et un éclairage public. Le foyer contient un ensemble de charges permettant de réaliser un confort aux habitants incluant principalement l'éclairage et le pompage, tout en utilisant des charges de faible consommation. La mosquée contient des lampes d'éclairage utilisées durant les périodes de prière et le pompage d'eau. L'éclairage public permettant un éclairage suffisant des endroits publics. L'alimentation du site est divisée en un ensemble de systèmes afin de minimiser les pertes et de donner la possibilité d'éviter l'arrêt total de l'alimentation.

#### 3.2 DÉTERMINATION DES CHARGES

Les charges proposées peuvent être divisées en trois saisons:

- La saison basse qu'on utilise pour le dimensionnement de toutes les charges sauf le pompage.
- La saison haute où la taille du pompage est déterminée.
- La saison moyenne qui est l'intermédiaire des deux saisons.

Les détails des charges, pour chaque saison sont donnés sur le [5]. Dans cet article on donne uniquement les charges utilisées pour le dimensionnement.

#### A) Foyer

La consommation journalière du foyer s'élève à 12918 Wh/J (saison basse) dont le profil est donné sur la figure 1a.

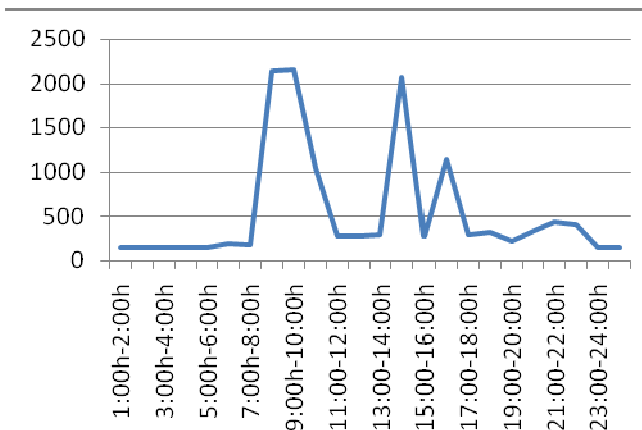


Figure 1a Profil des charges de la maison

**B) ECLAIRAGE PUBLIC**

La consommation journalière pour l'éclairage public s'élève à 9000 Wh/J (saison basse), il est constitué de 6 lampes de 150W pour une durée de fonctionnement de 10h. Le profil de charge est donné sur la figure 1b.

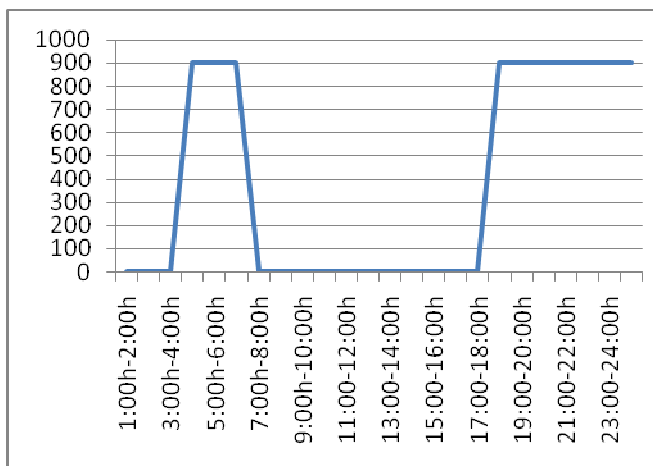


Figure 1b Profil des charges de l'éclairage public

**C) MOSQUEE**

Les charges de la mosquée contiennent des lampes intérieures et extérieures dont la consommation journalière s'élève à 8100Wh/J (basse saison). Le profil est donné sur la figure 1c.

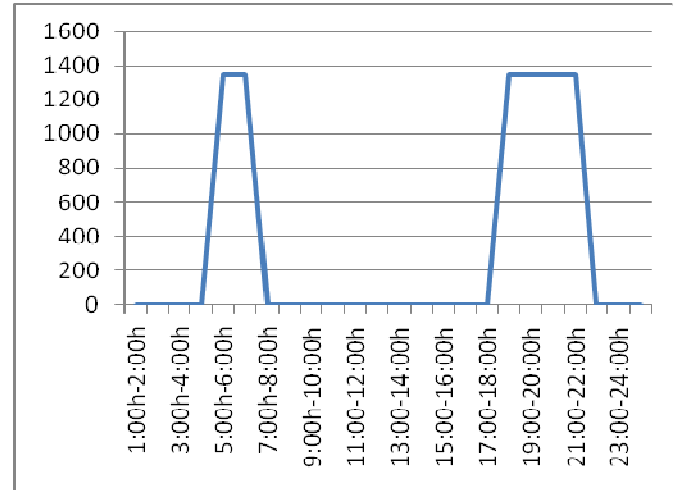


Figure 1c Profil des charges de la mosquée

**D) POMPAGE**

La consommation en eau est de 13m<sup>3</sup>/j (haute saison), répartie entre les foyers et la mosquée. La charge qui correspond à cette consommation est donnée par [6]:

$$E_{\text{elect}} = K_H * Q_j * HMT / R_p \quad (1)$$

Où

$K_H$  est la constante hydraulique, donnée par :

$$K_H = \rho * g \quad (2)$$

Avec

$\rho$  : Densité de l'eau (1000Kg/m<sup>3</sup>)

$g$  : la pesanteur (m/s<sup>2</sup>)

$Q_j$  : Débit journalier (m<sup>3</sup>/j)

$R_p$  : Rendement du groupe motopompe

$HMT$ : Hauteur manométrique totale.

APPLICATION NUMERIQUE

$$K_H = 2.725 \text{ KG.S.H/M}^2$$

$$Q_j = 13 \text{ M}^3/\text{j}$$

$$HMT = 105.6 \text{ M}$$

$$E_{\text{elect}} = 8.31 \text{ kWh/j}$$

**IV. DIMENSIONNEMENT DU SYSTÈME PV**

En général quand on parle d'un dimensionnement d'un système photovoltaïque, c'est la détermination de la taille des éléments constituant un système photovoltaïque donné en partant des charges à alimenter et le rayonnement du site [6,7,8]. Mais dans notre cas c'est l'inverse on a une puissance donnée qui est 100 kWc et on veut déterminer la charge que peut alimenter cette puissance pour un site donné «semi aride».

**4.1 CHOIX DU RAYONNEMENT SOLAIRE POUR LE DIMENSIONNEMENT**

Le système photovoltaïque prévu est un système qui est utilisé pour l'alimentation des charges durant toute l'année. Donc on doit tenir compte des périodes les moins ensoleillées; ce qui implique le choix du mois le plus défavorable pour le calcul de la charge globale (Pour notre cas cette valeur est de 3,8kWh/m<sup>2</sup>) sauf pour le pompage on

prend l'éclairage le plus faible de la haute saison (pour notre cas cette valeur est de 5,51kWh/m<sup>2</sup>).

#### 4.2 CALCUL DE LA CHARGE GLOBALE

En utilisant la formule:

$$P_c = E_{ch} / (k * I_D) \quad (3)$$

Ce qui donne

$$E_{ch} = P_c * I_D * k \quad (4)$$

Avec

**P<sub>c</sub>**: est la puissance crête du générateur, elle vaut 100kWc

**I<sub>D</sub>**: le rayonnement du mois le plus défavorable

**k**: la constante qui tient compte des pertes, elle vaut 0.7

Ce qui donne

$$E_{ch} = 100 * 3.8 * 0.7 = 266 \text{ kWh}$$

Cette puissance est utilisée pour alimenter les foyers, l'éclairage public, la mosquée et le système de pompage.

#### 4.3 DETERMINATION DU NOMBRE DE FOYERS

Le nombre de foyer est déterminé selon la formule suivante:

$$N_B = (E_{charge\ totale} - E_{mosquée} - E_{éclairage}) / E_{charge\ foyer} \quad (5)$$

$$N_B = 18 \text{ foyers}$$

#### 4.4 CHARGES GLOBALES PREVUES

Les charges globales qui pourraient être alimentées par cette puissance sont données par le tableau 2.

| Charges          |                  | L'énergie totale (kWh/J) |        |
|------------------|------------------|--------------------------|--------|
| Foyers           | Nombre de foyers | L'énergie/foyer (kWh/J)  | 232.2  |
|                  | 18               | 12.9                     |        |
| Eclairage public | 1                |                          | 9      |
| Mosquée          | 1                |                          | 8.1    |
| pompage          | 1                |                          | 8.31   |
| Total            |                  |                          | 257.61 |

Tableau 2 Les charges globales prévues

### V. DETERMINATION DE LA STATION SOLAIRE

Afin de minimiser les pertes et de donner la possibilité de décentralisation, le générateur est reparti en un ensemble de systèmes alimentant chacun une partie du site. Donc la station solaire de puissance 100kWc est répartie en plusieurs sous stations : une station pour le pompage, une pour la mosquée, une pour l'éclairage public et une pour chaque foyer. Les modules choisis ont une puissance nominale de 165Wc. Leurs caractéristiques sont données en annexe.

#### 5.1 Détermination des éléments de la station de pompage

La station de pompage est un système au fil du soleil. Elle est composée d'un générateur PV, d'un onduleur et d'une moto pompe à courant alternatif.

#### A) LE NOMBRE DE MODULES

$$N_t = P_{ct} / P_{cm} \quad (6)$$

Avec

$$P_{ct} = E_{ch\ pompe} / (I_D * k) \quad (6a)$$

Où

$$I_D = 5.51 \text{ kWh/m}^2, k = 0.7 \text{ et } E_{ch\ pompe} = 8.31 \text{ kWh/j}$$

Ce qui donne

$$P_{ct} = 2.15 \text{ kWc}$$

$$N_t = 14 \text{ modules}$$

D'où la puissance crête du générateur photovoltaïque sera ainsi de 2.3 kWc.

#### B) CHOIX DE L'ONDULEUR

La puissance de l'onduleur est en général comprise entre 0,9 et 0,95 de la puissance crête du générateur PV. D'où:

$$2.07 < P_{ond} < 2.18 \text{ kW}$$

#### C) CHOIX DU MOTO POMPE

Si on suppose que l'onduleur a un rendement de 0,95 alors le moteur aura une puissance nominale de:

$$P_m = 0.95 * 1.65 = 1.6 \text{ kW}$$

#### D) CAPACITÉ DU RÉSERVOIR

La capacité de ce réservoir sera calculée pour permettre un stockage de 4 jours, durant l'été, pour les cas de mauvais temps, afin de ne pas interrompre la fourniture. Elle est égale à la consommation journalière (été) fois l'autonomie.

$$A.N. : 13 * 4 = 52 \text{ m}^3$$

#### 5.2 DETERMINATION DES ELEMENTS DE LA STATION DES FOYERS

La station des foyers est un système fonctionnant toute la journée. Elle est composée d'un générateur PV, d'un régulateur, des éléments de batteries et d'un onduleur. En utilisant la même démarche que précédemment on trouve un nombre de 530 modules de puissance totale de 87,45 kWc. Comme cette puissance est très grande, alors on propose d'utiliser des mini stations de 30 modules pour chaque foyer avec une puissance de 4,95 kWc.

#### DETERMINATION DE LA CAPACITE ET DES ELEMENTS DE LA BATTERIE

La batterie utilisée est un ensemble d'éléments de 2V chacun. Si on prévoit une autonomie de 4 jours, alors:

$$C_u = (N_{ja} * B_j) / U_b \quad (7)$$

Où  $N_{ja}$  est le nombre de jours d'autonomie et  $B_j$  le besoin journalier, alors la capacité totale est :

$$C_{20} = C_u / (P_D * R_T) \quad (8)$$

Où

**P<sub>D</sub>** est la profondeur de décharge, maximale autorisée et **R<sub>T</sub>** coefficient réducteur de la température.

#### Application:

$$C_u = 1075 \text{ Ah}$$

$$C_{20} = 2986 \text{ Ah}$$

Le nombre d'éléments de la batterie est de 24 éléments.

#### CHOIX DU REGULATEUR

Si on prend un régulateur dont le courant est 1,5 fois le courant de court circuit du générateur alors on aura:

$$I_R = N_p * I_{CC} * 1.5 \quad (9)$$



Où

$N_p$ : Nombre des modules en parallèle

$I_{CC}$ : Le courant de court circuit du module =5,10A

La tension de la batterie est 48V

$N_{parallele} = 15$

$I_{R\ foyer} = 114.75A$

#### CHOIX DE L'ONDULEUR

La puissance de l'onduleur est:

**$4.45kW < P_{ond} < 4.7 kW$  sous tension de 48V.**

#### 5.3 DETERMINATION DES ELEMENTS DE LA STATION D'ECLAIRAGE PUBLIC

La station est un système fonctionnant durant la nuit. Elle est composée d'un générateur PV, d'un régulateur, des éléments de batteries et d'un onduleur. En suivant la même démarche que la précédente on trouve :

**24** modules de puissance totale de **3,96 kWc**, un régulateur de **91,8A**, un onduleur de puissance comprise entre

**$3.56 < P_{ond} < 3.76 kW$**  et une batterie de capacité totale **2083Ah** de 24 éléments .

#### 5.4 DETERMINATION DES ELEMENTS DE LA STATION MOSQUEE

La station est un système fonctionnant toute la journée. Elle est composée d'un générateur PV de **18** modules de puissance **2,97 kWc**, d'un régulateur de **68,85A**, des éléments de batteries d'une capacité de **1875Ah** et d'un onduleur de puissance comprise entre

**$2.67 < P_{ond} < 2.82 kW$**

### VI. BILAN DES CHARGES ET BILAN ENERGETIQUE

#### 6.1 BILAN DES CHARGES

Dans le tableau 3 on donne le bilan récapitulatif des charges pour les différentes saisons.

|                  | Saison basse (kWh/j) | Saison haute (kWh/j) | Saison moyenne (kWh/j) |
|------------------|----------------------|----------------------|------------------------|
| Foyers           | 232.2                | 235.98               | 234.32                 |
| pompage          | 3.8                  | 8.31                 | 6.07                   |
| Eclairage public | 9                    | 5.4                  | 7.2                    |
| Mosquée          | 8.1                  | 50.52                | 29.31                  |
| Total            | 253.1                | 300.21               | 276.9                  |

Tableau 3 Bilan récapitulatif des charges

#### 6.2 GÉNÉRATEURS INSTALLÉS

Le tableau 4 montre les différents générateurs installés.

| Charges          | Puissance du générateur (kWc) | Nombre de modules |
|------------------|-------------------------------|-------------------|
| Foyer            | 4.95                          | 30                |
| Foyers           | 89.1                          | 540               |
| Pompage          | 2.3                           | 14                |
| Mosquée          | 2.97                          | 18                |
| Eclairage public | 3.96                          | 24                |

Tableau 4 Les différents générateurs installés

#### 6.3 BILAN ÉNERGÉTIQUE

Le bilan énergétique est calculé pour chaque mois (voir tableau 5). On a commencé par les données du rayonnement solaire, suivi par le calcul de l'énergie produite par les différents générateurs. Ensuite on compare cette énergie avec la charge correspondante selon la saison. Enfin on donne pour chaque mois l'excès ou le déficit d'énergie.

Des résultats obtenus on remarque que nous avons toujours un excès d'énergie qui varie d'un mois à un autre.

| MOIS    | (RAYON NEMENT) KWH/M2 /J | ENERGIE DISPONIBLE POUR LE POMPAGE (KWH/M <sup>2</sup> /J) | ENERGIE DISPONIBLE POUR LES FOYERS (KWH/M <sup>2</sup> /J) | ENERGIE DISPONIBLE POUR L'ÉCLAIR. PUB (KWH/M <sup>2</sup> /J) | ENERGIE DISPONIBLE POUR LE MOSQUEE (KWH/M <sup>2</sup> /J) | TOTAL ENERGIES (KWH/M <sup>2</sup> /J) | CONSOMMATION (KWH/M <sup>2</sup> /J) | EXCES OU DEFICIT (KWH/M <sup>2</sup> /J) |
|---------|--------------------------|--|--|---|--|--|--------------------------------------|--|
| JANV.   | 3960                     | 6.37   | 246.98   | 10.96   | 8.23   | 272.54                                 | 253.1                                | 19.44                                    |
| FEV.    | 4338                     | 6.97   | 270.06   | 12  | 9  | 298.03                                 | 253.1                                | 44.93                                    |
| MARS    | 4788                     | 7.69   | 298.12   | 13.24   | 9.93   | 328.98                                 | 276.9                                | 52.08                                    |
| AVRIL   | 4958                     | 7.96   | 308.73   | 13.71   | 10.29  | 338.47                                 | 276.9                                | 61.57                                    |
| MAI     | 5392                     | 8.67   | 336.17   | 14.93   | 11.20  | 370.97                                 | 276.9                                | 94.07                                    |
| JUIN    | 5514                     | 8.87   | 343.65   | 15.26   | 11.45  | 379.23                                 | 300.21                               | 79.02                                    |
| JUILLET | 5822                     | 9.37   | 363  | 16.12   | 12.1   | 400.59                                 | 300.21                               | 100.38                                   |
| AOUT    | 5828                     | 9.38   | 363.49   | 16.14   | 12.11  | 401.12                                 | 300.21                               | 100.91                                   |
| SEPT    | 5410                     | 8.71   | 337.42   | 14.98   | 11.24  | 372.35                                 | 276.9                                | 95.45                                    |
| OCT.    | 4884                     | 7.85   | 304.36   | 13.51   | 10.14  | 335.86                                 | 276.9                                | 58.96                                    |
| NOV.    | 4624                     | 7.43   | 288.14   | 12.79   | 9.60   | 317.96                                 | 276.9                                | 41.06                                    |
| DEC.    | 3866                     | 6.21   | 240.74   | 10.69   | 8.02   | 265.66                                 | 253.1                                | 12.56                                    |

Tableau 5 Bilan énergétique

## VII CONCLUSION

A travers cet article nous avons déterminé la charge qu'on peut alimenter par un générateur de 100 kWc installé dans le site d'une zone semi aride. Pour les systèmes fonctionnant toutes les 24 heures, nous avons choisi l'angle d'inclinaison des générateurs égale à l'angle de la latitude du site. Pour le pompage nous avons choisi l'angle proche de l'horizontal; ce qui nous a permis de récupérer plus d'énergie durant les mois d'été.

## ANNEXE

Les modules choisis ont les caractéristiques suivantes: Type SP 165-M 24V. Leurs dimensions sont les suivantes: longueur: 1,61m. largeur 0,81m (correspondant à environ 8m<sup>2</sup> / kWc ). Pc = 165 Wc, U<sub>CO</sub> = 43.24V, I<sub>CC</sub> = 5.10 A.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] Petibon\_Stephane, « Nouvelles Architectures Distribuées de Gestion et de Conversion de L'Energie pour les Applications Photovoltaïques », Thèse De Doctorat, Université De Toulouse. Janvier 2009.
- [2] [Http://www.aprue.org.dz/Programme\\_Enr\\_Et\\_Efficacite\\_Energetique\\_Fr.Pdf](http://www.aprue.org.dz/Programme_Enr_Et_Efficacite_Energetique_Fr.Pdf), Programme Des Energies Renouvelables Et De L'efficacité Energétique, Mars 2011.
- [3] M. Capderou, « Atlas Solaire de L'Algérie », O.P.U, Alger. (1985).
- [4] B. Azoui, Notes de Cours, Master 2011/2012.
- [5] H. Mekerbeche, « Etude d'une puissance solaire photovoltaïque de 100kWc pour application dans une zone semi aride », Master en maitrise des énergies, septembre 2012, Université Hadj Lakhdar, Batna.
- [6] Jimmy Royer, Thomas Djiako, Eric Schiller, Bocar Sada Sy, « Le pompage Photovoltaïque, Manuel de cours à l'intention des ingénieurs et des techniciens », Publication en collaboration avec IEPPF, Université d'Ottawa, EIER, CREPA, 1998 .
- [7] Ane Labouret et Michel Viloz, « Energie solaire photovoltaïque », édition DUNOD, Paris, 2005.
- [8] Falk Antony, Christian Durschner, Karl-Heinz Remmers, « le photovoltaïque pour tous, conception et réalisation d'installations », INES, Solar Praxis, 2006.