

Centrale photovoltaïque connectée au réseau local du village Elkaria, Province d'Essaouira-Maroc

Amine Elfathi, Lahcen Nkhaili, Amin Bennouna, Abdelkader Outzourhit*

LPSCM, départmen de physique , Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech, Maroc

***aoutzour@uca.ma**

Résumé

Dans ce travail nous allons présenter une brève description d'une centrale hybride (photovoltaïque et éolienne) et autonome installée dans le village isolé Elkaria (province d'Essaouira), dans le but d'alimenter 16 foyers par l'électricité via un réseau local installé spécialement pour cet objectif. Nous allons présenter seulement les données relatives au champ photovoltaïque. Des résultats comme le coefficient de performance, la production électrique, la consommation et le comportement des habitants seront présentés.

1- Introduction

Les systèmes hybrides à base d'énergies renouvelables sont devenus de plus en plus utilisés dans les zones isolées. Cela est attribué au développement des technologies reliées à cette forme de production d'électricité ainsi qu'à la hausse des prix du pétrole [1], et des coûts de raccordement au réseau électrique national qui croissent rapidement avec la distance.

Le couplage ou hybridation de technologies complémentaires de production d'énergie à base de sources renouvelables (PV, éolienne..), ainsi que l'utilisation d'un système de stockage d'énergie à long terme (batteries en général) est dans certains cas nécessaire pour contourner les difficultés liées à l'intermittence de ces sources [2].

Plusieurs architectures des systèmes hybrides sont possibles. La configuration d'un mini-réseau modulaire avec un couplage AC (220 V, 50Hz) est généralement préférable, car elle permet grâce à sa modularité:

- de mieux répondre aux demandes énergétiques croissantes en augmentant la capacité du système en cas de besoins sans changer sa configuration
- d'utiliser des composantes et des appareils électriques standards et disponibles sur le marché (TV, réfrigérateurs,...).

Dans ce travail, nous allons décrire brièvement une installation photovoltaïque qui fait partie d'une centrale hybride PV-Eolienne qui a été installée dans la région d'Essaouira pour alimenter le village Elkaria par l'électricité. Les résultats du suivi de cette centrale sont également présentés et discutés.

2- Description de la centrale

2-1 L'installation photovoltaïque

Le champ photovoltaïque comprend 32 panneaux Sunpower (SPR-225-WHT, 225 Wp) dont le rendement est de 18,1%. Chacun de ces panneaux est caractérisé dans les conditions

standard (STC) par une puissance crête de 225 Wc, une tension du circuit ouvert de 48.5V, un courant de court-circuit de 5.87A, une tension et un courant au point de puissance maximale respectivement de $V_{mp} = 41V$ et $I_{mp} = 5,49 A$. Le champ est subdivisé en 4 rangées de 8 panneaux en série chacune. Chaque deux rangées (strings) sont reliées à un onduleur Sunny Boy 3800 dont la puissance nominale est de 3,8 kW. Cette configuration du champ PV a été vérifiée à l'aide du logiciel Sunny Design de SMA. La puissance totale du champ est de 7,2kWc. Les panneaux photovoltaïques ont été installés avec une inclinaison de 35° avec le plan horizontale sur le toit d'une maison et d'un local technique de 4x3m² au sein duquel se trouvent les équipements nécessaires à cette centrale : onduleurs, batteries, le système d'acquisition de données et le coffret de distribution et de protection.

2-2 L'unité de formation du réseau

Cette unité est composé de deux onduleurs bidirectionnels (onduleurs chargeurs) SMA Sunny Island 5408 (SI) chacun ayant une puissance de 5 kW. La tension d'entrée nominale est de 48. Le coté continue de l'onduleur est relié à un groupe de 24 batteries de 2V de capacité nominale C100 de 1100 Ah chacune, reliées en série. L'onduleur chargeur produit la tension 220 V, 50 Hz du réseau local auquel sont connectés les onduleurs PV cités ci-dessous. La gestion du réseau est effectuée par le SI, qui varie la fréquence du réseau en fonction de la puissance active, et la tension du réseau en fonction de sa puissance réactive. Si les batteries sont chargées et s'il y a un surplus de production d'énergie par rapport à la charge, le SI augmente la fréquence du réseau et par conséquent les onduleurs PV réduisent la puissance injectée dans le réseau en réponse à cette augmentation de fréquence. Par contre, si les batteries ne sont pas totalement chargées et la disponibilité de l'énergie est insuffisante par rapport à la demande, alors le SI diminue la fréquence du réseau ce qui pousse les onduleurs PV à augmenter la puissance injecté dans le réseau.

2-3 Unité de suivi

Le suivi de la centrale fournit des informations utiles sur les niveaux de puissance, les conditions de fonctionnement (courants, tensions, fréquences) des différents onduleurs ainsi que les défauts. Tous ces paramètres sont enregistrés en utilisant l'enregistreur de données (data logger) le Sunny Boy Control plus (SBCP) qui communique avec les différents onduleurs qui fournissent leurs paramètres de fonctionnement, et avec le Sunny Sensor Box qui fournit des données météorologiques du site (vitesse du vent, l'insolation, la température ambiante du panneau, ..). Les données sont acquises avec un pas de temps de 5 minutes et puis enregistrées quotidiennement. L'option de transmettre les données à un ordinateur distant via un modem GSM est intégrée dans le SBCP.

3- Résultats et discussion

La figure 1 montre la puissance injectée par l'un des deux onduleurs PV ainsi que l'irradiance (insolation) mesurée dans le plan des panneaux. En plus des variations de puissance injectée dû au passage du nuage (variation de l'irradiance), il y a une forte baisse de la puissance

injectée en raison de l'état de charge élevée de la batterie et la faible demande des ménages au cours de la journée (après 14:00).

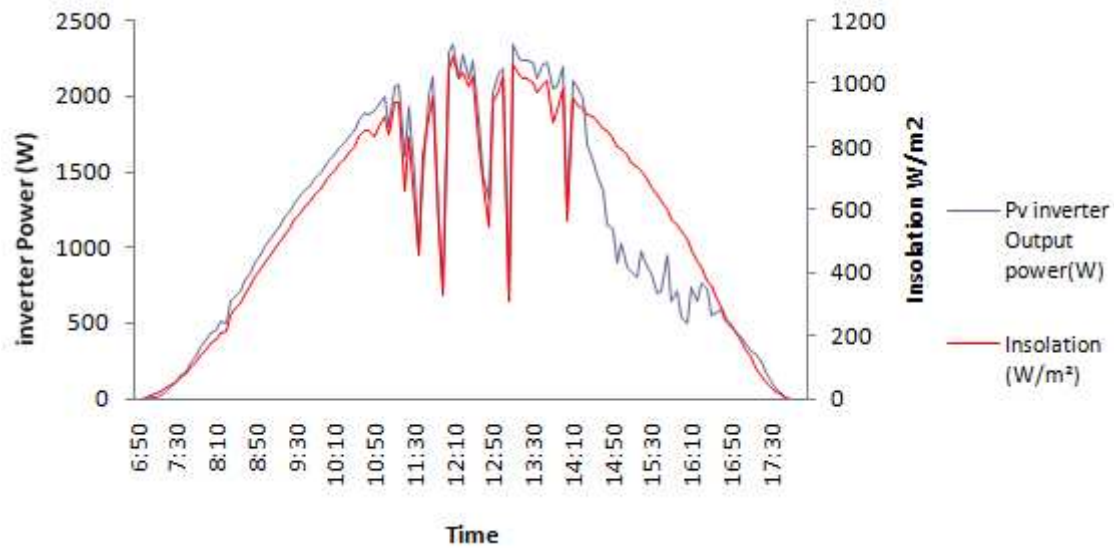


Figure 1 : La puissance injectée par un onduleur PV et l'irradiance (W/m^2) pour un jour nuageux.

Dans ce cas, le rendement de référence, qui correspond aussi nombre d'hure cret d'ensoleillement ($Y_R = H_i / G_{\text{STC}}$) [4] est de $6,3 \text{ kWh/m}^2/\text{jour}$ tandis que l'énergie photovoltaïque injectée est de $24,9 \text{ kWh}$ correspondant à un rendement final Y_f de $3,45 \text{ kWh/kWp/jour}$. Le rendement final est défini comme le rapport de l'énergie produire par le système (injectée) par la puissance crête de l'installation photovoltaïque dans les conditions standard de test (STC). Le coefficient de performance PR de l'installation photovoltaïque est le quotient de Y_f et Y_R est de $55,4\%$. Le PR peut être défini aussi comme le quotient de la production d'énergie réelle et la production théorique. Il peut nous informer sur les pertes du système et la disponibilité de puissance. Ce coefficient permet de caractériser le fonctionnement du système, plus sa valeur est élevée plus le système utilise son potentiel et dans le cas contraire, il y a une perte de production due soit à un problème technique, soit à un problème d'adéquation entre la consommation et la production [4].

Dans notre cas, et depuis le démarrage de l'installation le PR a atteint la valeur de 66% . Cela est dû principalement à la façon avec laquelle le flux d'énergie est géré par l'onduleur bidirectionnel, qui dépend de la demande et de l'état de charge des batteries. Ceci peut être vu à partir des données acquises pour un jour ensoleillé (figure 2) où une forte baisse de puissance injectée (autour de 11h30) et des fluctuations, peuvent être détectées au niveau de la puissance injectée dans le réseau local par les onduleurs PV. Cette baisse survient lorsque la batterie atteint un état de charge de 90% et lorsque la demande est faible. Ces variations sont dues au fait que l'installation photovoltaïque a été exploitée en parallèle avec une éolienne.

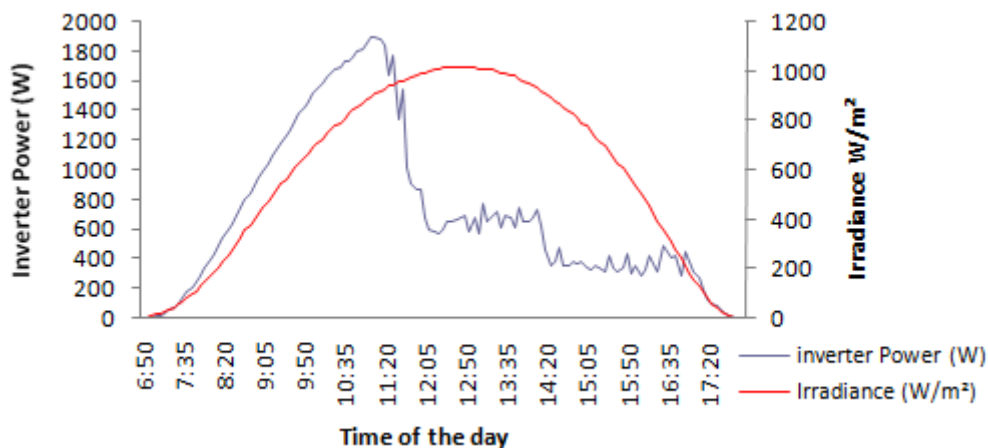


Figure 2 : La puissance injectée par un onduleur PV et l'irradiance (W/m^2)
Pour un jour ensoleillé.

La figure 3 montre la variation du PR pour une période de 19 jours. Celui-ci varie entre 50% et 66%.

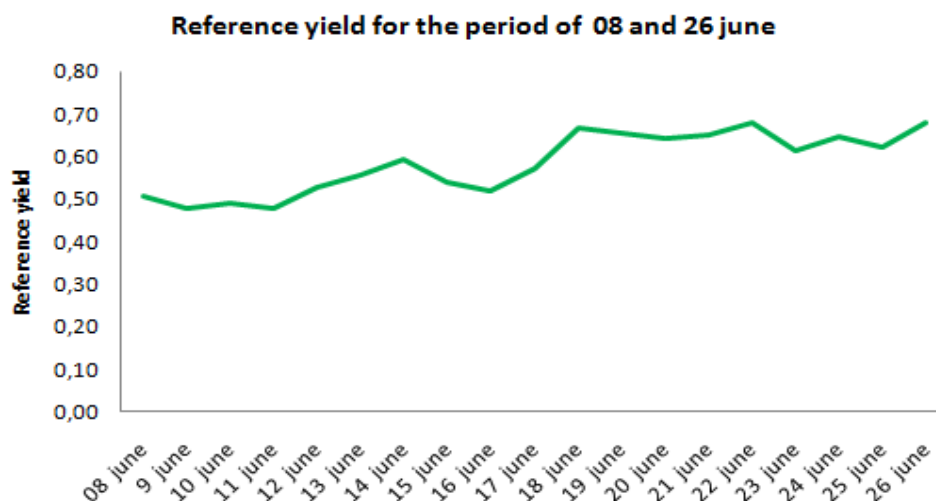


Figure 3 : variation du coefficient de performance PR.

La figure 4 montre le flux d'énergie de l'onduleur chargeur (onduleur bidirectionnel). Pendant la journée, le flux de puissance négative indique que l'onduleur est entrain de charger les batteries et c'est aussi le cas pendant la nuit. Le flux d'énergie est positif pendant la nuit (les batteries se déchargent) entre 18 h et 23h30.

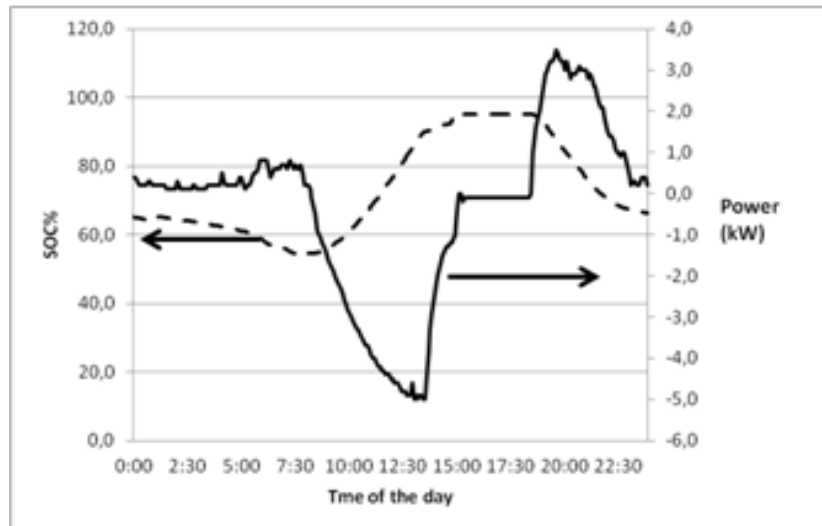


Figure 4 : Evolution de l'état de charge (SOC) de la batterie et la puissance de l'onduleur chargeur (SI).

L'état de charge de la batterie (SOC) est illustré dans la figure 4. Le SOC augmente jusqu'à 96% dans la journée et diminue après 18h. Cependant après minuit, le SOC continue de diminuer, indiquant ainsi que les foyers sont équipés par des charges qui fonctionnent toute la journée (réfrigérateurs).

Evaluation de la consommation des habitants

La consommation d'énergie depuis l'installation du système dans le village n'a cessé d'augmenter, par exemple pour la date du 04/05/2011 la puissance maximale appelée par les foyers était de 1400 W, à la date du 14/05/2011 celle-ci a atteint 2300 W, elle a augmenté pour atteindre une valeur de 3200 W le 30/05/2011. Ce qui reflète l'équipement des foyers par de nouveaux appareils électriques qui consomment beaucoup plus d'énergie. Ce comportement est dû au fait que les consommateurs croient que l'énergie offerte par le système est illimitée [5]. Cette vision a changé au fur et à mesure que des conseils ont été offerts pour sensibiliser les habitants et changer leurs comportements pour profiter le maximum de temps et d'une façon raisonnable de cette source d'énergie. La figure 5 illustre la variation de la consommation tout au long d'une journée (courbe de charge). L'énergie maintenant est principalement utilisée pendant la nuit.

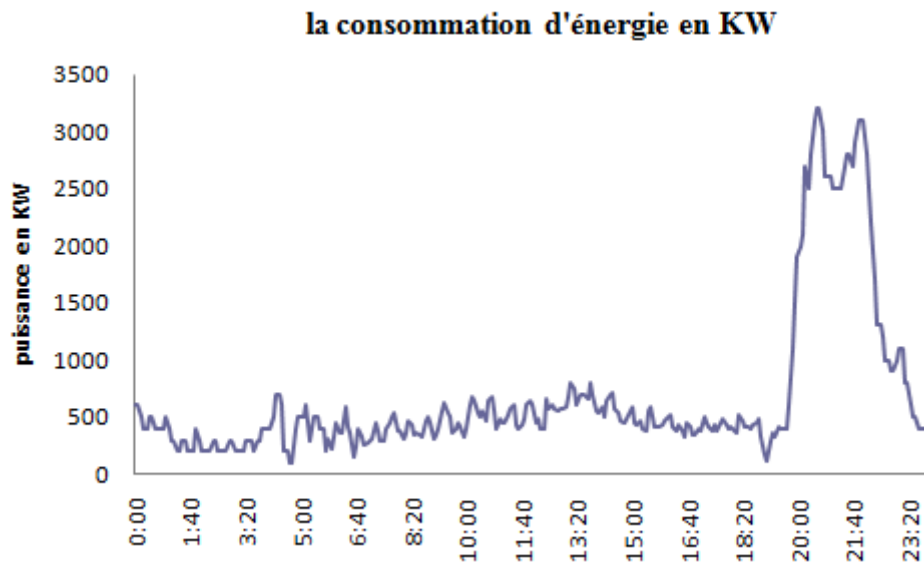


Figure 5 : Evolution de la consommation pour un jour.

4- Conclusion

Une description et une discussion des différents résultats obtenus grâce au suivi des paramètres de fonctionnement (puissance injectée, irradiance, consommation, etc) et du rendement de l'installation PV est faite. Le PR de la centrale (entre 50% et 66%) est tout à fait satisfaisant. Cette valeur est plutôt dû au décalage entre la production et la demande en puissance, la gestion de l'énergie par l'onduleur chargeur (SI).

Références

- [1] M.K. Deshmukha, S.S. Deshmukh, Modeling of hybrid renewable energy systems. Renewable and Sustainable Energy Reviews 12 (2008) 235–249.
- [2] D. Saheb-Koussa a,*, M. Haddadi b, M. Belhamel, Economic and technical study of a hybrid system (wind–photovoltaic–diesel) for rural electrification in Algeria, Applied Energy 86 (2009) 1024–1030.
- [3] Emmanuel Kymakis *, Sofoklis Kalykakis, Thales M. Papazoglou, Performance analysis of a grid connected photovoltaic park on the island of Crete, Energy Conversion and Management 50 (2009) 433–438.
- [4] Performances de la centrale Photovoltaïque Connectée au Réseau BT installée au CDER et cadre législatif Algérien. Farida BOUKHTOUCHE CHERFA.
- [5] L.C.M. Blasques n, J.T.Pinho, Metering systems and demand-side management models applied to hybrid renewable energy systems in micro-grid configuration, Energy Policy 45 (2012) 721–729.