

Différentes Configurations du Système PV pour l'Alimentation Sans Interruption (ASI): Application au Relais GSM

IDDA Ahmed^{1*}, SLIMANI Mohamed ElAmine², BENTOUBA Saïd³, HAMMAOUI Youcef⁴

¹Société Algérienne de Distribution d'Electricité et Gaz SDC/SONELGAZ, Adrar, Algérie.

²Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene Algier, Algérie

³Laboratoire de Développement Durable et d'Informatique LDDI, Université d' Adrar, Algérie.

⁴Unité de Recherche en Energies Renouvelables en Milieu Saharien (URERMS/CDER) Adrar, Algérie

Résumé. Dans cet article, nous avons étudié les différentes configurations d'un système décentralisé PV en autoconsommation, qui puisse garantir l'alimentation en cas de défaillance du réseau électrique (en autonome) et l'alimentation en parallèle avec le réseau électrique. Les objectifs du système PV- ASI sont, la réduction de facture d'électricité et d'assurer la continuité de service en cas de défaillance du réseau électrique.

En effet, nous avons étudié un cas réel dans cet article, il s'agit d'un relais GSM qui est traditionnellement secouru par un groupe électrogène en cas de défaillance de réseau électrique, néanmoins celle-ci connaît régulièrement des pannes, ajouté au coût de carburant. A cet effet, le système PV- ASI devient une solution compétitive par rapport au groupe électrogène, car il permet de supprimer les coûts groupe électrogène secours et le carburant d'un part, et de réduire la facture électrique et contribuer à la protection de l'environnement d'autre part.

Mots-clés. *Système PV ; Autoconsommation ; Alimentation Sans Interruption (ASI) ; Relais GSM.*

1. Introduction

La consommation d'électricité en Algérie a connue une forte progression en seulement quelques années, cette progression peut traduire des contraintes au poste de distribution, dont la surcharge thermique de transformateur, ce qu'entraînent des perturbations dans l'alimentation en électricité. Ainsi que la Commission de régulation de l'énergie (CREG) a estimé que le prix de l'électricité allait augmenter de 30% d'ici 2019. En effet l'évolution des tarifs de l'électricité, fait de l'autoconsommation photovoltaïque plus avantageuse et vraiment rentable à court ou moyen terme.

1.1. Schémas de consommation électriques en Algérie.

Pour alimenter un consommateur en énergie électrique, quelques règles simples permettent de connaître la tension de livraison du réseau :

Lorsque la puissance n'excède pas 40kVA, le client est raccordé au réseau de distribution basse tension BT 230/400V. Ces ouvrages sont alors appelés ouvrages de 1er catégorie.

Pour les puissances supérieures à 40kVA, le client est alimenté par un réseau de distribution moyenne tension HTA triphasée sans neutre, dite de 2ème catégorie, la tension HTA est comprise entre 5.5kV, 10kV et 30kV (en général 30 kV).

Les plus gros consommateurs d'énergie électrique (grand usine, sidérurgie,...) sont alimentés directement à des réseaux haut tension de transport HTB (60kv, 220kv ou 400kv).

* Corresponding author.

E-mail: iddaahmed@gmail.com (Idda Ahmed.).

Address: 200logts Agence Sonelgaz Timimoun, Adrar, Algeria

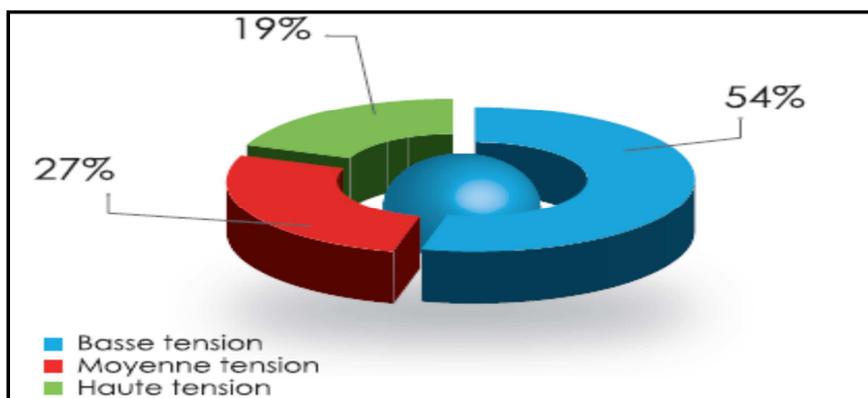


Fig. 1 : les catégories des consommateurs en Algérie [Rapport d' Activités Sonelgaz 2014].

La consommation aux réseaux de distribution électrique (moyenne et Basse Tension HTA&BT) représente plus de 80% de la consommation totale et le degré de fiabilité de ses éléments doit être élevé. D'ailleurs, pour chaque kWh consommé aux réseaux de distribution correspond à 2.58kwh de matière primaire en amont (production) [02]. Donc l'optimisation de consommation aura une influence considérable sur le plan de production, réseaux et de consommation nationale. Pour réduire la consommation sur les réseaux de distribution, on a deux procédures, soit l'autoconsommation en énergie renouvelable (systèmes solaire photovoltaïque), soit par l'efficacité énergétique (ou l'économie d'énergie).

1.2. Autoconsommation

L'idée fondamentale de l'autoconsommation consiste à compenser une partie de consommation d'électricité de client avec une électricité renouvelable à prix constant sur 25 à 30 ans, Ainsi il peut également permettre d'éviter des pénalités de dépassement de puissance appelée. En général, les consommateurs choisissent leurs puissances de raccordement au KVA. En effet, les clients domestiques (ménages) sont raccordés au réseau BT par un branchement monophasé pour les puissances inférieure à 12 KVA, et triphasé pour les puissances supérieur à 12 KVA. Tandis que, les clients tertiaires (petit établissements administratifs, éducatifs, Relais GSM, petits agricoles...etc.) nécessite un branchement BT triphasé (40kva).

Le choix de l'énergie solaire pour l'autoconsommation est basé sur la vaste distribution de cette ressource naturelle, l'abondante à travers de tout le territoire Algérien, la maturité de l'industrie d'énergie solaire PV et la corrélation positive entre l'apport énergétique solaire et la consommation. L'idée fondamentale de l'autoconsommation consiste à compenser une parité d'énergie consommée par l'énergie solaire PV durant les périodes de d'enseillement. D'où la puissance crête du système PV est déterminée de telle façon qu'on n'a jamais une surproduction. Donc la puissance crête du système PV est définie en fonction de la consommation de base.

L'installation d'un système PV chez les consommateurs afin de réduire la consommation et assister le poste de distribution ; l'objectif du système PV est la réduction de facture d'électricité du client d'un part, et la réduction des contraintes des réseaux de distribution BT d'autre part. Ainsi que il peut d'améliorer la qualité d'énergie fourni au consommateur BT. Il existe deux solutions de système PV en autoconsommation :

- L'installation PV de conso-production (injection le surplus d'énergie au réseau),
- L'installation PV en autoconsommation total (sans injection au réseau).

Compte tenu la réglementation actuelle en Algérie ne permet pas d'injecter d'énergie aux réseaux électriques, donc dans cette étude nous essayons de configurer un système PV en

autoconsommation (sans injection) en fonction de profil de consommateur. Ce type de système PV permet de subvenir à une partie de consommation d'électricité de client avec une électricité renouvelable à prix constant sur 25 à 30 ans, Ainsi il peut également permettre d'éviter des pénalités de dépassement de puissance appelée. A cet effet, la production électrique doit consommer sur place par les appareils en cours de fonctionnement (autoconsommation). Si les consommations sont supérieures à la production photovoltaïque, l'électricité du réseau intervient en relais. Donc L'installation PV a pour compenser une partie de consommation notamment dans les périodes de fort ensoleillement qui coïncident au moment de la charge de pointe. L'installation PV est la part de **l'installation intérieure** de consommateur et sa puissance dépend directement au profil de consommation.

1.3. Efficacité Energétique

En général, l'efficacité énergétique désigne le fait d'utiliser moins d'énergie qu'avant pour fournir des services énergétiques équivalents. La notion d'efficacité énergétique s'applique à un équipement particulier (énergivore), d'où cet équipement garantit la bonne performance énergétique. L'objectif de l'efficacité énergétique consiste à réduire graduellement la consommation en la réalisation des actions suivantes :

- l'amélioration de l'isolation thermique des bâtiments ;
- le développement du chauffe-eau solaire pour les clients domestiques.
- la généralisation de l'utilisation des lampes à basse consommation pour l'éclairage intérieur;
- la substitution de la totalité du parc de lampes à mercure par des lampes à sodium l'éclairage public ;

L'efficacité énergétique correspond alors à l'économie d'énergie pondérée par rapport à la consommation totale d'énergie pondérée. L'efficacité énergétique est une réelle filière, une nouvelle opportunité et source d'énergie.

2. Système PV d'Alimentation Sans Interruption

Dans le souci de disposer d'une source d'Alimentation Sans Interruption (ASI) fiable et sûre tout en optimisant la consommation électrique, nous étudions les différentes configurations d'un système d'autoconsommation PV-ASI et leur intégration dans l'installation électrique d'un consommateur BT domestique, tertiaire et/ou artisanat. Donc, la configuration du système PV-ASI sera spécifique.

Le système PV-ASI est utilisé d'une manière générale pour deux raisons principales :

- Assurer la continuité de service en cas de coupure électrique (alimentation secours pour une autonomie donnée).
- Réduire la consommation électrique et améliorer la qualité de l'énergie électrique (l'onduleur de PV-ASI fourni une tension sinusoïdale et de bonne qualité).

2.1. Différents configurations de système PV-ASI.

Le système PV-ASI doit être conçu selon les exigences suivantes :

- Nature des charges (alternatif AC ou continu DC).
- Type et puissance de l'installation (tri/monophasé).

A partir des exigences ci-dessus, nous distinguons trois topologies pour le système PV-ASI AC, mixte AC-DC et DC.

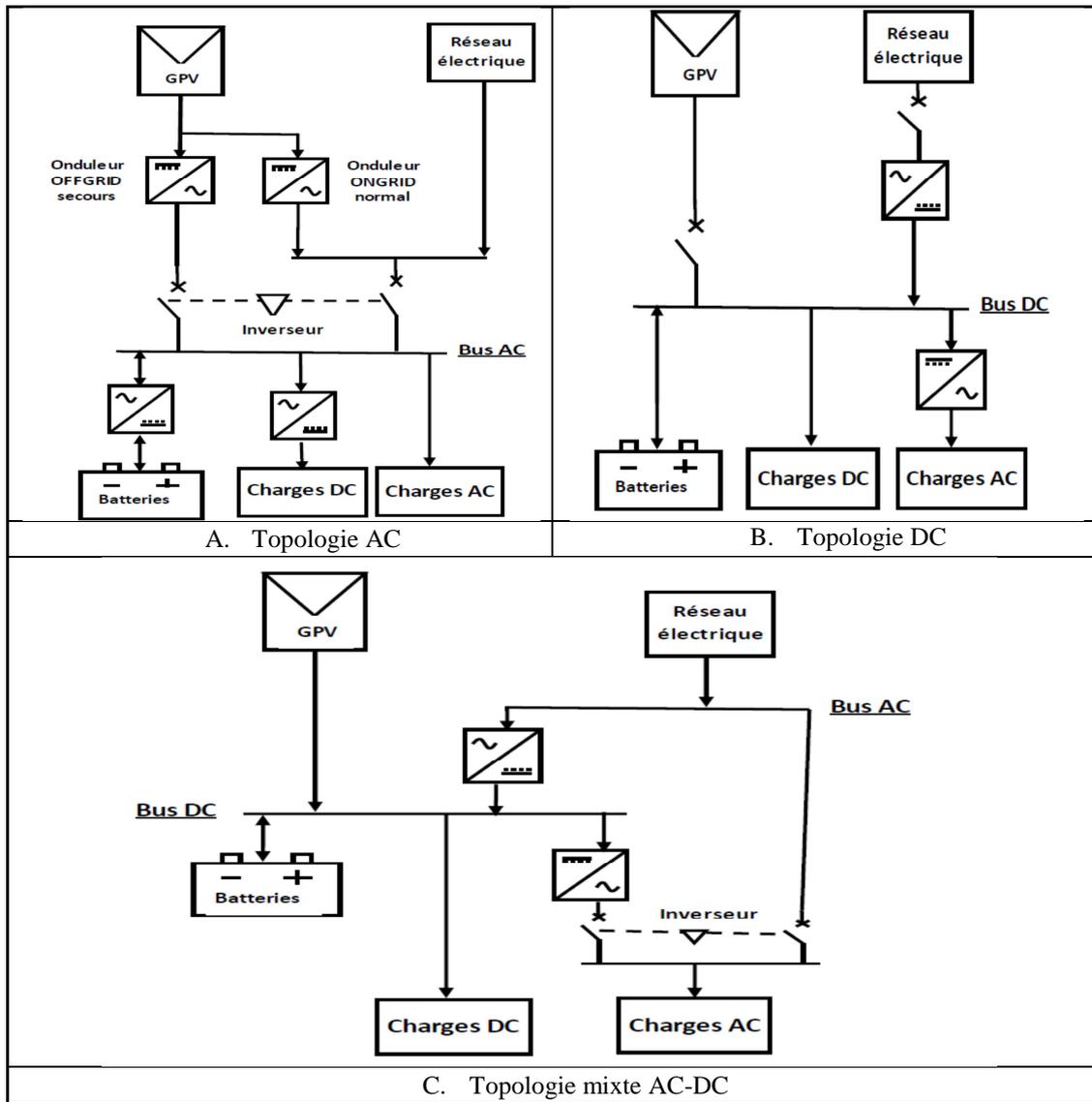


Fig. 2 : Différents topologies de système PV-ASI.

TABLE I : COMPARAISON LES DIFFERENTS TOPOLOGIES DE SYSTEME PV-ASI.

Topologie	Avantages	Désavantages
AC	Flexible et sécurité vis-à-vis le réseau,	Complicé, puissance limité
DC	Simple et la puissance PV autoconsommé (sans injection au réseau)	Inadapté pour les charges AC et les grandes puissances.
AC-DC	Adaptable pour les installations AC, DC et de grande puissance	Complicé écouteuse

Le système PV-ASI est constitué de plusieurs convertisseurs pour adapter entre les différents composants du de l'installation (bus AC et DC) et pour synchroniser à la tension et à la fréquence du réseau. Ces composants comme le montre la Fig. 2 sont un générateur PV, des batteries, des disjoncteurs différentiels et un commutateur automatique « inverseur » pour

permutation automatique du mode normale au mode secours sans interruption. Ce système peut être mono ou triphasée selon la puissance et l'application utilisée...

2.2. Principe de fonctionnement

Le système PV est conçu pour fournir l'énergie électrique quelque soit l'état de réseau électrique, à savoir :

- 1) *Présence du réseau électrique* : En période d'ensoleillement, l'énergie fournie par les panneaux solaires va maintenir en charge les batteries. L'excédent d'énergie PV fourni est converti en énergie alternative 230V par un onduleur synchrone avec le réseau et alimenter l'équipement en cours de fonction, en tant que le réseau reste dans la plage de tolérance de tension et fréquence préfixée au niveau de l'onduleur.
- 2) *variation rapide du réseau électrique (la tension et/ou fréquence hors tolérance)* : en cas de variation rapide des paramètres du réseau, le système de stockage intervenir pour le compenser à travers de l'onduleur synchrone.
- 3) *Défaillance du réseau électrique* : En cas de défaillance du réseau électrique, les circuits électriques basculent automatiquement (par l'inverseur) sur la sortie de l'onduleur autonome.

Au retour de la tension du réseau, l'inverseur bascule en mode synchrone.

2.3. Dimensionnement du système PV-ASI.

Afin de dimensionnement d'un système PV, nous sommes basés sur la quantification de la consommation électrique et la consommation annuelle effective du client ; Ainsi que sur l'identification de la surface pouvant accueillir les panneaux solaires et la moyenne annuelle du rayonnement solaire global de site d'installation.

➤ Détermination de la Puissance de crête de GPV :

Nous avons déterminé la puissance crête totale du générateur solaire GPV en fonction du besoin énergétique, du rendement électrique des batteries, du rendement de l'onduleur, et du rayonnement moyen quotidien du mois le plus défavorable de site [8-9]. D'où la puissance de crête de générateur PV est défini par :

$$P_{Crete} = \frac{P_c(j)}{G(j) \times \eta_{SPV} \times \eta_{Bat}} \quad (01)$$

$P_C(j)$: consommation moyenne journalière (kWh/j)

$G(j)$: ensoleillement du mois le plus défavorable.

η_{SPV} : rendement de l'installation PV.

η_{Bat} : rendement de charge et décharge de la batterie.

➤ Détermination de la capacité de l'accumulateur :

Pour déterminer la capacité de l'accumulateur, on multiplie la consommation électrique en Ah de l'application par la durée d'autonomie désirée, et appliquer un coefficient de sécurité:

$$C = \frac{P_c(j) \times Auto}{\eta_{Bat} \times Dp \times V} \quad (02)$$

C : Capacité de la batterie nécessaire (Ah)

$Auto$: Nombre de jours d'autonomie des batteries (J)

$P(j)$: Moyenne de consommation journalière électrique (Wh/j)

Dp : Coefficient de décharge profonde ou pourcentage de décharge au bout de l'autonomie (0,6 à 0,7)

V : Tension nominale du générateur photovoltaïque (V)

η_{bat} : Rendement de la batterie Afin de dimensionnement d'un système PV, nous sommes basés sur la quantification de la consommation électrique et la consommation annuelle effective du client ; Ainsi que sur l'identification de la surface pouvant accueillir les panneaux solaires et la moyenne annuelle du rayonnement solaire global de site d'installation.

Pour déterminer la capacité de l'accumulateur, on multiplie la consommation électrique en 85%.

$$P_{Crete} = \frac{P_c(j) \times Auto}{0.6} \tag{03}$$

Le coefficient de 0.6 est une valeur typique, qui dépend à la technologie de l'accumulateur, et surtout de la réduction de sa capacité de stockage aux températures basses. Il indique la capacité réellement disponible à tout moment égale à 60 % de la capacité nominale [7], [11].

3. Cas Etudié.

La hausse inattendue du nombre d'abonnés et la demande de données à haute vitesse a entraîné une énorme croissance dans les réseaux de téléphonie mobile durant les dernières années. En effet les réseaux de téléphonie mobile (relais GSM, radar...etc.) ont évolué afin de répondre aux besoins des abonnés mobiles et à l'extension de la zone de couverture [6]. Le rôle d'un relais GSM est de convertir l'énergie électrique d'un signal en énergie électromagnétique transportée par une onde électromagnétique (ou inversement). Pour assurer sa fonction, les relais GSM nécessitent une alimentation en énergie électrique stable et fiable. Celle-ci provient souvent de réseau électrique avec une source secours.

3.1. Consommation électrique de relais GSM.

L'alimentation du relais se fait avec la tension du réseau de distribution 400/230V alternatif. Ensuite, cette tension convertit en une tension continue pour l'alimentation les équipements de télécommunication, qui peut consommer jusqu'à une trentaine d'ampères en fonctionnement à plein régime. La consommation de relais GSM varie en fonction de régime d'exploitations, de site d'installation, de types de relais GSM (Rooftop ou Pylône) et ses besoins en climatisation. L'estimation de la consommation totale du site GSM peut faire, soit par les mesures (comptage) pour les sites en service, soit en bilan de puissance des appareils, cette consommation peut atteindre quelques kW (de 5 à 10kw).

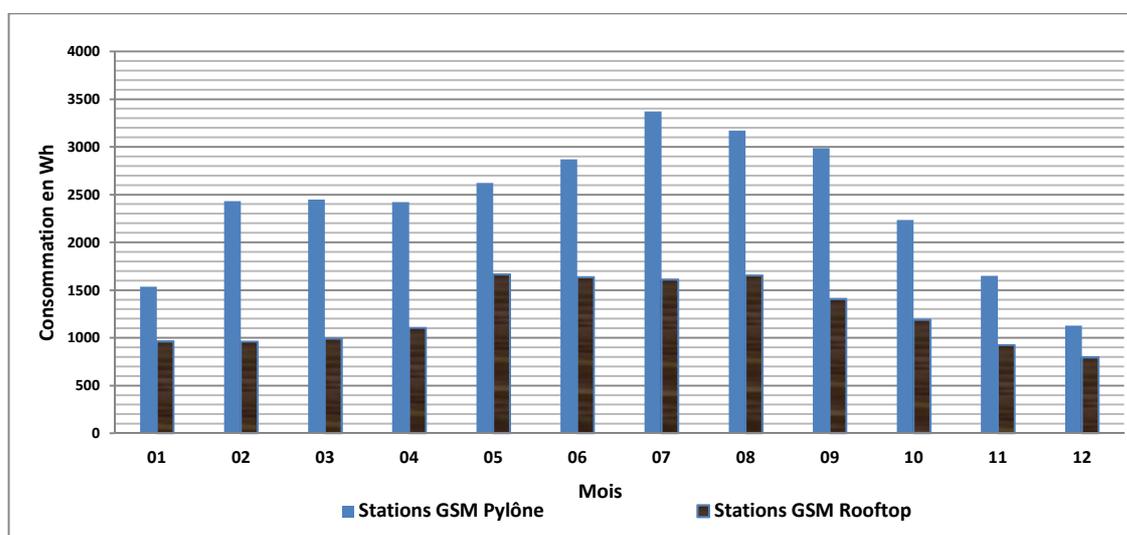


Fig. 3 : Consommation annuel de deux sites GSM différent (année 2014).

3.2. Alimentation secours de relais GSM.

Des batteries sont associées à l'alimentation normale de relais, pour permettre un fonctionnement de plusieurs heures en cas de coupure de courant. Si la panne de courant survient pendant la journée, le groupe électrogène de quelque kW intervient pour prendre le relais.

3.3. Paramètres du site étudié

Le site GSM étudié est situé dans un site périurbain au sud algérien, ce site alimenté par un branchement triphasé raccordé au réseau de distribution basse tension. Les données de site sont caractérisées dans le tableau II.

TABLE II CONSOMMATION ELECTRIQUE DU SITE GSM ETUDIE.

Alimentation normal - Réseau électrique			
P_C [kWh/an]	P_C [kWh/j]	P_{max} [kW]	Cout [\$]
28920	80.2	6.1	1588,30
Alimentation Secours			
P_{GD} [kW]	Gasoil [l/an]	Batterie [Ah]	Cout [\$]
20	2530	1840	30420

Les températures élevées durant plusieurs mois de l'année au sud algérien, influencent sur la consommation de site par l'utilisation massive de climatisation, (voir fig. 3).

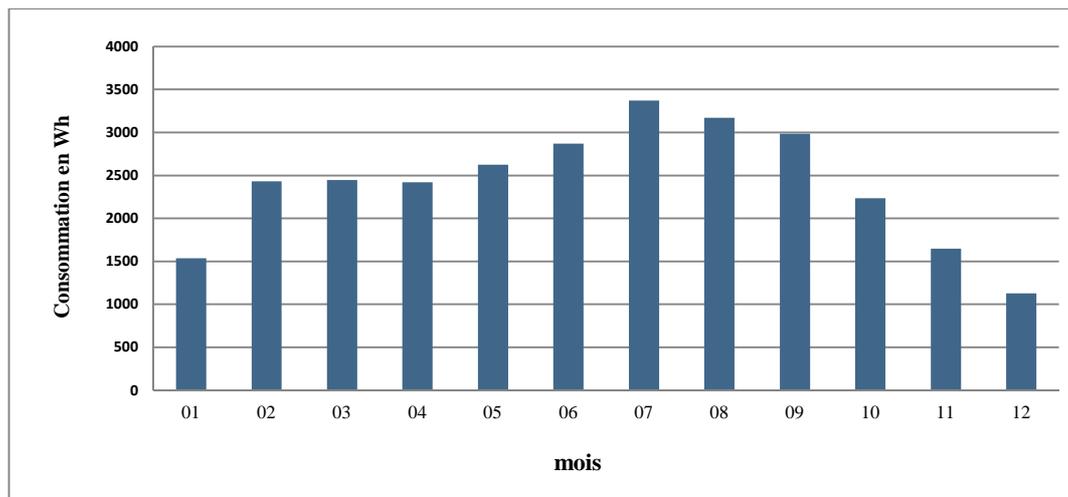


Fig. 4 répartition annuels de la consommation d'un relais GSM étudié.

Paradoxalement, le sud Algérien dispose d'un potentiel d'énergie solaire très important; d'où le soleil est quasiment disponible tout au long de l'année, à cet effet, l'introduction d'un système solaire PV d'autoconsommation algérien a une probabilité importante de compenser une partie considérable de la consommation de relais GSM sans recours au système de stockage en présence de réseau électrique d'un part, et de concrétiser une autonomie secours en cas de défaillance de réseau électrique d'autre part.

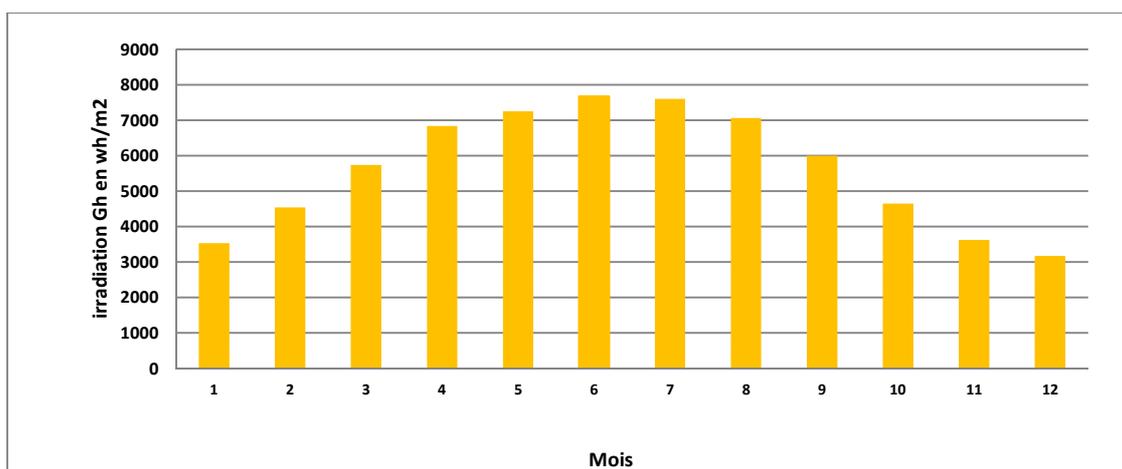


Fig. 5 Moyennes mensuelles des irradiations globales de site étudié.

La configuration optimale choisie pour le relais GSM est CC, d'où le système PV-ASI pourrait intégrer dans l'installation courant continu du site, sans des grandes modifications.

4. Résultats et Discussion

Les résultats de la simulation de système de PV-ASI montre que il peut assurer l'autonomie d'alimentation pour 18.3 heure, quelque soit l'état de réseau électrique, contre 13 heure pour le batteries-groupe électrogène. Ainsi, le système PV-ASI peut réduire 50% de la facture d'électricité.

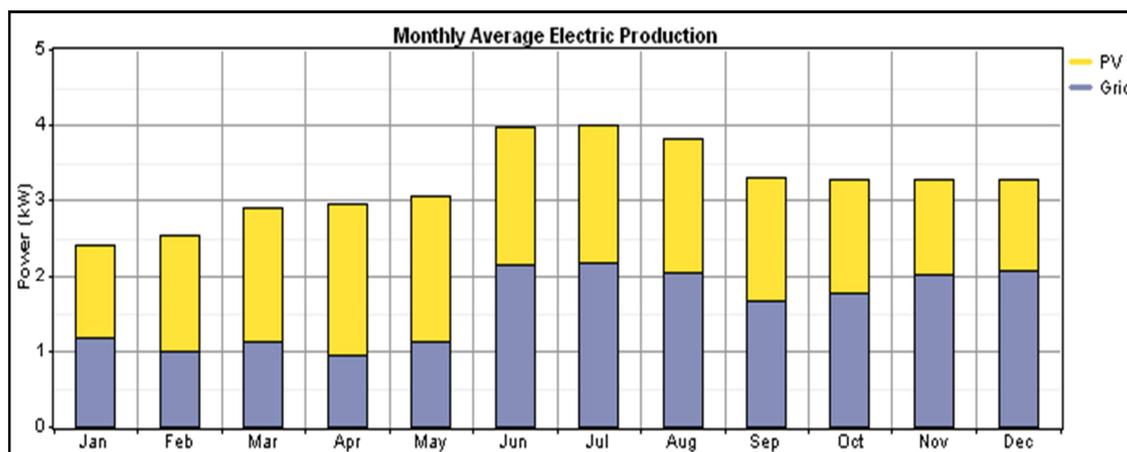


Fig. 6 : Production Mensuelle Moyenne de Système Etudié.

En résumé, la majeure partie du coût initial du système est le coût des panneaux PV et des batteries, en raison de son coût élevé. En supprimant le coût batteries qui existent déjà au site, et en tenant compte le prix coûteux de carburant et l'entretien du groupe électrogène, ainsi que les la réduction sur la facture électrique; le système PV-ASI devient compétitif.

TABLE III COMPARAISON LES RESULTATS OBTENUS

Paramètres	Batteries- groupe électrogène	Système PV- ASI
Autonomie [heure]	13	18.3
Duré de vie [an]	05	16
Facture d'électricité [\$ /an]	1588,30	654 ,90
Cout totale de système [\$]	18420	34157,12
Emission GES [kg/an]	31210.6	10843

Le coût d'électricité du réseau (subventionné) a été jugée 0,058\$/kWh contre 0.12\$/kWh pour le système PV-ASI. Malgré le prix d'électricité est subventionné, le système PV peut être rentable économiquement; car il peut compenser leurs coûts à moyen terme par la réduction sur la facture électrique et la suppression des coûts de groupe électrogène et carburant. En effet, la suppression de 1000\$ de la facture d'électricité chaque année (durant 16 ans la durée de vie de system PV-ASI) et en ajoutant la suppression de cout de groupe électrogène et leurs charges (18420 dollar), la somme des ces suppressions dépasse le cout totale du system PV-ASI.

5. Conclusions

Cette étude a examiné les différentes configurations d'un système PV-ASI et leurs faisabilités de l'intégration à l'installation d'un consommateur raccordé au réseau distribution électrique, puis nous avons appliqué au relais GSM qui est traditionnellement secourus par des groupes électrogènes en cas de défaillance de réseau électrique. L'intégration d'un système PV-ASI permet de remplacer le groupe électrogène secours d'un part, et de réduire la facture électrique et des GES d'autre part. Les résultats obtenus dans cette étude encouragent les operateurs mobiles à adopter le système PV-ASI comme une source de production renouvelable décentralisé et secours, en particulier dans les régions où le potentiel solaire est élevé comme le sud algérien.

D'ailleurs, le système PV-ASI installé au sud algérien a une probabilité importante de fonctionner en périodes critique (la pointe de consommation de milieu de la journée). Cette faculté permet de réduire la pointe et rendre un service au réseau de distribution électrique. Donc L'état doit donc passer à la subvention d'autoconsommation au lieu de consommation.

6. References

- [1] D. Saheb – Koussa et M. Belhamel, "Production d'électricité sans interruption moyennant un système hybride (éolien – photovoltaïque – diesel) ", *ICRESD-07 Tlemcen (2007)*.
- [2] « chauffer et rafraîchir avec une énergie renouvelable » document est édité par l'ADEME, ISBN : 979 1029 70720 9 - Mars 2017;
- [3] Chia-Chou Yeh,, Madhav D. Manjrekar., A Reconfigurable Uninterruptible Power Supply, *iee transactions on power electronics*, vol. 22, no. 4, july 2007
- [4] Julien delmas, Les relais GSM, Mai 2006.
- [5] ir. Willy pirard, " principe de fonctionnement des reseaux de telephonie mobile GSM ", Institut Scientifique de Service Public, 2003.
- [6] Igor Prince Martial BONDOBO, Alimentation d'un site GSM isolé du réseau de distribution publique d'électricité par un système hybride (solaire PV + groupe électrogène) Cas d'orange Centrafrique, memoire master 2, GEER, juillet 2012.
- [7] Karim ABDENNADHER, "Etude et Elaboration d'un système de surveillance et de maintenance prédictive pour les condensateurs et les batteries utilisés dans les Alimentations Sans Interruptions (ASI)," these de doctorat l'universite clude bernard lyon lannée 2010.
- [8] Dike U. Ike, Anthony U. Adoghe, Ademola Abdulkareem, "Analysis of Telecom Base Stations Powered by Solar Energy," *international journal of scientific & technology research* volume 3, issue 4, 2014.
- [9] R. Tadili, M.N. Bargach, S. Amzazi, Y. Benjaa, A. Chkirida, "dimensionnement d'une minicentrale photovoltaïque pour l'electrification de la faculte des sciences de rabat" ,*revue internationale d'héliotechnique* n° 45 (2013) 8-13.
- [10] Ani Vincent Anayochukwu, Ani Emmanuel Onyeka , " Simulation of Solar-Photovoltaic Hybrid Power Generation System with Energy Storage and Supervisory Control for Base Transceiver Station (BTS) Site Located in Rural Nigeria " *international journal of renewable energy research*, vol.4, no.1, 2014.
- [11] A. Guen-Bouazza , B. Bouazza , H. Guen , N.E. Chabane-Sari , B. Benyoucef , "Etude, Prédimensionnement et Dimensionnement d'une Installation Solaire Autonome Alimentant un Poste (E/R)", *Rev. Energ. Ren. : Valorisation* (1999) 167-170.
- [12] A. benatiallah, r. mostefaoui m. boubekri, "A comparison of Simplified and Statistical Methods of Sizing Photovoltaic Installation for a Remote Dwelling in the Saharan Region", *Journal of the Human-Environmental System* Vol. 8; No. 1 · 2: 1–6, 2005.