

Simulation et Optimisation d'une installation photovoltaïque

R.I. Chabira¹, A. Aissat¹, M.Hatti²

¹LATSI & LASICOM Laboratory

University of Blida 1, BP270, 09.000Blida, Algeria

²UDES Centre de Développement des Energies Renouvelables, RN11 Bou-Ismaïl BP. 386, 42415 Tipaza, Algeria.

e.mail : sakre23@yahoo.fr

RESUME

Dans cet article nous avons présenté l'étude et la simulation d'un système photovoltaïque raccordé au réseau avec la présence des convertisseurs sans stockage, pour l'alimentation d'une charge donnée. La simulation est faite par le logiciel HOMER, qui nous permet de traiter des résultats réels basés sur des contraintes de coût et de variations d'entrées météorologiques d'une école supérieure de commerce située dans la ville de Koléa, wilaya de Tipaza. Les résultats obtenus favorisent la production photovoltaïque dans ce site et montre que la meilleure orientation des panneaux est en plein sud, le prix du KWh photovoltaïque est plus élevé que celui du KWh conventionné mais avec la vente de l'excès de production non utilisé au réseau l'installation devient rentable et on revient à l'investissement dans 11 ans.

Mots-clés_Matériaux,

INTRODUCTION

La production d'énergie est un défi de grande importance pour les années à venir. En effet, les besoins énergétiques des pays ne cessent d'augmenter. La maîtrise de la consommation d'énergie est certainement un souci majeur pour beaucoup de pays. La consommation mondiale d'énergie va augmenter de 50% entre 2004 et 2030, pour accompagner la croissance démographique et économique [1,2]. Aucune activité humaine cependant ne serait possible sans énergie. Les sources d'énergie fossiles sont amenés à disparaître et ne peuvent se renouveler avant des millions d'années [3] pourtant des solutions existent, augmenter la part d'énergie renouvelable dans notre consommation est une des pistes à suivre. Dernièrement, dans leurs politiques de développement en matière d'énergie, beaucoup de pays se sont **intéressés** aux ressources dites renouvelables qui constituent un secteur **stratégique** et occupent une place privilégiée dans les domaines de recherche et développement, en particulier le solaire qui est à l'origine de presque toutes les autres formes d'énergie disponibles sur Terre, il fait partie des solutions à adopter pour investir dans les énergies renouvelables. Cette énergie est très favorisée, la plus développée, la plus populaire et la plus répandue du fait qu'elle est abondante, gratuite

et non polluante [4]. Nous distinguons deux formes d'énergie solaire : le solaire photovoltaïque et le solaire thermique, Le solaire photovoltaïque nous permet de fabriquer notre propre énergie électrique c'est une forme de production d'énergie renouvelable reposant sur la transformation directe du rayonnement solaire ; cette énergie électrique produite par les panneaux photovoltaïque est sans fin tant que brillera le soleil, La moitié de l'électricité mondiale sera issue des énergies renouvelables en 2030 [5]. La politique Algérienne en matière de maîtrise d'énergie s'est renforcée ces dernières années par la mise en place d'un arsenal législatif conséquent. Elle opte pour la préservation des énergies non renouvelables qui peuvent éventuellement être remplacées par des énergies gratuites, comme l'énergie solaire. La capacité d'énergie solaire de l'Algérie est très importante. Une grande partie du territoire national est fortement exposée au soleil. L'énergie reçue quotidiennement sur une surface horizontale de 1 m² est de l'ordre de 5 Kwh sur la majeure partie du territoire national, soit près de 1700 Kwh/m²/an au Nord et 2263 KWh/m²/an au sud du pays [6].

L'Algérie s'est engagée dans la promotion des énergies renouvelables afin de préserver ses ressources fossiles et de contribuer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Cela s'est traduit concrètement par le lancement en 2011 d'un programme national des énergies renouvelables et de

l'efficacité énergétique [7]. Les bâtiments sont les premiers consommateurs finaux d'énergie (résidentiel et tertiaire) dont presque 30% revient au résidentiel [9]. Ils sont responsables de l'utilisation de grandes quantités d'énergie pour l'éclairage, le chauffage, le refroidissement et l'utilisation de divers équipements d'exécution de l'énergie principalement alimentés par l'énergie fossile. L'intention d'aujourd'hui devrait opter pour la préservation des énergies non renouvelables qui peuvent éventuellement être remplacées par l'énergie solaire, Le photovoltaïque s'intègre directement dans l'enveloppe moderne du bâtiment, l'enjeu majeur est de trouver toutes les possibilités d'intégrer le photovoltaïque dans la conception architecturale sans toucher à l'aspect esthétique des bâtiments qu'ils soient neufs ou existants. La technologie photovoltaïque ouvre la voie à la transition de bâtiments énergétiquement efficaces vers des bâtiments à énergie positive. Le besoin en énergie électrique de chacun est produit, stocké et exploité sur place. L'intégration réussit, quand les modules photovoltaïques forment un tout, d'un point de vue architectural et ne sont pas perçus comme des corps ; pour cela ils doivent être utilisés comme éléments multifonctionnels où ils remplacent les éléments de construction classique et ils deviennent eux même des composants architecturaux, "Ceci est un nouveau matériau architectural» Explique Colin Cathcart de Kiss + Cathcart, Architectes, à Brooklyn, NY. Il existe Plusieurs typologies d'implantation, liées ou non au bâti : En toiture inclinée et en auvent (intégrée ou en surimposition), Châssis sur toiture-terrace d'appentis (les capteurs double fonction) et au sol, - En façade, mur rideau, décoration de vitrage (dessins de couleurs...) Garde-corps, allèges, Brise-soleil ou en verrière [10].

II. PROBLEMATIQUE.

La qualité de l'éclairage est le point le plus important à traiter dans les espaces d'enseignement. L'enseignement, lorsqu'il réunit un formateur et des élèves, suppose d'un côté l'émission d'une information visuelle (pour environ 65%) ou sonore (pour environ 35%) et de l'autre sa réception et son interprétation [11]. Comme 65 % de l'information passe la vision, la qualité de l'éclairage est le point le plus important à traiter dans les espaces d'enseignement. L'éclairage représente 60% de toute l'électricité consommée par les écoles et les universités [11]. L'énergie solaire

nous permet de fabriquer notre propre énergie électrique. Elle a l'avantage d'être non polluante et la maintenance des systèmes est peu importante. La filière photovoltaïque correspond au summum de la haute technologie. Quoi de plus noble que de transformer directement l'énergie solaire en électricité ? Comment peut-on profiter de cette conversion ? L'objectif c'est de déterminer la manière de gérer le type de lumière artificielle dans le projet et es que l'utilisation de l'énergie photovoltaïque peut répondre à la totalité des besoins en éclairage qui présente une grande partie de la consommation énergétique de l'institut ? Le but est d'adopter un système pour pouvoir produire, conserver et utiliser l'énergie solaire au sein du projet pour améliorer son profil de durabilité et offrir une expérience enseignable pour ses 3 000 étudiants. La difficulté consiste à trouver un moyen d'intégrer les panneaux photovoltaïque dans la conception architecturale sans toucher l'aspect esthétique du projet. Pour cela ils seront déposés sur 07 toitures inclinées sur des façades orientée Sud-est/ sud-ouest.

III. MODEL DE TRAVAIL

L'objet du travail est de faire plusieurs simulations avec des orientations et inclinaisons différentes et choisir le meilleur résultat pour pouvoir répondre à la totalité ou plus des besoins énergétiques de l'école. La simulation se fera par le logiciel « HOMER » (Hybrid Optimisation Model for Electric renewables).

a. Présentation et schéma de l'installation

L'installation choisit est une installation photovoltaïque raccordée au réseau et comporte : Des panneaux photovoltaïques monocristallins de 310 KWc de puissance. La puissance d'énergie photovoltaïque installée sur chaque toiture est 60.140 KW. Le prix du module est à 530 \$. Un onduleur de 2KW, son prix est 410 \$. La durée de vie du système est supposée 25 ans donc les panneaux ne seront pas remplacés. Le prix du KWh acheté du réseau est de 0.042 \$ et du KWh vendu au réseau est de 0.159 \$. On suppose que l'excès d'énergie photovoltaïque produite non utilisé est vendu et injectée au réseau. Les données des prix d'achat et de vente de l'électricité sont prises du journal officiel de la république algérienne comme montré dans la figure 58. La figure 01 montre le schéma du système proposé.

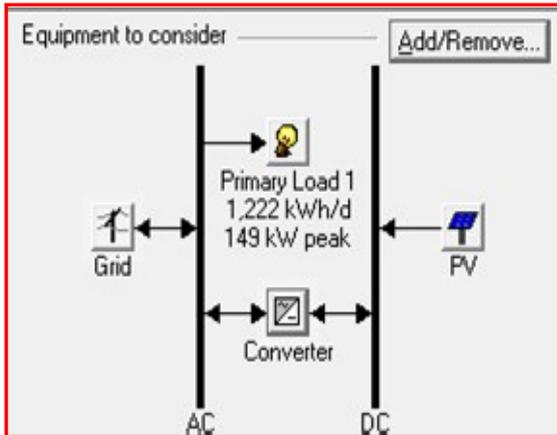


Figure 01 – Le schéma du système

b- Détail de charge :

Ça correspond aux besoins électriques journaliers nous avons deux mois de congés (juillet et aout), et 02 jours de week-end. On suppose que l'éclairage de toute l'école soit allumé tous les jours entre 08h et 17h, et entre 17h et 08h les lampes du hall et des espaces de circulation seulement qui seront allumé, Le pic de consommation électrique est à 149.082 KW/h pendant les heures de travail et la consommation du soir (de sécurité) est 28.548 KW /h. Les détails de charge sont présentés dans la figure 02.

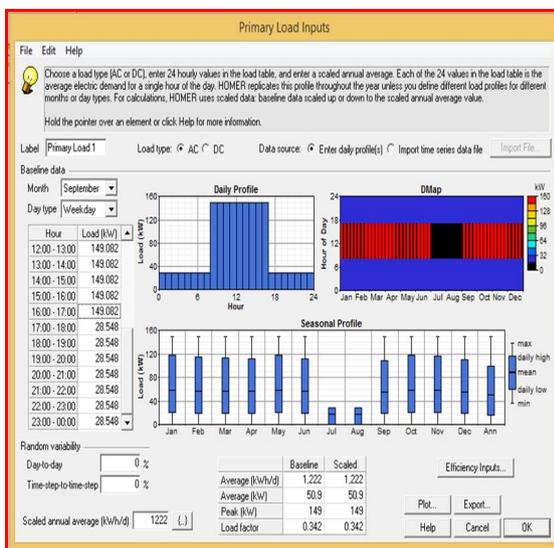


Figure 02- Les détails de charge

C-Détail de ressource solaire :

Les données d'irradiation sont obtenues par le logiciel PVGIS. L'irradiation sur un plan horizontal est la donnée prise en charge par le logiciel. Dans la figure 03 on voit que l'irradiation est au maximum en été (mois de juillet) et très faible en hiver (mois

de décembre). Dans la simulation le logiciel prend en compte les données de température. Les données de température sont prises de Wikipédia. A koléa la température moyenne annuelle est 17.5° comme montre la figure 04.

Irradiation solaire mensuelle
 PVGIS estimation des moyennes mensuelles à long terme
 Site: 36°38'21" Nord, 2°47'20" Est,Élévation: 117 m s.n.m.
 Base de données de radiation solaire employée: PVGIS-CMSAF

Mois	H_h	H_{opt}
Jan	2570	4150
Fev	3370	4800
Mar	4870	5930
Avr	5660	6010
Mai	6660	6350
Juin	7750	6980
Jui	7780	7200
Aug	7000	7120
Sep	5420	6330
Oct	4230	5760
Nov	2780	4330
Dec	2300	3900
Année	5040	5750

Figure 03- Les données d'irradiation

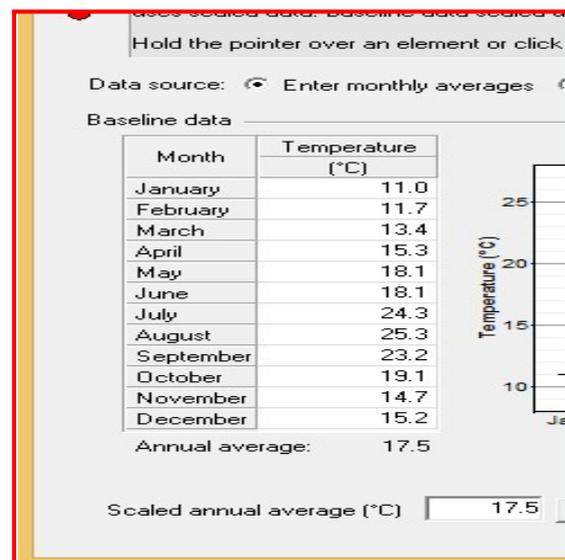


Figure 04- Les températures

Dans la figure 05, Les données de ressource solaire sont présentées. La moyenne annuelle d'irradiation est d'environ 5.04 KWh /m²/jour. La question à poser sur HOMER est : **Est-ce que l'installation choisie peut répondre à la totalité des besoins et qu'elle est la meilleure orientation et inclinaison pour le meilleur rendement ?**

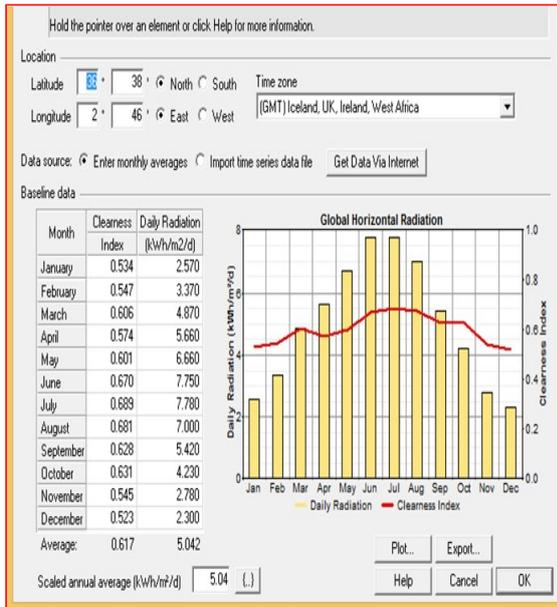


Figure 05- Les données des ressources solaires

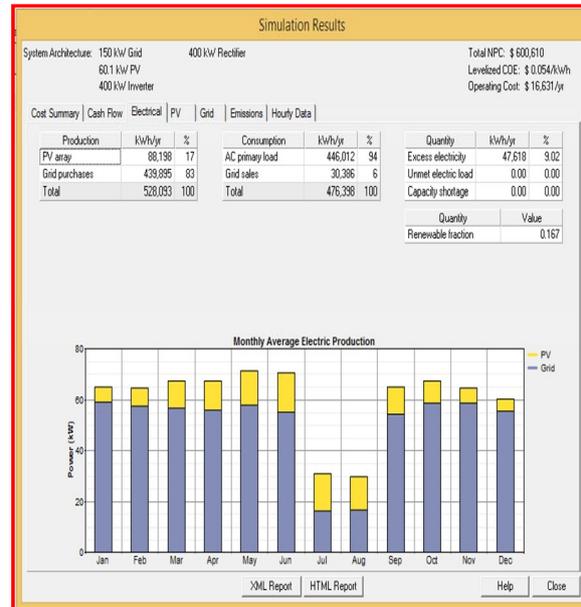


Figure 06- Les résultats de simulation (cas 01)

VI. RESULTATS ET DISCUSSIONS

Le cas d'étude 01 : orientation EST -90° / inclinaison 36°. Les résultats sont présentés dans la figure 06. Dans ce cas d'étude on considère qu'une seule partie (orientation) de l'installation fonctionne, La figure 06 montre que la contribution du PV est de 17% par rapport aux besoins de l'école le reste est garanti par le réseau soit 83%, 6% de la production PV est vendu au réseau, Mais nous constatons qu'il y a un excès d'énergie perdu qui représente 53% de la production PV. L'excès d'énergie perdu ou le surplus d'électricité produit par le système et qui ne peut ni être utilisé ni absorbé par le réseau, est due à l'efficacité de l'onduleur qui dans certain cas il devient Incapable de faire la conversion AC/DC si la production est supérieure à sa capacité de conversion.

Le cas d'étude global : Dans ce cas d'étude on a fait la simulation de toute l'installation (les 07 toitures sont branchées en même temps), les résultats sont présentés dans la figure 09 ils montrent que : La contribution du PV est de 72 % par rapport aux besoins en éclairage de l'école, le reste est garanti par le réseau 28%, 48% de la production PV est vendu au réseau, et l'excès d'énergie perdu présente 9% de la production PV. La production PV correspond à 160% des besoins. La figure 07 montre qu'après 11 ans on peut retourner à l'investissement de base avec un bénéfice de 8,69%.

Metric	Value
Present worth	\$ 916,738
Annual worth	\$ 36,670/yr
Return on investment	8.69 %
Internal rate of return	7.16 %
Simple payback	11.2 yrs
Discounted payback	11.2 yrs

Figure 07- Le retour à l'investissement

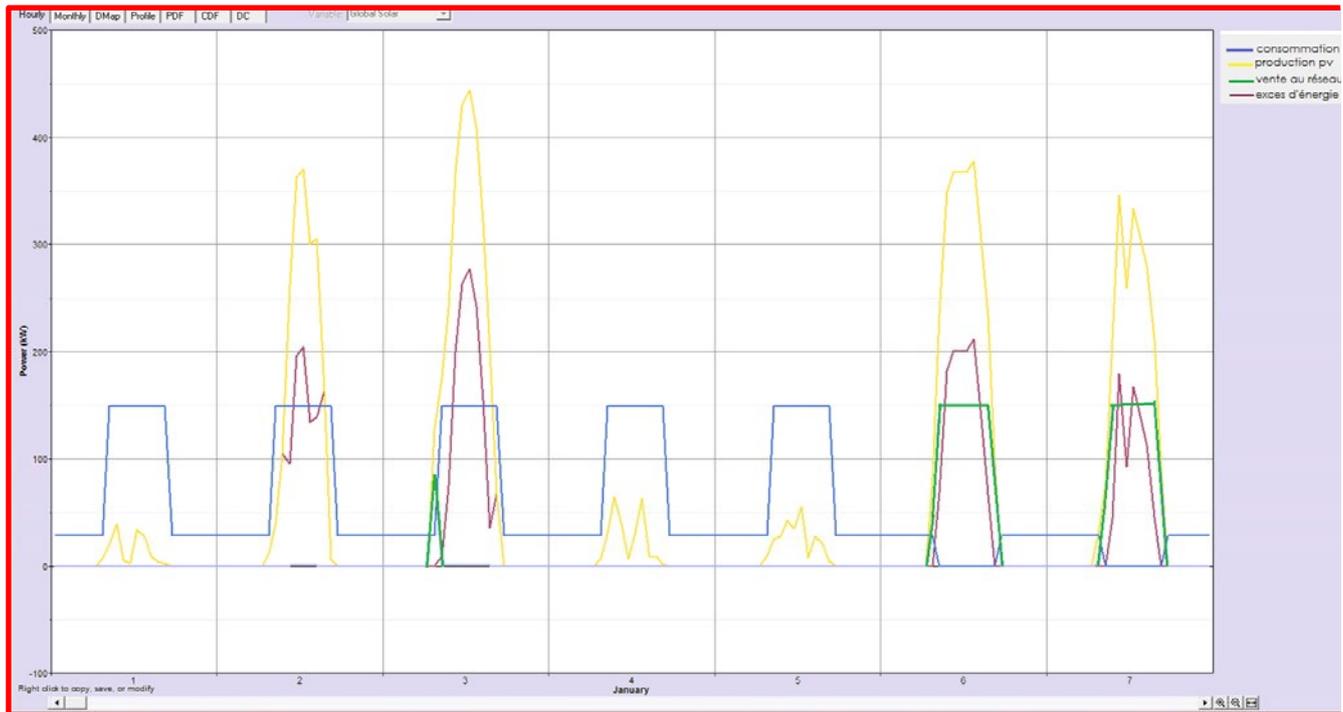


Figure 08- Les résultats de simulation (cas global)

Orientation	EST -90°	SUD-EST -45°	SUD -10°	SUD 0°	SUD +10°	SUD-OUEST +45°	OUEST +90°	total
Inclinaison	36°	36°	36°	26°	36°	36°	36°	
Production PV (kwh/an)	88,198	102,987	108,761	109,076	109,157	104,187	89,510	720,913
Taux des besoins (%)	17	19	20	20	20	19	17	72
Vente au réseau (kwh/an)	30,386	35,491	38,696	39,507	39,635	38,557	33,477	416,118
Taux de vente au réseau (%)	6	7	8	8	8	8	7	48
Retour à l'investissement (an)								11,2
Année de gain (an)								13,8
Gain (%)								8,69
Excès d'énergie perdue (kwh/an)	47,618	59,303	65,734	65,180	65,118	61,347	50,727	71,062
Perte (%)	53	57	60	59	59	58	56	9

Tab 01- récapitulatif des résultats de simulation des différents cas d'étude

La figure 08 montre que la production du PV n'est pas fixe tous les jours, une partie est utilisée, une autre est vendue au réseau mais il y a un excès perdu. Les résultats de simulation de l'étude d'installation photovoltaïque raccordée au réseau sans stockage dans une école supérieure de commerce à Koléa présentée dans la figure 09 montre qu'elle peut répondre à 72 % de ses besoins en éclairage. Nous constatons que l'orientation plein sud est la meilleure elle répond à 20% des besoins et plus on va vers l'est ou l'ouest la production diminue mais à faible pourcentage elle devient de l'ordre de 17%. L'inclinaison 36° donne de meilleurs résultats suivant la formule de Duffie et Beckman [12]. L'onduleur et le câblage sont les causes de l'excès d'énergie, Pour minimiser le taux d'énergie perdue, il faut soit opter pour un stockage soit augmenter la taille du convertisseur (choisir la solution la plus économique), aussi il faut mettre l'onduleur à proximité du générateur photovoltaïque. La production PV correspond à 160% des besoins en éclairage de l'école. L'éclairage représente 60% [13] donc l'installation photovoltaïque peut répondre à 96% des besoins en électricité de toute l'école. Pour profiter de la totalité de la production un stockage est nécessaire, cette solution permet de rentabiliser l'investissement et diminuer son coût, Un bon choix des câbles permet de minimiser les pertes d'énergie (la batterie est un élément très sensible à la surcharge et à la décharge profonde, pour cela on doit utiliser un régulateur de charge pour maintenir la tension de la batterie). Pour le temps de retour sur investissement plusieurs facteurs rentrent en jeu (TVA, tarif d'achat, subventions, coût de l'installation, emprunt, ... etc).

Pour le moment l'état ne favorise pas et n'encourage pas le développement des énergies renouvelables, Le coût de kWh photovoltaïque est plus élevé que celui conventionné par l'état mais avec la vente de l'excédent d'énergie non utilisé on peut revenir dans l'investissement dans quelques années.

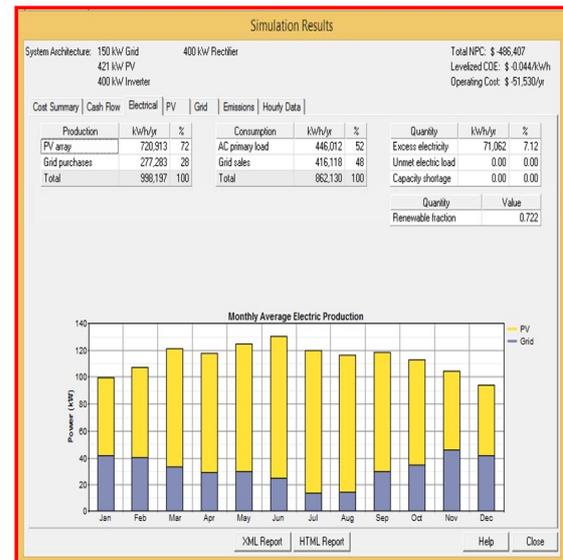


Figure 09- Les résultats de simulation 'cas global)

III. CONCLUSION

D'une manière générale le travail présenté dans cet article nous a permis de montrer l'intérêt que suscitent les énergies renouvelables dans notre pays l'Algérie. L'Algérie devait **aller vers la transition énergétique "à marche forcée"** afin de préparer l'après pétrole, Elle possède à travers le solaire un potentiel énergétique gigantesque pouvant parfaitement assurer la transition et le remplacement de la majeure partie de ses ressources fossiles. Les résultats obtenus favorisent la production photovoltaïque dans ce site et ouvre un ensemble de perspectives qui pourront être apportées dans le futur à ce projet et permet de nous donner l'avantage d'étudier profondément le fonctionnement d'une installation photovoltaïque au sein de l'école supérieure de commerce afin de satisfaire les besoins en énergies et de participer au développement du pays.

REFERENCES

- [1] EPIA (European Photovoltaic Industry Association), « Le développement du photovoltaïque dans le monde », dernière révision du document 2012.
- [2] - BP Statistical Review of World Energy - June 2015 (bp.com/statisticalreview)

[3] SOS ENERGIE, La nanotechnologie au service du solaire, l'énergie du futur : introduction <http://http://sosenergie.unblog.fr/introduction/>,

[4] - KALAJDI Farah et CHEKROUNI Nesrine - sujet : Commande d'un générateur photovoltaïque débitant sur une pompe (MPPT)- thèse de master génie électrique université ABOU BAKR BELKAID –Année Universitaire : 2013/2014- Page 4.

[5] - Bloomberg New Energy Finance - rapport « 2030 Market Outlook ».- 20 JUNE 2014 – page 01

[6] Guide des énergies renouvelables – ministère de l'énergie et des mines – Algérie Edition 2007,

[7] Ministère de l'Energie et des Mines Document, 'Programme National pour les Energies Renouvelables et l'Efficacité Energétique', Edition SATINFO, Mars 2011,

[8] Djicknoum DIOUF SUJET : Cellules photovoltaïques silicium à hétérojonctions et à structure inter digitée en face arrière - THESE DE DOCTORAT SPECIALITE : PHYSIQUE Ecole Doctorale Paris «Sciences et Technologies de l'Informatique des Télécommunications et des Systèmes»- Soutenue le 15 Juin 2010, page 6.

[9] site web : « économie d'énergie : l'habita en première ligne », [http// www. L'économie d'énergie : l'habita en première ligne.htm](http://www.L'economie d'energie : l'habita en premiere ligne.htm)

[10] Guide d'intégration architecturale des capteurs solaires mené par ENERPLAN, soutenu par l'Ademe.

[11] Bénédicte Collard, Fabrice Dery et Architecture et Climat (UCL) - FA S C I C U L E T E C H N I Q U E : L'ÉCLAIRAGE DANS LES ECOLES.

[12] John A. Duffie, William A. Beckman, "Solar engineering of thermal processes", John Wiley & sons, Inc. second edition 1991, p 5 10 13-15, 25, 39-40, 43, 77, 83, 87, 95-98, 109.

[13] Bénédicte Collard, Fabrice Dery. Architecture et Climat (UCL)- guide technique clairage dans les écoles.