



L'Homologation des Modules Photovoltaïques en Algérie: Enjeux et Stratégies

K. Agroui^{1,*}, A. Boutelhig², M. Pellegrino³, F. Giovanni³, I. Hadj Mahammed²

¹Centre de Recherche en Technologie des Semi-conducteurs pour l'Energétique (CRTSE)

2, Bd Dr Frantz fanon BP 140 Alger-Gare Algérie

¹Unité de de Recherche Appliqué en Energie Renouvelable de Ghardaïa

BP: 88 Gart Taam Z.I Bounoura Ghardaïa,

³Photovoltaic Laboratory, ENEA, Portici Research Centre

Area Granatello, 80055 Portici, Naples, Italy

(*Corrseponding Author E-mail: kagoui@yahoo.fr)

Abstract – La norme internationale CEI 61215 décrit les exigences sur la qualification de la conception et l'homologation de modules PV au silicium cristallin pour application terrestre et pour une utilisation de longue durée dans les climats modérés d'air libre, définis dans la CEI 721-2-1. L'objet de cette séquence d'essais est de déterminer les caractéristiques électriques et thermiques du module et de montrer autant que possible avec des contraintes de coût et de temps raisonnables, que le module PV est apte à supporter une exposition prolongée aux climats définis dans le domaine d'application. L'espérance de vie réelle des modules ainsi qualifiés dépendra de leur conception ainsi que de l'environnement et les conditions dans lesquels ils fonctionnent. Le présent travail vise à mener une prospection sur les méthodes d'essais pour l'homologation des modules PV en ambiance contrôlée et en milieu naturel.

Keywords — Cellule solaire, Module Photovoltaïque, Encapsulation, Essais de qualification, Dégradation.

I. INTRODUCTION

Le gisement des énergies renouvelables et particulièrement solaires est considérable en Algérie, d'où leur intérêt. La problématique de développement des énergies renouvelables en Algérie ne se pose pas en termes de compétitivité par rapport aux hydrocarbures mais en termes de complémentarité [1]. Dans ce sens les enjeux d'un tel développement sont :

- La contribution à la conservation des hydrocarbures.
- L'amélioration des conditions de vie des populations
- La protection de l'environnement

Les domaines d'application de l'énergie solaire PV sont [2]:

- Intégration dans le bâtiment (PV building) et interconnexion au réseau conventionnel (18%)
- Électrification rurale des habitations (35%),

- Système à usage professionnel dans le domaine des télécommunications, protection cathodique, signalisation maritime (33%),
- Divers (14%)

Le marché mondial de l'énergie solaire photovoltaïque a enregistré une extension de la capacité de production annuelle en modules PV avec un taux de croissance annuel estimé à plus de 40%. La production mondiale est passée de 228 MWc en 2000 à 927 MWc en 2004 et a franchi la barre des 5 GWc en 2008. D'autre part, la production mondiale en 2010 a atteint le seuil de 20.5 GWc avec une baisse du prix du watt crête à environ 2 \$US [3]. En s'insérant dans le programme solaire mondial (solaire au service de l'humanité) initié par l'UNESCO pour la décennie 1996 – 2005, l'aspect " Mise au Point de Normes pour les Produits et les Systèmes Solaires" constitue un volet très important pour l'élaboration et la mise en œuvre du programme [4]. Ainsi à l'issue des travaux des Journées Nationales de Valorisation des Energies Renouvelables, l'atelier photovoltaïque a incité les institutions de recherche à expertiser ou homologué leurs produits mûr par l'organisme Algérien de normalisation.

II. L'APPROCHE SCIENTIFIQUE

La majorité des modules photovoltaïques (PV) sur le marché est constituée de silicium cristallin (mono-Si 36,3% et mc-Si : 44%). En effet, cette filière reste la plus avancée sur le plan technologique et industriel, car la technologie du silicium est arrivée presque à sa maturité et le silicium est un matériau abondant sur terre de plus il est parfaitement stable et non toxique. D'autre part, la filière couches minces à base du



**Le 3^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et
Renouvelables**
**The 3rd International Seminar on New and Renewable
Energies**

**Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa - Algérie 13 et 14 Octobre 2014**



silicium amorphe et autres technologies comme le CIS, CIGS et le CdTe apparaissent progressivement sur le marché. L'intérêt de cette filière est la réduction du coût de fabrication grâce à une réduction de matière première et à une méthode d'intégration totale des cellules solaires [5,6,7]. Les programmes actuels de recherche et de développement de l'industrie PV revêtent une extrême importance aux nouveaux procédés de croissance du silicium cristallin, à la réduction de l'épaisseur des cellules PV, à l'optimisation du concept des structures PV et à la minimisation des étapes technologiques de fabrication.

Pour produire une énergie électrique suffisante, les cellules solaires sont reliées entre elles moyennant un choix judicieux des connexions à faible résistivité pour réduire les pertes ohmiques. Généralement, le circuit électrique du module PV est réalisé suivant une configuration série-parallèle et l'ensemble est enrobé dans une résine isolante de protection : c'est l'encapsulation [8,9,10].

La stabilité des paramètres intrinsèques de la cellule solaire (couche anti-reflet, métallisation ...) est importante quand celle-ci est appelée à travailler en milieu naturel. Les expériences de ces dernières années ont montré que la mise au point d'une encapsulation économique constitue une activité scientifique très importante [11]. En effet, la sous estimation de certaines contraintes climatiques entraîne une rupture mécanique d'interconnexions des cellules solaires, la dégradation des propriétés physico-chimiques du polymère encapsulant [12,13,14] et par conséquent une perte considérable de la puissance produite par le module PV [15,16,17]. Pour cette raison, le procédé d'encapsulation d'un module PV doit être exécuté de la manière la plus performante afin de pallier à toute défaillance et prolonger sa durée de vie. Par ailleurs, on estime que l'encapsulation d'un module PV représente environ 30% du coût global d'un module PV [18].

Les performances d'un module PV sont obtenues par le biais de la caractérisation électrique in situ, lorsqu'il est soumis conventionnellement à un ensoleillement de 1000 W/m^2 et une température de cellule de 25°C , pour déterminer principalement la puissance maximale. Ces données sont jugées insuffisantes eu égard à l'aspect pluridisciplinaires des composants du module PV. De plus, la puissance électrique n'est pas constante au cours du temps lorsque le module PV subit des dégradations. Afin de quantifier cette perte de puissance, des essais de dégradation doivent être réalisés afin d'estimer leur fiabilité et leur durabilité. La problématique est qu'on ne dispose pas d'une méthodologie rigoureuse permettant de :

- Caractériser les différents composants du module PV en utilisant de nouvelles techniques d'analyses notamment pour les matériaux polymériques ainsi que l'évaluation des performances des modules PV à base de différentes technologies.
- Evaluer les performances des modules PV à base de différentes technologies et de valider leur durée de vie sous environnement accéléré et dans les conditions réelles d'exploitation, particulièrement dans des climats spécifiques.

Cette approche présente un intérêt scientifique incontestable au plan fondamental et expérimental. En effet, Lors de la procédure de qualification d'un module PV, l'essai de cycle thermique a pour objet de déterminer l'aptitude du module à supporter des contraintes de déséquilibre thermique, de fatigue ou autres, causées par des variations répétées de température. Durant cet essai et sous des conditions expérimentales spécifiques, le module PV est soumis à des cycles thermiques dans la gamme des températures allant de -40°C à $+85^\circ\text{C}$ comme illustré par la figure 2.

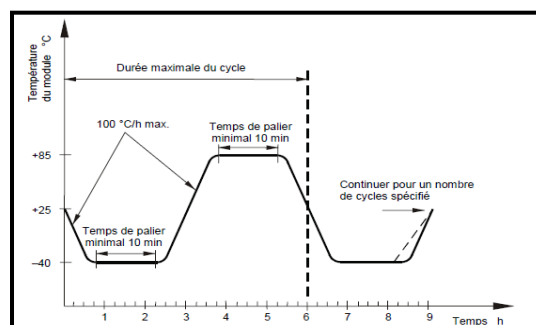


Fig. 2 Description d'un cycle thermique

D'une manière générale, l'étude des propriétés thermiques des polymères et plus particulièrement ceux utilisés dans le domaine PV comme encapsulant fait apparaître un domaine de température où les caractéristiques physiques du matériau subissent une variation brusque, distincte de celle observée pour les transitions de phases classiques. Ceci traduit les manifestations de relaxation et de transition dans le

polymère qui sont considérées parmi les principales caractéristiques du matériau polymérique. Diverses analyses thermiques (TSC, DSC, DMTA...) ont été effectuées pour déterminer les différentes températures intervenant dans les changements de phases ainsi que les propriétés mécaniques en mode dynamique de l'EVA vierge [19, 20,21]

Les essais accélérés seront réalisés sur des échantillons de l'EVA réticulé en vue de comprendre les différents changements des propriétés physico-chimiques (morphologie de surface, interface EVA-



**Le 3^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et
Renouvelables**
**The 3rd International Seminar on New and Renewable
Energies**

**Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa - Algérie 13 et 14 Octobre 2014**



Si, phénomène de cristallisation, dureté, fatigue thermomécaniques...). D'autres essais seront réalisés pour analyser le problème de la délamination au niveau de la cellule solaire. Le Développement de la cinétique de la dégradation par analyse ATG suivant le mode d'Arrhenius sera investiguée. L'approche expérimentale des tests physico-chimiques de l'EVA ont permis d'élucider encore une fois l'influence des paramètres du process d'encapsulation sur le module PV.

D'autre part, additivement aux tests classiques de performances des modules PV in situ, on a introduit la méthode d'analyse par thermographie infrarouge pour déceler les défauts au niveau des cellules solaires, sous polarisation directe, par l'élaboration et l'analyse des thermographes. L'objet de cet essai est de déterminer l'aptitude d'un module PV à supporter les effets d'un échauffement localisé dus par exemple à un défaut au niveau de la cellule solaire (cellules incompatibles, mauvaise interconnexion, court-circuit...) ou à la détérioration de l'encapsulant en utilisant le principe de l'imagerie thermique à base d'une caméra infrarouge comme technique d'analyse non destructive. Généralement un module PV à 50°C émet la chaleur principalement dans la plage de longueur d'onde de 3 μm à 20 μm avec émittance de pointe à environ 9 μm [22, 23, 24].

Les méthodes d'analyse par électroluminescence, thermoluminescence ou spectrométrie Raman ont été récemment introduites. La mesure de la résistance thermique permettra d'élucider les pertes thermiques du module PV dues aux différents modes de transfert thermique. Les aspects liés au comportement du module PV à l'obscurité ont fait l'objet d'un large développement par des mesures d'impédance en mode dynamique ce qui permettra de quantifier une éventuelle dégradation des cellules solaires si le problème de mismatch existe.

Afin de déterminer la fiabilité et la durabilité des modules PV, des essais accélérés de vieillissements peuvent être réalisés avec pré conditionnement aux UV parallèlement aux essais en milieu naturel. Des conditions sévères sont utilisées pour accélérer le vieillissement des modules PV dont la température et l'humidité relative ont été déterminées comme étant les paramètres les plus influents. La fiabilité dans les conditions nominales est alors déduite en utilisant les modèles de prédiction de la durée de vie. De ce fait, la puissance des modules est suivie et l'état limite de performance est déterminé lorsqu'un seuil de puissance résiduelle est atteint. La durée de vie d'un module photovoltaïque peut ainsi être estimée.

III. LA QUALIFICATION DES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES POUR DES APPLICATIONS TERRESTRES

Les normes internationales CEI 61215 et CEI 61646 donnent les exigences sur la qualification de la

conception et l'homologation de modules PV au silicium cristallin et en couches minces respectivement pour application terrestre et pour une utilisation de longue durée dans les climats modérés d'air libre, définis dans la CEI 721-2-1. L'objet de la qualification des modules PV est de déterminer les caractéristiques électriques et thermiques du module et de montrer autant que possible avec des contraintes de coût et de temps raisonnables, que le module PV est apte à supporter une exposition prolongée aux climats définis dans le domaine d'application. L'espérance de vie réelle des modules ainsi qualifiés dépendra de leur conception ainsi que de l'environnement et les conditions dans lesquels ils fonctionnent. Les normes pour modules à couches minces et pour d'autres conditions d'environnement sont l'objet d'une étude à part. Le tableau 1 résume les tests de qualification d'un module PV au silicium cristallin cristallin.

TABLEAU I
PROCEDURE D'HOMOLOGATION NORMATIVE
D'UN MODULE PV AU SILICIUM CRISTALLIN (CEI 61215)

Référence	Description
IEC 904-1	Mesure des caractéristiques I-V
IEC 904-3	Principes de mesure
IEC 891	Procédures pour les corrections.
IEC 1215 - 10.1	Inspection visuelle
IEC 1215 - 10.2	Performance aux conditions standards
IEC 1215 - 10.3	Test d'isolation
IEC 1215 - 10.6	Performance aux conditions NOCT
IEC 1215 - 10.7	Performance sous faible éclaircissement
IEC 1215 - 10.8	Essai d'exposition en site naturel
IEC 1215 - 10.9	Essai de tenue à l'échauffement local
IEC 1215 - 10.10	Essai UV
IEC 1215 - 10.11	Essai de cycles thermiques
IEC 1215 - 10.12	Essai humidité-gel
IEC 1215 - 10.13	Essai continu de chaleur humide
IEC 1215 - 10.14	Essai de robustesse des sorties
IEC 1215 - 10.15	Essai de vrillage
IEC 1215 - 10.16	Essai de charge mécanique
IEC 1215 - 10.17	Essai de grêle

Pour les technologies en couches minces autres que celles au silicium amorphe (comme le CIS, CIGS...), les prétraitements tels que l'exposition prolongée au rayonnement lumineux et le recuit thermique peuvent être différents ou s'avèrent inutiles.

IV. METHODES D'ESSAI ACCELERE

Additivement au concept de qualification générale, il se peut que le module dans la phase de recherche-développement subit des séquences de tests de qualification partiels à la suite du changement d'un composant ou du design du module dans le seul but d'améliorer le produit final en terme de fiabilité et coût.

A. Mesures Initiales et finales

- Examen visuel (article 10.1).
- Caractéristiques I-V (article 10.2)
- Essais d'isolement (article 10.3)

B. Méthode d'essai

L'essai d'environnement recouvre les conditions d'environnement naturelles ou artificielles auxquelles les spécimens peuvent être soumis de façon telle que l'on puisse préjuger de leurs performances dans les conditions d'utilisation, de transport et de stockage auxquelles ils peuvent être soumis en pratique, les limites préconisées des caractéristiques pendant et après l'essai d'environnement. L'essai est réalisé conformément à la CEI 68-1 et à la CEI 68-2. Le rapport relatif à cet essai doit comporter les renseignements fondamentaux relatifs aux essais d'environnement et à leurs sévérités afin de permettre la comparaison des spécimens soumis à l'essai.

C. Exigences

Les critères d'acceptation sont :

- Pas de détérioration mécanique ou de corrosion des composants du module qui pourraient atténuer de façon sensible leur fonction pendant la durée de vie prévue.
- La puissance maximale ne doit pas diminuer de plus de 5% de la valeur initiale.
- L'essai d'isolement doit répondre aux mêmes conditions que celles requises pour les mesures initiales. Un rapport certifié des essais de qualification est rédigé selon la procédure IECQ QC 001002

Les figures 3 et 4 illustrent la description expérimentale des tests de vieillissement aux UV et aux cycles thermiques respectivement.



Fig. 3 Description de la chambre de vieillissement aux UV



Fig. 4 Description de la chambre de vieillissement thermique

Après vieillissement accéléré comme la corrosion au brouillard salin, gel de l'humidité et les rayons UV la puissance maximale relative (P_{max}) du module PV, à base de cellules solaires au silicium multicristallin, est fixée à 1,3%, 1,7% et 1,3% respectivement. Les résultats montrent que les pertes de P_{max} sont moins de 2% selon les conditions d'acceptabilité de la norme CEI 61215.

V. PERFORMANCES DES MODULES PV TYPE UDTS 50 APRES VIEILLISSEMENT SUR LE SITE SAHARIEN DE GHARDAÏA

Notre investigation expérimentale a été poursuivie en étudiant les performances d'autres modules PV UDTS 50 après environ vingt années (20) d'exposition sur le site de l'URAER de Ghardaïa. La figure 3 illustre les caractéristiques I-V du module PV UDTS 50 référencé E88003 aux conditions EOC. La translation de la caractéristiques I-V aux conditions STC en considérant le cas où l'éclairement est de 897 W/m^2 et la température du module de 60°C est représentée par la figure 4. D'après le tableau 3, on a noté une dégradation de la puissance maximale du module de l'ordre de 35%, soit une dégradation de 1.75% par année d'exposition [26]. Ce taux de dégradation est relativement élevé par rapport à celui communiqué dans la littérature [27,28,29]. La dégradation est due principalement à la diminution du facteur de forme qui passe de 68.2% à 56.7%. D'autre part, le calcul de la résistance série et shunt selon la méthode de Wagner [141] montre une diminution de la résistance shunt alors que la résistance série n'a pas beaucoup variée.

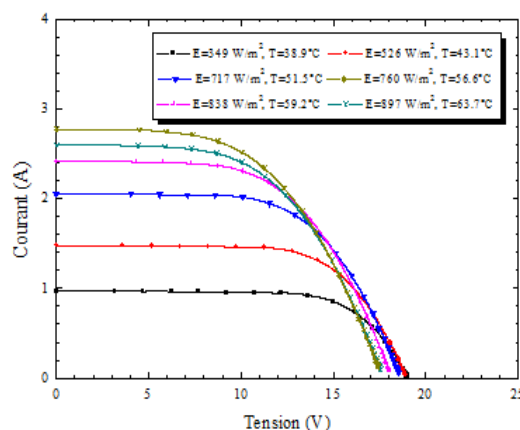


Fig. 5. Caractéristiques I-V du module PV UDTS 50 référencé E88003 sur le site de l'URAER de Ghardaïa

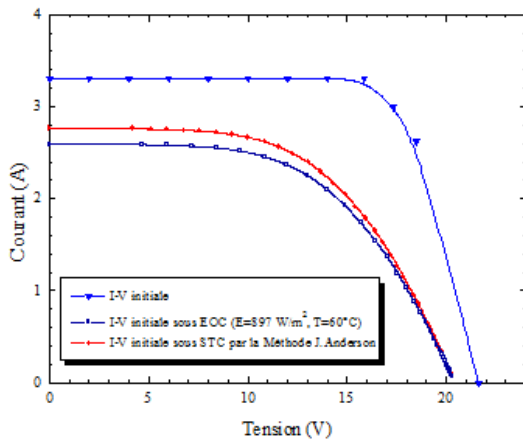


Fig. 6 Caractéristiques I-V du module PV UDTS 50 référencé E88003 E88003 sur le site de l'URAER de Ghardaïa et translatées aux conditions STC

TABLEAU 3. TEST I-V DU MODULE PV UDTS 50 REFERENCE E88003 AVANT ET APRES EXPOSITION SUR LE SITE DE L'URAER/GHARDAÏA

	P_{max} (W)	I_{sc} (A)	V_{oc} (V)	FF (%)	R_s (Ω)	R_{sh} (Ω)
Avant exposition	48.5	3.3	21.6	68.2	1.2	100.2
Après exposition	31.5	2.7	20.3	56.5	1.2	66.3

Par contre la figure 5 illustre un changement important de l'allure des caractéristiques I-V du module UDTS 50 référencé E88004 en milieu saharien. L'examen visuel du module a révélé qu'une cellule solaire présente une apparence non ordinaire caractérisée par un changement partiel de coloration de l'encapsulant EVA similaire à celui du phénomène "hot-spot". La puissance du module PV sous STC est d'environ 8W selon la méthode de J. Anderson.

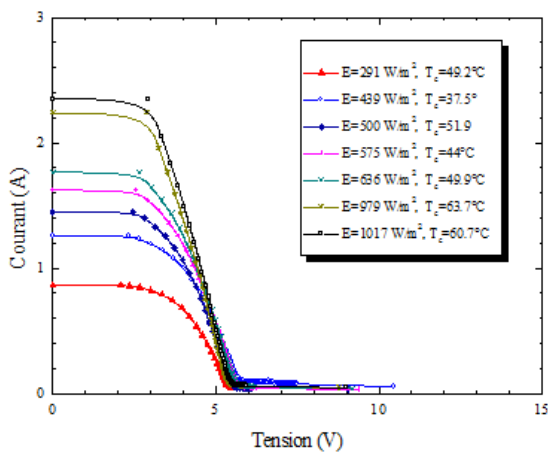


Fig.7 Caractéristiques I-V du module UDTS 50 référencé E88004 sur le site de l'URAER de Ghardaïa

D'une manière générale, la valeur limite de la température dans un module PV est liée à la nature de la technologie d'encapsulation, le mode d'installation du module PV ainsi que les conditions de l'environnement externe [30]. En milieu naturel type saharien du site de Ghardaïa la température du module atteint 60°C correspondant à la zone de fusion des cristallites dans l'EVA [31]. L'effet conjugué de l'élévation de la température sous un fort éclairage induit un changement des propriétés physico-chimiques ce qui engendre une diminution des performances des modules PV.

Après vingt années d'exposition en milieu naturel type saharien on a montré qu'un module au silicium cristallin perd environ 35% de sa puissance nominale dans le sud de l'Algérie, alors que les modules sont qualifiés pour un taux de dégradation inférieure à 5% pour une période d'exposition identique. Cette diminution est due à la décoloration de l'encapsulant EVA à travers plusieurs cellules dans le module, délamination au niveau de l'interface EVA-cellule solaire, diminution de la résistance shunt. Ceci est occasionné, entre autres, par la spécificité climatique de la région dont on devra prendre en considération dans l'étude de la fiabilité et l'efficacité énergétique des systèmes PV dans les régions du sud de l'Algérie. La destruction du module par le phénomène hot-spot a été mise en évidence et se distingue par un jaunissement intense au niveau de la cellule solaire affectée.

CONCLUSION

La dégradation des modules PV est due aux défauts engendrés par les cellules solaires, les techniques d'encapsulation et l'influence des paramètres environnementaux. En effet, l'inspection visuelle du module PV a révélé l'apparition de jaunissement de l'encapsulant EVA, induisant ainsi une dégradation des performances du module PV. Ce jaunissement provient le plus souvent sous l'effet du rayonnement solaire, la différence de température jour et nuit (stress thermique) et de l'humidité sous une température ambiante qui dépasse souvent 50°C après une longue durée d'exposition. Ceci se traduit par une diminution des propriétés mécaniques de l'EVA entraînant ainsi une mauvaise adhésion de la cellule solaire avec les autres matériaux d'encapsulation ce qui engendre une délamination suivie d'une dégradation rapide de l'EVA.

Face à d'importants enjeux socio-économiques l'Algérie qui dispose cependant d'atouts remarquables ne peut rester en marge d'une dynamique active amorcée par les organisations ISO et OMC. Les difficultés n'étant aujourd'hui pas d'ordre seulement technique mais plutôt institutionnel, législatif et



Le 3^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et
Renouvelables
The 3rd International Seminar on New and Renewable
Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa – Algérie 13 et 14 Octobre 2014



organisationnel. Un programme national concerté, prenant en compte d'une part les recommandations des manifestations nationales poussées et affinées, d'autre part grâce à l'apport vital d'expertises internationales cela constituera certainement l'instrument et le cadre de mobilisation à même de promouvoir durablement et à juste valeur l'énergie solaire photovoltaïque en Algérie.

REFERENCES

- [1] A. Groune, "Enjeux et Conditions d'Emergences des Energies Renouvelables en Algérie", 2^{ème} Journées de Nationales de valorisation des Solaire Energies Renouvelables (JNVES), Batna 10 – 11 mai 1997.
- [2] G. Giroult-Matlawoski, "Photovoltaic Market Analysis", 2nd World conference and exhibition on solar energy conversion, 6-10 July 1998,. Vienna (Austria)
- [3] Information disponible sur le site : <http://www.pv-tech.org/news/solarbuzz_reveals_its_top_10_pv_cell_manufacturers_of_2010> consultée le 26 juillet 2011.
- [4] "Programme Solaire Mondiale" 1996-2005 UNESCO.
- [5] K. Agroui, Y. Mesbahi, F. Moussa, "Etude des Effets de l'Encapsulation sur les Propriétés Physico-Chimiques du copolymère EVA durant le procédé de Fabrication du Module PV UDTS 50", Colloque National sur l'Elaboration et la caractérisation des Matériaux. ELACAM'96, Mostaganem 1-3 Juin 1996.
- [6] J. Anguet, J. Donon M.C and Michel J.C. Bobo... "Studies Relating to New Encapsulation Materials", Photowatt International Laboratory.
- [7] F. Lasnier, TG. Angy. *Photovoltaic Engineering Handbook*, Asian Institute of Technology Bangkok Thailand
- [8] J. H. Wohlgenuth, R.C. Petersen, "Solarex Experience with Ethylene Vinyl Acetate Encapsulation", *Solar Energy Materials & Solar Cells*, Vol. 30, pp. 83-387, 1991.
- [9] F.J. Pern, A.W. Czanderna, K.A. Emery, R. Dhere. "Weathering Degradation of EVA Encapsulant and Effects of its Yellowing on Solar Cell Efficiency", *Proceedings of the 22nd IEEE Photovoltaic Specialists Conference*, New York, 7-11 October, 1991.
- [10] Y.T. Sung, C.K. Kum, H.S. Lee, J.S. Kim, H.G. Yoon, W.N. Kim, "Effects of Crystallinity and Crosslinking on the Thermal and Rheological Properties of Ethylene Vinyl Acetate Copolymer", *Polymer*, Vol. 46, N°. 25, pp. 11844-11848, 2005.
- [11] M. Bregulla, M. Koehl, B. Lampe, G. Oreski, D. Philipp, G. Wallner, K.A. Weiß, "Degradation mechanisms of Ethylene Vinyl Acetate copolymer, New Studies Including Ultra Fast Cure Foils, *Proceedings of the 22nd European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Milan, Italy, September 3-7, 2007.
- [12] N. Douliche, "Contribution à l'Etude des Propriétés Physico-Thermiques des Polymères: Le Phénomène de vieillissement physique", Thèse de Doctorat d'Etat, USTHB, 2007.
- [13] G. Oreski, G. M. Wallner, "Damp Heat Induced Physical Aging of PV Encapsulation Materials", 12th IEEE Intersociety Conference on Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems (ITherm), Las Vegas, USA, 2-5 June 2010.
- [14] G. Oreski, G.M. Wallner, "Delamination Behaviour of Multi-layer Films for PV Encapsulation", *Solar Energy Materials and Solar Cells*, Vol. 89 ; Issues 2-3, pp. 139-151, 2005.
- [15] Y. Tang and all. "Outdoor Energy Rating of Photovoltaic Modules: Module Temperature Prediction and Spectral Mismatch Analysis", *Proceedings of the 21st Photovoltaic Solar Energy Conference*, Dresden, Germany, 4-8 September, 2006.
- [16] A.J. Carr, T.L. Pryor. "A Comparison of the Performance of Different PV Module Types in Temperate Climates", *Solar Energy*, Vol. 76, N°. 1-3, pp. 285-294, 2004.
- [17] R. P. Kenny and all, "Performance of Thin Film PV Modules", *Thin Solid Films*, Vol. 511-512, pp. 663-672, 2006.
- [18] K. Agroui, "Contribution au Développement des Techniques de Contrôle de Qualité des Modules PV de Diverses Technologies. Thèse de Doctorat, Université de Bechar, Octobre 2010.
- [19] S.L.R. Santos Junior, A. Moehlecke, I. Zanesco, "Analysis of Materials and Techniques for Photovoltaic Module Encapsulation", 23rd European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, 1-5 September 2008, Valencia, Spain.
- [20] L.-M. Huang, R.-J. Wu, M.-C. Lai, W.-K. Lee, F.-M. Lin, "The Evaluations of Physical Properties and Lamination Process Parameters of EVA Encapsulants by Thermal Analysis. 25th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition / 5th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, 6-10 September 2010, Valencia, Spain.
- [21] W.J. Gambogi, E.F. McCord, H.D. Rosenfeld, R.H. Senigo, S. Peacock, K.M. Stika, "Failure Analysis Methods Applied to PV Module Reliability", 25th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition / 5th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, 6-10 September 2010, Valencia, Spain.
- [22] A. R. Osterwald, T. J. M.C. Mahon, "History of Accelerated and Qualification Testing of Terrestrial Photovoltaic Modules: A Literature Review". *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, Vol. 17, N°. 1, pp. 11-33, 2009.
- [23] Pantelis N. Botsaris, and all, "Infrared Thermography as an Estimator Technique of PV Module Performance Via Operating Temperature Measurements, 10th European Conference on Non-Destructive Testing, Moscow 2010, June 7-11.
- [24] D. L. King, J. A. Kratochvil, M. A. Quintana, T. J. Mc Mahon, Applications for Infrared Imaging Equipment in Photovoltaic Cell, Module and System Testing", 28th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, Anchorage, September 15-22, 2000.
- [25] E. E. Dunlop, "Energy Life of PV Modules", *Solar Resource Management Workshop*, EC- JRC, Ispra, Italy, May 26, 2005.
- [26] M. Sadok and A. Mehdaoui. "Outdoor testing of photovoltaic arrays in the Saharan region". *Renewable Energy*, Vol. 33, N°. 12, pp. 2516-2524, 2008.
- [27] C.R. Osterwald, A. Anderberg, S. Rummel and L. Ottoson. "Degradation analysis of weathered crystalline-silicon PV modules". *Proceedings of the 29th IEEE Photovoltaic Specialists Conference*, New Orleans, Louisiana May 20-24, 2002
- [28] M. A. Quintana, D. L. King, F. M. Hosking, J. A. Kratochvil, R. W. Johnson and B. R. Hansen. "Diagnostic analysis of silicon photovoltaic module after 20 years field exposure". *Proceedings of the 28th IEEE Photovoltaic Specialists Conference*, Anchorage, USA, September 8-15, 2000.

	<p>Le 3^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables</p> <p>The 3rd International Seminar on New and Renewable Energies</p> <p>Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables, Ghardaïa – Algérie 13 et 14 Octobre 2014</p>	
--	--	--

- [29] A. Wagner. "Peak power and internal resistance measurements under natural ambient conditions" *Euro Sun 2000 Conference*, Copenhagen, Denmark, June 19-22, 2000.
- [30] K. Agroui, "Indoor and Outdoor Characterizations of Photovoltaic Module Based on Mulicrystalline Solar Cells". *Energy Procedia* 18 (2012) 862-871.
- [31] K. Agroui and G. Collins." Determination of thermal properties of crosslinked EVA encapsulant material in outdoor exposure by TSC and DSC methods". *Renewable Energy* 63 (2014) 741-746,