

## **Optimisation du dimensionnement des systèmes photovoltaïques, amélioration de leur rendement énergétique à travers des nouvelles techniques d'installation**

**Rémi Saray RAHARIANAIVO<sup>1\*</sup>, Briant KALL<sup>2</sup> et Gérard RAMBOLAMANANA<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Département de Physique, Faculté des Sciences, Université d'Antsiranana, Madagascar*

<sup>2</sup>*Faculté des Sciences, Université d'Antsiranana, Madagascar*

<sup>3</sup>*Institut et Observatoire Géophysiques d'Antananarivo (IOGA), Université d'Antananarivo, Madagascar*

---

\*Correspondance, courriel : [sarayremi@yahoo.fr](mailto:sarayremi@yahoo.fr)

### **Résumé**

Le sujet que nous traitons dans cet article est une comparaison de l'énergie reçue par des photovoltaïques (PV) sur deux installations différentes. Nous réalisons deux installations de supports de panneau solaire ; l'un est mobile et capable de se tourner dans deux directions différentes ; et l'autre est fixé et orienté selon une seule direction. A Antsiranana, le soleil passe au Nord environ huit (08) mois sur douze (12). C'est la raison pour laquelle l'installation du support fixe de panneau solaire est orientée vers le Nord. Toutefois, cette technique présente un faible rendement lorsque le soleil passe au Sud. Ainsi, l'idée de rendre mobile le support est envisagé pour palier à cet inconvénient. Le nouveau support peut s'orienter suivant l'Est-ouest et Nord-sud ou vis-versa. Ces orientations sont gérées par un module électronique programmable. En relevant les résultats des mesures obtenus sur les deux installations, nous remarquons une nette amélioration du rendement pour le support mobile. Ce dernier présente un rendement minimum de plus de 5% au mauvais temps et de 18% au temps ensoleillé par rapport à celle du support fixe.

**Mots-clés :** *capteur de lumière, support Mobile, microcontrôleur Atmega8, énergie solaire.*

### **Abstract**

**Optimization of the design of photovoltaic systems, improve their energy efficiency through new installation**

This paper is treated a comparison of the energy received by solar panels using two different installations. We realize two stands for solar panel; the first one is able to turn following different directions; and the other is fixed and which is oriented at a single angle. In Antsiranana, the sun spends in the north about 08 months. That is the reason why the supports of photovoltaic panels are oriented to the north. However, this technique presents a low yield when the sun goes south. So the idea to make mobile the support have been realized to overcome this inconvenient. The new support can move along the East-West and North-South or vice-versa. These guidelines are managed by a programmable electronic module. Noting the results of measurements on the two facilities, we notice a significant improvement in performance for mobile support. Compared to the fixed support, the mobile panel provides minimum yield for about 5% high in bad weather and 18% more for the sunny.

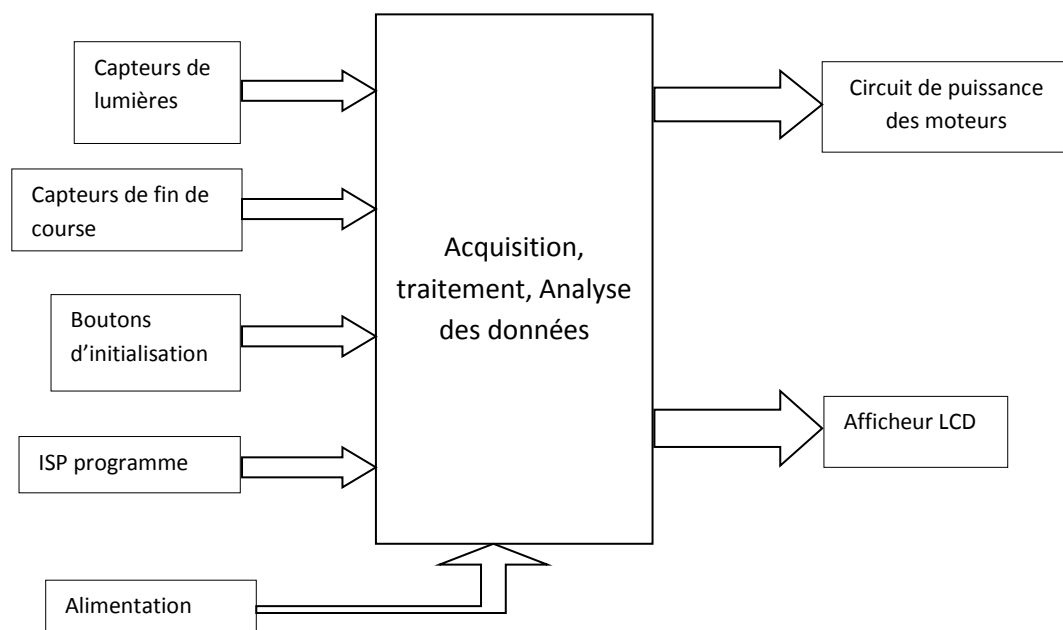
**Keywords :** *light sensor, mobile support, microcontroller Atmega8, solar energy.*

## 1. Introduction

Avec la montée du prix du pétrole, les centrales thermiques ne sont plus rentables et les énergies renouvelables deviennent des domaines d'étude privilégiés. Le rayonnement solaire fait partie de ces sources d'énergies remises récemment au goût du jour et dont les applications les plus récentes sont celles visant à optimiser le rendement des panneaux solaires [1,2]. Comme tous pays tropicaux, Madagascar dispose d'un ensoleillement suffisant pour n'importe quelles installations solaires. A Diégo Suarez, dont l'ensoleillement s'étale sur 8 mois de l'année, des petites installations pullulent. Toutefois, celles-ci sont disposées sur des supports fixes et sont orientées vers une seule direction. L'idée réalisée dans ce travail permet d'améliorer le rendement des panneaux solaires. Pour ce faire, ce travail consiste à définir, à étudier, à concevoir et à réaliser une technique de « suivi de soleil » et d'en citer les avantages et inconvénients, à partir des expériences. Les installations réalisées doivent permettre la comparaison des énergies électriques reçues par chacune d'elles. La solution retenue pour le système suiveur est basée sur des photorésistances permettant de délivrer les informations concernant la position du soleil. Celles-ci sont ensuite traitées par un microcontrôleur afin de positionner le panneau solaire de façon automatique et autonome. Le système est autoalimenté, autrement dit une partie de l'énergie reçue est utilisée pour faire fonctionner le module électronique et les moteurs. [3]

## 2. Matériel et méthodes

### 2-1. Schéma fonctionnel du système électronique



**Figure 1 : Schéma fonctionnel du système électronique**

Le système a quatre entrées et deux sorties. Des capteurs de lumières sont insérés dans le système pour transformer l'éclairement en signal électrique et afin de connaître la position du soleil à tout moment. Aussi, des capteurs des fins de course (plein Est et plein Ouest) permettent d'identifier le lever et le coucher du soleil.

Pour ajuster le support à la première utilisation, des boutons poussoirs sont actionnés manuellement jusqu'à ce que le panneau reçoive le maximum de rayonnement. La position optimale du panneau est signalée par l'allumage de LED. L'ISP (In-System Programming) sert à charger les programmes dans le microcontrôleur depuis l'ordinateur. À sa sortie, le système délivre des signaux vers le circuit de puissance des moteurs à courant continu et vers l'afficheur LCD 16\*2. [4- 6].

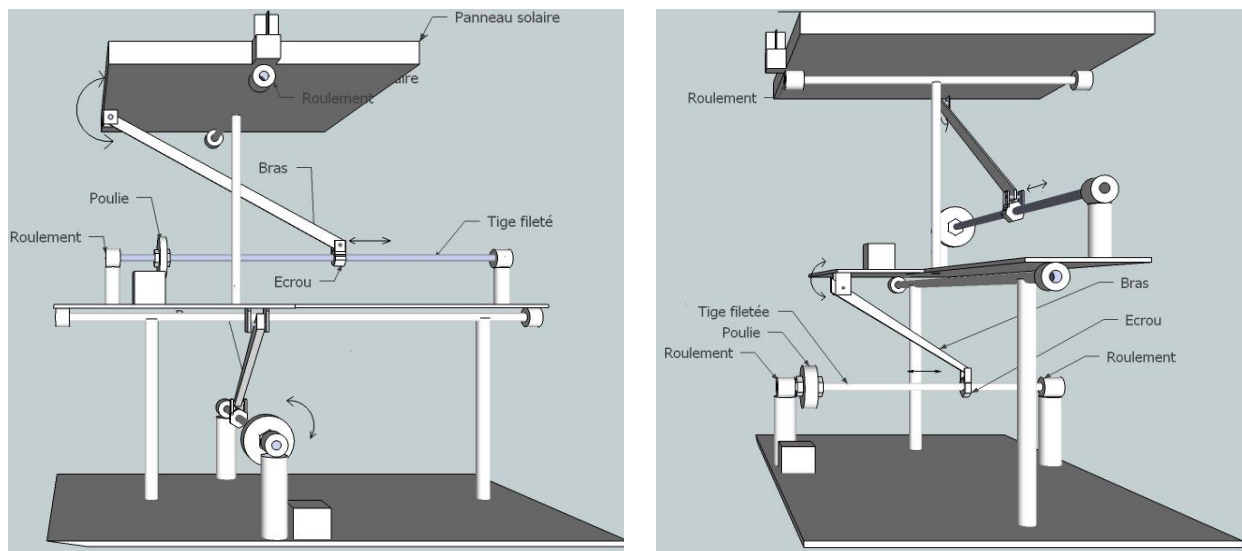
**2-2. Boîtier de contrôle**

Ce boîtier a deux rôles majeurs : Recevoir des signaux des capteurs et délivrer des signaux de commande aux deux moteurs et à l'afficheur LCD.



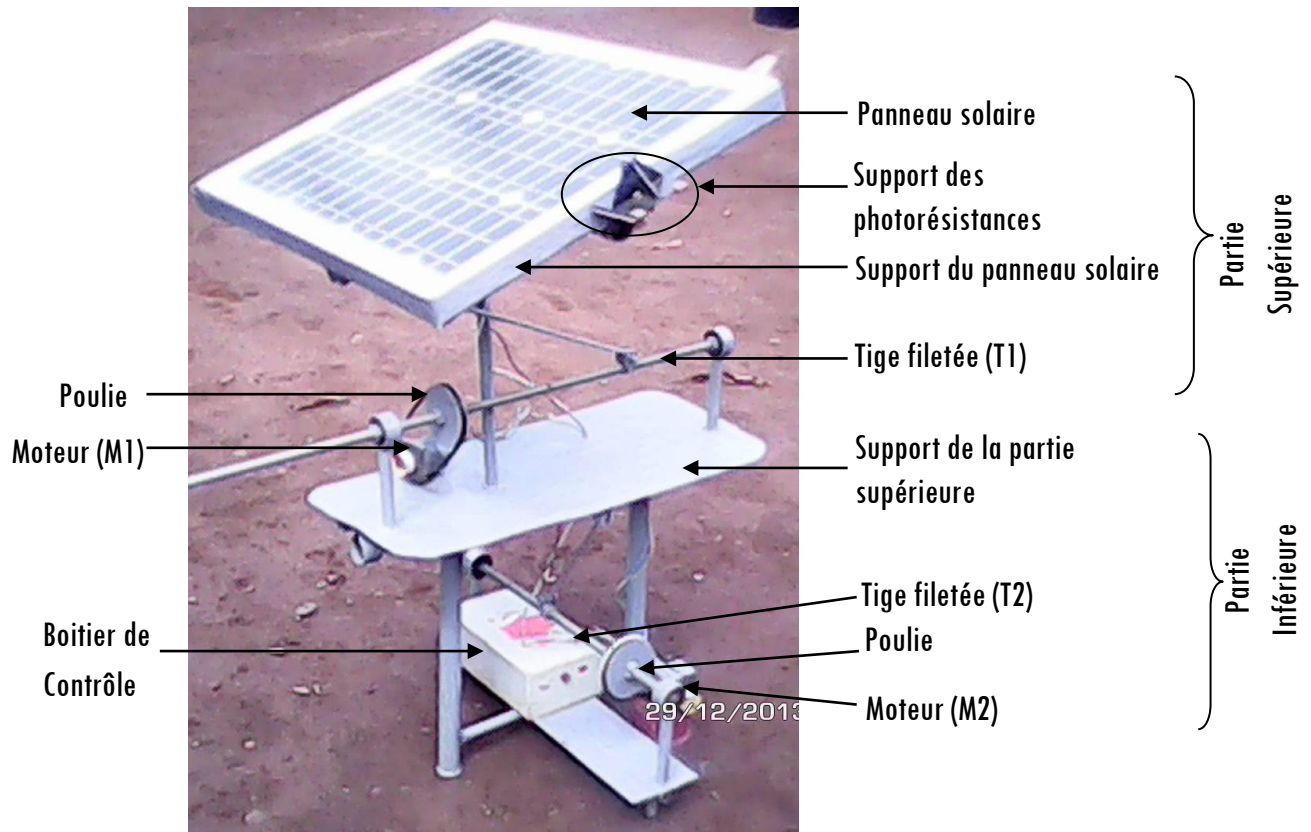
**Figure 2 : Boîtier de contrôle**

**2-3. Système mécanique**



**Figure 3 : Schémas descriptifs du système mécanique**

Le mécanisme comporte deux parties dont la partie supérieure supporte le panneau solaire et oriente celle-ci d'Est en Ouest ou vice-versa et la partie inférieure assure l'orientation Nord-sud ou vice-versa. Deux tiges filetées sont entraînées par deux moteurs. Sur chaque tige filetée déplace rectilignement un écrou qui provoque le mouvement de rotation du plateau à partir d'une autre tige (bras).



**Figure 4 : Le système suiveur du soleil**

La tige filetée (T1) est entraînée par le moteur M1 pour orienter la partie supérieure (Panneau solaire), tandis que T2 est entraîné par le moteur M2 pour orienter la partie inférieure.

## 2-3. Caractéristiques des appareils utilisés

### 2-3-1. Les panneaux solaires

Les panneaux utilisés sont de même type, de même constructeur, de mêmes caractéristiques et d'une puissance de 50 W Mono-Cristallines Silicon Solar Module. Ils ont les caractéristiques suivantes:

➤ Solar Module type	50 w – 12 M	➤ Current at Pmax (Imp)	2,86 A
➤ Maximum Power (Pmax)	50w	➤ Power Tolerance	±3%
➤ Open circuit voltage (Voc)	21,24V	➤ Dimensions (mm)	640*540*35
➤ Short-circuit current (Isc)	3,2 A	➤ Maximum system voltage	1000V
➤ Voltage at Pmax (Vmp)	17,5V	➤ Battery voltage (DC)	12V

**2-3-2. Les appareils de mesures**

GPS : GARMIN eTrex VISTA HCx / Multimètres : VOLTCRAFT 820C

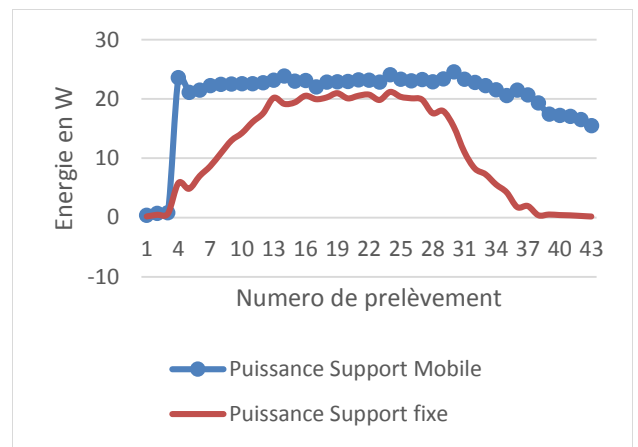
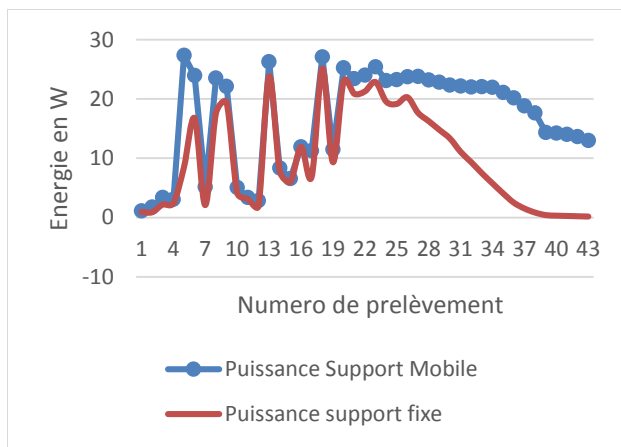
**2-4. Localisation géographique**

Dix séries de mesures ont été effectuées dans la commune de Diégo Suarez qui se trouve au Nord de Madagascar, Elle est délimitée au Sud par Cap d'Ambre, au Nord-est par la baie de Diégo et ses coordonnées géographiques sont :

- Latitude : 12° 21' Sud
- Longitude : 49° 18' Est
- Altitude : 104 m

**3. Résultats**

Durant les périodes de mesure, les valeurs ont été relevées tous les 15 minutes. Au cours de chaque mesure, nous avons prélevé simultanément les courants et les tensions dans les deux circuits de l'installation. Le panneau mobile est programmé de sorte qu'il soit orienté toutes les heures selon l'état des capteurs de lumières et la variation de puissance entre deux mesures successives. Les graphiques suivants représentent les courbes typiques illustrant les valeurs des puissances électriques obtenues sur chaque panneau solaire sur les deux installations :



**Figure 5 :** Courbe du résultat de la première expérience

**Figure 6 :** Courbe du résultat de la deuxième expérience

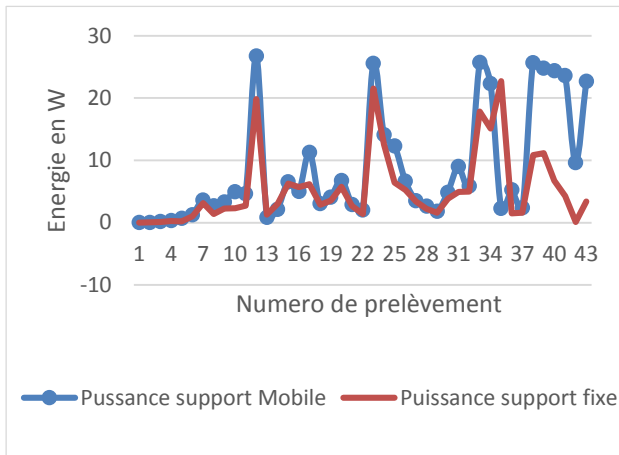


Figure 7 : Courbe du résultat de la troisième expérience

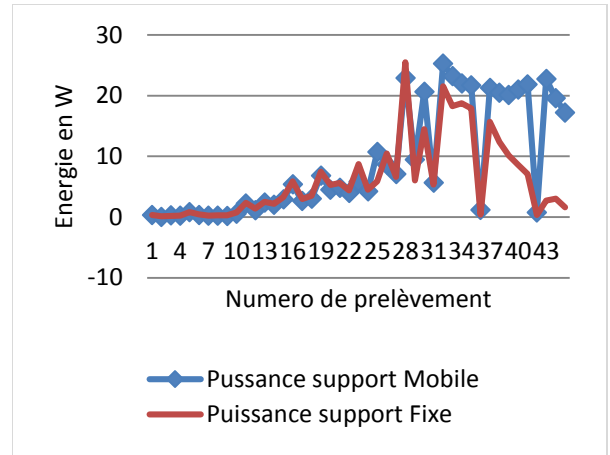


Figure 8 : Courbe du résultat de la quatrième expérience

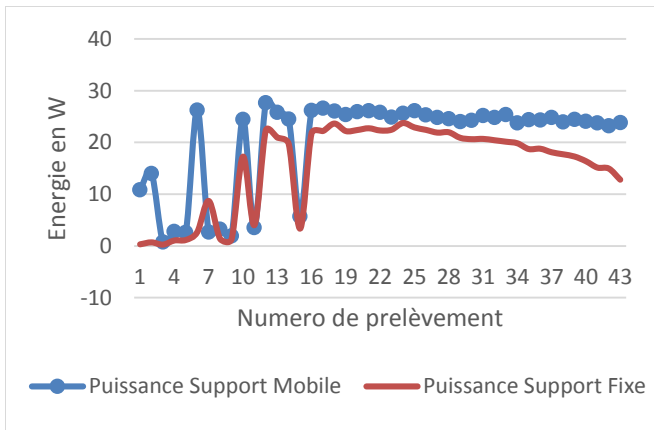


Figure 9 : Courbe du résultat de la cinquième expérience

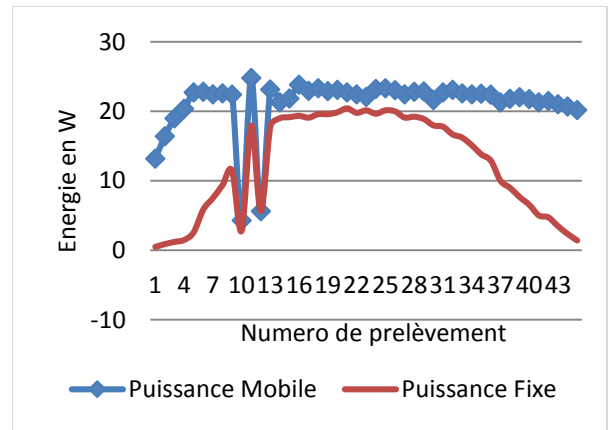


Figure 10 : Courbe du résultat de la sixième expérience

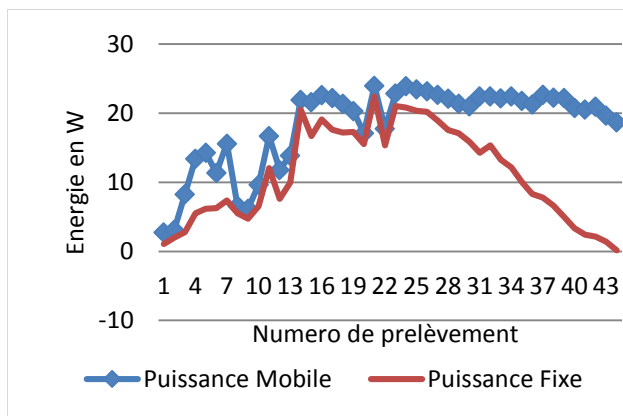


Figure 11 : Courbe du résultat de la septième expérience

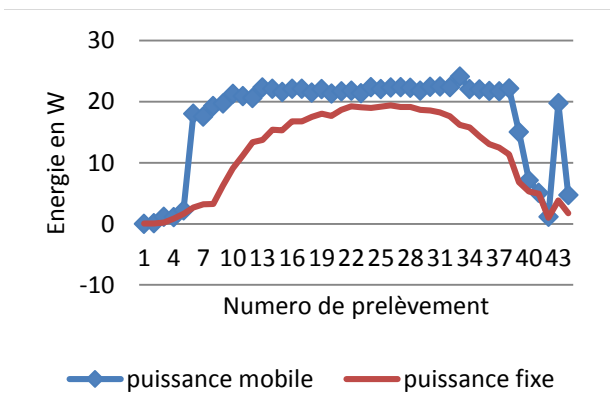


Figure 12 : Courbe de résultat de la huitième expérience

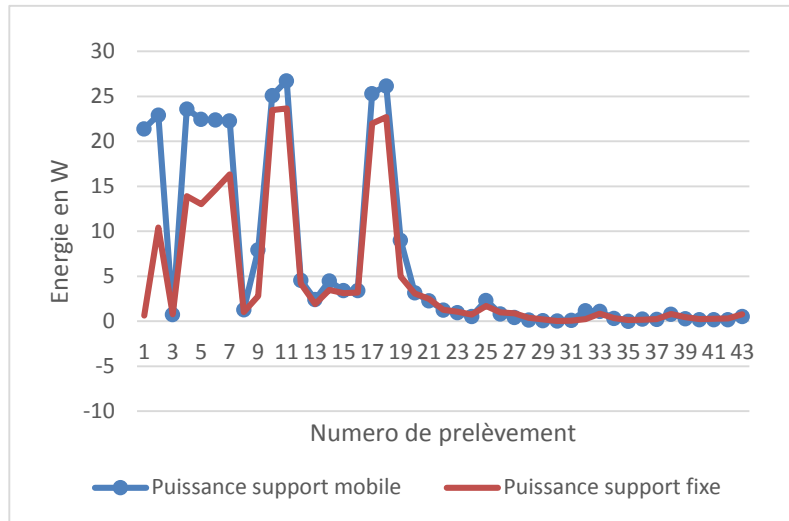


Figure 13 : Courbe de résultat de la neuvième expérience

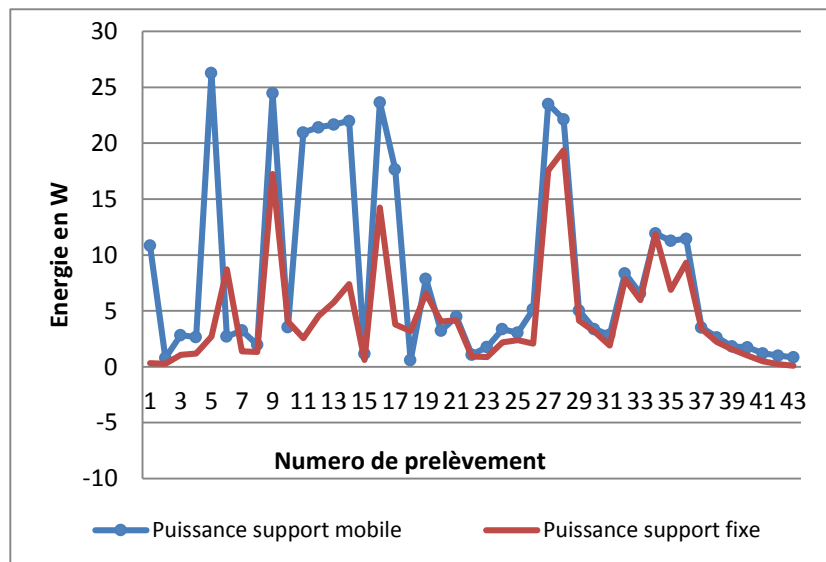


Figure 14 : Courbe de résultat de la dixième expérience

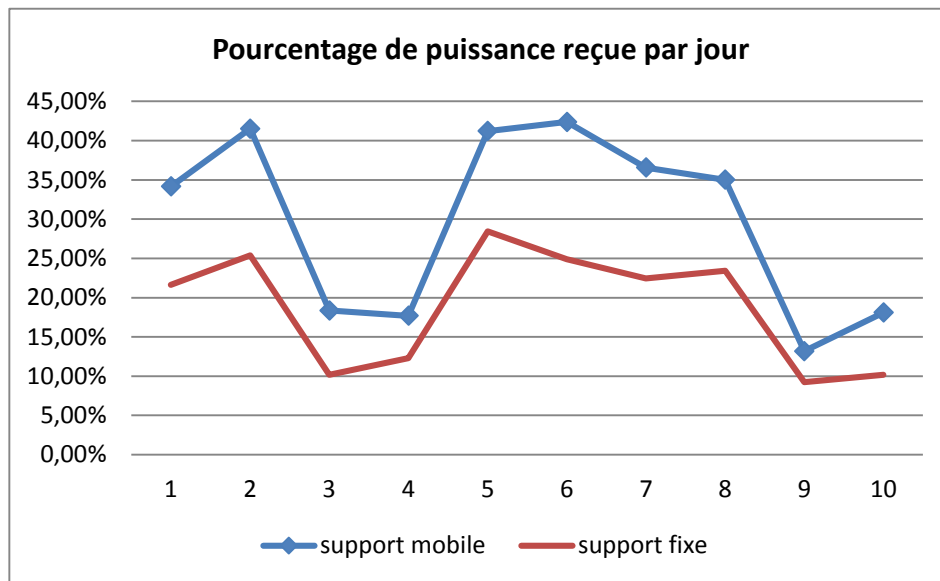
Les abscisses représentent les points de prélèvement horaire (43 prélèvements par jour) et les ordonnées indiquent les puissances reçues. Ces différentes courbes ont été obtenues à partir des conditions météorologiques différentes et sur un même lieu. Pour toutes ces mesures, l'énergie obtenue par le panneau solaire sur le support mobile est toujours supérieure à celui sur le support fixe.

#### 4. Discussion

Les charges résistives de chaque montage sont de  $8\Omega$  et d'une puissance suffisante pour pouvoir négliger la variation de cette valeur due au chauffage ainsi le courant maximum pouvant être délivré par chaque installation est de 1,5A sous 12V en théorie.

Mais durant les expériences, le courant atteint au maximum une valeur de 1,8A sous 14V. Par ailleurs, les mesures ont été effectuées sous quatre conditions météorologiques différentes : temps ensoleillé, temps à nuage fine et régulier, temps à nuage fréquent et temps mauvais (pleuvoir). A chaque changement de conditions météorologiques, les panneaux délivrent de l'énergie moyenne différente. Ainsi à la présence du soleil durant toute la journée, le panneau sur le support mobile délivre une puissance moyenne journalière (PMJ) de 19,81W. Tandis que celle sur le support fixe délivre 12,28W. Donc, l'écart entre les puissances reçues est 7,53W. Au temps à nuage fin et régulier, le panneau sur le support mobile débite une puissance moyenne journalière de 18,27W, par contre 11,21W pour le panneau sur le support fixe.

Donc, l'écart entre les puissances reçues est 7,06W. Au temps à nuage fréquent, le panneau sur le support mobile délivre une PMJ de 11,70W, et sur le support fixe, la PMJ est de 7,35W, ce qui donne un écart de 4,34W. Au mauvais temps (présence de pluie toute la journée), les installations ont quand même pu délivrer des énergies. Pour le support mobile, le panneau solaire débite une PMJ de 6,59W, et 4,61W pour l'autre. Cela représente un écart de 1,97W. Au vue de ces résultats et quel que soient les conditions météorologiques, il est plus avantageux d'utiliser le système à support mobile que le système ordinaire qui donne un rendement largement inférieure. A partir de cette nouvelle installation le panneau solaire délivre le maximum de l'énergie qu'il peut débiter durant la journée. A noter que pour les mesures effectuées, le panneau sur le support mobile débite une puissance moyenne totale de 14,00W et sur le support est de 9,40W. Donc, l'écart de puissance moyenne totale reçue est 4,59W.



**Figure 15 :** Pourcentage de puissance obtenue journalier, Diégo Suarez latitude 12°21'S et longitude 49° 18'E

La puissance reçue au mauvais temps descend et atteint 9% de sa puissance maximum pour le panneau sur le support fixe et 14% pour le panneau sur le support mobile. Au temps ensoleillé, la puissance reçue monte et atteint 25% pour le panneau sur le support fixe et 43% pour le panneau sur le support mobile.



## 5. Conclusion

Les mesures se sont déroulées de manière simultanée. Pour observer la fluctuation du rendement aux différentes conditions météorologiques, les expériences ont été effectuées sur une longue période de telle sorte que les quatre conditions météorologiques dont nous avons besoin sont satisfaites. Sur chaque période de mesure, le panneau sur le support mobile délivre plus d'énergie que celle sur le support fixe. Ceci est vérifié sur les dix mesures effectuées sous les conditions météorologiques différentes. Nous concluons alors que la nouvelle technique d'installation a plus de rendement que le standard. Elles présentent un écart de puissance reçue de 5% au mauvais temps et 18% au temps ensoleillé. L'un des avantages de cette nouvelle technique réside sur le fait que le rendement augmente d'autant plus que le temps est beau. Les panneaux que nous avons pour ces expériences sont de qualité moyenne (les plus utilisés dans la région de Diégo Suarez), mais nous avons des raisons de penser que des panneaux de meilleures qualités donneraient des meilleurs résultats.

## Références

- [1] - BENOIT BECKERS et PIERRE BECKERS, *Calcul du rayonnement solaire atténué par l'atmosphère*, Bulletin de la Société géographique de Liège, 51, 2011, 5-16.
- [2] - C. DELORME, C. MOHAMED et A. OTMANI, *Détermination d'une irradiation solaire journalière à partir de trois irradiances horaires à 9, 12 et 15 h*, Revue Phys. Appl, France, (1989) 1023-1027.
- [3] - A. DANIEL PRITCHARD, *Sun Tracking by Peak Power Positioning for Photovoltaic Concentrator Arrays*, Solar Research and Evaluation Division, Sandia National Laboratories, Albuquerque, (2010)
- [4] - ATMEL AVR, microcontrôleur *ATmega8 8bits*, Rev 8271BS-04 (2010).
- [5] - DUVAL JEAN-PIERRE, *BASIC du microcontrôleur*, Ver 1.11.8.3, 2000, page 12, 38 et 44.
- [6] - G. HOROWITZ et A. BOURRASSE, *Cellules photo-électrochimiques à électrodes semiconductrices pour la conversion et le stockage de l'énergie solaire*, Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay, France, (1979).
- [7] - A. AHMED-ZAÏD, A. MOULLA, M. S. HANTALA et J.Y. DESMONS, *Amélioration des Performances des Capteurs Solaires Plans à Air: Application au Séchage de l'Oignon Jaune et du Hareng*, Rev. Energ. Ren. Vol.4 (2001) 69-78.
- [8] - A. MEFTI, M.Y. BOUROUBI et A. KHELLAF, *Analyse Critique du Modèle de l'Atlas Solaire de l'Algérie*, Rev. Energ. Ren. Vol. 2 (1999) 69-85.
- [9] - BESSEMOULIN PIERRE et OLIVIERI JEAN, *La Météorologie 8e série - n° 31* - septembre 2000, page 43, 45 et 46.
- [10] - CH. FABRY et H. BUISSON, *Etude De L'extrémité Ultra-Violette Du Spectre Solaire*, Journal de physique et le radium, série vi. - tome 1921 n, 7.
- [11] - F. YETTOU, A. MALEK, M. HADDADI et A. GAMA, *Etude comparative de deux modèles de calcul du rayonnement solaire par ciel clair en Algérie*, Revue des Energies Renouvelables, Vol. 12 N°2 (2009) 331 – 346,
- [12] - GOSSE GHISLAIN, VARLET-GRANCHER CLAUDE, BONHOMME RAYMOND, CHARTIER MICHEL, ALLIRAND JEAN-MICHEL et LEMAIRE GILLES, *Production maximale de matière sèche et rayonnement solaire intercepté par un couvert végétal*, LN.R.A., Station de Bioclimatologie, F 78850 Thiverval-Grignon, 2011.

- [13] - H. LILEN et E. TOURET, *Répertoire mondial des transistors*, 5<sup>ème</sup> Edition DUNOD, 1992.
- [14] - H. PODVIN, D. MEYER, PUBLITONIC, *Guide des circuits intégrés (TTL et CMOS)*, Edition BARIET, 1986, page 66, 70, 194 et 195.
- [15] - KALL BRIANT, *Porte échantillon automatique pour la chaîne spectrométrique*, Madagascar I.N.S.T.N, 2001, page 22, 25.
- [16] - M. KOUSSA, A. MALEK et M. HADDADI, *Validation de quelques modèles de reconstitution des éclaircissements dus au rayonnement solaire direct, diffus et global par ciel clair*, Physique de l'atmosphère : Radiation, Centre de Développement des Energies Renouvelables, Alger, (2006).
- [17] - MAILLARD ROLAND et MILLET ALBERT, *COSMOGRAPHIE*, Ed. Hachette, (1952).
- [18] - ATMEL AVR, *Programming in BASCOM-AVR*, (2003), <http://www.atmel.com>.
- [19] - S. SEGHIRI, A. MOKHNACHE et S.TOURTA, *Calcul du coefficient de réflectance bidirectionnelle du sol à partir deux modèles*, *Revue des Energies Renouvelables Vol. 13 N°3 (2010) 445 – 454*.
- [20] - TAO YU and GUO WENCHENG, *Study on tracking strategy of automatic sun-tracking system based on CPV Generation*, 2010 International Conference on Intelligent System Design and Engineering Application.
- [21] - M. MESRI-MERAD, I. ROUGAB, A. CHEKNAME et N. I. BACHARI, *Estimation du rayonnement solaire au sol par des modèles semi-empiriques*, *Revue des Energies Renouvelables*, Vol. 15 N°3 (2012), 451-463.
- [22] - JAMIL ABDOUL AZIZ, *Estimation et mesure de l'énergie solaire sur un plan incliné*, INSA Rouen, STPI/P6/2013.
- [23] - J.A. FLORES CAMPOS, J.A ROSAS FLORES, C. PALACIOS MONTUFAR, *Water-displacement-based sun-tracking system to control the orientation of a cylinder parabolic solar concentrator*, IEEE, 978-0-7695, (2011).