



Gain énergétique de la poursuite solaire un seul axe pour différent angles optimaux dans la région de Ghardaïa

A. Belaid ^{*1,2}, T. Arrif^{1,2}, R. Khelifi¹, A. Gama¹, H. Merarda¹

¹ Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables, URAER, Centre de Développement des Energies Renouvelables, CDER, 47133, Ghardaïa, Alegria.

² Laboratory of transport engineering and environment, Institute of transport, Constantine University1, Road of Ain ElBey, Constantine 25001, Algeria.

¹b_fetouh@yahoo.fr

Abstract— L'objectif de ce travail consiste à montrer, dans le domaine des systèmes de conversion de l'énergie solaire, l'intérêt énergétique (le gain) de la poursuite solaire un seul axe orienté plein sud pour différent angles optimaux. Pour cela nous avons choisis le modèle de Capdéro pour calculer l'éclairement solaire pour un état de ciel clair. Pour calculer les angles optimaux on a utilisé la méthode de « Recherche par la section d'or » et cela pour différent cas : au cours d'une année entière, changement de l'angle d'inclinaison deux fois par ans, changement quatre fois par ans et changement de l'angle chaque mois. Pour chacun de ces cas nous avons calculé le gain énergétique. On comparant ce gain avec celui du système incliné à 32.23°, nous avons constaté que : plus on change l'angle d'inclinaison par an, plus le gain énergétique augmente.

Mot Clés— Poursuit solaire un seul axe, l'angle optimal, rayonnement, concentrateur.

I. INTRODUCTION

Généralement et sous diverses conditions, les concentrateurs sont installés suivant une inclinaison et une orientation fixes, cette dernière est choisie vers le sud ou le nord, suivant la situation géographique du site considéré par rapport à l'équateur [1]. Ceci étant, pour que les concentrateurs puissent absorber le maximum d'énergie au voisinage de midi (temps solaire vrai), là où la hauteur du soleil est au zénith et l'éclairement solaire est maximale.

En l'Algérie, les concentrateurs sont orientés plein sud et inclinés suivant un angle optimal annuel qui est la latitude du lieu, ils sont souvent dotés d'un système de poursuite de l'est à l'ouest, de ce fait nous avons étudié l'influence du changement de l'angle d'inclinaison d'un concentrateur sur l'apport énergétique pour différentes périodes de l'année.

L'inclinaison d'un concentrateur est d'une importance primordiale à fin de captés le maximum de l'éclairement

direct. Puisque la position du soleil par rapport à un point de captation varie constamment au cours de la journée [2], nous sommes donc obligés de modifier constamment l'inclinaison du concentrateur afin de suivre la hauteur du soleil tout en utilisant un système de poursuite de l'est à l'ouest.

II. MODELE MATHEMATIQUE

Pour des raisons d'étude géométrique, nous supposons que le soleil se déplace par rapport à un point fixe sur la surface de la terre (altitude et longitude), le soleil entame une course d'Est à l'Ouest avec variation de sa hauteur par rapport à ce point [3].

La position du soleil est souvent exprimée par deux angles (h, a) :

1) *Hauteur du soleil (h)* : c'est l'angle entre la direction du soleil et le Plan horizontal [3].

$$\sin(h) = \cos(\delta) \cos(\varphi) \cos(\omega) + \sin(\varphi) \sin(\delta) \quad (1)$$

2) *Azimut du soleil (a)* : C'est l'angle compris entre la projection de la direction du soleil sur le plan horizontal et la direction Sud [3].

$$\sin(a) = (\cos(\delta) \sin(\omega)) / \cos(h) \quad (2)$$

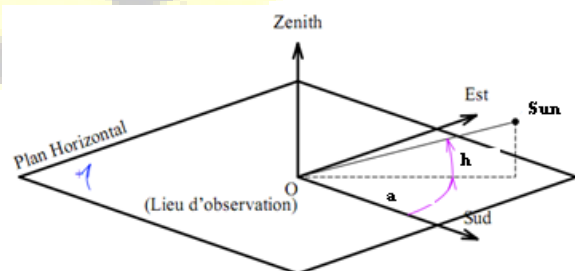


Fig. 1 Représentation de la hauteur et l'azimut du soleil.



L'axe de suivi est incliné par rapport à l'horizon d'un angle θ_0 , orienté vers le sud. Le concentrateur effectue ainsi une rotation de l'est vers l'ouest.

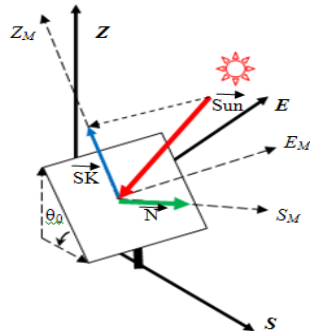


Fig. 2 Système de poursuite solaire à un seul axe incliné

III. RESULTATS

A. Influence de l'angle d'inclinaison sur l'apport énergétique

Pour montrer l'influence de l'angle d'inclinaison sur le rendement d'un concentrateur, nous avons procédé à l'étude de la quantité de l'éclairement direct reçu pour divers angles d'inclinaison [4].

Les courbes des Fig. 3 présentent les résultats de simulation de l'éclairement solaire direct d'un concentrateur poursuite solaire situé à Ghardaïa pour différents angles d'inclinaisons (entre 0 et 90° pour un pas de 10°).

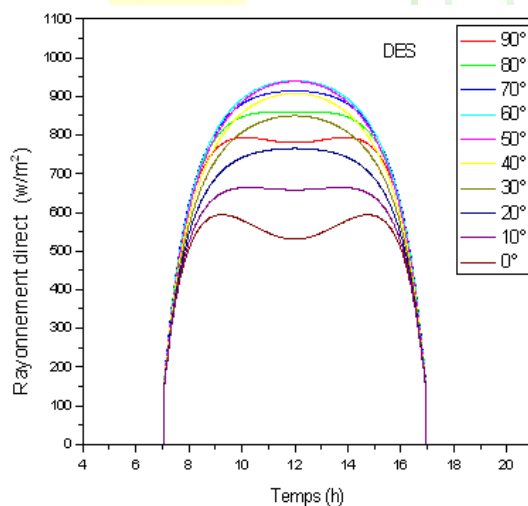


Fig. 3. Variation de l'éclairement direct au 15 de Décembre pour différents angles d'inclinaison.

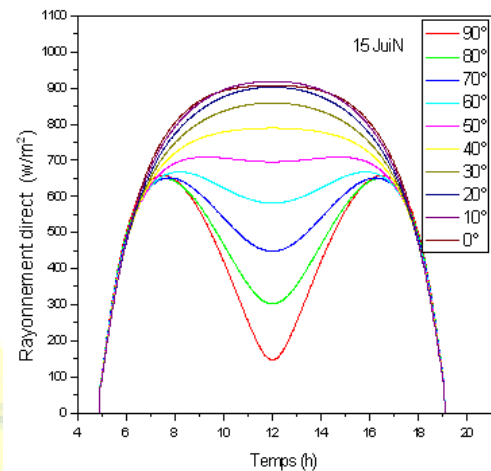


Fig. 4 Variation de l'éclairement direct au 15 de Juin pour différents angles d'inclinaison.

Ces résultats montrent clairement que l'éclairement direct maximal est variable d'un mois à un autre pour différents angles optimaux. Ainsi, nous avons procédé à la recherche de ces angles optimaux.

Afin de pouvoir estimer les angles optimaux d'inclinaison d'un concentrateur pour lesquelles le gain énergétique est amélioré pour différents cas (sans changement d'angle, au cours de l'année entière et avec changement d'angle d'inclinaison plusieurs fois par ans), nous avons utilisé la technique « Recherche par la section d'or » [4].

Nous obtenons les résultats suivants :

1) Si nous changeons l'angle d'inclinaison **deux fois par ans**, l'éclairement maximale est atteint pour les angles suivants :

- 19.69° pour la période entre le 27/03 au 17/09.
- 41.88° pour la période entre le 18/09 au 26/03.

2) Si nous changeons l'angle d'inclinaison **quatre fois par ans**, le rayonnement maximale est atteint pour les angles suivants :

- 28.72° pour la période entre le 12/02 au 25/03 et entre le 20/09 au 07/11.
- 36.25° pour la période entre le 26/03 au 02/05 et entre le 07/08 au 20/09.
- 05.75° pour la période entre le 03/05 au 06/08.
- 56.71° pour la période entre le 08/11 au 11/02.

3) Si nous changeons l'angle d'inclinaison **chaque mois**, le rayonnement maximale est atteint pour les angles suivants :



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



- Pour les mois Fév et Nov l'angle optimal : 48.98°.
- Pour les mois Mar et Oct l'angle optimal : 35.93°.
- Pour les mois Avr et Sep l'angle optimal : 21.63°.
- Pour les mois Mai et Aou l'angle optimal : 09.49°.
- Pour les mois Jui et Jui l'angle optimal : 04.99°.

TABLE I

GAIN EN ENERGIE DANS LE CAS DU CHANGEMENT DE L'ANGLE D'INCLINAISON DEUX FOIS PAR ANS COMPARE PAR RAPPORT A L'ANGLE DE 32.23°.

Période	Angle (°)	Energie (KWh/m ²)	Gain (%)
27/03 -17/09	32.23°	1497	2.20 %
	19.69°	1530	
18/09 - 26/03	32.23°	1269	2.43 %
	41.88°	1304	
Energie total annuelle	l'angle optimal annuel fixe a 32.23°	2770	2.31 %
	les angles optimaux	2834	

B. Recherche du gain énergétique

Selon les résultats obtenus précédemment nous constatons qu'on peut améliorer la quantité totale de l'éclairement direct reçu sur le concentrateur et tout en variant l'angle d'inclinaison. Donc la quantité totale de l'éclairement reçu augmente, par conséquent le gain en énergie augmente. Nous allons procéder au calcul de ce gain annuel pour les trois cas où l'angle d'inclinaison sera changé par rapport à l'angle optimal annuel (32.23).

- 1^{er} cas : changement de l'angle d'inclinaison deux fois par ans

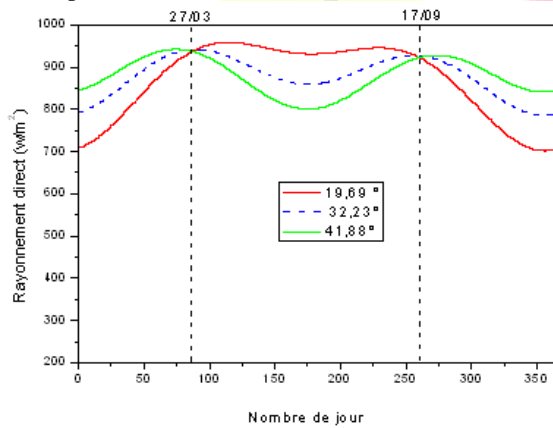


Fig.5 Rayonnement annuel reçu lors du changement de l'angle d'inclinaison deux fois par ans comparés par rapport à ceux reçus pour un angle fixe à 32°.

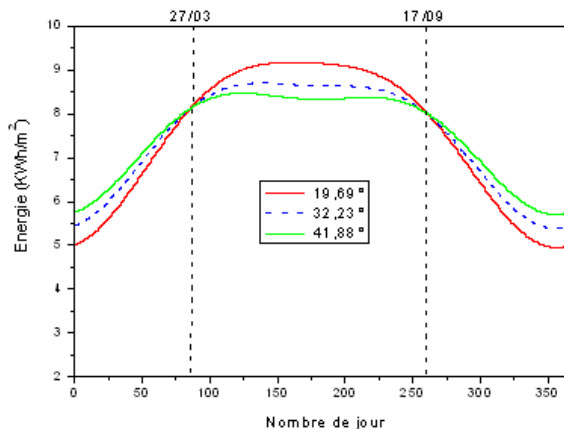


Fig. 6. Energie annuel reçus lors du changement de l'angle d'inclinaison deux fois par ans comparés par rapport à ceux reçus pour un angle fixe à 32°.

La Fig. 5 et 6 montre qu'il ya un éclairement supplémentaire capté par le concentrateur pour la période du 27/03 au 17/09 si nous inclinons le concentrateur avec un angle de 19.69° (angle optimale pour cette période) au lieu de le fixé à l'angle 32,23° (angle annuel). De même pour la période du 17/09 au 27/03 si nous inclinons le concentrateur à 41.88°, on capture un éclairement plus que dans le cas où l'inclinaison est fixée à 32.23°. Ce gain en énergie est calculé dans le tableau 1, il est de 66 KWh/m², c'est-à-dire 2.31% par an par rapport au cas où l'angle d'inclinaison est maintenu à 32.23° durant toute l'année.

- 2^{ème} cas : changement de l'angle d'inclinaison quatre fois par ans

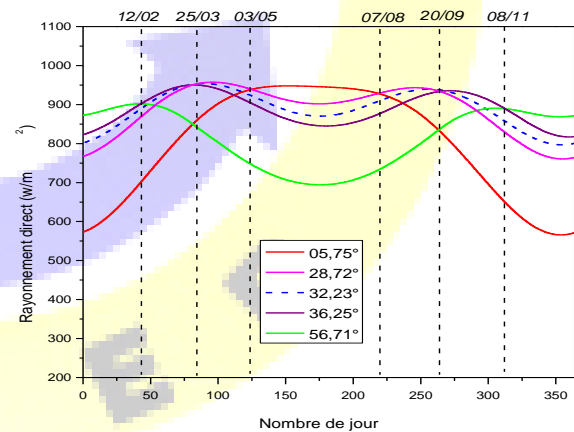


Fig.7 Rayonnement annuel reçu lors du changement de l'angle d'inclinaison quatre fois par ans comparés par rapport à ceux reçus pour un angle fixe 32°.



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

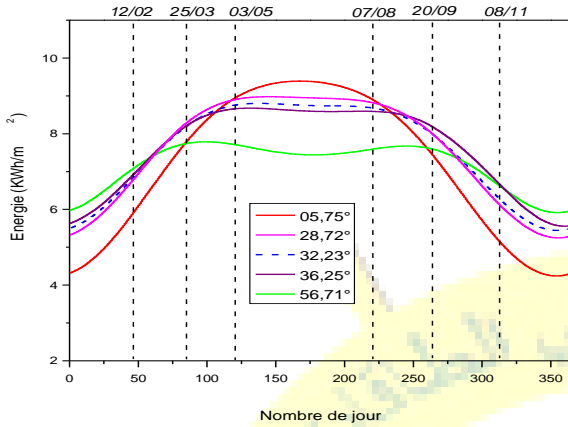


Fig. 8. Energie annuel reçus lors du changement de l'angle d'inclinaison quatre fois par ans comparés par rapport à ceux reçus pour un angle fixe 32°.

Chaque mois

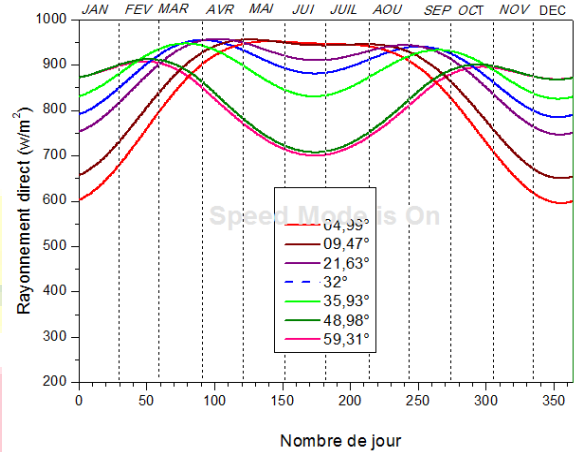


Fig.9 Rayonnement annuel reçus lors du changement de l'angle d'inclinaison quatre chaque mois comparés par rapport à ceux reçus pour un angle fixe 32°.

TABLE III

GAIN EN ENERGIE DANS LE CAS DU CHANGEMENT DE L'ANGLE D'INCLINAISON QUATRE FOIS PAR ANS COMPARE PAR RAPPORT A L'ANGLE DE 32.23°.

Période	Angle (°)	Energie (KWh/m ²)	Gain (%)
12/02-25/03 et 20/09-07/11	32.23°	709.1	0.43 %
	28.72°	712.2	
26/03 -02/05 et 07/08-20/09	32.23°	662.3	1.05 %
	36.25°	669.3	
03/05 - 06/08	32.23°	845.4	5.09 %
	05.75°	888.5	
08/11 - 11/02	32.23°	553.2	7.86 %
	56.71°	596.7	
Energie total annuelle	l'angle optimal annuel fixe a 32.23°	2770	3.49 %
	les angles optimaux	2866.7	

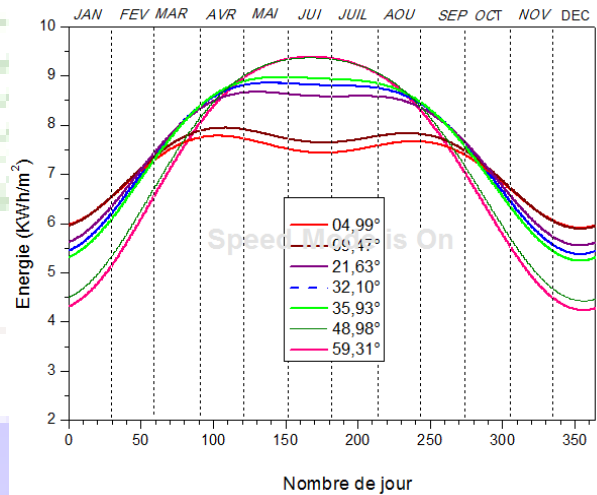


Fig. 10 Energie annuel reçus lors du changement de l'angle d'inclinaison quatre chaque mois comparés par rapport à ceux reçus pour un angle fixe 32°.

La Fig. 7 et 8 montre qu'il ya toujours un éclaircissement supplémentaire capté par le concentrateur durant toute l'année, et d'après les résultats obtenus dans le tableau.2 le gain en énergie dans ce cas est plus que 96 KWh/m², c'est-à-dire 3.49% par an par rapport au cas où l'angle d'inclinaison est fixé à 32.23°.

La Fig. 9 et 10 montre qu'il ya toujours un gain en énergie qui atteint 125 KWh/m² selon les résultats obtenus dans le tableau. 3, c'est-à-dire 4.51% par an par rapport au cas où l'angle d'inclinaison est fixé à 32.23°.



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



TABLE IIIII

GAIN EN ENERGIE DANS LE CAS DU CHANGEMENT DE L'ANGLE D'INCLINAISON QUATRE FOIS PAR ANS COMPARE PAR RAPPORT A L'ANGLE DE 32.23°

Période	Angle (°)	Energie (KWh/m ²)	Gain (%)
Janvier et Décembre	32.23°	333.6	9.17 %
	59.31°	364.2	
Février et Novembre	32.23°	365	5.80 %
	48.98°	386.2	
Mars et Octobre	32.23°	444	0.94 %
	35.93°	448.2	
Avril et Septembre	32.23°	527.06	0.74 %
	21.63°	531	
Mai et Aout	32.23°	546.86	5.43 %
	09.49°	576.6	
Juin et Juillet	32.23°	553.26	4.61 %
	04.99°	578.8	
Energie total annuelle	l'angle optimal annuel fixe à 32.23°	2770	4.15 %
	les angles optimaux	2885	

IV. CONCLUSIONS

Dans cette étude et d'après les résultats obtenue par simulation sur Matlab, nous constatons que, plus nous changeons l'angle d'inclinaison au cours de l'année, plus le rendement du concentrateur (gaine en énergie) augmente, et il se rapproche vers un système de poursuite solaire à deux axes.

REFERENCES

- [1] A. Gama, M. Haddadi et A. Malek, *Etude. Conception expérimentation d'un système de contrôle pour système suiveur de soleil*. Revue des Energies Renouvelables Vol. 11 N°2 (2007) 229 – 238.
- [2] M. Koussa, A. Malek et M. Haddadi. *Apport énergétique de la poursuite solaire sur deux axes par rapport aux systèmes fixes. Application aux capteurs plans*. Revue des Energies Renouvelables Vol. 10 N°4 (2007) 515 – 537.
- [3] M. Capderou, Atlas solaire de l'Algérie. Tome 2, OPU, 1986.
- [4] A. Belaid, B. Bezza, A. Gama. *Estimation de l'angle optimal d'un système de poursuite à un seul axe dans la région de Ghardaïa*. Deuxième Séminaire International sur les Énergies Nouvelles et Renouvelables. "SIENR 2012" Octobre 16 – 17/2012. Ghardaïa, Algérie