

## CHAPITRE III

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

## III.1 PERFORMANCES DE L'INSOLATEUR PLAN

De nombreux travaux portant sur l'étude des performances des insolateurs, ont été réalisés [9,8 et 26] pour plusieurs configurations de l'écoulement de l'air (à une ou à plusieurs veines d'air mobiles) sans obstacles dans celle-ci. Beaucoup d'autres travaux de recherche concernant l'optimisation de leurs performances, par introduction de chicanes de formes diverses dans la veine d'air mobile, ont été élaborés [11, 12, 16, 17 et 18].

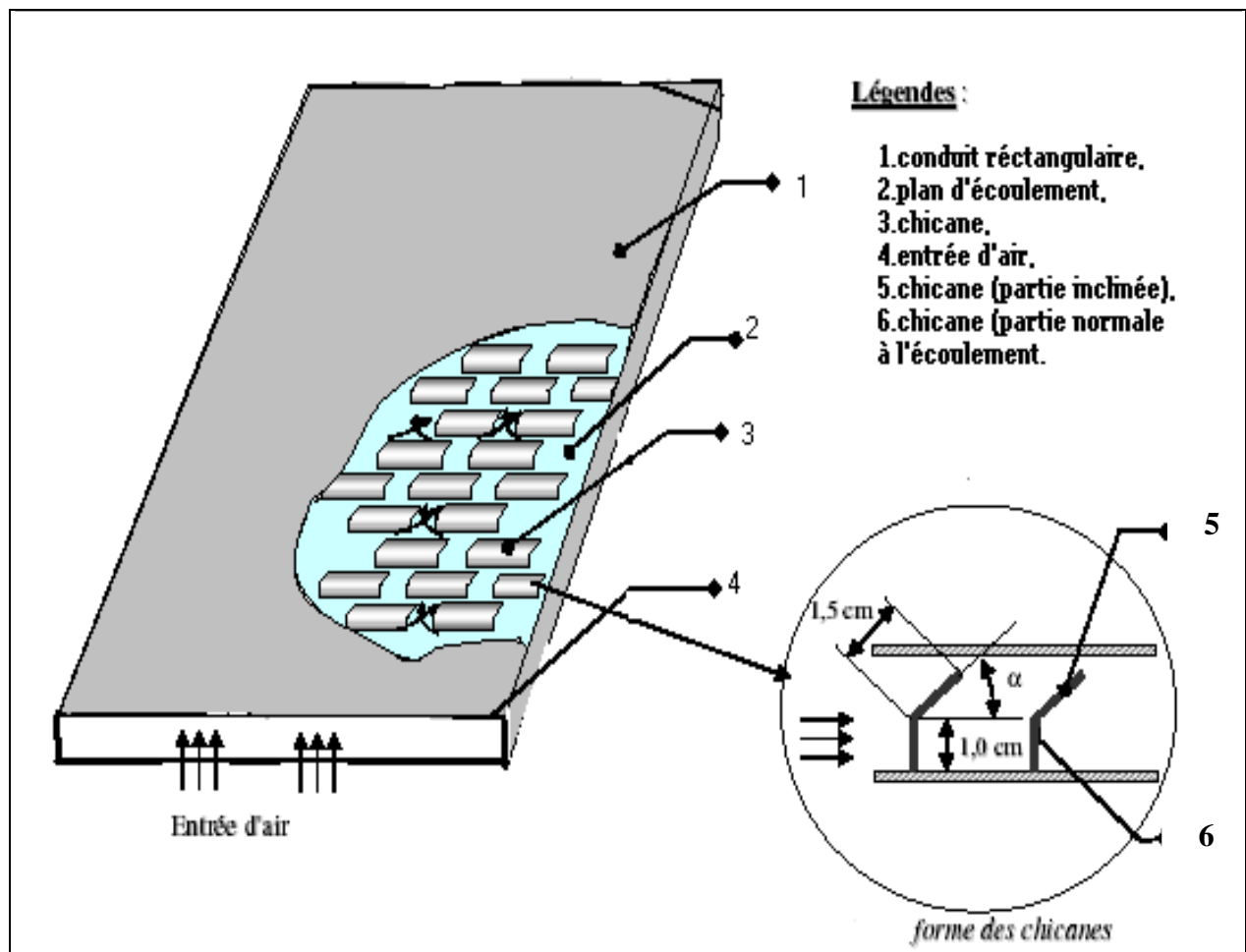


Fig.(III.1) Schéma de la veine d'écoulement du capteur.

Nous considérons ici un capteur plan à air muni ou non de chicanes (Fig.III.1), alimenté par une source lumineuse artificielle ou naturelle. Lorsque ce capteur à une seule couverture ne dispose pas de la plaque d'aluminium placée sur l'isolant dans la veine d'air mobile, les valeurs expérimentales du rendement [27] coïncident avec celles issues du modèle théorique (voir Fig.III.2). L'adjonction de la plaque d'aluminium nous permet d'avoir une nette amélioration du rendement thermique, de même lorsque on rajoute les chicanes. En disposant la plaque d'aluminium sur l'isolant (qui absorbe beaucoup plus l'infrarouge), on diminue les pertes vers l'arrière et la température de l'absorbeur augmente. Pour un capteur bien isolé vers l'avant, on a un gain net de chaleur transmis par convection de l'absorbeur au fluide caloporteur.

Dans la plage des valeurs de débit étudiés, allant de 20 à 200 [kg/h], la figure (III.2) montre que les valeurs expérimentales pris de travaux antérieurs [27], ayant utilisé comme configuration les ailettes comme obstacles et qui sont très proche de notre configuration, pour pouvoir valider notre approche numérique. On remarque que les valeurs expérimentales du rendement thermique instantané de l'insolateur ne sont pas très loin des valeurs issues du modèles théorique. En revanche, pour les faibles débits et en présence de la plaque d'aluminium, le modèle surestime le rendement. Nous pensons que ce désaccord peut être expliqué, d'une part par les erreurs de mesure mais surtout par les approches théoriques faites lors de la mise en équation du modèle théorique, citons :

- Le coefficient d'échange thermique par convection dans la veine d'air mobile, difficile à appréhender, notamment en présence des chicanes.
  - La sous estimation des pertes dans le modèle théorique qui sont élevées pour les faibles débits d'air, en raison de la différence plus élevée des températures entre l'absorbeur et l'extérieur. On pourrait introduire des corrections empiriques du coefficient de pertes globales, à partir de données expérimentales, comme cela a été fait dans [28] pour le même capteur. Dans ce travail, l'évolution du coefficient de pertes globales  $U_L$  a été représentée en fonction de la différence de température ( $T_f - T_a$ ) qui est
-

d'autant plus importante que le débit est faible,  $T_f$  étant la température moyenne de l'air à l'intérieur de la veine d'air et  $T_a$  la température ambiante. L'équation proposée est de la forme  $U_L = a(T_f - T_a)^b$ .

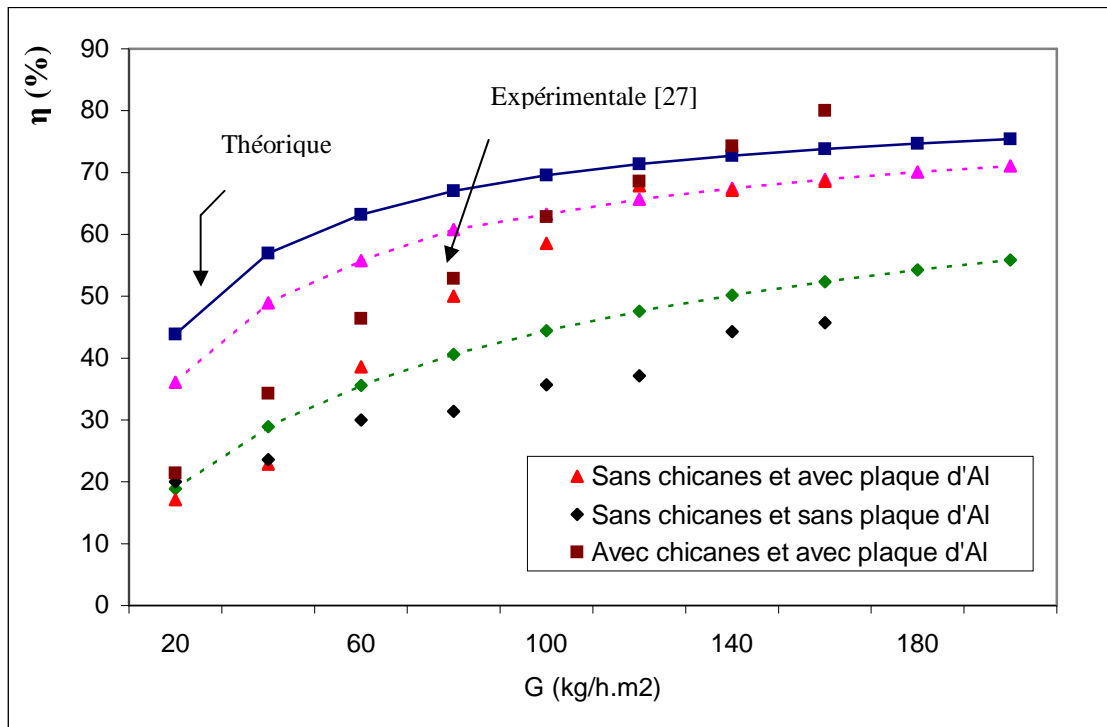


Fig.(III.2). Rendement thermique de l'insolateur plan à air en fonction du débit d'air.

La figure (III.3) montre la variation, en fonction du débit, de la température de sortie du capteur muni ou non de chicane.

On remarque que pour un flux global incident  $\Phi_g$  et pour un débit de  $G = 40$  kg/h.m<sup>2</sup>; la température de l'air à la sortie de l'insolateur est 69.72 °C pour un capteur muni de plaque d'aluminium et des chicanes, 65.45°C pour un capteur muni seulement de la plaque d'aluminium et 52.77°C pour un capteur démuné de la plaque d'aluminium et des chicanes. Ces résultats nous montrent nettement l'amélioration de la température de sortie du capteur apportée par l'adjonction de la plaque d'aluminium placée sur l'isolant et les chicanes disposées en quinconce dans la veine d'air mobile qui sont placées sur le plan inférieur du conduit (plaque d'aluminium).

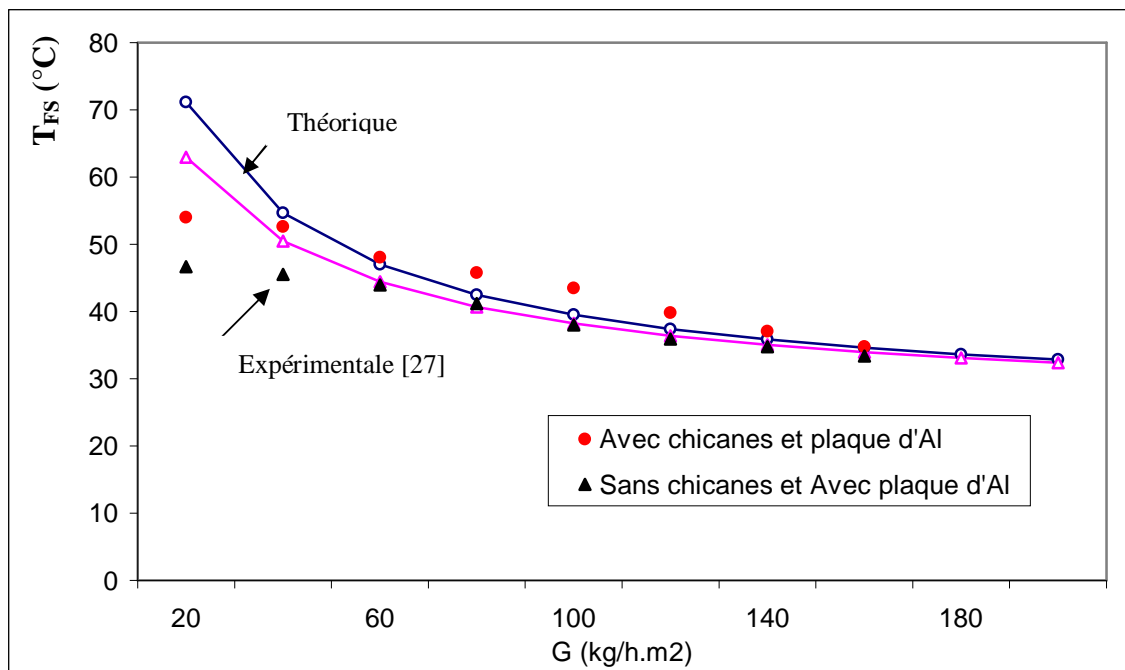


Fig.(III.3). La température de l'air à la sortie de l'insolateur plan à air en fonction du débit d'air.

III.2. Intérêt de l'adjonction des chicanes :

III.2.1. Influence de l'intensité du flux solaire incident reçu par le capteur plan

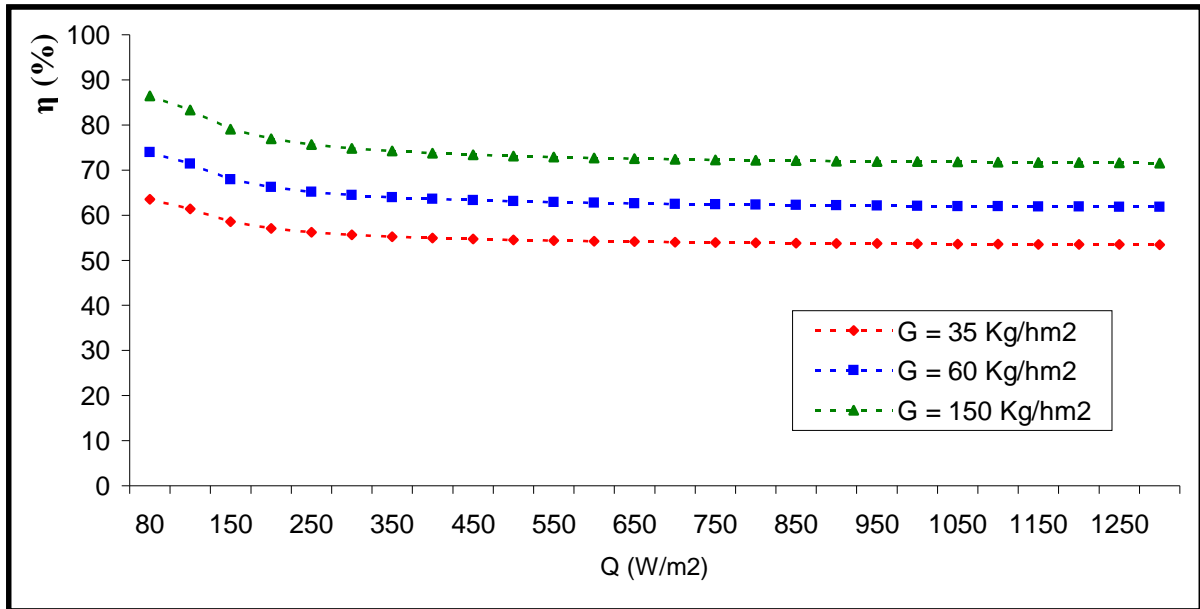


Fig.(III.4). Rendement thermique de l'insolateur plan à air en fonction du flux solaire.

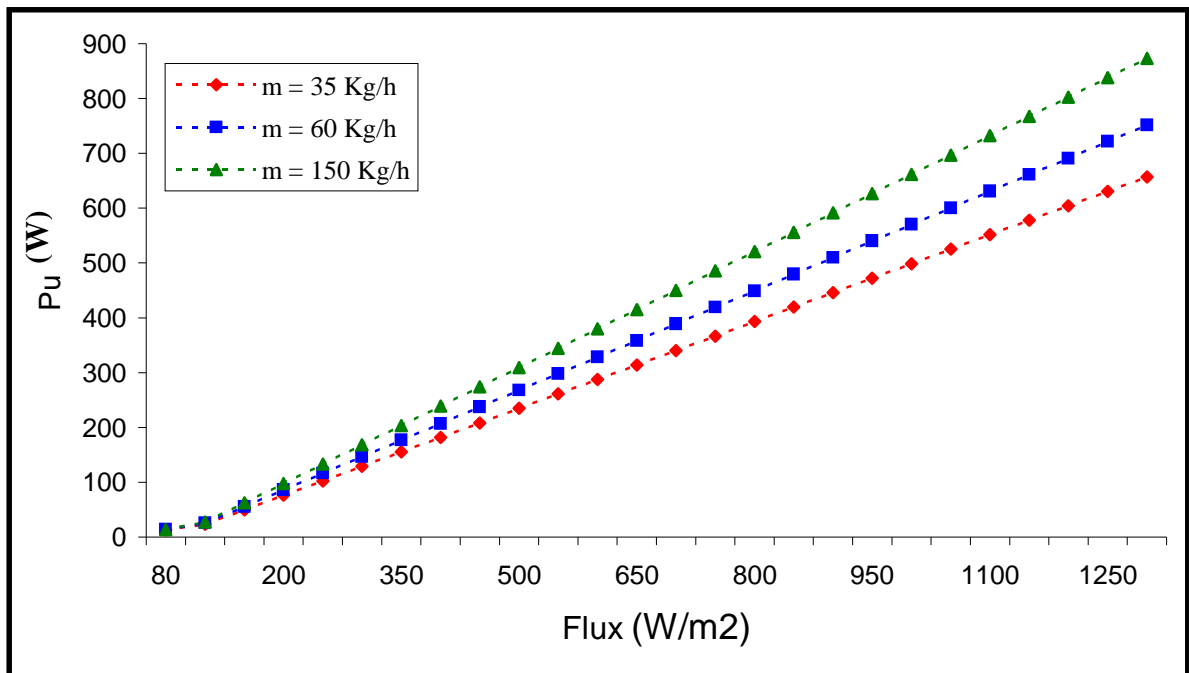


Fig.(III.5). Puissance utile de l'insolateur plan à air en fonction du flux solaire.

On remarque dans la figure (III.5) qui représente la variation, en fonction de l'intensité du flux solaire, de la puissance utile récupérée par l'insolateur plan à air muni de la plaque d'aluminium placée sur l'isolant et des chicanes disposées en quinconce dans la veine d'air mobile que la puissance utile augmente, bien évidemment, tout en augmentant le flux solaire reçu par le capteur.

### **III.3. ENSOLEILLEMENT NATUREL :**

Il est intéressant de voir comment varie les performances thermiques de l'insolateur plan à air muni ou non de chicanes.

Dans les conditions de fonctionnement naturelles : le flux solaire et la température varient, en fonction du temps dans ce qui suit.

Ces résultats sont obtenues à partir d'un algorithme de calcul numérique présenté par le modèle de Liu et Jordan qui est le plus utilisé. Cet algorithme est expliqué dans l'annexe 1.

---

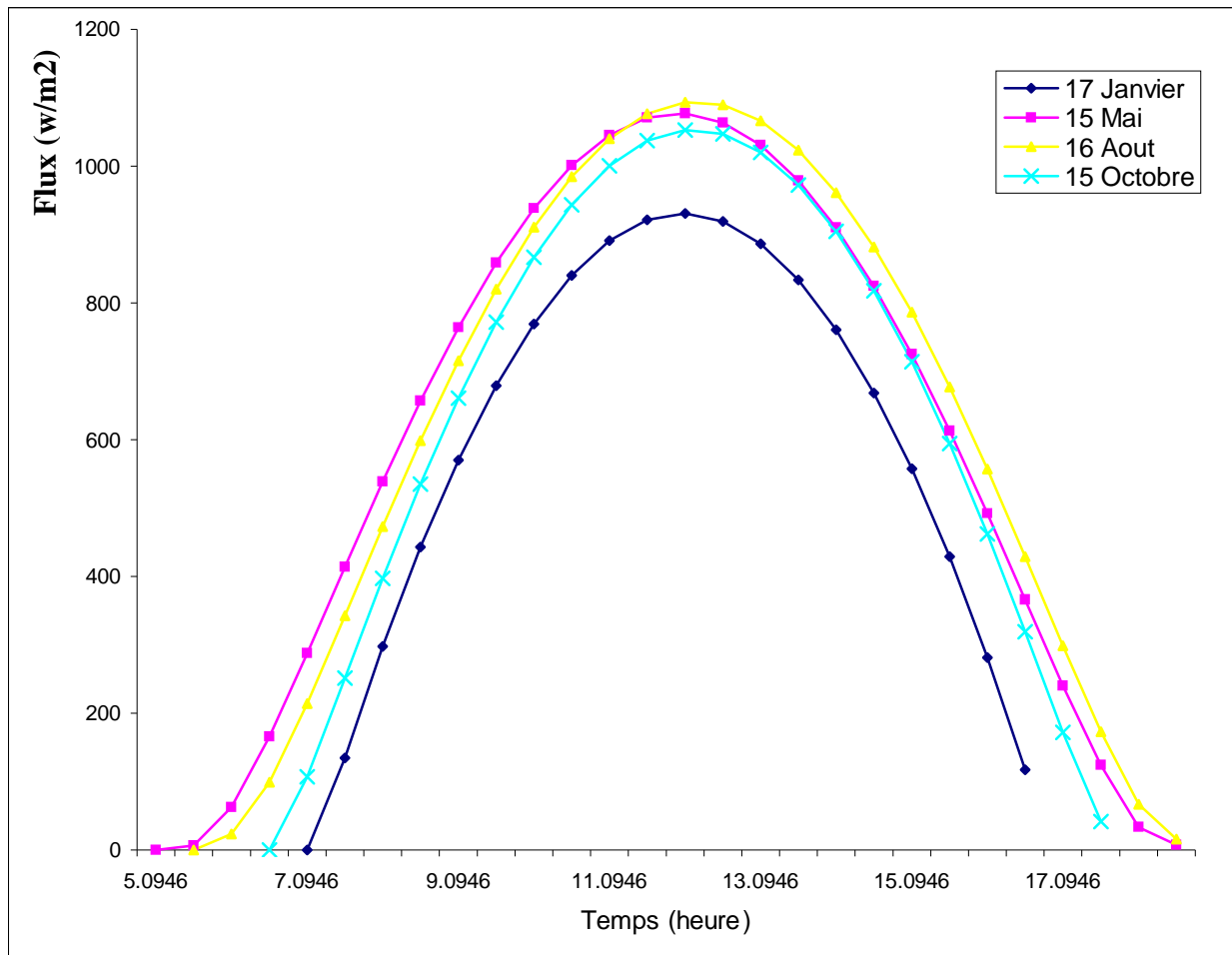


Fig.(III.6). Flux solaire pour un jour type de condition de ciel très clair du lever du soleil jusqu’au coucher ; pour le 17 janvier, le 15 mai, le 16 aout et le 15 octobre .

La figure (III.6) nous donnent l’intensité du flux solaire pour les quatre journées des quatre mois pris comme exemples qui sont respectivement le 17 janvier, le 15 mai, le 16 aout et le 15 octobre d’après un calcul numérique.

On remarque que l’intensité du flux solaire est plus importante dans les journées du 15 mai et du 16 aout dont les journées sont les plus longues.

Dans le tableau (III.1), on représente le maximum du flux solaire reçu par l'insolateur plan à air orienté vers le sud et incliné d'un angle  $\beta$ , et où il est indiqué l'heure du lever et du coucher du soleil.

Jours	Temps (h)	$\Phi_{gmax}$ (W/m <sup>2</sup> )	Lever du soleil (h)	Coucher du soleil (h)
17 Janvier	12h	930.74	7h	16h30
15 Mai	12h	1076.9	5h	18h
16 Aout	11h50	1093.3	5h50	18h20
15 Octobre	11h50	1052.8	6h50	17h20

Tableau (III.1). Flux solaire max  $\Phi_{gmax}$  (W/m<sup>2</sup>).

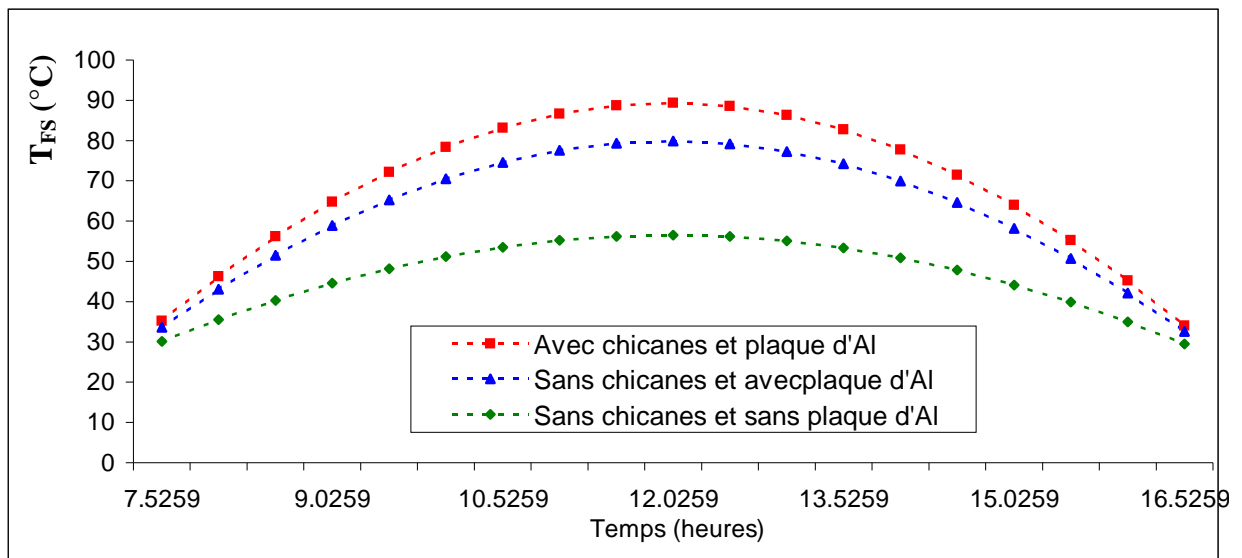


Fig. (III.7.a) Evolution de la température de l'air à la sortie d'un capteur solaire plan en fonction du flux solaire incident pour le 17 janvier, pour un débit de 35 kg/h.



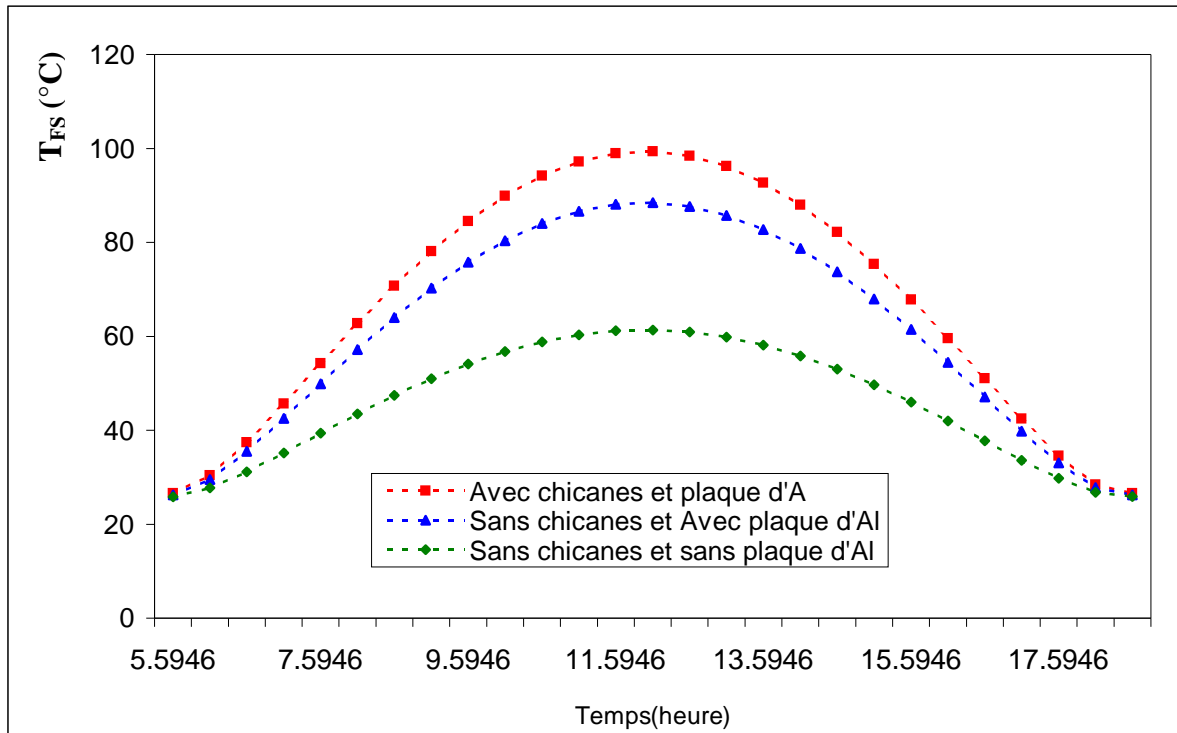


Fig. (III.7.b) Evolution de la température de l'air à la sortie d'un capteur solaire plan en fonction du flux solaire incident pour le 15 Mai, pour un débit de 35 kg/h.

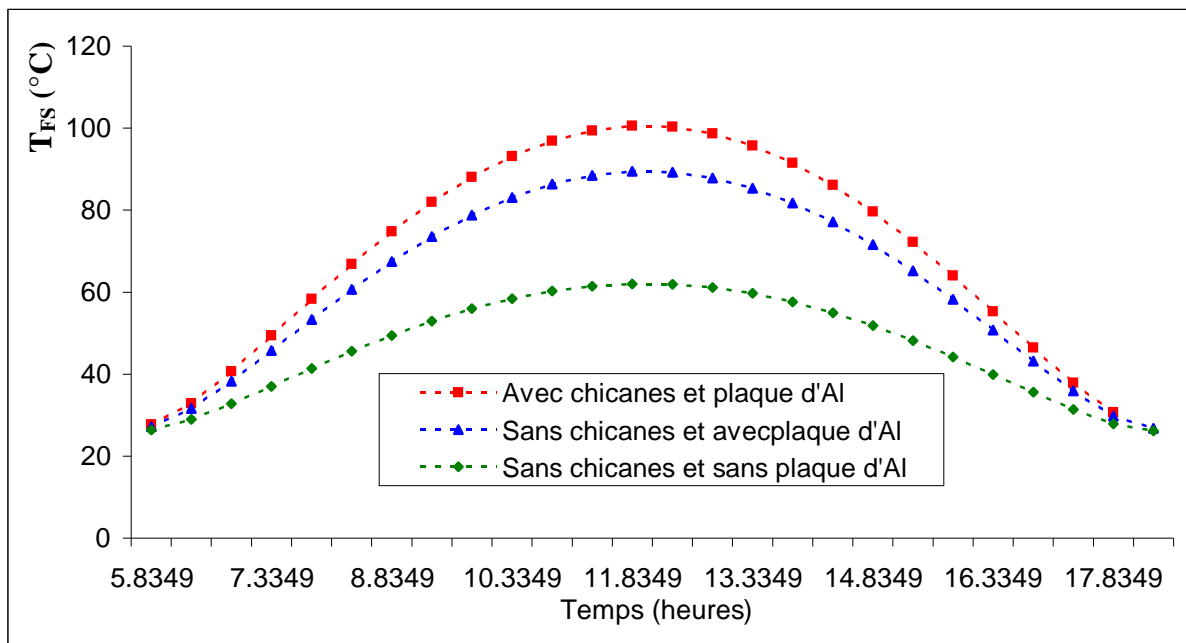


Fig. (III.7.c) Evolution de la température de l'air à la sortie d'un capteur solaire plan en fonction du flux solaire incident pour le 16 Aout, pour un débit de 35 kg/h.

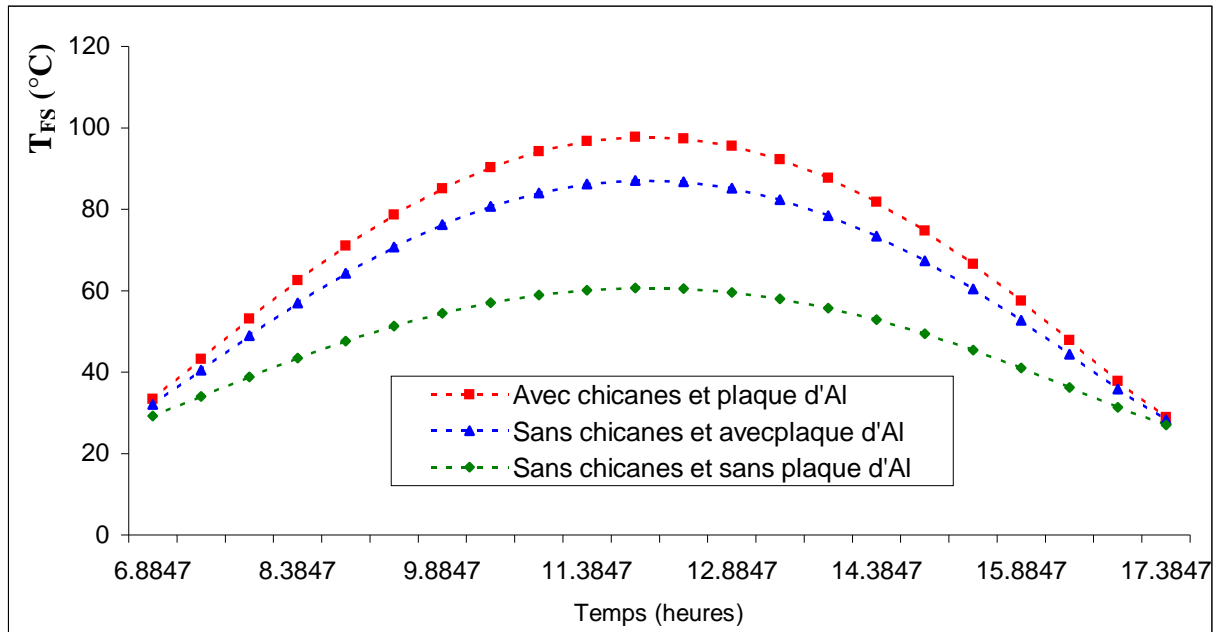


Fig. (III.7.d) Evolution de la température de l’air à la sortie d’un capteur solaire plan en fonction du flux solaire incident pour le 15 Octobre, pour un débit de 35 kg/h.

Les figures (III.7.a, b, c et d) nous montrent la variation de la température de l’air à la sortie du capteur muni ou non des chicanes en fonction de l’intensité du flux solaire représentés dans la figure (III.6).

On remarque que la température de l’air à la sortie est plus importante dans les journées du 15 Mai et du 16 Aout et moins importante aux 17 Janvier et 15 Octobre et qui sont respectivement dans le tableau (III.2).

		Température de l’air à la sortie du capteur		
Jours	Temps (h)	Capteur avec chicanes et plaque d’aluminium	Capteur sans chicanes et Avec plaque d’aluminium	Capteur sans chicanes et Sans plaque d’aluminium
17 Janvier	12 h	89.33	79.87	56.55
15 Mai	12 h	99.34	88.43	61.35
16 Aout	12 h	100.29	89.43	62.02
15 Octobre	11h50	97.76	87.07	60.67

Tableau (III.2). Températures de l’air à la sortie du capteur (°C).

D'après la représentation graphique (Fig. III.9.a, b, c et d) du rendement thermique instantané de notre capteur, calculé pour quatre journées des mois choisis comme exemple ; nous remarquons que l'adjonction de la plaque d'aluminium placée sur l'isolant, muni de chicanes disposées en quinconce dans la veine d'air en écoulement ont apporté une augmentation remarquable qui est d'environ 25 % par rapport à un capteur sans plaque d'aluminium et sans chicanes.

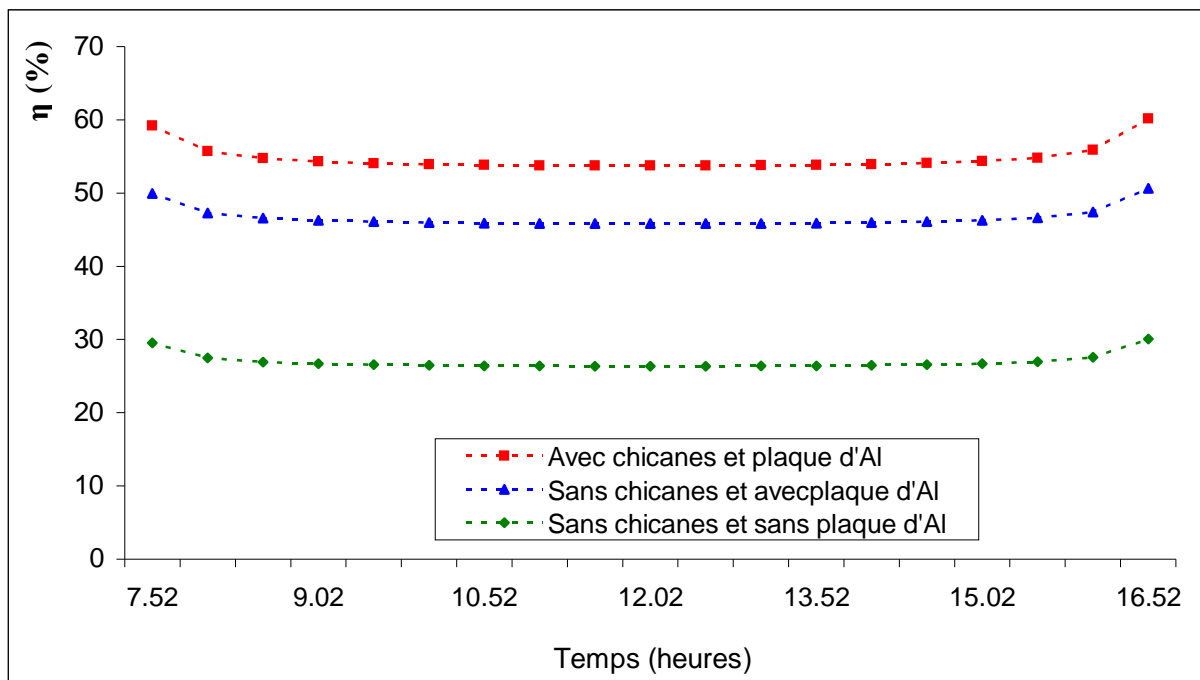


Fig.(III.8.a). **Variation du rendement thermique d'un insolateur plan à air du lever jusqu'au coucher du soleil, et ceci pour le 17 Janvier de condition de ciel très clair, et pour un débit de 35 kg/h.**

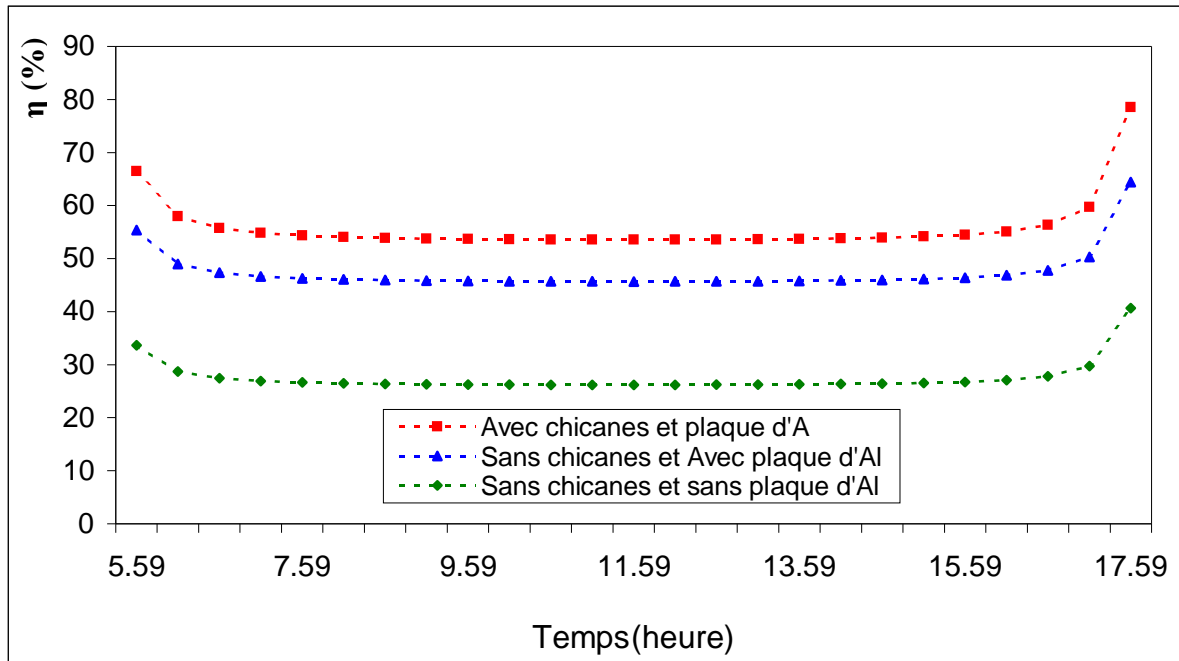


Fig.( III.8.b). **Variation du rendement thermique d'un insolateur plan à air du lever jusqu'au coucher du soleil, et ceci pour le 15 Mai de condition de ciel très clair, et pour un débit de 35 kg/h.**

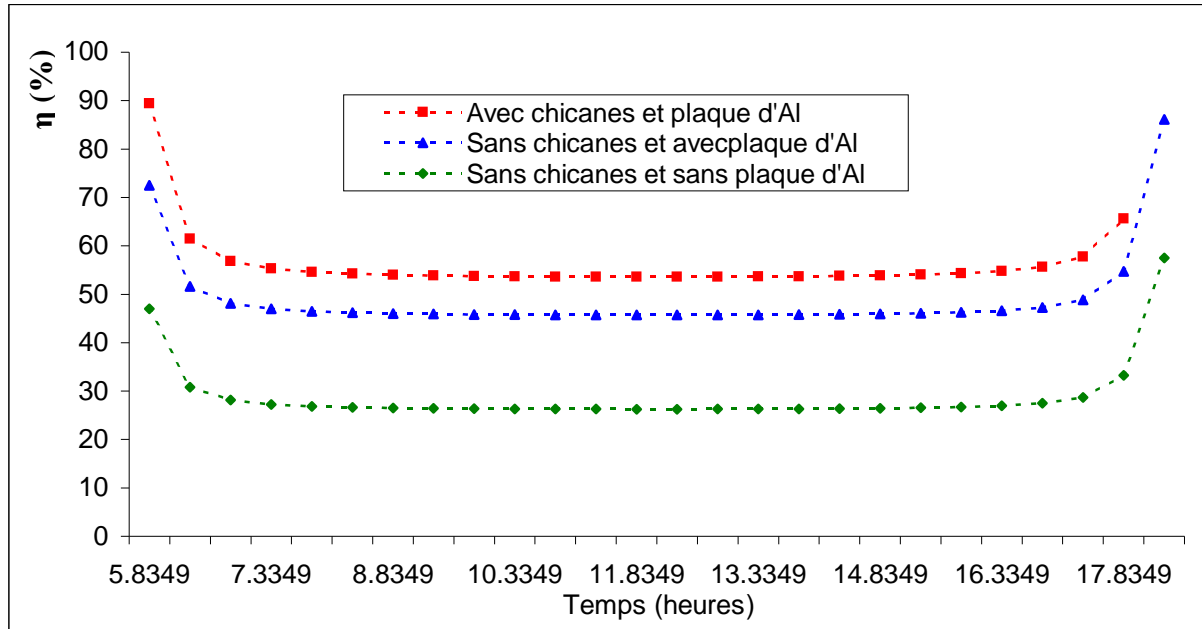


Fig.( III.8.c). **Variation du rendement thermique d'un insolateur plan à air du lever jusqu'au coucher du soleil, et ceci pour le 16 Aout de condition de ciel très clair, et pour un débit de 35 kg/h.**

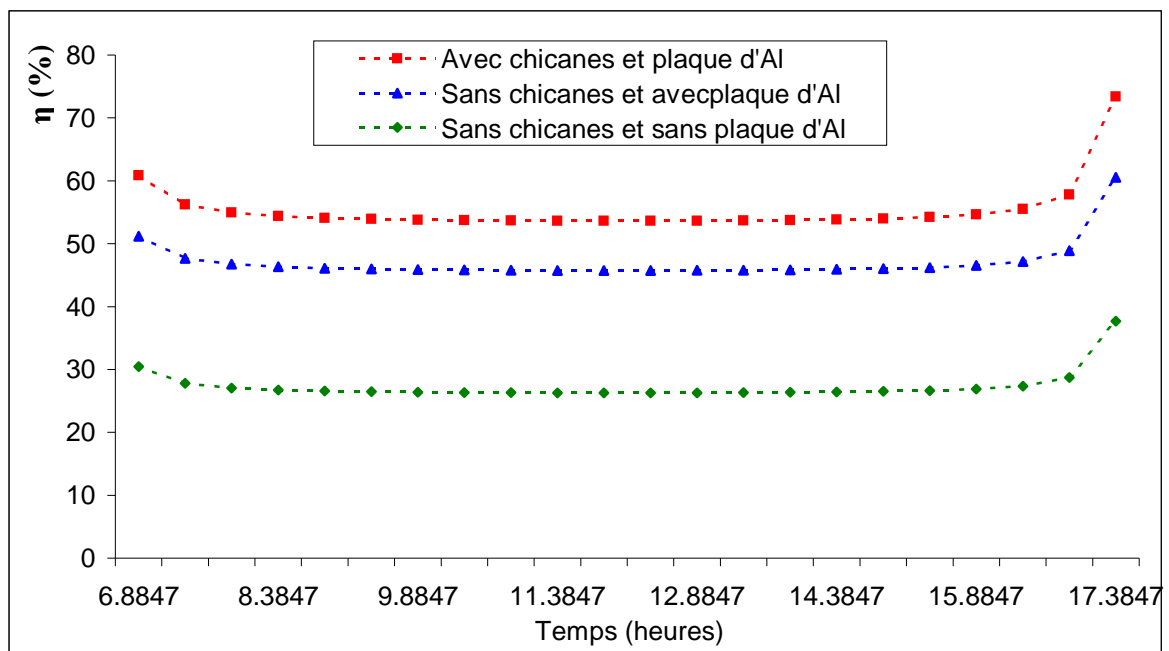


Fig.( III.8.d). **Variation du rendement thermique d'un insolateur plan à air du lever jusqu'au coucher du soleil, et ceci pour le 15 Octobre de condition de ciel très clair, et pour un débit de 35 kg/h.**

Les figures (III.9.a, b, c et d) nous montrent la variation de la puissance utile récupérée par le capteur plan à air muni ou non des chicanes, en fonction de l'intensité du flux solaire représenté dans la figure (III.6).

On remarque que la puissance utile est plus importante dans les journées du 15 Mai et du 16 Aout et moins importante aux 17 Janvier et le 15 Octobre qui sont représentés respectivement dans le tableau (III.3) .

		Puissance maximale récupérée par le capteur pour un débit de 35 kg/h [W/m <sup>2</sup> ].		
Jours	Temps (h)	Capteur avec chicanes et plaque d'aluminium	Capteur sans chicanes et Avec plaque d'aluminium	Capteur sans chicanes et Sans plaque d'aluminium
17 Janvier	12 h	499.04	425.62	244.72
15 Mai	12 h	576.66	492.07	282.03
16 Aout	12 h	585.48	499.81	287.16
15 Octobre	11h50	564.46	481.53	276.71

Tableau (III.3). Puissance utile max récupérée par le capteur (W/m<sup>2</sup>).

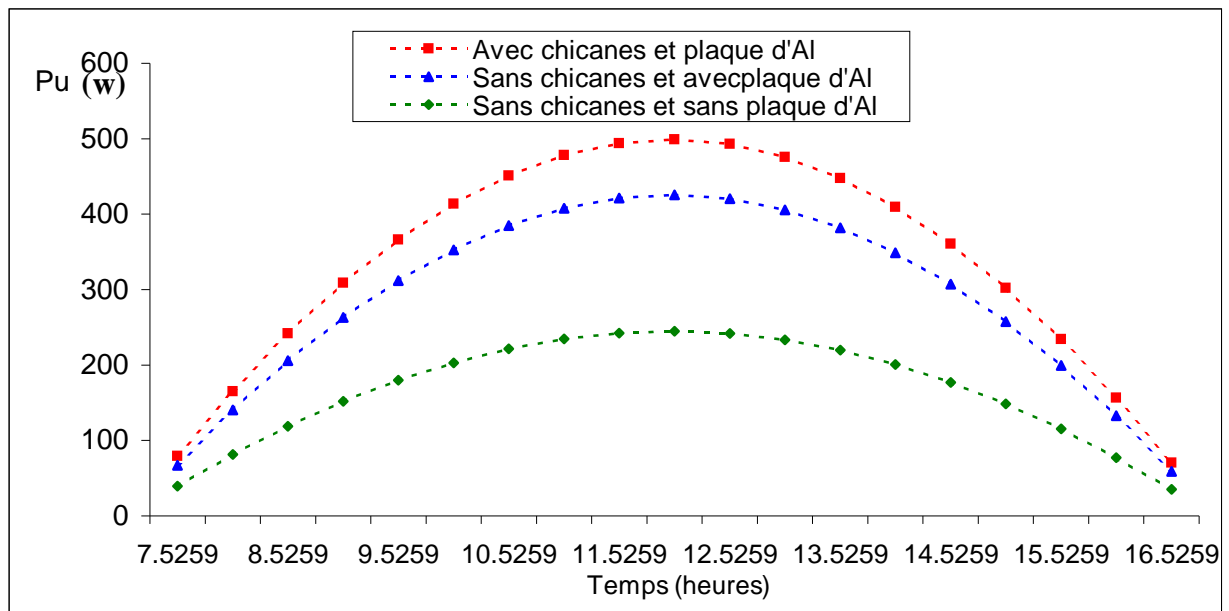


Fig.(III.9.a). Variation de la puissance utile d'un insolateur plan à air du lever jusqu'au couché, pour le 17 Janvier et pour un débit massique de 35 kg/h.

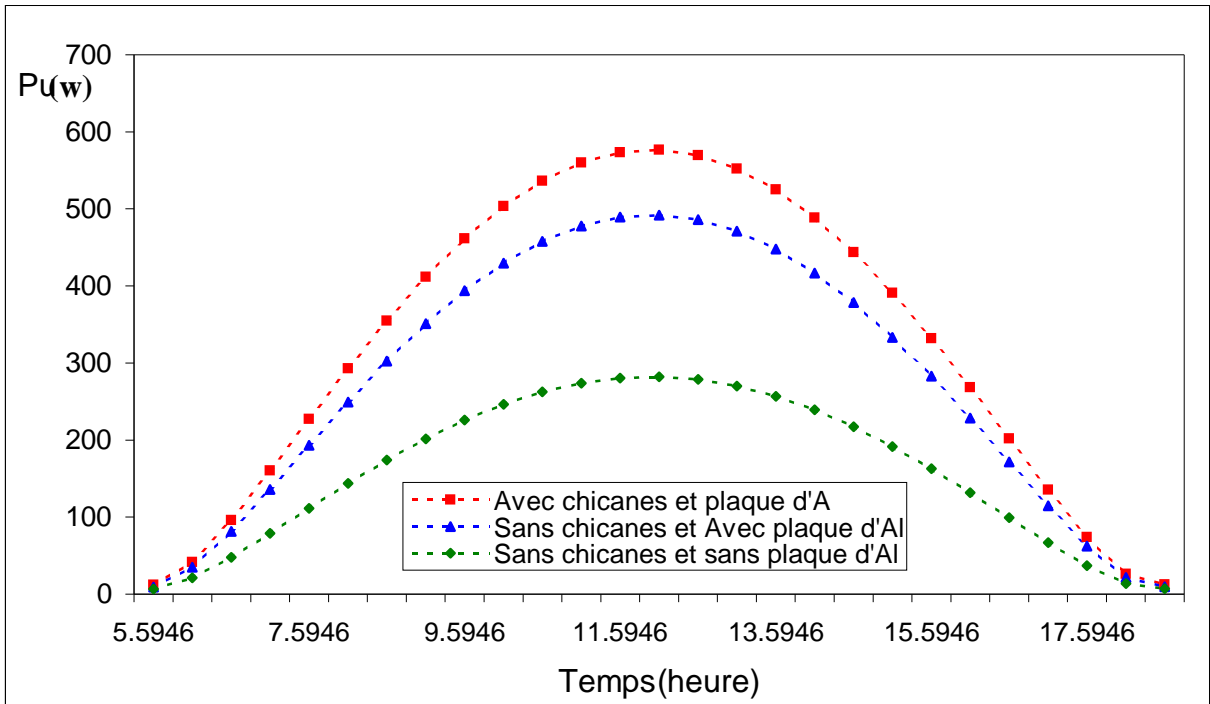


Fig.( III.9.b). **Variation de la puissance utile d'un insolateur plan à air du lever jusqu'au couché, por le 15 Mai et pour un débit massique de 35 kg/h.**

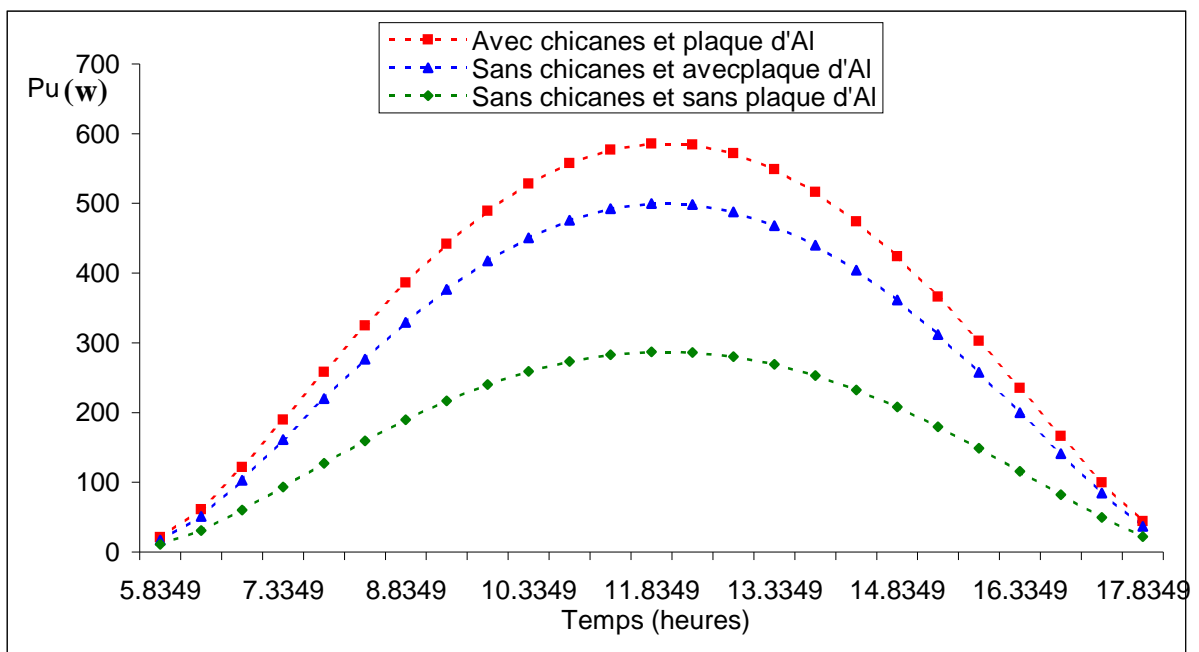


Fig.( III.9.c) **Variation de la puissance utile d'un insolateur plan à air du lever jusqu'au couché, por le 16 Aout et pour un débit massique de 35 kg/h.**

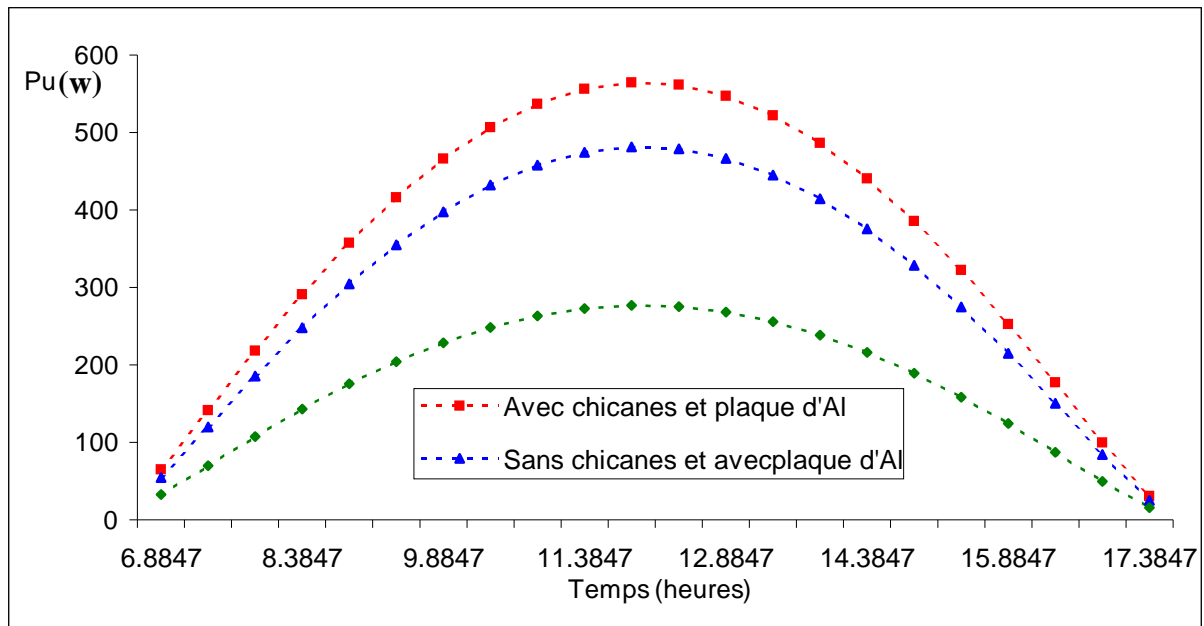


Fig.( III.9.d). **Variation de la puissance utile d'un insolateur plan à air du lever jusqu'au couché, por le 15 Octobre et pour un débit massique de 35 kg/h.**

#### III.4. Influence de la forme des chicanes :

Nous avons étudié un capteur solaire muni de chicanes de forme rectangulaire, tel qu'il est représenté dans la figure (III.10), avec une partie supérieure inclinée d'un angle  $\alpha = \{30^\circ, 45^\circ, 60^\circ\}$ , tout en fixant le débit d'air massique  $G = 35 \text{ kg/h}$ , nous obtenons les résultats représentés d'après les figures (III.11.a, b, c et d) qui montrent l'évolution de la température de l'air à la sortie du capteur, les figures (III.12.a, b, c et d) représentant le rendement thermique de l'insolateur, et les figures (III.13.a, b, c et d) représentent la puissance utile récupérée par le capteur.



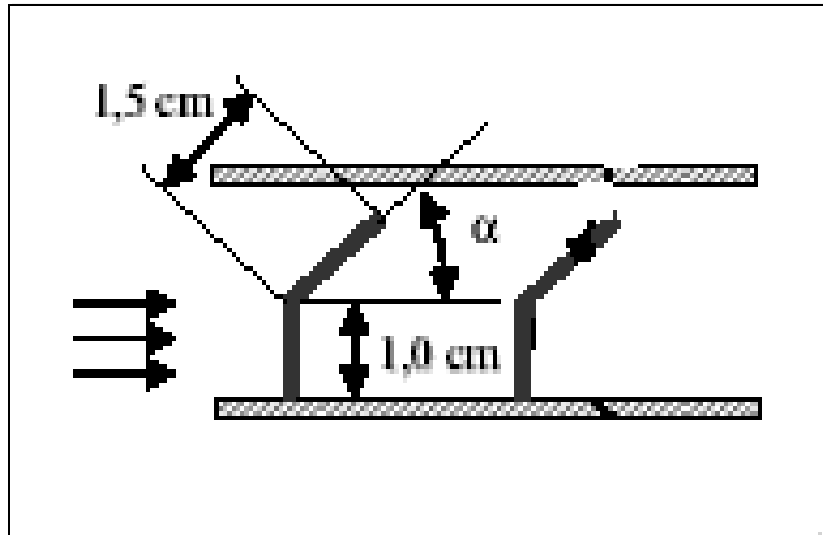


Fig.(III.10) **Forme d’une chicane rectangulaire avec une partie supérieure inclinée.**

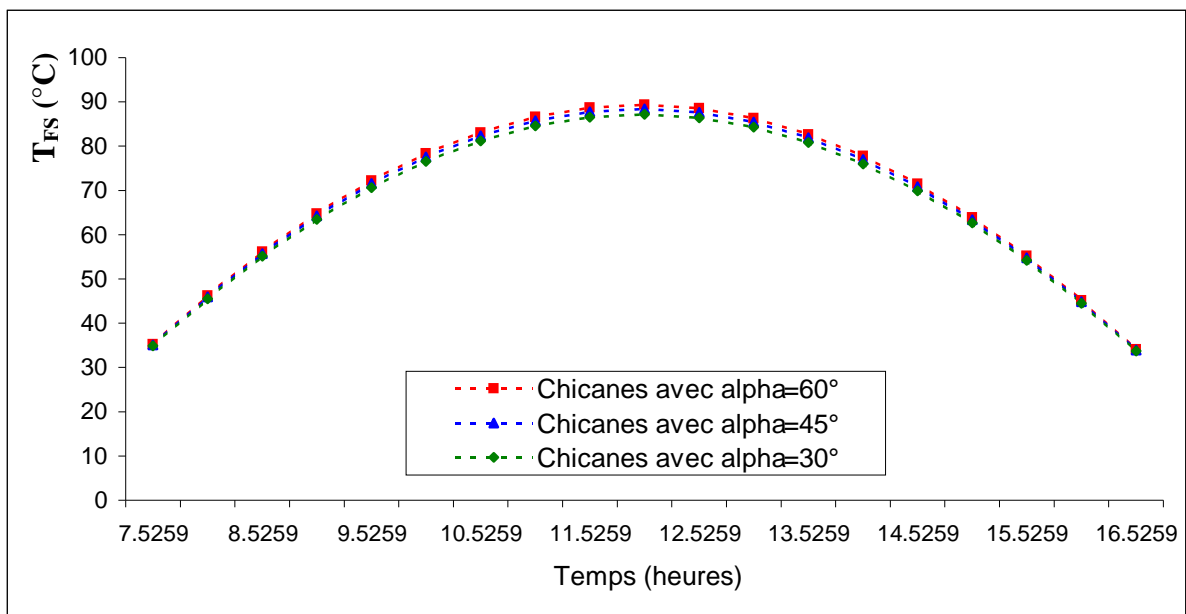


Fig. (III.11.a) **Evolution de la température de l’air à la sortie d’un capteur solaire plan du lever jusqu’au coucher pour le 17 janvier de condition de ciel clair pour un débit de 35 kg/h.**

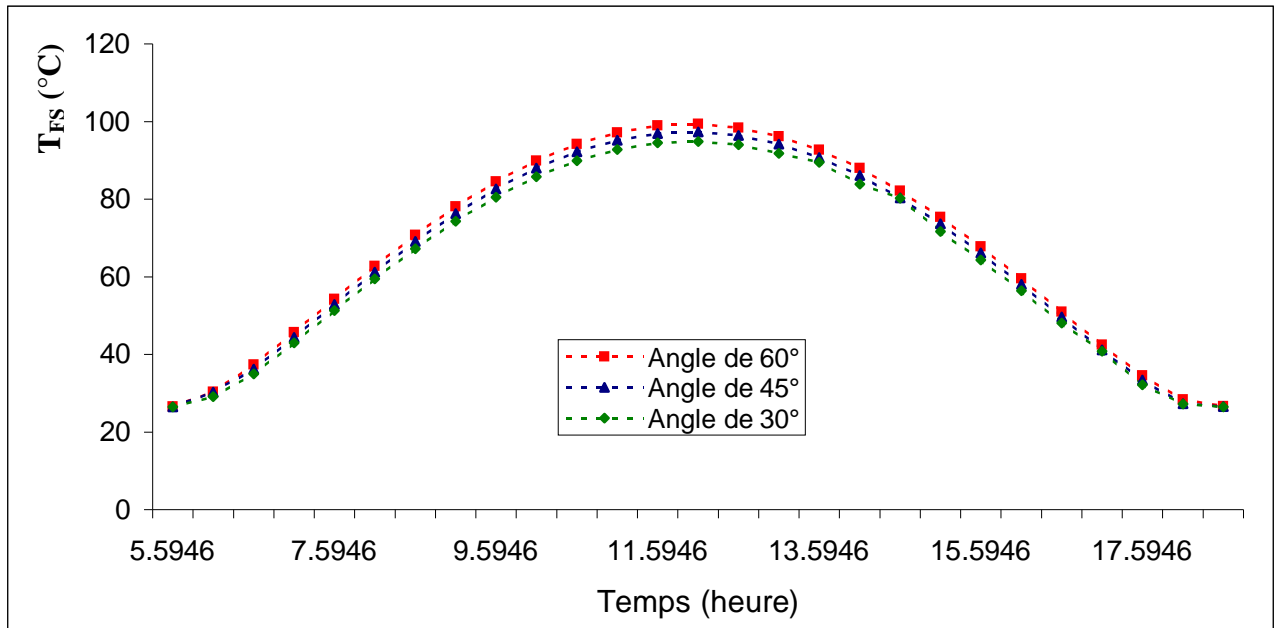


Fig. (III.11.b) Evolution de la température de l'air à la sortie d'un capteur solaire plan du lever jusqu'au coucher pour le 15 Mai de condition de ciel clair pour un débit de 35 kg/h.

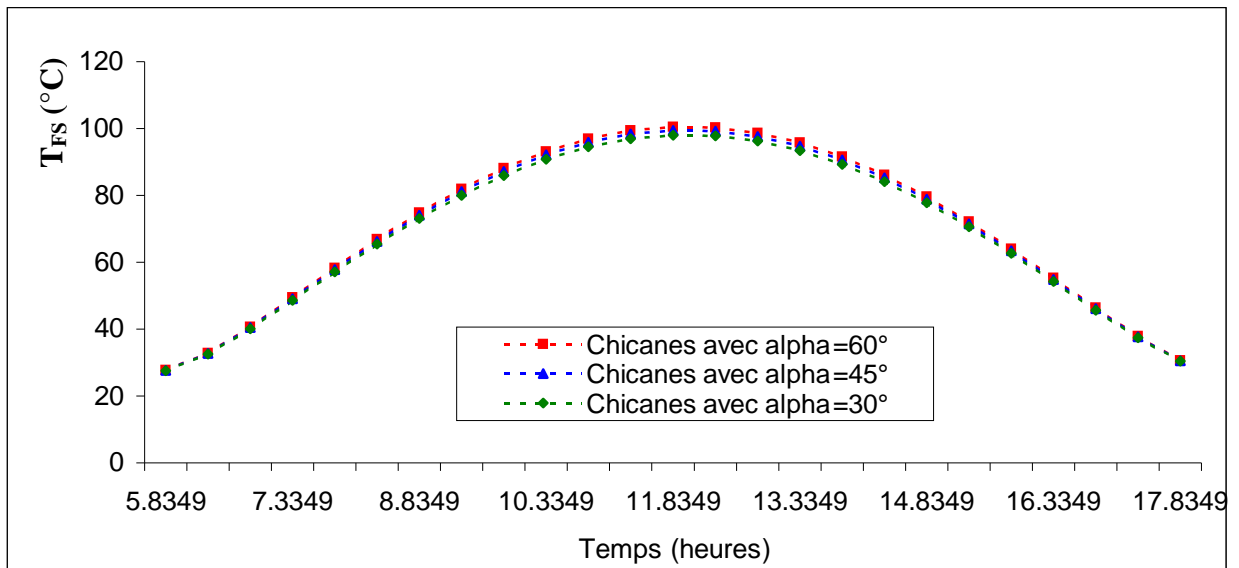


Fig. (III.11.c) Evolution de la température de l'air à la sortie d'un capteur solaire plan du lever jusqu'au coucher pour le 16 Aout de condition de ciel clair pour un débit de 35 kg/h.

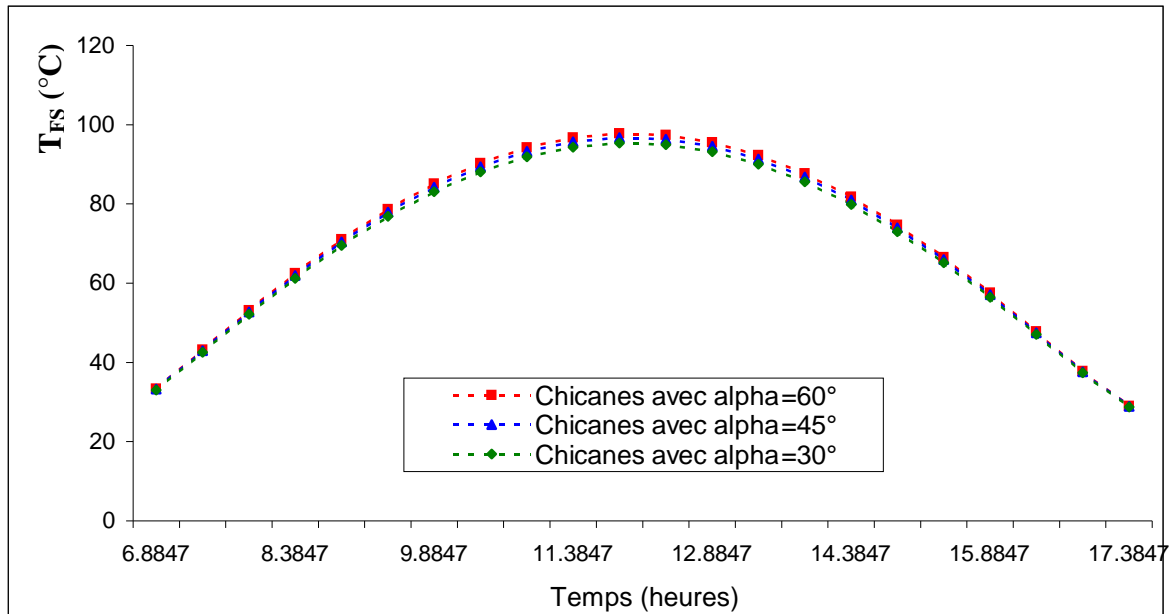


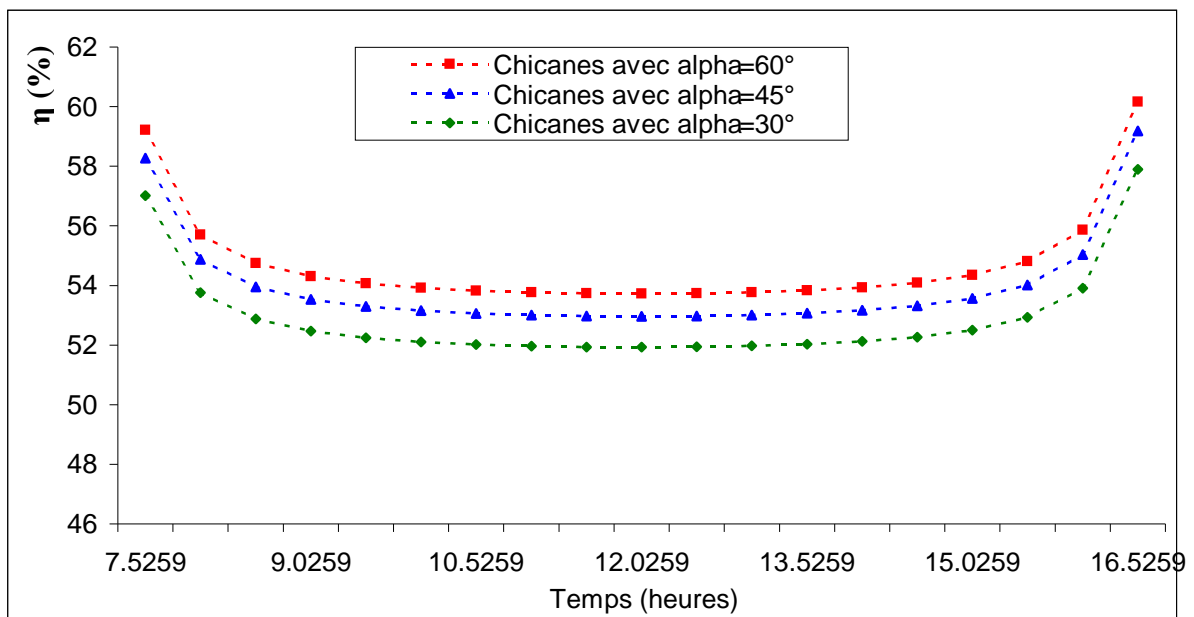
Fig. (III.11.d) Evolution de la température de l'air à la sortie d'un capteur solaire plan du lever jusqu'au coucher pour le 15 Octobre de condition de ciel clair pour un débit de 35 kg/h.

On remarque que la température de l'air à la sortie du capteur est nettement supérieure lorsque l'incidence de la partie supérieure est de  $60^\circ$  qu'avec les deux autres angles  $\alpha = 30^\circ$  et  $45^\circ$ , qui est dû par le fait qu'au fortes incidences, où il ne reste qu'un passage minimal à l'air, ce qui permet de créer de la turbulence dans l'écoulement et favoriser ainsi la qualité de transfert thermique entre l'absorbeur et l'air.

Dans le tableau (III.4), on représente quelques résultats numériques de la température de sortie de l'air dans l'insolateur.

Jours	Temps (h)	Température de l'air à la sortie du capteur [°C]		
		$\alpha = 60^\circ$	$\alpha = 45^\circ$	$\alpha = 30^\circ$
17 Janvier	12 h	89.33	88.42	87.18
15 Avril	12h30	101.16	100.09	98.62
16 Aout	11h50	100.52	99.46	98
15 Octobre	12h20	97.37	96.35	94.95

**Tableau (III.4). La température de l'air à la sortie du capteur en fonction de l'incidence de la partie inclinée pour un débit de 35 kg/h.**



**Fig. (III.12.a) Variation du rendement thermique du lever au coucher pour le 17 Janvier de condition de ciel clair et pour un débit de 35 kg/h.**

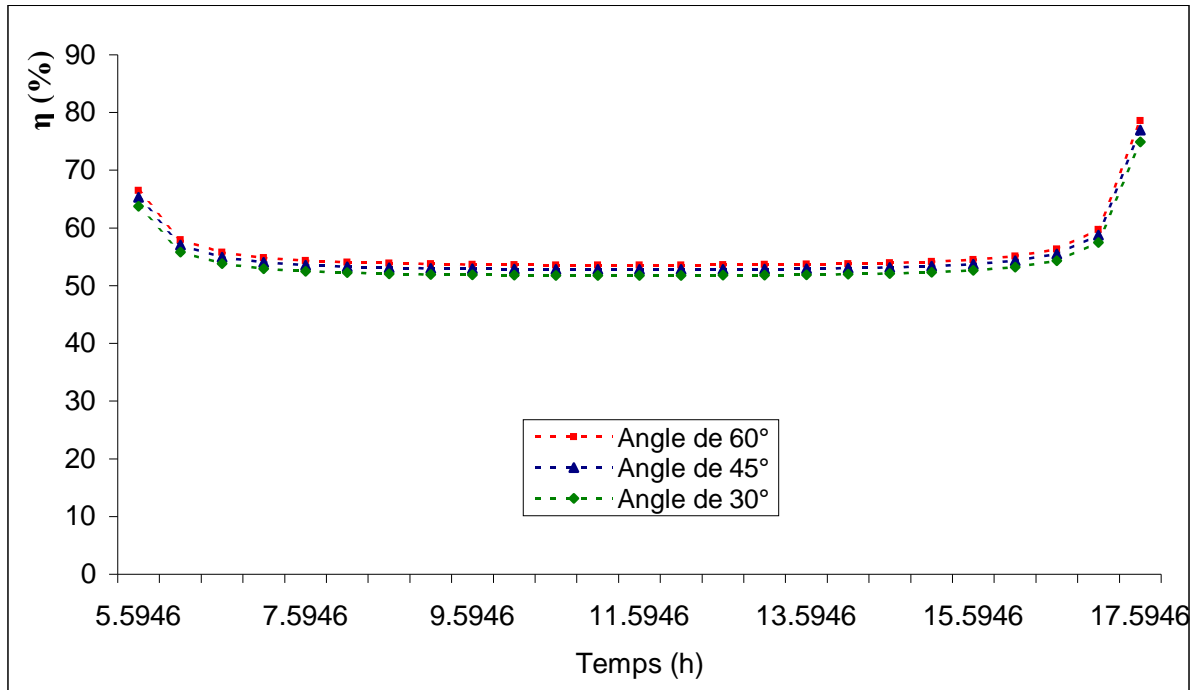


Fig. (III.12.b) Variation du rendement thermique du lever au coucher pour le 15 Mai de condition de ciel clair et pour un débit de 35 kg/h.

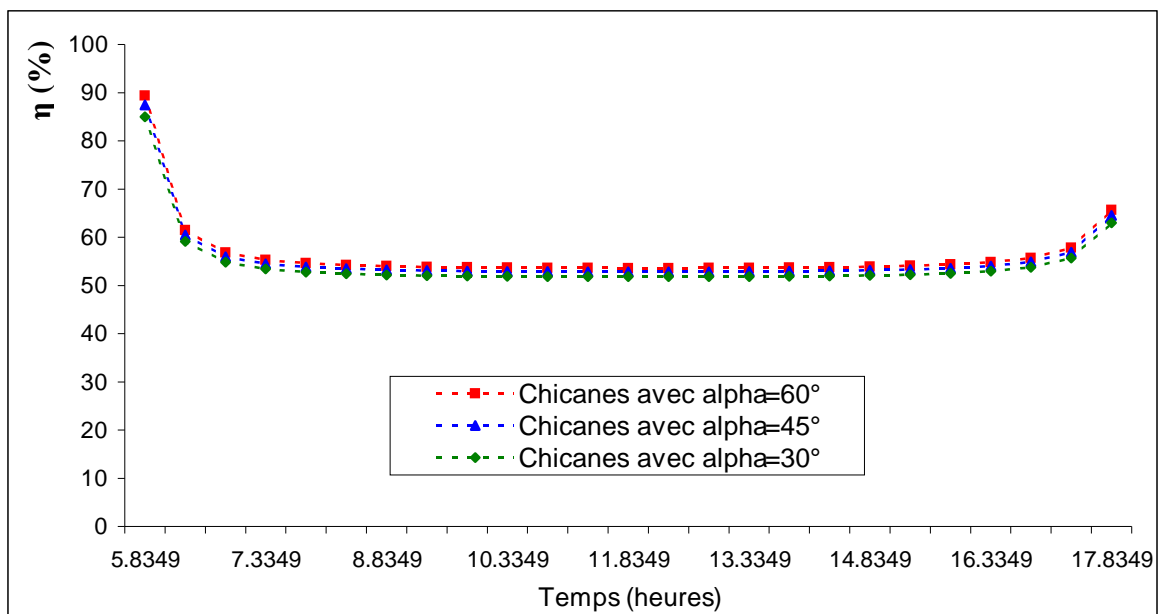


Fig. (III.12.c) Variation du rendement thermique du lever au coucher pour le 16 Aout, de condition de ciel clair et pour un débit de 35 kg/h.

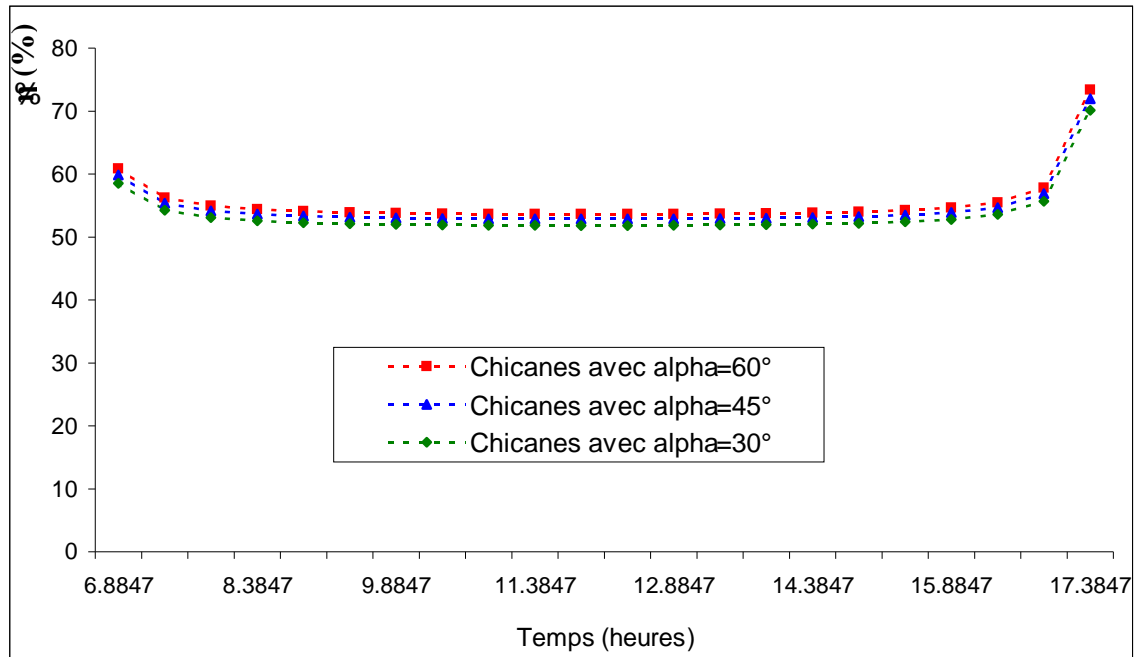


Fig. (III.12.d) **Variation du rendement thermique du lever au coucher pour le 15 Octobre de condition de ciel clair et pour un débit de 35 kg/h.**

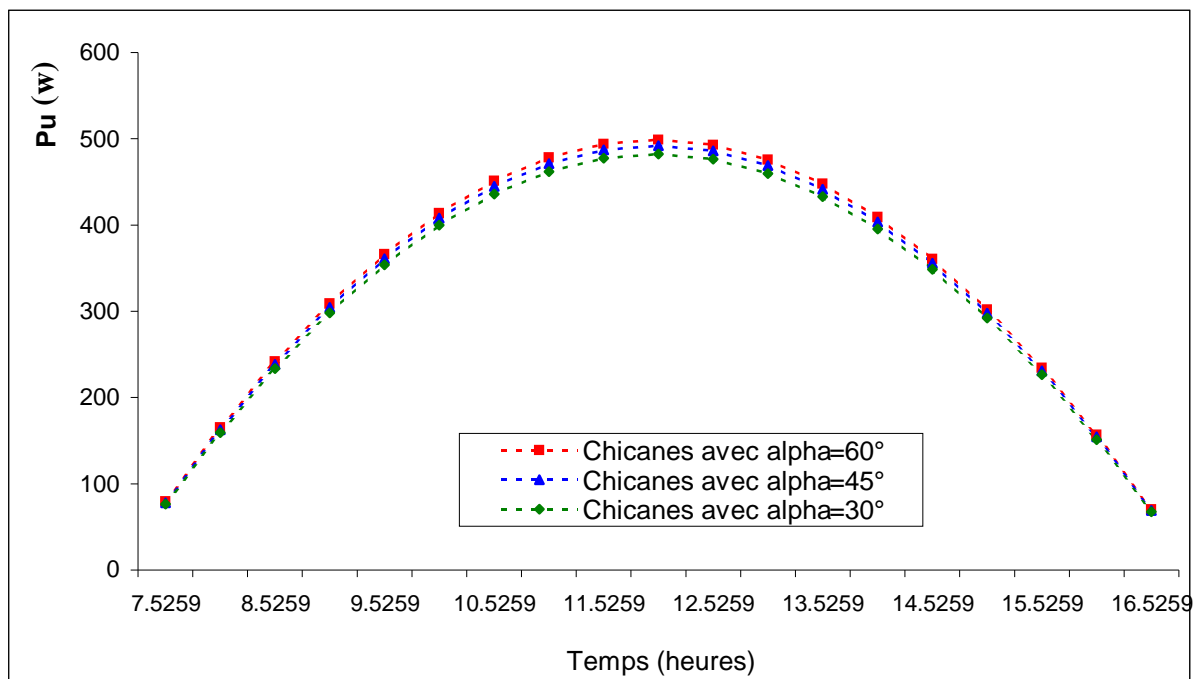


Fig. (III.13.a) **Variation de la puissance utile d'un insolateur plan à air du lever jusqu'au coucher, pour le 17 Janvier et pour un débit massique de 35 kg/h.**

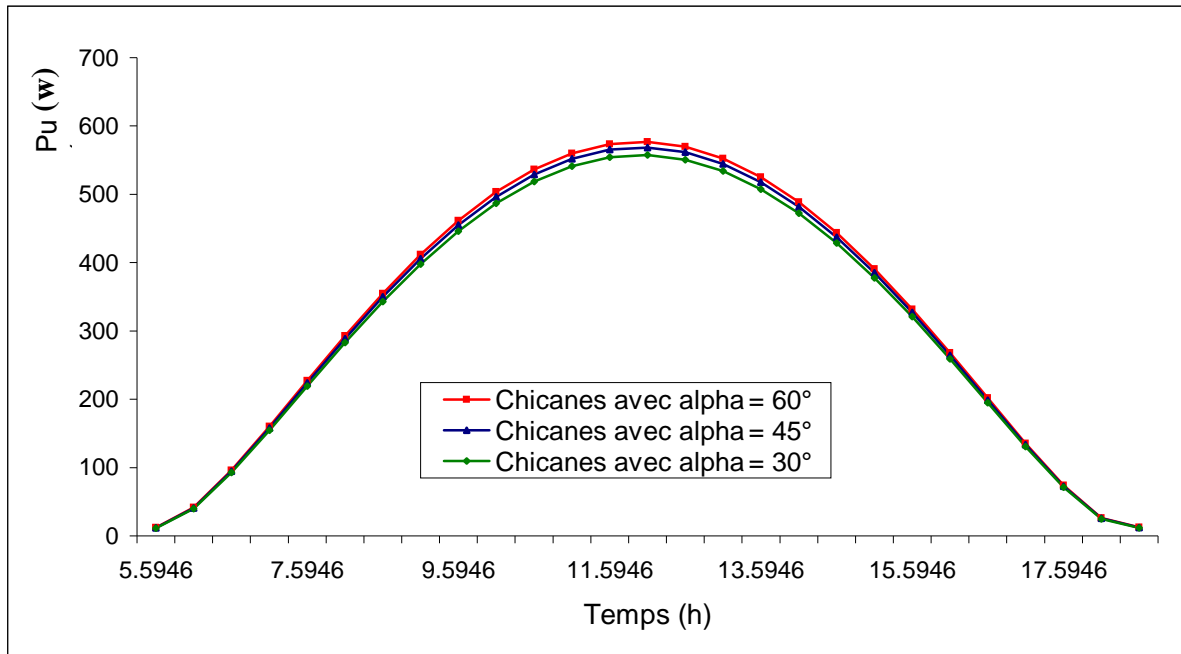


Fig. (III.13.b) Variation de la puissance utile d'un insolateur plan à air du lever jusqu'au coucher, pour le 15 Mai et pour un débit massique de 35 kg/h.

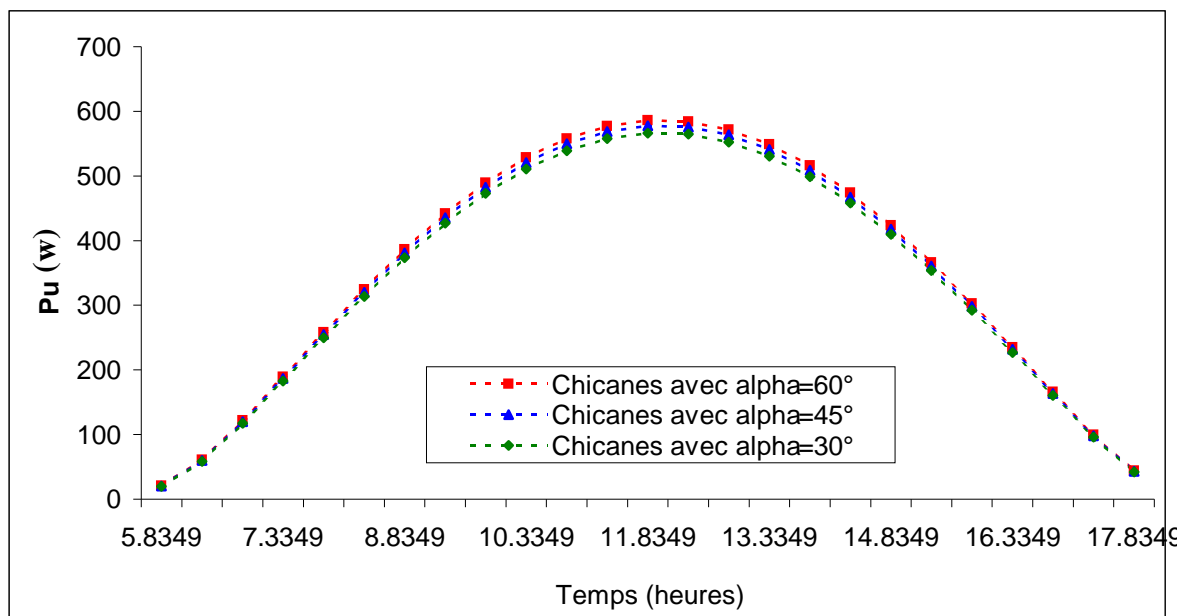


Fig. (III.13.c) Variation de la puissance utile d'un insolateur plan à air du lever jusqu'au coucher, pour le 16 Aout et pour un débit massique de 35 kg/h.

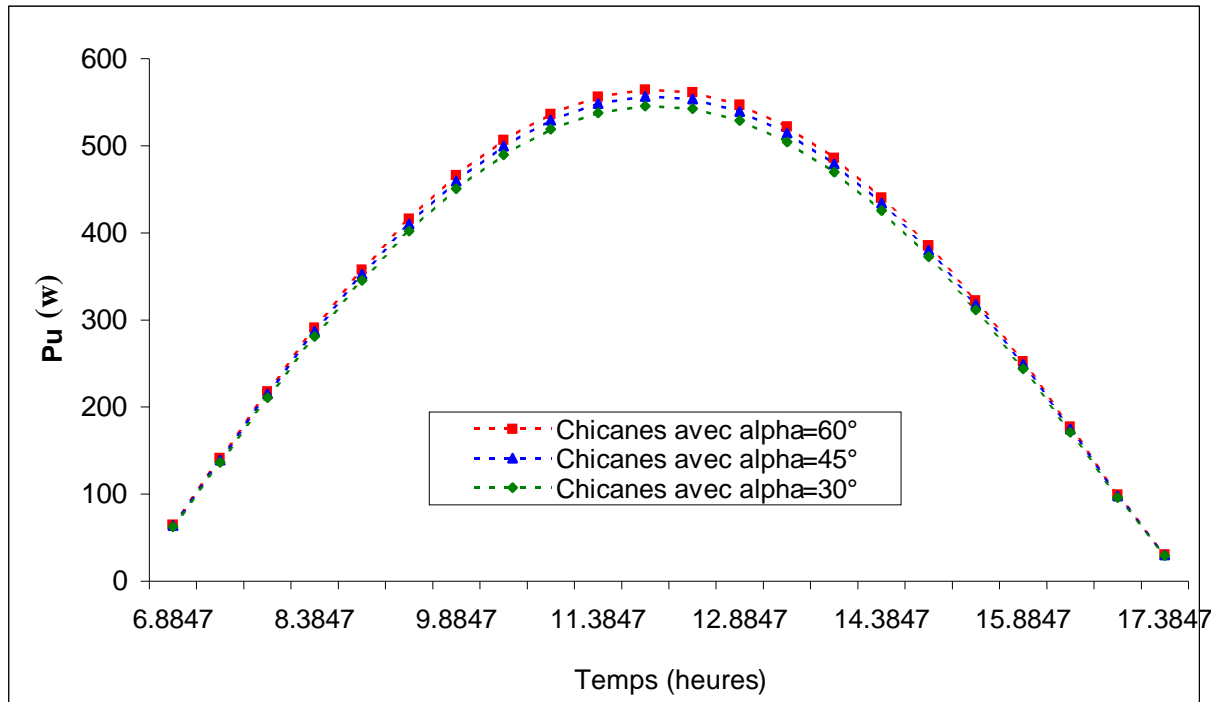


Fig. (III.13.d) **Variation de la puissance utile d'un insolateur plan à air du lever jusqu'au coucher, pour le 15 Octobre et pour un débit massique de 35 kg/h.**

Les figures (III.13.a, b, c et d) nous montrent la variation de la la puissance utile récupérée par le capteur plan à air en fonction de l'intensité du flux solaire représenté dans la figure (III.6).

On remarque que la puissance utile récupérée par le capteur est supérieure en présence des chicanes dont la partie supérieure est inclinée d'un angle  $\alpha = 60^\circ$  qu'avec les deux autres angles  $\alpha=30^\circ$  et  $45^\circ$ . Par conséquent, on constate l'influence de l'inclinaison de la partie supérieure des chicanes sur la puissance utile récupérée par le capteur.

Sur le tableau (III.5) sont représentés quelques résultats numériques, issues des tracés de la puissance utile récupérée par le capteur.



		Puissance utile récupérée par le capteur solaire muni de chicanes [ $\text{W}/\text{m}^2$ ].		
Jours	Temps (h)	$\alpha = 60^\circ$	$\alpha = 45^\circ$	$\alpha = 30^\circ$
17 Janvier	12h	499.04	491.97	482.35
15 Mai	12h30	590.80	582.47	571.11
16 Aout	11h50	585.84	577.58	566.31
15 Octobre	11h50	564.46	556.49	545.63

Tableau (III.5). la puissance utile récupérée par le capteur muni de chicanes dont la partie inclinée est de  $60^\circ$ ,  $45^\circ$  et  $30^\circ$ .