

MODELISATION ET ETUDE COMPARATIVE DES CAPTEURS SOLAIRES PLANS ET A TUBES DANS LES REGIONS SOUDANO-SAHELIENNES DU CAMEROUN.

ARMAND NOËL NGUECHE CHEDOP ¹, NOËL DJONGYANG ¹, ZAATRI ABDELOUAHAB ²

1 Department of Renewable Energy, The National Advanced School of Engineering of Maroua, University of Maroua, Cameroon.

2 Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering Science, Frères Mentouri University Constantine 1, Constantine, Algeria.

Reçu le 30/04/2018 – Accepté le 15/06/2018

Résumé

Cet article présente la modélisation et l'étude comparative des capteurs solaires plans et à tubes dans les régions soudano sahéliennes du Cameroun. Dans un premier temps, une modélisation complète des capteurs solaires est effectuée, ensuite, des simulations sur TRNSYS sont réalisées en utilisant les conditions climatiques (rayonnement solaire, ensoleillement et température) de ces régions. Pour chaque simulation, en fonction de la surface du capteur, de l'ensoleillement et de la température des mois d'Avril et Août 2012 de des régions soudano-sahéliennes du Cameroun, nous avons calculé l'énergie gagnée par le capteur ainsi que l'énergie fournie par le chauffage auxiliaire. Ce qui nous a permis d'évaluer le rendement du capteur correspondant à cette surface pour les deux technologies à savoir, pour le capteur plan et pour le capteur à tube sous vide à l'aide des TYPE 71 et TYPE538 du logiciel TRNSYS. Les résultats obtenus montrent que, les capteurs à tubes sous vide offrent des meilleurs rendements par rapport aux capteurs plans, avec des valeurs comprises entre 79% et 81 % contre 61,8 % et 62,93 % pour les capteurs solaires plans. Nous notons aussi que la différence entre ses deux technologies de capteur varie de 17,2 % à 17,9 %, ce qui n'est pas négligeable. En utilisant un capteur à tube sous vide au détriment d'un capteur plan pour notre installation à climatiseur solaire à absorption dans la ville de Maroua on pourra ainsi optimiser le rendement de nos capteur d'une valeur d'environ 17 %.

Mots clés : Capteur solaire ; Simulation ; Climatiseur solaire ; Modélisation ; Conditions climatiques ; TRNSYS.

Abstract

This paper presents the modeling and comparative study of flat and tube solar collectors in the Sudano Sahelian regions of Cameroon. At first, a complete modeling of the solar collectors is carried out, then, simulations on TRNSYS are carried out by using the climatic conditions (solar radiation, insolation and temperature) of these regions. For each simulation, according to the surface of the sensor, the sunshine and the temperature of the months of April and August 2012 of the Sudano-Sahelian regions of Cameroon, we calculated the energy gained by the sensor as well as the energy supplied by the auxiliary heating. This allowed us to evaluate the efficiency of the sensor corresponding to this surface for the two technologies namely, for the flat sensor and for the vacuum tube sensor using TYPE 71 and TYPE538 of the TRNSYS software. The results obtained show that vacuum tube collectors offer better yields compared to flat collectors, with values between 79% and 81% compared to 61.8% and 62.93% for flat solar collectors. We also note that the difference between its two sensor technologies ranges from 17.2% to 17.9%, which is not negligible. By using a vacuum tube sensor at the expense of a flat sensor for our absorption solar air conditioner installation in the city of Maroua, we will be able to optimize the efficiency of our sensors by around 17%.

Keywords: Solar captor ; Simulation ; Solar air conditioning; Modelization ; Weather conditions ; TRNSYS.

المخلص

تعرض هذه الورقة النمذجة والدراسة المقارنة لمجمعات الطاقة الشمسية المسطحة والأنبوبية في مناطق السودان الساحل في الكاميرون. في البداية، يتم إجراء نمذجة كاملة لمجمعات الطاقة الشمسية، ثم، يتم إجراء عمليات محاكاة على TRNSYS باستخدام الظروف المناخية (الإشعاع الشمسي، والتشمس ودرجة الحرارة) لهذه المناطق. لكل محاكاة، وفقاً لسطح المستشعر، وأشعة الشمس ودرجة حرارة شهري أبريل وأغسطس 2012 في المناطق السودانية الساحلية من الكاميرون، قمنا بحساب الطاقة التي اكتسبها المستشعر وكذلك الطاقة التي توفرها التدفئة المساعدة. سمح لنا ذلك بتقييم كفاءة المستشعر المقابل لهذا السطح بالنسبة للتقنيتين وهما، المستشعر المسطح ومستشعر الأنبوب الفراغي باستخدام TYPE 71 و TYPE538 من برنامج TRNSYS. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن مجمعات الأنبوب المفرغ تقدم عوائد أفضل مقارنة مع المجمعات المسطحة، مع قيم تتراوح بين 79 % و 81 % مقارنة مع 61.8 % و 62.93 % لهواة جمع الطاقة الشمسية المسطحة. نلاحظ أيضاً أن الفرق بين تكنولوجيات المستشعرين لديها يتراوح ما بين 17.2% إلى 17.9%، وهو أمر غير مهم. باستخدام جهاز استشعار أنبوب الفراغ على حساب جهاز استشعار مسطح لتثبيت مكيف الهواء الشمسي لدينا في مدينة ماروا، سنكون قادرين على تحسين كفاءة أجهزة الاستشعار لدينا بنحو 17 %.

الكلمات المفتاحية: جامع الطاقة الشمسية المحاكاة ; تكييف الهواء بالطاقة الشمسية تصميم ; الشروط المناخية ; TRNSYS.

NOMENCLATURE

Symboles :

D_h : Diamètre hydraulique (m) e
 e_{is} : Epaisseur de l'isolant arrière (m) e_b
 F_R : Coefficient de conductance de
 F' : Coefficient d'efficacité local de
 G : Débit d'air massique (kg/h) $m\&$: Débit
 h_2 : Coefficient de transfert radiatif entre
 h_3 : Coefficient de transfert convectif entre
 h_{VV} : Coefficient de transfert convectif dû
 h_2 : Coefficient de transfert convectif entre
 I_G : Flux global reçu par le capteur Solaire

Lettres grecques :

ρ masse volumique, kgm^{-3}
 λ conductivité thermique, $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$
 η : rendement solaire (%)
 $\sigma = 5.67 \times 10^{-8}$ Stephan-Boltz
 η : Solar Yield (%)
 $\sigma = 5.67 \times 10^{-8}$ Stephan-Boltz
 ϕ fraction massique
 κ constante de Von Karman

Indices / Exposants :

L_{fu} : chaleur latente [J / Kg]
 C_p : la chaleur spécifique de l'eau
 T_a : est la température ambiante [K]
 L_{evap} : la chaleur latente de l'évaporation de
 L_{fu} : chaleur latente [J / Kg]
 B_{ener} : les besoins énergétiques (kWh / J)
 A_d = gain solaire diffus [W]
 R_{ayon} = pertes de rayonnement [W]
 T_{air} = Température ambiante [K]
 B_{ener} : les besoins énergétiques (kWh / J)
 A_d = gain solaire diffus [W]
 COP_{th} : Coefficient de performance
 \dot{COP}_{Sol} : coefficient de performance solaire
 M_d : Masse de réfrigérant désorbée [Kg]
 C_p : Chaleur spécifique du réfrigérant [J
 \dot{Q}_e est le froid produit à l'évaporateur
 Q_C : Quantité de chaleur extraite au
 U_E : Irradiation nécessaire pour effectuer la
 \dot{S}_{av} : Est la surface avant du capteur

1. INTRODUCTION

Les applications thermiques de l'énergie solaire, telles que le dessalement, le séchage des produits agro-alimentaires et le chauffage des habitations ou de l'eau sanitaire, exigent de la part des collecteurs des rendements élevés. Cette performance peut être atteinte

en optimisant d'une part, les coefficients de transfert convectifs entre la plaque absorbante et le fluide caloporteur et d'autre part, en réduisant les pertes thermiques à travers les différents composants du capteur solaire. Dans le but de contribuer en majeure partie à l'optimisation des performances de ces systèmes, on introduit dans la veine d'air mobile des obstacles métalliques minces assimilés à des rugosités artificielles dites chicanes. L'emplacement de ces rugosités artificielles, sous différentes formes et géométries sur la surface d'échange entre l'air et l'absorbeur a été recommandé par plusieurs chercheurs [1-5].

Le rafraîchissement solaire se différencie de la production d'eau chaude par le niveau élevé de température à laquelle la chaleur utile doit être fournie. Pour les groupes de froid à sorption (absorption et adsorption), la température utile dépasse généralement 80°C; les valeurs les plus basses étant d'environ 50°C. Pour les systèmes à dessiccation, la température de fonctionnement va de 55°C à 90°C. Compte tenu des débits élevés nécessaires pour alimenter le système, une stratification du volume de stockage de l'eau chaude est difficile et la température de retour dans le capteur est donc relativement élevée, elle aussi. Ceci induit une limitation dans le choix du type de capteur. En conséquence, les capteurs solaires plans et les capteurs à air sont bien adaptés pour les systèmes à dessiccation. Lorsque l'on utilise un groupe de froid à adsorption, l'utilisation de capteurs plans sélectifs est limitée aux régions à fort ensoleillement. Dans les régions moins ensoleillées, ou pour les groupes de froid nécessitant des températures de fonctionnement plus élevées comme les machines à absorption simple effet, des capteurs à hautes performances doivent être utilisés. Si on se limite aux capteurs fixes, des températures encore plus élevées peuvent être obtenues grâce à des capteurs sous vide à concentration optique. Il peut s'agir d'une option intéressante pour les systèmes utilisant des groupes de froid à adsorption haute performance.

Le rôle de ces rugosités artificielles est résumé dans un double aspect favorisant le transfert thermique au fluide caloporteur : i) elles permettent de rendre l'écoulement turbulent à proximité de la plaque chaude, ii) et prolongent le parcours du fluide caloporteur [5].

De nombreuses études ont été menées afin de valoriser l'effet des différentes géométries des rugosités artificielles sur le transfert thermique et le facteur de frottement dans la veine d'air mobile.

Nous citons ici quelques exemples types [6-10].

Prasad *et al.* [6] ont utilisé un fil de petit diamètre dans un capteur solaire à air pour augmenter le taux de transfert.

Ye-Di Liu *et al.* [7] ont pu perfectionner l'échange thermique dans un capteur solaire à air en fixant les surfaces d'obstacles sur la plaque absorbante.

Ouard [8] a dédié son travail de thèse de doctorat à l'optimisation des formes et des dispositions des obstacles dans la veine dynamique d'air.

De même, Moumami *et al.* [9] et Youcef-Ali *et al.* [10] ont présenté une analyse assez explicite du bilan énergétique

d'un capteur solaire plan à air muni de rangées des obstacles minces.

L'objectif final de ce travail est de choisir un capteur parmi les deux technologies les plus appropriées pour une installation de climatisation solaire dans les régions soudano-sahéliennes du Cameroun, à savoir les capteurs solaires plans et les capteurs solaires à tube à fin de les utiliser dans notre installation à climatisation solaire à absorption dans ces zones. La première partie présente le principe et le fonctionnement des capteurs solaires, où un accent est mis sur les technologies à capteur plans et à tube sous vide. Ensuite dans la seconde partie, la modélisation complète des composants des capteurs solaires est présentée. Enfin dans la dernière partie nous présentons l'évolution des rendements des deux capteurs solaires en fonction des données climatiques de l'année 2012 des régions soudano-sahéliennes du Cameroun.

2. MODELE MATHEMATIQUE/METHODE EXPERIMENTALE

2.1. Modélisation des capteurs solaires thermiques :

La modélisation d'un capteur solaire passe par un bilan énergétique qui exprime la répartition de l'énergie solaire incidente entre l'énergie utile, les pertes thermiques et les pertes optiques. Les capteurs solaires fonctionnent dans les états équilibrés (régime thermique établi).

Dans ces conditions, les performances d'un capteur solaire sont décrites par le bilan énergétique global suivant [11-12]:

$$\phi_{sa} = \phi_u + \phi_p + \phi_{st} \quad (1)$$

En négligeant l'énergie thermique stockée dans les différents composants du capteur (inertie thermique), on obtient:

$$\phi_{sa} = \phi_u + \phi_p \quad (2)$$

La quantité d'énergie utile à l'échauffement du fluide caloporteur extraite de la chaleur récupérée par un capteur solaire peut être exprimée par:

$$Q_u = \dot{m} \cdot C_p \cdot (T_{fs} - T_{fe}) \quad (3)$$

En introduisant le coefficient de pertes totales vers la face avant du collecteur U_L (pertes entre l'absorbeur et l'air ambiant), le gain d'énergie utile fourni par le collecteur peut être exprimé par.

$$Q_u = S_{abs} \cdot F_R \cdot (I_G (\tau_v \alpha_{abs}) - U_L (T_{fe} - T_a)) \quad (4)$$

Où, F_R est le facteur de conductance de l'absorbeur donné par:

$$F_R = \frac{\dot{m} \cdot C_p}{S_{abc} U_L} [1 - \exp(-\frac{F' \cdot U_L \cdot S_{abs}}{\dot{m} \cdot C_p})] \quad (5)$$

Le coefficient d'efficacité local de transfert air-absorbeur F' et le coefficient de pertes totales U_L sont

obtenus à partir des bilans énergétiques de l'absorbeur, du fluide caloporteur et de la plaque absorbante :

$$F' = \frac{h_1(U_b + S_{sup} \cdot h_2 + h_2 + S_{sup} \cdot h_1)}{(U_t + h_2 + h_1) \cdot (U_b + S_{sup} \cdot h_1 + h_2) - h_2^2} \quad (6)$$

$$U_L = \frac{(U_t + U_b)(S_{sup} \cdot h_1^2 + h_1 h_2 + S_{sup} h_1 h_2) + U_t U_b (S_{sup} + 1) \cdot h_1}{h_1 h_2 + S_{sup} h_1 U_t + S_{sup} h_1 h_2 + S_{sup} h_1^2} \quad (7)$$

Où, le facteur S_{sup} représente la surface d'échange thermique supplémentaire des rugosités artificielles, qui sont supposées à la température de la plaque arrière, tel que:

$$S_{sup} = 1 + \frac{S_c}{S_{abs}} \quad (8)$$

Dont S_c représente la surface totale des chicanes, calculée comme suit :

$$S_c = n_1 \cdot (a_c \cdot b_c) \quad (9)$$

Pour une ou plusieurs couvertures, l'équation donnée ci-dessous est employée pour le calcul de U_t .

$$U_t = \left[\frac{N}{\frac{c}{T_{abs}} \left[\frac{(T_{abs} - T_a)}{(N+f)} \right]^e + \frac{1}{h_w}} \right]^{-1} + \left[\frac{\sigma \cdot (T_{abs} + T_a) \cdot (T_{abs}^2 + T_a^2)}{(\xi_{abs} + 0,00591 \cdot N h_w)^{-1} + \frac{2N+f-1+0,133\xi_{abs}-N}{\xi_v}} \right] \quad (10)$$

$$\text{où : } f = (1 + 0,089 h_w - 0,1166 h_w \varepsilon_{abs}) \cdot (1 + 0,07866N) \quad (11)$$

$$C = 520 (1 - 0,000051 \beta^2) \quad (12)$$

$$e = 0,430 \left(\frac{1-100}{T_{abs}} \right) \quad (13)$$

Pour $0 < \beta < 90^\circ$, le coefficient des pertes à l'arrière du collecteur est donné par :

$$U_b = \left(\frac{1}{\frac{e_{is}}{\lambda_{is}} + \frac{e_b}{\lambda_b} + \frac{1}{h_{vv}}} \right) \quad (13)$$

Le rendement thermique du capteur solaire, définie comme étant le rapport entre la quantité d'énergie utile récupérée et le rayonnement global incident, est donné par [11-12] :

$$\eta = \frac{Q_u}{I_G \cdot S_{abs}} \quad (14)$$

Qui s'écrit :

$$\eta = \frac{\dot{m} C_p (T_{fs} - T_{fe})}{I_G \cdot S_{abs}} \quad (15)$$

La puissance thermique reçue par les capteurs est modélisée par l'expression du rendement des capteurs considérant les coefficients η_0 (facteur optique du capteur), a_1 et a_2 (coefficients relatifs aux pertes thermiques subies par le capteur) obtenus lors d'essais de certification et renseignés par les constructeurs des capteurs.

Rendement des capteurs [8-12]:

$$\eta_{Capt} = \eta_0 - a_1 \frac{T_{fluide} - T_{air ext}}{I_G \cdot S_{abs}} - a_2 \frac{(T_{fluide} - T_{air ext})^2}{I_G \cdot S_{abs}} \quad (16)$$

A partir des équations (14) et (4), on obtient :

$$\eta = FR (\tau_v \cdot \alpha_{abs}) - FR U_L \frac{(T_{fe} - T_a)}{I_G} \quad (17)$$

Les termes $FR (\tau_v \cdot \alpha_{abs})$ et $FR U_L$ sont deux quantités très significatifs pour l'utilisation du modèle pratique simple du collecteur solaire. Elles représentent respectivement le taux d'énergie absorbée et le taux d'énergie perdue.

Le coefficient de transfert thermique par rayonnement entre la plaque absorbante et la plaque inférieure placée sur l'isolant arrière est donné par [8-12]:

$$h_r = \frac{\sigma (T_{abs} - T_{P1}) \cdot (T_{abs}^2 + T_{P1}^2)}{\left(\frac{1}{\xi_{abs}} + \frac{1}{\xi_{P1}} - 1\right)} \quad (18)$$

En ce qui concerne la convection forcée, le coefficient moyen de transfert thermique est calculé comme suit :

$$h_1 = h_3 = \frac{Nu \lambda_f}{D_h} \quad (19)$$

Où le nombre de Reynolds est donné par :

$$Re = \frac{v_f D_h}{\nu_f} \quad (20)$$

La vitesse moyenne est :

$$Re = \frac{\dot{m}}{\rho_f S_f} \quad (21)$$

La section du canal d'écoulement garni de chicanes est calculée comme suit:

$$S_f = l_c \cdot e - n_2 \cdot (a_c \cdot b_c) \quad (22)$$

Le diamètre hydraulique est donnée par :

$$D_h = \frac{4 [(l_c + e) - n_1 (a_c \cdot b_c)]}{2 \cdot (l_c + e) + (n_2 - l_c) \cdot a_c} \quad (23)$$

2.2. Simulation et étude comparative avec deux capteurs solaires plan et à tube sous vide

L'ensemble des systèmes ainsi que les modèles des capteurs solaires à tube et sous vide simulé par TRNSYS 15, sont représentés par les deux figures 3 et 4. Le système est composé de deux capteurs de Type 71 et 538. Les autres modules apparaissant dans les figures servent à tracer les sollicitations (on-line_T65, on-line_T65-2) à partir des données météorologiques annuelles des régions soudano-sahéliennes du Cameroun stockées dans le module (Weather_T9a). L'objet (Radiation_T16a) calcule les éclaircissements incidents pour chaque jour associé.

La commande on-line_T65 donne une figure qui représente les variations des différents éclaircissements incidents. Tandis que l'autre (on-line_T65-2) représente la variation de la température de l'eau à la sortie du capteur.

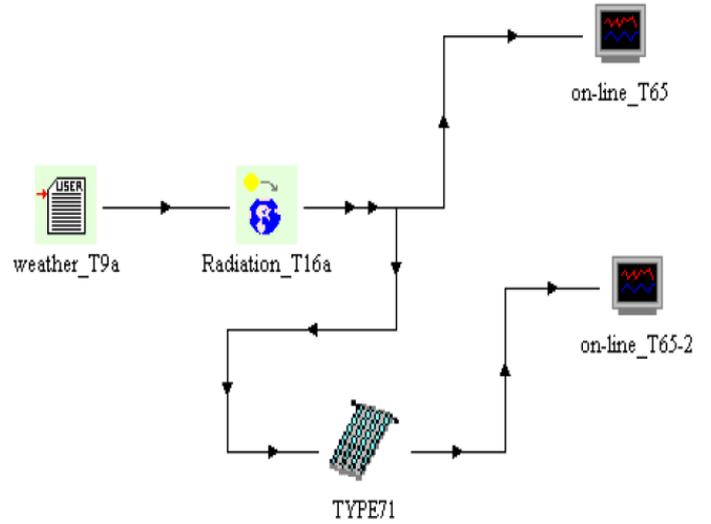


Figure 3 : Modèle d'un capteur plan simulé sur TRNSYS 15

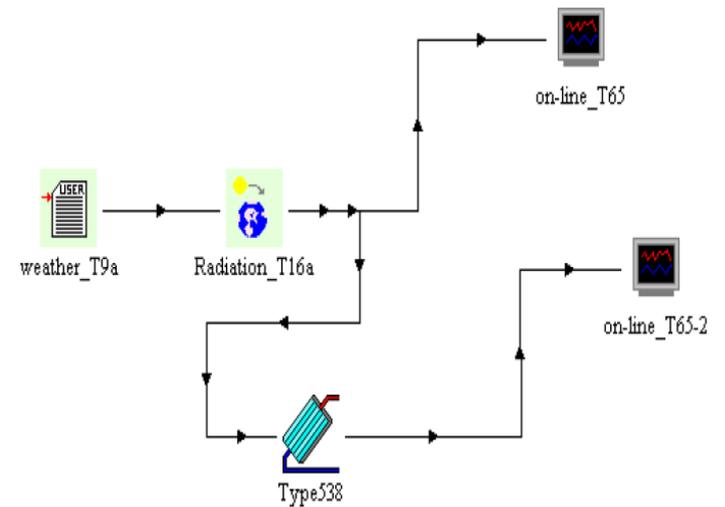


Figure 4 : Modèle d'un capteur à tube sous vide simulé sur TRNSYS 15

Les figures 5 et 6 illustrent l'évolution de l'ensoleillement global I_G et de la température ambiante T_a durant les mois d'Avril et Août 2012 dans les régions soudano-sahéliennes du Cameroun. Nous remarquons que les heures de températures maximales (11h à 14h) pour le mois d'Avril et (12h à 13h) pour le mois d'Août correspondent également à des périodes où le rayonnement solaire est élevé.

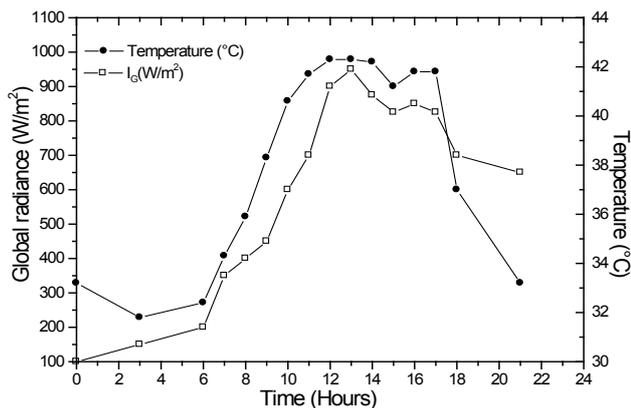


Figure 5 : Evolution du rayonnement global et de la température ambiante en fonction du temps pour le mois d'Avril dans les régions soudano-sahéliennes du Cameroun.

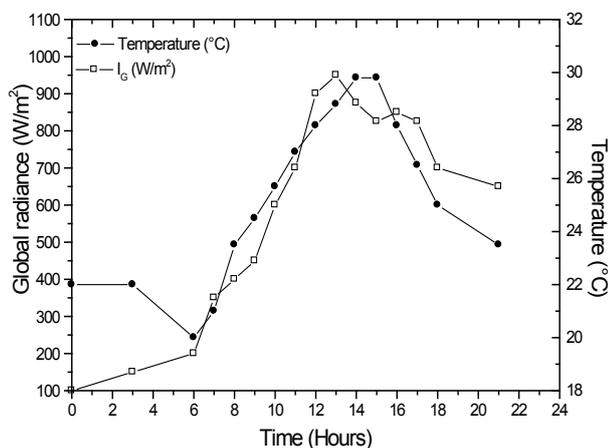


Figure 6 : Evolution du rayonnement global et de la température ambiante en fonction du temps pour le mois d'Août dans les régions soudano-sahéliennes du Cameroun.

3. RESULTATS

Dans cette partie de l'étude, on procède aux simulations qui nous permettront d'étudier l'efficacité énergétique des capteurs plans et à tube afin de déterminer la solution la plus optimale du point de vue énergétique dans les régions soudano-sahéliennes du Cameroun. La comparaison des rendements des capteurs entre eux en fonction de la surface permettra de choisir les capteurs nécessaires pour l'installation de climatisation solaire à absorption, et donc d'optimiser leur surface. Le rendement thermique du capteur est un coefficient important dans les installations solaires, il représente la part d'énergie solaire gratuite dans la consommation d'énergie globale d'une installation de climatisation solaire.

Dans cette partie nous présentons les résultats de plusieurs simulations effectuées sur TRNSYS. Dans chaque simulation, en fonction de la surface du capteur,

de l'ensoleillement et de la température des mois d'Avril et Août 2012 dans les régions soudano-sahéliennes du Cameroun, on calcule l'énergie gagnée par le capteur et aussi l'énergie fournie par le chauffage auxiliaire, on calcule ensuite le rendement du capteur correspondant à cette surface pour les deux technologies à savoir, pour le capteur plan et pour le capteur à tube sous vide à l'aide des TYPE 71 et TYPE538.

En utilisant les modèles des figures 5 et 6 sur TRNSYS, nous obtenons les figures 7 et 8 suivantes :

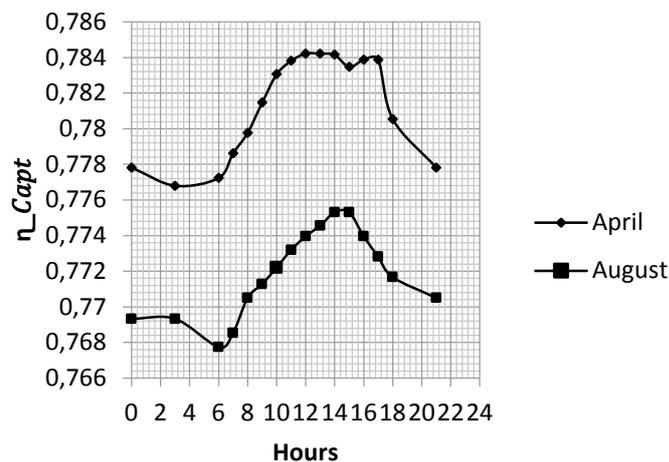


Figure 7 : Evolution du rendement du capteur à tube sous vide en fonction des heures de la journée pour les mois d'Avril et Août dans les régions soudano-sahéliennes du Cameroun.

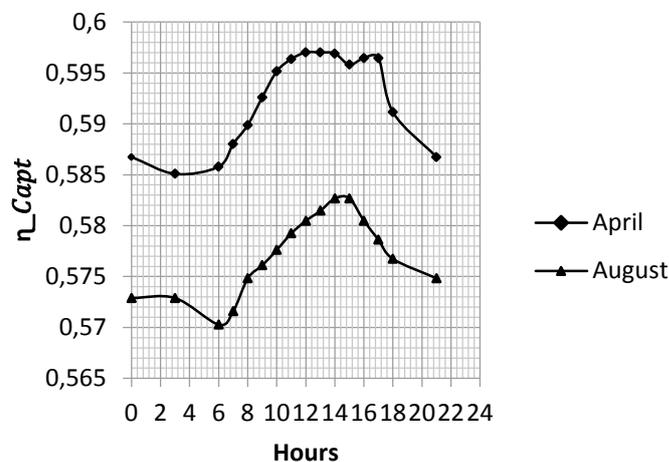


Figure 8 : Evolution du rendement du capteur plan en fonction des heures de la journée pour les mois d'Avril et Août dans les régions soudano-sahéliennes du Cameroun.

La figure 7 ci-dessus présente l'évolution du rendement du capteur à tube sous vide en fonction des heures de la journée pour les mois d'Avril et Août dans les régions soudano-sahéliennes du Cameroun. Nous constatons que, pour les capteurs à tube sous vide, le mois d'Avril a des valeurs plus élevées que le mois d'Août dans ces zones. La figure 8 quant à elle montre l'évolution du rendement du capteur

plan en fonction des heures de la journée pour les mois d'Avril et Août dans les régions soudano-sahéliennes du Cameroun. Nous pouvons constater pour ce capteur que, le mois d'Avril a des valeurs de rendement plus élevées que le mois d'Août. Nous remarquons également que, le capteur à tube sous vide a un rendement compris entre 76,77% à 78,4% pour les deux mois alors que, le capteur plan a un rendement compris entre 57,02% à 59,69%. Ceci nous amène à conclure que, qu'importe la saison ou le climat, les capteurs à tube sous vide ont un rendement plus élevé que les capteurs plans dans ces régions.

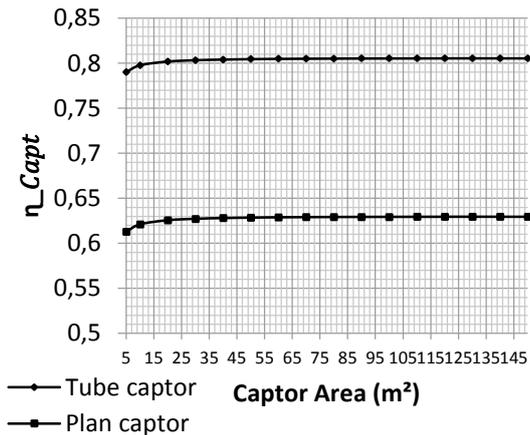


Figure 9 : Evolution du rendement des capteurs plans et à tube sous vide en fonction de leurs surfaces.

La figure 9, présente l'évolution du rendement des capteurs plans et à tube sous vide en fonction de leurs surfaces. Nous constatons que, au fur et en mesure que la surface du capteur augmente, alors le rendement des capteurs tendent à être constants. Par ailleurs nous remarquons que, pour des mêmes températures d'air extérieur, les capteurs à tube sous vide ont un rendement compris entre 79% à 81 %, contre 61% à 63% pour les capteurs plans. Nous pouvons donc dire que le rendement d'un capteur solaire augmente avec la surface du capteur, et à surface très importante, ce rendement devient constant.

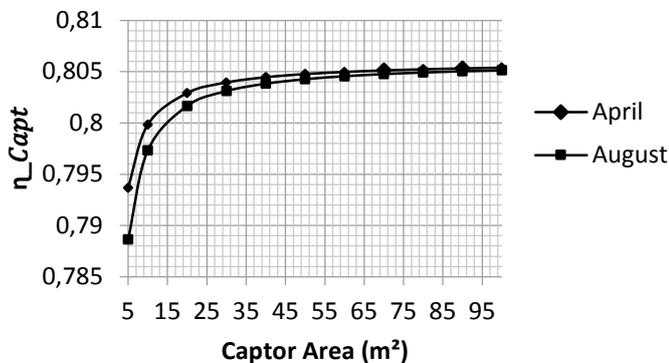


Figure 10 : Evolution du rendement des capteurs plans et en fonction de leurs surfaces pour les mois d'Avril et Août dans les régions soudano-sahéliennes du Cameroun.

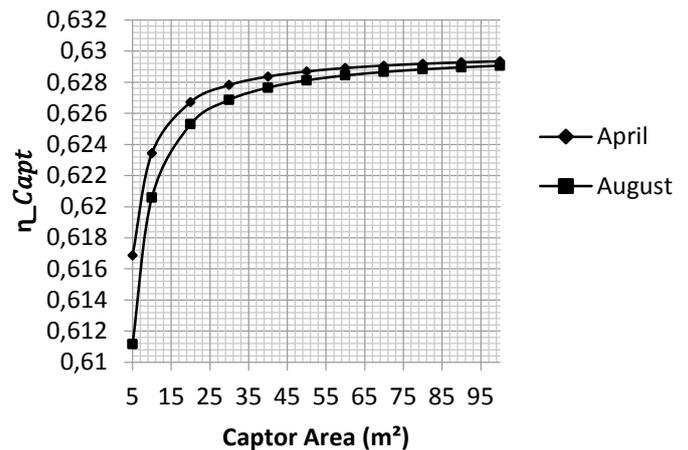


Figure 11 : Evolution du rendement des capteurs plans en fonction de leurs surfaces pour les mois d'Avril et Août dans les régions soudano-sahéliennes du Cameroun.

Les figures 10 et 11 montrent respectivement les évolutions du rendement des capteurs plans et à tubes sous vide en fonction de leurs surfaces dans les régions soudano-sahéliennes du Cameroun. Nous constatons ici encore que, les rendements croît avec l'augmentation de la surface des capteurs, et pour les surfaces importantes nous pouvons noter que les deux capteurs tendent à des valeurs constantes. En générale nous pouvons dire que le rendement d'un capteur solaire dépend des conditions climatiques et météorologiques (Ensoleillement, Températures) de la zone d'étude. Dans notre étude nous pouvons conclure que le capteur à tube sous vide est mieux adapté aux conditions climatiques des régions soudano-sahéliennes du Cameroun par rapport au capteur plan.

Enfin la figure 12, présente l'évolution du rendement des capteurs plans et à tube en fonction de leurs surfaces pour les régions soudano-sahéliennes. Nous remarquons que le capteur plan avec des valeurs comprises entre 61,8 % et 62,93 % a toujours le plus faible rendement par rapport au capteur à tube sous vide qu'importe la surface du capteur. Nous notons aussi que la différence entre ses deux technologies de capteur varie de 17,2 % à 17,9 %, ce qui n'est pas négligeable. En utilisant un capteur à tube sous vide au détriment d'un capteur plan pour notre installation à climatiseur solaire à absorption dans les régions soudano-sahéliennes du Cameroun on pourrai ainsi optimiser le rendement de nos capteur d'une valeur d'environ 17 %.

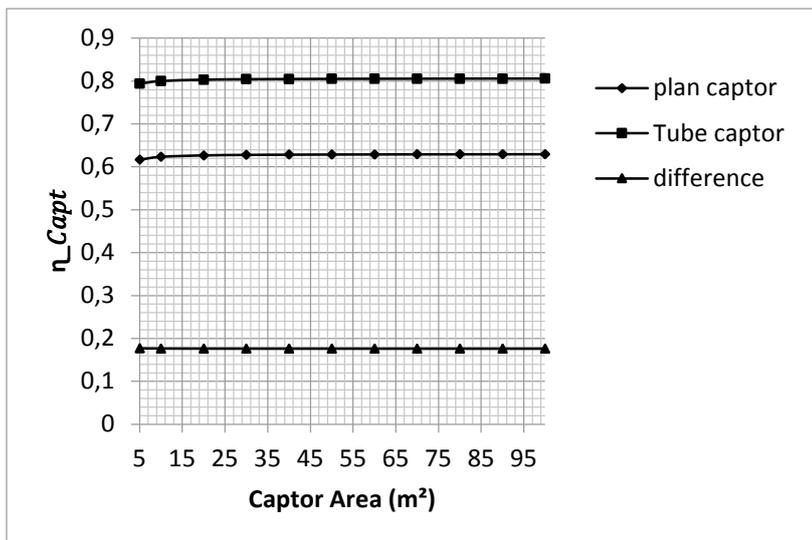


Figure 12 : Evolution du rendement des capteurs plans et à tube en fonction de leurs surfaces pour les régions soudano-sahéliennes du Cameroun.

4. CONCLUSIONS

Dans ce travail, nous avons effectué dans un premier temps une modélisation complète des capteurs solaires. Ensuite nous avons présenté les deux technologies les plus appropriées pour une installation de climatisation solaire dans les régions soudano-sahéliennes du Cameroun à savoir les capteurs solaires plans et les capteurs solaires à tube. Différentes particularités ont été identifiées sur chacune d'entre elles. Tout d'abord, au niveau des températures avec une plage de température variant de 30°C à 150°C pour les capteurs plans et de 50°C à 200°C pour les capteurs à tube. Enfin en utilisant les conditions climatiques (rayonnement solaire et température) des régions soudano-sahéliennes, nous avons effectuées des simulations sur TRNSYS. Dans chaque simulation, en fonction de la surface du capteur, de l'ensoleillement et de la température des mois d'Avril et Août 2012 de la ville de Maroua, on a calculé l'énergie gagnée par le capteur et aussi l'énergie fournie par le chauffage auxiliaire, on a calculé ensuite le rendement du capteur correspondant à cette surface pour les deux technologies à savoir, pour le capteur plan et pour le capteur à tube sous vide à l'aide des TYPE 71 et TYPE538. D'après les résultats que nous avons obtenus, les capteurs à tubes sous vide offrent des meilleurs rendements par rapport aux capteurs plans avec des rendements compris entre 79% et 81 % contre 61,8 % et 62,93 % pour les capteurs solaires plans. Nous notons aussi que la différence entre ses deux technologies de capteur varie de 17,2 % à 17,9 %, ce qui n'est pas négligeable. En conclusion nous pouvons dire qu'en utilisant un capteur à tube sous vide au détriment d'un capteur plan pour notre installation à climatisation solaire à absorption dans les régions soudano-sahéliennes du Cameroun on pourra ainsi optimiser le rendement de nos capteur d'une valeur d'environ 17 %. Dans la suite de nos travaux nous allons effectuer la modélisation du local à climatiser et faire des

simulations du système global de l'installation à climatisation solaire à absorption sur TRNSYS en utilisant les capteurs solaires à tube sous vide qui a les performances les plus favorables pour notre zone d'étude.

REFERENCES

- [1] R.L. Webb, E.R.G. Eckert and R.J. Goldstein, 'Heat Transfer and Friction in Tubes with Repeated Rip Roughness', International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 14, N°4, pp.601 – 617, 1971.
- [2] K.A. Joudi and A.I. Mohamed, 'Experimental Performance of a Solar Air Heater with a 'V' Corrugated Absorber', Energy Conversion and Management, Vol. 26, N°2, pp. 193 – 200, 1986.
- [3] M.R. Zugari and J.J. Vullierne, 'Amélioration des Performances Thermiques d'un Capteur Solaire par l'Utilisation d'une Structure à Lamelles', Entropie, Vol. 29, N°176, pp. 25 – 30, 1993.
- [4] C. Choudhury and H.P. Garg, 'Performance of Air-Heating Collector with Packed Airflow Passage', Solar Energy, Vol. 50, N°3, pp. 205 – 221, 1993.
- [5] H-M. Yed, C-D. Ho and C-Y. Lin, 'The Influence of Collector Aspect Ratio on the Efficiency of Baffled Solar Air Heaters', Energy, Vol. 23, N°1, pp. 11 – 16, 1998.
- [6] K. Prasad and S.C. Mullick, 'Heat Transfer Characteristics of a Solar Air Heater used Drying Purposes', Applied Energy, Vol. 13, pp. 83 – 93, 1985.
- [7] Ye-Di Liu, L.A. Diaz and N.V. Suryanarayana, 'Heat Transfer Enhancement in Air Heating Flat-Plate Solar Collectors', Transaction on the ASME, Journal of Solar Energy Engineering, Vol. 106, pp. 385 – 363, 1984.
- [8] S. Ouard, 'Optimisation des Formes et Disposition d'Obstacles dans la Veine Mobile du Fluide des Capteurs Solaires Plans à Deux Couches d'Air en Vue de la Maximisation du Couple Rendement et Température', Thèse de Doctorat, Université de Valenciennes, France, 1989.
- [9] N. Moumami, S. Youcef-Ali, A. Moumami and J.Y. Desmons, 'Energy Analysis of a Solar Air Collector with Rows of Fins', Renewable Energy, Vol. 29, N°13, pp. 2053 – 2064, 2004.
- [10] S. Youcef-Ali and J.Y. Desmons, 'Numerical and Experimental Study of a Solar Equipped with Offset Rectangular Plate Fin Absorber Plate', Renewable Energy, Vol. 31, N°13, pp. 2063 – 2075, 2006.
- [11] K. Aouès, N. Moumami, A. Moumami, Z. Zellouf, A. Labeled and E. Achouri, 'Amélioration des performances thermiques d'un capteur solaire plan à

air: *Etude expérimentale dans la région de Biskra*, Revue des Energies Renouvelables, Vol. 12, N°2, pp. 237 – 248, 2009.

- [12] A. N. Ngueche Chedop, N. Djongyang and A. Zaatri. ‘*Modelling of the performance of a solar electric-vapor compression refrigeration system in dry tropical regions*’. International Journal of Science and Research, Vol. 3, N°11, pp. 1066 – 1076, 2014.
- [13] Noël Djongyang, René Tchinda, Donatien Njomo. ‘*Estimation of some comfort parameters for sleeping environments in dry-tropical sub-Saharan Africa region*’. Energy Conversion and Management, 58 (2012), P.110-119.
- [14] G. Bouhelal, ‘*L’utilisation de l’énergie solaire pour les besoins de la climatisation*’, Mémoire de master, Université Abou Bekr Belkaid - Tlemcen, Algérie, 2012.
- [15] M. Bekkouche, ‘*Modélisation du Comportement Thermique de Quelques Dispositifs Solaires*’, Thèse de Doctorat, Université Abou Bekr Belkaid - Tlemcen, Algérie, 2009.
- [16] K. Aouès, N. Moummi, A. Moummi, Z. Zellouf, A. Labed and E. Achouri, ‘*Etude de l’Influence des Rugosités Artificielles sur les Performances Thermiques des Capteurs Solaires Plans à Air*’, Revue des Energies Renouvelables, Vol. 11, N°2, pp. 219 – 227, 2008.