

Etude de la Rentabilité d'une Installation Solaire de Chauffage d'Eau Collective Application à Différents Sites Algériens

S.Sami-Mecheri¹, A.Hamid², N. Ait Messaoudenne² et M. Belhamel¹

¹ Centre de Recherche de Développement des Energies Renouvelables(CDER)

² Institut de Génie Mécanique, Université Saad Dahleb de Blida

Résumé - L'objet de ce travail consiste à élaborer un modèle mathématique pour la détermination des surfaces optimales des installations solaires de chauffage d'eau collectif. Le critère d'optimisation est la minimisation du coût total de l'installation. Ceci en tenant compte, non seulement des coûts des différents composants et du prix de l'énergie conventionnelle consommée par le système d'appoint, mais aussi des performances thermiques de l'installation à partir de la méthode F-Chart. Le modèle nous a permis de voir l'influence du coût de capteur et du prix de l'énergie conventionnelle sur les surfaces optimales des différents sites Algériens.

Abstract - The most important concern in the design of active solar/auxiliary heating systems is the optimal solar collector area which is defined as the area that optimises the system from both economic . this area is the result of a cost- benefit approach. The cost of the solar system and benefits of saving of the cost of auxiliary fuel accruing from the installation of the system.

In this work we introduced a mathematical model for the determination of optimal collector area of the solar installations of collective water heating. This method is based on a minimisation of the total cost of the installation. This by holding account, not only costs of the various components and price of the conventional energy consumed by the auxiliary system, but also of the thermal performances of the installation starting from the F-Chart method.

Mots-clés : Système solaire, système d'appoint, dimensionnement, fraction solaire, surface optimale .

1. INTRODUCTION

Il est presque impossible de pouvoir chauffer l'eau sanitaire uniquement avec l'énergie solaire. Il en résulterait une installation beaucoup trop surdimensionnée le reste de l'année. Pour combler ce déficit en énergie solaire, on doit faire appel à une seconde source de chaleur traditionnelle , donc un système d'appoint doit assumer à long terme les besoins en chauffage dans les longues périodes sans ensoleillement. Cette étude fait l'objet de développement d'un modèle mathématique pour l'optimisation des installations solaires collectives et voir l'influence des différents coûts sur la taille de la surface de captation et de l'étude de l'influence du système d'appoint et du coût de l'énergie conventionnelle sur le champs de captation d'une installation solaire de chauffage d'eau collective pour différents sites Algériens Cette étude est structurée suivant le zonage climatique établi par Borel [3], ce dernier définit les différentes zones climatiques dont nous avons tenu compte dans ce travail.

2. MODELISATION MATHÉMATIQUE

2.1 . Méthode d'optimisation

La surface optimum peut être déterminée en résolvant l'équation suivante[2]:

$$\frac{dC_{TOTAL}}{dA_C} = 0 \quad (1)$$

Où G_{TOTAL} représente le coût annuel d'une installation d'un système solaire qui est donné par l'expression suivante [2]

$$C_{TOTAL} = (C_C A_C + C_T b A_C + C_g A_C)I + Q_{aux} C_F + M \quad (2)$$

$$I = \frac{i(1+i)^n}{[(1+i)^n - 1]}$$

L'énergie du système d'appoint est donnée par l'expression suivante:[1]

$$Q_{aux} = (1-F).L \quad (3)$$

F représente la fraction de satisfaction mensuelle des besoins énergétiques grâce à l'apport solaire[1]

L représente les besoins journaliers en eau chaude

$$L = C_P N M_L (T_{BES} - T_{RES}) \quad (4)$$

L'énergie consommée par le système d'appoint est donnée aussi par l'expression suivante:

$$Q_{aux} = Q_m \exp(-1 A_C) \quad (5)$$

Les paramètres λ et Q_m sont les caractéristiques du système d'appoint

Le rapport direct entre Q_{aux} et A_C nous permet de déterminer A_P qui est donnée par la formule suivante:[2]

$$A_P = \frac{1}{i} \ln \left[\frac{Q_m C_F I}{(C_C + b C_T + C_g) I} \right] \quad (6)$$

Où A_P est la surface optimum du capteur. Les deux paramètres et les facteurs économiques influent sur sa valeur

- C_C : coût du capteur par unité de surface (DA/ m²)
- C_T : coût de la cuve de stockage par unité de volume (DA/ m³)
- C_γ : coût des éléments reliés directement au capteur (DA/ m²)
- C_F : le coût par unité de l'énergie d'appoint (DA/ kWh)
- i : le taux d'intérêt annuel
- n : le nombre d'années de paiement

3. RESULTATS ET INTERPRETATION

Cette étude est structurée suivant le zonage climatique établi par Borel [3], ce dernier définit les différentes zones climatiques dont nous avons tenu compte dans ce travail.

Il définit pour l'Algérie les zones suivantes:

- 4 zones climatiques et une sous zone au Nord.
- 3 zones climatiques au Sud.

Pour notre étude nous avons pris une ville de chaque zone.

Tableau 1 : Les différentes zones climatiques

Zone	A	B	B'	C	D1	D2	D3
Site	Bouzaréah	Tlemcen	Chlef	Batna	Biskra	Adrar	Tamanrasset
Latitude	36° 48'	34° 53'	36° 10'	35° 34'	34° 51'	27° 52'	22° 42'
Longitude	2° 53' E	1° 19' W	1° 21' E	6° 11' E	5° 44' E	0° 17' W	5° 31' E
Altitude	300 m	806 m	112 m	1040 m	124 m	286 m	1400 m

Pour le calcul de la fraction solaire F nous avons eu besoin des températures ambiantes mensuelles moyennes [4] d'où le tableau suivant :

Tableau 2 : Température ambiante moyenne mensuelle

Mois/temp amb(°c)	Adrar	Batna	Biskra	Chlef	Bouzareah	Tamanrasset	Tlemcen
Janvier	12.4247500	7.61247521	11.9249806	10.4278571	10.9808146	7.60671250	9.82864958
Février	15,5201544	14.4727454	13.7674310	11.7174779	11.7680754	14.4665706	10.8167254
Mars	19.3190023	17.5691548	16.4667408	13.3652292	12.6646225	17.5657700	13.5653256
Avril	23.9196652	22.4211900	19.8681917	15.9157340	14.3643850	22.4166129	15.7150727
Mai	27.7676038	26.3680806	24.2663296	19.2137169	17.0121890	26.3647265	17.1621308
Juin	33.6617633	28.8577306	29.9581385	24.7572621	21.1557758	28.8590935	22.2567985
Juillet	35.8505748	28.6930040	33.1919815	28.8452213	24.4941942	28.7007658	24.7469474
Août	35.4967256	28.3395394	32.4371760	28.7291288	24.6914531	28.3479677	24.6941256
Septembre	31.4988388	26.4921810	28.1402044	25.1459754	22.7946298	26.4989225	23.5468298
Octobre	24.6069852	22.7025946	21.9992294	20.0035933	18.9532754	22.7046908	19.0564319
Novembre	17.4684348	17.0233733	16.1132890	14.6186504	14.7698373	17.0132500	15.4687250
Décembre	13.6268785	13.8421660	12.7757273	11.7779694	12.4823996	13.8196260	11.8294850

Nous avons déterminé la surface optimale en fonction du lieu d'implantation de l'installation et de ses différents composants dont les valeurs sont les suivants :

- $C_T = 8000$ DA/ m³
- $C_Y = 250$ DA/ m²
- $C_F = 3,611$ DA/kWh
- $I = 0.125$ ($i = 11\%$; $n = 20$ ans)
- $b = 0.06$ m²

Le paramètre C_c qui est le coût du capteur n'est pas fixé, nous l'avons fait varier pour étudier son influence sur l'optimisation des surfaces de captation

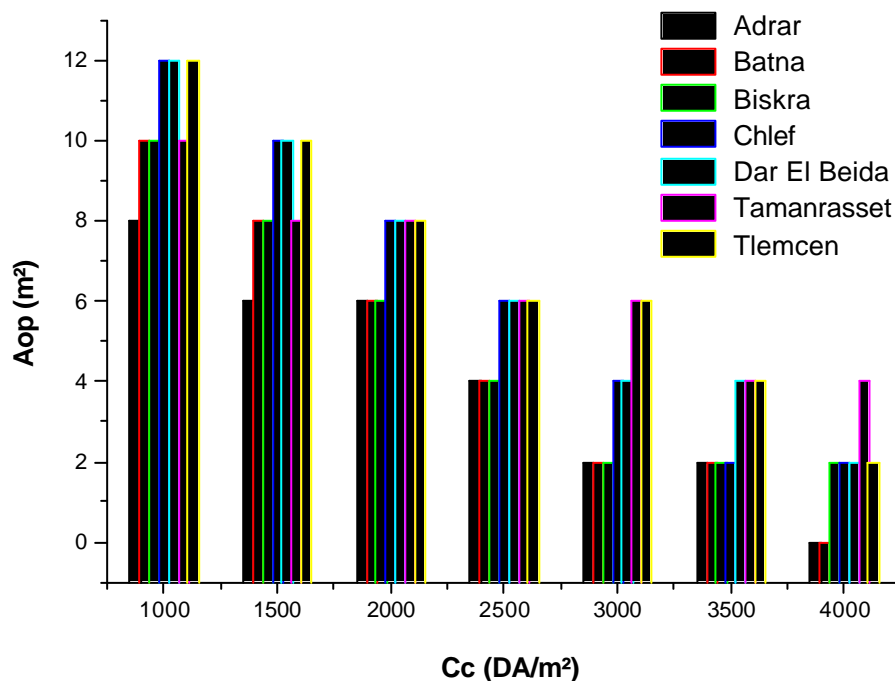


Fig.1 : Variation de la surface de captation en fonction du coût du capteur

Nous avons aussi fait varier le coût de l'énergie d'appoint pour différents coûts de capteurs C_c pour voir son influence sur notre étude d'où la série de graphes suivante :

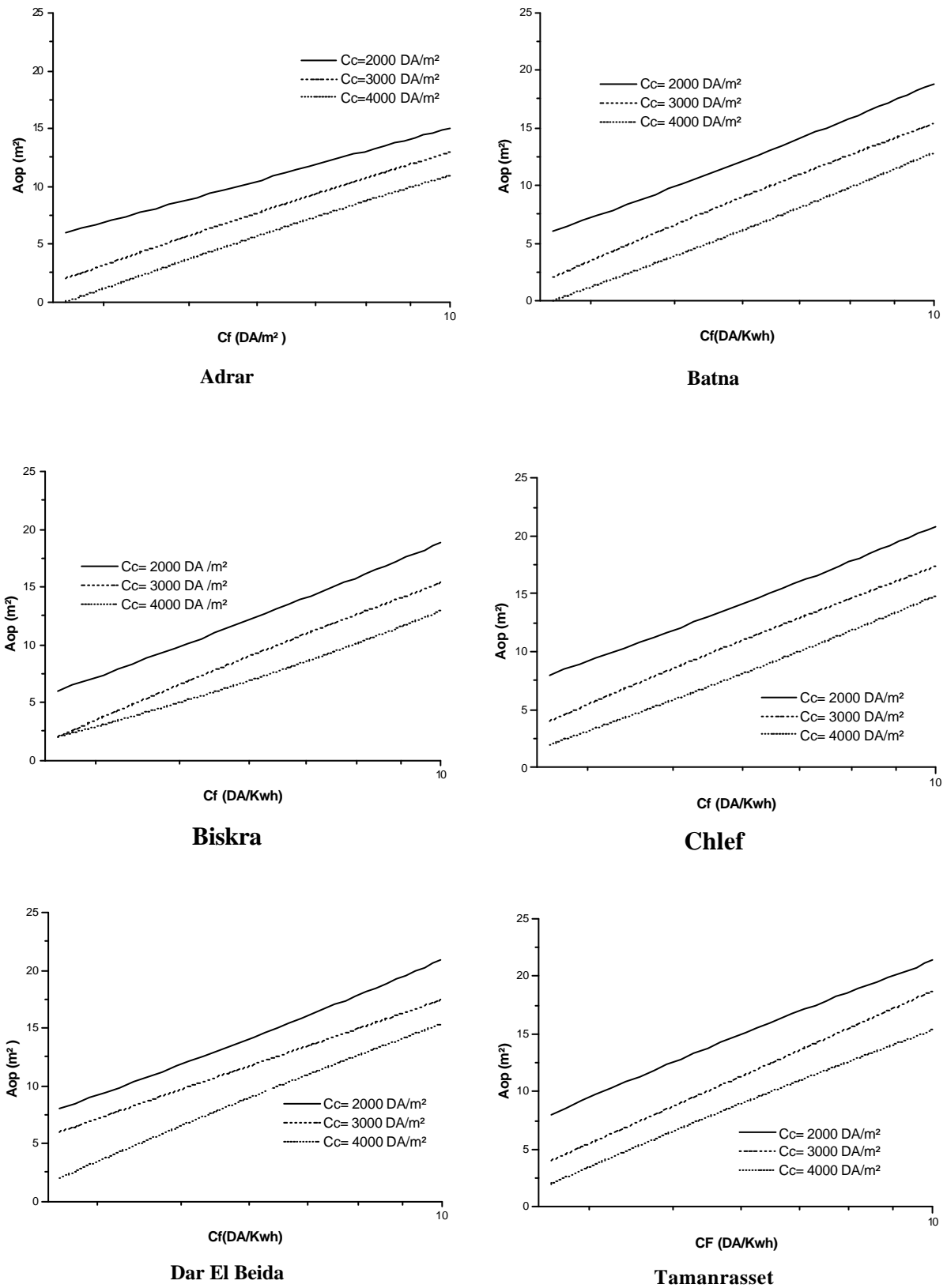


Fig.2 : Surface optimale en fonction du coût de l'énergie d'appoint pour différents coûts de capteur

On remarque que le coût du capteur et de l'énergie conventionnelle sont des paramètres variables influant sur la surface optimale A_{op} , la figure 2 montre l'intérêt pratique d'une telle étude. La figure permet de déterminer rapidement le changement provoqué dans la surface de captation optimale A_{op} quand on alterne ces deux coûts, car en faisant varier et augmenter C_f le coût de l'énergie d'appoint les surfaces optimales deviennent plus importantes. On en déduit que le coût du système d'appoint influe énormément sur la surface de captation et on remarque qu'avec les coûts actuels pour certaines zones il est préférable d'utiliser l'énergie conventionnelle que l'énergie solaire. Pour la figure 1, on remarque qu'il y a une relation proportionnelle entre la surface de captation et le coût du capteur donc plus le coût du capteur augmente plus la surface de captation A_{op} diminue. La remarque qui peut être faite pour le paramètre C_c , c'est que sachant que le coût du capteur actuellement sur le marché vaut plus de 6000 DA/m² de capteur, l'énergie solaire n'est compétitive qu'à des prix plus bas.

4. CONCLUSION

Nous constatons donc qu'avec les coûts actuels des capteurs l'investissement n'est pas rentable et le solaire n'est pas du tout compétitif.

En plus de la figure 2 montre l'intérêt pratique de cette étude car en traçant la surface optimale en fonction du coût de l'énergie d'appoint on peut prévoir facilement la rentabilité de l'utilisation d'un système solaire et ceci à long terme en plus ceci rend plus favorable le fait de persuader les utilisateurs et les décideurs de s'intéresser de plus près à cette énergie inépuisable.

Sachant aussi que les indices économiques prévisionnels montrent qu'au delà de 2020, les ressources fossiles ne seront destinées qu'au marché intérieur. L'option la plus plausible est le développement des différentes filières énergétiques (en particulier l'énergie solaire). Des moyens importants doivent être déployés. Outre l'environnement économique et social une action de l'état envers cette filière d'énergie par des mesures incitatives permettra son développement et sa diffusion dont les avantages tant économiques qu'écologiques ont été déjà vérifiés.

REFERENCES

- [1] S.Sami , A.Hamid, D.Lafri et D.Semmar, "optimisation des surfaces de captation des installations solaires de chauffage d'eau collectif", CHEMSS 2000 - Alger 13-15 Mai 2000
- [2] A.Hamid,S.Sami ,D.Lafri et D.Semmar, "study and realization of a solar water heating installations for different remote sites of Algeria", Sharika- emirats arabes unis 2001
- [3] Djenas Samia, PFE (C.S.T.B 1984), "Elaboration des zones climatiques en Algérie"
- [4] John A.Duffie, William A. Beckman/ 2nd ED 1996, "Solar engineering of thermal processes"