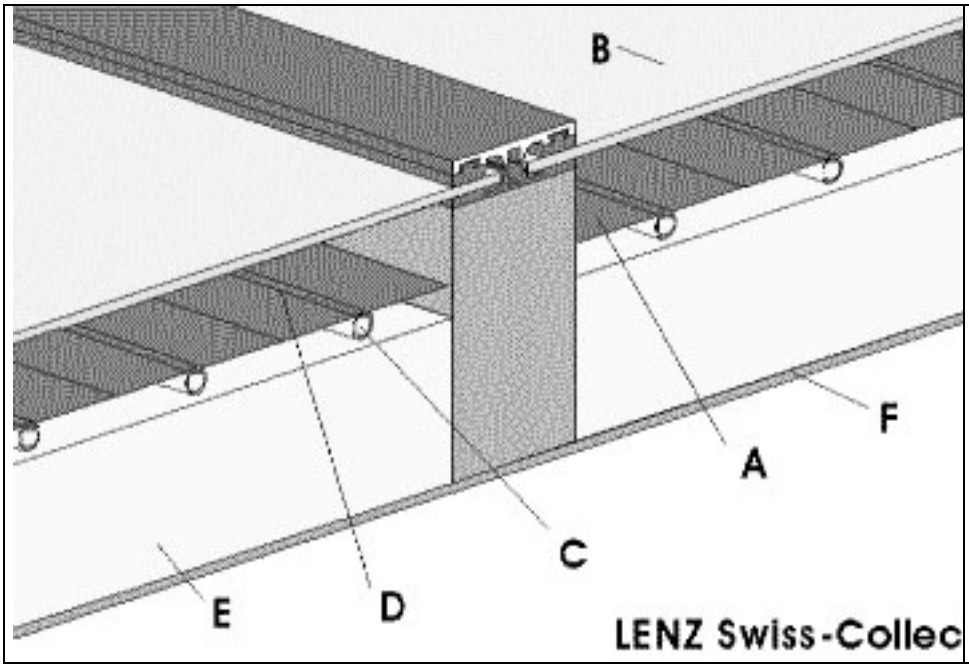
Annexe 4 : capteurs solaires

I. description physique

Les 31.3 m² de collecteurs solaires constituent le système principal de production de la chaleur dans le concept énergétique de RENOVA. Ils ont été parfaitement intégrés à la toiture. Leurs caractéristiques sont :

Données techniques :	Marque :	Lenz
	Type :	Swiss Collector
	No test SPF :	180
	Poids à vide:	18.9 kg
	Contenu en eau :	0.54 [l/m2]
	Absorbeur :	chrome noir sélectif
	Poids de l'absorbeur :	3.7 [Kg/m2]

La coupe schématique de la figure 1 donne les détails constructifs du capteur :



A : absorbeur selectif (chrome noir)

B : verre trempé

C : tubes cuivre

D : soudures lazer

E : isolation (laine minérale 60mm)

F : boîtier

Figure 1 : coupe schématique du capteur

Intégration des capteurs :

Les collecteurs solaires constituent la toiture de la nouvelle partie de la maison :

Surface active:	31,3 m² intégrés en toiture
Orientation:	sud
Inclinaison:	30°
Diamètre tubes :	cuivre lisse 27 mm
Longueur tubes :	40 m
Débit :	1 [m3/h] correspondant à 30 [l/m²h]

Les figures 2 et 3 montrent la très bonne intégration des capteurs en toiture, la figure 4 les deux champs de capteurs parallèles montés en série :

Figure 2 : montage des capteurs en toiture

Figure 3 : parfaite intégration des capteurs en toiture

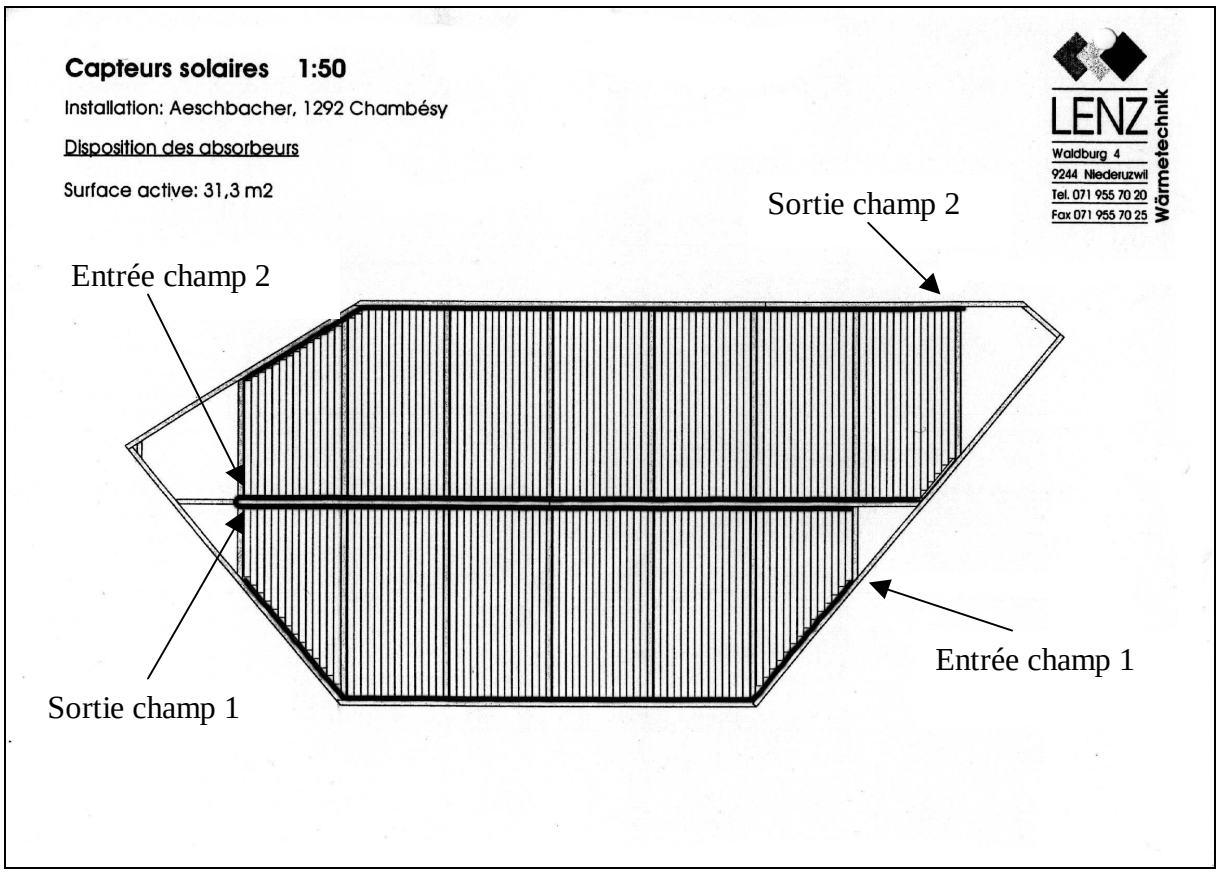


Figure 4 : plan des capteurs avec raccordement « double parallèle »

II. description du fonctionnement

Les graphiques des figures 5 et 6 et le tableau 7 montrent l'évolution des températures à l'entrée et à la sortie des capteurs (Tsola et Tsolr) et de la chaleur produite (Psolaire) pendant deux belles journées du mois de mars (12 et 13 mars 1999).

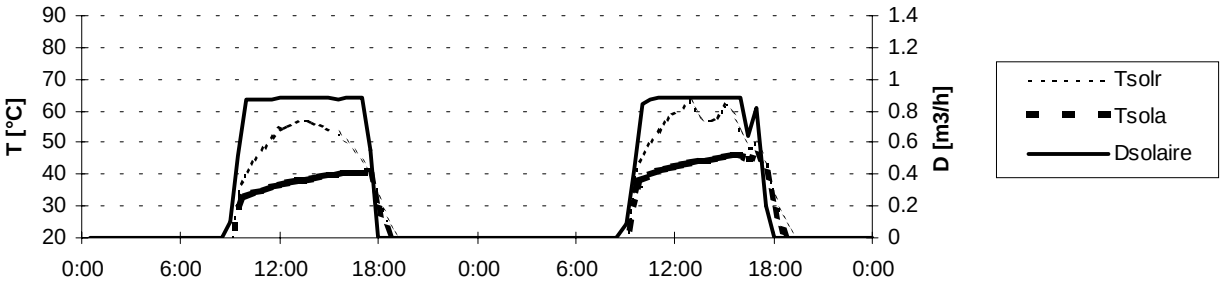


Figure 5 : températures et débits capteurs

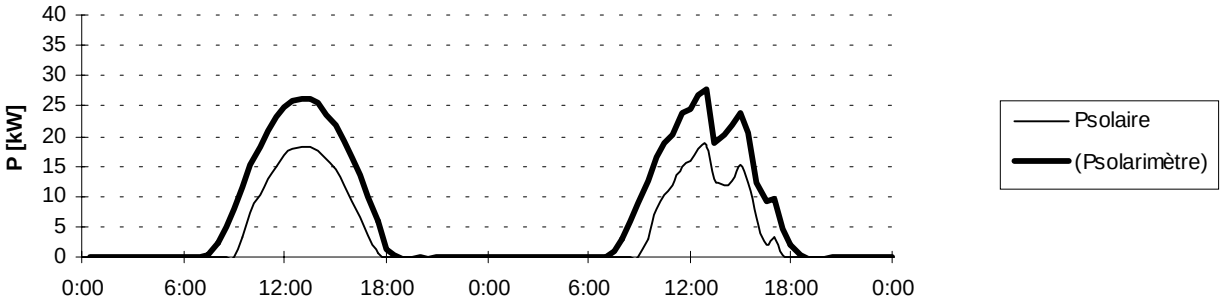


Figure 6 : énergie solaire et énergie produite

	12-mars	13-mars
Esolarimètre [MJ] :	644.8	622.8
Esolaire [MJ] :	359.7	318.0
Rendement solaire % :	55.8	51.1

Figure 7 : énergie produite et rendement solaire

La régulation standard a fonctionné de façon parfaite ; aucun problème n'a été relevé pendant les deux années de mesure malgré la grande surface relative (15 m² par occupant). L'installation est soigneusement suivie, la production des collecteurs étant relevées systématiquement par le propriétaire chaque soir.

III. Efficacité

Des valeurs du rendement optique η_0, des coefficients de transferts thermiques K_0 et K_1, et de la capacité d'un mètre carré d'absorbeur ont été obtenues grâce aux valeurs semi-horaires mesurées pendant deux ans, autour de midi solaire (faible angle d'incidence). L'expression retenue pour le rendement des collecteurs est la classique :

$$Q / G\,t = \eta_0 - K_0\,\Delta T / G - K_1\,\Delta T^2 / G - C\,\Delta T_C / G\,t$$

avec :

- t = 30 minutes
- ΔT = $T_{absorbeur} - T_{extérieure}$ [K]
- ΔT_c = variation de température de l'absorbeur pendant la période de mesure [K]
- η_0 = rendement optique
- Q = énergie solaire produite [J/m^2]
- G = puissance du rayonnement solaire [W/m^2]
- K_0 = coefficient de pertes thermiques [W/m^{2}K]
- K_1 = coefficient de pertes thermiques du 2èmeordre, [W/m^{2}K^2]
- C = capacité des capteurs y compris plomberie [J/m^{2}K]

Le tableau de la figure 8 nous donne les résultats de la régression multilinéaire sur le rendement:

	rendement optique η_0	K_0 [W/m^2K]	K_1 [W/m^2K^2]	C [kJ/m^2K]
valeur moyenne	0.90 ± 0.03	5.11 ± 0.3 *	0.0095 ± 0.003 *	19.2 ± 3 *
Test Rapperswill	0.83	3.6	0.012	-
mesure de nuit	-	4.95* pour ΔT entre 15 et 20°C		16.3

* y compris plomberie

Figure 8: Paramètres des collecteurs, données 30' sur 2 ans, 11h – 14h.

Le rendement optique obtenu est plus grand que celui mesuré par le test officiel réalisé par le technikum Rapperswill [2]. Ceci est dû en partie aux vitrages spéciaux, mais aussi aux conditions de mesures (pas de points avec un faible écart en température). De façon symétrique, le coefficient K mesuré est plus grand que celui mesuré par le technikum, même en tenant compte de la plomberie. Une expérience de nuit, par circulation d'eau chaude dans la boucle solaire vient toutefois confirmer un coefficient de transfert thermique proche de 5 (4.95 W/Km^2), contre 5.25 W/Km^2 pour ΔT= 15K. La constante de temps de refroidissement de la boucle en circulation a permis également la mesure de capacité C= 16.3 kJ/Km^2, valeur juste compatible avec celle déterminée de jour (19±3 kJ/Km^2) et avec un calcul à partir des matériaux constitutifs.

De manière simplifiée, le modèle $Q / G = \eta - K\Delta T / G$ nous permet de retrouver graphiquement un rendement optique de 92% et un coefficient K de 6 [W/Km2] (fig. 9).

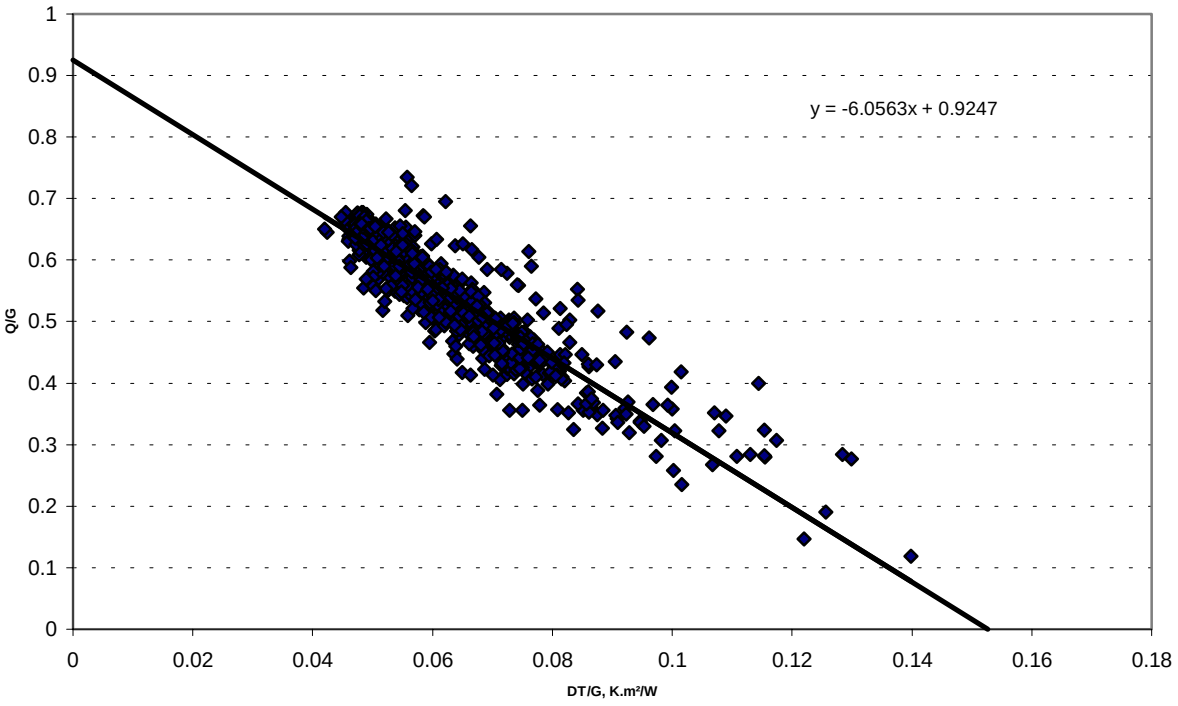


Figure 9 : $Q / G = \eta - K\Delta T / G$

De manière plus générale, les mesures effectuées du 1er juin 1997 au 31 mai 1998 sur la boucle solaire nous ont permis de tracer le diagramme entrée-sortie des capteurs (fig. 10).

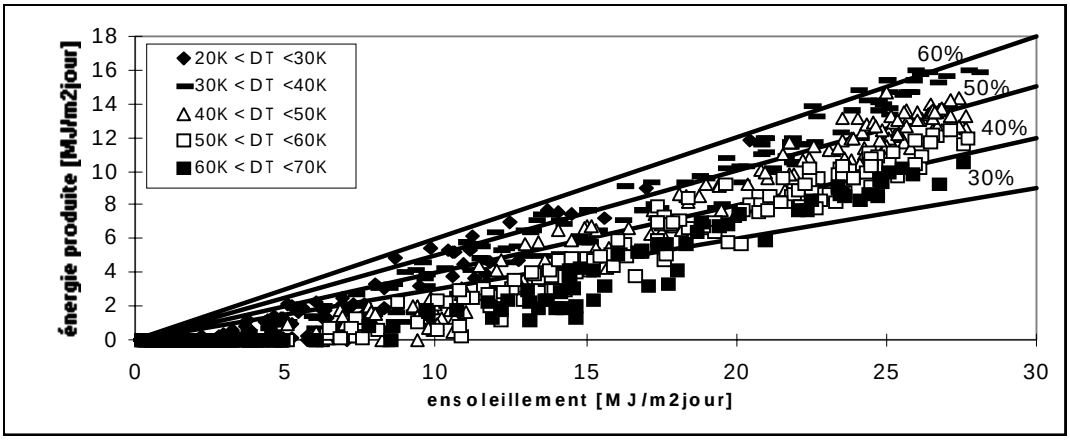


Figure 10: diagramme entrée- sortie quotidienne des capteurs

Le rendement journalier du système solaire, directement dépendant de la température de la cuve, est supérieur à 50% en été lorsque la température de la cuve est maintenue inférieure à 60°C, par évacuation du surplus de chaleur dans le stockage en terre. Il se maintient entre 30% et 40% en automne lorsque la température de la cuve dépasse les 60°C et que le ΔT (Tabs-Text) dépasse les 50K. Ces valeurs sont excellentes et montrent le parfait fonctionnement du système solaire.

IV. bilan énergétique

La productivité moyenne des collecteurs solaires entre juillet 97 et juin 99 a été de 57 311 MJ/an, soit 509 kWh /m². an, ce qui correspond à un rendement de 38%. Toute cette chaleur a été cédée au stock à eau pour servir soit au chauffage, soit à la production d'eau chaude.
Le bilan énergétique des capteurs sera détaillé en annexe 6 (accumulateur de chaleur). Notons déjà à ce stade que le solaire a fourni toute la chaleur nécessaire à la production d'eau chaude sanitaire.