

**Zeitschrift:** Ingénieurs et architectes suisses  
**Band:** 105 (1979)  
**Heft:** 16

**Artikel:** Installation de captage d'énergie solaire: bilan d'une année d'exploitation à l'Hôtel du Rhône (GE)  
**Autor:** Renaud, Jean-Pierre / Roux, Dominique / Noël, Michel  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-73848>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 30.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Installation de captage d'énergie solaire

## Bilan d'une année d'exploitation à l'Hôtel du Rhône (GE)

par Jean-Pierre Renaud, Dominique Roux et Michel Noël, Genève

Après que la décision fut prise en avril 1978 par la direction de l'Hôtel du Rhône d'intégrer un équipement solaire au complexe, environ deux mois furent consacrés au montage de l'installation.

Dès le 15 juin de la même année, les essais débutèrent et l'équipement de captage fut réellement en service à fin juin-début juillet 1978, date des premiers relevés journaliers d'exploitation.

Le but du présent article est de présenter expériences et conclusion après comparaison systématique entre les résultats réels d'exploitation et les performances calculées, le tout mis en regard des conditions météorologiques lors de la même période.

A de longs développements, on a préféré l'utilisation de tableaux assortis de commentaires, moyen pratique mettant rapidement en évidence les résultats obtenus.

### 1. Rappel des caractéristiques

Toute la toiture plate disponible a été recouverte de 308 capteurs modulaires assemblés en 10 bancs, totalisant une surface utile de 203 m<sup>2</sup>, soit une des plus importantes de Suisse.

Les capteurs sont du type simple vitrage, avec tubes en cuivre et absorbeur en aluminium non sélectif.

Un accumulateur existant de 6000 litres ainsi que son échangeur de chaleur ont été raccordés aux capteurs, alors que le circuit d'eau potable était monté en série avec deux autres bouilleurs dont les échangeurs sont raccordés sur une production d'énergie classique au mazout (fig. 1).

Il faut donc noter que :

- la surface disponible n'est pas suffisante pour couvrir les besoins à 100 % même pour une très belle journée.
- le stock de 6000 litres est consommé 4 fois par jour.

Il en résulte que la température dans le circuit des capteurs est toujours relativement basse et que le rendement est favorable.

Par les plus beaux jours d'été, la température n'a que rarement dépassé 55°C dans le circuit primaire.

Les collecteurs solaires sont orientés plein sud en étant parallèles aux parapets de la toiture-terrasse. Une inclinaison de 30° les rend invisibles de l'environnement tout en permettant une bonne exploitation annuelle (fig. 2).

Il est brièvement rappelé qu'un complexe hôtelier, important consommateur d'eau chaude, représente une application idéale pour un équipement solaire actif.

#### Consommation d'eau chaude sanitaire :

L'établissement de 440 lits consomme journalièrement 40 000 litres d'eau chaude, dont 25 000 litres sont produits par la chaufferie principale, soit celle qui nous intéresse.

L'allure de la consommation a été relevée précisément. Des crêtes apparaissent

entre 8 et 10 h. ainsi qu'à 14 et 19 h., le soutirage étant quasiment permanent entre 7 et 20 h.

Mise en regard de la consommation annuelle globale de combustible (avant juillet 1978) qui est environ de 700 000 litres de mazout léger, la part représentant l'eau chaude sanitaire se monte à environ 130 000 litres, soit le 19 %. Ce quota est représentatif des besoins en énergie pour l'eau chaude domestique dans les hôtels de premier ordre.

Il faut donc comparer le taux de couverture par l'équipement solaire avec les besoins assurés par la chaufferie principale qui traite 25 des 40 m<sup>3</sup>/jour d'eau chaude soit l'équivalent thermique annuel de 530 000 kWh.

### 2. Expérience d'exploitation

Il faut d'emblée signaler qu'à ce jour aucun incident, fût-il mineur, n'est encore apparu tant sur les circuits qu'au niveau des collecteurs. Ce préambule paraît important dans la mesure où l'énergie solaire en général est souvent suspectée d'un défaut de fiabilité comparée aux équipements connus.

Les tableaux ci-après ont été établis par le truchement de relevés journaliers effectués scrupuleusement par l'équipe de maintenance de l'Hôtel du Rhône. Il est évident que la constante collaboration du maître de l'ouvrage a facilité la

TABLEAU I : Heures d'exploitation

Mois	Heures mensuelles	Moyenne pondérée journalière
Juillet	78 435 h.	14,0 h.
Août	78 369 h.	11,9 h.
Sept.	78 310 h.	10,3 h.
Octobre	78 186 h.	6,0 h.
Novembre	78 98 h.	3,2 h.
Décembre	78 101 h.	3,6 h.
Janvier	79 67 h.	2,2 h.
Février	79 207 h.	7,4 h.
Mars	79 182 h.	5,8 h.
Avril	79 224 h.	7,4 h.
Mai	79 497 h.	16,0 h.
Juin	79 325 h.	10,7 h.
Total	3001 h.	8,2 h.

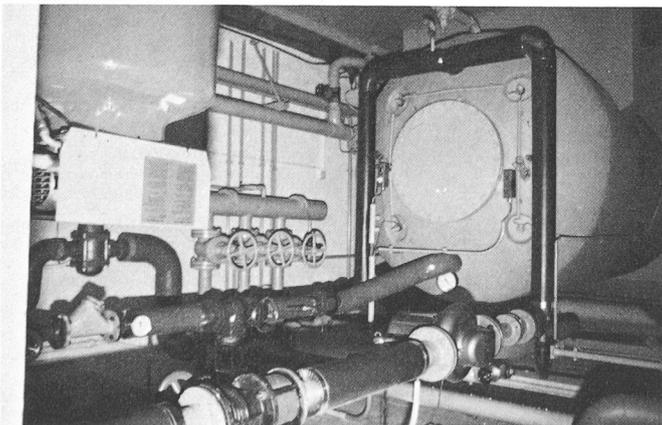


Fig. 1. — Raccordement sur l'installation existante.

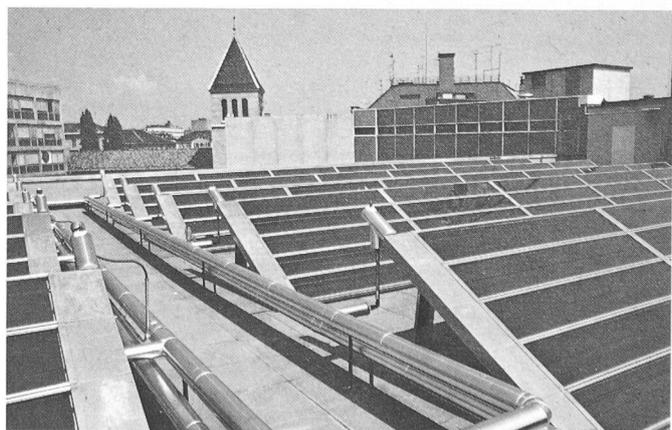


Fig. 2. — Disposition des capteurs.

tâche des ingénieurs, notamment au moment de dresser ce premier bilan. Le temps exact de fonctionnement est mesuré grâce à un compteur d'heures connecté à la pompe de circulation.

A l'analyse de ce tableau, il ressort que :

- la moyenne journalière est ramenée à tous les jours du mois (28-30-31 j.). Il faut en tenir compte lors de l'interprétation du tableau, notamment en hiver, où l'installation peut demeurer plusieurs jours hors service.
- le total des heures de fonctionnement pendant les 12 mois a dépassé 3000 heures alors que l'on a enregistré 1713 heures d'ensoleillement. Cette différence de 1288 heures met en évidence l'importance non négligeable du rayonnement diffus. A ce propos, on peut conclure que les capteurs plans sont donc bien adaptés aux régions à couverture nuageuse peu dense mais fréquente, telle que le stratus.

### 3. Performances

#### 3.1 Météorologie

Les relevés du Service climatologie de la Suisse romande/Centre météorologique de Genève-Aéroport permettent de dresser le tableau II.

L'analyse de ce tableau montre que l'année écoulée est nettement déficitaire par rapport à la statistique, base du programme de calcul des performances. Le corollaire immédiat est que cette moins-value sur l'ensoleillement se reporte sur le rendement réel de captation.

#### 3.2 Energie récupérée (tableau III)

Un compteur de chaleur installé sur le circuit collecteurs solaires-accumulateur permet de relever les quantités d'énergie soutirées au soleil.

A ce propos, il faut noter qu'un appareil de ce genre n'enregistre pas fidèlement les faibles écarts de température, ces derniers d'ailleurs souvent se présentent lors d'ensoleillements moyens ou faibles. A posteriori, il est possible d'affirmer qu'avec un  $\Delta t$  oscillant entre 1 et 3°C au primaire, alors que les sondes différentielles maintenaient le système en exploitation, l'énergie récupérée n'était enregistrée que partiellement par l'appareil de comptage.

Ce défaut, qui peut être estimé entre 5 et 10 % du total mesuré, n'a pas été intégré dans les résultats du tableau III, donc les résultats sont plutôt sous-évalués.

Afin de ne pas alourdir les frais d'investissement consentis, l'échangeur existant a été maintenu bien que sa surface (17 m<sup>2</sup>) soit très inférieure à celle requise idéalement (environ 40 à 45 m<sup>2</sup>).

Ce sous-dimensionnement influe bien sûr sur le rendement général d'échange circuit solaire-accumulation.

TABLEAU II : Heures d'ensoleillement et température moyennes journalières selon les mois

Mois	Ensoleillement		Différence %	Température moyenne météo
	Relevés météo	Moyennes statistiques 1900-1960		
Juillet 78	7,10	9,51	-25 %	17,6°C
Août 78	7,50	8,76	-14 %	16,4°C
Septembre 78	7,20	6,58	+ 8,6 %	14,0°C
Octobre 78	4,20	4,10	+ 2,3 %	8,5°C
Novembre 78	1,70	2,21	-23 %	3,7°C
Décembre 78	1,30	1,43	- 9 %	3,2°C
Janvier 79	2,20	1,84	+16,4 %	-1,1°C
Février 79	2,00	3,56	-44 %	4,0°C
Mars 79	2,20	5,08	-57 %	6,1°C
Avril 79	5,30	6,43	-17,6 %	7,3°C
Mai 79	7,48	7,77	- 3,7 %	12,7°C
Juin 79	8,00	8,89	-10,0 %	17,0°C
Total	1713 h/an	2016 h/an	-15,0 %	9,1°C

TABLEAU III : Energie mensuelle récupérée en kWh (mesures au compteur)

Mois	Energie mesurée		Energie calculée sur base des statistiques mensuelles	Différence %
	globale mensuelle	kWh/m <sup>2</sup> /jour		
Juillet 78	16 620	2,64	21 195	-22 %
Août 78	14 780	2,35	19 650	-25 %
Septembre 78	15 220	2,50	14 541	+ 4,5 %
Octobre 78	6 680	1,06	8 710	-23 %
Novembre 78	1 930	0,31	3 344	-42 %
Décembre 78	1 840	0,29	1 407	+24 %
Janvier 79	1 700	0,27	2 204	-23 %
Février 79	3 120	0,55	5 562	-44 %
Mars 79	4 900	0,78	11 080	-56 %
Avril 79	10 950	1,80	15 107	-28 %
Mai 79	14 490	2,30	18 844	-23 %
Juin 79	14 500	2,38	19 970	-31 %
Total	106 730	1,44 (Moyenne)	141 615	-24,6 % (Moyenne)

Si les résultats des tableaux II et III sont mis en parallèle, il est observé qu'à part les mois d'octobre, décembre 1978 et janvier 1979, une similitude apparaît entre les heures d'ensoleillement direct et l'énergie récupérée.

#### 3.3 Rendement global

Ce paramètre est défini par le rapport entre :

- l'énergie effectivement récupérée, tenant compte des diverses pertes du système entre collecteurs, liaisons, accumulateur — échangeur, etc.
- l'énergie disponible dans le plan des capteurs.

L'énergie solaire incidente réelle n'est pas (encore !) mesurée localement. Par conséquent, elle doit être calculée, par exemple, au moyen de l'équation d'Angström d'une part et de la corrélation de Liu et Jordan (Duffie et Beckman : Solar Energy Thermal Process).

Les résultats apparaissant dans la colonne « énergie rayonnée » du tableau IV sont issus de cette calcul appliquée aux relevés météo.

L'analyse de ce tableau met en évidence que :

- il est intéressant de comparer les rendements réels et prévus où, excepté décembre 1978 (énergie relevée bien supérieure à la valeur statistique, voir tableau III), tous les rendements réels sont inférieurs d'environ 0,4 % à max. 16 % (mars 79) à ceux prévus. Ceci s'explique par la moins-value générale en énergie dissipée à travers ces 12 derniers mois, moins-value se reportant évidemment sur le rendement global ;
- dans la même optique, on peut se référer au mois de septembre (tableau III) dont la caractéristique d'ensoleillement réel correspond quasiment à la statistique (écart 4,5 %). L'écart entre le rendement réel et celui calculé est de 0,4 %.

#### 3.4 Rentabilité

L'équipement solaire complet a compris :

- Modification des circuits d'eau froide.
- Nettoyage de l'échangeur existant (accumulateur de 6000 l.).
- Fourniture et montage de l'agrégat solaire composé des collecteurs,

tuyauteries, isolation, armatures, expansion, tableau et matériel électronique.

- Travaux divers de maçonnerie.
- Mise en service.
- Honoraires d'ingénieur-conseil.

Le coût définitifs est élevé à Fr. 140 000.— (690 fr./m<sup>2</sup> de capteur).

Tenant compte d'un taux d'intérêt de 5 % sur une durée d'amortissement d'environ 15 ans (capteurs garantis 10 ans) l'annuité du capital investi en représente le 9,60 % soit en valeur absolue 13 440 fr. par an.

Le tableau III fait ressortir un total d'énergie réellement collectée de 106 730 kWh/année.

En admettant les deux paramètres suivants :

- PCI mazout léger 10 100 kcal/kg,
- rendement moyen annuel pour la production de chaleur à partir du mazout à 0,55,

un équivalent-mazout de 15,15 t/année ou 18 500 litres est obtenu, soit une économie de 11 360 fr. au coût actuel du mazout (750 fr./t).

Pour une année d'ensoleillement moyen, l'économie réalisée aurait été égale à l'annuité. On peut donc dire qu'au prix du mazout de Fr. 750.—/t, l'installation est rentable.

De plus, il est préférable de comparer l'énergie solaire, source renouvelable et non polluante avec l'électricité possédant à la consommation les mêmes avantages. A Genève, le prix moyen du kWh est de 13 cts environ. Les 106 730 kWh épargnés durant les 12 mois écoulés représentent donc un gain de Fr. 13 874.— soit environ le 103 % de l'annuité.

#### 4. Programme de calcul

Les performances mensuelles de l'installation avaient été estimées au moyen d'un programme d'ordinateur travaillant comme suit :

A partir des données statistiques d'ensoleillement qui ont été mesurées depuis le début du siècle, l'ordinateur établit pour chaque mois une journée moyenne type, dont il peut calculer les valeurs du rayonnement à chaque instant de la journée.

Il intègre alors le rayonnement et donne pour la journée type les valeurs du rayonnement direct, diffus et global, sur une surface de 1 m<sup>2</sup>.

Sur la base de toutes les caractéristiques du système (surfaces, températures, etc.), l'ordinateur calcule de quart d'heure en quart d'heure le rendement des capteurs et l'énergie absorbée durant trois journées types successives.

En fin de troisième journée il fait le total et indique quelle part du chauffage a été

TABLEAU IV : Rendement mensuel

Mois	Energie en kWh/m <sup>2</sup> /jour		Rendement %	
	mesurée	rayonnée (calcul)	réel	prévu (calcul)
Juillet 78	2,64	5,67	47,8	50,5
Août 78	2,35	5,64	41,6	50,6
Septembre 78	2,50	5,06	49,4	49,8
Octobre 78	1,06	3,21	33,0	43,7
Novembre 78	0,31	1,75	17,7	28,6
Décembre 78	0,29	1,39	20,8	15,6
Janvier 79	0,27	1,84	14,6	20,4
Février 79	0,55	2,19	25,1	35,2
Mars 79	0,78	2,79	28,3	44,4
Avril 79	1,80	4,61	39,0	48,8
Mai 79	2,30	5,81	39,5	50,5
Juin 79	2,38	6,09	39,0	50,8
Moyenne	1,44	3,84	37,5	45,7

TABLEAU V : Comparaison en des valeurs mesurées et calculées (en kWh)

Mois	Energie mensuelle mesurée	Energie calculée (avec courbes de correction)	Energie calculée (sans courbes de correction)
Juillet 78	16 620	17 786	16 328
Août 78	14 780	17 701	16 234
Septembre 78	15 220	15 300	13 757
Octobre 78	6 680	8 772	7 445
Novembre 78	1 930	2 696	2 219
Décembre 78	1 840	1 617	1 325
Janvier 79	1 700	1 989	1 633
Février 79	3 120	3 758	3 110
Mars 79	4 900	6 503	5 445
Avril 79	10 950	11 699	10 173
Mai 79	14 490	16 621	15 069
Juin 79	14 500	17 841	16 498
Total	106 730	122 281	109 237

réalisée au moyen de l'énergie solaire, cette dernière valeur étant corrigée au moyen des courbes indiquées par Swanson et Boehm (« Calculation of long term solar collector heating system performance ». Solar Energy Volume 19, Number 2, 1977).

Afin de vérifier la précision, les données réelles de température et d'ensoleillement ont été introduites dans le programme. Le tableau V permet la comparaison des valeurs calculées et mesurées. En ne tenant pas compte des corrections de Swanson, on observe que les résultats sont plus concordants.

Les différences importantes (p. ex. en juin 1979) sont dues à une consommation d'eau chaude inférieure à la moyenne.

#### 5. Conclusion

Le bilan de la première année d'exploitation de cette installation de captage d'énergie solaire est très concluant.

La fiabilité semble valable puisqu'il faut noter l'absence de toute panne durant les 12 premiers mois d'exploitation.

Cette installation a été réalisée dans un temps très rapide à un prix de 690 fr./m<sup>2</sup>.

Grâce à ce coût unitaire bas et à l'accroissement du prix du mazout économisé, on peut dire que cette installation est rentable sous nos latitudes. Pour une année d'ensoleillement moyen le seuil de rentabilité correspond à un prix du mazout de 750 fr./tonne, pour une application aussi intéressante que celle de l'Hôtel du Rhône. La quantité de mazout économisée a été de 15,15 t/an pour une année d'ensoleillement inférieur de 15 % à la moyenne.

Enfin, le programme de calculs utilisé s'est avéré comme un outil de travail valable. La concordance avec les éléments de mesure donne une garantie que pour une installation donnée on peut prédire le rendement et l'énergie récupérable.

Adresse des auteurs :

Jean-Pierre Renaud  
Dominique Roux  
Michel Noël  
Société générale pour l'industrie,  
ingénieurs-conseils  
rue Louis-Casaï 71  
1216 Genève-Cointrin