

La rentabilité du chauffage solaire

Autor(en): **Garnier, Alain / Eichenberger, Philippe / Csillaghy, Joseph**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **103 (1977)**

Heft 9: **SIA spécial, no 2, 1977**

PDF erstellt am: **05.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-73236>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

La rentabilité du chauffage solaire

par ALAIN GARNIER, PHILIPPE EICHENBERGER et JOSEPH CSILLAGHY, Lausanne

Beim heutigen Oelpreis (Fr. 35.—/100 kg), einem Wirkungsgrad der Oelanlage von 30 %, einem Zinssatz von 6 % und einer Sonnenenergie-Anlage — Amortisationszeit von zwanzig Jahren, ist die Sonnenkalorie noch 2 bis 3 mal teurer als Oel.

Etude sur l'énergie solaire de la GEK,¹ p. 16.

1. Introduction

Depuis quelque temps déjà, nous avons la mission d'étudier les aspects du chauffage solaire dans le cadre du projet de recherche de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne concernant l'énergie. Dans ce secteur, où il est difficile de rester objectif puisque le débat se déroule en partie sur la place publique, le chercheur se heurte bien souvent à des idées préconçues, proclamées avec tant de conviction qu'on hésite à les remettre en question.

Parmi les divers préjugés défavorables à l'énergie solaire, la « non-rentabilité » économique de cette technologie figure en bonne place. L'affirmation selon laquelle la calorie solaire est beaucoup plus chère que la calorie mazout se base sur l'analyse, souvent erronée, de quelques cas particuliers, érigés en cas généraux. Cette affirmation a été et est encore véhiculée comme un véritable lieu commun. En effet, depuis quelque temps un vaste effort a été entrepris pour expliciter cette affirmation dans le sens des divers intérêts en présence. *Grosso modo* les opinions se divisent comme suit :

- Les *solaristes* — qui utilisent souvent le soleil principalement comme argument contre le nucléaire — se réfugient dans des conjectures sur le futur. Ils avancent, par exemple, l'idée que les prix pétroliers vont augmenter et que le coût des installations solaires va diminuer sous l'effet de l'augmentation des séries.
- Les *nucléaristes* — qui considèrent l'énergie solaire avec condescendance comme un parent pauvre digne d'être, par acquit de conscience, soutenu — se sont plu à démontrer la soi-disant mauvaise rentabilité de l'énergie solaire tout en laissant dans l'ombre la rentabilité réelle du nucléaire.

On peut être étonné de voir des avis aussi divergents tomber d'accord sur le fond, à savoir que l'énergie solaire n'est pas rentable. Notre étonnement augmentera encore si l'on sait que des systèmes solaires sont installés en nombre croissant, en Suisse et à l'étranger, y compris dans les pays nordiques où, de notoriété générale, le temps n'est pas toujours ensoleillé. De plus, comme ces maîtres d'ouvrage ne sont pas des écologistes désintéressés, on peut vraiment se poser la question : sont-ils dupes ou procédent-ils à un calcul raisonnable ?

Nous analyserons plus loin la thèse de la non-rentabilité d'une manière critique pour formuler par la suite des propositions pour un calcul plus équilibré.

2. La nature du problème de la rentabilité

La pratique actuelle prévalant dans le domaine de la production d'eau chaude et du chauffage ne tient guère

¹ GEK = Commission fédérale pour une conception globale de l'énergie.

compte de la rentabilité du système installé, c'est-à-dire de la relation prix/qualité de la température ambiante obtenue.

Pour des *maisons individuelles*, l'installation est faite selon les instructions des fabricants de chaudières et de radiateurs. L'utilisateur peut certes diminuer sa consommation en réglant son thermostat à une température plus basse ou en réduisant sa consommation d'eau chaude, mais il ne sait pas alors dans quelle mesure il améliore la relation entre la quantité de chaleur produite et le coût unitaire de la calorie utilisée.

Dans le *secteur locatif*, lorsque les immeubles sont pourvus d'un système central de distribution, la chaleur — sous forme d'eau chaude et de chauffage — est fournie aux locataires à prix coûtant, le coût étant distribué en fonction de la grandeur des logements. Ce système n'incite ni le propriétaire à améliorer son système de chauffage, ni le locataire à économiser de la chaleur. Aucun calcul de rentabilité n'a de sens dans cette optique.

Dès lors, il semble que l'usage de chaudières combinées modernes n'est pas motivée par leur indiscutable meilleure rentabilité, mais par

- la standardisation de l'offre,
- un volume réduit de stockage du combustible,
- les commodités d'exploitation (automatisme du réglage et de l'alimentation, propreté, etc.).

La méconnaissance, ou plutôt le désintérêt de la part des propriétaires pour les problèmes de rentabilité des chaudières combinées modernes, explique la lenteur de leur introduction dans les bâtiments d'habitation. Il en sera de même pour les systèmes solaires, si le problème de la rentabilité n'est pas traité d'une manière économique et si les méthodes de décompte continuent à encourager la consommation.

Si l'on veut examiner la rentabilité des systèmes solaires, il faut avancer l'hypothèse selon laquelle le propriétaire est obligé de fournir une certaine température intérieure et des quantités suffisantes d'eau chaude à *prix fixe* quelle que soit la période de l'année. Ce n'est qu'à ce moment qu'il se préoccupera réellement du coût de la chaleur. Nous allons utiliser ce raisonnement par la suite dans nos développements.

Les systèmes solaires n'ont guère de frais variables, l'ensemble du coût est fonction de l'investissement (frais fixes, tels que : intérêts du capital, amortissement, entretien, etc.), qui survient indépendamment de la chaleur produite. C'est une différence importante par rapport au système de chaudières à combustible où une partie importante des frais est variable, fonction de la chaleur produite. Toutefois, cette relation n'est pas directement proportionnelle, car la chaudière offre le meilleur rendement quand sa capacité est pleinement utilisée et un très mauvais rendement lorsqu'elle ne produit que de l'eau chaude sanitaire. La confusion entre frais fixes et frais variables est à la base de la plupart des erreurs quant aux calculs de rentabilité entrepris au sujet de l'énergie solaire. Il existe, en fait, trois questions auxquelles il convient de répondre séparément :

- Quelle est la méthode de chauffage la plus économique, compte tenu de la situation actuelle et future prévisible ?

- Quelle est le marché effectif à court, moyen et long terme des systèmes solaires en Suisse ?
- Quelle est la quantité de mazout pouvant être économisée par le chauffage solaire et au prix de quels efforts ?

L'erreur consiste à répondre aux deux premières questions en utilisant la démarche (discutable) entreprise pour répondre à la troisième. Nous tenterons d'aborder, au cours des pages qui suivent, la première question, étant entendu que la nature de la réponse donnée est un élément fondamental pour apprécier les deux autres et non l'inverse.

3. Faux calcul de la rentabilité

La thèse de non-rentabilité du chauffage solaire a été déjà maintes fois développée et arrive à la conclusion que la « calorie solaire » est deux à trois fois plus chère que la « calorie mazout », suivant le degré d'efficacité de la chaudière à mazout et du capteur².

Ce résultat provient de deux hypothèses erronées, à la base du calcul de rentabilité.

a) Le coût de l'investissement est calculé uniquement pour la production d'eau chaude — pour laquelle le rendement thermique utile est le plus élevé, mais pas nécessairement le rendement économique. Il en découle un sous-dimensionnement des capteurs et un sur-dimensionnement des installations de stockage et de régulation.

Par exemple, dans le rapport n° 8 de la GEK³, on calcule que l'installation de 12 m² de capteurs dans un bâtiment neuf coûte Fr. 12 948.— avec des installations de stockage et de régulation pouvant être suffisantes pour le quintuple. Ainsi, le m² de capteur revient dans cette installation à Fr. 1079.— tout compris, et c'est l'investissement nécessaire pour économiser, dans des conditions optimales, 100 kg de mazout.

Dès lors, en calculant 3 % d'intérêt⁴ et 5 % d'amortissement, 100 kg de mazout économisé reviennent à Fr. 86.—, tandis qu'ils ne coûtent que Fr. 35.— sur le marché.

L'argument est discutable en soi, parce qu'il y a un déséquilibre manifeste entre la surface des capteurs et l'équipement de stockage et de régulation. Or, le capteur seul ne coûte, selon l'hypothèse de la GEK, que Fr. 250.— le m². En termes d'exploitation, donc avec 3 % d'intérêt et 5 % d'amortissement, le m² additionnel revient à Fr. 20.—, montant équivalent, selon l'hypothèse, à 57 kg de mazout par an. Donc, même si l'on accepte toutes les hypothèses avancées, la surface des capteurs doit être augmentée jusqu'à ce que le m² additionnel puisse encore économiser au moins 57 kg de mazout. Nous verrons plus loin qu'en réalité cette quantité marginale de mazout est bien inférieure.

b) La deuxième hypothèse concerne les bases de comparaison entre les chaudières à mazout, tant dans l'évaluation des investissements que dans celle de l'exploitation.

En ce qui concerne les investissements, le rapport de la GEK énumère, avec beaucoup de détail, les postes suivants pour le système solaire : circulation collecteur ; distribution ; réservoir ; maçonnerie ; couverture de toit ; charpente ; installations électriques ; projection, honoraires ; crépi et peinture.

Par contre, pour le chauffage à mazout aucun coût d'investissement n'est pris en considération, ni pour le cas des bâtiments existants, ni pour la construction neuve.

² Sonnenenergie-Studie 8 der GEK, p. 16.

³ Commission fédérale pour une conception globale de l'énergie, op. cit., p. 22.

⁴ 6 % d'intérêts annuels compte tenu des amortissements.

Ce déséquilibre est encore aggravé par des omissions concernant les bénéfices constructifs qui surviennent en cas d'utilisation d'un système solaire, en particulier les réductions du réservoir à mazout et du m³ construit nécessaire à le contenir ainsi que, souvent, les réductions provenant de l'économie de couverture des toits.

Pour l'exploitation, la même logique est suivie dans la comparaison, où le bilan contient

- pour les chaudières à mazout leur consommation de mazout à Fr. 35.— les 100 kg ;
- pour les systèmes solaires, les amortissements, les intérêts du capital et les frais d'entretien.

C'est-à-dire que l'économicité du système solaire est évaluée par la comparaison entre les frais fixes de celui-ci et uniquement les frais variables de celui-là.

Si l'on regarde ce bilan, le moins qu'on puisse dire c'est que si l'on ajoute aux frais d'exploitation des chaudières à mazout les amortissements, intérêts du capital, frais d'entretien, assurance RC, etc., le coût revient à plus de Fr. 35.— les 100 kg de mazout.

* * *

Ces deux erreurs méthodologiques — dont la GEK n'a pas le monopole — sont fondamentales en ce qui concerne les chances de l'introduction de l'énergie solaire en Suisse et l'appréciation de son rôle futur dans notre approvisionnement énergétique. Le travail de pionnier fourni par le groupe qui s'est réuni autour de la GEK n'est pas en cause ici. Les données collectées, les analyses techniques entreprises gardent toute leur valeur.

Le lecteur attentif remarquera dans le texte toutes les réserves, les conditionnels dépassant largement le niveau de ceux qui sont d'usage dans ce type d'étude. Les auteurs avaient-ils suffisamment de temps pour affiner leurs conclusions ?

Toujours est-il que l'appréciation des chances réelles des systèmes solaires passe par des analyses micro-économiques plus circonspectes.

Après avoir énoncé l'hypothèse avancée sous point 2 ci-dessus — à savoir que le propriétaire est tenu à fournir une certaine température ambiante à un prix compris dans le loyer — nous pouvons examiner le problème par deux approches :

- de manière empirique, c'est-à-dire par le raisonnement qui accompagne dans la pratique le processus de planification ;
- par une analyse de la rentabilité spécifique de l'investissement représentée par le système solaire — une approche plus strictement micro-économique.

Cette deuxième approche sera abordée plus loin, sous le point 5.

4. La rentabilité empirique de l'investissement

Lorsqu'un maître d'ouvrage désire construire un bâtiment, il connaît, dès avant d'avoir engagé le processus de planification, certaines données sur ses possibilités de construction : le prix du terrain ; les possibilités de construire (gabarit, distance du voisin, affectation, etc.) ; l'existence d'infrastructures ; les règlements de construction ; les servitudes devant être respectées ; etc.

Ces données lui permettent d'envisager le volume pouvant être construit sur le terrain donné.

Par la suite, et compte tenu de la localisation du terrain, il peut estimer la demande et définir ainsi un plan financier qui contient différents postes — prix du terrain, honoraires, taxes, commissions, bénéfices (s'il s'agit d'un promoteur), réserves pour renchérissement, etc. — et la somme globale de construction (devis estimatif).

Le coût de construction ainsi défini dans une première approximation doit être en principe respecté, mais à l'intérieur de cette somme il y a une certaine marge de manœuvre dont l'étendue varie d'un type de bâtiment à l'autre ; elle est faible lorsque le maître d'ouvrage est un promoteur professionnel et plus grande lorsqu'il s'agit d'un particulier. En fait, il reste souvent des possibilités de répartir différemment la somme globale, soit par une conception architecturale différente, soit par le choix des divers éléments et composants dont le prix peut varier considérablement suivant la qualité ou la difficulté de mise en œuvre.

Le choix définitif entre les diverses solutions techniques, pour autant que le devis de construction puisse être respecté (ce qui garantit la rentabilité globale de l'opération), s'établit par un accord entre le maître d'ouvrage et l'architecte. Si l'avis du maître d'ouvrage est déterminant, il se laisse souvent convaincre par l'architecte dont il respecte la compétence.

En effet, le maître d'ouvrage cherche

- à réaliser une plus-value à court terme lorsqu'il est promoteur et
- lorsqu'il représente un investissement à long terme, rationalité et sécurité dans l'exploitation et par là une plus-value ou, le cas échéant, une conservation de la valeur.

Ces objectifs sont déjà implicitement contenus dans le plan financier qu'il importe de respecter. Toutefois, le maître d'ouvrage peut estimer que certaines options augmentent particulièrement le potentiel de plus-value.

Ces options peuvent concerner aussi bien l'aspect extérieur du bâtiment que la qualité constructive ou encore l'équipement, sans que leur rentabilité soit nettement démontrée, et sans que, pour cela, le montant global de la construction soit changé. Ces options constituent simplement des contraintes supplémentaires pour l'architecte dont il doit tenir compte dans la planification.

Il en résulte, pour ce qui concerne le chauffage solaire, que dans le cadre des mécanismes de décision décrits ci-dessus, il n'y a aucun besoin qu'un élément ou équipement soit rentable d'une manière spécifique, pour autant que la somme globale de construction et la surface utile requise soient respectées. Dans la mesure où le coût d'un nouvel équipement tel que le chauffage solaire se situe entre 1 et 5 % du coût global, il suffit de savoir que cet équipement peut augmenter la plus-value ou bien diminuer les frais d'exploitation d'une manière sensible pour que son installation se justifie.

5. La rentabilité spécifique de l'investissement

L'observation empirique des pratiques courantes ci-dessus ne peut cependant satisfaire le chercheur. En théorie, il faut considérer que l'installation du chauffage solaire est un investissement supplémentaire (marginal) qui doit assurer un rendement supplémentaire adéquat. Ce calcul est basé sur l'analyse des frais d'exploitation du système de chauffage mixte « mazout-énergie solaire ». Pour assurer une comparaison valable des éléments de base, nous considérons qu'il s'agit de constructions nouvelles. Nous avons pris, comme hypothèse, trois immeubles d'habitation dont les caractéristiques sont les suivantes :

- système central combiné eau chaude sanitaire et chauffage des locaux ;
- chaque habitant « consomme » pour l'eau chaude sanitaire 1200 kWh/an (équivalent mazout 225 kg, y compris le mauvais rendement en été) ;

- la production de calories pour le chauffage est proportionnelle à l'enveloppe du volume habitable ;
- le rendement des systèmes solaires : un m² de capteur utilisé toute l'année permet de produire une énergie équivalente à 100 kg de mazout avec un ensoleillement annuel moyen de 1180 kWh/m². Toutefois, il est à noter qu'un m² de capteur utilisé seulement pour le chauffage (hiver et entre-saison) ne peut produire que 50 kg d'équivalent mazout ;
- le maximum d'apport solaire pour la production d'eau chaude sanitaire est de 65 %, le reste devant être fourni par le mazout durant les périodes de non-soleil (stock de 48 h déduit). Ceci nous amène à une limite de 1,5 m² de capteurs par personne pour l'eau chaude sanitaire ;
- le maximum d'apport solaire pour le chauffage des locaux est de 48 % suivant le même raisonnement que ci-dessus ; c'est-à-dire que 52 % de la chaleur devra être fourni par l'installation au mazout. Ces deux pourcentages marquent la limite supérieure d'utilisation de l'énergie solaire avec un stock de 48 h⁵ dans les conditions climatiques de la région lausannoise (rayonnement diffus compris) ;
- le stockage de la chaleur pour l'eau chaude (48 h) se fait dans des citernes isolées (200 l/personne). Celui pour le chauffage se fait dans les dalles (chauffage par sol) ;
- le prix des citernes à mazout varie en fonction de leur surface (à Fr. 200.—/m²) ; celui du stock thermique également (Fr. 260.—/m³) ;
- le volume construit pour les citernes (sous-sol) est de Fr. 280.—/m³ réel ;
- le m² de capteur rendu posé coûte Fr. 300.— ;
- le coût du m² de couverture économisé par les capteurs est de Fr. 50.— ;
- amortissement sur vingt ans (5 %) ;
- intérêt du capital 6 % (3 % par année sur vingt ans).

Les trois cas analysés sont définis par les caractéristiques suivantes :

	I	II	III
Nombre de logements	2	8	18
Nombre d'habitants	10	32	54
Volume construit	1 400 m ³	3 600 m ³	5 100 m ³
Volume théorique maximum de la citerne de mazout (sans système solaire)	12 000 l	22 500 l	34 000 l
	Fr.	Fr.	Fr.
Chauffage par sol et tuyauterie	7 000	25 000	40 000
Tuyauterie pour solaire	500	750	1 200
Système de réglage solaire	1 000	1 200	1 500
Stock thermique eau chaude sanitaire	2 500	5 400	7 600
Volume construit pour le stock thermique	3 400	7 000	9 900
Chaudière	5 000	10 000	15 000
Volume construit pour la chaudière	5 400	7 200	9 600
Coût d'entretien système mazout	800	2 000	2 500
Coût d'entretien système solaire	150	400	500

Les paramètres qui varient dans chacun des trois cas en fonction du nombre de m² de capteurs posés en toiture sont les suivants : citerne à mazout ; volume construit pour la citerne à mazout ; prix des capteurs solaires ; prix de la couverture ; la consommation de mazout.

⁵ Le jour ensoleillé plus le jour suivant sans soleil.

Pour clarifier notre raisonnement, nous établirons d'abord une comptabilité pour l'exemple I — soit une villa de deux logements avec cinq habitants chacun et avec l'hypothèse de 6 m² de capteurs/personne. Le tableau 1 envisage une situation au niveau du *devis estimatif* (cf. 4 ci-dessus), c'est-à-dire au moment où le maître d'ouvrage et l'architecte doivent répartir la somme globale de construction entre les divers éléments et composants du bâtiment. A ce niveau, ils doivent prendre des options pour le chauffage, étant entendu que les 3,5 % du montant global, représentant le chauffage solaire, peuvent être économisés sur le coût des autres éléments de construction, ou bien que le maître d'ouvrage dispose de réserves supplémentaires suffisantes dans les limites de son plan financier.

La première colonne du tableau 1 représente l'hypothèse « tout mazout », avec un chauffage (pour simplifier l'hypothèse) par les dalles. Il en résulte que, avec ce système, la consommation de mazout, au prix de Fr. 35.—/100 kg, revient au propriétaire à Fr. 63.—/100 kg, selon les conditions décrites ci-dessus.

La colonne suivante montre le coût d'investissement supplémentaire nécessité par le chauffage solaire, les réductions des coûts constructifs pouvant être obtenues et les frais d'exploitation qui en résultent, compte tenu des économies de mazout. Par conséquent, 100 kg d'équivalent mazout fourni par le système solaire reviennent à 40 Fr. La diminution de la consommation du mazout, entraînée par le système solaire, occasionne à son tour une augmentation relative du coût par kilo de mazout consommé par la chaudière.

Ainsi, comme le montre la troisième colonne, l'utilisation du système mixte revient en définitive légèrement plus chère que le système « tout mazout ». Cette différence se chiffre à Fr. 0,02 par kilo d'équivalent mazout.

De fait, la moindre modification, même simplement saisonnière (à l'heure où nous écrivons ces lignes les 100 kg de mazout coûtent Fr. 37.—), compense, voire rattrape ce « déficit » de Fr. 2.— par 100 kg.

A partir de cette démarche, nous avons cherché à identifier l'évolution du coût supplémentaire du m² de

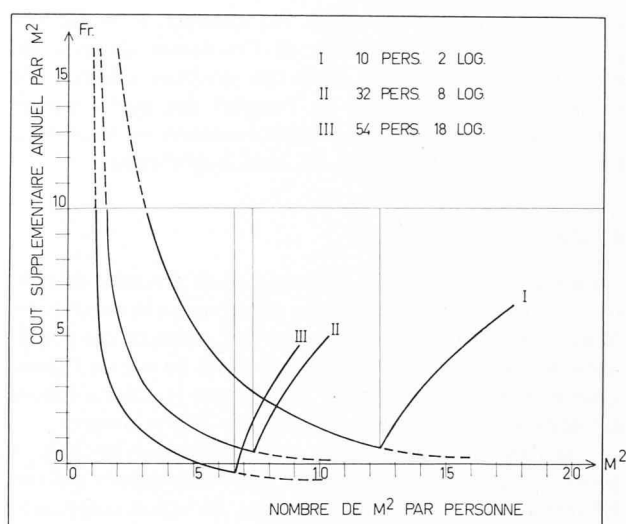


Fig. 2. — Coût moyen supplémentaire par m² de capteur en fonction de la surface de capteur (trois bâtiments théoriques).

capteur en faisant varier la surface des capteurs, et ceci pour les trois immeubles considérés (fig. 2).

La discontinuité que l'on observe sur ces courbes marque la limite au-delà de laquelle l'énergie solaire captée ne peut plus être utilisée dans les conditions de stockage décrites plus haut. On remarque ainsi que, pour les deux « immeubles », l'optimum se situe entre 6 et 7 m² par personne, alors que pour la « villa » il faut compter avec 10 à 12 m² de capteur par habitant.

Ces trois courbes donnent une image assez fidèle de l'évolution du coût de l'énergie solaire combinée avec un chauffage à mazout. Toujours est-il que ces approximations devront être affinées par une étude plus poussée des hypothèses émises, par exemple au niveau des séquences météorologiques déterminant les problèmes de stockage de la chaleur.

Notons par ailleurs qu'un tel modèle offre des perspectives d'analyse intéressantes en ce qui concerne l'étude de

TABEAU 1
Pertes et bénéfices résultant de l'installation du chauffage solaire pour un cas théorique de deux logements totalisant dix habitants et 60 m² de capteurs

	Chauffage à mazout	Fr.	Installation solaire	Fr.	Système combiné
I. Investissements					
a) Chaudière à mazout	1 par 2 logements	5 000			5 000
b) m ³ construit pr chaudière	19 m ³ à Fr. 280.—	5 320			5 320
c) Réservoir à mazout	12 000 l à Fr. 200/m ²	6 200	≈ 4000 litres	-1 000	5 200
d) m ³ construit pr réservoir	35 m ³ à Fr. 280/m ³	9 880	-11 m ³ à Fr. 280/m ³	-3 000	6 880
e) Radiateur + tuyauterie	Chauffage par dalle	7 000			7 000
f) Capteurs solaires			60 m ² à Fr. 300.—	+18 000	18 000
g) Tuyauterie pr solaire				+ 500	500
h) Système de réglage solaire				+ 1 000	1 000
i) Stock thermique			2000 litres	+ 2 500	2 500
j) m ³ construit pr stock			8 m ³ à Fr. 280/m ³	+ 2 240	2 240
k) Couverture			60 m ² à Fr. 50.—	- 3 000	-3 000
TOTAL		33 400		17 240	50 640
II. Exploitation					
l) Intérêt du capital	3 % sur 20 ans	1 002		+ 517	1 519
m) Amortissement	5 % sur 20 ans	1 670		+ 862	2 532
n) Eau chaude	2250 kg à Fr. —.35	788	-1500 kg	- 525	263
o) Chauffage	9750 kg à Fr. —.35	3 412	-2250 kg	- 787	2 625
p) Entretien divers		800		+ 150	950
TOTAL		7 672		+ 217	7 889

l'impact des divers paramètres. Par exemple, il est dès lors possible d'évaluer l'influence de l'évolution du prix du mazout sur la *rentabilité réelle* des systèmes solaires. De même, on pourrait juger de l'impact des performances (rendement physique) des capteurs solaires ou encore de l'importance des variations du taux hypothécaire.

6. Conclusions

La recherche à laquelle nous venons de procéder démontre que l'utilisation de l'énergie solaire pour la production d'eau chaude sanitaire et du chauffage présente des conditions de rentabilité raisonnables du point de vue de l'investissement. Il est donc erroné de dire que la calorie solaire est deux à trois fois plus chère que la calorie mazout.

L'analyse des études faites, entre autres par la GEK, a permis de démontrer les erreurs méthodologiques qui ont été introduites dans l'argumentation. Le calcul comparatif de la rentabilité doit se baser sur l'analyse d'éléments comparables.

En réalité la calorie solaire est légèrement moins chère que la calorie mazout. Toutefois, son utilisation renchérit le coût de la calorie mazout, de sorte que l'ensemble combiné revient, à quelques exceptions près, un peu plus cher que le « tout mazout ». Mais cet accroissement de Fr. 2.— par 100 kg « d'équivalent mazout » dans un cas relativement défavorable — est inférieur aux variations saisonnières du prix du mazout.

A peu de choses près donc, le coût du chauffage reste invarié, si l'on combine un système à mazout avec un système solaire. Cette solution apporte des avantages supplémentaires, dont il faut mentionner entre autres la réduction de la consommation des huiles de chauffage. Celle-ci peut être variable d'un type d'immeuble à l'autre, mais se situe entre 30 % et 50 %. Ce résultat peut être obtenu dans des conditions normales de rentabilité.

Ces nouvelles données impliquent que l'énergie solaire doit être prise au sérieux dans le contexte des efforts de diversification des sources d'approvisionnement. L'utilisation de l'énergie solaire ne nécessite pas des moyens financiers massifs de la part de la Confédération mais seulement la mise au point d'une stratégie d'incitation et de l'aide à la recherche. Les pouvoirs publics ne pourront plus rester insensibles face à cette situation.

BIBLIOGRAPHIE

- M. BLANC-TAILLEUR et autres : *L'économie énergétique et l'environnement dans la région genevoise*. Université de Genève, 1976 ; 175 p. (polycopié).
- CONSTRUCTION INDUSTRY CONFERENCE CENTER LIMITED : *Energy conservation and energy management in buildings*. London 1975 ; 260 p.
- GEK : *Sonnenenergie*, Studie Nr. 8. Berne 1976, EDMZ ; 22 p. + annexes.
- GEK : *Rapport intermédiaire*. Mai 1976, EDMZ ; 79 p.
- INFRACONSULT SA : *Chauffage à l'énergie solaire*. Berne 1975 ; 77 p.
- IREC : *Projet d'école énergie, évaluation du chauffage solaire, rapport intermédiaire*. Lausanne 1976 ; 65 p.
- PLENAR : *Planung, Energie, Architektur*. Niederteufen 1975 ; 224 p.
- SIA : *La gestion de l'énergie dans le bâtiment*. Zurich 1976, SIA ; 75 p.
- SSES (Société suisse pour l'énergie solaire) : *Energie solaire, deux ans d'utilisation pratique*. Duttweiler Institut, Rüslikon-Zurich 1977 ; 263 p.

Adresse des auteurs :

Alain Garnier, architecte SIA,
collaborateur scientifique de l'IREC
(Institut de recherches sur l'environnement construit) EPFL
Philippe Eichenberger, mathématicien
Chaire de statistique EPFL
Joseph Csillaghy, économiste
professeur EPFL, directeur de l'IREC
Lausanne

EPFL

Conférences

Prochaines manifestations du Département d'architecture :

— En l'Aula de l'EPFL : Conférence de Herman Metzberger, le mercredi 27 avril, à 17 h. 30 :

L'architecture de l'hospitalité.

— Au Département d'architecture : Exposition des Archives de l'Architecture moderne, du 4 au 25 mai 1977 :

Henri Sauvage,

lundi à vendredi : 8-19 h., samedi : 8-12 h.

— Au Département d'architecture : Conférence de Jacques Gubler, chargé de cours à l'EPFL, le mercredi 4 mai 1977, à 17 h. 30 :

Académisme et Art nouveau,

Régionalisme et Art déco.

Approche de quelques « étiquettes ».

Henri Sauvage (1873-1932) s'est plus assuré une place dans l'histoire de l'architecture du XX^e siècle par la construction de l'immeuble à gradins de la rue Vavin, à Paris, et par sa collaboration avec Frantz Jourdain que par ses recherches dans le secteur de la préfabrication et de l'industrialisation du bâtiment.

Cependant, nul ne connaissait vraiment les sources, les démarches, les contradictions, les innovations, les incohérences, la complexité et l'ambiguïté de son œuvre. L'exposition des Archives de l'Architecture moderne rassemble documents et informations totalement inconnus jusqu'ici qui vont permettre de procéder à des lectures d'une pratique longtemps méprisée

et de déboucher sur des analyses des fantasmes dont l'architecture de Sauvage est autoporteuse (cf. R. Delevoy).

Téledétection appliquée aux ressources terrestres

EPFL, 5-7 mai 1977

Renseignements et inscriptions à ces journées d'études (entrée libre) : Institut de Génie rural de l'EPFL, téléphone 021/35 06 11.

Formation postgrade de génie de l'environnement

L'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne organise en 1978, pour la sixième année consécutive, un programme postgrade de génie de l'environnement, avec la collaboration de l'Organisation mondiale de la Santé.

Objectifs du programme : offrir à des jeunes diplômés (ingénieurs, architectes, biologistes, mathématiciens, licenciés en sciences naturelles, etc.) et à des diplômés ayant déjà plusieurs années d'activité professionnelle, la possibilité de compléter et d'étendre leur formation ; les entraîner au travail interdisciplinaire en équipe tel qu'il est pratiqué dans les grandes entreprises, les bureaux d'engineering, les services publics, les administrations régionales et nationales. Le programme comprend 40 % de sciences écologiques, 30 % de sciences techniques, 15 % de sciences mathématiques, 15 % de droit, économie et management.

Renseignements et inscriptions : professeur Y. Maystre, directeur de l'Institut du génie de l'environnement, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, ch. de Chandieu 3, CH-1006 Lausanne. Tél. (021) 27 35 11.