

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 104 (1978)
Heft: 16-17

Artikel: Chauffage par pompe à chaleur exploitant l'énergie solaire et ambiante
Autor: Ritter, H.-P. / Berthoud, G.-Ed. / Weisskopf, S.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-73542>

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: 17.11.2024

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

Chauffage par pompe à chaleur exploitant l'énergie solaire et ambiante

par H.-P. RITTER, G.-Ed. BERTHOUD et S. WEISSKOPF

L'exploitation de l'énergie solaire pour le chauffage des locaux n'est économiquement guère réalisable, vu nos conditions climatiques défavorables. L'utilisation d'une pompe à chaleur ouvre des perspectives nouvelles, permettant un chauffage économique et écologique, dont la première application date d'une quarantaine d'années. Sur le millier de pompes à chaleur installées en Europe, la plupart utilisent l'énergie stockée dans les nappes ou les cours d'eau. Cependant, ce potentiel d'énergie étant restreint, le système des pompes à chaleur n'a pas trouvé l'extension qu'il méritait. Un groupe international de fabricants, sous direction suisse, a mis au point une nouvelle application de la pompe à chaleur, utilisant l'énergie produite par un collecteur en matière plastique, à basse température. Le prix avantageux de ce collecteur (inférieur de plus de 30 % à celui du collecteur solaire conventionnel) permet d'exploiter l'énergie solaire *et* ambiante. Cette source d'énergie est renforcée par un stockage souterrain, par le truchement de conduites en PVC posées dans le sol. L'énergie nécessaire au chauffage des locaux et de l'eau sanitaire est ainsi approvisionnée, à raison de 70 % puisés dans l'environnement, alors que 30 % proviennent de l'énergie nécessaire au fonctionnement de la pompe à chaleur. La combinaison de ces sources d'énergie permet de garantir le chauffage, même lorsque les températures extérieures sont très basses, sans qu'il soit nécessaire de recourir à un chauffage d'appoint. Les expériences faites grâce à la trentaine d'installations effectuées en Suisse au cours des deux dernières années prouvent la fiabilité du système qui n'exige que peu de frais d'entretien, tout en permettant une économie des frais d'exploitation, économie équivalant aux deux tiers des frais d'exploitation d'un chauffage à mazout.

L'environnement fournit le 70 % des besoins énergétiques

Le recours à la pompe à chaleur permet d'élever le niveau de température du potentiel énergétique de manière telle que l'exploitation des nappes et cours d'eau, d'une température de 0 à 15°C, donne des résultats très satisfaisants. Une extraction d'énergie exclusivement souterraine provoque un refroidissement du sol pouvant avoir des conséquences néfastes pour la végétation. En revanche, le système *Promasol* allie judicieusement les sources énergétiques tirées de l'air ambiant et du sous-sol. Grâce à cette combinaison, seule l'énergie nécessaire au fonctionnement du compresseur de la pompe à chaleur doit être fournie soit par l'électricité, le gaz naturel ou le mazout.

Une disposition judicieuse du bouilleur produisant l'eau sanitaire a pour but de permettre à la pompe à chaleur d'assurer — même en plein hiver — la production d'eau à 55°C, et ceci sans chauffage d'appoint.

Collecteurs solaires à basse température + pompe à chaleur = une combinaison optimale

Les collecteurs à basse température utilisés par le système *Promasol* ne sont ni vitrés, ni isolés. Ils sont en polypropylène noir, résistant aux rayons UV. Les capteurs

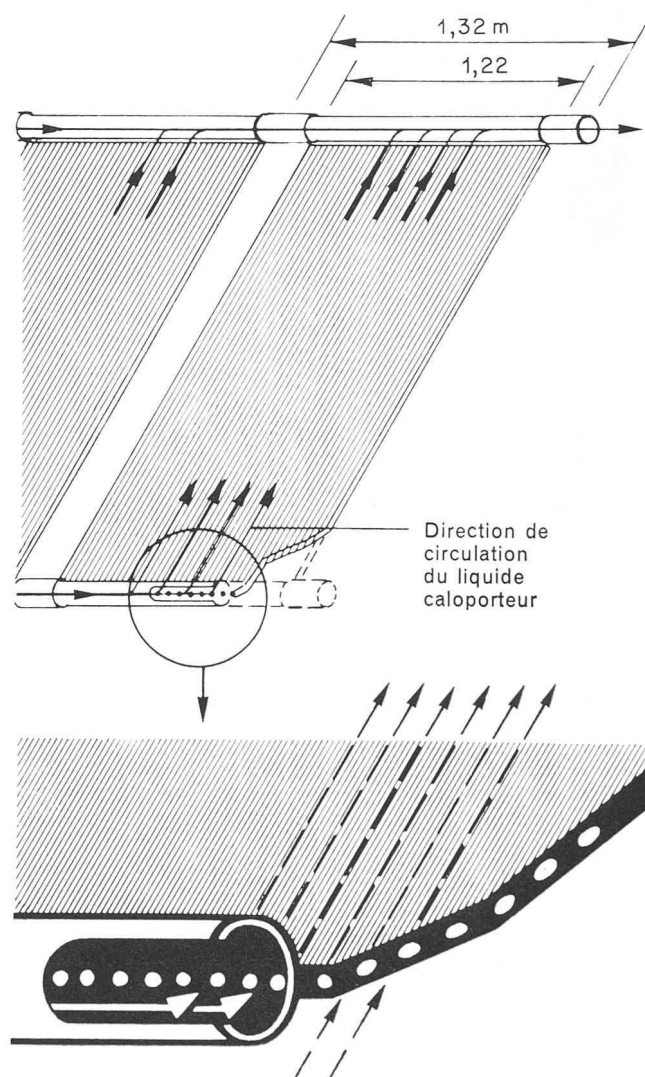
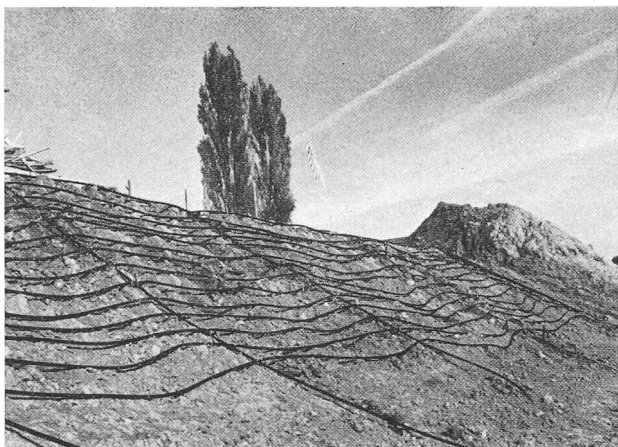


Schéma du collecteur solaire à basse température, en polypropylène noir résistant aux rayons UV.

vitrés ont leur meilleur rendement lorsque la différence de température entre les capteurs et l'air ambiant est aussi réduite que possible, c'est-à-dire par temps ensoleillé. Les capteurs à basse température, en revanche, ont leur degré d'efficacité optimal lors de températures relativement peu élevées (30°C). Ils fonctionnent donc parfaitement en l'absence de tout rayonnement solaire et pendant la nuit. En hiver, cependant, la température de départ de la pompe à chaleur est de 0°C, ou inférieure (adjonction d'antigel). Une fois transporté dans les capteurs, ce liquide se réchauffe à la température ambiante. Cette énergie ainsi captée est transmise à la pompe à chaleur où elle est portée à une température d'environ 55°C.

Fonctionnement schématique de la pompe à chaleur

La pompe à chaleur travaille selon le principe d'une machine thermique, en exploitant le dégagement de cha-



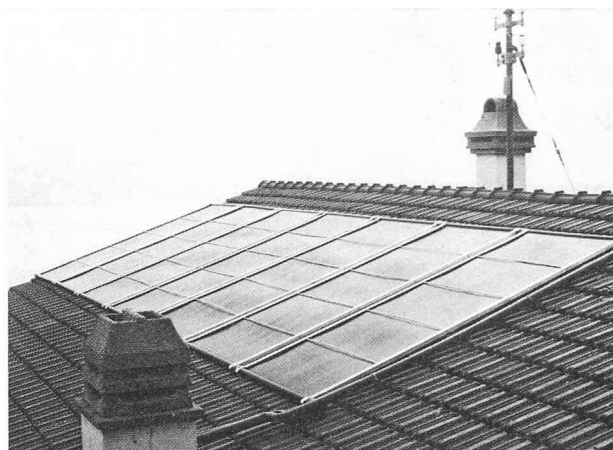
Le réseau de tubes de propylène, une fois enterré, servira au stockage saisonnier de la chaleur ambiante.

leur et non pas le refroidissement, comme c'est le cas pour un réfrigérateur. Cette pompe à chaleur porte la chaleur d'une faible température jusqu'à un niveau d'environ 55°C, permettant ainsi le réchauffement de l'eau sanitaire et de chauffage. Le circuit contient un frigorigène à faible point d'ébullition qui extrait de la chaleur de la source thermique (circuit primaire raccordé au capteur à basse température et à l'accumulateur souterrain). Le frigorigène passe de l'état liquide à l'état gazeux dans l'évaporateur ; un compresseur aspire ce frigorigène vaporisé et le comprime ensuite sous haute pression à une température élevée pour le transporter au condensateur. Là, le frigorigène se détend, transmettant ainsi la chaleur au circuit de chauffage. Le frigorigène rejoint, à l'état refroidi et à basse pression, l'évaporateur, à travers une soupape d'expansion, pour recommencer ensuite le même circuit. Pour actionner le compresseur, l'utilisation d'un moteur électrique est actuellement la plus répandue. Cependant, le recours aux moteurs au gaz naturel ou au mazout se développe rapidement, parce qu'ils permettent de récupérer la chaleur dégagée par le moteur, ainsi que ses gaz d'échappement. Par l'utilisation de la chaleur atmosphérique, on peut donc réaliser une production calorifique équivalant à près au triple de l'énergie exigée par la pompe à chaleur.

Cette chaleur est transmise à l'accumulateur du circuit chaud (environ 2000 à 4000 litres) pour un chauffage de 15 000 kcal/h. Dans cet accumulateur (correspondant à un stockage calorifique pour au moins 24 h.) se trouve également le bouilleur pour eau chaude d'une capacité de 300 l. Le liquide du circuit froid est mélangé à un antigel permettant un refroidissement à -25°C environ. Si la température est de -10°C environ, le « réchauffement » du liquide atteint 15°C. Les calories ainsi captées sont transmises à la pompe à chaleur qui, cependant, doit travailler pendant un laps de temps plus long que durant les saisons plus clémentes. Lorsque les capteurs sur le toit sont enneigés, les kcal nécessaires à les dégager sont fournies par l'accumulation souterraine. Un dimensionnement judicieusement calculé rend donc superflu tout chauffage d'appoint.

Pour une villa nécessitant environ 15 000 kcal/h. pour son chauffage, quelque 20 m² de capteurs à basse température sont nécessaires. Leur prix, très avantageux, d'environ 120 fr. par m² (le prix des collecteurs usuels est de 400 fr. et plus par m²), assure donc un excellent rendement, résultat qui se trouve encore être amélioré par les caractéristiques suivantes :

1. La surface de l'accumulation souterraine pour la villa susmentionnée est de 100-150 m².



Utilisation sur grande surface de collecteurs solaires à basse température, avec pompe à chaleur et stockage souterrain — une conception énergétique permettant de renoncer à tout chauffage complémentaire, même dans nos conditions climatiques.

2. Le sol ne sera pas trop refroidi, afin d'éviter des suites néfastes pour la végétation. Il ne sera pas non plus surchauffé, car la commande électronique du chauffage interrompt le circuit de l'accumulation souterraine lorsque sa température atteint 24°C.
3. Disposant ainsi d'un potentiel calorifique dans le sol, la température du liquide alimentant la pompe à chaleur est de 0 à 5°C. Le rendement de cette pompe s'en trouve donc amélioré. C'est ainsi que peut être garanti un apport calorifique tiré de l'environnement de l'ordre de 70 % du besoin énergétique annuel pour le chauffage des locaux et la production de l'eau chaude.

C'est uniquement pour l'énergie nécessaire au fonctionnement de la pompe que l'on doit recourir, dans une mesure de 30 %, à l'électricité, au gaz naturel ou au mazout.

Pour la villa-type, la pompe à chaleur est équipée d'un compresseur de 4 ch, équivalant à une consommation d'environ 4 kW, soit Fr. —.20/h. au tarif nocturne, ou Fr. —.40/h. au tarif diurne.

Réduction des frais d'exploitation grâce à un accumulateur adéquat

Si la pompe à chaleur est alimentée au gaz naturel ou au mazout, la production énergétique est directement transmise au système de chauffage, qu'il s'agisse d'un chauffage dans le sol ou de radiateurs. Si la pompe est actionnée par un moteur électrique, il est conseillé de choisir un accumulateur d'eau chaude assez important pour permettre de couvrir les besoins énergétiques, tant pour le chauffage des locaux que pour la production d'eau chaude, pour une journée entière, et cela lors de la condition climatique la plus défavorable. Cet accumulateur aura une contenance de 2000 à 6000 litres.

L'accumulateur *Promasol* est complété par le bouilleur produisant l'eau sanitaire. Il est disposé de manière à éviter les pertes calorifiques inhérentes à un échangeur.

Une commande électronique perfectionnée est entièrement intégrée au système de chauffage *Promasol*. Cette commande comporte :

- commande manuelle et automatique des diverses pompes, des vannes motrices et de la pompe à chaleur elle-même, avec lampes-témoins ;
- groupe de fusibles ;
- organe de commande entièrement automatique pour le chauffage dans le sol, avec un choix de 6 programmes ;

- indicateur des températures relevées aux points suivants :
accumulateur eau chaude,
accumulateur chauffage,
entrée et sortie des capteurs sur toiture,
température de l'accumulateur souterrain,
alimentation de la pompe à chaleur.

Une fois l'installation réglée lors de la mise en service, aucun entretien particulier n'est nécessaire, exception faite d'un contrôle régulier.

Le chauffage dans le sol raccordé à la pompe à chaleur; une combinaison idéale

Le chauffage par le sol offre un confort idéal, du fait de sa température d'exploitation peu élevée, soit 30 à 50°C. Celle-ci est parfaitement adaptée au degré de production thermique de la pompe à chaleur. De plus, le chauffage par le sol à basse température permet d'éviter le gaspillage calorifique caractérisant le fonctionnement des radiateurs, tout en garantissant une température ambiante agréable.

Par l'application de pompes à chaleur actionnées au gaz naturel ou au mazout, on peut atteindre des températures allant jusqu'à 90°C, en récupérant l'énergie du moteur et les gaz d'échappement. Cette température permet donc de raccorder des systèmes de chauffage conventionnels.

Il est également possible de combiner le chauffage par le sol avec des radiateurs surdimensionnés.

Pour raccorder des immeubles existants, il est également possible d'augmenter leur isolation de manière telle qu'un raccordement à une pompe à chaleur électrique (55°C temp. max.) permet d'obtenir des résultats satisfaisants.

Collecteurs à basse température sans accumulation souterraine

Lors de transformations d'immeubles existants, l'installation d'accumulation souterraine est impossible. Il est de ce fait indiqué d'opter pour une citerne d'accumulation d'environ 2000 à 3000 litres pour une villa, directement raccordée aux collecteurs à basse température. Ces derniers réchauffent donc, dans la mesure du possible, le volume d'eau stockée. Cependant, ce système exige un chauffage d'appoint (électricité à basse température, brûleur à mazout existant, ou autre). Les économies d'énergie ainsi réalisées sont néanmoins considérables.

L'économie réalisée par le raccordement des pompes à chaleur aux collecteurs à basse température

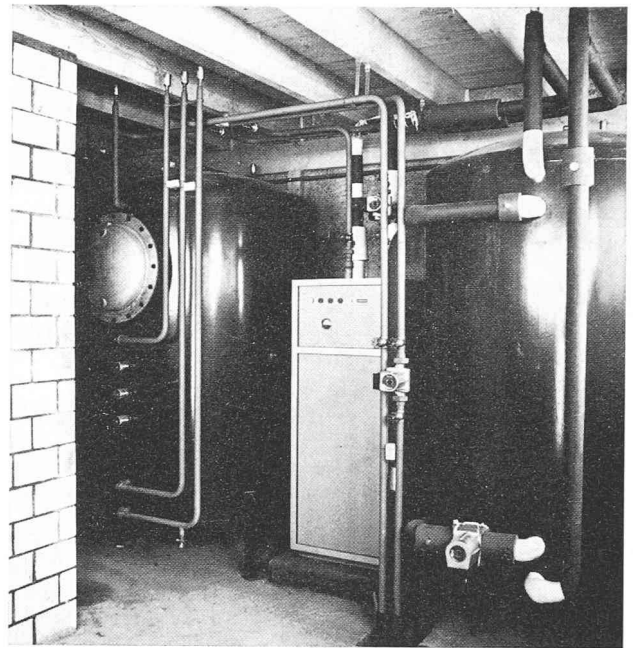
Il pourrait être intéressant de comparer les frais d'investissement et d'exploitation relatifs aux modes de chauffage conventionnels (mazout, chauffage électrique par accumulation) avec ceux du système *Promasol*.

Ces comparaisons demeurent subjectives car les résultats dépendent des particularités locales qui varient en fonction de chaque cas. De plus, les habitudes de chauffage de chaque propriétaire influent directement sur la consommation énergétique.

Dans la plupart des cas, l'installation d'un chauffage traditionnel est la solution la meilleur marché. Le système *Promasol* muni d'une pompe à chaleur et de collecteurs à basse température coûte 20 à 30 % plus cher qu'un chauffage à mazout; cependant cette différence ne représente que 2 à 4 % du coût global de la construction.

Comparaison des coûts d'exploitation d'un chauffage à mazout et du système *Promasol*

(exemple sans engagement pour une villa avec installation de 15 000 kcal/h. environ = 17,5 kW et un besoin en eau sanitaire pour un ménage de 4 personnes)



Chaufferie Promasol, alimentée par l'énergie solaire, avec pompe à chaleur et accumulateur permettant de bénéficier du tarif le plus avantageux.

Chauffage à mazout

Frais d'énergie Fr. 1500.—
3800 kg mazout à Fr. 37.—
les 100 kg (degré d'efficacité de la chaudière 0,65 pour une moyenne d'exploitation été/hiver)

Entretien, nettoyage et service Fr. 650.—
Fr. 2150.—

Système Promasol

pompe à chaleur électrique raccordée au collecteur à basse température et à l'accumulateur souterrain

Frais d'énergie Fr. 750.—
électricité à tarif réduit Fr. 0.06/kW/h. et au tarif de 0,12 par kW/h.

Entretien, nettoyage et service Fr. 200.—
Fr. 950.—

Economie d'exploitation en faveur du système *Promasol* Fr. 1200.—

Les prix des produits pétroliers sont actuellement, sur le marché suisse, encore relativement bas, et ceci du fait de la surévaluation de notre monnaie. La tendance est cependant à la hausse, ce qui entraînerait également une majoration du prix de l'énergie électrique. Le supplément d'investissement nécessaire à une installation *Promasol* sera d'autant plus vite amorti que les coûts d'énergie importée seront plus élevés. De plus, les dépenses inhérentes à l'entretien et au nettoyage de la citerne, du brûleur, de la chaudière et de la cheminée d'un chauffage à mazout, sont supprimées, permettant ainsi de réduire considérablement les frais d'exploitation.

Les pompes à chaleur ont une très grande longévité, étant donné que seul le compresseur est soumis à une usure mécanique. C'est ainsi que la première pompe à chaleur installée dans une piscine couverte à Zurich fonctionne aujourd'hui encore. Seul le compresseur — d'un prix modeste et pouvant être aisément changé — a dû être remplacé.

Les pompes à chaleur fonctionnant au mazout ou au gaz naturel entraînent des frais d'entretien plus élevés, dépenses qui correspondent à celles d'un chauffage à mazout. Par contre l'approvisionnement en énergie est moins cher, car leur degré d'efficacité est supérieur à celui

d'une pompe à chaleur alimentée par l'électricité. Du fait de la réduction du tarif douanier entrée en vigueur le 1^{er} juin sur le mazout et le gaz naturel utilisé en tant que carburant pour pompe à chaleur, la propagation de cette dernière se trouvera largement facilitée.

Pour connaître l'importance du supplément d'investissement pour l'installation d'une pompe à chaleur, d'autres paramètres — outre celui de la différence entre les prix de revient énergétiques — doivent être pris en considération. Il s'agit, notamment, de la durée de l'amortissement, du taux d'intérêt, ainsi que de l'augmentation des coûts d'énergie. Pour les crédits hypothécaires nécessaires au financement des frais supplémentaires d'installation, un taux de 5 % peut être retenu. Compte tenu d'un délai d'amortissement de 15 ans (laps de temps inférieur à la longévité d'une pompe à chaleur), et d'une augmentation, à longue échéance, de l'ordre de 2 % par année des coûts énergétiques, la capitalisation de l'investissement nécessaire s'élève à Fr. 14 000.—, ceci compte tenu de l'économie des frais d'exploitation mentionnée ci-dessus. Pour un même délai d'amortissement et un taux d'intérêt identique, cette capitalisation pourrait même atteindre Fr. 16 000.—, compte tenu d'une augmentation annuelle des coûts énergétiques de 4 %.

Le coût d'installation d'un système de chauffage *Promasol*, sans chauffage par le sol, est de 24 000 francs à 30 000 francs pour une villa ayant un besoin énergétique de 15 kW. De plus, ce système occupe une surface réduite, si bien que le local de chaufferie peut être utilisé à d'autres fins (séchoir, atelier, dépôt, etc.). Les frais d'installation d'un chauffage par le sol vont de 40 à 60 francs par m² selon le système choisi. Le coût de l'installation de l'accumulation souterraine s'élève de 20 à 30 francs par m², à la condition, toutefois, que ces travaux soient liés aux travaux de terrassement de l'aménagement extérieur.

Le système de chauffage *Promasol* peut trouver son application quasiment en tout lieu, pour autant que les techniciens et ingénieurs spécialisés soient en possession des données exactes, chaque cas devant faire l'objet d'une étude particulière.

Adresse des auteurs :

H.-P. Ritter
G. Ed. Berthoud
S. Weisskopf
c/o Promasol SA
8344 Bâretswil

Chauffage solaire pour piscine et pour la préparation d'eau chaude

Village de vacances Migros Lugaggia (Tessin)¹

par RENÉ SCHÄRER, Granges

Le coup d'envoi pour la réalisation de cette installation fut donné en 1977 ; on tira profit de la couverture du parc à voitures pour installer des capteurs solaires sur cette surface. L'aspect architectural de cette couverture conduisit à une solution harmonieuse tant du point de vue esthétique que technique. La couverture du parc à voitures permit la pose de 123,2 m² de capteurs.

L'idée première était d'utiliser ces capteurs au seul but de chauffage de la piscine. On se rendit toutefois compte, dès le début des études préliminaires, que la surface disponible de capteurs (123,2 m²) était trop importante par rapport à la surface de la piscine (128 m²). Cela conduisait à un rapport de surface de 1 : 1 qui, étant donné le climat de Lugaggia, aurait conduit durant les mois de juin, juillet et août à des températures de l'eau peu souhaitables de plus de 26°C.

Afin d'utiliser de manière optimale la chaleur fournie par cette surface de collecteurs, on en arriva tout naturellement à une solution de production combinée d'eau chaude, et ceci en utilisant dix modules de stockage de chaleur représentant une capacité globale de 8000 l.

Ces modules furent placés dans la cave du bâtiment principal. Les pertes thermiques de surface des manteaux des stocks sont utilisées pour sécher la lessive. Grâce à cette solution, la production de chaleur des collecteurs solaires peut également être complètement utilisée durant les trois mois les plus chauds de l'année, et ceci en couvrant également les besoins en eau chaude sanitaire.

L'installation est en fonction depuis la mi-juillet 1977 et elle a déjà confirmé les espoirs mis en elle.

L'installation globale se compose d'un circuit primaire des collecteurs qui est monté en série avec deux échangeurs de chaleur à plaques. Le premier échangeur de chaleur sert au chauffage de la piscine, son circuit secondaire est en liaison directe avec le circuit du filtre de la piscine. Le second échangeur sert à la transmission de chaleur à la conduite de chauffage à distance, qui existait déjà pour le chauffage à mazout de la piscine, et qui sert à l'alimentation des stocks.

L'utilisation de la chaleur solaire commence avec l'enclenchement de la pompe de circulation du circuit des collecteurs ; celle-ci est enclenchée lorsqu'une température de référence, par exemple 25°C, est atteinte dans le circuit des collecteurs. Dans une première phase, cet enclenchement provoque le réchauffement de tout le circuit qui se trouve en dehors des collecteurs eux-mêmes.

Simultanément, les vannes du chauffage conventionnel sont fermées. Par un enclenchement de la pompe du système de chauffage à distance, le circuit secondaire est mis en position de travail. Aussi longtemps que l'eau de la piscine ne dépasse pas 24°C, la totalité de l'eau circulant dans les collecteurs passe par l'échangeur de chaleur de la piscine. S'il reste encore de la chaleur dans le stock, celle-ci est ramenée par le circuit de chauffage à distance ; elle sert d'appoint au système de chauffage de la piscine aussi longtemps que la température minimale du bain n'est pas atteinte.

Dès que le thermomètre différentiel (DW4) mesure une différence de température positive de 1 à 2°C par rapport au thermomètre (DW4), le circuit est connecté à l'échangeur de chaleur, ceci permet un rechargement des stocks grâce à la conduite de chauffage à distance.

¹ Article paru dans *Energie solaire* n° 2/1978.