**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

**Band:** 67 (1976)

**Heft:** 5

**Artikel:** L'énergie solaire en Suisse

**Autor:** Müller, R.

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-915126

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

**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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

**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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 09.07.2025

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

# L'énergie solaire en Suisse

Par R. Müller

*Der technische Fortschritt im vergangenen Jahrzehnt hat auch in einem Land mit mittlerer Sonneneinstrahlung wie der Schweiz dazu geführt, die Möglichkeiten der Sonnenenergienutzung zu prüfen. Die wohl zukunftsträchtigste erste Etappe dürfte die Erzeugung von Wärme in Sonnenkollektoren, sei es für die Bereitung von warmem Brauchwasser wie auch zur Teilbeheizung von Wohnbauten, darstellen. Durch den internationalen Kongress «Die Sonne im Dienste des Menschen» vom Jahre 1973 ist in der Schweiz von verschiedener Seite auf unabhängiger Basis zum Bau von «Sonnenhäusern» geschritten worden.*

*Der nachfolgende Beitrag gibt einen Überblick über die Anstrengungen auf dem Gebiete der Forschung und Entwicklung der Sonnenenergie in bezug auf die Wärmeproduktion. Weiter sind auch die neuesten Projekte zur Erzeugung von mechanischer und elektrischer Energie erwähnt.*

*Le progrès technique durant la dernière décennie a conduit à examiner l'utilisation de l'énergie solaire même dans des pays à ensoleillement médiocre comme la Suisse. L'étape la plus prometteuse est, pour commencer, la transformation de l'énergie solaire en chaleur par capteurs, soit par la production d'eau chaude sanitaire et pour le chauffage partiel des locaux. Stimulés par le Congrès international «Le soleil au service de l'homme, en 1973, plusieurs particuliers ont construit des maisons solaires en Suisse sur une base tout à fait indépendante.*

*Cette contribution présente les efforts de recherche et de développement dans la domaine de la production de la chaleur par l'énergie solaire. Les projets suisses les plus récents sur la production de l'énergie mécanique ou électrique sont également inclus.*

## 1. Introduction

En Suisse, sur un nombre théorique de 4444 heures de soleil par an, environ 1800 heures de soleil seulement ont été enregistrées en moyenne dans la partie la plus peuplée de la Suisse, c'est-à-dire sur le plateau entre Genève, Zurich et St-Gall. Une première question se pose: Pourquoi s'aventure-t-on à développer l'utilisation de l'énergie solaire dans un pays à ensoleillement médiocre? On pourrait répondre de façon suivante: la Suisse ne connaît pas de ressources naturelles propres significatives en pétrole, gaz naturel, charbon. Les forêts y étant très protégées, ses ressources en bois sont négligeables. La seule richesse énergétique du pays, l'énergie hydraulique, a été exploiteé pratiquement au maximum de ses possibilités, soit bien davantage qu'ailleurs. D'autre part, le niveau de vie très élevé de la population suisse est fondé en bonne partie sur l'exploitation de produits industriels d'une technologie avancée. De ce fait, il n'y a rien d'étonnant que l'utilisation de l'énergie solaire ait provoqué l'intérêt de milieux très divers en Suisse. Plusieurs idées nouvelles orientées vers l'application énergétique nationale et/ou l'exportation d'équipements énergétiques ont surgi.

Le présent rapport donne une vue d'ensemble sur ces réalisations et les projets suisses dans les domaines de la captation de l'énergie solaire pour la production de chaleur et d'énergie. D'autres sujets importants, comme par exemple le stockage de l'énergie, ne sont traités ici que marginalement. Ce tour d'horizon est absolument nécessaire pour faciliter une coordination des nombreuses initiatives parallèles. En effet, ces dernières sont tellement nombreuses que ce rapport ne peut pas mentionner chaque projet individuel.

Mais l'objectif de cette présentation dépasse celui d'exposer une vue d'ensemble. Quelques procédés sont mentionnés d'une façon plus détaillée, car leur application pourrait concerner surtout des pays plus ensoleillés que la Suisse: selon nos informations actuelles, il s'agit là d'idées nouvelles qui sont susceptibles d'intéresser particulièrement.

Dans une première partie de cette contribution, l'état actuel du développement de l'héliotechnique en Suisse sera établi, principalement par la présentation des nombreux études, projets et réalisations. La seconde partie concerne des informations sur des projets suisses en relation avec le développement général dans le monde. Ces deux parties sont suivies d'une brève conclusion.

## 2. Développement de l'héliotechnique

### *2.1 Développement historique*

En Suisse, l'intérêt pour l'utilisation de l'énergie solaire est relativement récent et son aperçu historique ne remplit pas encore des volumes. La première réalisation utilisant des capteurs plats date de 1947. Elle consiste en une installation expérimentale de production d'eau chaude, construite à Schiers dans le canton des Grisons. Des capteurs d'une grande surface mais non vitrés ont été montés sur le toit d'un bâtiment auxiliaire d'un lycée privé. Malheureusement, cette installation a été démontée, car elle n'était alors pas économique [1]. Il fallut attendre le printemps de l'année 1974 pour voir fonctionner une autre installation, à Granges près de Soleure. Des capteurs plats d'une surface totale de 10,5 m² ont été montés sur une maison déjà existante. L'eau chauffée par le soleil y est utilisée pour la production d'eau chaude sanitaire et partiellement pour le chauffage, surtout au printemps et en automne. Ce procédé est facilité par l'existence d'un système de chauffage par tubes de cuivre intégrés au sol et requérant une température maximale d'entrée de 70° seulement. L'originalité de cette réalisation consiste en ceci que les capteurs utilisent des radiateurs plats de chauffage. L'emploi des radiateurs est donc inversé: au lieu de dégager de la chaleur à l'intérieur d'une maison, c'est l'énergie solaire qui chauffe l'eau circulant dans ces radiateurs. L'ensemble de cette installation se compose d'éléments préexistants et livrables sur le marché. L'encadrement du capteur est isolé et couvert d'un double vitrage. Les frais de développement ont donc été modestes. La production de la chaleur solaire est montée en série, en amont de la chaudière à mazout [2].

Peu après cette réalisation à Granges, on comptait en Suisse déjà un nombre important d'installations variées pour la production d'eau chaude sanitaire à partir de l'énergie solaire et de maisons avec chauffage solaire auxiliaire.

Le 22 juin 1974 a été fondée à Berne la Société suisse pour l'énergie solaire. L'effectif des membres a augmenté de 30 membres fondateurs à plus de 1200 membres dans l'intervalle de 14 mois seulement. Y ont adhéré des particuliers, des petites entreprises comme des bureaux d'architecte et des installateurs sanitaires et de chauffage, des institutions publiques et des sociétés privées, parmi lesquelles figurent aussi les plus grandes entreprises industrielles du pays. Le président, M. Pierre Fornallaz, est professeur à l'Ecole polytech-

nique fédérale de Zurich. Parmi les activités de la société, il faut mentionner trois journées d'information ainsi qu'une initiative proposant un plan national pour l'installation de capteurs solaires pour la production d'eau chaude sanitaire en été [3]. La réalisation de ce plan est actuellement examinée par les autorités gouvernementales. En outre, des cours d'instruction pour l'étude et l'exécution d'installations solaires sont prévus par cette société.

### *2.2 Initiatives privées*

A l'occasion d'une exposition intitulée «Solutions alternatives» qui a eu lieu à Zurich durant la première moitié de l'année 1975, on pouvait compter sept différents capteurs solaires de fabrication suisse. Des maisons partiellement solaires apparaissent en Suisse à un rythme croissant, grâce à l'initiative du propriétaire et à l'habileté des ingénieurs, de l'artisanat et de l'industrie [4].

En outre des maisons solaires individuelles, il existe des projets basés sur l'énergie solaire pour un ensemble de maisons groupées et pour une installation sportive avec piscine et patinoire. Parmi ces projets, il faut distinguer entre ceux qui produisent uniquement de la chaleur pour l'eau chaude sanitaire et ceux qui produisent de la chaleur pour l'eau chaude et pour le chauffage des locaux. Il est encore prématuré de comparer les résultats d'exploitation des installations solaires de chauffage auxiliaire en Suisse, car leur mise en service est trop récente.

En ce qui concerne les installations de production d'eau chaude sanitaire, les informations sont plus détaillées. Plusieurs systèmes utilisés surtout en combinaison avec des capteurs plats existent, notamment:

1. Système à circuit ouvert:

L'eau traverse le capteur, est chauffée et entre dans un réservoir. De là, elle est directement amenée au point de consommation. Un chauffe-eau électrique, à mazout ou à gaz peut être branché en parallèle. Ce système a l'avantage d'être bon marché, mais on ne peut ajouter de l'antigel, puisque l'eau qui traverse les capteurs est destinée à la consommation.

2. Système à circuit solaire installé en série avec un autre système de chauffage:

Le circuit qui traverse les capteurs est fermé. Il est donc possible d'ajouter des additifs contre le gel et la corrosion. Dans un réservoir, l'eau potable est chauffée par l'eau caloportrice. Si la température désirée (p. ex. 50 ou 60 °C) n'est pas atteinte, de la chaleur supplémentaire peut être ajoutée en aval par une autre source d'énergie que le soleil. Cette solution a de grands mérites au point de vue de la fiabilité, mais les frais d'investissement sont relativement élevés.

3. Système à circuit solaire en parallèle avec un autre système de chauffage:

Le circuit qui traverse les capteurs est fermé. L'eau de consommation passe soit par le réservoir chauffé du circuit solaire, soit par un réservoir chauffé électriquement par exemple.

4. Système à réservoir avec chauffage supplémentaire incorporé:

Le circuit qui traverse les capteurs est fermé. Dans le réservoir, où l'eau sanitaire est réchauffée par l'eau caloportrice, se trouve un chauffage électrique. Ce chauffage supplémentaire est mis automatiquement en service si l'énergie solaire ne suffit pas pour couvrir la demande d'eau chaude.

Pour le climat du centre de l'Europe, il faut prévoir une surface d'environ 2 m² de capteur par personne pour couvrir la demande d'eau chaude sanitaire durant un été. Ceci est seulement valable si le système comprend également un réservoir isolé d'eau chaude ayant un volume d'environ 100 litres par personne [5]. Une installation complète exige les travaux suivants: montage du capteur et du réservoir, modifications constructives du bâtiment, travaux d'adaptation (tuyauterie, etc.), embranchement électrique des appareils et des organes de réglage. En se fondant sur le niveau des prix de l'année 1975, on compte environ 650 francs suisses par mètre carré de surface du capteur pour un système à circuit ouvert et 1100 francs suisses par mètre carré pour un circuit monté en série avec un autre système de chauffage déjà existant. Les frais d'installation des deux autres systèmes mentionnés plus haut se situent entre les deux exemples cités. Les estimations sont basées sur le prix d'un capteur plat de 10 m² de surface et de construction simple (prix du capteur: 250 francs suisses par mètre carré) et le prix d'un réservoir isolé contenant 500 litres. Une telle installation fournit environ 5000 l d'eau chaude par an et par mètre carré à une température de 60 °C à la sortie du capteur.

L'assortiment des capteurs est actuellement très grand. Même des capteurs en forme de pyramides transparentes existent. Ils ont été utilisés pour le montage sur toits plats. Pour les toits inclinés, les critères esthétiques, qui sont actuellement à l'étude en Suisse, pourraient jouer un rôle prépondérant dans le choix du capteur, particulièrement si le bâtiment à équiper se trouve dans un vieux quartier de valeur historique. A cet égard, le développement du collecteur à tuiles de verre présente des caractéristiques intéressantes. L'idée [6] consiste à remplacer les tuiles d'un toit par des corps creux en verre, de même forme extérieure. Le chevauchement normal des tuiles permet de réaliser un double vitrage. Ce système actuellement étudié a en outre l'avantage économique de ne pas nécessiter de cadres et de joints.

### *2.3 Fabrication industrielle*

Les divers modèles de capteurs ne sont pas tous disponibles sur le marché. En effet, la fabrication en grandes séries des capteurs et des installations n'a pas encore commencé en Suisse. Par contre, plusieurs entreprises sont au stade de la

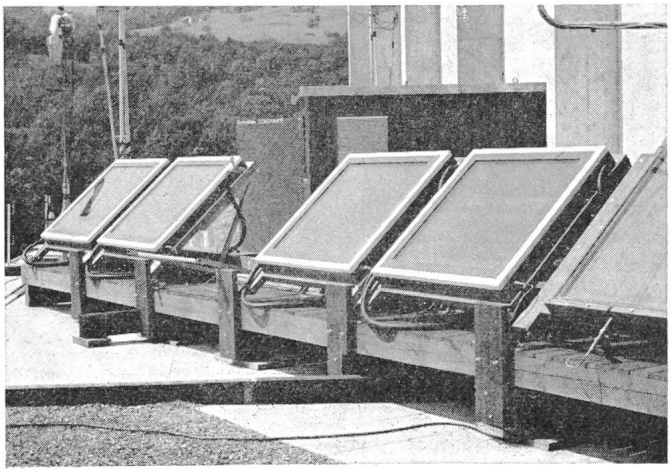

**Fig. 1 Vue partielle de l'installation d'essai pour mesurer les performances de différents capteurs solaires**

présérie. La gamme des capteurs plats compte entre autre les variantes suivantes:

– Capteur à plaques en cuivre, cadre en bois, un seul vitrage. Optimum opérationnel: environ 30 °C.

– Spirales d'un tuyau noir en Nylon ou Tulon à l'intérieur d'un cadre métallique couvert d'une plaque en plastique profilé, ce qui donne un effet analogue au double vitrage. Les matériaux résistent à des températures entre –30 °C et +100 °C.

– Plaques et cadre en aluminium, double vitrage, couche sélective d'une émissivité de moins de 0,25 à 100 °C [7]. Le capteur est aussi opérationnel en-dessus de 90 °C.

– Rideaux solaires pour façades. Une façade vitrée est proposée pour une fabrication en série sous forme d'éléments dont les dimensions sont variables. Les éléments jouent un double rôle: premièrement, le rôle de peau du bâtiment (isolation thermique et phonique) et, deuxièmement, le rôle de capteur plan d'énergie solaire, fournissant de l'eau jusqu'à une température de 90 °C avec une puissance variant avec l'isolation et pouvant aller jusqu'à 700 W/m². Les tôles du capteur proprement dit sont en acier inoxydable et couvertes d'un noir sélectif.

Des moyens financiers intéressants de l'ordre de grandeur de 1 million de francs suisses par an ont été libérés dernièrement par une importante société suisse de production d'aluminium en vue du développement de l'héliotechnique. Après l'évaluation des performances techniques et économiques de systèmes particuliers, cette firme envisage des réalisations expérimentales.

*2.4 Apport gouvernemental*

En Suisse, la promotion de l'héliotechnique a débuté par une vague de fond soulevée par de nombreuses initiatives de particuliers et de petites entreprises. Ce ne sont ni le gouvernement ni même les grandes sociétés industrielles qui ont voulu forcer l'utilisation de l'énergie solaire. Cependant, plusieurs projets financés par l'Etat ont vu le jour par la suite. Les travaux de recherche et de développement dans le domaine de l'héliotechnique se font surtout dans le cadre des écoles polytechniques fédérales de Lausanne et de Zurich et de leurs instituts annexes, comme l'Institut fédéral de recherches en matière de réacteurs à Würenlingen.

Le programme fédéral le plus important sur l'énergie solaire est en cours à Lausanne; il est supporté par un budget d'environ 1 million de francs suisses pour 3 ans. Le plan comporte différentes recherches techniques et une recherche d'évaluation. Parmi les recherches techniques, il faut mentionner les travaux sur les éléments de façades, sur les relations entre la météorologie et les paramètres de système des chauffe-eau solaires, sur les couches sélectives pour les capteurs en-dessus de 100 °C, sur le stockage de l'énergie par chaleur de fusion et sur l'absorption de l'énergie solaire dans le fluide d'une machine solaire. Des résultats intermédiaires sont attendus dès 1976. Les professeurs P. Suter et G. van Bogaert et le docteur A. Faist sont les responsables principaux de ce programme.

A l'Institut fédéral de recherches en matière de réacteurs à Würenlingen, M. P. Kesselring a lancé des travaux importants. En 1975, une installation d'essai pour mesurer les performances techniques de fonctionnement de différents capteurs plats a été mise en service. Jusqu'à dix capteurs d'une taille de 1 m² peuvent être testés simultanément. La température d'entrée des capteurs peut être stabilisée entre 20 et 80 °C. Un ordinateur compile les données [9]. En outre, des essais avec un capteur plat à hautes performances ont été amorcés (fig. 1).

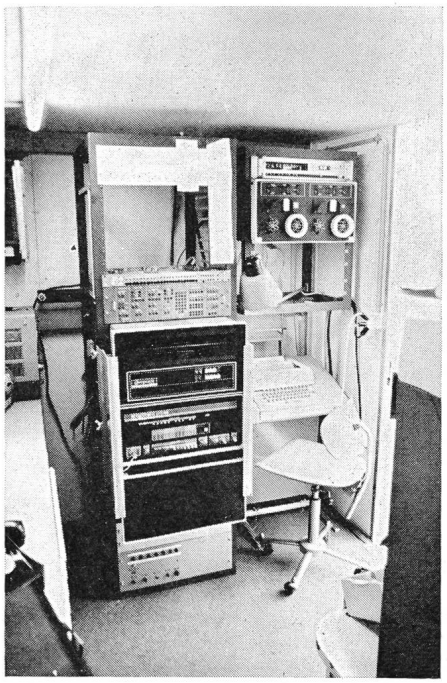

**Fig. 2**
**Station mobile de mesures automatique du rayonnement**
Vue intérieure sur l'ordinateur qui contrôle les instruments et qui permet une première évaluation des mesures

Le professeur Ch. E. Geisendorf, de l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich, propose de transformer la coupole du bâtiment principale de cette école en capteur solaire, en vue d'alimenter le réseau interne à eau chaude, y compris les douches d'une installation sportive annexée. Il a également tenu compte de l'aspect esthétique de la construction. Le projet est actuellement à l'étude [10].

L'utilisation de l'énergie solaire dépend d'une façon importante des données d'ensoleillement disponibles. Le nombre d'heures d'ensoleillement par an est très imprécis pour un endroit spécifique. Cette valeur ne donne en outre aucune information sur la durée consécutive de l'ensoleillement ou sur la quantité du rayonnement direct et diffus. M. P. Valko, de l'Institut suisse de météorologie, a travaillé depuis des années sur ces questions. Les informations recueillies sont basées par exemple sur les enregistrements de l'ensoleillement faits à l'aide d'environ trente stations réparties en Suisse; les valeurs obtenues s'étendent sur une période d'au moins douze années et dans bien des cas sur plus de trente ans [11]. Les derniers travaux portent sur l'ensoleillement des bâtiments en fonction de leur forme et de leur orientation et concernent le chaleur rayonnante directe et diffuse sur un corps parallélipipédique [12]. La station mobile de mesures automatique du rayonnement, mentionnée en 1973 au Congrès international «Le soleil au service de l'homme» à Paris [13], est entrée en service depuis lors (fig. 2 et 3).

Une coordination au niveau gouvernemental de tous les travaux du secteur privé et du secteur public s'est avérée nécessaire. Dans ce but, une commission fédérale d'experts pour l'utilisation de l'énergie solaire, présidée par l'auteur de ce rapport, a été formée en 1975. Le travail de cette commission est d'insérer les possibilités de l'énergie solaire dans la conception globale de l'énergie en Suisse, conception qui est également au stade de l'élaboration.

Au niveau national, la question a été soulevée de savoir s'il était possible d'utiliser l'énergie solaire pour la production d'électricité dans les Alpes [14]. En effet, l'ensoleillement des montagnes est plus favorable que celui du Plateau suisse, car sa répartition au long de l'année y est plus uniforme. Le nombre total d'heures d'ensoleillement par année dans les Alpes n'est pas très différent de celui des grandes villes, mais il y est plus grand pour la saison hivernale et moins pour la saison estivale. Pour éviter le problème de stockage, le courant électrique pourrait être couplé avec le système existant de barrages hydrauliques d'accumulation et avec les installations de pompage-turbinage. Pour l'usine hélio-électrique, on pense surtout à un système utilisant des miroirs et un cycle à turbine utilisant de la vapeur surchauffée à 550 °C environ. Le récepteur pourrait être installé sur un flanc de vallée et faire face aux miroirs situés sur l'autre flanc de vallée; il peut aussi être placé sur une tour située sur le même versant que les miroirs. Des études dans ce sens se poursuivent actuellement.

### 3. Héliotechnique et le développement

Dans le chapitre précédent, il a été question surtout des réalisations applicables en Suisse. Vu la situation climatique et l'état du développement technique, les capteurs plats et leurs installations annexes pour la production d'eau chaude sanitaire et de chaleur pour le chauffage des locaux ont suscité un intérêt prépondérant.

Dans cette partie, sont présentés trois projets qui intéressent surtout les pays en développement et les pays favorisés par leur ensoleillement. Le premier est une installation autonome pour fabriquer du fromage, qui utilise des capteurs solaires. Les deux autres projets se basent sur des miroirs à concentration.

Depuis 1972, un programme de recherche développant des procédures pour conserver des produits alimentaires à l'aide de l'énergie solaire est poursuivi à l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich [17]. La transformation de l'énergie solaire en chaleur et en froid est étudiée. Dans le cadre du projet de l'utilisation et la commercialisation du lait en Afghanistan, une station mobile pour la production de fromage a été mise au point, adaptée à la population nomade de l'Hindu-Kuch. L'exécution actuelle comporte deux capteurs plats d'une surface utilisable de 1,5 m² chacun en aluminium noirci, avec des tuyaux inoxydables et couverts d'un verre de 4 mm d'épaisseur. Le couvercle en aluminium peut être utilisé comme réflecteur. Le réservoir en acier inoxydable contient 250 litres. Le récipient à fromage est muni d'une double-paroi en acier et d'un couvercle isolé. Son volume intérieur est de 100 litres. Avec une unité mobile, jusqu'à 200 litres de lait par jour peuvent être transformés. A côté de la station mobile, une station fixe est en train d'être évaluée. L'accent est mis sur des éléments simples d'un prix compétitif. Les éléments du capteur sont utilisés en même temps comme éléments d'un toit de la station (fig. 4).

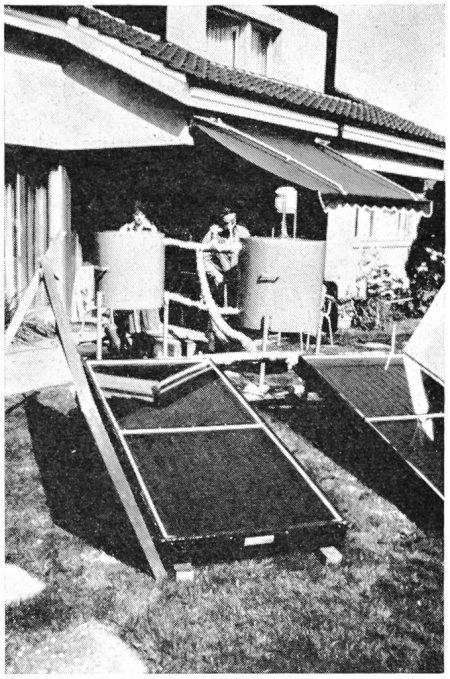

**Fig. 4**
**Station solaire mobile pour la production de fromage**

Le stockage des produits agricoles est un grand problème dans les régions tropicales et sub-tropicales. Les pertes sont énormes et estimées jusqu'à 30 % de la quantité initiale. La lutte contre la faim doit également inclure la réduction des pertes de stockage des produits d'alimentation [18]. La production d'énergie sur place présente de grands avantages sur un système compliqué de ravitaillement énergétique, souvent encore peu développé. L'utilisation de l'énergie solaire aidera à résoudre ces problèmes, notamment dans des pays caractérisés par de faibles précipitations et un grand ensoleillement. Pour cette raison, l'institut de l'Ecole polytechnique fédérale cité plus haut ne s'occupe pas uniquement des appareils à fabriquer le fromage, mais également des installations de refroidissement permettant de mieux conserver les produits alimentaires, les produits laitiers en particulier. L'idée se porte sur une installation à absorption fonctionnant de manière intermittante. Les recherches pour la réfrigération en sont encore au stade initial.

A part les travaux de cet institut, destinés surtout aux régions rurales, un autre projet suisse est à mentionner, soit le chauffage des locaux qui en est l'application principale.

Le système «Liebi», appelé d'après le nom de son inventeur-promoteur, consiste en un certain nombre de miroirs de forme cylindrique-parabolique (fig. 5). Ces miroirs sont

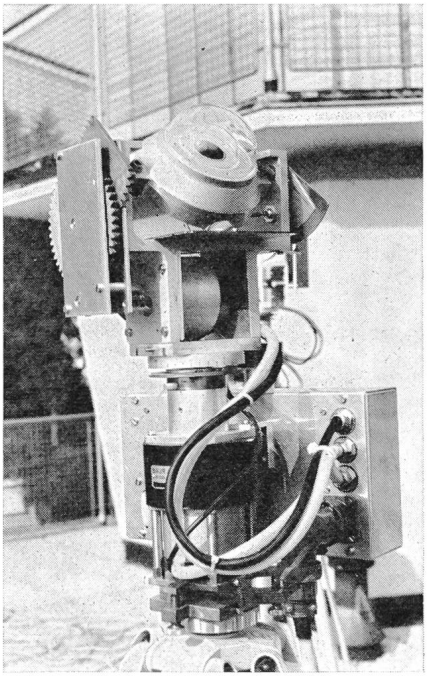

**Fig. 3**
**Station mobile de mesures automatique du rayonnement**
(Pyranomètre à positions téléguidées)

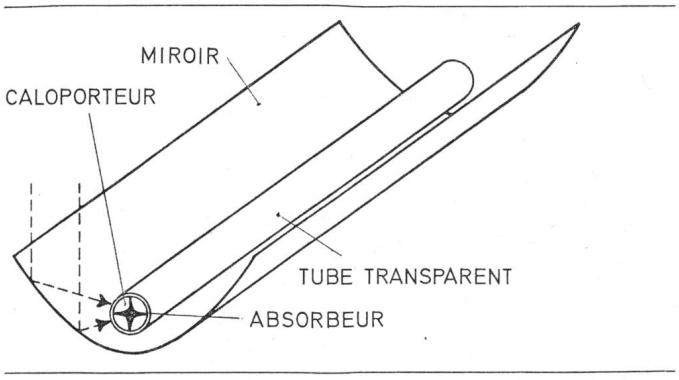


**Fig. 5 Capteur «Liebi»**

orientés vers le soleil par des cellules sensibles. Le rayonnement solaire est concentré sur un tube situé au foyer linéaire. L'énergie solaire est transportée à l'intérieur du tube transparent pour réduire les pertes de transmission calorique. A l'intérieur du tube se trouve un absorbeur noir en forme d'étoile. La chaleur est transmise par convection entre l'absorbeur et le liquide. Ce procédé est breveté. Les capteurs sont montés dans l'axe Nord-Sud avec une inclinaison de 35 ⁰ par exemple. Avec ce système, des températures de plusieurs centaines de degrés pourraient être obtenues dans le liquide caloporteur. Cette méthode ouvre la voie non seulement à la production de chaleur pour le chauffage des locaux, mais aussi à la production de vapeur industrielle ou à la production d'électricité par l'intermédiaire d'un cycle à vapeur.

Actuellement sont proposées des unités standardisées, composées de six cylindres de 3,2 m de longueur et 0,6 m de largeur chaucun [15]. Ce dispositif présente une surface totale, exposée au soleil, de 11,5 m². Son poids est d'environ 220 kg, fixation et tuyauterie incluses. Le prix de fabrication, sans montage, est estimé actuellement à environ 450 francs suisses par mètre carré de surface du capteur.

Le concept de M. M. Posnansky va encore plus loin dans son souci d'éviter des transferts multiples de chaleur. Le rayonnement électromagnétique du soleil est directement absorbé par les molécules d'un fluide caloporteur noir à l'intérieur d'un tube transparent [16]. Cette méthode a le mérite d'éviter le cheminement normalement appliqué pour l'utilisation de l'énergie solaire qui se compose de l'absorption par une surface noire ou sélective, du transport de chaleur vers l'intérieur au travers du capteur et du transfert de chaleur vers le fluide caloporteur.

Les avantages de l'absorption directe sont importants. Les pertes de chaleur sont réduites et des densités de puissance plus élevées peuvent être transmises. La concentration sur de petits volumes est possible et on peut atteindre des températures plus élevées dans le fluide caloporteur jusqu'à la surface du capteur.

L'installation se base sur un miroir parabolique concave qui permet d'accumuler des densités de l'ordre d'une dizaine de MW/m² au foyer (fig. 6). Le miroir est orienté vers le soleil à l'aide d'un dispositif mécanique ou de cellules photoélectriques. Le fluide caloporteur doit avoir une absorption maximum pour le spectre des fréquences du rayonnement solaire. Pour atteindre des températures jusqu'à 300 ⁰C, des huiles noires pourraient être utilisées. Mais des températures encore plus élevées sont beaucoup plus intéressantes. Des essais avec des gaz d'iode ou de brome ont été faits. Cette technique ouvre la voie à plusieurs applications comme la production d'électricité et d'hydrogène, la production de chaleur industrielle, le chauffage et le refroidissement des locaux et la production d'eau douce à partir d'eau salée. A haut niveau de température, des utilisations combinées en cascade sont possibles, ce qui augmente le rendement global d'une installation.

Une application particulière est actuellement en voie d'examen poussé. Il s'agit d'un moteur solaire en cycle fermé qui ressemble à un moteur de combustion de type rotatif (système Wankel). Dans cette utilisation, l'énergie n'est pas fournie sous forme chimique, mais sous forme d'absorption du rayonnement par un gaz noir. Le principe de fonctionnement du moteur se compose de plusieurs phases, voire l'aspiration, la compression, l'échauffement, l'expansion et l'expulsion. Le gaz est refroidi dans un échangeur de chaleur entre les phases de l'expulsion et de l'aspiration. Dans le chambre à échauffement se trouve une fenêtre par laquelle entre l'énergie solaire concentrée par un miroir.

Au stade actuel du développement, on ne peut pas encore préciser si les unités les plus favorables sont de grande ou de petite taille et si un miroir par moteur est une solution optimale. Des paramètres aussi divers que la vitesse des vents de la région, le service et l'entretien, la récupération des rejets de chaleur et la production en série sont à considérer. Pour l'instant, des moteurs d'une puissance de 1 kW sont envisagés. Ils nécessiteront un miroir parabolique d'un diamètre d'environ 2 m. Les recherches sur ce concept se font actuellement à l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne et elles sont financées par des fonds publics et par des milieux industriels. Plusieurs brevets y relatifs ont déjà été déposés.

## 4. Conclusions

Ce tour d'horizon montre que les voies pour l'utilisation de l'énergie solaire dans un pays comme la Suisse peuvent être très nombreuses. Ceci est le reflet du début du développement. Cependant, d'ici quelques années, les nombreux critères d'application (techniques, économiques, architecturaux, urbanistiques, industriels, financiers, etc.) forceront vraisemblablement une sélection naturelle qui débouchera sur un nombre restreint de solutions et des installations plus standardisées. Au début de cette évolution, il est difficile de prévoir la tendance future. Elle ira probablement vers une spécialisation adaptée à l'application. Les capteurs pour la

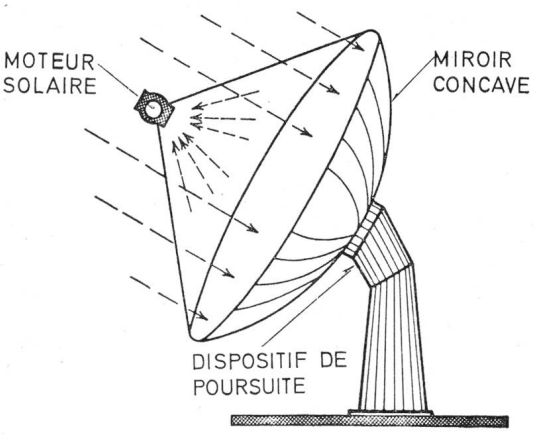


**Fig. 6 Concept «Posnansky»**

production d'eau chaude sanitaire se distingueront d'avantage des capteurs pour le chauffage des locaux, etc.

Pour les mêmes raisons, il faut bien être conscient que les constatations actuelles seront peut-être bientôt dépassées par le progrès très rapide du développement dans le domaine de l'héliotechnique. Il faut donc souhaiter que l'avancement des diverses recherches, comme par exemple l'avancement du concept de l'équipe Posnansky, pourra être communiqué à une occasion ultérieure.

**Bibliographie**


[1] *U. Schäfer:* Quelques pionniers suisses de l'énergie solaire, Bulletin SSES 1/1974, p. 1.
[2] *R. Schärer:* Sechs Monate Messungen an einer Sonnenenergie-Heizanlage, Sonnenenergie auf dem Weg zur praktischen Nutzung, Schweiz. Vereinigung für Sonnenenergie, Zürich, 1974.
[3] Plan national d'économie d'huile de chauffage, élaboré par la Société suisse pour l'énergie solaire, 27 février 1975.
[4] *P. Fornallaz:* Allocution d'ouverture, Symposium du 9 juin 1975 à Lausanne, l'énergie solaire dans le bâtiment: réalisations et projets, p. 4.
[5] Überprüfung der technisch-wirtschaftlichen Angaben des nationalen Heizöl-Sparplanes der Schweizerischen Vereinigung für Sonnenenergie, Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, Zürich, Mai 1975.
[6] *J.-C. Courvoisier* et *J.-L. Meylan:* Un nouveau type de capteur solaire, symposium du 9 juin 1975 à Lausanne, l'énergie solaire dans le bâtiment: réalisations et projets, p. 41.
[7] *A. Fischer:* Bilan d'exploitation d'une installation solaire, ibid., p. 46.
[8] *C. Roulet:* Une façade rideau solaire, ibid., p. 16.
[9] Communication privée de M. P. Kesselring, Institut fédéral de recherches en matière de rédacteurs, Würenlingen, 1975.
[10] Communication privée de M. le professeur Ch. E. Geisendorf de l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich, 1975.
[11] *P. Valko:* Probabilities of sunshine hours accumulated over periods of $2 \leq N \leq 31$ consecutive days, N° 38, Congrès international, Le soleil au service de l'homme, Paris 1973.
[12] *P. Valko:* Isolation des bâtiments en fonction de leur forme et de leur orientation, Meteo-Plan, Editions Hallwag, Berne et Stuttgart, 1975.
[13] *P. Bener, C. Fröhlich* et *P. Valko:* Mobile Station for Automatic Measure of Spectral Solar and Sky Radiance and the Fluxes of Global and Sky Radiation on Differently Orientated Planes, Congrès international, Le soleil au service de l'homme, Paris 1973.
[14] *J.-C. Courvoisier* et *J.-L. Meylan:* Note technique sur l'utilisation de l'énergie solaire pour la production d'électricité dans les Alpes, Battelle, Centre de recherche de Genève, 1975.
[15] Information directe de la société Liebi, Neuenschwander Co., Egelgasse 31, 3006 Berne, 1975.
[16] *M. Posnansky:* Ein Solarmotorkonzept zur Umsetzung von Sonnenenergie in mechanische Arbeit bzw. elektrischen Strom, Mai 1975 (à publier).
[17] *M. Bachmann:* Käsefabrikation mit Sonnenenergie, Programm zur Entwicklung angepasster Geräte (intermediate technology) für Entwicklungsländer, Milchtechnisches Institut, ETH, Zürich.
[18] *M. Bachmann* und *K. Leuenberger:* Die Lagerung und die Verarbeitung von landwirtschaftlichen Produkten in Entwicklungsländern, Milchtechnisches Institut, ETH, Zürich, 1974.



**Adresse de l'auteur**

*R. E. Müller,* Office fédéral de l'économie énergétique, Boîte postale, 3001 Berne.


# Sonnenenergienutzung in der Schweiz; heutige Möglichkeiten und Grenzen[1])


Von E. Elmiger



*Die maximale Sonneneinstrahlung beträgt im schweizerischen Mittelland rund 900 W. Diese an sich hohe Leistung lässt sich jedoch nur beschränkt nutzen, am ehesten für Schwimmbadheizungen, Warmwasserbereitung im Sommer und in Kombination mit der Wärmepumpe auch für die Raumheizung.*

*Es werden die Vor- und Nachteile der Sonnenenergienutzung dargestellt und die für die praktische Anwendung noch erforderlichen Massnahmen und Entwicklungen erwähnt.*

*La densité du rayonnement solaire représente sur le Plateau suisse quelques 900 W au maximum. Ce rayonnement ne peut cependant être utilisé que dans une mesure restreinte, plus particulièrement pour le chauffage des piscines, la préparation d'eau chaude en été et comme appoint aux pompes à chaleur pour le chauffage d'habitation.*

*On verra ci-dessous les avantages et désavantages de l'utilisation de l'énergie solaire ainsi que les mesures et développements qu'elle requière pour des applications pratiques.*


## 1. Einleitung

Die Ölkrise im Herbst 1973 hat uns zum Bewusstsein gebracht, wie einseitig die Energieversorgung der Schweiz zu beinahe 80 % auf einem Energieträger beruht, der zur Hauptsache aus politisch unstabilen Gebieten eingeführt wird und dessen Vorrat weltweit in absehbarer Zeit zu Ende geht. Bei der Suche nach Ersatz-Energiequellen erscheinen solche als besonders vorteilhaft, welche nicht aus dem Abbau von in geologisch langen Zeiten entstandenen Vorräten stammen, sondern durch die Natur dauernd erneuert werden. Eine solche regenerative Energiequelle ist zum Beispiel die Wasserkraft, aus der die Schweiz immer noch den Grossteil der elektrischen Energie gewinnt. Im Unterschied zu andern Ländern lässt sich aber bei uns aus verschiedenen Gründen die Ausnützung des beschränkten Dargebotes an hydraulischer Energie nicht mehr wesentlich ausdehnen. Andere regenerative Energiequellen sind zum Beispiel Wind, Holz, Gezeitenenergie. Leider sind für unser Land diese Energiedargebote entweder zu wenig ergiebig oder gar nicht zugänglich. Hingegen ist eine direkte Nutzung der Sonnenenergie, aus der auch alle vorgehend aufgezählten Energien stammen, zukunftsträchtig und prüfenswert.

Die Sonnenenergie hat viele Vorzüge, ist mit Ausnahme der ästhetischen Seite ohne Umweltbelastung zu gewinnen und lässt sich auch am jeweiligen Verbrauchsort auffangen, so dass Transportprobleme wegfallen. Bei diesen Vorteilen wundert man sich, warum die direkte Nutzung der Sonnenenergie sich bisher auf wenige Sonderfälle beschränkte und besonders in der Schweiz praktisch keine Bedeutung hat. Die folgenden Überlegungen wollen einige heute mögliche Nutzungen der Sonnenenergie betrachten und die Gründe darlegen, warum ihre Anwendung sehr langsam erfolgt sowie welche Grenzen ihr gesetzt sind.

[1]) Referat anlässlich der Pressekonferenz der Nordostschweizerischen Kraftwerke AG vom 19. Februar 1976.