

LES ECHOS DE SAINT-MAURICE

Edition numérique

Henri MICHELET

Le soleil à portée de main ?

Dans *Echos de Saint-Maurice*, 1978, tome 74, p. 315-327

© Abbaye de Saint-Maurice 2013

Le soleil à portée de main ?

La crise pétrolière provoquée par le blocus arabe de 1973 a engendré soudainement dans les pays occidentaux la crainte d'une famine énergétique. Savants et économistes s'accordent pour reconnaître la limitation des énergies actuellement utilisées.

Le bilan est vite établi. Les produits pétroliers, qui alimentent le 76,6% de l'énergie mondiale, s'épuiseront vraisemblablement dans le courant du XXI^e siècle ; de plus, leur prix ne cesse d'augmenter. Les ressources hydro-électriques, avec un apport de 14,2 %, viennent au deuxième rang. Mais ici encore, le plafond paraît être atteint, les barrages réalisables étant presque tous construits. Les autres combustibles — charbon, bois, gaz naturel, etc., — fournissent ensemble un peu plus de 6 % de l'énergie consommée. C'est à ce moment de disette énergétique que, déjà au troisième rang, avec plus de 3 % d'apport, l'énergie nucléaire offre ses services. D'après les estimations actuelles, vers l'an 2000, elle pourrait fournir le 50 % de l'énergie électrique. Mais voilà, ses offres de service ne sont guère prisées. Parce qu'elles pourraient mettre en danger l'avenir de l'humanité, les centrales nucléaires rencontrent partout de vives oppositions, qui se concrétisent par des manifestations de foules et par le lancement de moratoires.

Face à cette situation, les hommes s'interrogent. D'aucuns rêvent d'un retour aux âges bucoliques. Une telle illusion ne durera qu'un instant. Etant donné les habitudes prises, il y a peu de probabilité que les hommes réduisent volontairement leur consommation d'énergie. Au contraire, il paraît vraisemblable que la demande d'énergie continuera de croître pour atteindre le double, probablement au début du XXI^e siècle. Sera-t-il

possible de satisfaire cette clientèle affamée d'énergie ? Pour répondre à la demande, de nombreux savants et techniciens s'efforcent de trouver des sources d'énergie propres. Parmi celles-ci, une énergie vieille comme le monde, celle du Soleil, donne quelques espoirs. Ayant gaspillé une bonne partie de ses réserves d'énergie, l'homme pense qu'il pourrait mieux utiliser les rayons émis par le Soleil.

LE FOUR SOLAIRE

Une source d'énergie fantastique existe. A quelque 150 millions de kilomètres de la Terre, le Soleil brille d'un insoutenable éclat. Depuis des millénaires, il déverse dans l'espace des torrents de lumière et de chaleur.

Cette « présence dans le ciel » a tout à la fois effrayé les peuples anciens et attiré leur vénération. Pour apaiser la divinité, les bâtisseurs des pyramides gravaient l'image de « l'Astre-dieu » aux frontons de leurs temples. Sans être sous l'emprise de l'angoisse, l'homme de notre temps continue à se poser à son sujet de multiples questions : « De quoi le Soleil est-il fait ? Quelle est la source de ses flammes éternelles ? Et si un beau matin, le Soleil ne se levait pas sur la Terre ? »

Les sciences physiques et astronomiques donnent aujourd'hui la réponse à ces questions et décrivent les principales caractéristiques du four solaire.

Guidés par les découvertes scientifiques modernes, pénétrons en esprit à l'intérieur de l'astre. On nous apprend qu'il y règne une température de 20 à 40 millions de degrés. A une telle température, les noyaux d'hydrogène, qui constituent environ le 36 % de la masse du Soleil, lancés à une très grande vitesse, se heurtent violemment et certains d'entre eux fusionnent. Cette opération fait partie de toute une série de réactions appelées cycle de Bethe, du nom du physicien américain, qui en 1938, a expliqué les réactions thermonucléaires du Soleil et des étoiles. En simplifiant le phénomène, on peut dire que quatre noyaux d'hydrogène brûlent en donnant, comme résidu, un noyau d'hélium. Dans cette combustion, une

faible partie de la masse, le 0,7 %, est transformée en énergie. Einstein a indiqué la formule permettant de calculer la valeur de cette énergie : l'énergie produite = masse perdue multipliée par la vitesse de la lumière au carré, soit $E = mc^2$. Pour quatre grammes d'hydrogène brûlé, une telle réaction produit environ 6.10^8 kilocalories, quantité de chaleur capable de chauffer 600 tonnes d'eau de 0 à 100°.

L'énergie énorme, produite dans la partie centrale du Soleil, subit diverses transformations avant de parvenir à la périphérie du Soleil, la chromosphère. Cette énergie réchauffe les gaz superficiels du Soleil, les portant à une température qui est de l'ordre de 6000 degrés. Puis, elle se disperse dans l'atmosphère sous forme de rayons solaires. La production de ce rayonnement consomme quatre millions de tonnes de matière par seconde. N'ayons pourtant aucune crainte de voir le Soleil s'éteindre. Il faudra un million d'années pour que le 1 % de l'hydrogène soit transformé en hélium.

Il reste suffisamment d'hydrogène pour nous tranquilliser : le Soleil se lèvera longtemps encore sur la Terre.

LE SOLEIL SUR LA TERRE

Si la Terre ne recevait plus d'énergie solaire, sa température s'abaisserait progressivement jusqu'au zéro absolu qui est de -273 degrés Celsius. Toute vie y deviendrait impossible.

Le rôle du Soleil est aussi de créer le cycle de l'eau. Produisant l'évaporation de l'eau des mers et des rivières, puis sa précipitation sous forme de pluie ou de neige, il alimente les centrales hydro-électriques. C'est aussi le Soleil qui réalise la réaction surprenante de la photosynthèse par laquelle s'édifient les forêts et toutes les plantes nécessaires à la vie de l'homme et des animaux.

Bien que de nombreux bienfaits soient dispensés par le Soleil, seul son pouvoir énergétique retiendra notre attention.

Comme il a été dit ci-dessus, la surface solaire rayonne une énergie énorme, de 7 à 8 kilowatts par mètre carré. (Un kilowatt représente la puissance d'une machine qui soulève 102 kg à 1 m de hauteur en une seconde.) Comme on peut bien s'y attendre, après avoir parcouru le chemin Soleil-Terre — 150 millions de kilomètres — l'énergie solaire arrive sur la Terre fortement diminuée : elle n'a plus que la 50 000^e partie de sa valeur primitive. Pourtant, à son arrivée dans la stratosphère, son énergie est encore colossale. Les mesures calorimétriques ont établi qu'à ce niveau la Terre reçoit une puissance de 1 kilowatt par m², ce qui représente 0,24 kilocalorie par seconde. En un peu plus de quatre secondes, cette énergie serait capable de porter un litre d'eau de 0 à 100 degrés. L'énergie reçue par une surface de 1 km² peut théoriquement fournir une puissance d'un million de kilowatts. Malheureusement, l'énergie lumineuse, si généreusement distribuée, possède un grave défaut : elle est intermittente.

Le Soleil ne brille nulle part en permanence. A cause des nuits, des nuages, de l'éclairement oblique, seulement le 1/16 de l'énergie reçue sur la stratosphère est récupérable. Si bien que pour obtenir le million de kilowatts, il faut disposer d'une surface de 6 km².

Le fait que l'énergie solaire soit dispersée sur toute la surface terrestre comporte un avantage. Notre civilisation s'est développée sous le signe de la concentration. Les installations centralisées distribuent l'énergie au moyen de réseaux complexes à des unités plus modestes. Notre pays est ainsi inondé de lignes à haute tension qui acheminent l'électricité vers les lieux de consommation. L'énergie solaire appelle une utilisation sur place, du moins dans un premier stade. On économise ainsi les pertes provenant dans le transport d'énergie.

Avec ses défauts et ses qualités, l'énergie solaire est déjà entrée dans la voie des applications industrielles. Les experts estiment qu'à la fin du siècle, « le solaire pourrait assurer le 35 % du chauffage et de la climatisation des immeubles, le 30% de l'approvisionnement en gaz (production de combustibles propres à partir de déchets organiques) et, vers 2020, le 20 % de la production du courant électrique ».

L'examen des modèles réalisés permet de faire une recension sommaire des procédés de captage du solaire.

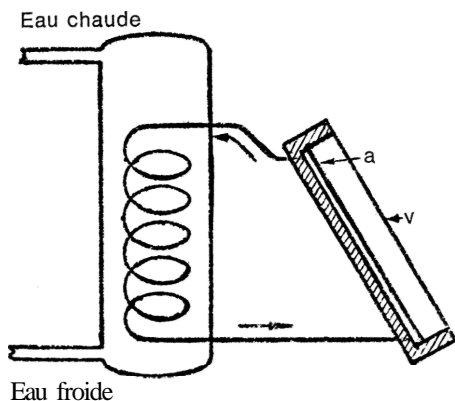
CAPTAGE DE L'ÉNERGIE PAR EFFET DE SERRE

On sait que la lumière blanche du Soleil est complexe. Elle est formée par l'addition de sept couleurs principales allant du rouge au violet. Ces couleurs apparaissent bien dans l'arc-en-ciel. Les couleurs de la lumière visible ont une longueur d'onde qui va de 0,39 micron, pour le violet, à 0,76 micron, pour le rouge. (Le micron est égal à la millionième partie du mètre.) Le rayonnement solaire comprend aussi des radiations invisibles : l'infrarouge et l'ultraviolet. Il est possible de séparer les radiations, les choisissant pour le service qu'on veut leur demander. La sélection des ondes utiles au chauffage s'opère assez couramment par effet de serre. Ce captage de l'énergie solaire a trouvé des applications principalement dans le domaine de l'habitat.

Chauffage de l'eau

Il existe déjà une grande variété de chauffe-eau solaires.

Leur principe est assez simple. Les radiations ayant des longueurs d'onde visibles et celles du proche infrarouge, c'est-à-dire entre 0,30 et 3 microns, sont arrêtées par une surface absorbante. Une plaque de métal peinte en noir ou de plastique noir, absorbe ces radiations et les rayonne ensuite. Mais les radiations réémises ont une autre longueur d'onde : entre 4 et 30 microns. Or ces longueurs d'onde sont arrêtées par le



Chauffe-eau solaire

Un liquide s'échauffe en circulant entre le vitrage *v* et une plaque noire *a*, et cède ses calories au réservoir d'eau à chauffer.

verre. Cette différence de propriétés entre les deux sortes d'ondes permet de construire le piège à chaleur qui est constitué d'une plaque absorbante — de couleur noire —, au-dessus de laquelle est placé un verre transparent. Les radiations qui viennent du Soleil traversent le verre, mais celles qui repartent du corps noir ne peuvent plus ressortir ; elles se trouvent emprisonnées entre les deux surfaces (verre et plaque métallique). Dans une région bien ensoleillée, on peut obtenir ainsi, entre les deux plaques, une température atteignant 200° C. Un collecteur de 2 m² récolte facilement 10 kilowatts-heures par jour. Avec cette énergie, il est possible de chauffer 150 l d'eau jusqu'à 60 ou 80 degrés.

Une station de chauffage solaire vient d'entrer en service, en septembre 1978, à la piscine de l'Ecole normale des garçons à Sion. La piscine est située entre l'ancien Petit Séminaire et le complexe de l'école. Les capteurs solaires, au nombre de 45 et mesurant 3 m² chacun, sont placés sur le toit du préau de l'ancien Petit Séminaire. Ils sont fixés sur des supports métalliques inclinés à 35 ° sur l'horizon et orientés vers le sud. Le plan en polyester est fermé par une vitre étanche. La lame d'eau est répartie par un jeu d'injecteurs placés sur une rampe au sommet du capteur. Un treillis de fils plastiques noirs assure à la fois le piège à rayons solaires et l'uniformité de la lame d'eau par capillarité.

Cette installation, la plus grande réalisée jusqu'à ce jour en Suisse romande, paraît donner satisfaction pour le chauffage de la piscine qui a une surface de 295 m² et un volume de 540 m³.

Comme on le verra par la suite, on peut augmenter le rendement du chauffage par l'emploi de revêtements sélectifs ou par des miroirs réfléchissants.

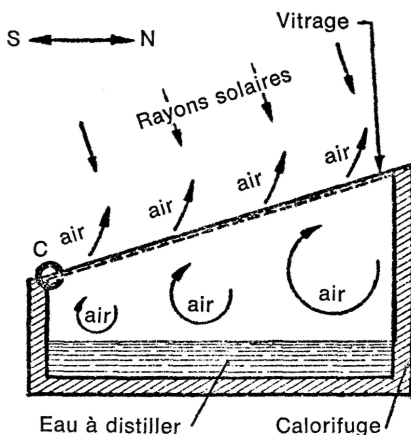
Distillation de l'eau

Un procédé inventé par Harding en 1883 et repris par de nombreux expérimentateurs, utilise l'énergie solaire pour la distillation de l'eau.

Pour un tel emploi il faut modifier l'appareil à chauffage d'eau. Un vitrage incliné laisse passer les rayons solaires qui sont absorbés par les parois noires du récipient contenant de l'eau. Cette eau se vaporise sous l'effet de la chaleur ; la vapeur obtenue se condense sur la face inférieure de

Distillation de l'eau

La vapeur d'eau se condense sur la paroi du vitrage en pente et s'écoule par capillarité jusqu'au collecteur C.



la paroi de verre, puis s'écoule par un canal approprié. Ce procédé de production d'eau douce est d'un grand intérêt dans les pays qui en sont privés. Cette eau sert aussi bien pour l'alimentation des hommes et des animaux que pour l'arrosage des plantes.

La plus importante installation du monde de ce genre a été faite à Las Salinas, au Chili. Elle couvre 440 000 m² et fournit 240 m³ d'eau douce par jour.

Chauffage de l'air

Des surfaces noires ou, encore mieux, sélectives, sont aussi utilisées pour chauffer de l'air contenu à l'intérieur d'une serre exposée au Soleil. L'air retenu entre les deux plaques peut atteindre 40 à 200 degrés, suivant les dispositifs et suivant l'ensoleillement. L'installation peut être placée sur le toit de la maison ou implantée sur les surfaces verticales sud. Il est aisé ensuite de transporter cet air chaud à l'intérieur de la maison soit par aspiration, soit par thermocirculation. Les calories ainsi emmagasinées peuvent aussi être stockées dans les réservoirs appropriés comme l'eau, les roches, etc.

Dans une station des Pyrénées-Orientales, à Font-Romeu-Odeillo-Via, on a construit, il y a déjà une quinzaine d'années, des maisons spécialement équipées pour l'énergie solaire. Ce mode de construction s'est aussi

répandu dans les autres pays et en Suisse. Dans ces maisons solaires, pour les périodes où l'ensoleillement est faible et pour conserver à toute heure une température constante, on doit prévoir un chauffage d'appoint. Le système permettrait une économie des 2/3 et jusqu'aux 3/4 des calories utilisées dans le chauffage. Pour le moment, compte tenu de l'amortissement des installations, le kilowatt-heure solaire, au dire de spécialistes en énergétique, n'est pas compétitif avec le mazout. On peut espérer que, comme dans d'autres domaines, le perfectionnement des techniques amènera une baisse du prix de revient du solaire.

L'ÉNERGIE SOLAIRE CONCENTRÉE

Dans un deuxième groupe d'appareils, l'énergie solaire est concentrée par des dispositifs appropriés.

Les « fours solaires »

Le terme de four solaire est donné improprement à des machines qui fournissent de grandes concentrations d'énergie.

L'idée de concentrer les rayons solaires et d'en tirer des effets de haute température remonte à Archimède. A l'aide de miroirs ardents, il enflam-mait les vaisseaux romains. Mais c'est principalement au XVII^e et au XVIII^e siècle que se répandit la réputation des miroirs ardents.

Pour concentrer les rayons solaires, Lavoisier a réalisé en 1774 une machine composée d'une lentille creuse remplie d'un liquide ; les deux faces courbées étaient assemblées par une virole de cuivre ; le diamètre de la lentille était de 1,30 m.

Les recherches sur les fours solaires ont continué. Actuellement la plupart d'entre eux sont de forme parabolique et constitués par l'assemblage d'un grand nombre de miroirs, jusqu'à 3500. La température obtenue par ce moyen de concentration d'énergie dépasse couramment 3000 degrés.

Cuisinières solaires

Dans d'autres appareils, comme les cuisinières solaires, on peut se contenter d'une concentration moindre d'énergie.

La plupart des modèles de cuisinières solaires utilisent le principe du four : les rayons du Soleil sont concentrés sur le récipient à chauffer au moyen de miroirs paraboliques. Une réalisation américaine due à Maria Telkes se distingue des autres modèles. Des plaques d'aluminium renvoient le rayonnement solaire sur un collecteur plat à vitrage fonctionnant suivant le principe de l'effet de serre. On obtient ainsi un four calorifuge qui atteint facilement une température dépassant 100 degrés, ce qui est suffisant pour la cuisson des aliments.

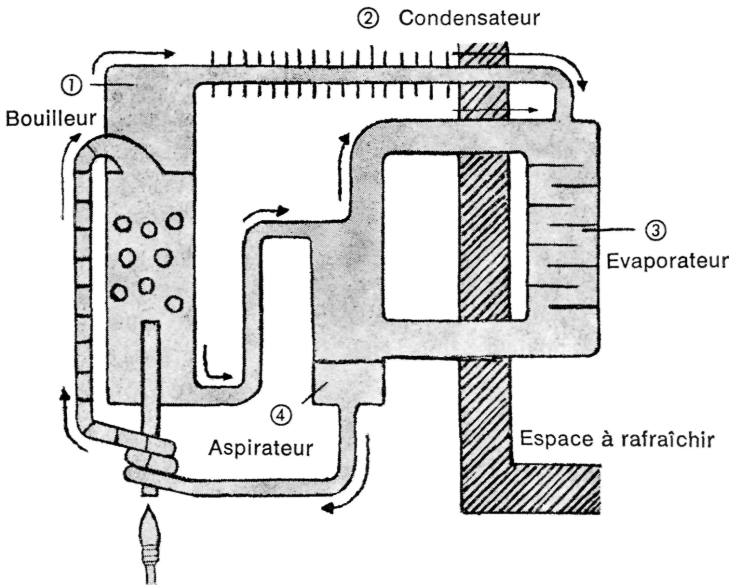
Le froid par le Soleil

Si paradoxal que cela paraisse, on sait aussi, avec l'énergie solaire, produire du froid et même de la glace.

L'appareil le plus simple utilise le principe des petits réfrigérateurs à absorption, branchés sur le courant électrique ou le gaz.

Ce réfrigérateur, en usage dans la plupart des ménages, fabrique le froid par les transformations qu'il fait subir à l'eau et à l'ammoniac ou à un autre liquide volatil comme le fréon. Le modèle le plus courant des réfrigérateurs solaires est à cycle intermittent. Il est constitué essentiellement de deux réservoirs. L'un est placé à l'extérieur de l'armoire frigorifique et l'autre, à l'intérieur. Le réservoir extérieur contient une solution volatile (eau - gaz ammoniac, par exemple). Pendant le jour, la solution est chauffée à 110-120 degrés en concentrant les rayons solaires au moyen de miroirs paraboliques. Sous l'effet de la chaleur solaire, le gaz ammoniac est distillé et passe dans le second récipient où, refroidi par l'air extérieur, il se liquéfie. Dans le fonctionnement inverse, pendant la nuit, la solution aqueuse qui se trouve à l'extérieur de l'armoire se refroidit, devenant capable de redissoudre le gaz. Ainsi l'ammoniac qui se trouve dans le réservoir à l'intérieur de l'armoire se vaporise progressivement, produisant autour de lui un grand nombre de frigos.

De tels réfrigérateurs fonctionnent aux Etats-Unis, au Brésil, en Russie, en France et en d'autres pays. Celui de Mont-Louis (Pyrénées-Orientales) fournit trente tonnes de glace par an.



Principe du réfrigérateur à absorption

- (1) Dans le bouilleur, une source de chaleur, électricité, gaz ou chaleur solaire, chasse l'agent réfrigérant.
- (2) Dans le condensateur, l'agent réfrigérant est de nouveau liquéfié au moyen d'un refroidissement à air (radiateur).
- (3) Dans l'évaporateur, fixé à l'intérieur de l'armoire, l'agent réfrigérant s'évapore rapidement et produit du froid.
- (4) Dans l'aspirateur, la vapeur de l'agent réfrigérant est de nouveau aspirée et revient sous forme de solution saturée dans le bouilleur.

Ce système a aussi trouvé un autre emploi : il est facilement adaptable au conditionnement des habitations.

PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ

Pendant longtemps, on a cru que l'énergie solaire ne serait jamais apte à produire de l'électricité. Depuis une vingtaine d'années des résultats intéressants ont été enregistrés dans ce domaine. Deux groupes d'appareils ont été expérimentés.

Photopiles

Dans les photopiles ou cellules photovoltaïques, l'énergie lumineuse est transformée directement en électricité.

Les photopiles ont été retenues pour l'équipement des satellites et autres vaisseaux spatiaux. Elles fournissent l'électricité aux différents appareils. En conséquence, l'étude des photopiles a été très poussée.

Une photopile est formée de deux électrodes très rapprochées, séparées par une couche semi-conductrice. Le silicium, employé dans les transistors, se prête bien à cet usage. On incorpore au silicium des traces d'impuretés faites de phosphore et de bore. A la suite de ce traitement, le silicium exposé à la lumière opère la séparation des charges électriques positives et négatives qui sont liées à la matière. Le déplacement d'électrons qui s'ensuit constitue le courant électrique.

Les photopiles au silicium ont un rendement de l'ordre de 5 à 11 %, ce qui est qualifié de relativement bon ; leur prix est encore élevé.

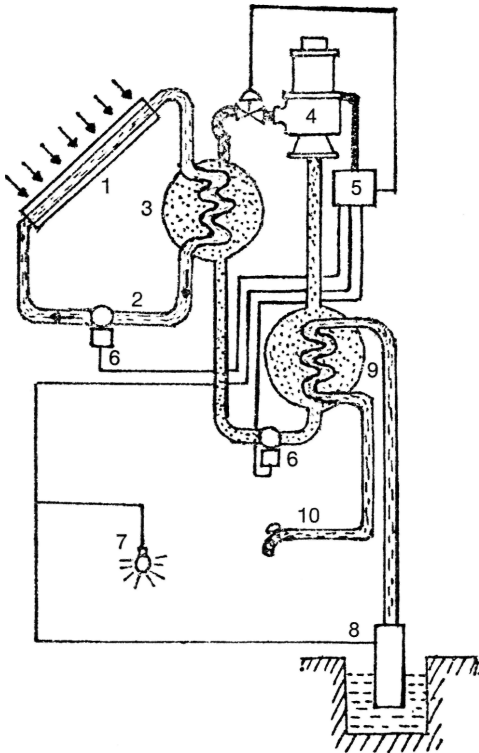
Les photopiles sont employées couramment dans les luxmètres et posemètres. On se sert également des photopiles pour alimenter des appareils placés dans des zones d'accès difficiles comme les relais de télévision dans les régions de montagnes isolées ou le balisage de certains aéroports.

Centrales solaires

De nombreux essais ont également été faits pour produire l'électricité à partir d'un cycle thermique utilisant l'énergie solaire.

Les machines de ce genre fonctionnent de la façon suivante. Un liquide volatil, le fréon, est vaporisé dans un récipient sous l'effet de la chaleur fournie par un capteur solaire. La pression fournie par le fréon vaporisé entraîne un turbogénérateur. Celui-ci engendre l'électricité selon le procédé usuel. Actionnée par la vapeur, la turbine entraîne l'alternateur ou la dynamo qui transforme l'énergie mécanique en électricité.

On pense que les centrales solaires trouveront des débouchés principalement dans les pays arides, qui bénéficient d'un fort ensoleillement.



Une centrale solaire

Le radiateur (1) placé sur le toit ou en un autre lieu ensoleillé transmet la chaleur reçue du Soleil à un circuit d'eau (2).

L'eau chaude arrivée en (3) cède des calories au fréon ; celui-ci se vaporise et, par sa pression, entraîne une turbine (4) couplée à un alternateur.

L'électricité engendrée est distribuée à partir du tableau (5) ; elle sert à produire la circulation d'eau et de fréon dans le circuit (6) ; elle peut fournir la lumière électrique (7) ; elle pompe l'eau d'un réservoir (8). Cette eau refroidit le fréon venu de la turbine (9) et alimente les robinets de la maison (10).

Mais des grands pays industriels, comme les Etats-Unis et la France, étudient aussi la possibilité d'établir des centrales solaires de grande puissance.

La France a déjà installé à Odeillo une centrale d'expérience fournissant 35 kilowatts. Le projet américain prévoit l'installation d'une centrale solaire de 100 mégawatts. Le rayonnement solaire capté par 15400 miroirs, occupant une surface de $0,5 \text{ km}^2$, sera concentré vers le sommet d'une tour, haute de 260 m, où sera placé le bouilleur de la centrale, la « chaudière ». Un autre projet, plus spectaculaire encore, prévoit comme capteur de l'énergie solaire l'installation d'un satellite géant en orbite autour de la Terre.

DANS L'ATTENTE DE LA RÉUSSITE

Les rayons solaires arrivent en abondance sur la Terre. Les premières réalisations démontrent également que son énergie est utilisable. Mais la domestication de cette énergie n'est encore que fort imparfaite. Le problème est de la maîtriser pour la faire servir au fonctionnement des esclaves mécaniques de l'homme : chauffage, conditionnement des habitations, rotation des moteurs, alimentation en électricité, etc.

La parole est aux chercheurs et aux techniciens. Il est permis d'espérer que leurs efforts seront couronnés de succès.

Henri Michelet