



Ambassade de France en Israël
Service de Coopération et d'Action Culturelle
Mission pour la Science & la Technologie

L'ÉNERGIE SOLAIRE EN ISRAËL

Tel-Aviv, mai 2004
Dossier réalisé par Laure BOCQUET
Volontaire International

Résumé :

L'utilisation de l'énergie solaire est inscrite dans l'histoire et le développement d'Israël. Elle est une caractéristique importante dans ce pays dont la géographie lui est particulièrement favorable. Il est intéressant de se pencher sur les applications utilisées actuellement, pour l'usage domestique, dans le secteur de l'agriculture mais aussi à l'échelle industrielle. De nombreuses recherches sont effectuées très activement dans les centres de recherche israéliens.

Ambassade de France en Israël – Mission Scientifique
1/28, Ben Yehuda - TEL AVIV 63801
Fax : +972 (0)3-520 84 20 - Tel : +972 (0)3 520 84 23
Email : technologie@ambafrance-il.org
Web: <http://www.ambafrance-il.org/sciences>

Introduction	3
1. Energie solaire à usage domestique	4
1.1. Chauffe-eau solaires (capteurs plans)	4
1.2. Chauffage solaire des habitations	5
1.3. Climatisation solaire des habitations	5
1.4. Chauffage des piscines	6
1.5. Eclairage rural	7
2. Secteur agricole	8
2.1. Applications pour la production agricole.....	8
2.2. Applications pour le séchage des produits agricoles	8
3. Secteur industriel	9
3.1. L'évaporation naturelle	9
3.2. Le solaire thermique	9
3.2.1. Production d'eau à haute température (ou vapeur).....	9
3.2.2. Production d'électricité conventionnelle (turbine).....	10
3.2.3. Lac solaire à gradient salin (Ormat)	11
3.2.4. Lac solaire à diode thermique (Arel).....	12
3.2.5. Pompes solaires (Ormat).....	12
3.2.6. Energies combinées : chaleur, froid et électricité	12
3.3. Le solaire photovoltaïque	13
3.4. Dessalement.....	14
4. Recherche et développement	15
4.1. Le complexe solaire de l'institut Weizmann	15
4.1.1. La tour solaire	15
4.1.2. La turbine à air	16
4.1.3. Le four solaire	16
4.2. Le Centre National Ben Gourion sur l'Energie Solaire.....	16
4.2.1. L'assiette parabolique solaire	17
4.2.2. Le solaire et le désert	17
4.2.3. Le laser médical photonique.....	17
4.2.4. La maison solaire (voir page 5)	17
4.3. L' « Energy Tower » du Technion	18
4.4. Autres recherches	19
4.4.1. Cellules photovoltaïques.....	19
4.4.2. Le laser solaire.....	19
4.4.3. Dessalement.....	19
4.4.4. Autres exemples	19
Conclusion	21

Introduction

Le sommet de l'UNESCO, à Paris en juillet 1995, a souligné que l'énergie solaire était une source d'énergie disponible et renouvelable. Le Protocole de Kyoto pour la Protection de l'Environnement prévoit que, dès 2007, tous les pays signataires (dont Israël) produisent 2% de leur énergie à partir de ressources renouvelables.

Israël bénéficie d'un ensoleillement important tout au long de l'année. La région du Néguev reçoit 2000 kWh/m²/an. En comparaison, l'ensoleillement moyen annuel en région parisienne varie entre 1200 et 1300 kWh/m² et peut atteindre 1600 à 1750 kWh/m² en Provence.

Depuis des années, Israël a entrepris des recherches considérables dans le domaine de la maîtrise de l'énergie solaire, afin de répondre au manque de ressources du pays, tout particulièrement en énergies fossiles. Les études sur l'utilisation de l'énergie solaire ont débutées vers 1930. L'application la plus remarquable parmi les technologies développées est sans aucun doute celle du chauffe-eau solaire. Dans les années 50, commença la commercialisation de capteurs constitués d'une couche noire absorbante pour chauffer l'eau des maisons. Aujourd'hui, la majorité des foyers dispose d'eau chauffée à l'énergie solaire.

Mais si cette énergie a été particulièrement bien développée pour l'usage domestique, il est étonnant de constater qu'en ce qui concerne la mise en place de centrales électriques, elle reste à l'étape d'étude. En effet, Israël est composé à 60% de désert; le pays bénéficie d'un ensoleillement extrêmement avantageux et ses industries et centres de recherches sont parmi les premiers mondiaux sur le plan de l'énergie solaire. De plus, pour des raisons politiques, Israël devrait être un des premiers pays du monde à rechercher l'indépendance énergétique. Malgré tous ces arguments qui devraient pousser le pays à se lancer dans l'énergie solaire industrielle, il n'existe aujourd'hui aucune centrale solaire.

L'ancienneté du marché israélien dans le domaine solaire est une expérience unique au monde. Ainsi de très nombreuses compagnies se disputent actuellement le marché du solaire thermique et photovoltaïque. Tout d'abord, il existe en Israël plusieurs compagnies étrangères, qui assurent le rôle de simple distributeur en Israël. Cependant, l'expérience unique et très précoce israélienne a engendré de nombreuses entreprises qui produisent des systèmes solaires comme Chromagen ou Solel Solar Systems - qui est une des premières entreprises mondiales dans ce domaine. D'autres, comme Sunricks sont des compagnies exportatrices des produits israéliens.

1. Energie solaire à usage domestique

1.1. Chauffe-eau solaires (capteurs plans)

La population israélienne a commencé à acheter des chauffe-eau solaires il y a plus de 40 ans. Aujourd'hui, ils font partie intégrante du paysage israélien.

Ce développement est partiellement dû à la loi de 1980 qui a rendu obligatoire l'utilisation de l'énergie solaire pour le chauffage de l'eau sanitaire dans tous les nouveaux bâtiments résidentiels, privés et publics, de moins de 10 étages. Aujourd'hui, environ 80% des habitations du pays en sont équipées (6,5 millions d'habitants - 1 million d'installations). Cela représente une économie de 3% sur la consommation nationale d'énergie (en France on atteint seulement le chiffre de 0,7%).

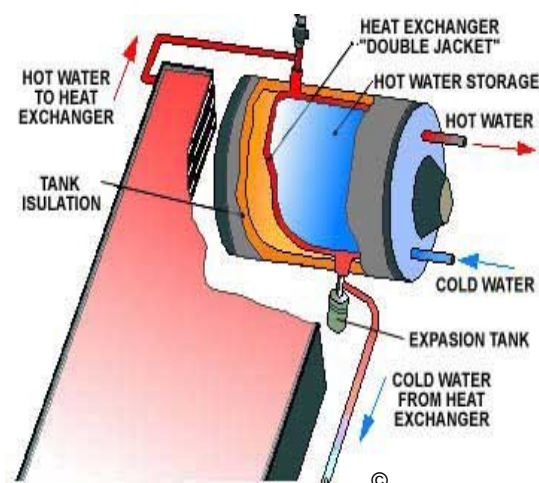


Figure 1 – Chauffe-eau thermosiphonique de Chromagen

Le système utilisé le plus communément pour les logements de particuliers est un réservoir de 150 litres installé sur le toit, accompagné d'un panneau de deux mètres carrés. L'eau circule dans des tubes à l'intérieur du panneau solaire. Elle est chauffée directement par le soleil et le système est ainsi simplifié au maximum. Certains systèmes utilisent un liquide caloporteur (qui absorbe mieux la chaleur) et un échangeur de chaleur pour un meilleur résultat (figure 1).

Le collecteur est généralement constitué d'un revêtement transparent, d'un absorbeur plan et de tubes en acier peints en noir. Les principaux fabricants (Chromagen, Miromit, Amcor, etc.) ont amélioré différents éléments du système, comme par exemple le revêtement couvrant l'absorbeur plan, et ont ainsi permis de diminuer les pertes par rayonnement. L'installation de structures fines dans l'espace compris entre le revêtement et l'absorbeur, a contribué à diminuer les pertes par convection ; et des tubes en cuivre ont amélioré la conductivité thermique.

La majorité des systèmes utilisés envoient l'eau dans le réservoir sans l'aide d'une pompe, uniquement par la gravité (on qualifie ce procédé de thermosiphonique). Ces systèmes ont un rendement moyen annuel de 50%. Ce système permet d'élever la température de l'eau d'approximativement 30°C soit une eau à 50°C en moyenne. En conséquence, il est inutile de faire fonctionner le système secondaire de chauffage – généralement électrique – pendant la majorité de l'année. On peut ainsi calculer qu'un système comme celui-ci permet d'économiser environ 2000 kWh d'électricité par an. Ce système coûte actuellement entre 600 et 800 dollars. L'expérience montre que le retour sur investissement est obtenu dans une période de 4 à 7 ans dans la majorité des cas.

Les installations solaires de plus grande taille fonctionnent généralement avec une pompe. Ces systèmes sont utilisés pour les immeubles avec de nombreux étages, les kibboutzim et un certain nombre d'installations industrielles (figure 2). De plus, si les anciennes installations fonctionnent en boucle ouverte (cela représente 80% des appareils utilisés dans le pays), les nouvelles



Figure 2 – Chauffe-eau solaire sur immeuble de Chromagen

constructions sont de plus en plus équipées d'un système à circulation forcée. Il existe aussi en Israël 1500 systèmes avec des réservoirs en sous-sol, mais cela reste un nombre relativement faible.

Le marché des chauffe-eau solaires conserve son dynamisme et des améliorations sont apportées régulièrement par la R&D. En témoigne la création de la compagnie Solkeep Ltd. qui propose une technologie qui permet de réduire les pertes thermiques et ainsi d'améliorer l'efficacité du système.

1.2. Chauffage solaire des habitations

En Israël, chaque habitant consomme en moyenne trois Tep (Tonnes équivalent Pétrole) chaque année. Environ 40% de cette énergie est utilisée pour le chauffage ou la climatisation des bâtiments.

L'utilisation du chauffage solaire conventionnel est actuellement limitée. En effet, le système composé de collecteurs solaires, de pompes électriques pour la circulation du fluide et d'un système de distribution de la chaleur, est trop coûteux pour être installé en Israël, en raison notamment des hivers trop courts que connaît le pays.

Les hivers, relativement réduits, sont froids - spécialement à Jérusalem et sur les hauteurs, même celles du désert du Néguev - et particulièrement ensoleillés. Cette situation est idéale pour le chauffage solaire passif : des maisons sont chauffées avec le soleil de l'hiver qui restent fraîches en été. L'installation nécessite un habitat bien isolé, une masse thermique importante (pour adoucir les importants changements de température et permettre le stockage thermique de nuit) et une surface vitrée orientée vers le sud assez importante.

Pour les bâtiments situés là où l'hiver est le plus froid en Israël, cela se traduit par de nombreuses contraintes de constructions. Les murs doivent comprendre 1 cm d'épaisseur de plâtre sur la surface intérieure, 10 cm d'épaisseur de béton pour le stockage thermique, 5 cm de mousse de polyuréthane pour l'isolation et enfin une couche extérieure pour protéger l'isolation. Il faut aussi une épaisseur de 10 cm de polyuréthane pour l'isolation du toit et une surface de fenêtres donnant au sud représentant au moins 15 % de la surface au sol de la maison. Dans les régions plus chaudes, on peut diminuer ce rapport. Toutes les fenêtres doivent aussi être protégées par des volets extérieurs pour réduire l'entrée du soleil estival.

La première maison utilisant l'énergie solaire passive en Israël a été construite, à la fin des années 1970, en briques d'adobe, à Sdé Boker, sur le campus de l'Université Ben-Gourion (figure 3). Depuis, les principes de base du solaire passif ont été utilisés par certains architectes israéliens. Ils ont calculé que l'utilisation passive de l'énergie solaire ajoutait en moyenne un surcoût de construction de 10 à 20% par rapport au prix moyen d'une maison mais permettait d'économiser 60 à 80% des coûts de chauffage en hiver. Cet investissement peut être diminué par des aides, car le gouvernement subventionne les utilisateurs et les concepteurs de maison utilisant l'énergie solaire pour le chauffage.



Figure 3 : Maison adobe réalisée à Sdé Boker

1.3. Climatisation solaire des habitations

Les recherches sur les machines à absorption (qui produisent du froid à partir de chaleur) sont de plus en plus développées et de nombreux systèmes sont élaborés. Aujourd'hui les principales applications concernent des bâtiments de taille importante (centre commercial, hôpital, hôtels, etc.). En Israël, plusieurs installations test ont été effectuées (exemple : hôpital Tel-Haslomer) mais les bilans économiques ne sont pas encore concluants.

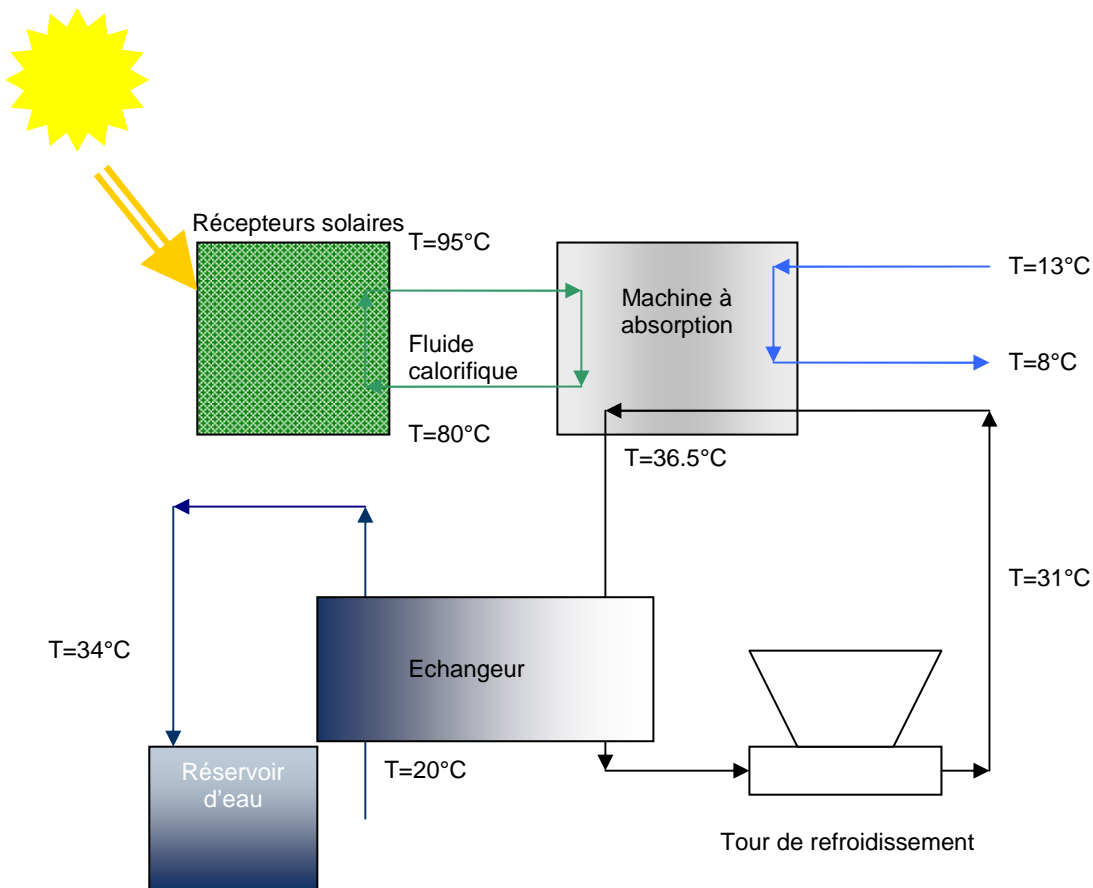


Figure 4 : Système à absorption proposé par Solel Solar Systems Ltd. (production d'eau chaude et climatisation).

Des systèmes combinés ont aussi été élaborés. Par exemple, Solel a mis en place un procédé qui fournit à la fois de l'eau froide pour la climatisation et de l'eau chaude sanitaire (figure 4).

1.4. Chauffage des piscines

Le chauffage des piscines est une des applications les plus aisées de l'énergie solaire du fait des faibles températures nécessaires et de la capacité naturelle de stockage d'énergie du bassin. On peut utiliser des collecteurs plans de grande efficacité (supérieure à 60%), ou bien des collecteurs plastiques bon marché mais de plus faible rendement. La deuxième solution est la plus fréquemment choisie en Israël, en raison de l'importante quantité d'énergie solaire disponible toute l'année. Plusieurs compagnies produisent et installent ces collecteurs.

On peut citer la « piscine solaire » de l'Institut Weizman (1979) et celle de la municipalité de Mitzpé-Ramon (1985). La compagnie Chromagen fournit actuellement des installations de ce type (figure 5).



Figure 5 : Exemple d'installation réalisée par Chromagen

1.5. Eclairage rural

En Israël, les cellules photovoltaïques sont encore peu utilisées (voir aussi « Le solaire photovoltaïque » page 13). Le premier marché qui a fonctionné de façon régulière est celui des arrêts de bus en région isolée. Les unités utilisées sont composées d'un panneau photovoltaïque, d'une batterie de stockage, d'une ampoule à économie d'énergie, et d'un système électronique pour protéger la batterie. Le système sert pour l'éclairage des arrêts de bus pendant la nuit.

Actuellement, le marché s'ouvre lentement à d'autres applications et de plus en plus de sites isolés du réseau électrique s'équipent de panneaux solaires. On peut citer l'exemple de la compagnie Millenium Electric qui a réalisé trois installations solaires importantes ces dernières années : un éclairage de sécurité le long d'une frontière du pays (en collaboration avec le ministère de la Défense), l'électrification de bâtiments d'élevage d'animaux dans le désert du Néguev et l'éclairage de la nouvelle autoroute (n°6).

Dernièrement (fin 2003), SolarPower Israel a installé des panneaux photovoltaïques qui fournissent 600W pour l'éclairage d'un parking d'un supermarché à Kamiel (dans le nord d'Israël). Selon Alon Tamari, président de l'entreprise, le marché israélien se développe de plus en plus avec l'augmentation de la demande du secteur privé. Il estime que 40 à 50 kW d'éclairage alimenté par des cellules photovoltaïques est installé en Israël chaque année.



**Figure 6 : éclairage
solaire
photovoltaïque**

2. Secteur agricole

2.1. Applications pour la production agricole

L'importance de l'agriculture - et tout particulièrement des cultures sous serre - dans l'économie justifie une étude plus détaillée de l'utilisation de l'énergie solaire dans ce domaine. Les productions sous serre sont principalement dirigées vers l'exportation car la maturité des produits est contrôlée. Ils ont ainsi un avantage certain sur le marché extérieur. Mais cela nécessite de chauffer les serres surtout pendant les froides nuits d'hiver, tandis qu'il y a un excès de chaleur diurne. Une serre exige en moyenne 15 kg/m²/an de combustible pour réguler sa température.

En Israël, les technologies solaires permettant de réduire (ou parfois d'éliminer) l'utilisation de combustible de chauffage sont les suivantes :

- le toit à circulation de fluide : le fluide calorifique est chauffé le jour par l'énergie solaire et circule la nuit pour maintenir une température satisfaisante sous la serre ;
- la serre en pente : installer une serre sur une pente permet d'accroître le rayonnement solaire incident d'environ 30% lors de la croissance hivernale des plantes ;
- le stockage dans les sels : le stockage de l'énergie thermique est possible sous forme de sels fondus à basse température. En effet, les sels passent de la phase liquide à la phase solide à environ 20°C, libérant alors une grande quantité de chaleur (qui correspond à l'énergie de changement de phase).

Le traitement solaire des sols est un autre procédé utilisé pour améliorer la production agricole. Le sol est recouvert d'un film plastique après la récolte et avant le labourage (pendant environ 30 jours). Ce film permet au sol de s'échauffer jusqu'à 50°C et de détruire larves nuisibles et mauvaises herbes. Ce procédé biologique évite l'emploi de produit chimique pour la désinfection de la terre.

2.2. Applications pour le séchage des produits agricoles

Plusieurs produits agricoles, tels le tabac, les épices, les herbes et les graines de légumes, nécessitent un séchage à l'air à température modérée et sont donc des candidats privilégiés pour l'utilisation de systèmes solaires innovants :

- sécheur de type thermo-siphon : ils comportent une plaque de qualex et une chambre de stockage peinte en noir. Plusieurs installations existent en Israël pour le séchage de l'herbe et de fruits ;
- séchage du tabac : le développement d'une méthode rentable de séchage du tabac est un préalable à l'introduction de plants en Israël. Une unité solaire avec stockage de l'énergie a été mise au point, réduisant ainsi le temps de séchage des feuilles ;
- séchage des graines de légumes : cette étape indispensable pour préparer les graines à la vente nécessite un travail de 4 à 6 semaines. La compagnie agricole Hazera, en coopération avec le kibboutz Shoal, a développé un système de séchage solaire. Le kibboutz Afiquim a lui aussi expérimenté, dès 1977, des capteurs linéaires pour sécher des feuilles (épices) à des températures atteignant 45°C ;
- séchage de plantes aux propriétés médicinales : un procédé a été mis au point par le Pr. J. Muller à Tibériade, en 1993.

3. Secteur industriel

3.1. L'évaporation naturelle

Cette méthode naturelle est utilisée en Israël d'une façon originale. L'une des principales particularités du territoire israélien est la Mer Morte, avec ses très fortes concentrations en sels. Dead Sea Works, l'une des plus importantes compagnies de l'industrie chimique en Israël, traite et exporte de grandes quantités de chlorure de potassium produit par évaporation naturelle de l'eau salée de la Mer Morte. Le plus grand bassin d'évaporation couvre une surface d'environ 70 km² et la quantité d'évaporation annuelle est de 120 à 130 millions de mètres cubes d'eau.

3.2. Le solaire thermique

La technologie la plus répandue dans le domaine des applications thermiques solaires - pour la production de vapeur ou d'électricité - est celle des collecteurs paraboliques.



Figure 7 : Collecteurs paraboliques de Solel

La vapeur créée peut alors être directement utilisée ou être dirigée vers une turbine pour produire de l'électricité. Les collecteurs sont généralement positionnés sur l'axe Nord-Sud.

L'entreprise Solel est mondialement reconnue pour la fabrication et l'installation de ces panneaux (figure 7).

Ce type de récepteur concentre les rayons solaires le long d'une ligne de convergence. Un élément de chauffage situé sur la ligne de convergence (focale) permet de collecter l'ensemble des rayons du soleil qui atteignent le récepteur. Cet élément est un tube métallique recouvert d'un revêtement sélectif. Ce tube est lui même enfermé sous vide dans un autre tube en verre. Le tube intérieur contient un fluide caloporteur (généralement de l'huile), chauffé à environ 380°C par les rayons solaires réfléchis. Le fluide circule grâce à une pompe vers un générateur de

3.2.1. Production d'eau à haute température (ou vapeur)

Les systèmes solaires pour la production d'eau à haute température ou de vapeur d'eau concurrencent aujourd'hui les autres sources d'énergies, alors qu'ils étaient avant très coûteux.

Les deux compagnies israéliennes Paz Oil Co. et Pimat ont développé ensemble plusieurs systèmes de concentration permettant de chauffer de l'eau jusqu'à 80-90°C et de produire de la vapeur d'eau à 150-200°C. Ces systèmes sont particulièrement adaptés à des installations de taille importante : blanchisseries, hôtels, hôpitaux, industries, etc. Le système pour la vapeur possède un ensemble de miroirs qui suit la trajectoire du soleil tandis que celui pour l'eau chaude est constitué de collecteurs concentrants fixes (ils peuvent cependant être repositionnés selon la saison). La première unité de démonstration a été mise en service dans une usine de Ra'ananna, en 1984. Cette unité, dont l'investissement représente 51 000 dollars, chauffe l'eau à 80°C. Environ une vingtaine de système de

ce type a été installé en Israël. Au kibboutz de Nir-Eliyahu, un système, mis en service en 1985 et d'un coût de 35 000 dollars, fournit toujours la cuisine communautaire en vapeur (120-150°C).

Luz (aujourd'hui Solel) a aussi développé un collecteur parabolique cylindrique qui permet de produire de la vapeur d'eau pour une utilisation industrielle (250°C, 26 atm). Le collecteur concentrant en aluminium est similaire à un collecteur parabolique. Les rayons sont concentrés sur la ligne focale : un tube en acier revêtu d'une peinture spéciale (brevet français). L'efficacité de ce type de collecteurs est de 50% à 90°C. La première unité commerciale de 500 m² a été installée dans l'entreprise agro-alimentaire Tapud à Sha'ar HaNegev en décembre 1981. En 1990, un système de plus de 500 m² a été mis en place pour fournir de l'eau chaude et de la vapeur d'eau au Centre Médical Hillel Yaffé à Hadera. L'investissement était de 750 000 dollars.

Solel a également réalisé des recherches autour d'un système produisant directement de la vapeur dans le collecteur. Celui-ci supprime l'utilisation de l'huile (fluide intermédiaire) et du générateur de vapeur. Il permet aussi d'augmenter le rendement global et de réduire le coût du système.

3.2.2. Production d'électricité conventionnelle (turbine)

Solel est la seule compagnie israélienne qui se soit lancée dans la production d'électricité au niveau industriel. Elle est aussi une des rares compagnies qui ait mis en pratique les procédés développés. Solel a installé neuf centrales utilisant son procédé SEGS (voir figure 8) sur trois sites différents dans le Désert de Mojave, en Californie. Ces unités, ayant une capacité combinée de plus de 350 MW, ont été construites entre 1984 et 1991. La technologie développée n'a cessé d'évoluer durant cette période. Les améliorations ont porté sur la taille, la forme et les matériaux composant le miroir, le système de guidage, les matériaux et revêtements des tubes sous vides, la technique de vide, les jonctions métal-verre, etc. Toutes les unités commerciales construites sont encore en service et produisent de l'électricité à un coût de 12,5 cents par kWh. Ce coût est bien plus élevé que celui engendré par les centrales au charbon (2,8 cents) mais ce dernier ne prend pas en compte le coût des dommages environnementaux engendrés.

Début février 2004, le conseil national en charge de la planification et des nouvelles infrastructures (National Council for Planning and Building) a annoncé la mise en place d'un plan pour la construction d'une centrale solaire à Ashlim, à 40 km au sud de Beersheva. La centrale devrait produire 500 MW d'électricité, soit 2% de la puissance demandée en Israël. La surface nécessaire à l'installation est de 9 km². Dans un premier temps, une centrale de 100 MW devrait être construite sur 2 km² (230 millions de dollars). La compagnie Solel devrait prendre en charge l'ensemble de la réalisation.

Cette décision fait suite à une étude de plusieurs années sur le meilleur endroit de construction de cette centrale. Les résultats ont démontré qu'un emplacement au Sud de Beersheva était souhaitable pour obtenir un ensoleillement suffisant. Les alentours de la Mer Morte et d'Eilat ont été écartés pour des raisons sismiques. L'inclinaison maximum du terrain est également un critère important : elle doit être inférieure à 5% pour que les capteurs ne se fassent pas d'ombre.

The Solel Solar Field

Application to Power Plant

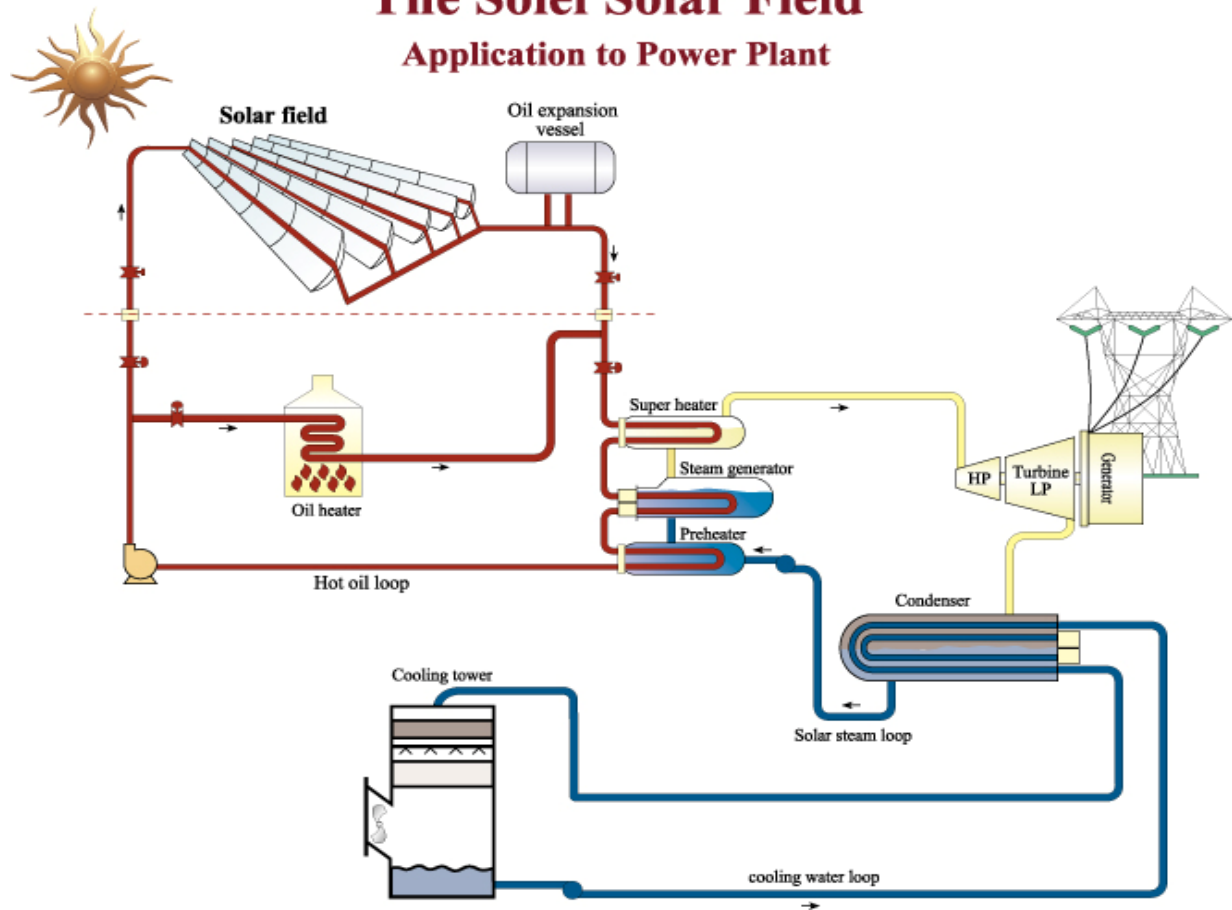


Figure 8 : Schéma de principe du système SEGS (Solel)

3.2.3. Lac solaire à gradient salin (Ormat)

Ce procédé est une approche véritablement originale de l'utilisation de l'énergie solaire à des fins de production électrique. Il a été conçu et développé par l'entreprise israélienne Ormat.

Dans un lac salé, un gradient salin de concentration est créé et maintenu artificiellement, c'est à dire que le taux de sel est plus élevé au fond qu'à la surface (la densité de la solution d'eau salée augmente donc aussi avec la profondeur). Lorsque les rayons pénètrent dans l'eau, ils chauffent le fond du lac. Ainsi la couche d'eau située au fond a tendance à remonter à la surface pour libérer l'énergie dans l'air, mais ce phénomène est inhibé par le gradient salin qui rend l'eau du fond trop lourde pour remonter. C'est pourquoi l'eau retenue prisonnière au fond atteint des températures de 85-90°C. La couche supérieure ayant une faible concentration en sels est à une température proche de la température ambiante. Le courant chaud présent au fond permet par son énergie thermique de faire fonctionner un cycle à basse température pouvant entraîner une turbine (cycle similaire à celui utilisé par Ormat pour des applications en géothermie).

Une unité de 5 MW a été construite à Beit Haa'rava au bord de la Mer Morte en 1984. Le lac construit par Ormat a une surface de 250 000 m² (le plus grand du monde). L'investissement s'élevait à 21 millions de dollars. Le site n'est actuellement plus en service. Le projet mené par Ormat a démontré la possibilité d'utiliser un lac comme un grand collecteur et un réservoir d'énergie solaire. Cependant il apparaît que ce projet n'est pas économiquement viable, notamment en raison de son faible rendement thermodynamique (1% au mieux).

Malgré tout, l'avantage indéniable de cette technologie réside en l'importante capacité de stockage du lac. Ainsi l'installation d'Ormat ne produit, en moyenne, qu'environ 570 kW d'électricité. La turbine choisie de 5 MW pourrait donc sembler mal adaptée à la situation. Mais le stockage de l'énergie

emmagasinée (il faut plusieurs semaines au pont pour atteindre des températures stables) permet d'obtenir, lorsqu'on le souhaite, une puissance de sortie beaucoup plus importante que celle que l'on pourrait obtenir directement à chaque instant. Ce procédé permet ainsi d'obtenir de l'électricité pendant les pics de demande énergétique (généralement le matin et le soir).

3.2.4.Lac solaire à diode thermique (Arel)

Un lac solaire à diode thermique est créé en plaçant des panneaux, appelés diodes thermiques, au dessus d'un réservoir d'eau. Ces panneaux, constitués de plaques de plastique et de verre, laissent passer les radiations solaires et limitent les pertes thermiques par réflexion et rayonnement. Le lac solaire permet ainsi de stocker l'énergie solaire sous forme d'eau chaude (60-90°C) qui peut être utilisée à des fins domestiques ou industrielles.

Depuis la fin des années 80, les panneaux et les lacs solaires sont conçus par Arel Energy Ltd. Plusieurs petits lacs (d'une surface maximum de 4000 m²) sont actuellement en service en Israël.

3.2.5.Pompes solaires (Ormat)

Un système de pompes solaires, élaboré par Ormat, est actuellement utilisé au Mali (région du Sahel). L'unité comporte un collecteur solaire, un générateur de vapeur, un turboalternateur et un condenseur. Un brûleur conventionnel peut être incorporé dans le générateur de vapeur pour fournir de l'énergie pendant la nuit ou par temps couvert. Ce système est capable de produire l'électricité nécessaire au pompage de 40 m³ d'eau par jour.

3.2.6.Energies combinées : chaleur, froid et électricité

L'énergie solaire thermique permet de récupérer de la chaleur sur un fluide. Les applications précédentes ont montré que l'on pouvait utiliser cette chaleur de différentes façons. On peut aussi les combiner, comme l'a fait l'entreprise Solel, en mettant au point un procédé qui donne de la vapeur à 100-300°C, utilisée pour différentes applications :

- à travers une turbine pour produire de l'électricité,
- pour chauffer directement des pièces,
- à travers une machine à absorption pour obtenir la climatisation de ces pièces.

L'intérêt du procédé est justement sa flexibilité et donc de pouvoir combiner ces différentes options et les adapter aux besoins de l'utilisateur.

A Bet Shemesh, au siège même de la compagnie, Solel a mis en place ce système (figure 9). Il comporte quatre modules de quatre rangées de 48 mètres de collecteurs, installés au dessus du parking de la compagnie. Un système de lavage d'eau est monté sur chaque rangée afin de laver les poussières (qui pourraient diminuer les performances des capteurs). L'eau est ensuite filtrée et recyclée. Le fluide caloporteur qui circule à l'intérieur des panneaux chauffe l'eau froide à travers un générateur de vapeur. La vapeur ainsi produite fait fonctionner la turbine qui produit 50 kW d'électricité, mais permet aussi le chauffage et la climatisation (avec l'aide d'une machine à absorption) pour les bureaux et l'usine de fabrication. Grâce à cette installation, l'énergie solaire fournit 30% des besoins en énergie de l'entreprise sur le site.

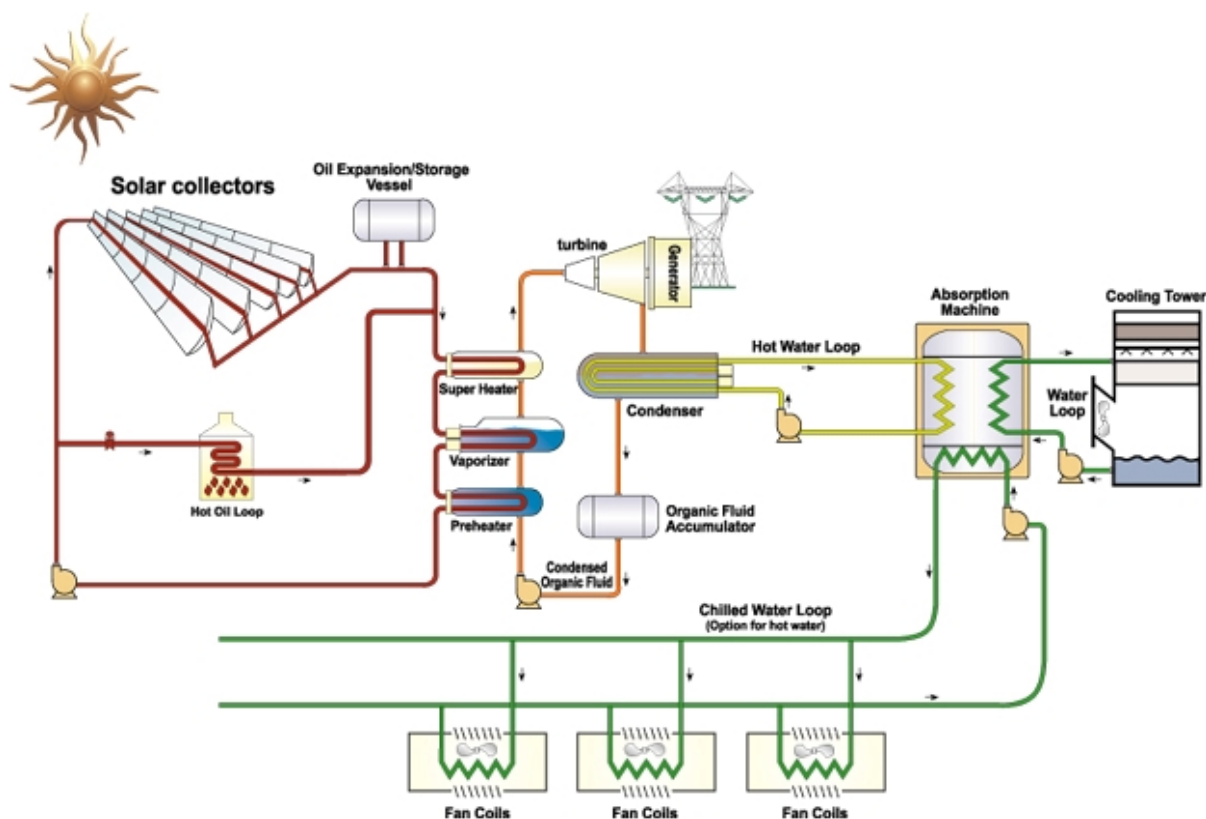


Figure 9 : Schéma de principe de l'installation Solel pour la production d'énergies combinées

3.3. Le solaire photovoltaïque

Les cellules photovoltaïques permettent de convertir directement les rayons solaires en courant électrique. Mais seulement 10% de l'énergie collectée par la cellule est effectivement transformée en électricité. De plus, les cellules photovoltaïques sont souvent composées de matériaux semi-conducteurs cristallins coûteux, ce qui entraîne des coûts de production très élevés. Cependant, les cellules formées avec du silicium amorphe, beaucoup moins coûteux que le silicium cristallin instable, présentent un rendement deux fois moins élevé.

Ainsi, le rendement faible associé au coût élevé de ces panneaux, empêche les cellules photovoltaïques de s'affirmer sur le marché de la production d'électricité, ce qui a pour conséquence la stagnation de la filière au stade de la recherche pour l'étude d'une centrale solaire photovoltaïque.

Soutenu par l'organisation non gouvernementale israélienne Friends of the Earth Middle East (FOEME), un programme a été mis en place pour la réalisation d'une installation photovoltaïque de 250 kW (soit 415 MWh par an de courant continu) au kibboutz Samar, situé à 30 km au nord d'Eilat. Le Pr. David Fairman, responsable du Centre national sur l'énergie solaire de l'Institut Jacob-Blaustein pour la recherche en zones arides et semi-arides à Sdé Boker (Université Ben-Gourion du Néguev), a réalisé l'étude de faisabilité. Les objectifs de ce projet sont de relier un système photovoltaïque d'alimentation en électricité au réseau national et d'aboutir, à terme, à la mise en œuvre d'un programme national destiné à promouvoir l'énergie solaire comme source d'électricité.

Le système, qui comprendra des modules photovoltaïques, apparaît comme fiable et facile à entretenir. L'ensemble des modules sera relié au réseau électrique israélien. Ainsi, dans le cas d'une production par le kibboutz en électricité supérieure aux besoins de la communauté, le surplus pourra être vendu au réseau national. Inversement, de l'électricité pourra être fournie par le réseau national en cas de nécessité. De plus, le réseau du kibboutz sera le premier à être relié au réseau national israélien. Il fournira des données intéressantes concernant l'utilisation de l'énergie solaire comme source d'approvisionnement du réseau national. Le coût initial du système est de 1,5 million de dollars. Pour le moment, l'analyse économique de l'installation est positive s'il reçoit une subvention à

hauteur de 67% du coût global. Le prix du kWh devrait être de 0,3 dollar. Ce tarif comprend le coût des équipements ayant une durée de vie de 20 ans et 5% d'intérêts annuels. Avec les recherches en cours, on peut espérer que le prix des équipements soit réduit.

3.4. Dessalement

Un des principaux problèmes en Israël est la pénurie d'eau douce qui risque de s'aggraver d'année en année avec la pollution des nappes souterraines du pays et une consommation d'eau en constante augmentation. Ainsi, Mekorot (Compagnie nationale des Eaux) planifie depuis une vingtaine d'années le développement de la technique du dessalement. Plusieurs usines de taille réduite existent actuellement et une importante installation est en construction à Ashkelon (deux unités de 50 millions de mètres cubes par an), fonctionnelle fin 2004.

Parallèlement, des études ont été réalisées pour que l'énergie nécessaire au fonctionnement d'une usine de dessalement soit solaire. La région d'Eilat est ensoleillée et pauvre en eau potable : aujourd'hui, 60% de l'eau potable d'Eilat provient d'unités de dessalement. Ces centrales de dessalement purifient de l'eau de mer ou saumâtre (des nappes phréatiques de la région) grâce au procédé SWRO (osmose inverse) ou par filtration membranaire. Un projet de coopération avec la ville d'Aqaba (Jordanie) a été lancé. Il vise à produire 100 000 m³ d'eau potable par jour. Deux techniques de dessalement sont possibles : osmose inverse (SWRO) et distillation (LT-MED : Low Temperature – Multiple Effect Distillation). Ce choix peut être fait en fonction de la source d'énergie choisie :

- création d'un lac solaire près d'Eilat : cette technologie permet de chauffer l'eau à des températures atteignant 85°C qui correspondent aux besoins des procédés de dessalement LT-MED.
- construction d'un système solaire de génération électrique. Le système SEGS de Solel peut générer assez de puissance pour satisfaire les besoins d'une unité de dessalement SWRO (qui nécessite de l'eau à très haute pression), ou produire assez de vapeur pour satisfaire les besoins d'une unité de dessalement LT-MED.

	Lac solaire : LT-MED	SEGS : SWRO	SEGS : LT-MED
Investissement total (millions de dollars)	150-170	130	540
Surface (hectares)	3300-4200	320-420	3000-4000
Coûts de production (cents/m ³) hypothèses basse/haute	52-58 65-73	65-69 76-79	58-64 72-76

Figure 10 : estimations des paramètres économiques pour une usine de dessalement (100 000 m³)

Cependant, ces recherches n'ont pas encore été appliquées, car si l'utilisation de l'énergie solaire accompagne bien le dessalement du point de vue du développement durable, cette énergie reste encore trop coûteuse (figure 10).

4. Recherche et développement

Les activités de R&D portant sur l'exploitation de l'énergie solaire ont commencé en Israël dans les années 30. Durant les années 50, des applications comme les revêtements sélectifs pour les chauffe-eau, les collecteurs paraboliques et les lacs solaires sont apparues. En 1977, le ministère de l'Énergie et des Infrastructures a pris en charge la responsabilité de l'ensemble des programmes énergétiques, y compris celui concernant l'énergie solaire. A présent, les activités R&D sont prises en charge par plusieurs centres de recherches et universités israéliens :

- l'Institut des Sciences Weizmann (Rehovot),
- le Centre National de l'Énergie Solaire Ben Gourion (Sdé Boker),
- le Technion (Haïfa),
- la compagnie Israélienne d'Électricité (Haïfa),
- l'Université Hébraïque (Jérusalem).

4.1. Le complexe solaire de l'institut Weizmann

Le complexe de recherche solaire de l'Institut Weizmann, appelé Institut Canadien pour les Énergies et la Recherche appliquée, constitue aujourd'hui l'un des complexes les plus sophistiqués au monde pour la conception de méthodes d'exploitation de l'énergie solaire concentrée. La construction du site a été principalement motivée par le besoin de travailler dans le domaine de l'énergie solaire aux limites thermodynamiques. Le site de l'Institut Weizmann présente trois installations : une tour solaire à laquelle ont été associés un concentrateur solaire et un four solaire.

4.1.1. La tour solaire



Figure 11 : Tour solaire de l'Institut Weizmann

La tour solaire, inaugurée en 1988, se compose d'un récepteur central entouré par 64 héliostats placés régulièrement jusqu'à une distance de 50 m. Les héliostats, commandés par ordinateur, sont des miroirs mobiles (7x8 m) qui suivent la course du soleil et réfléchissent les rayons sur un absorbeur situé dans le haut de la tour. Dans cet absorbeur, un liquide caloporteur est chauffé et sert à produire de la vapeur (grâce à un échangeur), qui elle-même actionne une turbine produisant de l'électricité (jusqu'à 3 MW sur le site). Le système de réception est constitué de cinq stations (à différents étages de la tour), qui peuvent être opérées soit indépendamment, soit de façon

simultanée. Chaque station constitue un laboratoire de recherche qui est équipé pour entreprendre une large gamme de tests. Les projets liés à cette tour sont divers : utilisation de cette énergie pour transformer les déchets organiques en fuel, production d'hydrogène, etc. L'installation a coûté plus de 15 millions de dollars et s'étend sur plus de 3500 m².

4.1.2. La turbine à air

Depuis quelques années, un nouvel ensemble a été ajouté à la tour initiale. Un collecteur de 75 m² a été disposé à 45 m au dessus du sol. Il peut concentrer environ 1 MW d'énergie solaire en un point cible. Il est l'outil principal du projet « turbine à air ».

Le projet, mené en partenariat par Ormat, Mac Donnel Douglas et l'Institut Weizmann, vise à produire de l'électricité à partir de l'énergie solaire. Le système expérimental comprend une turbine à gaz (250 kW) alimentée par de l'air chauffé et comprimé grâce à l'énergie solaire fortement concentrée. Cette turbine est la version modifiée d'un moteur d'hélicoptère dont la chambre de combustion a été remplacée par un récepteur solaire. Chauffer de l'air aux pressions et températures nécessaires au fonctionnement d'une telle turbine en utilisant uniquement l'énergie solaire - et non en brûlant des combustibles fossiles - requiert un rayon solaire d'intensité 10 000 fois supérieure à celle d'un rayon naturel qui atteint la terre. Pour atteindre cette concentration, les chercheurs de l'Institut Weizmann ont développé le récepteur « Kippod » (hérisson en hébreu).

Ce récepteur, développé par l'Institut Weizmann et Rotem Industries, est également connu sous le nom de récepteur annulaire à haute pression directement irradiée (DIAPR). Ce récepteur permet de chauffer de l'air à 1100-1300°C, à haute pression (10-30 bars). La lumière solaire se réfléchit sur le collecteur et qui la renvoie en la concentrant vers le récepteur. Puis elle pénètre dans le récepteur par une fenêtre conique en quartz pouvant supporter une pression cinq fois supérieure à l'acier. Les rayons sont absorbés par les centaines de broches en céramique dirigées vers la lumière incidente qui recouvrent les parois internes du récepteur. Surnommée « Kippod », cette matrice est conçue pour absorber le maximum de lumière solaire et ne pas se fissurer en subissant d'importants chocs thermiques. Le développement des nouveaux matériaux impliqués est l'aspect majeur de la recherche.

Le coût de fonctionnement d'une centrale solaire d'environ 25 MW, utilisant une turbine à air (cycle combiné), est compris entre 1300 à 1500 dollars par kW installé. Le coût de l'électricité devrait être compris entre 5 et 9 cents par kWh (même ordre de prix que l'électricité produite à partir d'énergies conventionnelles).

4.1.3. Le four solaire

L'Institut Weizmann est aussi équipé d'un four solaire. Celui-ci peut produire jusqu'à 20 kW de puissance thermique. Il est actuellement utilisé pour des expériences à une échelle intermédiaire entre le laboratoire et la tour solaire. Il comprend un seul héliostat plat, qui suit la trajectoire du soleil par l'intermédiaire d'un miroir concave dont le centre de convergence est utilisé pour le montage expérimental. De larges battants situés en avant du concentrateur sont utilisés pour ajuster la quantité de radiations qui atteignent le concentrateur en provenance de l'héliostat.

4.2. Le Centre National Ben Gourion sur l'Energie Solaire

En 1985, le gouvernement israélien a construit ce centre d'essai à Sdé Boker, dans le désert du Néguev. Le but du centre était de faire fonctionner, d'une manière comparative, les différentes technologies solaires qui apparaissaient comme encourageantes pour la production d'électricité à large échelle. D'autres expériences eurent lieu, comme des miroirs collecteurs paraboliques installés par Luz avec l'objectif de développer une technologie capable de transformer directement de l'eau en vapeur sans passer par l'étape intermédiaire qui consiste à chauffer l'huile. Cependant, ce système ne fut jamais terminé par l'entreprise. En 1991, le gouvernement chargea l'université Ben Gourion de transformer cet ensemble en centre de recherche universitaire. Actuellement, le centre est riche d'une diversité de recherche importante et d'un niveau de connaissance unique au monde.

4.2.1. L'assiette parabolique solaire



Figure 12 : Récepteur solaire en forme d'assiette parabolique conçu par le PETAL

Au PETAL (Laboratoire d'Astrophysique et de Transformation d'Énergie Photonique) du centre de Sdé Boker, les chercheurs ont conçu un récepteur parabolique qui utilise l'énergie solaire photovoltaïque (figure 12). Une assiette de 400 m² de miroirs permet de concentrer la lumière sur un panneau solaire de 1 m sur 1 m. Les réflecteurs sont installés sur un châssis qui permet de changer automatiquement son orientation en fonction de la position du soleil dans le ciel. Ainsi l'énergie produite par ce panneau (100 kW /m² de panneau) est 100 fois supérieure à celle d'un panneau solaire classique. Après certaines difficultés de montage, le système fonctionne et devrait connaître de brillantes perspectives.

4.2.2. Le solaire et le désert

Un aspect important du centre est sa situation géographique. Situé au sein du désert du Néguev, il est particulièrement apte à accueillir des recherches liées aux conditions climatiques particulières du désert. Ainsi différentes études ont été menées (et continuent d'être menées) sur le comportement de panneaux solaires (cellules photovoltaïques ou simples panneaux collecteurs thermiques) face aux conditions extrêmes imposées par le désert. La modification des propriétés des panneaux solaires (qui entraîne généralement une perte d'efficacité) a été étudiée et des systèmes de nettoyage efficaces et économiques en énergie ont été développés (à l'aide d'un champ électrique, par exemple).

En parallèle, des études météorologiques ont été menées sur la région dans l'optique d'une future conception de centrale solaire dans le Néguev.

4.2.3. Le laser médical photonique

Le centre étudie aussi des applications originales qui offrent de nouvelles possibilités, notamment dans le domaine médical. Récemment, un laser photonique médical a été développé ; il devrait concurrencer les lasers actuels. Un petit concentrateur de rayons solaires, permet de capter et de concentrer jusqu'à 100 000 fois les rayons du soleil. Les photons, dirigés ensuite à travers une fibre optique peuvent alors être utilisés pour la chirurgie (de la même façon qu'un laser classique). Cet outil, utilisable dans les pays où le soleil brille de façon continue, serait beaucoup plus économique que les lasers actuels, mais aussi facilement mobile et son fonctionnement ne serait pas altéré par une éventuelle coupure d'électricité. Tous ces avantages le rendent particulièrement intéressant pour le marché médical africain.

4.2.4. La maison solaire (voir page 5)

L'université Ben Gourion a mis en place dans les années 70 une maison solaire, dite la « maison adobe ». Ce projet était une des premières conceptions d'architecture solaire passive en Israël, répondant à la crise de l'énergie au milieu des années 1970.

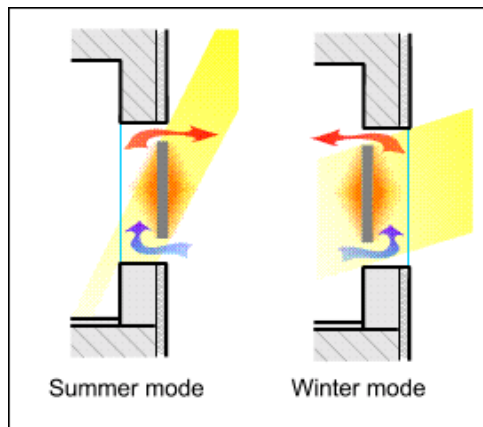


Figure 13 : Système de vitre réversible mis au pont par l'université Ben Gourion

Les vitres utilisées sont très particulières et sont le fruit d'une technologie particulièrement innovante et offrant un confort visuel et thermique amélioré (figure 13).

Ce système de vitre se compose de deux carreaux : un verre clair conventionnel, assurant un joint imperméable, et un autre verre fortement absorbant, plus libre. L'espace entre les deux carreaux est aéré par des ouvertures. Les deux carreaux sont assemblés dans une armature capable de tourner sur 180 degrés, de sorte que le verre absorbant peut faire face à l'intérieur en hiver, et à l'extérieur en été.

En hiver, ce système de vitre permet le chauffage des espaces internes en éliminant la surchauffe locale et les dommages à l'ameublement provoqués par une exposition directe au soleil. En revanche, il diminue la luminosité.

En été, il réduit la pénétration du rayonnement non désiré, sans obstruer la vue par la fenêtre. Ce système rend ainsi les dispositifs ombrageant externes inutiles.

4.3. L' « Energy Tower » du Technion

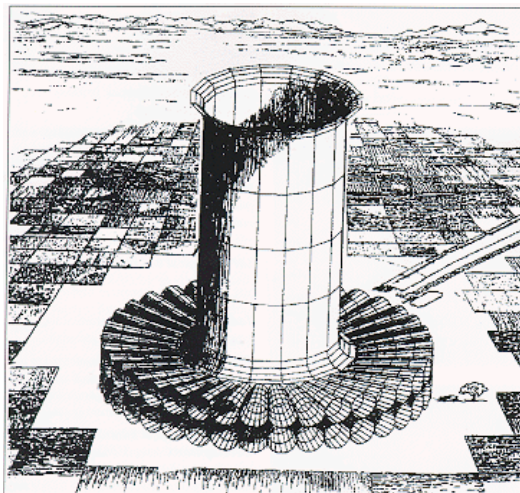


Figure 14 : Dessin de l' « Energy Tower »

Une équipe de chercheurs de la Faculté de Génie Agricole du Technion a abordé d'une façon originale la production d'électricité à partir de l'énergie solaire. Ils ont nommé leur nouveauté « Energy Tower », car elle n'utilise l'énergie solaire que de façon indirecte. Inventée par le Pr. Zaslavsky du Technion, elle permet de produire de l'électricité à partir de l'air chaud et sec du désert (figure 14). L'idée consiste à utiliser la convection de l'air à travers une tour creuse afin de mettre en rotation des turbines situées tout au bas de la tour. De fines gouttes d'eau froides pulvérisées au sommet de la tour s'évaporent en refroidissant l'air chaud et sec. Celui-ci absorbe l'humidité, devient lourd et descend alors naturellement. Comme cet air est enfermé dans une structure solide, il tombe très rapidement et sa vitesse peut permettre de mettre en rotation une turbine qui génère de l'électricité.

Bien que la surface totale nécessaire pour une telle centrale soit deux fois celle d'une centrale solaire conventionnelle, cela correspond seulement au dixième de la surface indispensable pour produire la même quantité d'électricité à partir de panneaux solaires. La centrale a aussi l'avantage de pouvoir fonctionner de jour comme de nuit.

Selon le Pr. Zaslavsky, moins d'une centaine de tours de ce type pourraient générer assez d'électricité pour le monde entier. L'équipe a créé l'entreprise Sharav Sluice afin de promouvoir l'idée et le Dr. Rami Guetta, chef du projet, a déclaré que la compagnie était déjà en négociation pour construire une tour de 10 MW en Inde. D'autres pays comme l'Australie ou le Chili ont montré un sérieux intérêt pour le projet. Une compagnie française semblerait intéressée par la fabrication des pièces mécaniques des tours. Ces travaux ont fait l'objet d'une présentation lors de la conférence israélo-américaine à Jérusalem d'août 2003 (Conférence pour l'indépendance énergétique des démocraties).

Michael Beit, le Chief Scientist du ministère des Infrastructures, a annoncé que la compagnie française Alstom était en négociation pour investir dans la construction d'une « Energy tower » en Israël. Selon les calculs du Pr. Zaslavsky, la tour ferait 1000 mètres de haut (3 fois la Tour Eiffel !) et 400 mètres de diamètre. Elle devrait produire autour de 800 MW par an, à un coût de 4,5 cents par KWh (approximativement le même prix que l'électricité produite grâce au gaz naturel). De plus, la tour pourrait être utilisée pour dessaler des centaines de millions de mètres cubes d'eau par an, à un coût de 30 cents par mètre cube (la moitié du coût d'une centrale conventionnelle de dessalement). La

quasi totalité du coût du projet se trouve dans la construction de la tour (l'air du désert est gratuit !). Deux lieux du Néguev ont déjà été pressentis : Arava et Pithat Shalom.

4.4. Autres recherches

4.4.1. Cellules photovoltaïques

Les cellules photovoltaïques ordinaires sont composées de silicium. De nombreuses recherches sont en cours pour obtenir des panneaux solaires à partir de nouveaux matériaux :

- le C60 (le fullerène), obtenu lors d'un fort apport énergétique, concentré, sur du graphite. Il permettrait d'éviter les problèmes de pollutions induites par les manipulations nécessaires à l'obtention du silicium (recherche effectuée à l'université Ben Gourion),
- le CdTe (à l'Institut du Technion),
- le WSe₂ (à l'Institut Weizmann).

D'autres recherches sont menées pour améliorer les cellules photovoltaïques en silicium au College of Technology de Jérusalem (cellules à haut rendement de type silicium mono cristallin), et à l'Université de Tel-Aviv (silicium amorphe en couche mince).

4.4.2. Le laser solaire

Au cours de réactions photochimiques, l'énergie solaire est convertie directement en énergie chimique sous forme de chaleur, sans étape intermédiaire (comme dans la photosynthèse). Or, en général, une réaction photochimique n'utilise qu'une partie restreinte du spectre de la lumière du soleil, correspondant à une couleur bien définie. Afin d'adapter les méthodes photochimiques aux applications industrielles, le Pr. A. Yogev de l'institut Weizmann a mis au point une technique pour transformer la lumière solaire en lumière laser dont la longueur d'onde peut varier. De tels lasers pourraient servir de source d'énergie pour divers procédés photochimiques.

4.4.3. Dessalement

Le dessalement est un domaine particulièrement important en Israël. Les particularités géographiques du pays sont nettement favorables à l'utilisation de l'énergie solaire pour effectuer cette opération (les régions où l'on manque d'eau douce sont en général les régions où le soleil est le plus présent). Une étude, menée conjointement par Rotem Industries, Solel et IDE Technologies a mis en évidence une utilisation intéressante de cette énergie dans le processus de dessalement. Solel a conçu un collecteur solaire unique par son efficacité. Celui-ci permet d'atteindre d'importantes températures et son coût d'installation reste relativement peu élevé. La vapeur générée n'est pas suffisante pour réaliser du dessalement par osmose inverse mais peut être utilisée pour la méthode par distillation. IDE Technologies a développé un procédé particulier de distillation qui s'applique exactement aux caractéristiques de l'énergie solaire. Les recherches ont permis d'obtenir ainsi un système complet d'évaporation thermique directe, économiquement compétitif avec les différents procédés d'osmose inverse.

4.4.4. Autres exemples

Ainsi, on constate que de nombreuses recherches sont menées autour de l'énergie solaire en Israël. Afin de compléter l'énumération des plus importantes, voici d'autres récents exemples en cours de développement :

- Un système d'ensemble informatisé de stabilisation d'une centrale solaire en présence de nuages (Université de Ben Gourion). Cet outil est indispensable à toute centrale solaire et tout particulièrement pour celles basées sur une technique de concentration d'énergie solaire, et ainsi empêcher des chutes trop fortes de production en un temps très court.
- De nouveaux systèmes optiques de concentration de rayons solaires (Institut Weizmann).

- De nouveaux procédés de production de cellules photovoltaïques afin de réduire leur coût de fabrication et améliorer leur rendement (17-20%), comme la technique de combinaison de diffusion thermique et d'implémentation ionique avec un traitement laser développée par le College of Technology de Jérusalem.

Conclusion

Actuellement, les pays du bassin méditerranéen commencent à prendre conscience de l'importance du développement de l'énergie solaire, de son intérêt environnemental et surtout de son intérêt économique. Dans le domaine de l'énergie solaire, Israël tient une place très particulière parmi tous ses pays.

Bien qu'Israël ait connu un développement unique extrêmement tôt dans son histoire, l'engouement pour le solaire s'est très vite limité à l'utilisation des chauffe-eau. En 1997, le Pr. Faiman de l'université Ben Gourion déclarait : « Lorsque les touristes descendent de l'avion en Israël et voient l'horizon couvert de chauffe-eau solaires, ils pensent que les israéliens sont encore des pionniers. Mais la vérité est que nous sommes loin derrière d'autres pays développés lorsqu'il s'agit de l'énergie solaire appliquée. Nous sommes très bons en recherche, mais à part les chauffe-eau solaires, il y a très peu de réalisations ».

Cependant le dynamisme de sa R&D n'a pas disparu et les instituts de recherches comme les entreprises du secteur, sont extrêmement actifs et se situent dans les premiers du monde. Israël a contribué jusqu'à aujourd'hui à une part importante de la recherche sur l'exploitation de l'énergie solaire. Les expériences sur les bassins solaires qui s'avéraient prometteuses dans le passé ont été interrompues, et aujourd'hui les principales innovations concernent la conception de capteurs et de systèmes à grand rapport de concentration. Le pays bénéficie pourtant d'un large savoir-faire.

Aujourd'hui Israël possède les technologies nécessaires pour satisfaire la totalité de ses besoins énergétiques à partir du solaire. Mais pour rendre cette capacité effective, une décision politique importante doit être prise dans le domaine de l'énergie.

Bibliographie

Rapports consultés :

- [1] Le secteur de l'énergie en Israël : la place des énergies renouvelables, Patrick ARFI (VSN) et Nicolas TRONCONI (VSN), 1997
- [2] Energie et Technologies solaires en Israël, Note rédigée par le Bureau Scientifique, 1984
- [3] Les enjeux du désert en Israël, Céline BOUNIOUX, 2003 (Volontaire Internationale, chercheur à l'université Ben Gourion)
- [4] The Environment in Israel, Ministry of Environment, 2002
- [5] Note du Service Scientifique du 7 Mai 1999 destinée à la DCSUR, Benoît QUESNEY
- [6] Solar Energy in Israel, D. FAIMAN, 1997

Sites Internet :

American-Israeli Cooperative Enterprise

www.us-israel.org

Ministère des infrastructures

www.mni.gov.il

Ministère de l'environnement

www.environment.gov.il

Ben Gourion National Energy Center

www.bgu.ac.il/solar

Ben Gourion University - Department of Solar Energy and Environmental Physics

www.bgu.ac.il/BIDR/research/phys

Weizmann Institute – Environmental Sciences and Energy Research

www.weizmann.ac.il/ESER

Technion – National Building Research Institute

www.technion.ac.il/~nbri/

Solel Solar Systems Ltd.

www.solel.com

Dead Sea Works Ltd.

www.dsw.co.il

Ormat

www.ormat.com

Chromagen

www.chromagen.com

Suriks

www.sunriks.com

Millenium electric.

www.millennium-electric-inc.com

Heliocol

www.heliocol.com

Plastic Magen Solar heating systems

www.plasticmagen.com