

Livre Blanc Technologique

Le Potentiel de l'Energie Solaire sur le Plateau Continental Externe des Etats-Unis

**Service de Gestion des Ressources Minérales Energies Renouvelables et programme
alternatif du Ministère de l'Intérieur US
Original disponible pour téléchargement à <http://ocsenergy.anl.gov>**

Mai 2006

POTENTIEL DE L'ENERGIE SOLAIRE SUR LE PLATEAU CONTINENTAL EXTERNE DES ETATS-UNIS

INTRODUCTION

Avec le passage de l'Energy Policy Act de 2005 (EPAct) et de la loi 109-58 (H.R. 6), le Minerals Management Service (MMS), un bureau du Ministère de l'Intérieur US, s'est vu attribuer la responsabilité des projets d'Énergie Renouvelable et des programmes alternatifs comme le vent, les vagues, les courants océaniques, la génération d'hydrogène, et des projets qui font un usage alternatif du pétrole et du gaz venant des plateformes d'extraction existantes dans les eaux fédérales. Un nouveau programme du MMS a été mis en place pour superviser ces opérations sur le Plateau Continental externe des États-Unis (OCS). MMS développe des règles pour guider leur application et permettre la mise en oeuvre du développement des projets Énergies Renouvelables et programme alternatif sur l'OCS. MMS prévoit un programme cadre d'impact sur l'environnement (Programmatic EIS) pour se conformer aux spécifications du National Environmental Policy Act (NEPA) afin d'établir une politique de développement alternative des exploitations offshore et un ensemble de programmes et de règles dédiés aux programmes nationaux d'énergies alternatives (Programmatic EIS).

Le programme national (Programmatic EIS) va

(1) fournir au public des données relatives au sujet des difficultés nationales associées à l'usage des énergies alternatives offshore;

(2) identifier, définir et évaluer les impacts génériques environnementaux, socioculturels et économiques associés à l'usage des énergies alternatives offshore ;

(3) évaluer et établir des mesures efficaces d'atténuation et de bonne gestion pour éviter, minimiser et compenser les impacts potentiels; et

(4) faciliter la future préparation de documents NEPA spécifiques de ce type de site — puis de documents NEPA préparés spécifiquement pour des projets liés aux Énergies renouvelables et au programme alternatif vont organiser les programmes nationaux d'énergies alternatives (Programmatic EIS) et la prise de décision.

Le Programmatic EIS va évaluer les questions soulevées liées au développement, y compris tous les événements prévisibles liés au contrôle, aux tests, au développement commercial, à la mise en oeuvre et aux activités de démantèlement dans les eaux fédérales de l'OCS. L'information relative aux questions soulevées et aux technologies actuelles sera principalement issue des centres de recherche fédéraux, de l'industrie MMS et d'autres sources valides.

En préparation du Programmatic EIS, MMS a développé une série de Livres Blancs sur des sujets concernant les Énergies Renouvelables et les programmes alternatifs. L'objectif principal de ces Livres Blancs est de donner suffisamment d'informations sur les technologies alternatives en cours d'exploration pour permettre des évaluations de l'impact potentiel sur l'environnement des technologies et des stratégies de minimisation de l'impact acceptable des

Programmatic EIS. Les livres blancs servent également de sources d'information pour sensibiliser les investisseurs.

Ce papier traite de la génération d'énergie à partir des radiations solaires sur le Plateau Continental externe des Etats-Unis (OCS). Le potentiel de ressources et les technologies nécessaires à la capture de l'énergie solaire sont exposés.¹

¹ Une référence ici de n'importe quel produit commercial,, procédé ou service par son nom de marque déposée, fabricant ou autre ne correspond pas à un soutien, une recommandation, ou un favoritisme de la part du MMS, du gouvernement des Etats-Unis ou d'une quelconque de ses agences.

Le Livre Blanc mentionne les considérations essentiellement environnementales et économiques qui peuvent être extrapolées à partir de la littérature disponible pour le développement de cette ressource énergétique. Les documents de référence dans cette série s'intéressent à la génération d'énergie sur l'OCS à partir du vent, des vagues et des courants océaniques, et le transport de l'énergie générée sur l'OCS vers le continent, comme l'électricité ou sous forme d'hydrogène.

POTENTIEL DE RESSOURCES

Le soleil émet de l'énergie avec un taux très important et très régulier, 24 heures par jour, 365 jours par an. Si toute cette énergie pouvait être transformée en une forme utilisable sur terre, ce serait amplement suffisant pour répondre à la demande mondiale. Cependant, ce n'est pas possible, parce que:

- (1) la terre n'intercepte qu'une petite fraction de l'énergie qui part du soleil;
- (2) la terre tourne si bien qu'une collection d'appareils n'est exposée à l'énergie solaire que pour environ la moitié de chaque période de 24 heures;
- (3) les conditions atmosphériques comme les nuages et la poussière réduisent parfois de manière significative la quantité d'énergie solaire atteignant la surface terrestre.

L'intensité de l'énergie solaire sur une surface orientée perpendiculairement aux rayons du soleil au dessus de l'atmosphère terrestre (connue sous le nom de constante solaire) a été mesurée par satellite entre 1.365 et 1.367 W/m² (NASA 2003). Cette énergie est transmise à travers l'atmosphère et atteint la surface terrestre à un taux variable dans le temps à un endroit donné en fonction de l'angle auquel les rayons du soleil atteignent la terre (c'est l'angle zénithal).

Cet angle détermine la longueur du chemin à travers l'atmosphère pour la lumière solaire qui arrivent, et varie avec la latitude, la date et l'heure du jour locale. Les paramètres climatiques et autres conditions atmosphériques, dispersant les rayons qui arrivent, affectent également le taux auquel l'énergie solaire atteint la surface de la terre. La totalisation de l'énergie solaire arrivant dans l'unité de surface (1 m²) pendant 1 heure s'appelle la radiation solaire ou l'insolation. La radiation solaire s'exprime précisément dans l'unité de Watt-heures ou kilowatt-heures par mètres carrés (Wh/m² or kWh/m²) moyennés pour des périodes de jour, de mois ou d'années. Quelque fois, la radiation solaire est exprimée en unités thermiques britanniques par mètre carré (BTU/m²) de jour, de mois ou d'années si l'on parle de la conversion d'énergie solaire en énergie calorifique autre que l'électricité. La radiation solaire aux Etats-Unis a une moyenne globale d'environ 6 millions de BTU/m², ou 1 758 kWh/m² (soit 6 330 mégajoules/m²) par an (Morse et Simmons 1976).

On a estimé qu'une zone déserte au sud-ouest des Etats-Unis qui mesurerait 161 km de côté (0,3% de la surface des Etats-Unis) pouvait théoriquement couvrir les besoins d'électricité de tout le pays si le rayonnement solaire dans cette zone pouvait être convertie en électricité avec une efficacité de 10% (Sandia National Laboratories 2001). La présence de nuages, qui dispersent et absorbent l'énergie solaire est le paramètre atmosphérique prédominant qui détermine la quantité d'énergie solaire disponible à convertir en autres formes d'énergie à un endroit quelconque.

Ainsi, les figures 1 et 2 illustrent le fait que la moyenne annuelle des rayonnements solaires moyens aux Etats-Unis (respectivement directs et globaux) est la plus forte là où l'atmosphère est la plus sèche. Par exemple, dans les régions ouest de l'Arizona, Nevada et Californie, le rayonnement solaire moyen par an (Figure 1) s'élève de 8.5 à 9.0 kWh/m² en certains points.

Cependant, presque partout le long de la côte pacifique, où le niveau d'humidité dans l'atmosphère est sensiblement plus élevé, elles sont de moins de 6.0 kWh/m², pourtant à la même latitude. De même, les radiations solaires sont également plus faibles le long de la côte du Golfe du Mexique au Texas et en Louisiane qu'un peu à l'intérieur aux mêmes latitudes. Au contraire, autour de la Floride et plus haut sur la côte est, il n'y a pas l'air d'y avoir une chute dans les radiations solaires directes le long de la côte, ce qui suggère que les niveaux atmosphériques d'humidité n'augmentent pas considérablement dans ces zones. On n'a pas trouvé d'informations sur les niveaux de radiations solaires sur l' OCS.

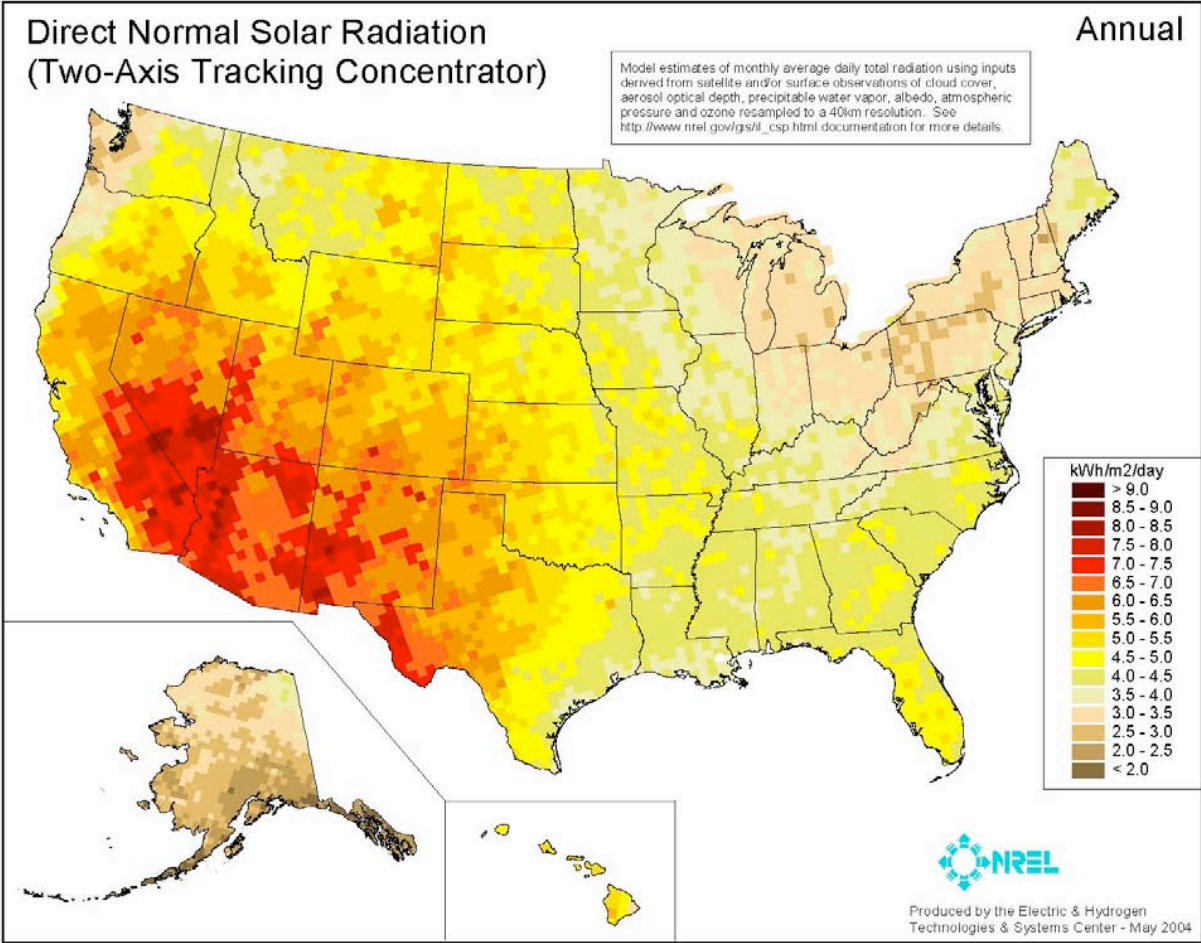


FIGURE 1 Moyenne Annuelle des Radiations Solaires Directes (Source: NREL 2006a)

TECHNOLOGIES D'UTILISATION DES RESSOURCES

L'énergie solaire peut être convertie en d'autres formes d'énergie plus utilisables à travers diverses technologies éprouvées qui sont divisées en deux catégories, thermique et photonique. Les technologies solaires thermiques convertissent d'abord l'énergie solaire en chaleur, que l'on peut utiliser directement (par exemple pour chauffer l'eau dans un but domestique ou commercial), la stocker dans un récipient thermique (comme un chauffe-eau ou des roches chaudes sèches) pour une utilisation différée, ou la convertir en énergie mécanique ou électrique grâce à un appareil approprié (comme une turbine à vapeur). Les technologies solaires photoniques absorbent directement les photons solaires - particules de lumière qui se comportent comme des unités individuelles d'énergie - sans transformation complète en chaleur. L'absorbant convertit alors l'énergie des photons en électricité (comme dans une cellule photovoltaïque [PV]) ou la stocke en tant qu'énergie chimique à travers une réaction chimique (comme dans la photosynthèse ou la dissociation de l'eau donnant de l'hydrogène et de l'oxygène).

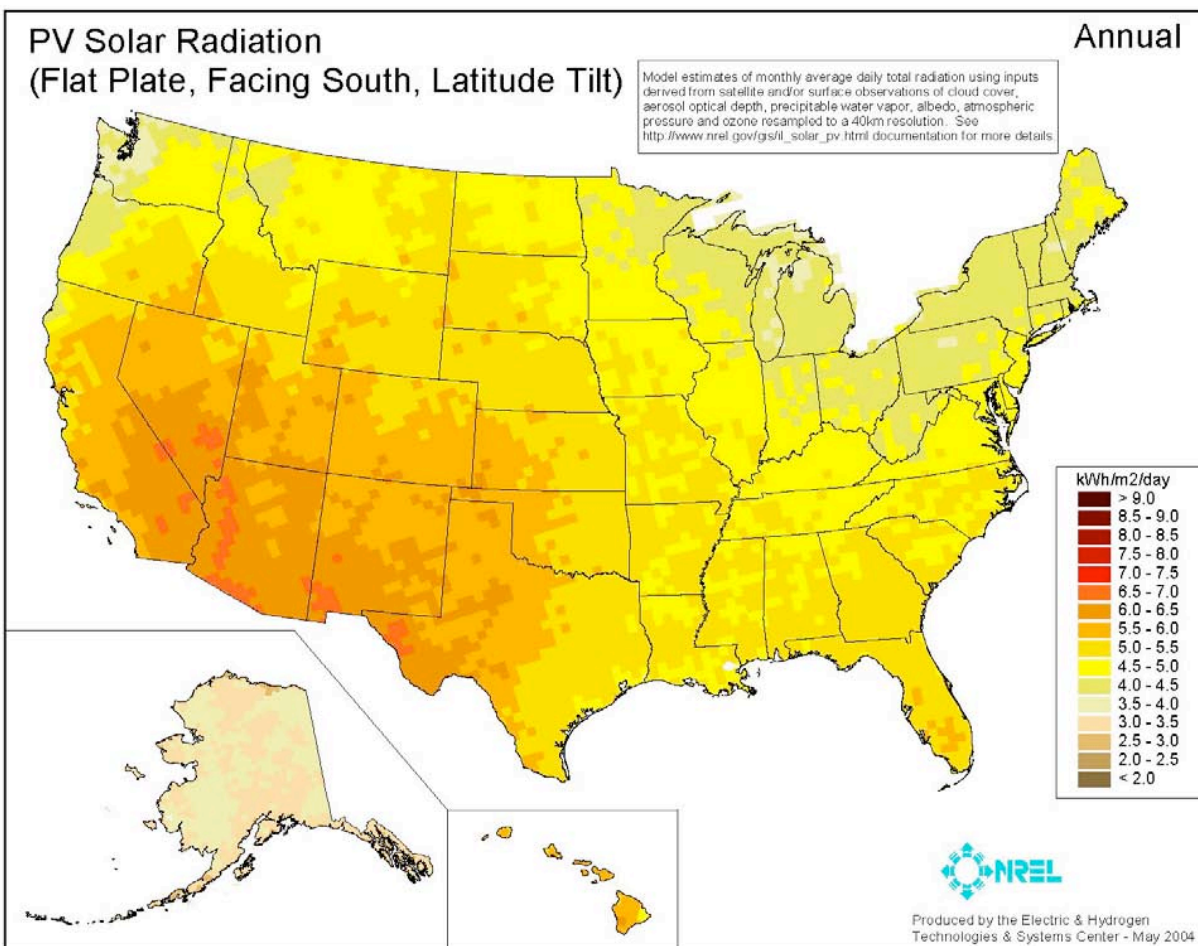


FIGURE 2 Moyenne Annuelle des Radiations Solaires Directes (Source: NREL 2006a)

La sélection de la technologie de conversion de l'énergie solaire pour l'utiliser en offshore serait influencée par des différences dans l'approche technologique. Ces différences pourraient favoriser une technologie par rapport à l'autre, quand tous les facteurs contribuant à la décision d'utiliser l'énergie solaire pour un projet auront été examinés. Les technologies disponibles et les approches technologiques sont décrites plus loin. L'accent est mis sur les technologies avec des applications transportables, comme la génération d'électricité qui peut être mise à disposition des consommateurs sur un réseau électrique terrestre (10 MW ou plus), ou la production d'hydrogène pour les consommateurs terrestres, plutôt que des applications réparties, comme le chauffe-eau à usage domestique ou commercial, ou la génération d'électricité pour une utilisation hors-réseau dans des endroits distants ou autonomes (de 10 kW à plusieurs MW). Cependant, on mentionne certaines applications réparties applicables à des projets offshore.

Technologie Solaire Thermique

La technologie solaire thermique inclut des approches technologiques pour les usages locaux comme pour les usages distants. Les approches de cette dernière catégorie comprennent ce qui est fréquemment appelé technologie du solaire thermique à concentration (CSP). La technologie CSP utilise des miroirs pour concentrer

(focaliser) la radiation solaire pour qu'elle puisse être captée sous forme de chaleur. Cette chaleur est alors transformée en électricité par les techniques conventionnelles.

La technologie CSP s'est développée rapidement grâce à la recherche et au développement parainés par le Ministère de l'Energie U.S. (à l'époque "Energy Research and Development Administration") à la suite des pénuries d'énergie qui ont eu lieu dans les années 70. L'implémentation commerciale du CSP fut réalisée dans les mi-80 avec la construction de neuf usines à paraboles dans le désert Mojave de Californie, totalisant 354 MW. Sur le plan international, la technologie CSP a été implémentée dans de nombreux pays de l'Union Européenne dont l'Allemagne, l'Espagne et l'Italie, et également en Israël et en Afrique du Sud. Cependant aucun projet CSP offshore n'a été identifié.

La technologie CSP se décline en trois approches technologiques, les centrales à capteurs cylindro-paraboliques, la tour solaire et les centrales à capteurs paraboliques. Les approches des centrales à capteur cylindro-parabolique et des tours solaires conviennent pour fournir de l'électricité transportable. L'approche à capteurs paraboliques peut être configurée pour produire de l'électricité transportable, mais l'approche modulaire des systèmes à capteurs paraboliques rend aussi bien cette approche adaptée à de petites applications réparties.

Systèmes à capteurs cylindro-paraboliques. Un système à capteurs cylindro-paraboliques est une étendue couverte de concentrateurs paraboliques à un seul axe, disposés en lignes parallèles et qui concentre l'énergie solaire sur des récepteurs qui relient les lignes focales des concentrateurs. La figure 3 montre un système de centrale à capteurs cylindro-paraboliques terrestre. La figure 4 illustre le flux typique dans les centrales à capteurs cylindro-paraboliques. Le champ solaire est modulaire et les rangées de concentrateurs sont alignées sur un axe horizontal nord-sud. Les concentrateurs, qui suivent le soleil d'est en ouest pendant la journée pour que le récepteur linéaire soit toujours focalisé sur le soleil, sont fait de miroirs paraboliques, d'un support de métal, de tubes récepteurs et de systèmes de suivi qui incluent des guides, des capteurs et des éléments de contrôle. Un fluide conducteur de chaleur est pompé dans le récepteur linéaire au fur et à mesure qu'il chauffe. Le fluide de transfert de chaleur circule à travers une série d'échangeurs de chaleur où il est utilisé pour générer



FIGURE 3 A Système Terrestre de Centrale Solaire Cylindro-Parabolique (Source: NREL 2006b)

de la vapeur très chaude sous haute pression. La vapeur très chaude alimente une turbine classique ou un générateur pour produire de l'électricité. La vapeur utilisée est condensée de manière standard et recyclée. Une tour de refroidissement ou système à un seul passage enlève l'excès de chaleur du condensateur. Le fluide de transfert de chaleur est remis dans le circuit à travers le récepteur linéaire. La centrale peut fournir de 1 à 100 MW d'électricité. Une centrale à capteurs cylindro-paraboliques produit environ 100 kWh/an par mètre carré de surface de collecteurs (DOE/EPRI 1997).

Centrales solaire à tour. Dans une centrale solaire à tour (également appelé à réception centrale), un ensemble de grands miroirs plats à deux axes suivent et reflètent l'énergie solaire vers un récepteur installé au sommet d'une tour centrale, comme le montre la figure 5. L'énergie solaire est absorbée par un fluide intermédiaire (en général du sel fondu ou de l'eau), qui est alors utilisé pour générer de la vapeur, qui est envoyée

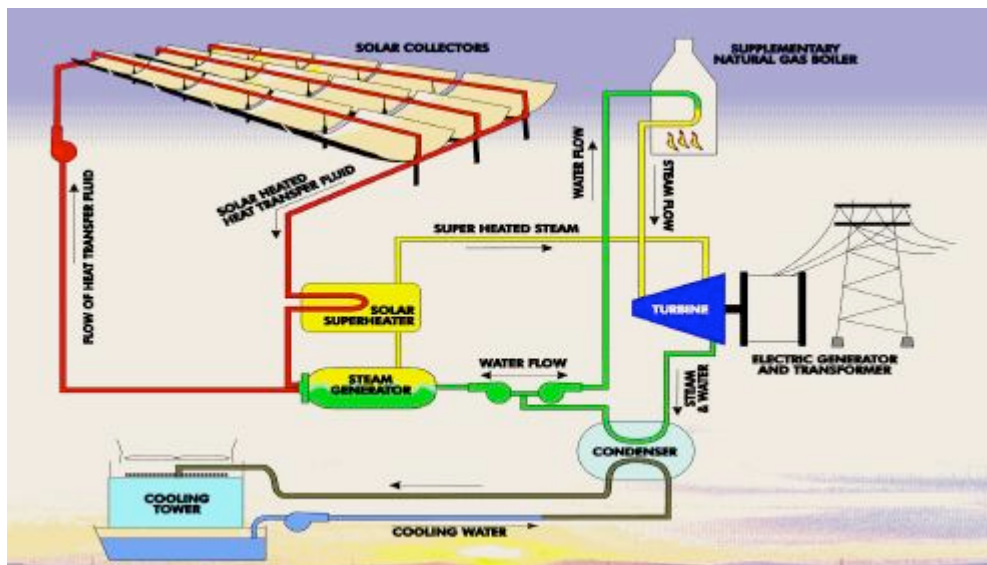


FIGURE 4 Schéma des flux des processus dans une centrale solaire cylindro-parabolique (Source: DOE/EPRI 1997)

dans une turbine classique. Même si le soleil ne brille pas, certaines conceptions permettent de stocker efficacement l'énergie thermique pour des heures si besoin (soit dans le fluide de travail pour les systèmes à sel fondu ou dans des matériaux comme les roches ou le sable pour un système à eau et à vapeur) Dans le système au sel fondu, le sel fondu est pompé à 290°C à partir d'un réservoir "froid" et circule dans le récepteur, où il chauffe jusqu'à 565°C et retourne dans un réservoir "chaud". Le sel chaud peut être utilisé pendant les 3 à 13 heures qui suivent pour générer de l'électricité à la demande. La figure 6 illustre les flux dans un système solaire à tour à sel fondu.

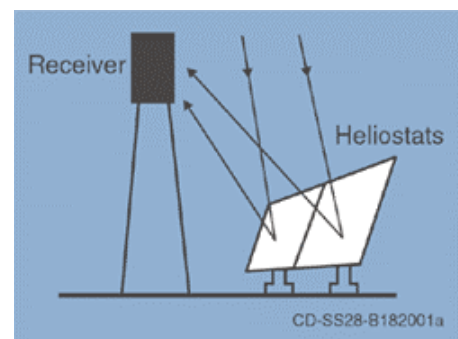


FIGURE 5 Centrale solaire à tour: Schéma (MMS 2006)

La première centrale à tour, Solar One, a été construite en Californie du Sud et mise en route au milieu des années 80. Haute de 91 m, elle utilisait un système d'eau et de vapeur et 1 818 héliostats, chacun d'une surface réfléchissante de 39 m², pour une production d'électricité de 10 MW. En 1995, Solar One fut convertie en Solar Two, par l'ajout de 108 héliostats, chacun d'une surface réfléchissante de 95 m², autour de la tour centrale préexistante, qui transformait le fluide de travail en un système au sel de nitrate fondu. Solar Two, qui a été démantelée en 1999, a eu un total de 1 926 héliostats (une surface de réflexion totale de 81 162 m²) et, comme Solar One, a produit 10 MW d'électricité. Une troisième centrale solaire à tour, Solar Tres, est en cours de construction en Espagne. C'est un système à sel fondu avec 2493 héliostats, ayant chacun une surface de réflexion de 93 m². Solar Three est sensée générer 15 MW d'électricité.

Système à capteurs paraboliques. La troisième approche technologique des CSP, les systèmes à capteurs paraboliques, utilise un concentrateur parabolique en miroir (environ 10 fois plus grand qu'une antenne TV parabolique) pour concentrer les rayons du soleil sur un récepteur thermique et un générateur de chaleur. Comme l'indique la figure 7, le capteur

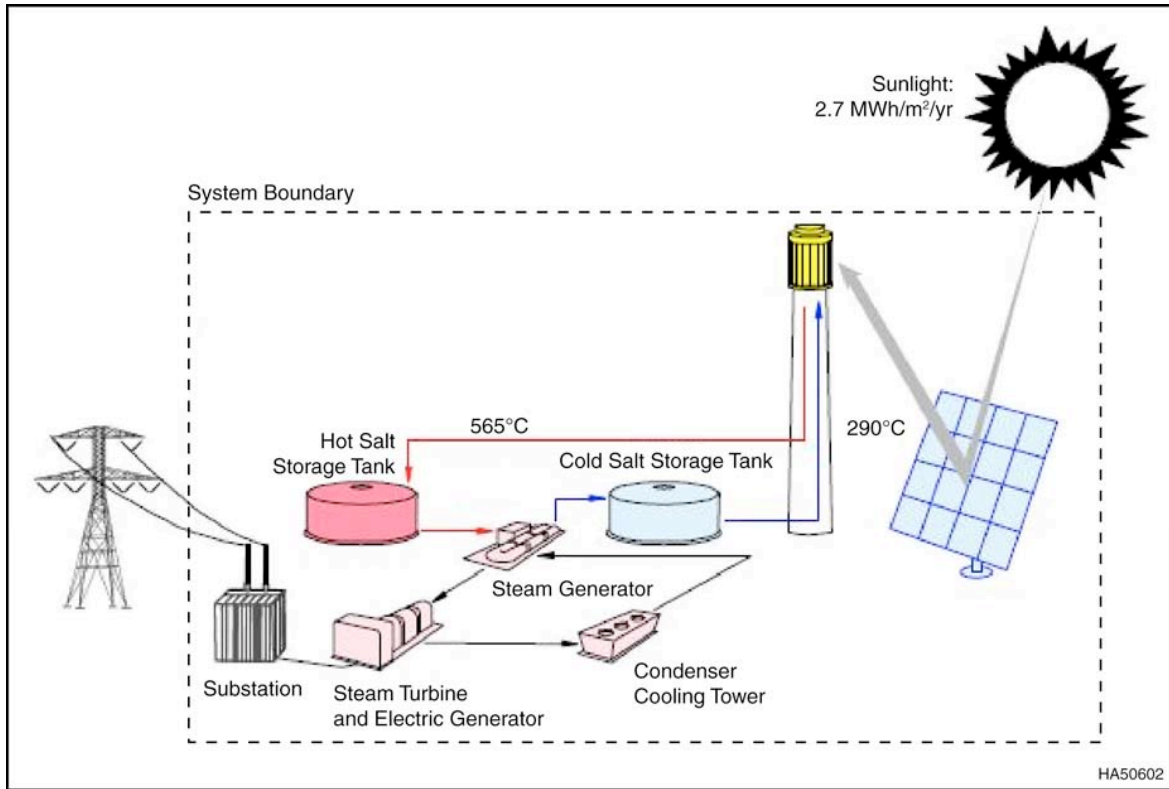


FIGURE 6 Diagramme de flux de la tour à sel fondu (Source: DOE/EPRI 1997)

est centré sur le point focal de la parabole. Pour capturer un maximum d'énergie solaire, la parabole s'oriente pour suivre le soleil dans sa course. Le récepteur est intégré dans un moteur de combustion "externe" hyper-efficace. Le moteur est muni de tubes contenant de l'hydrogène et de l'hélium gazeux, qui entourent les cylindres à 4 pistons du moteur et s'ouvrent dans les cylindres. Comme les rayons concentrés des sunlights sur les récepteurs, ceci chauffe le gaz dans les tubes à une température très élevée, ce qui provoque l'expansion du gaz très chaud dans les cylindres. Le gaz en expansion pousse les pistons. Les pistons font tourner un vilebrequin, relié à un générateur électrique. Le récepteur, moteur et générateur font partie d'un assemblage unique centré au point focal de la parabole.

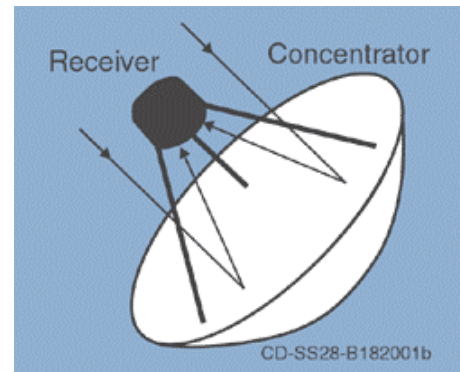


FIGURE 7 Système Parabolique: Schéma (MMS 2006)

Cette technologie est la plus ancienne dans les énergies solaires, remontant aux années 1800 quand un certain nombre de compagnies ont démontré des moteurs à vapeur mus par l'énergie solaire, basés sur le design des moteurs Rankine et Stirling. Le débit d'une parabole peut aller de 2 à 25 MW d'électricité. Les paraboles peuvent être utilisées individuellement ou par petits groupes pour assurer le courant réparti, distant ou destiné à un village. Une centrale de 250-kW composée d'un système de 10 paraboles de 25-kW ne nécessite que 4000 km² (DOE 2001). Les paraboles peuvent être connectées en grappes pour fournir de l'électricité disponible de 1 à 10 MW. Bon nombre de prototypes de systèmes à paraboles / Stirling sont actuellement en fonction au Nevada, en Arizona, au Colorado et en Espagne (Sargent & Lundy LLC 2003).

Technologie Solaire Photonique

La technologie solaire photonique convertit l'énergie solaire en une forme d'énergie utiles au moyen de l'absorbition des photons, particules de lumière qui agissent comme des unités individuelles d'énergie, et qui convertissent une partie de cette énergie en électricité (comme dans une cellule PV) ou bien stockent une partie de cette énergie par une réaction chimique (comme la conversion d'eau en hydrogène et oxygène). Dans ce dernier cas, l'utilisation d'organismes biologiques (approche photobiologique) ou de systèmes basés sur les semi-conducteurs (approche photo-électrolytique) peuvent être des options pour la photoproduction solaire d'hydrogène. Cependant, les approches de la technologie solaire photonique qui stockent de l'énergie dans des réactions chimiques en sont encore aux premiers stades de développement (OECD/IEA 2006). C'est pourquoi aucune d'elles ne sont décrites dans ce Livre Blanc.

Les cellules PV offrent une approche viable de la technologie solaire photonique pour générer de l'électricité soit pour des applications réparties ou transportables, surtout si l'on considère les dernières avancées pour la concentration des systèmes photovoltaïques (CPV). Les premières cellules PV furent produites dans la fin des années 50, et jusque dans les années 60 elles servirent principalement à fournir de l'énergie électrique aux satellites. Dans les années 70, des améliorations dans la fabrication, les performances et la qualité des modules PV ont permis la réduction des coûts pour alimenter les applications distantes de la terre, y compris la recharge des batteries pour les aides à la navigation, les signaux, les équipements de télécommunications et d'autres besoins cruciaux demandant peu de puissance. Dans les années 80, les cellules PV devinrent une source populaire d'énergie pour les utilisateurs d'appareils électroniques, notamment les calculatrices, les montres, les radios, les lanternes et autres applications de recharge de piles. Suite à la crise de l'énergie des années 70, des efforts non négligeables furent entrepris pour développer l'énergie PV pour les besoins domestiques et commerciaux individuels, à distance ou pour les appareils courants connectés. Pendant cette période, les applications internationales des systèmes PV pour alimenter les cliniques rurales, la réfrigération, le pompage de l'eau et les appareils ménagers loin du réseau se sont beaucoup développées, et demeurent une part importante du marché mondial de ce type de produits PV. (FSEC 2006)

La technologie PV convertit les rayons du soleil (directs ou diffus) directement en électricité lorsqu'une cellule PV absorbe et transfère l'énergie lumineuse en électrons dans les atomes de la cellule. Les électrons "énergisés" s'échappent de leur emplacement normal dans le matériau PV (en général un semi-conducteur) et se déplacent de la cellule PV vers un circuit électrique. Ainsi, les systèmes PV génèrent de l'électricité que le soleil brille ou non, les rendant

très utiles pour les endroits où aucune autre forme d'électricité n'est disponible.

L'efficacité d'un système PV plat (entre 7 et 12%) peut être très largement augmentée en utilisant un système à un ou deux axes permettant de suivre le soleil dans le ciel, permettant d'intercepter au maximum la radiation solaire directe. Pour un panneau solaire PV, il faut une surface d'installation de l'ordre de 8 à 12 m² par kW au moment du rendement optimum du panneau. (FSEC 2006). Pour cette raison, un panneau de cellules PV couvrant une très grande surface est nécessaire pour produire de l'électricité transportable. Pour générer 1 MW, par exemple, il faudrait de 8 000 à 12 000 m² de cellules PV. La figure 8 propose un schéma pour un système PV qui génère de l'électricité transportable. Assez peu de ces systèmes ont été installés, mais on annonce récemment que de nouveaux projets sont planifiés pour la construction en 2006 de deux nouvelles installations: l'une de 18-MW au Nevada (Solarbuzz LLC 2006a) et aussi une de 7 à 10-MW au Colorado (Solarbuzz LLC 2006b).

Les systèmes CPV utilisent des cellules PV qui sont conçues pour convertir un fort pourcentage de rayonnement solaire en électricité quand elles sont exposées à un rayonnement concentré. Ces cellules sont montées dans un "concentrateur" qui utilise des miroirs ou des lentilles pour focaliser (concentrer) le rayonnement solaire sur les cellules jusqu'à 1 000 fois la force normale du soleil. Les concentrateurs doivent suivre le soleil pour que la lumière reste concentrée. Les systèmes CPV permettent aux cellules photovoltaïques d'être nettement plus petites et plus efficaces qu'un panneau PV plat. Certains systèmes CPV ont atteint une efficacité de 26%. Les avantages principaux des systèmes CPV sont leur haute efficacité, leur faible coût, et le peu d'investissement nécessaire pour permettre un déploiement en vraie grandeur rapide; la durabilité à long-terme et la fiabilité n'ont cependant pas encore été démontrés pour cette technologie émergente.

A ce jour il n'y a aucun projet PV ou CPV générant de l'électricité transportable. Cependant, les systèmes PV qui produisent de l'énergie répartie sont très courants, par exemple dans les systèmes d'aide à la navigation, comme les bouées, et les équipements de météorologie maritime (Figure 9).

EVENTUELS PROBLEMES ENVIRONNEMENTAUX

Toutes les approches technologiques CSP et les systèmes PV demandent des zones assez importantes pour recueillir les radiations solaires quand on veut produire de l'électricité transportable à l'échelle de plusieurs Mégawatts. La grande surface de l'OCS permettrait d'installer des panneaux solaires sur des

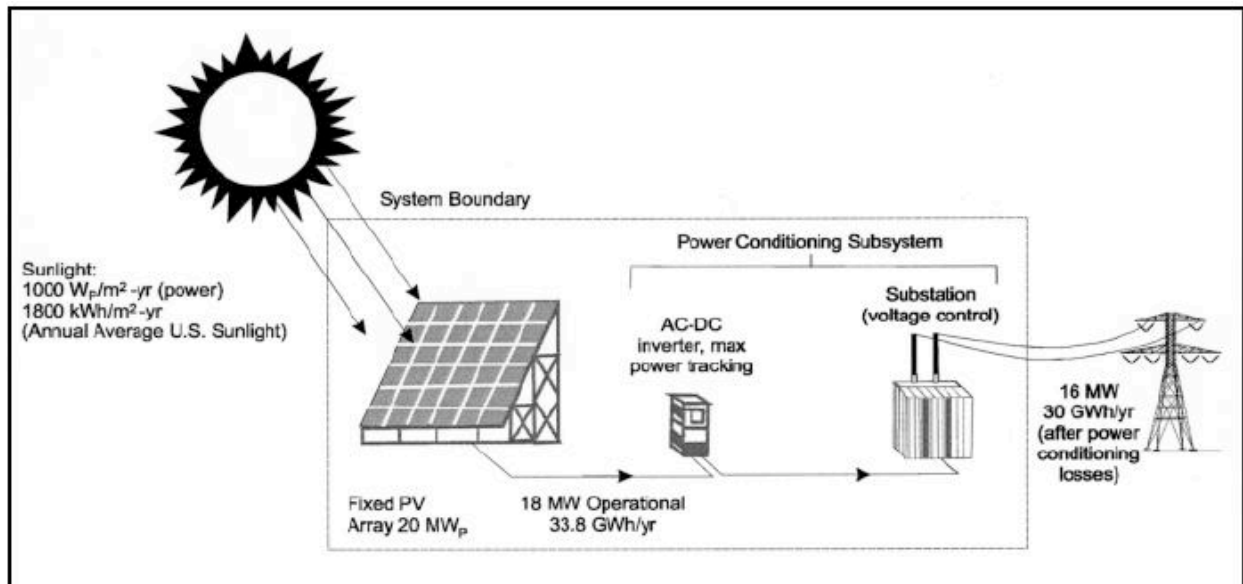


FIGURE 8 Schéma d' un Sytème PV Générant de l'Electricité Transportable
 (Source: DOE/ EPRI 1997)



FIGURE 9 Bouée Solaire Servant à la Collecte d'Informations Météo au large de la Côte Est des Etats Unis (Source: NREL 2006b)

supports flottants ou fixes. On peut s'attendre à ce que ces structures aient des impacts, et notamment:

- Des interférences avec la pêche commerciale et récréative;
- Des interférences avec les bateaux de plaisance; le surf et la plongée;
- Des perturbations écologiques liées à l'ombre à la surface de l'eau; et
- L'introduction de perchoirs potentiels pour les oiseaux.

D'autres impacts environnementaux éventuels du système CSP sont des émissions accidentelles ou en cas de détresse de produits chimiques toxiques qui peuvent être utilisés dans les systèmes de transfert de chaleur; les interférences avec le trafic aérien si les rayons réfléchis sont dirigés à tort vers un couloir aérien; des perturbations de l'écosystème à cause d'échappements liés à la maintenance du système de refroidissement; des échappements liés à l'exploitation et à la maintenance du système de recyclage, et des perturbations de l'écosystème

venant de la construction, l'exploitation et la maintenance du système de conversion de l'énergie solaire et du système de transport de l'électricité vers les utilisateurs terrestres. Les structures utilisées en même temps pour les technologies CSP et photoniques dans les applications offshore auraient un impact visuel certain dans les zones visibles.

CONSIDERATIONS ECONOMIQUES

On rapporte qu'en 2001, le coût pour fournir et livrer de l'énergie thermique provenant de systèmes CSP opérant dans des conditions d'ensoleillement favorables, comme les zones arides de l'ouest des Etats-Unis, était supérieur au coût du gaz naturel, mais on prévoyait que ce rapport serait plus compétitif au fil des ans. Les hypothèses sur le coût du gaz naturel ont certainement influencé ces projections (Teagan 2001). Le coût pour mettre à disposition l'énergie thermique d'un système CSP dans un environnement OCS n'a pas encore été estimé. Ce coût serait influencé par des facteurs affectant la compétitivité de l'électricité générée en utilisant les systèmes CSP. Le coût serait également affecté par le coût de la construction, de l'exploitation et de la maintenance des structures de support appropriées et des grands ensembles de miroirs suivant le soleil en environnement offshore, le coût de mise à disposition à terre de l'électricité ainsi produite. Les conditions d'ensoleillement liées à l'humidité de l'air à la surface de l'océan seraient également un facteur à prendre en compte à cause de son effet sur la quantité de lumière qui atteint les capteurs solaires.

Le Ministère de l'Energie US a des projets à long-terme pour réduire le coût pour l'utilisateur final, (y compris l'exploitation et la maintenance) pour des installations PV à grande échelle jusqu'à 3000\$ par kW d'ici 2010 et pour 1500\$ par kW d'ici 2020 (WEC 2001). A cause de ces coûts relativement élevés, la valeur économique des systèmes PV ne peut être mise en place que sur des années, dans des situations où le réseau électrique est déjà installé (FSEC 2006). Pour des régions sans réseau électrique, comme par exemple sur l' OCS, il y a déjà un marché pour les systèmes PV pour fournir de l'électricité répartie aux appareils de collecte météorologique et aux aides à la navigation comme des bouées. Bien que les coûts des modules PV et des équipements nécessaires pour fournir de l'électricité à des sites distants soient élevés, les coûts pour générer et mettre à disposition de l'électricité pour ces sites distants par des moyens conventionnels serait encore plus élevé. On n'a pas encore évalué les coûts pour installer et gérer des systèmes PV à grande échelle sur l'OCS pour générer de l'électricité transportable.

CONCLUSION

L'énergie solaire peut être convertie en d'autres formes d'énergie plus utilisables à travers diverses technologies éprouvées qui sont divisées en deux catégories, thermique et photonique. L'électricité transportable peut être produite soit par les approches thermiques - les systèmes CSP - soit par l'approche basée sur les technologies photoniques - les systèmes PV - . La technologie CSP utilise des miroirs pour focaliser la radiation solaire pour qu'elle puisse être captée sous forme de chaleur. Cette chaleur est alors transformée en électricité par les techniques conventionnelles. La technologie PV convertit les rayons du soleil (directs ou diffus) directement

en électricité lorsqu'une cellule PV absorbe et transfère l'énergie lumineuse en électrons dans les atomes de la cellule. Les cellules PV peuvent être montées en panneaux plats, les systèmes PV ou en CPV. Comme avec la technologie CSP, les systèmes CPV focalisent la lumière du soleil. Cependant, au lieu de capturer la lumière solaire pour utiliser son énergie thermique comme la technologie CSP, les systèmes CPV utilisent des miroirs ou des lentilles pour focaliser la lumière solaire sur des cellules PV spécialement conçues pour transformer un pourcentage élevé de lumière solaire directement en électricité quand les cellules sont exposées à une lumière solaire concentrée.

La recherche conduite pour ce document n'a identifié aucun projet existant ou planifié pour générer de l'électricité transportable sur l'OCS avec les technologies CSP ou PV. Les systèmes CSP existants qui pourraient être utilisés pour ce type d'application comprennent les systèmes à capteurs cylindro-paraboliques, les centrales solaires à tour et les capteurs paraboliques. Les systèmes à panneaux PV ou systèmes CPV sont aussi des candidats potentiels pour générer de l'électricité transportable sur l'OCS.

Personne n'a encore évalué la viabilité économique de la génération d'électricité distribuée grâce à l'énergie solaire sur l'OCS pour des consommateurs terrestres n'a pas encore été évaluée. Cependant, un marché réel existe déjà pour les systèmes PV pour fournir de l'électricité répartie pour satisfaire aux besoins en puissance éloignés et de dimension réduite.

L'utilisation de la technologie de l'énergie solaire pour générer de l'électricité transportable sur l'OCS demanderait que de vastes zones soient réservées à la collecte de l'énergie solaire, ce qui nécessiterait la construction de structures de support flottantes. La présence de telles structures pourrait avoir un impact environnemental. De plus, l'exploitation des systèmes CSP pourrait générer la dispersion de polluants dans l'eau. Les systèmes PV, qu'ils soient utilisés pour générer de l'électricité transportable ou répartie, ont peu de chance de disperser des polluants.

REFERENCES

Florida Solar Energy Center (FSEC), 2006, "Photovoltaics & Distributed Generation, Photovoltaic Fundamentals." Available at <http://www.fsec.ucf.edu/pvt/pvbasics/>. Accessed April 27, 2006.

Minerals Management Service (MMS), 2006, "OCS Renewable Energy and Alternate Use Programmatic EIS Information Center, Offshore Solar Energy Web Page." Available at <http://ocsenergy.anl.gov/guide/solar/index.cfm>. Accessed May 10, 2006.

Morse, F.H., and M.K. Simmons, 1976, "Solar Energy," *Annual Review of Energy* 1:131–158, Palo Alto, Calif.

National Aeronautics and Space Administration (NASA), 2003, "The Inconstant Sun." Available at http://science.msfc.nasa.gov/headlines/y2003/17jan_solcon.htm. Accessed April 23, 2006.

National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2006a, "Dynamic Maps, GIS Data, & Analysis

Tools, Solar Maps.” Available at <http://www.nrel.gov/gis/solar.html#csp>. Accessed April 27, 2006.

NREL, 2006b, “Photographic Information Exchange.” Available at <http://www.nrel.gov/data/pix/>. Accessed May 5, 2006.

Organization for Economic Cooperation and Development/International Energy Agency (OECD/IEA), 2006, *Hydrogen Production and Storage R&D Priorities and Gaps*, Hydrogen Coordination Group, Paris, France.

Sandia National Laboratories, 2001, *Research and Development Advances in Concentrating Solar Power*, SAND2001-3228P, Albuquerque, N.M., Dec.

Sargent & Lundy LLC, 2003, *Assessment of Parabolic Trough and Power Tower Solar Technology Cost and Performance Forecasts*, SL-5641, prepared for the U.S. Department of Energy and National Renewable Energy Laboratory, Chicago, Ill., May.

Solarbuzz LLC, 2006a, “Las Vegas, NV, USA: World's Largest Photovoltaic Project Planned in Nevada,” Feb. 2. Available at <http://www.solarbuzz.com/news/NewsNAPR611.htm>.

Solarbuzz LLC, 2006b, “Denver, CO, USA: Xcel Energy Solicits Bids for Colorado's Largest Solar Facility,” March 31. Available at <http://www.solarbuzz.com/news/NewsNAPR627.htm>.

Teagan, W.P., 2001, *Review: Status of Markets for Solar Thermal Power Systems*, Arthur D. Little, Cambridge, Mass., May.

U.S. Department of Energy (DOE), 2001, “Concentrating Solar Power: Energy from Mirrors,” DOE/GO-102001-1147, March 2001. <http://www.nrel.gov/docs/fy01osti/28751.pdf>.

U.S. Department of Energy and Electric Power Research Institute, Inc. (DOE/EPRI), 1997, *Renewable Energy Technology Characterizations*, TR-109496, Dec. Available at <http://www.nrel.gov/docs/gen/fy98/24496.pdf>.

World Energy Council, 2001, “2001 Survey of World Energy Resources.” Available at <http://www.worldenergy.org/wec-geis/publications/reports/ser/overview.asp>.