

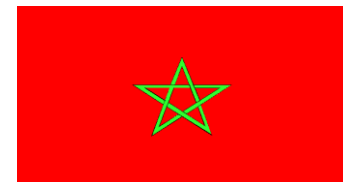


16 Décembre 2011

māsen
Moroccan Agency
for Solar Energy

Production électrique solaire – Histoire de l'avenir

Séminaire IRES, Rabat



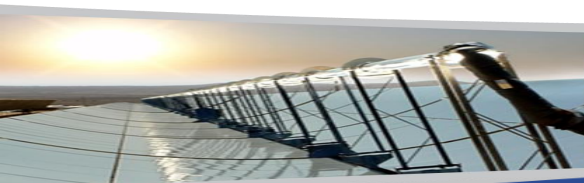
Sommaire

1. Technologies solaires: De la « pré-histoire » à aujourd'hui
2. Evolution mondiale des projets de centrales solaires
3. Perspectives de Développement Mondiale
4. Plan Solaire marocain, programme ambitieux et volontariste
5. Enjeux et opportunités

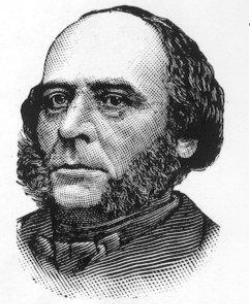


Univers Solaire

Histoire et type de technologie



Histoire du Thermosolaire



En 1860, August Mouchet proposait le premier moteur thermo-solaire. En 1870, John Ericsson inventa les premiers capteurs cylindro-paraboliques.

John Ericsson
Swedish-American Engineer & Inventor
1803-89

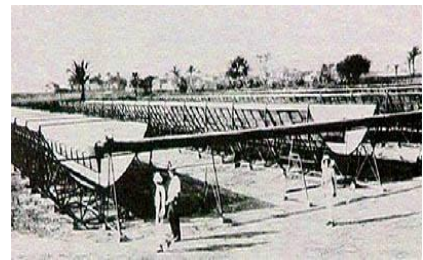
En 1551, Le Turque Taqi al Din aurait inventé la première turbine à vapeur. En 1639, l'Italien Giovanni Branca aurait été inspiré par les travaux d'Al Din pour construire l'une des premières turbines à vapeur.



En 212 AC, Archimède aurait proposé l'usage de bouclier en bronze comme moyen de réflexion solaire contre des navires en bois romains qui envahissaient la ville Grec de Syracuse.



Les civilisations chinoises, égyptiennes, grecs, romaines utilisaient des miroirs pour allumer des torches lors de cérémonie religieuse



En 1912, Frank Shuman installa la première ferme thermo-solaire à Maadi en Egypte permettant de générer de la valeur pour le pompage de 600 gal/min



En 1982, the US DOE, avec un consortium industriel, met en service le premier démonstrateur de Tour solaire de 10MW au Sandia Laboratories.



Entre 1986 et 1990, les premières centrales thermo-solaires voient le jour dans le Desert de Mojave en Californie.

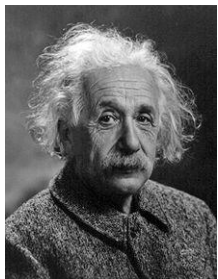


En 1996, the US DOE, avec un consortium industriel, met en service pendant 3 ans Solar II, démonstrateur de Tour solaire.



Entre 2006 et 2010, Seville devient la capitale mondiale du thermo-solaire. plusieurs centrales thermo-solaires voit le jour notamment en Espagne (PS10, Andasol I et II) et aux Etats Unis.

Histoire du Photovoltaïque



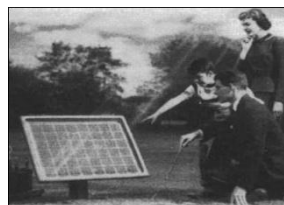
En 1921, Albert Einstein gagne le prix Nobel pour ces théories incluant celle sur l'effet photoélectrique.



En 1954, Daryl Chapin, Calvin Fuller, et Gerald Pearson développent la première cellule PV à Bell Labs avec 4% d'efficacité puis 11%.



En 1962, Bell Labs lance le premier satellite de télécommunication avec 14w de puissance solaire



En 1963, Sharp produit les premiers modules photovoltaïques



En 1982, le premier MW PV est en service en Californie



La conquête vers l'espace engendre les premiers succès commerciaux les satellites Vanguard I et II, Explorer III, et Sputnik-3 exploitent de la puissance solaire PV pour alimenter le système radio. Ceci fut le premier succès d'application commercial pour le PV.

En 1978, le Nasa Lewis Research Center équipe le premier village au solaire dans une réserve indienne d'Arizona.

En 1983, la production PV mondiale atteint 21MW avec un CA de \$250M







- En 1999, la production mondiale de PV atteint 1GW
- En 2000, First Solar démarre la plus grande unité de production photovoltaïque avec une capacité de 100MW
- En 2010, la production PV atteint presque 40GW.








En 1839, le Français Edmond Becquerel découvre l'effet photovoltaïque.



Technologies thermosolaires

Linear Concentration		Point Concentration	
Parabolic Trough (PT)	Linear Fresnel Collector (LFC)	Parabolic dish	Solar Tower
			
C ~ 70-90 commercial η ~ 12%-15%	C ~ 60 – 120 demonstration η ~ 10%-12%	C ~ 300 – 4000 commercial demo η ~ 14%-18%	C ~ 500 – 1000 demonstration η ~ 10%-15%

Technologies photovoltaïques

Flat-plate PV systems			Concentrated Photovoltaics (CPV)	
<p>c-Si (Silicium cristallin: mono, poly, amorphe)</p>	<p>CdTe Cadmium Telluride</p>	<p>CIGS (Cuivre/Iridium/Gallium/ Sélénium)</p>	<p>Mirror-Type</p>	<p>Fresnel Lenses</p>
				
<p>Système le plus courant</p>	<p>Principalement pour le déploiement de centrales</p>	<p>Rarement utilisé dans le déploiement de centrales</p>	<p>Principalement des pilotes</p>	<p>Système industriel avec une grande efficacité</p>

Deux familles technologiques complémentaires

Le photovoltaïque

- Le PV fonctionne avec le rayonnement direct et diffus
- PV: installation pour toutes les situations climatiques
- Centralisé et décentralisé
- Productible variable
- Stockage limité
- Smart grids et net metering



Le thermo-solaire

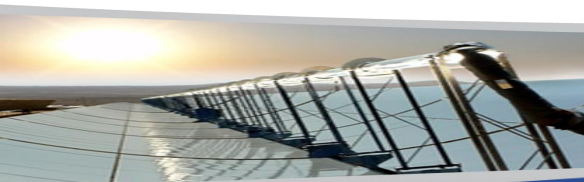
- Le CSP fonctionne au rayonnement direct
- **Nécessite un DNI > à 1900 kWh/m²**
- Principalement centralisé à l'exception de la production de vapeur dans l'industrie
- Productible extensible du fait du stockage
- Stockage à grande échelle
- Perte transmission réduite avec lignes HVDC



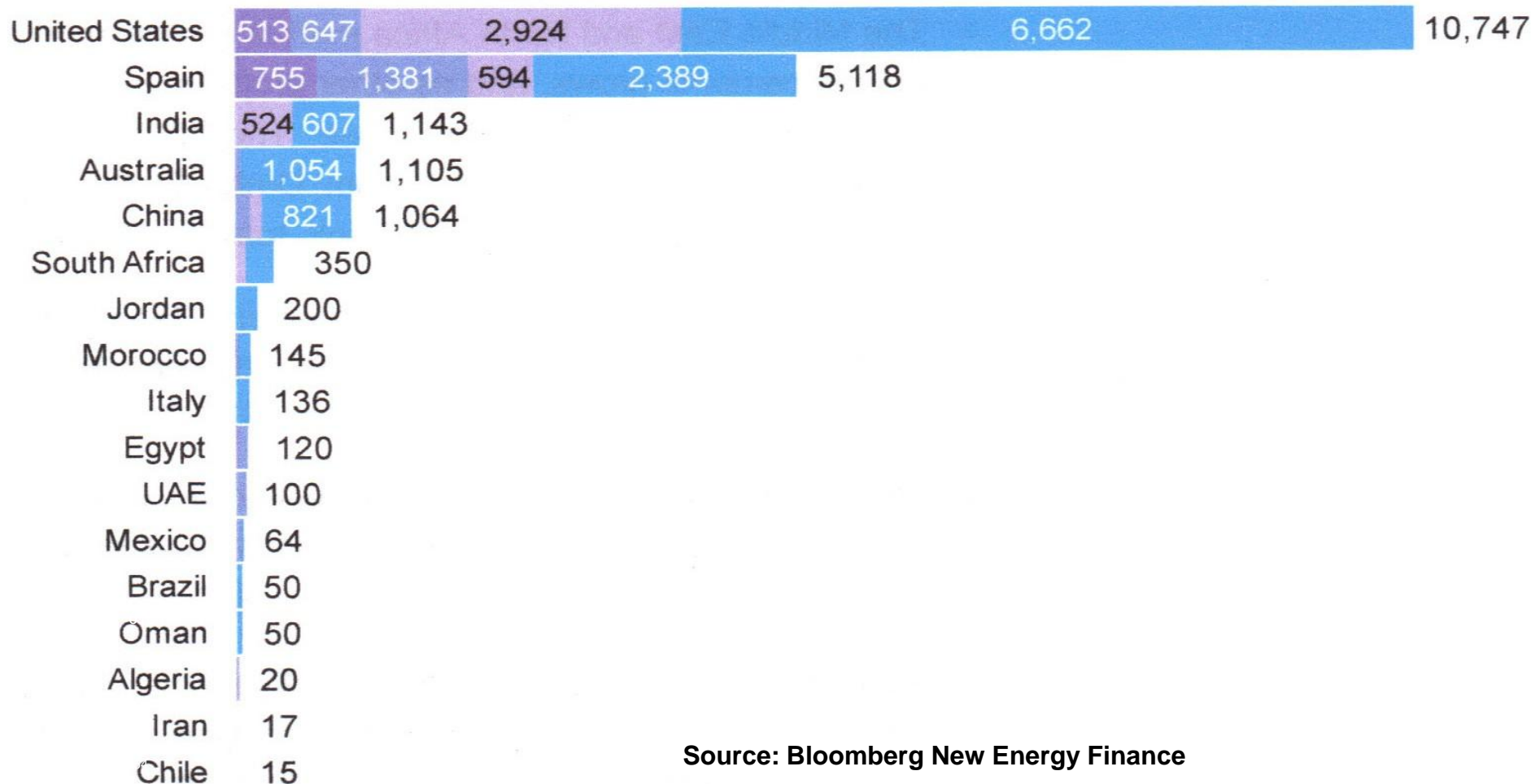


Evolution Récentes

Projets de centrales CSP et PV



Projets CSP dans les pays leaders à fin T2 2011 (en MW)

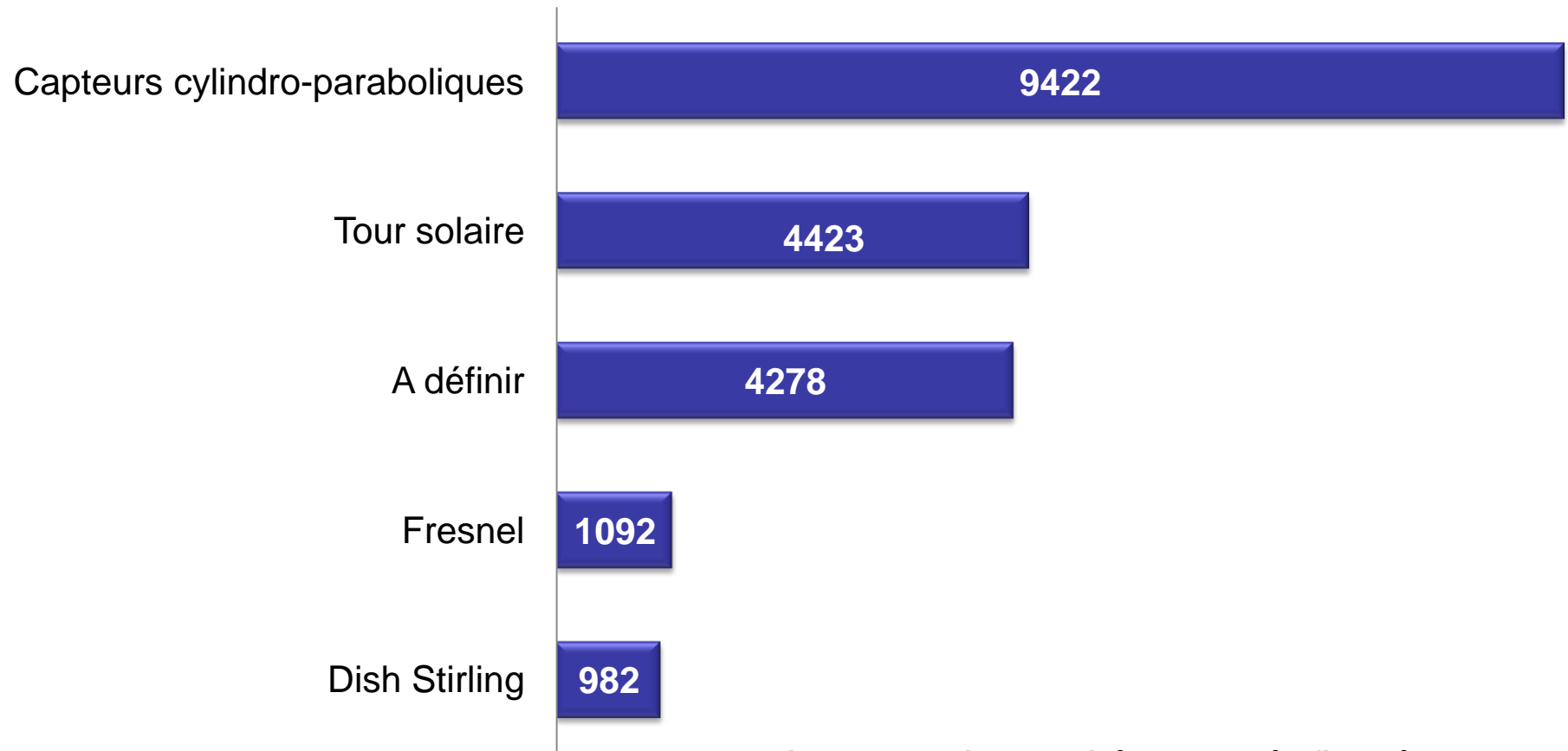


Source: Bloomberg New Energy Finance

■ Commissioned
■ Permitted

■ Financing secured / under construction
■ Announced / planning begun

Projets* CSP dans le monde à fin T3 2011 par technologie (MW)

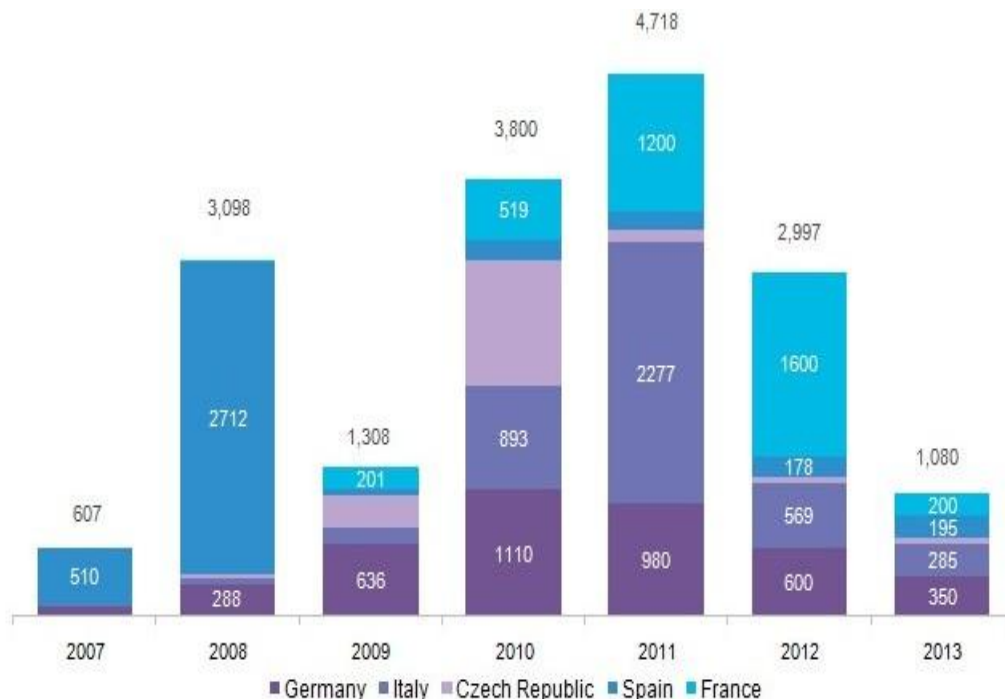
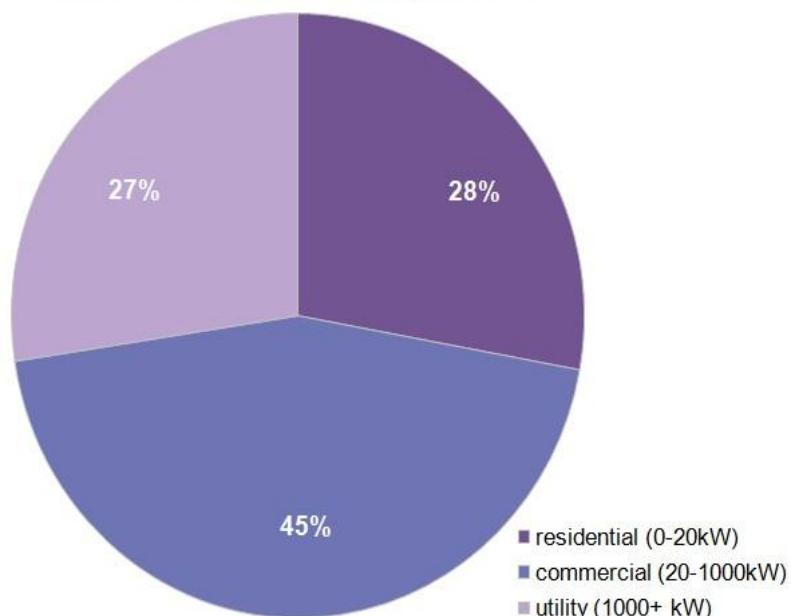


* Uniquement projets autorisés, approuvés, financés et en service

Source: Bloomberg New Energy Finance

Evolution Projets de Centrales PV

Global PV Market totalled 18.1GW by end of 2010

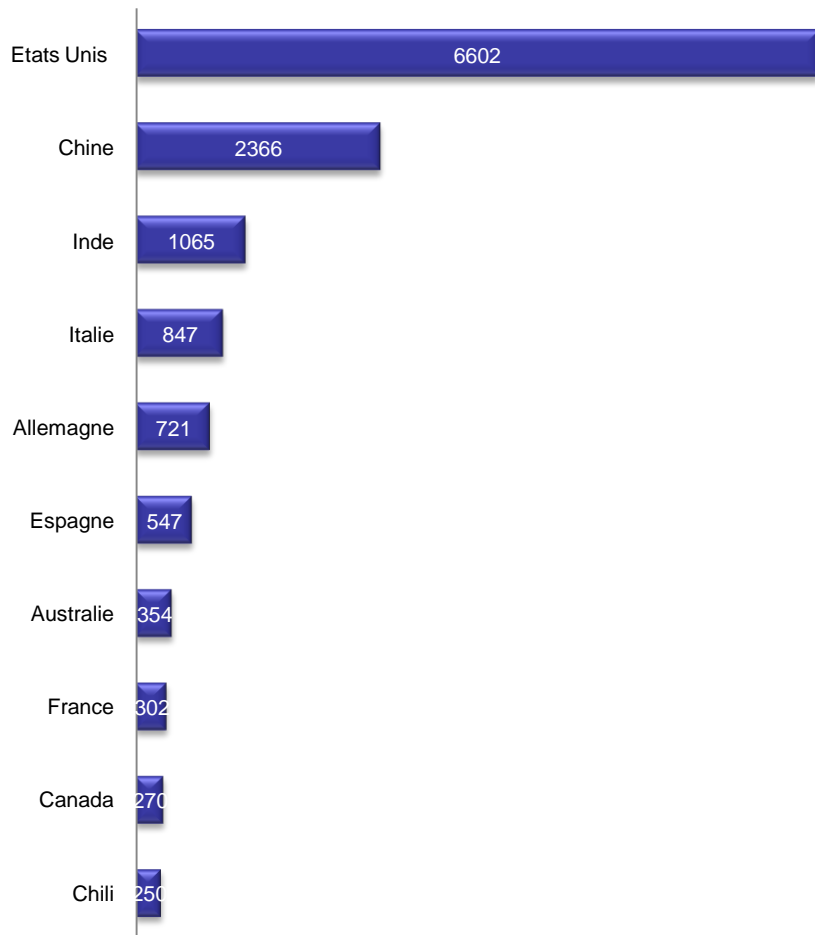


A fin 2010, le segment PV à l'échelle d'une centrale représente 27% de la capacité totale. L'Europe domine avec 4,7GW de PV à l'échelle d'une centrale. A fin 2010, l'Allemagne, l'Italie, la République Tchèque, la France, et l'Espagne sont les pays leaders en nouvelle capacité. Plusieurs développeurs dans le top 10 ont émergé de ces pays notamment les Allemands Juwi GmbH, Epuron GmbH, Phoenix Solar AG, et Q Cells puis les Espagnols T Solar Global, GA Solar, Renovalia Energy, OPDE, et Nobesol

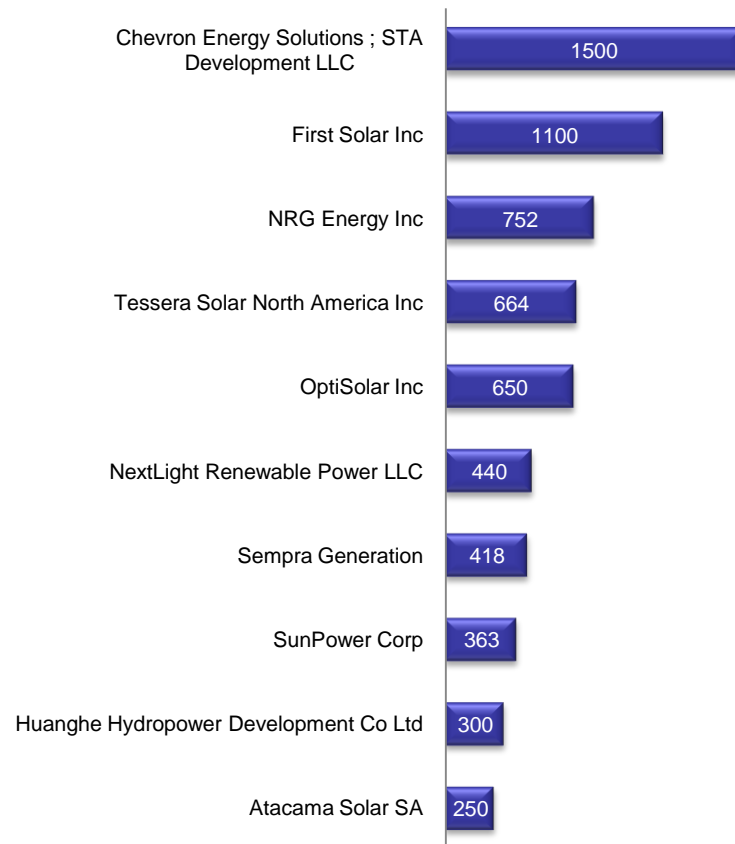
Source: Bloomberg New Energy Finance

Evolution Projets de Centrales PV \geq 20MW

Pays leaders
(Autorisés, financés, en construction et en service) (MW)



Les plus importants développeurs (MW)
(Autorisés, financés, en construction et en service) (MW)

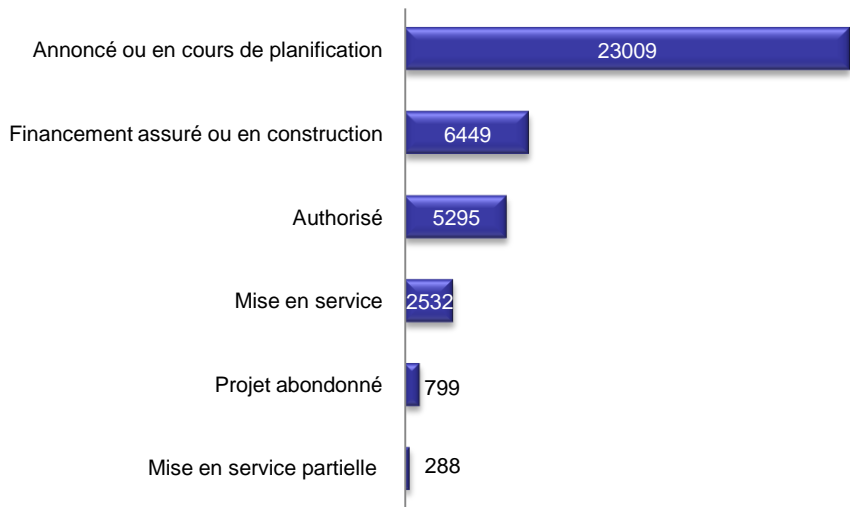


Source: Bloomberg New Energy Finance

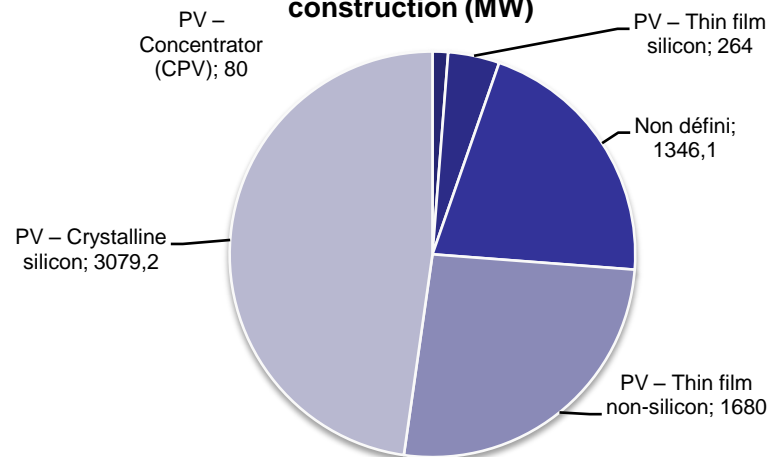
Source: Bloomberg New Energy Finance

Evolution Projets de Centrales PV >= 20MW

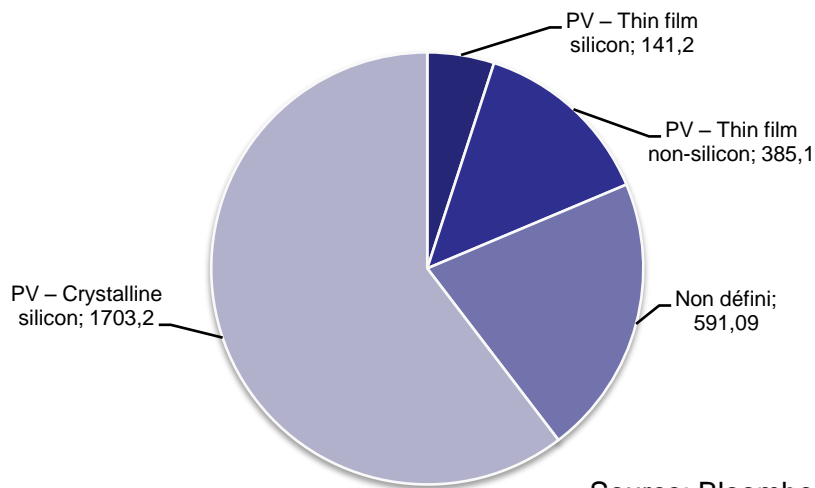
Répartition de la capacité total par statuts (MW)



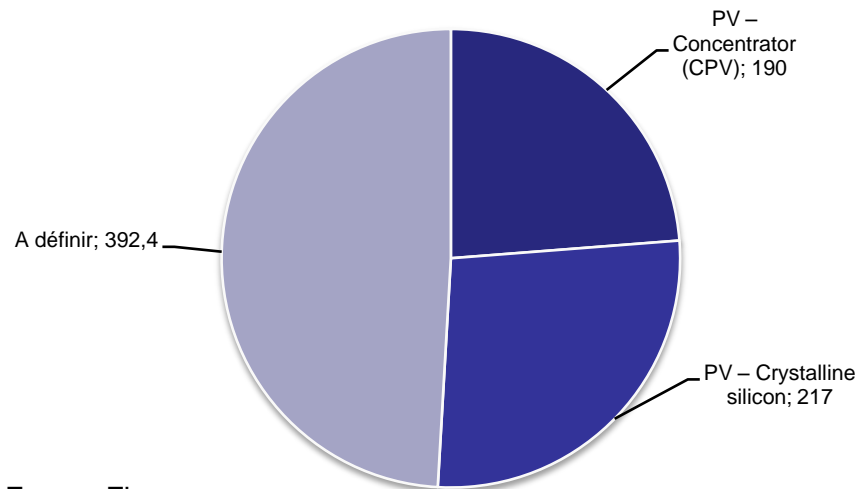
Répartition technologique des projets financés ou en cours de construction (MW)



Répartition technologique des projets en service et partiellement en service (MW)



Répartition technologique des projets abandonnés (MW)

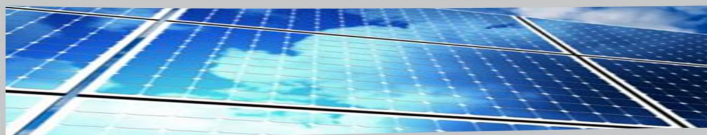
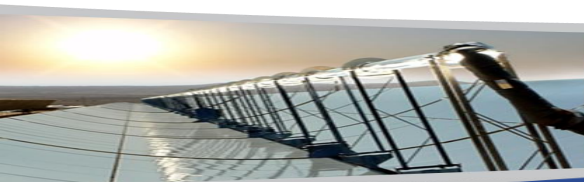


Source: Bloomberg New Energy Finance



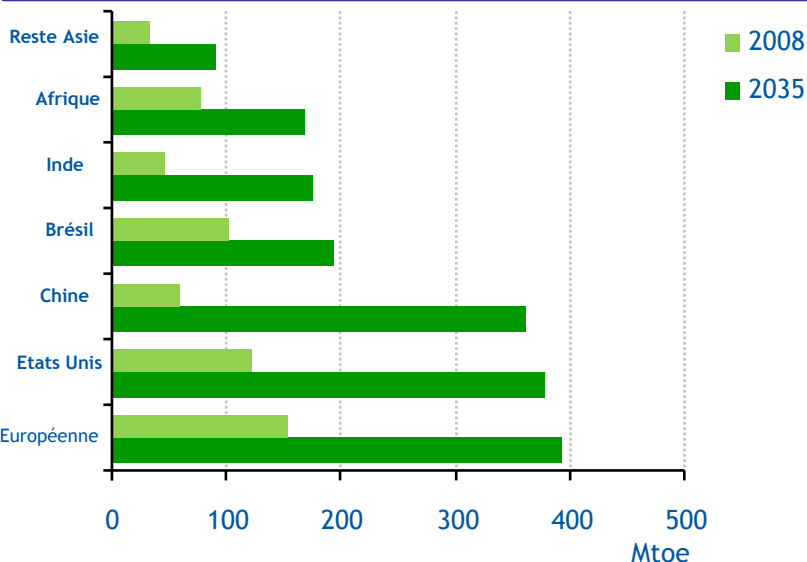
Perspectives de Développement

Capacités CSP et PV

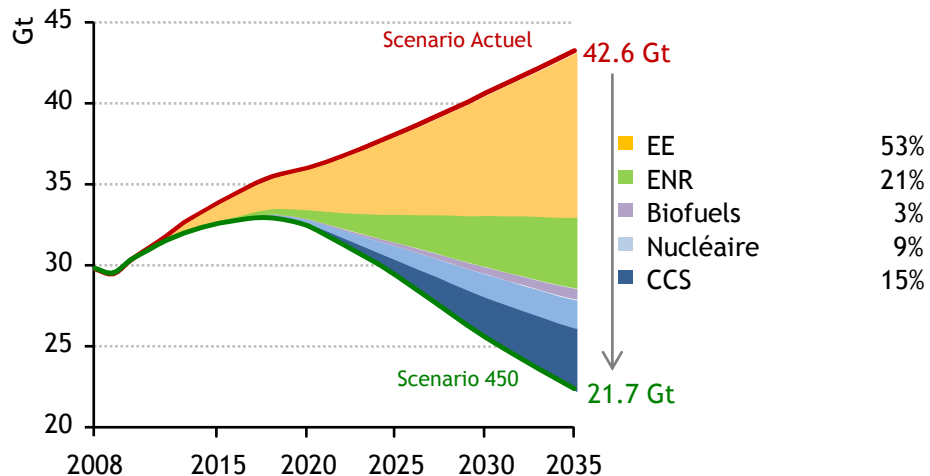


Les EnRs: Une réponse à l'enjeu énergétique et environnementale

PROJECTIONS 2035 D'USAGE ENR TOUT SECTEUR CONFONDU (Electricité, Thermique, et Transport)



PROJECTIONS 2035 DE REDUCTION DE CO2

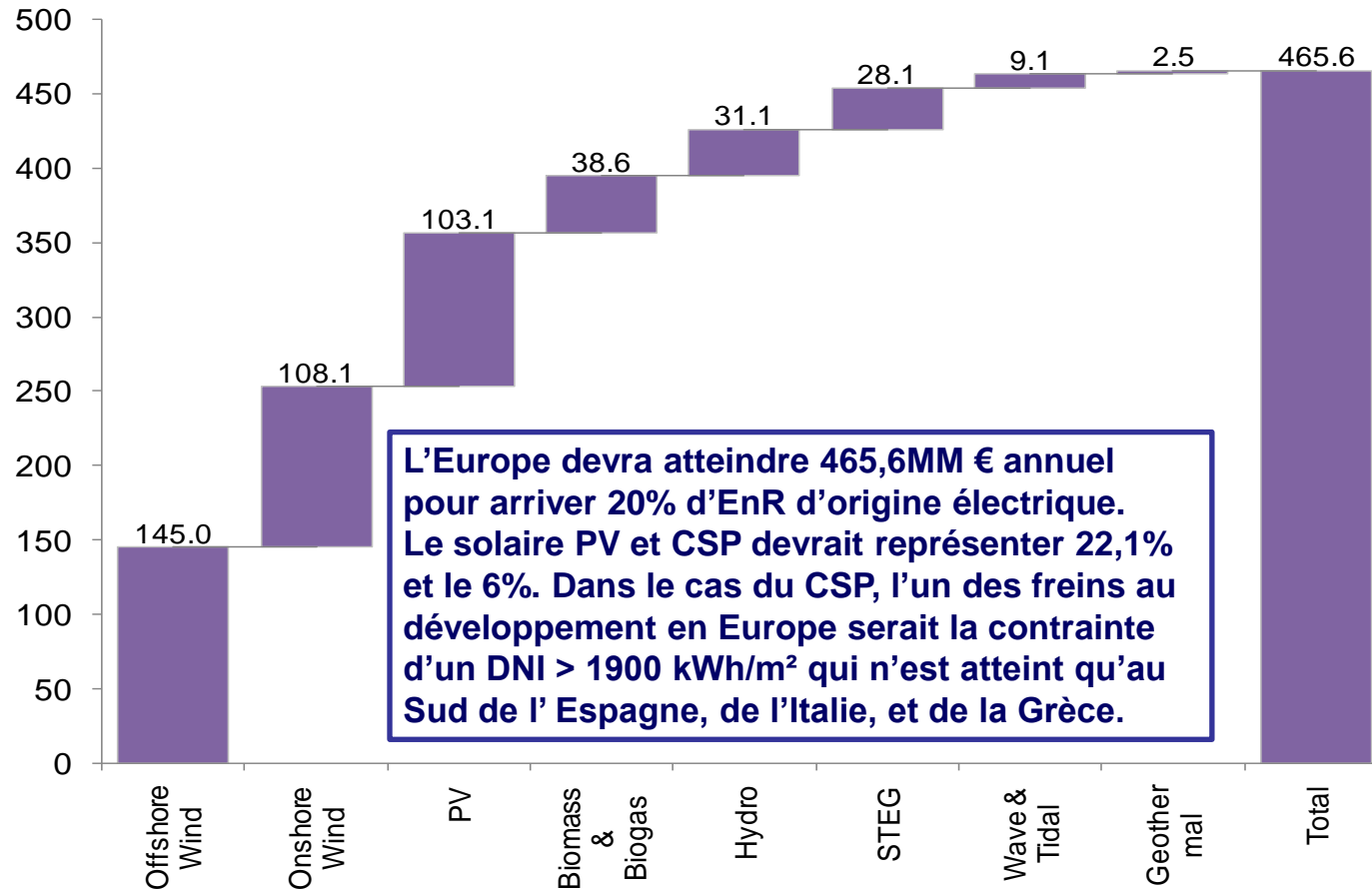


Au niveau mondial, l'usage des EnRs triplerait entre 2008 et 2035, tiré par le secteur électrique ou la part des EnRs dans la puissance globale évoluera de 19% en 2008 à 32% en 2035

Après l'efficacité énergétique, le développement des EnRs serait le second levier de réduction d'émission CO2 selon un scénario 450 de base où le changement climatique se limiterait une augmentation de température de moins de 2°C.

Source: International Energy Agency

Capex (MM €) annuel nécessaire pour atteindre de 20% en EU en 2020

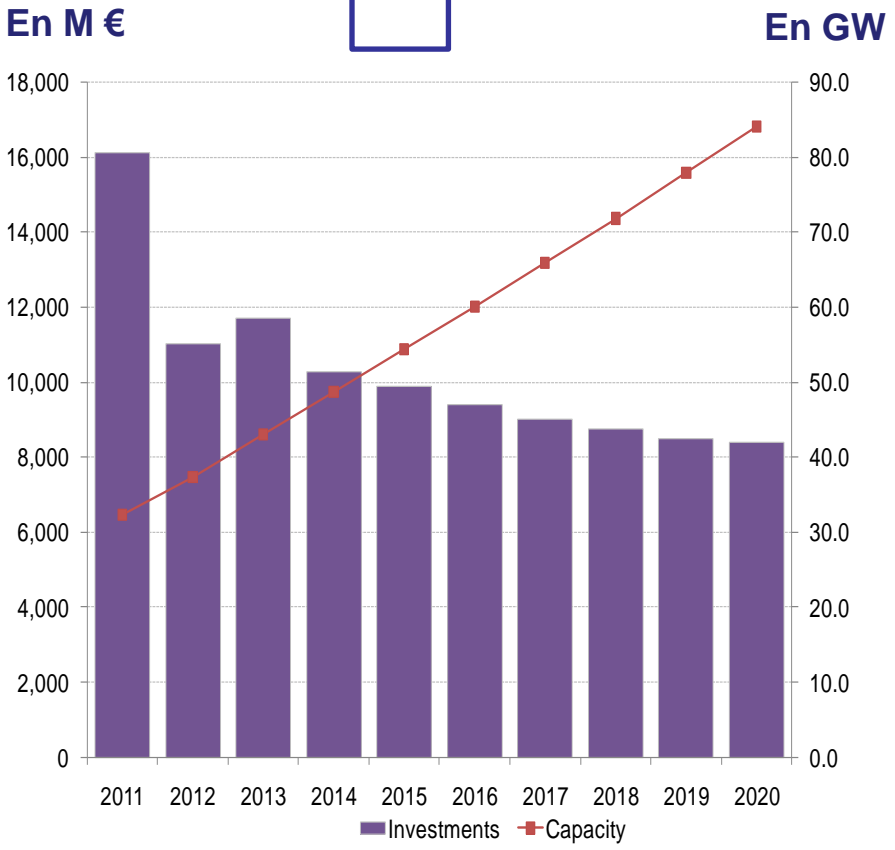


L'Europe devra atteindre 465,6MM € annuel pour arriver 20% d'EnR d'origine électrique. Le solaire PV et CSP devrait représenter 22,1% et le 6%. Dans le cas du CSP, l'un des freins au développement en Europe serait la contrainte d'un DNI > 1900 kWh/m² qui n'est atteint qu'au Sud de l'Espagne, de l'Italie, et de la Grèce.

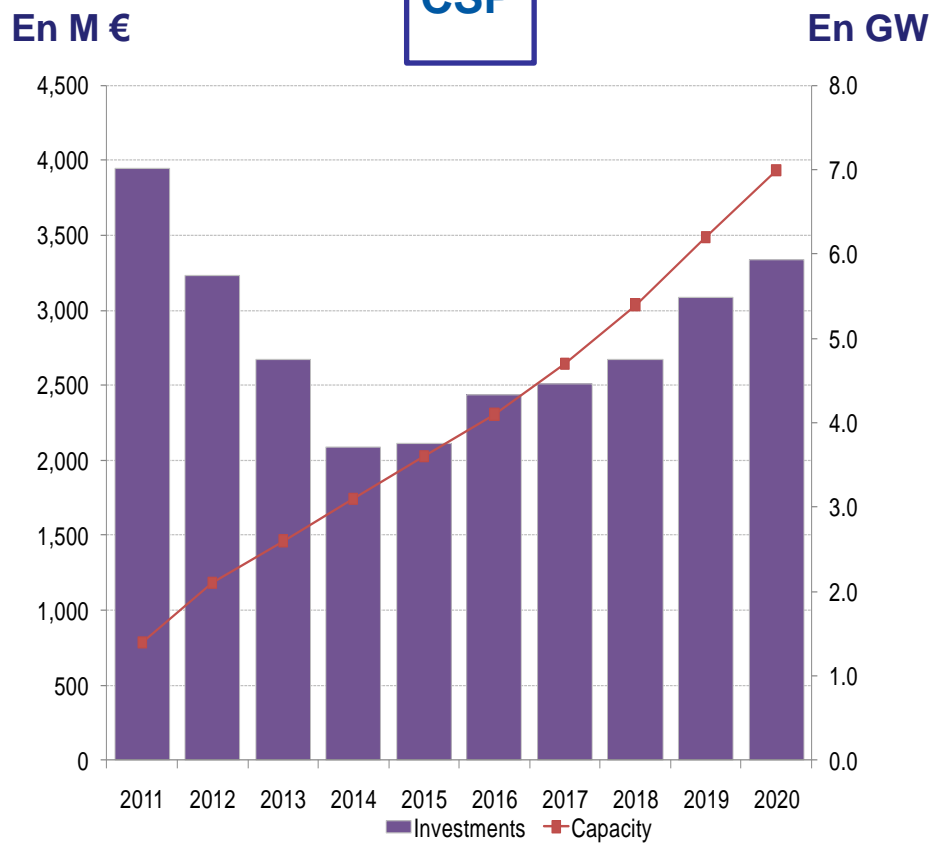
Source: UNEP

Investissement vs Capacité Solaire UE 2020

PV



CSP

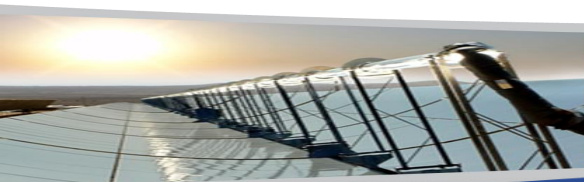


Source: UNEP

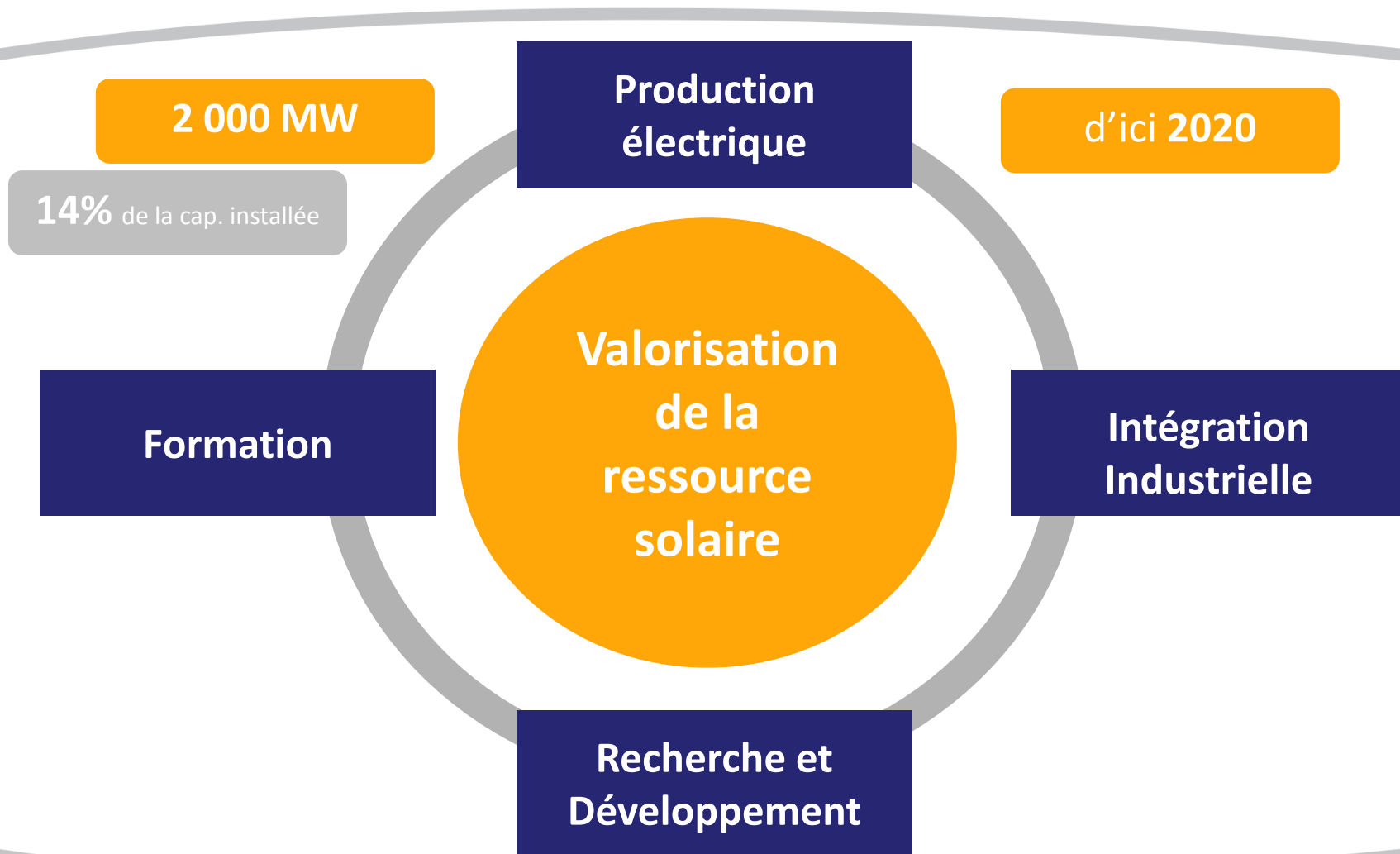


Plan Solaire Marocain

Programme ambitieux et volontariste



Plan solaire intégré : une double vision environnementale et énergétique



Masen, porteur du Plan solaire marocain

Objet

Réalisation de projets solaires intégrés d'une capacité minimale de 2 000 MW d'ici 2020

(production électrique d'origine solaire, intégration industrielle, R&D, Formation)

Forme juridique :

Société anonyme
créée en mars 2010

Gouvernance :

Directoire et Conseil de surveillance

Capital et sa répartition :

500 000 000 dirhams
Etat, ONE, Fonds Hassan II et SIE
(à parts égales)

Un cadre institutionnel clair, support de l'action de Masen

Convention Etat-MASEN (décret)

Modalités, exigences techniques et **garantie** d'équilibre financier pour la réalisation du plan solaire

Convention Etat-ONE-MASEN

Règles, conditions et **garantie** pour l'achat et la fourniture, le transport et la commercialisation de l'énergie électrique produite

Trois grandes missions opérationnelles pour Masen

Masen, porteur d'un projet intégrée et multidimensionnel

Développer des centrales pour la production de l'électricité à partir de l'énergie solaire
(étude, conception, financement, réalisation et gestion)

Développement de centrales

Contribution au développement d'expertises

Etre force de proposition nationale et internationale

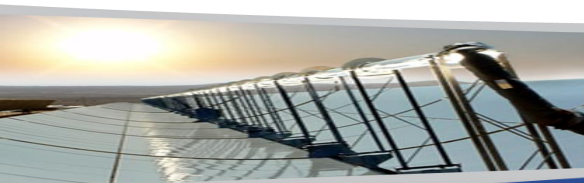
Contribuer au développement d'expertises dans le secteur de l'énergie solaire
(Intégration industrielle, Recherche et Développement, Formation et Développement local)

Etre force de proposition à l'échelle régionale et internationale dans le domaine des énergies solaires



Projets solaires

Enjeux et opportunités : **Intégration industrielle**



Intégration industrielle : composante clé du plan

Objectifs de l'intégration industrielle

Génération de PIB et création d'emplois

Optimisation de la valeur ajoutée produite localement

Maîtrise de savoir sectoriel global

Création d'acteurs nationaux autour des différents maillons de la chaîne de valeur du solaire

Développement d'une industrie solaire, indispensable à la réussite du projet dans sa globalité

Plusieurs mesures à disposition pour l'atteinte de ces objectifs

Mesures générales

Incitations prévues par :

- Le droit commun (charte d'investissement)
- Les différentes mesures prévues par le Gouvernement pour le développement du tissu industriel marocain (infrastructures, formation, ...)

Mesures propres à Masen

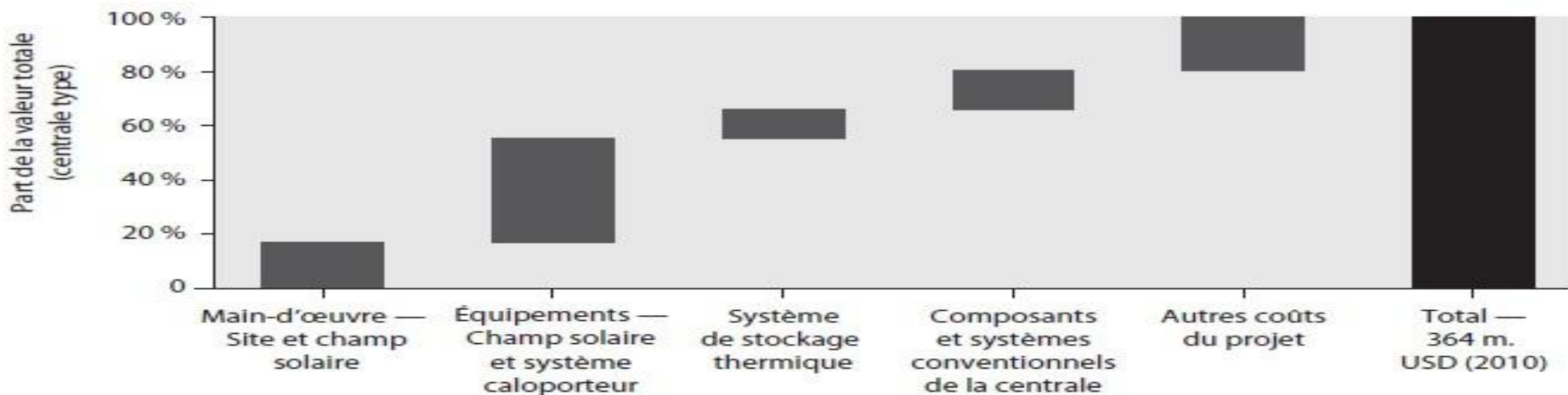
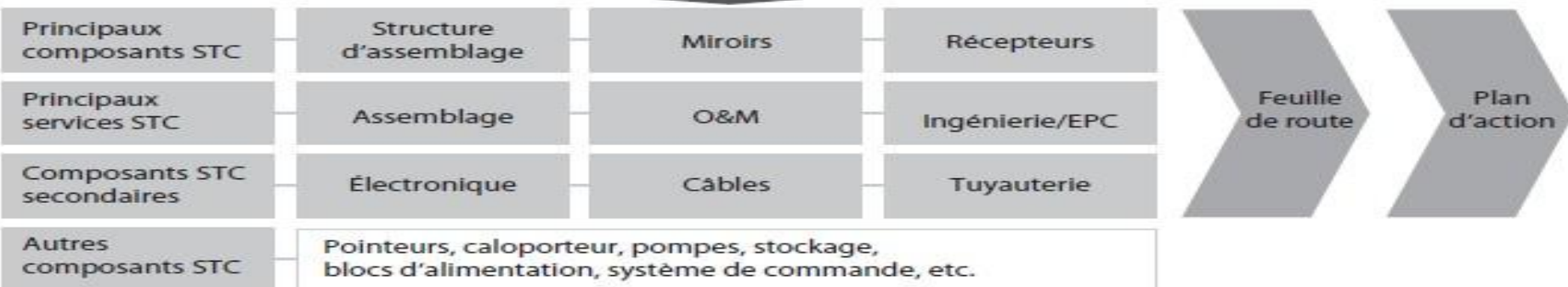
Intégration progressive de mesures spécifiques dans les processus d'appel d'offres pour la sélection des développeurs des projets solaires

- Première déclinaison au niveau de la première phase d'Ouarzazate

Aux côtés de la R&D et de la formation, sous-jacents clés

Composantes d'une centrale solaire de 50MW avec stockage

Complexité réduite ou moyenne	Potentiel de fabrication locale	Part dans la chaîne de valeur
-------------------------------	---------------------------------	-------------------------------

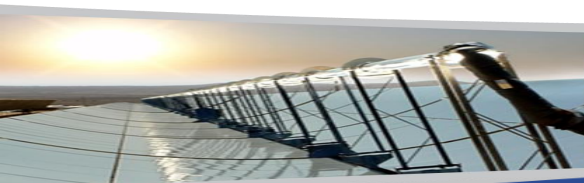


Source : Kistner 2009, Nava 2009, Schnatbaum 2009, Vote Solar 2009.



Projets solaires

Enjeux et opportunités : **financement**





Financement : des besoins multiples à couvrir

Investissement par MW

Solaire  Conventionnel

Prix au KW

Solaire  Conventionnel
 Prix de la consommation locale

Besoins de financement de projets centrales

Investissement

Développement des centrales

 *Durée de décaissement : 2-3 ans*

Exploitation

Achat d'électricité

 *Durée de décaissement : 25 ans*

Nécessité de mobiliser des financements aussi bien pour l'investissement que pour l'exploitation

Mise en place nécessaire de plus d'outils adaptés

Besoin de réduire le prix du kWh pour assurer la viabilité du projet solaire et la compétitivité de ses tarifs

Fonds concessionnels à maximiser

Développement
économique

Bailleurs

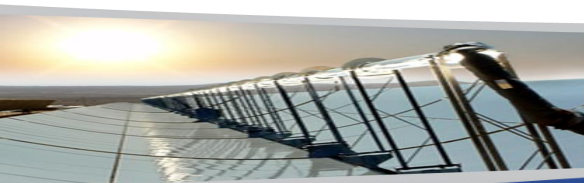
Changement
climatique

Nécessité d'instruments de financement plus adaptés, comme le *Clean Technology Fund*, afin de répondre aux besoins spécifiques du projet



Projets solaires

Enjeux et opportunités : **Intégration régionale**



Pour une matérialisation de l'intégration Nord-Sud de la Méditerranée

International

Engouement européen pour les énergies vertes (création d'institutions, d'associations...)

Cadre réglementaire favorable :

- Part des EnR dans la consommation énergétique : 20% à horizon 2020
- Article 9, favorisant la coopération énergétique avec les pays tiers

Incertitude quant à la capacité des Etats Européens à atteindre leurs objectifs (baisse des subventions, coût des infrastructures....)

Europe : Des besoins à satisfaire dans des conditions optimales

I
N
T
E
G
R
A
T
I
O
N

National

Atouts intrinsèques du Maroc

Ensoleillement

Foncier

Proximité UE

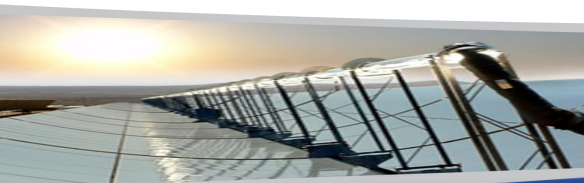
Maroc, avancée certaine dans le développement de projets solaires d'envergure

Existence d'interconnexions :
+ Maroc – Espagne
+ Maroc – Algérie

Maroc : cadre propice pour la production d'énergie solaire et sa transmission



Questions & Réponses





Merci
pour votre attention

māsen
Moroccan Agency
for Solar Energy