

Contribution à l'histoire de l'énergie solaire: le futur antérieur...

Pierre Papon,

CNRS19.10.11

Plan

I) Où en sommes-nous?

II) Quelques stratégies du futur enracinées dans le passé

III) Les investissements pour la R&D solaire

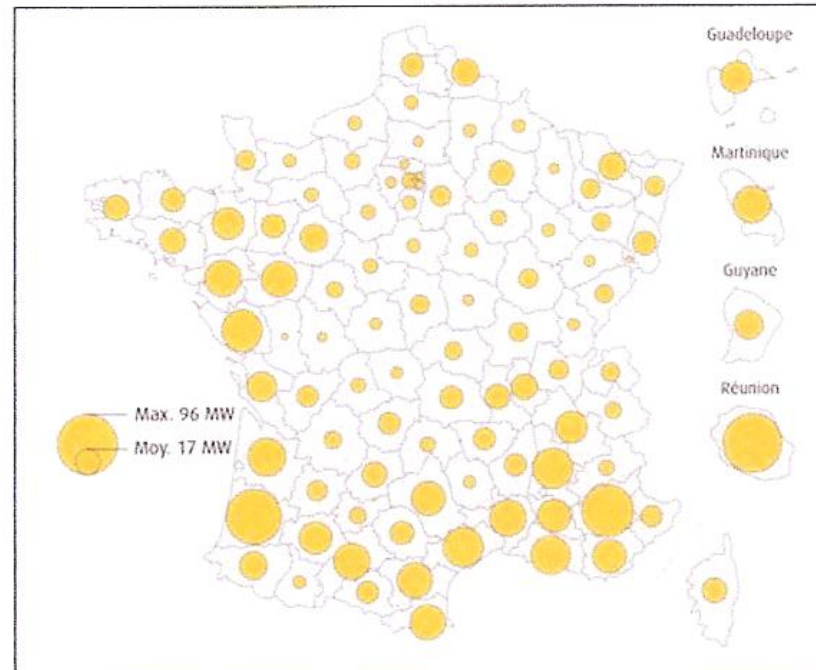
La production électrique par le solaire

« Le photovoltaïque est crédible », Daniel Lincot (CNRS mai 2011)..... oui mais où?

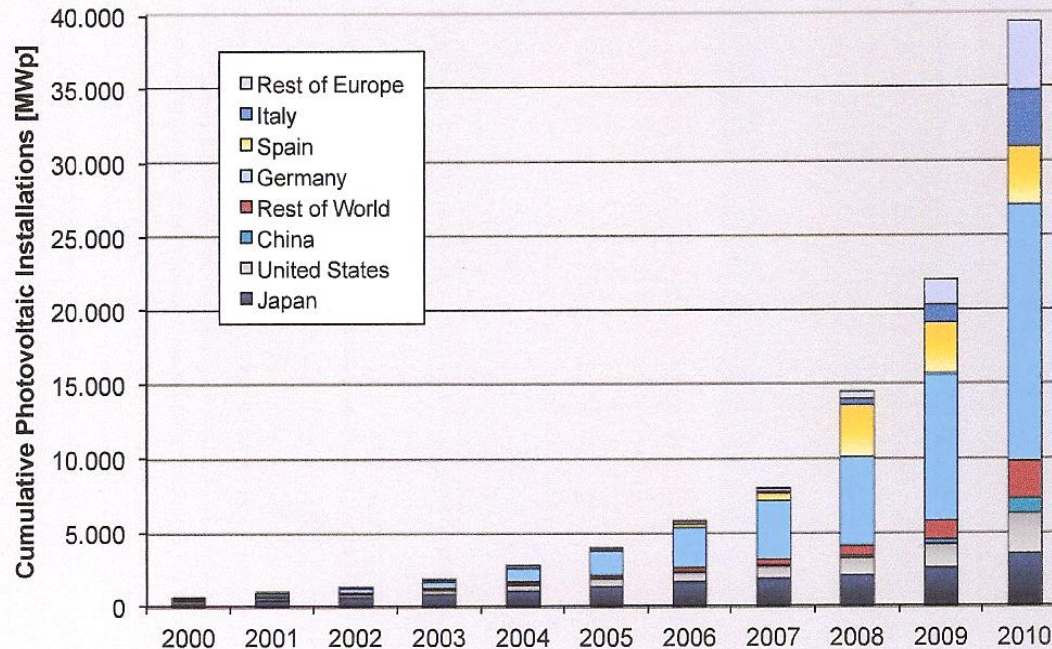
- ▶ Capacité PV production électricité dans le monde : 39 GW (en 2010) dont 29 GW dans l'UE (Allemagne, Espagne, Italie)
- ▶ Capacité PV en France : - 1,7 GW (30.6.11) - 0,6 TWh en 2010 (=0,1% de la production totale électricité)

Le solaire en France

**Puissance photovoltaïque raccordée
par département au 30/06/2011 (MW)**



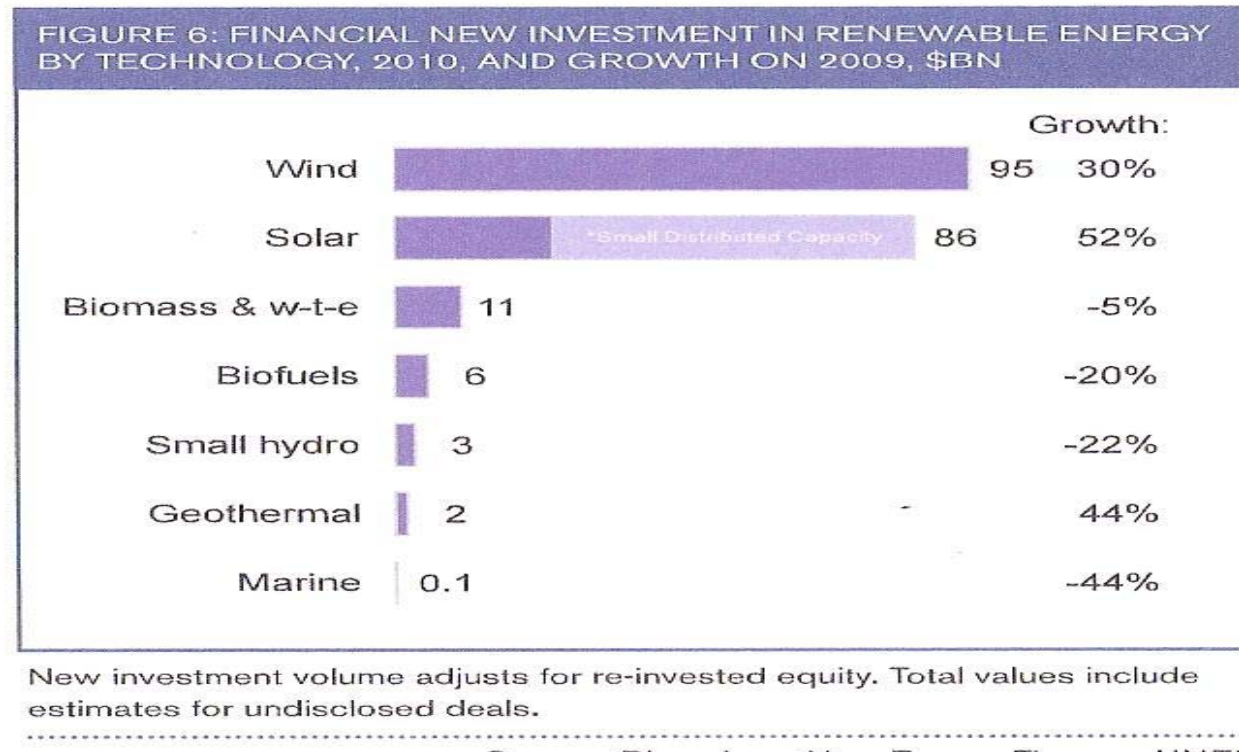
Le solaire PV dans le monde



Installations PV cumulées : forte montée Allemagne, Chine, Japon et Espagne

Une capacité mondiale de production de cellules: 23 GWc /an (60% Chine et Taiwan)

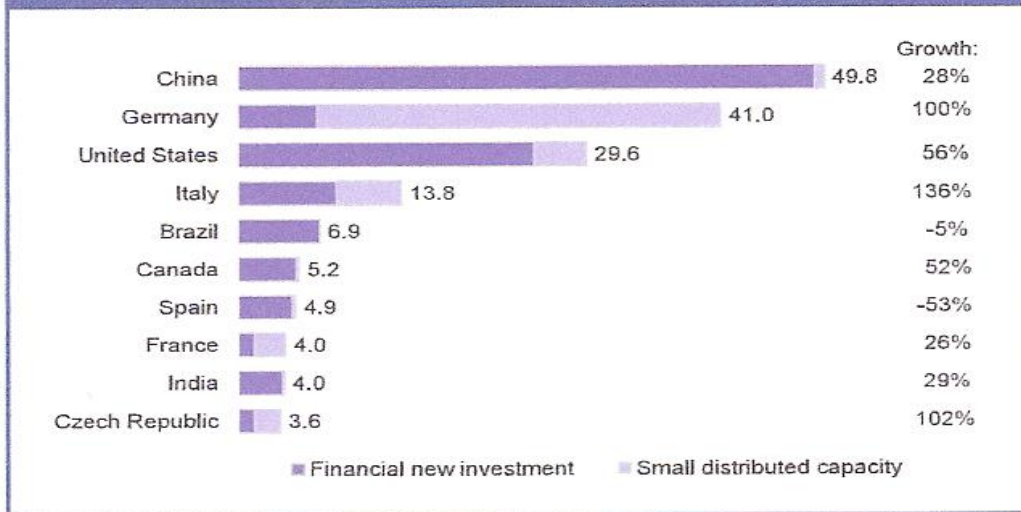
Le solaire dans le monde



Forte progression des investissements solaires 2009/2010 (+ 52%, notamment petites installations, éolien + 30% No1)

Le solaire dans le monde

FIGURE 11: FINANCIAL NEW INVESTMENT AND SMALL DISTRIBUTED CAPACITY IN RENEWABLE ENERGY BY COUNTRY, 2010, AND GROWTH ON 2009, \$BN



Top 10 countries. Adjusted for re-invested equity

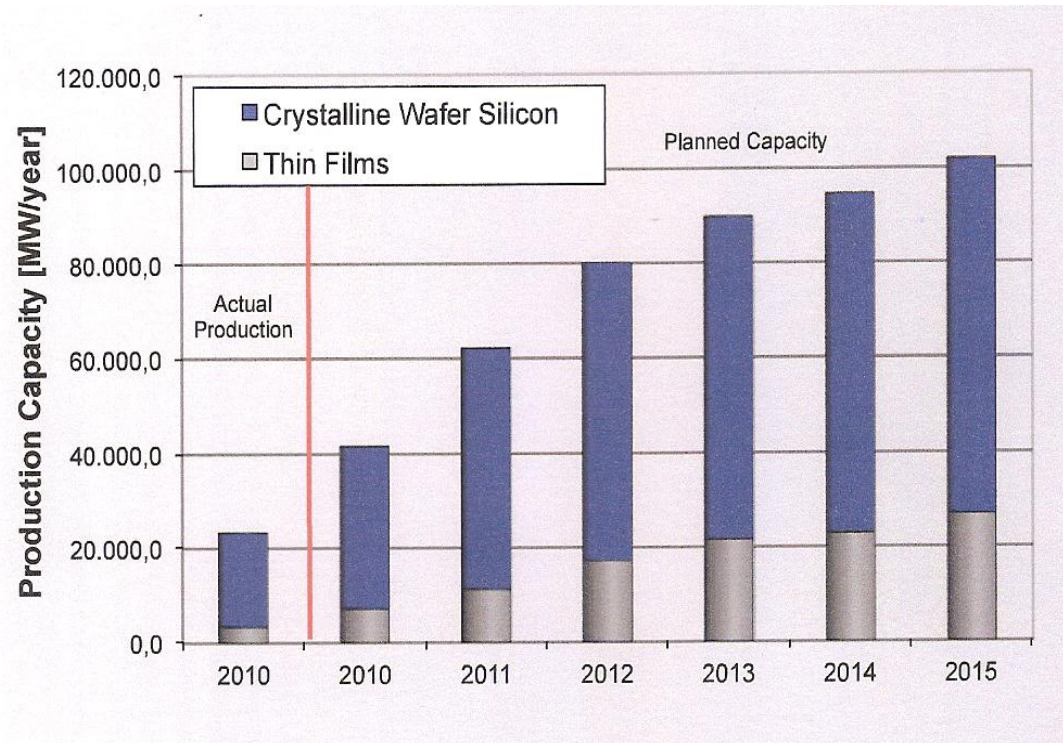
Tous les renouvelables: Chine No1, France No 8

Stratégies du futur

Le Photovoltaïque

- ▶ Diminution des coûts de production des cellules, effort sur les couches minces
- ▶ Nouveaux matériaux semi-conducteurs, augmenter les rendements ($\geq 20\%$) : CdTe, nitrures (Al, In), multicouches
- ▶ Matériaux avec effets de surface: concentration avec lentilles, plasmons (amplifier l'absorption des photons), nanofils, graphène (électrodes)
- ▶ Matériaux organiques (plastiques dopés, PEDOT avec fullérène) peu coûteux, cellules de Grätzel, TiO_2 avec colorant et électrolyte solide

Le solaire PV dans le monde



Capacité de production cellules PV prévue : montée progressive des couches minces

Stratégies du futur

Autres phénomènes

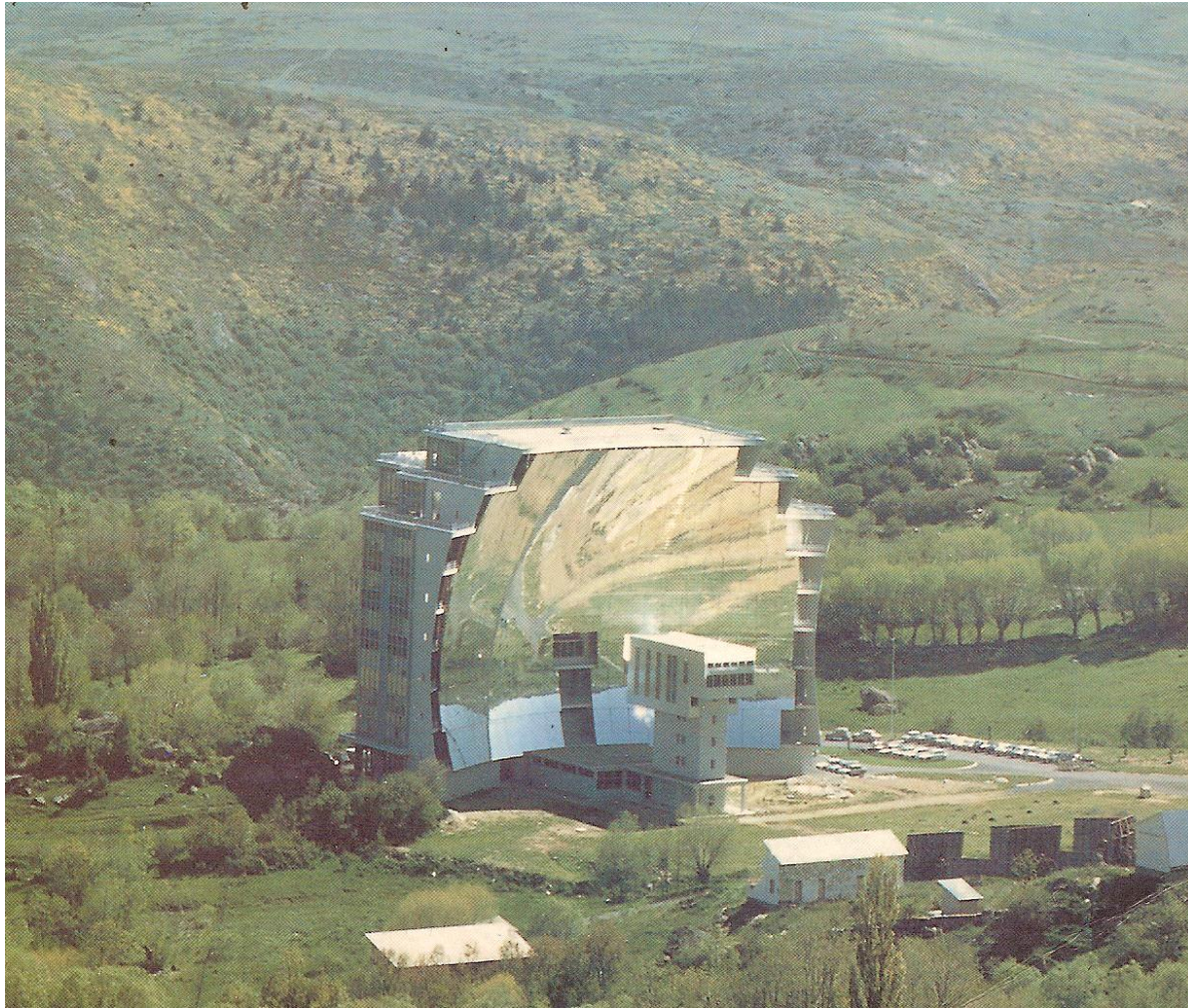
- ▶ **Chauffage par solaire : matériaux pour stockage**
- ▶ **Effet thermoionique: électrons excités par la chaleur (rayonnement solaire), cathode chaude et anode froide, rendement 14%, plus élevé à Hte T, combinable avec PV**
- ▶ **effet thermoélectrique (Seebeck): rendement faible (9 à 10%)**
- ▶ **Systèmes avec absorption multiphotonique**

Stratégies du futur

Le solaire pour de la synthèse

- ▶ Utiliser les électrons du PV ou la chaleur solaire pour faire des synthèses chimiques
- ▶ Photosynthèse assistée avec des catalyseurs moléculaires (nickel-fer, NiMnZn): photolyse de l'eau pour produire H_2
- ▶ Utilisation de la chaleur solaire dans des fours : Produire un gaz de synthèse avec CO_2 et H_2O avec catalyseur (oxyde de fer ou Ce) ▶ hydrocarbures (Sandia, PSI en Suisse)
- ▶ Réacteur solaire avec biomasse et H_2O , Fischer-Tropsch avec catalyseur ▶ hydrocarbures

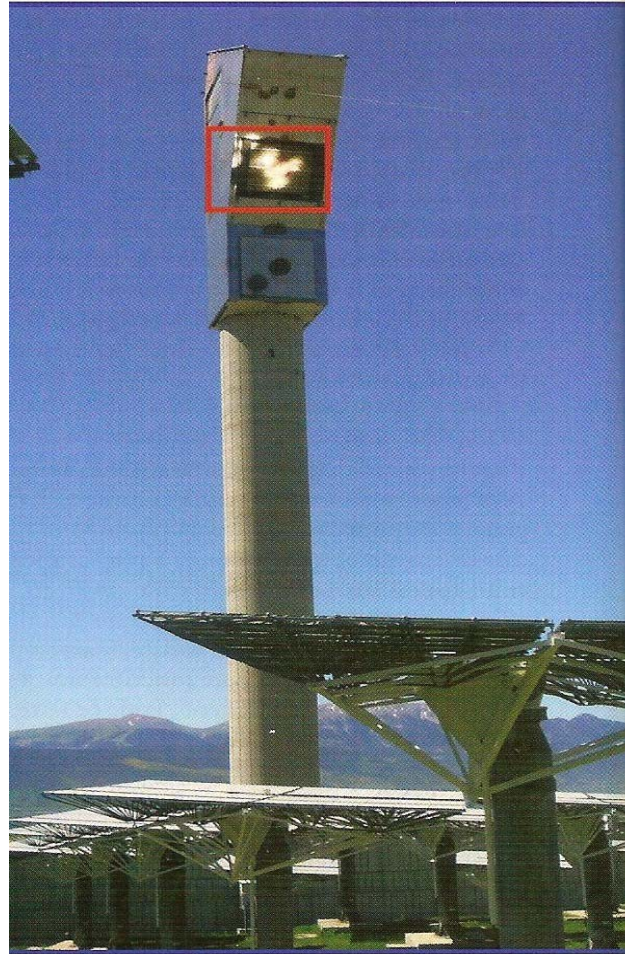
Solaire pour la synthèse: Odeillo/Font Romeu



Des nouvelles générations de fours solaires pour les carburants

Le solaire à concentration (thermodynamique)

**Themis en
France
(1980!)**

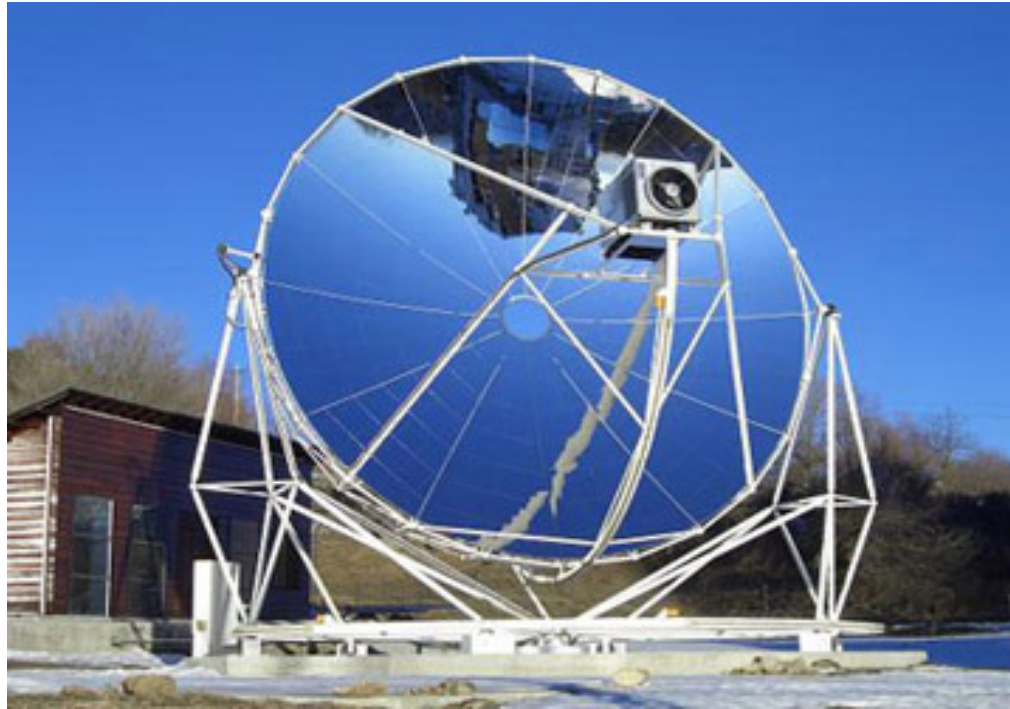


**Centrale
Mojave 350 MW**

Au point: on peut stocker la chaleur, synchroniser héliostats

 **Projet Pégase (100 héliostats, température au sommet 1000°C), pôle de compétitivité sur Perpignan**

Le solaire à concentration

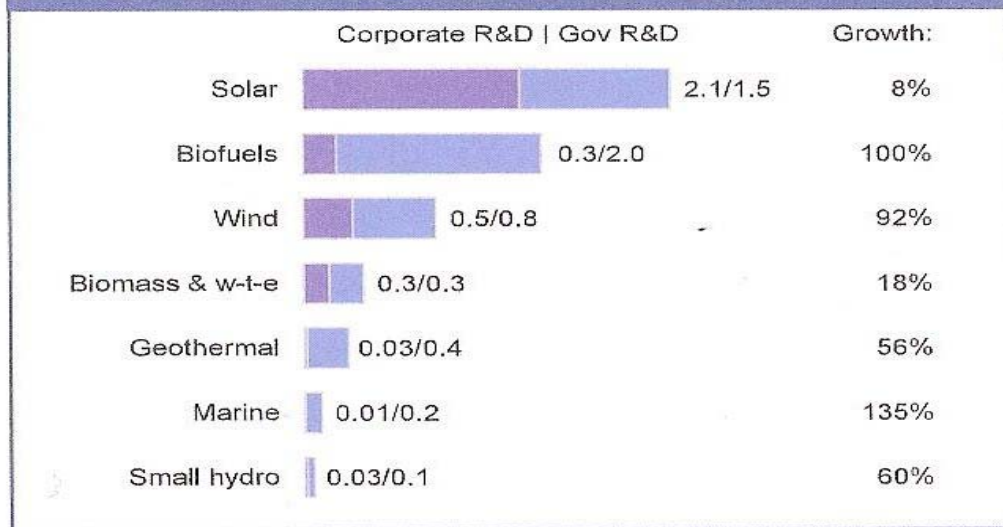


➡ Moteur Stirling, bon rendement évite la turbine, Odeillo:
11 kW par héliostat

Des possibilités pour pays en développement (Afrique) avec fort ensoleillement

Les investissements pour la R&D solaire

FIGURE 29: CORPORATE AND GOVERNMENT R&D RENEWABLE ENERGY INVESTMENT BY TECHNOLOGY, 2010, AND TOTAL GROWTH ON 2009, \$BN



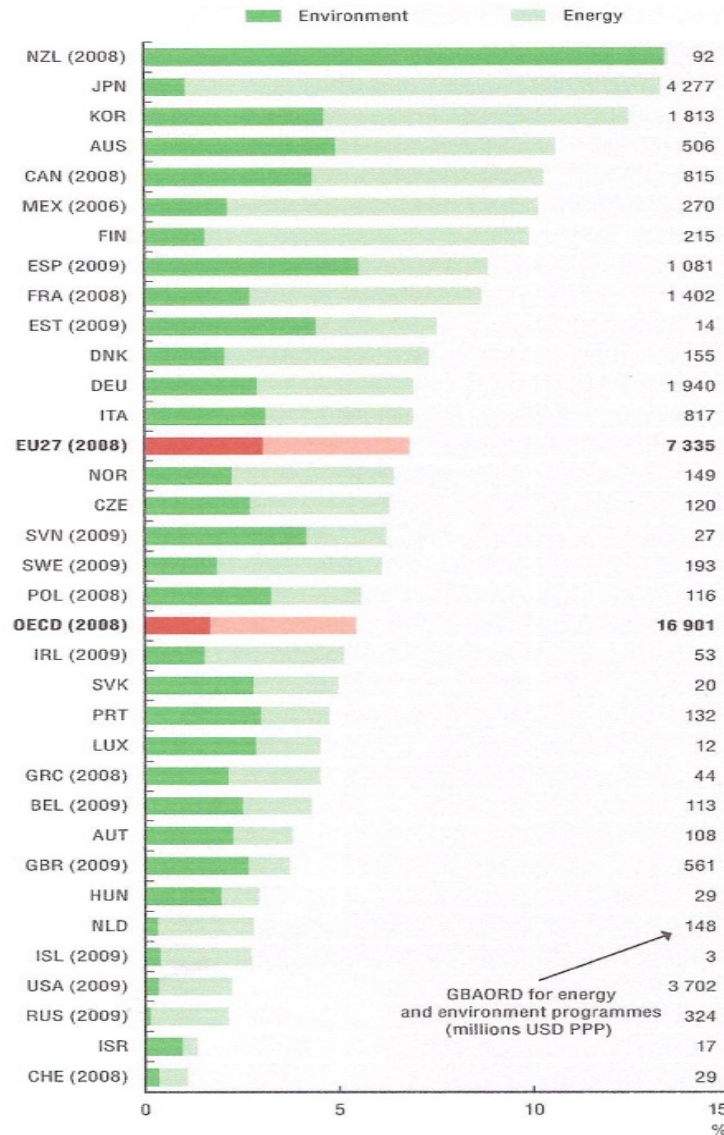
Source: Bloomberg, Bloomberg New Energy Finance, IEA, IMF, various government agencies

**Dépenses mondiales R&D pour le solaire: 3,6 milliards \$,
progression faible (+8% 2009-2010)**

**France: dépenses R&D publiques pour énergie = 1 milliard €,
2/3 nucléaire, solaire (60 millions €?)**

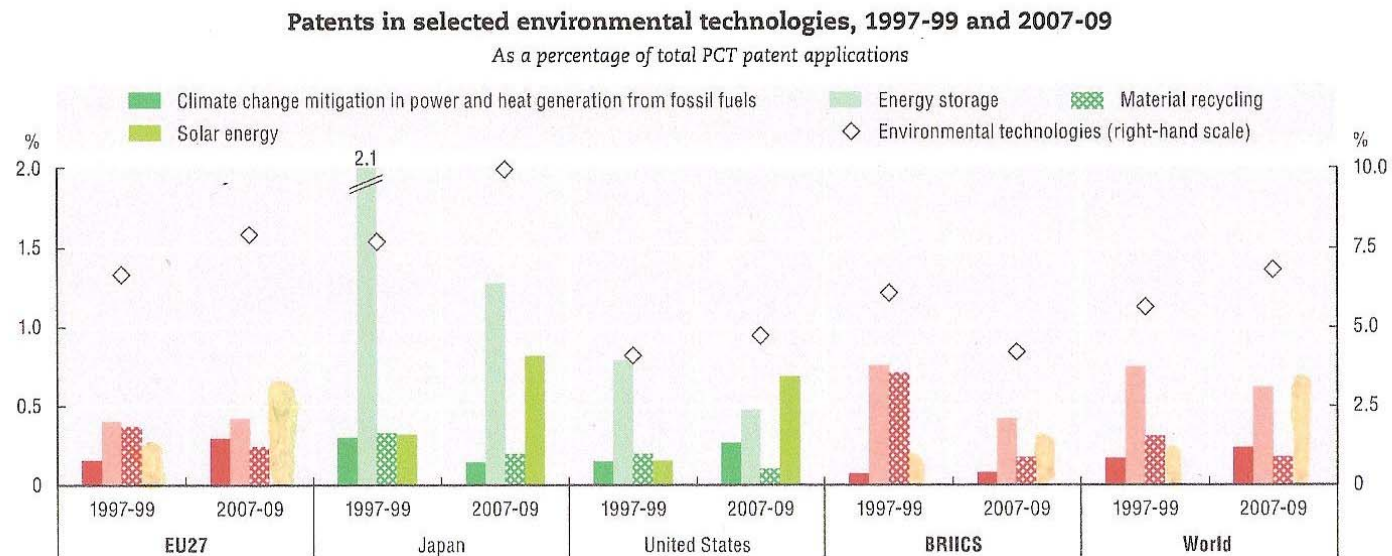
Government R&D budgets for energy and the environment, 2010

As a percentage of the total government R&D budget



Japon No 1 mondial pour dépenses R&D énergie, USA No 2, Corée No 3, France No 4

Forte progression des brevets solaires

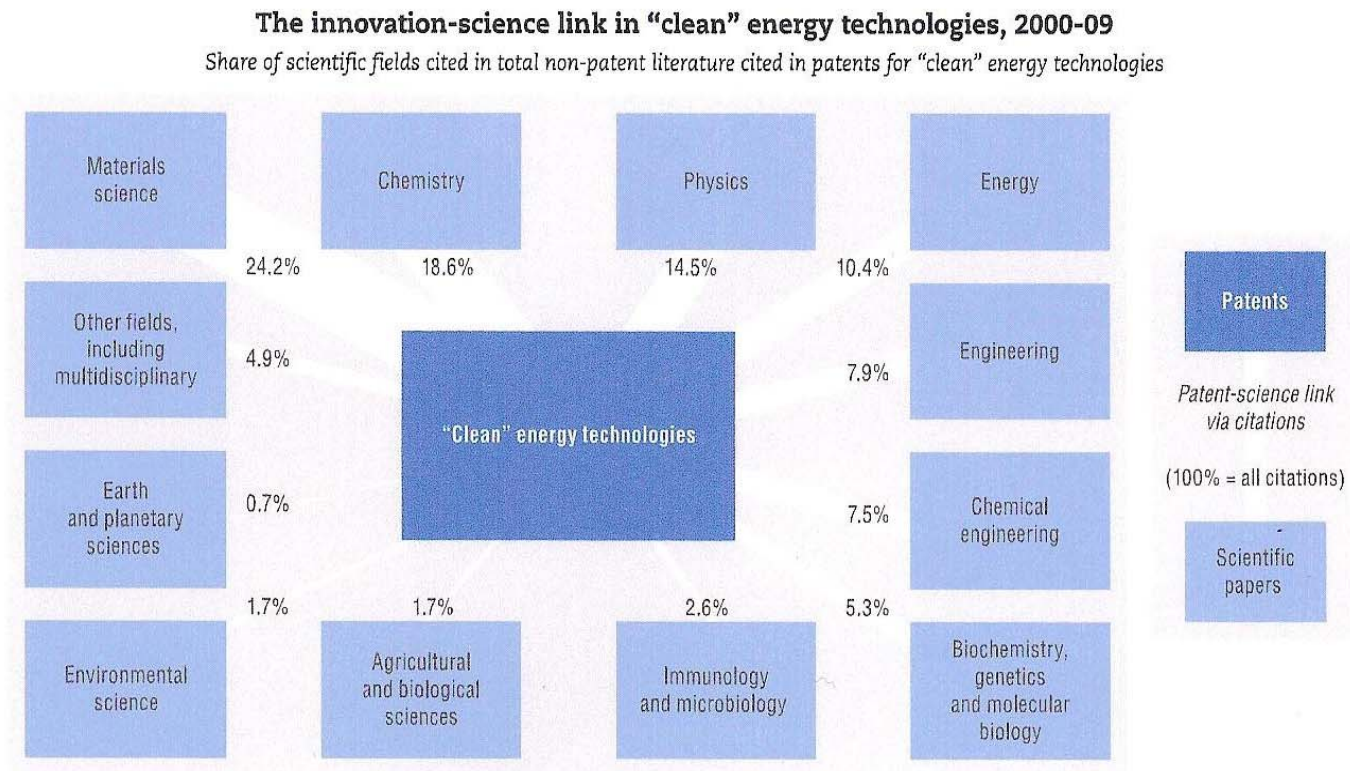


Source: OECD, Patent Database, May 2011. See chapter notes.

StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888932486811>

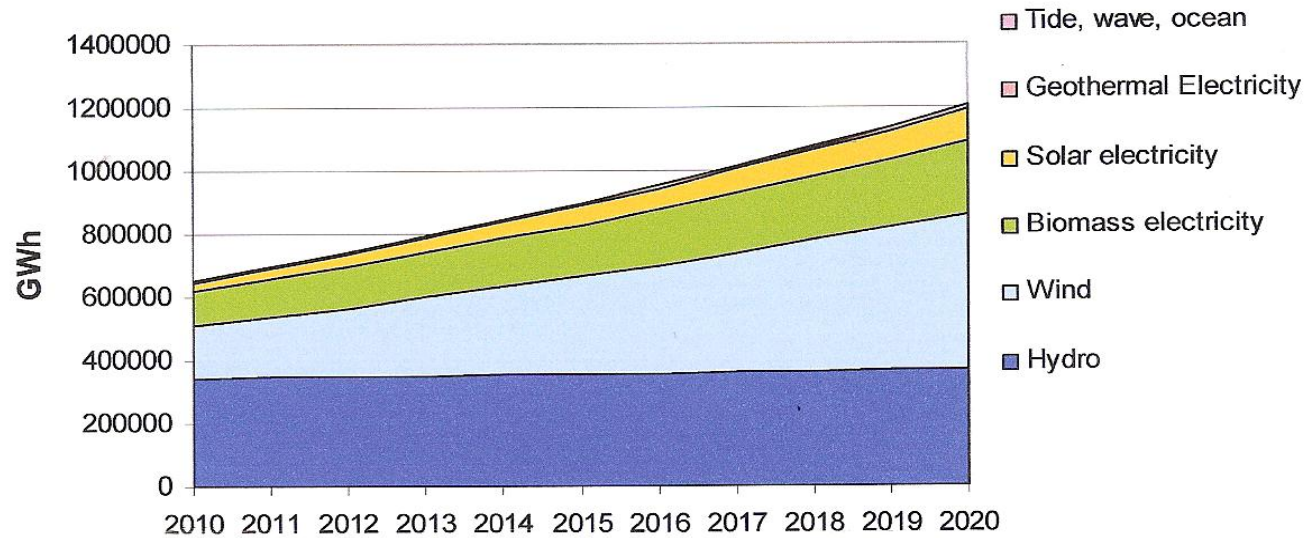
**Très forte progression de la part des brevets solaires:
triplement mondial, nette avance du Japon**

Les investissements pour la R&D solaire



Citations par les brevets « clean energy » de littérature scientifique : large pluridisciplinarité

EU development of renewable energy in electricity



Giec: scénarios 2050 avec 10 à 30% solaire pour électricité

Conclusion

Comment mettre en oeuvre un scénario post-Fukushima avec beaucoup de solaire (RTE: 50% nucléaire en 2030 avec 25 GW de PV)? Voir aussi l'empreinte carbone des cellules.

Aucune entreprise française parmi les 20 grandes entreprises mondiales du solaire: une bataille industrielle perdue.

La France avait des atouts scientifiques elle ne les a pas valorisés.

Une stratégie de R&D diversifiée avec coopération européenne.

Pour l'histoire: comment les atouts ont-ils été acquis? Quelles ont-été les décisions prises et par qui? Comment des atouts ont-ils été perdus et à la suite de quelles décisions?

Pour vos questions sur l'Énergie

Blog sur l'énergie:
www.pierrepaon.fr