



Redesigning the Economy to Achieve Carbon Transition

THE SHIFT
PROJECT

L'ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

Etat des lieux & perspectives

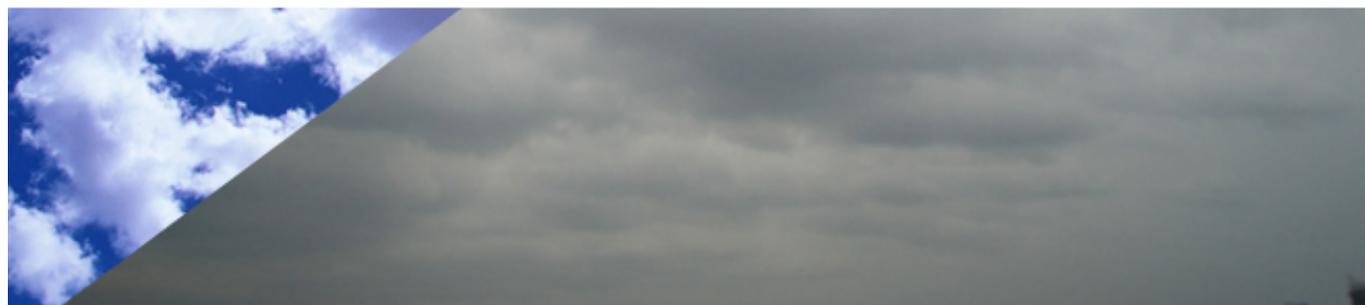
J. Oubrier, septembre 2012

Sommaire

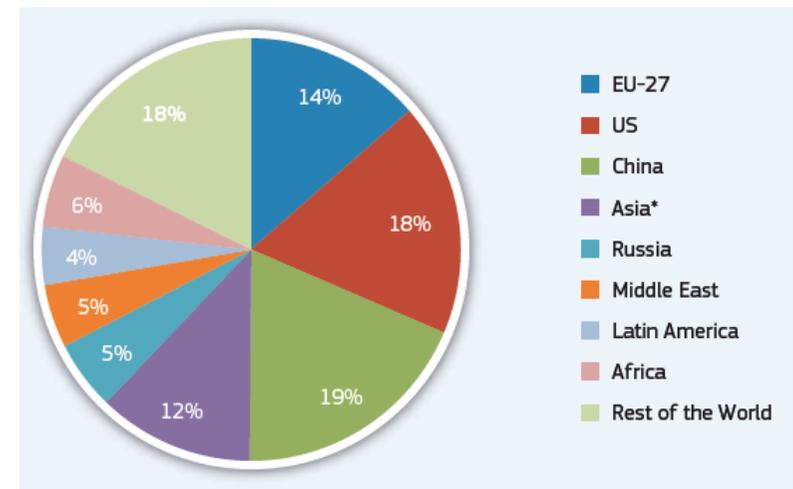
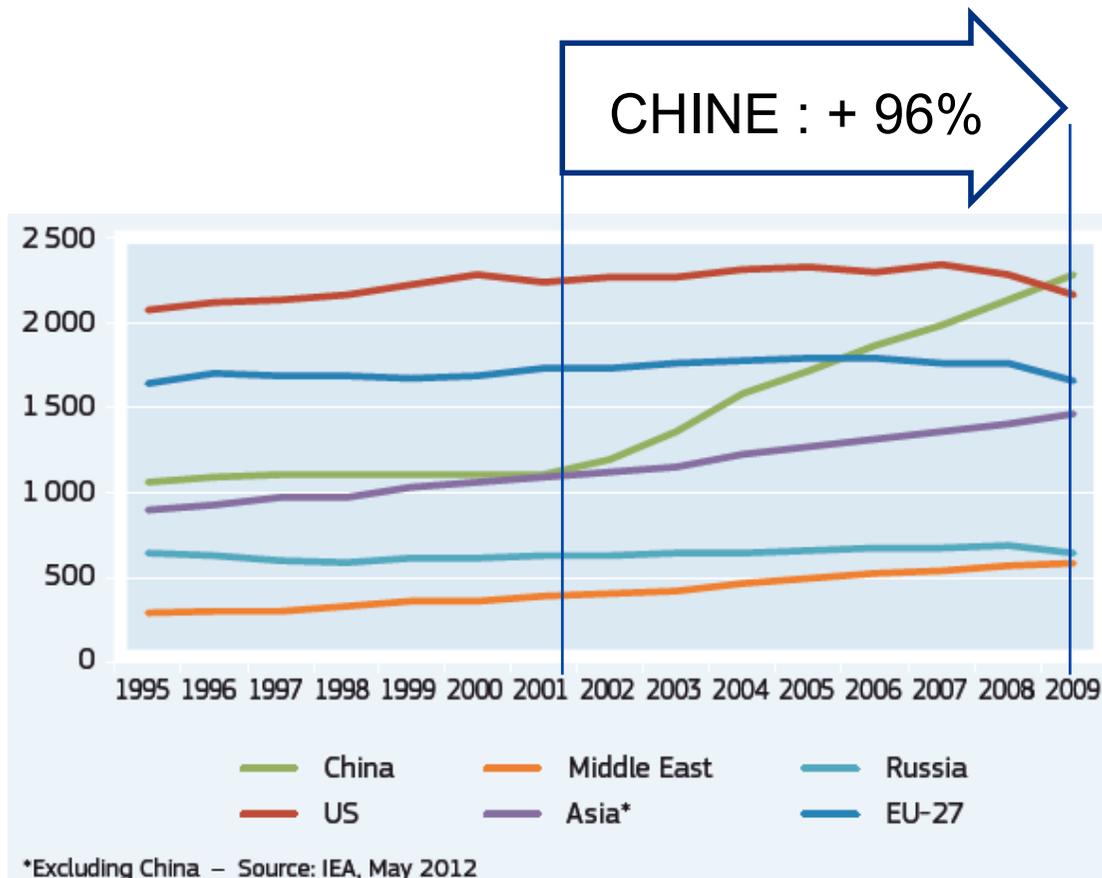
- Place du solaire dans le paysage énergétique actuel
- Au fait, l'énergie solaire, c'est quoi ?
- L'énergie solaire photovoltaïque
 - Le marché
 - La technologie et les acteurs,
 - Le coût,
 - Perspectives & scénarios



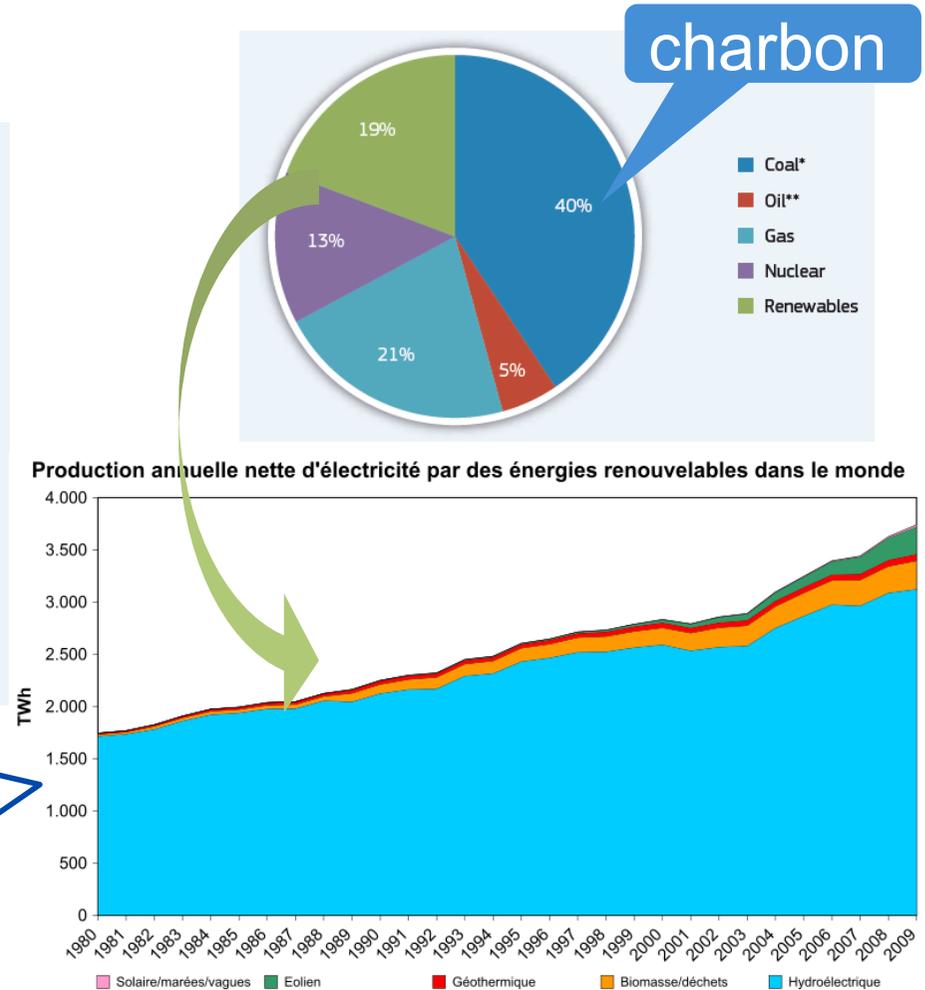
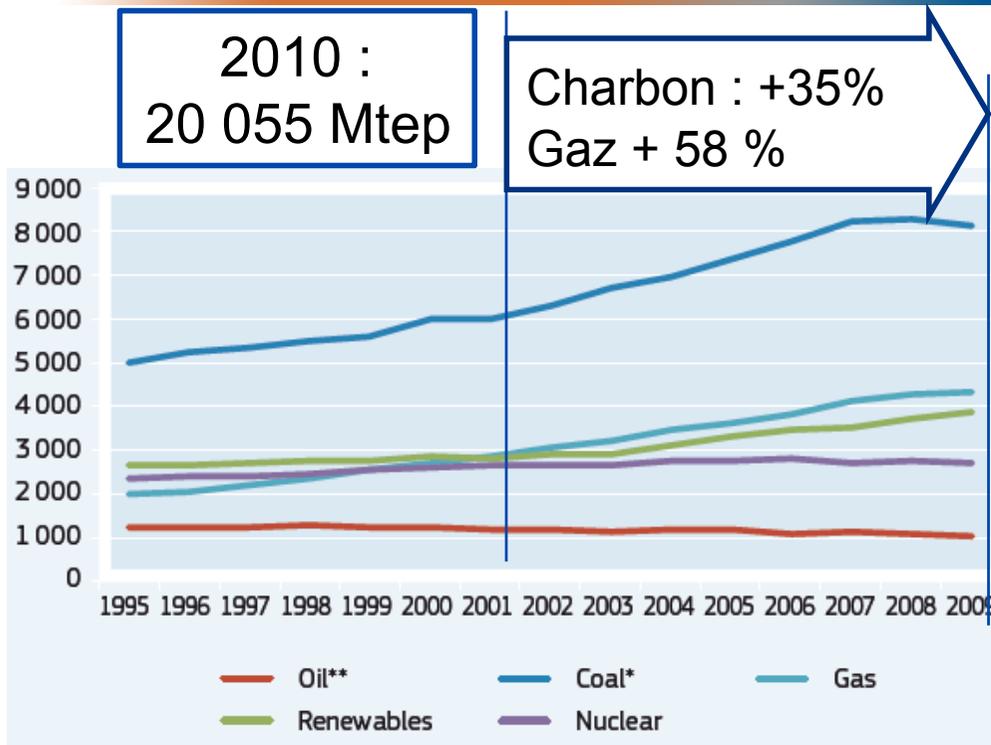
Quelle est la place du solaire dans le paysage énergétique actuel ?



Consommation énergétique brute dans le monde : la montée en puissance de la Chine



Génération d'électricité dans le monde : domination du charbon

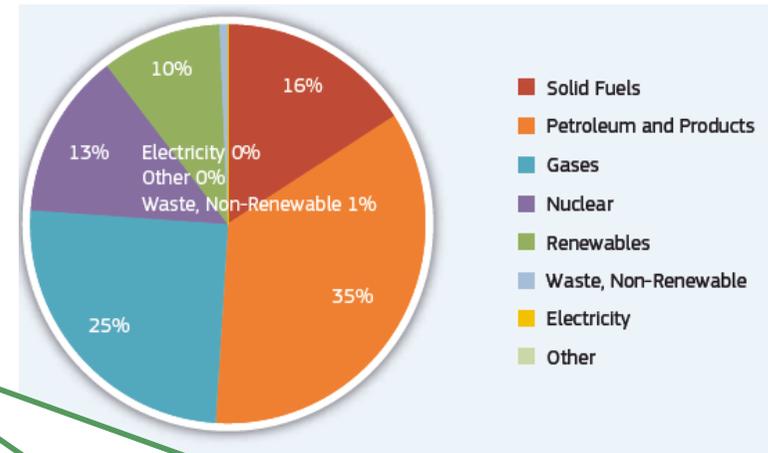
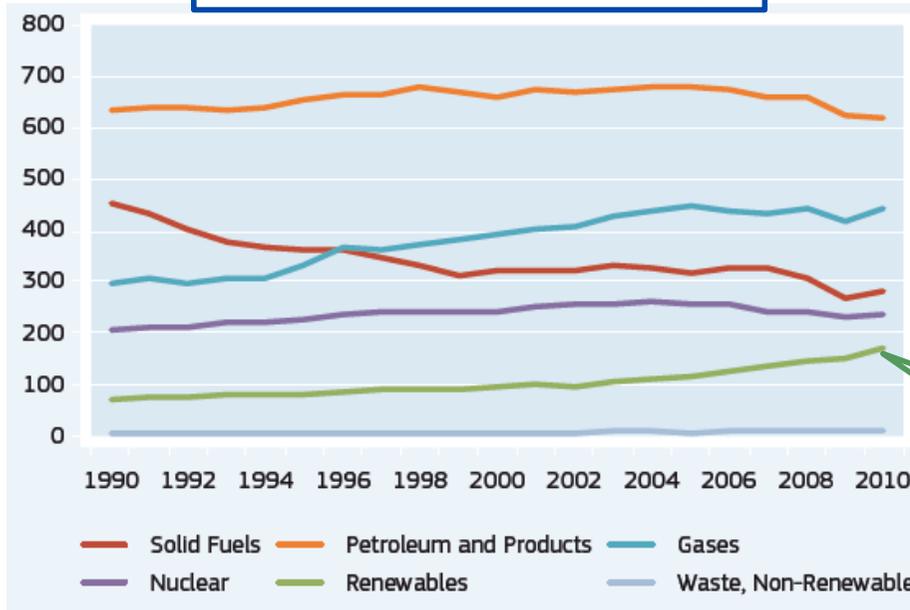


Pour les renouvelables:
• l'hydro-électrique (16%) domine,
• le solaire est marginal



Consommation énergétique brute en Europe : la stabilité

2010 : 1759 Mtep



Renouvelables 10% (172,1 Mtep)
dont solaire 0,2 % (3,7 Mtep)

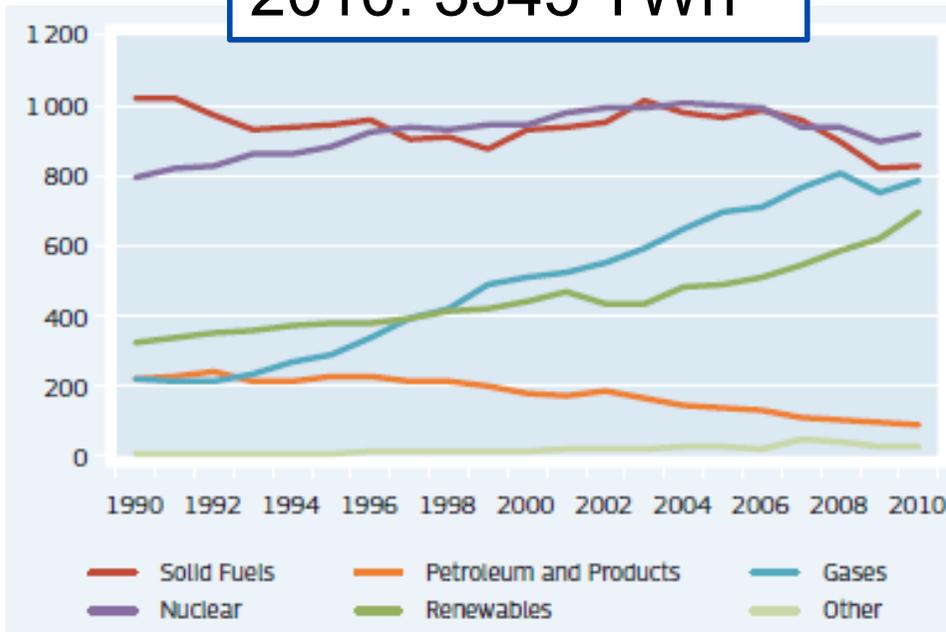
Coal (= solid fuels) includes hard coal, lignite and peat, as well as derived fuels.

Oil (= petroleum and petroleum products) comprises crude oil, NGL, feedstocks, additives as well as other hydrocarbons.

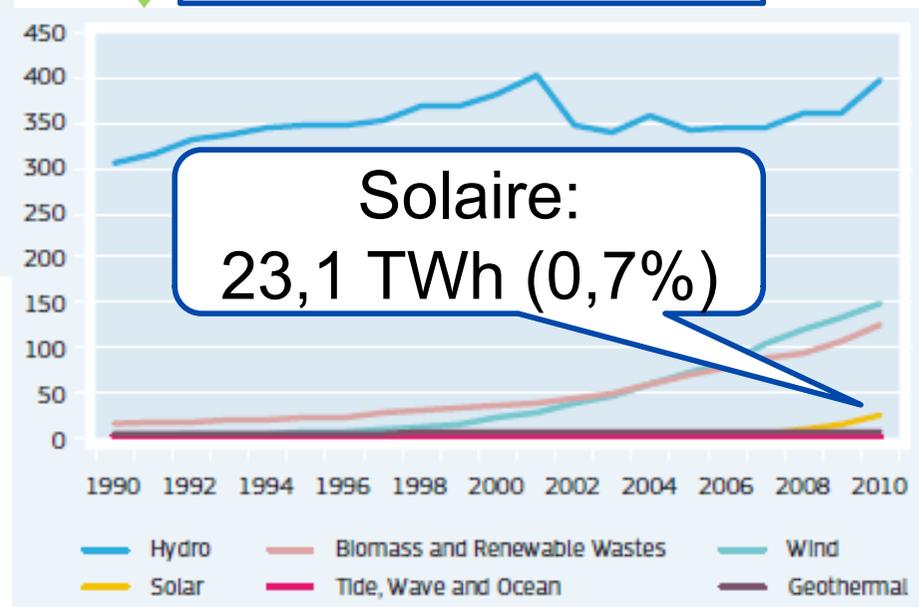


Génération d'électricité en Europe : utilisation accrue du gaz, mixte équilibré

2010: 3345 TWh



Renouvelables :
700 TWh (20,9%)



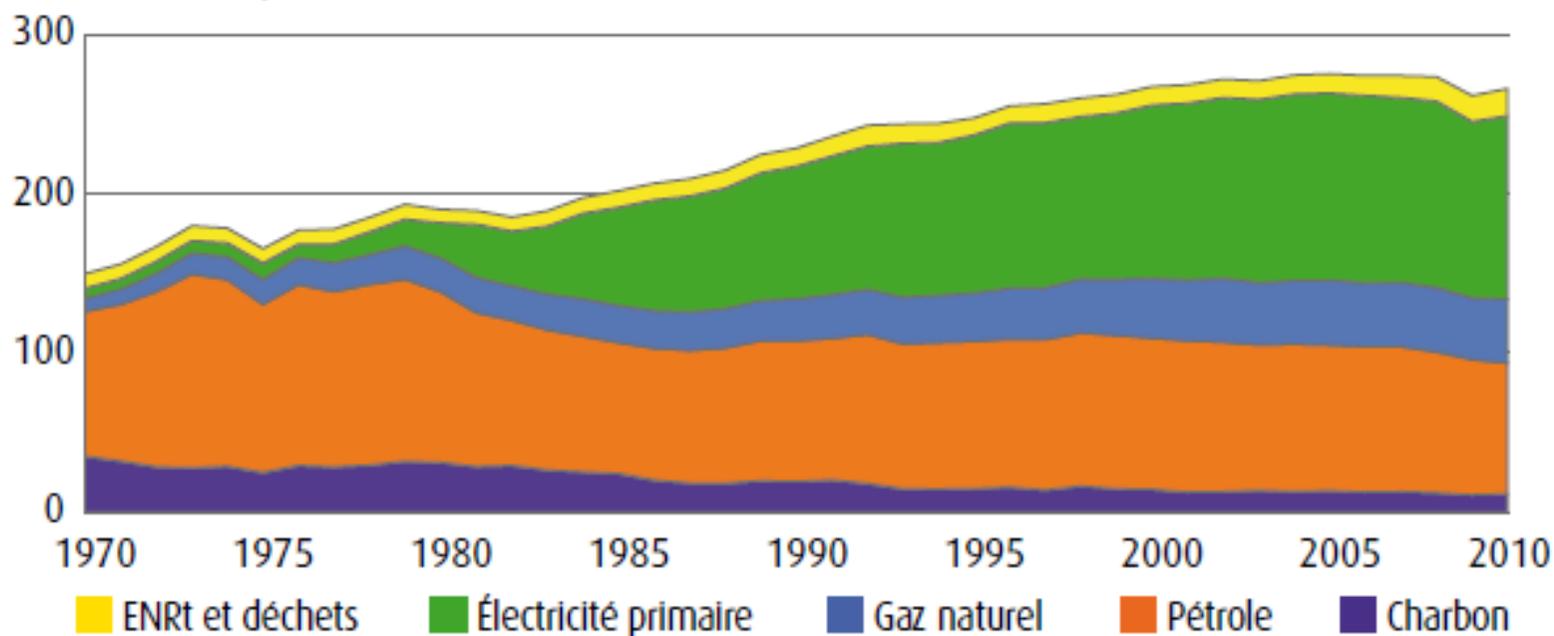
Solaire:
23,1 TWh (0,7%)



Consommation énergétique en France

Consommation d'énergie primaire (corrigée du climat) par énergie

En millions de tep

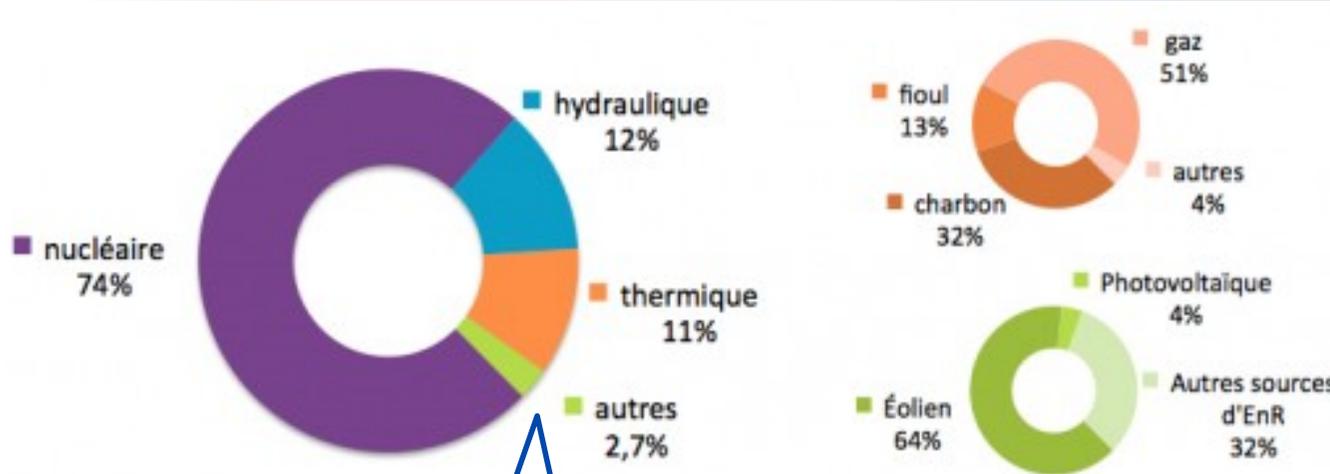


Source :

http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits_editoriaux/Publications/References/2012/

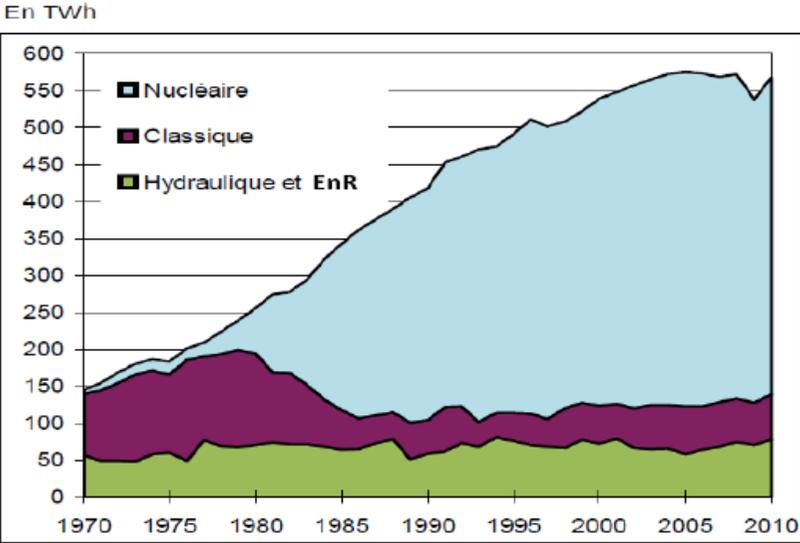


Génération Electricité en France : le nucléaire et le reste

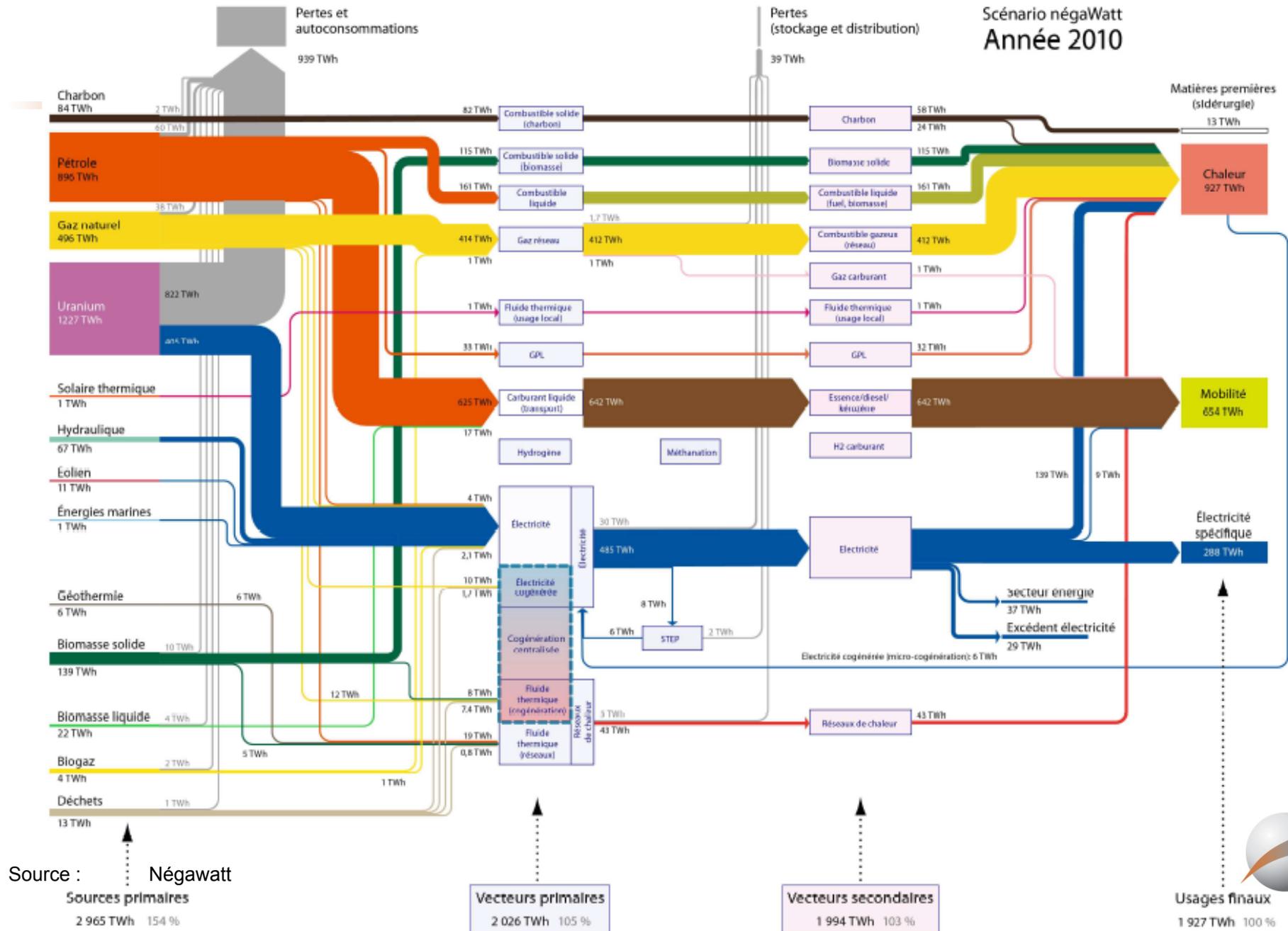


Renouvelable
14,7%

Solaire PV:
0,1 %



Flux énergétique en France



Bilan de l'énergie solaire



Quelque soit la zone géographique, l'énergie solaire est négligeable par rapport aux autres sources d'énergie. Vis-à-vis des énergies renouvelables, le solaire reste minoritaire....

... mais sa croissance est rapide



Au fait, l'énergie solaire, c'est quoi ?



Aztèque



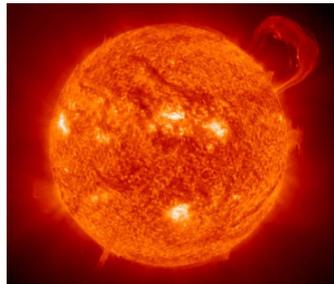
Maya



Inca



L'énergie solaire est multiforme



Photosynthèse →

Bois, biomasse....
même fossilisée (pétrole)



Cultures



Cycle de l'eau →

énergie hydro-électrique ,
courants océaniques ...



Solaire passif



Solaire thermique



Solaire photovoltaïque



Solaire thermique
à concentration

Ce qui est
compté dans
les bilans
énergétiques

« **Energie solaire** »

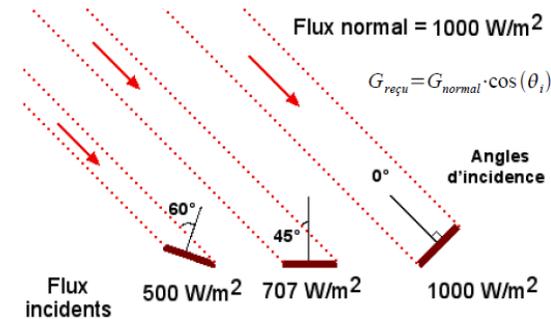


Nous ne sommes pas tous égaux ...

Le flux solaire reçu dépend de :

- la latitude,
- la saison,
- l'état de l'atmosphère,
- l'environnement du plan (réflexions, masques),
- la position du soleil dans le ciel (rayonnement direct),
- la position du plan par rapport au soleil et à la surface du sol (effet cosinus)
- l'heure

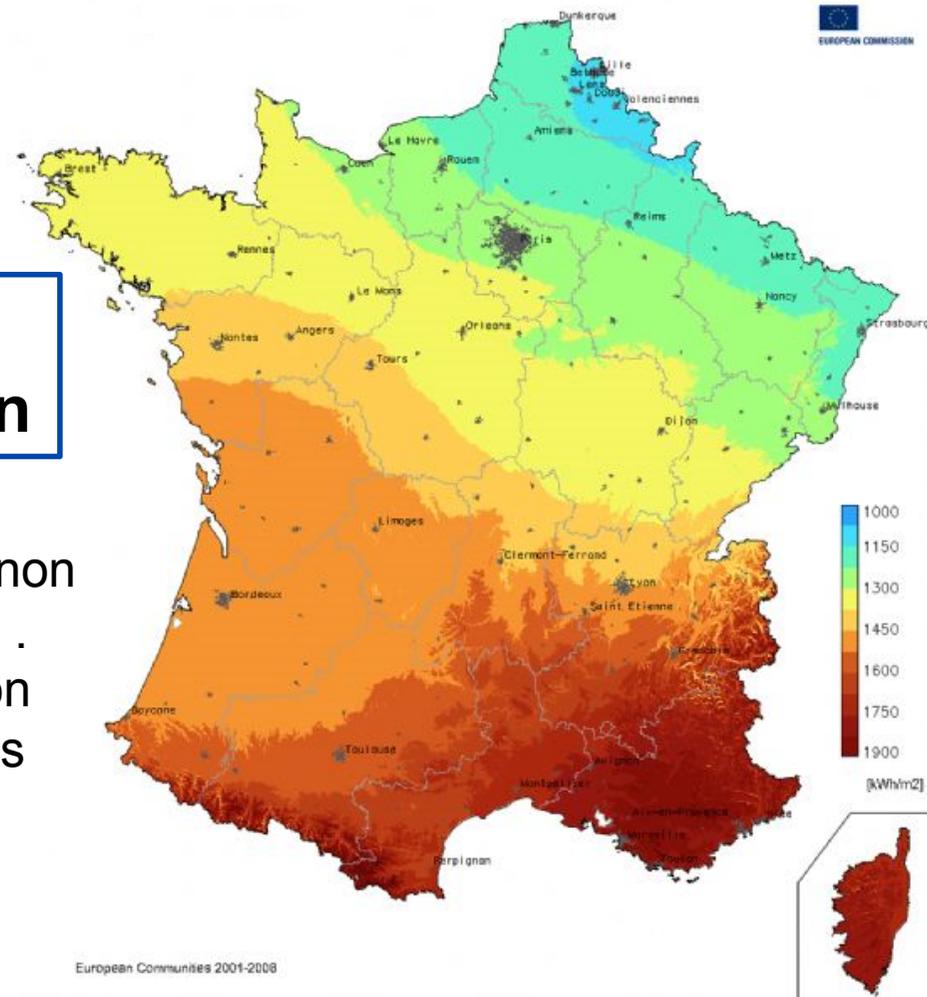
➔ L'ordre de grandeur du flux moyen reçu est de 1000 W/m²



En France, il fait beau sur la moitié Sud

1000 à 1900 kWh/m²/an
Moyenne : 1400 kWh/m²/an

Il s'agit de l'énergie théorique reçue et non de la production de capteurs solaires .
Par exemple, pour le PV, la production moyenne est globalement 10 fois plus faible (voir chapitre technologie)



Sources : http://sybac-solar.eu/photovoltaik/photovoltaik/solarstrahlung_en.html
<http://www.hespul.org/Le-rayonnement-solaire.html>
<http://mon-energie-solaire.com/energie-solaire-quel-ensoleillement-en-france/>

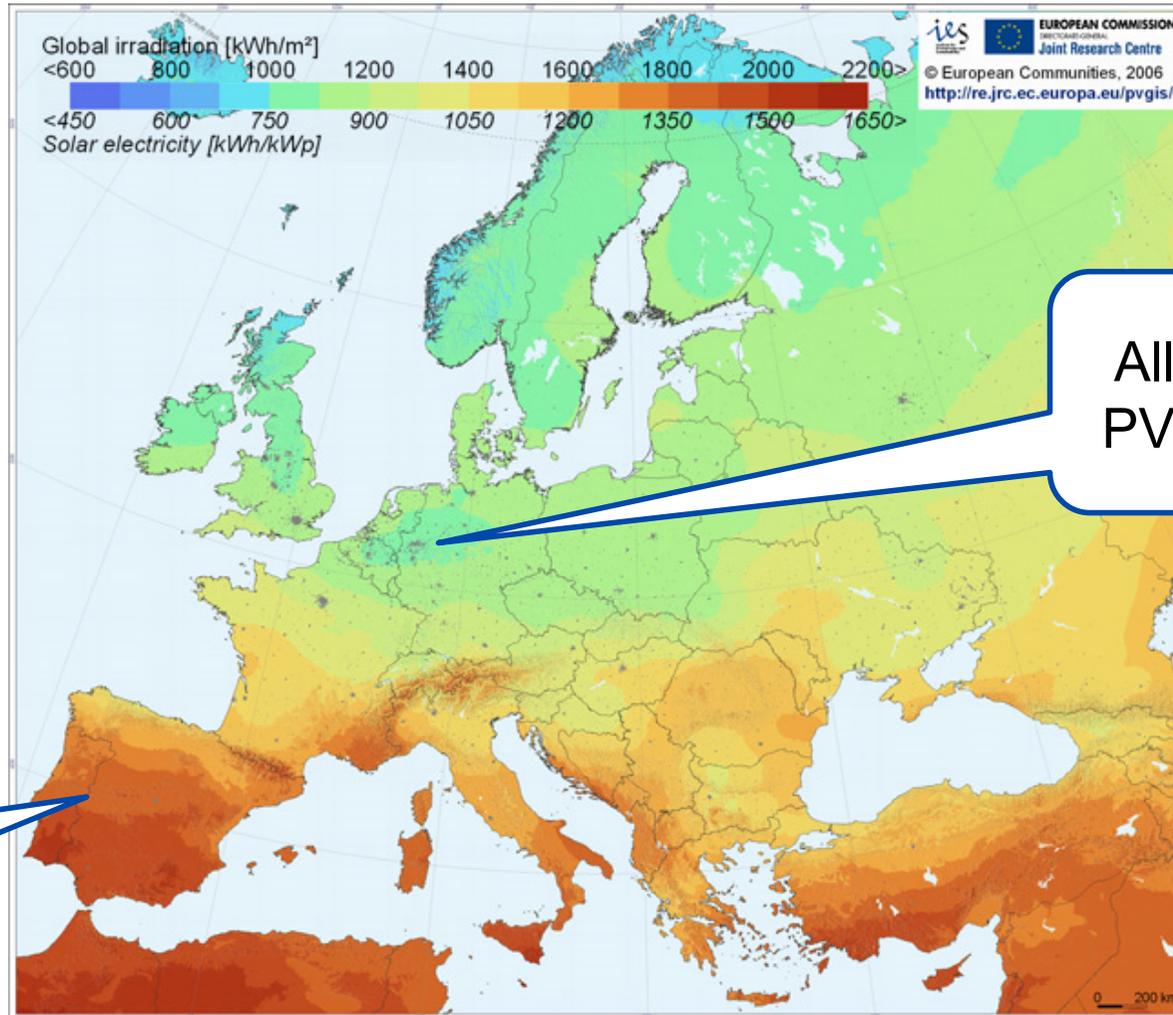


En Europe, le soleil est espagnol

**En moyenne
1100 KWh/
m²/an**

L'Allemagne est
leader en PV malgré
un faible
ensoleillement

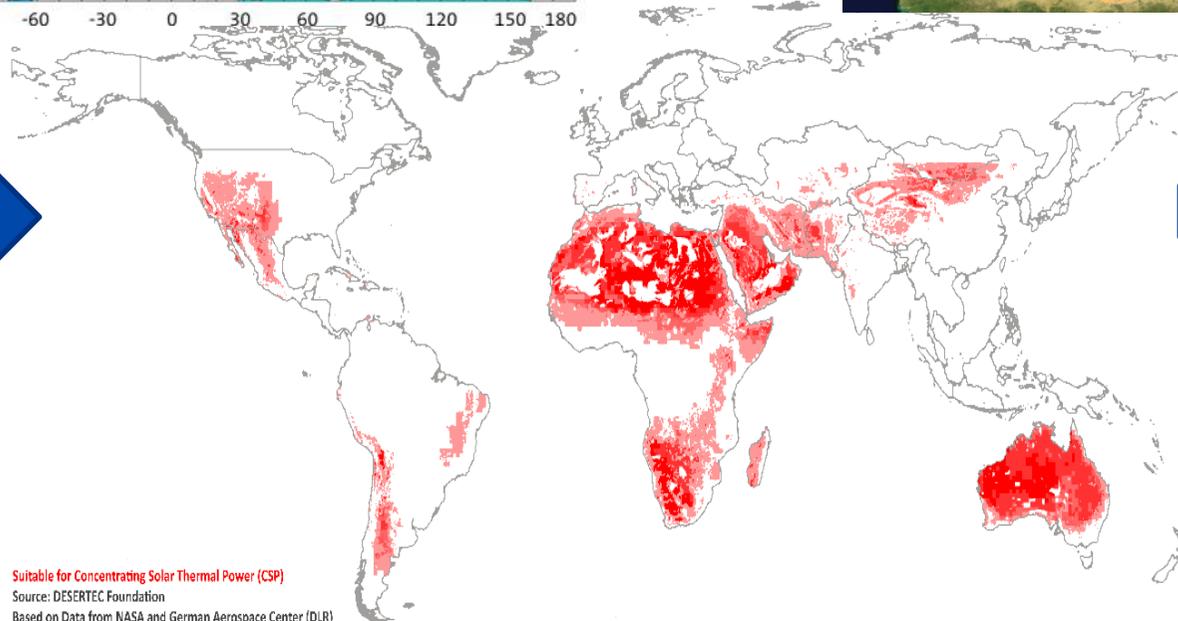
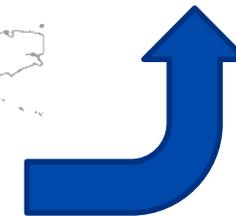
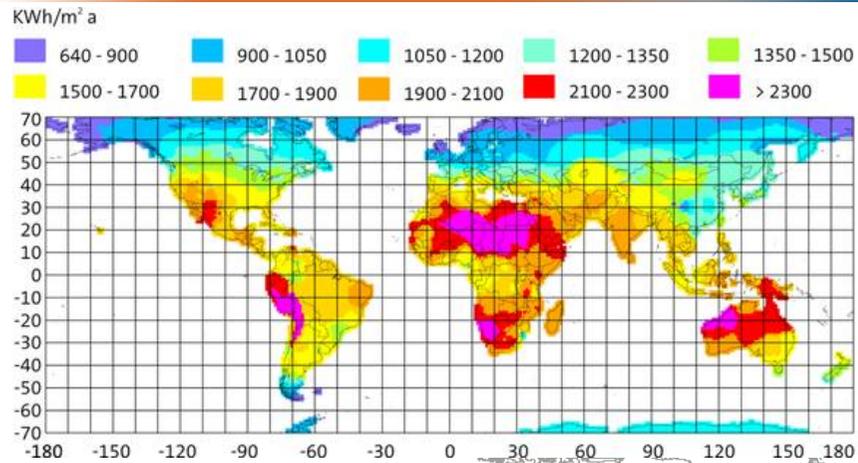
**Esp. 4 GW
PV installés**



All. 25 GW
PV installés



Dans le monde, les déserts nouvel Eldorado ?

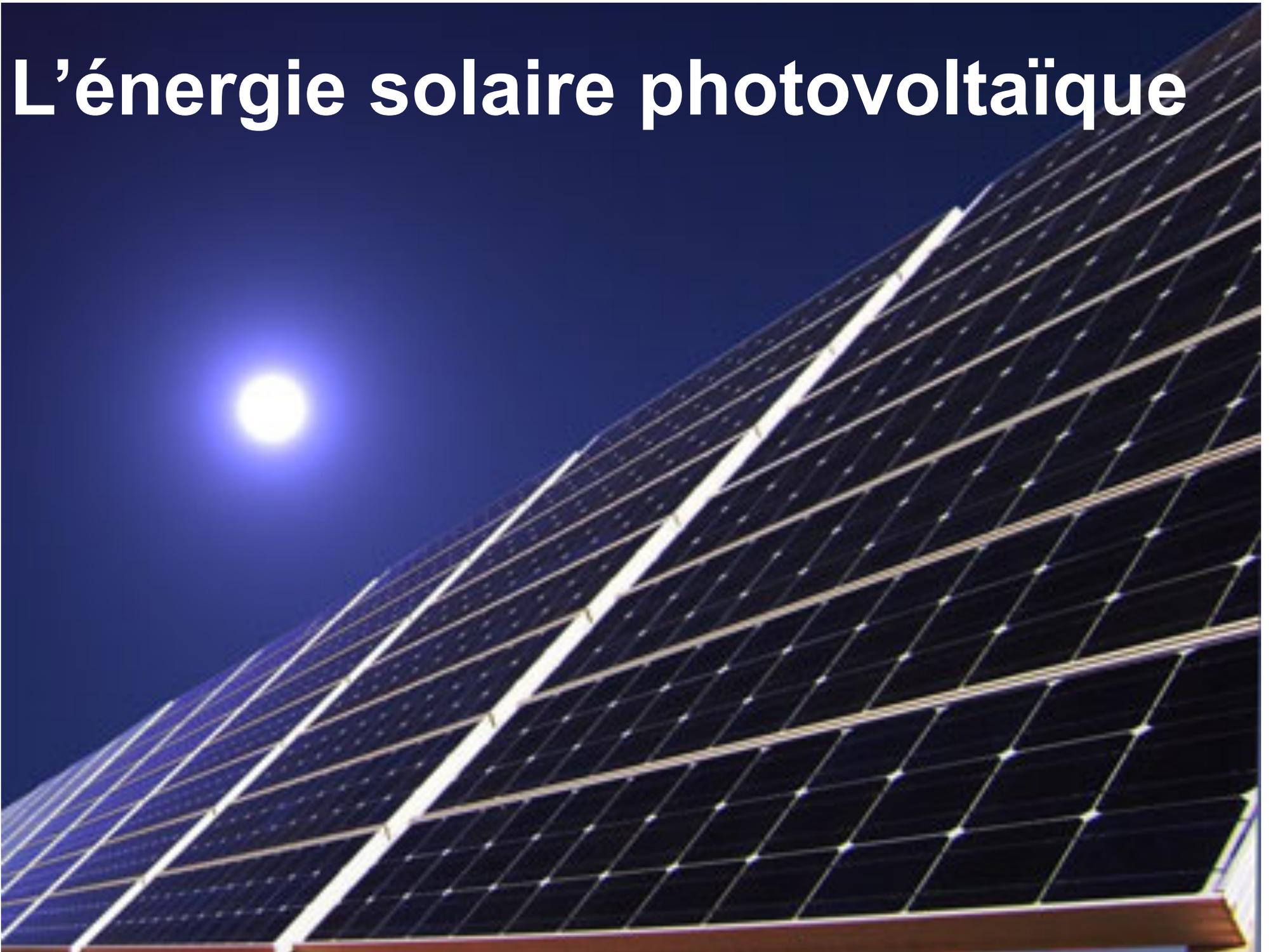


Suitable for Concentrating Solar Thermal Power (CSP)
Source: DESERTEC Foundation
Based on Data from NASA and German Aerospace Center (DLR)

Sources : <http://www.hespul.org/Le-rayonnement-solaire.html>
<http://www.desertec.org>



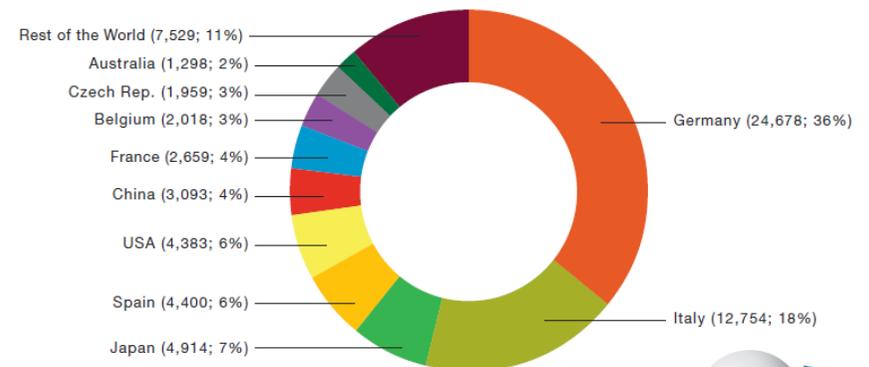
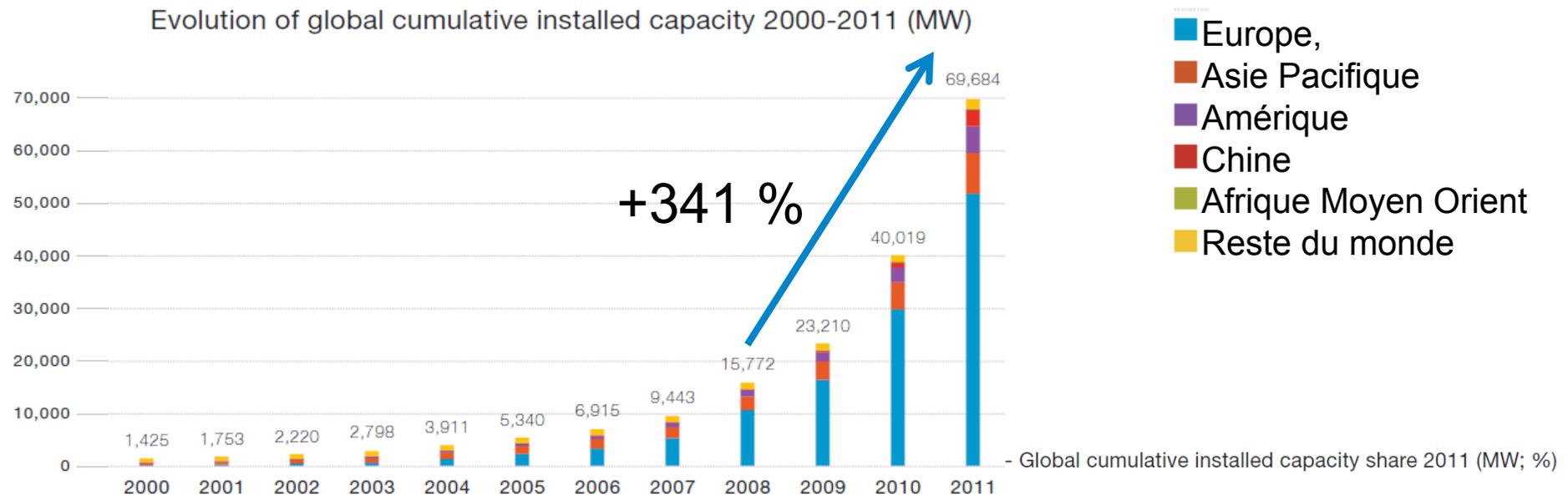
L'énergie solaire photovoltaïque



1 - Le marché du solaire photovoltaïque



Puissance PV installée dans le monde

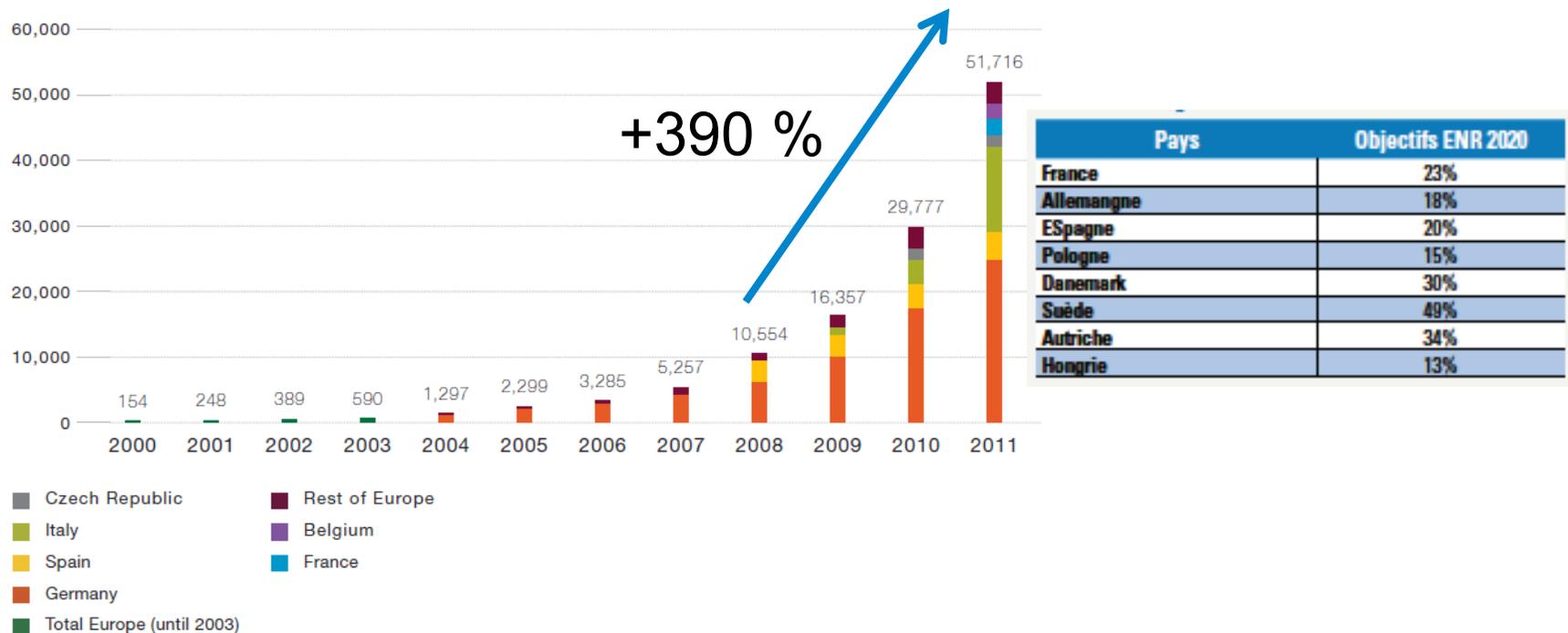


Source : Global Market Outlook for photovoltaics may 2012 – epia.org



Puissance PV installée en Europe

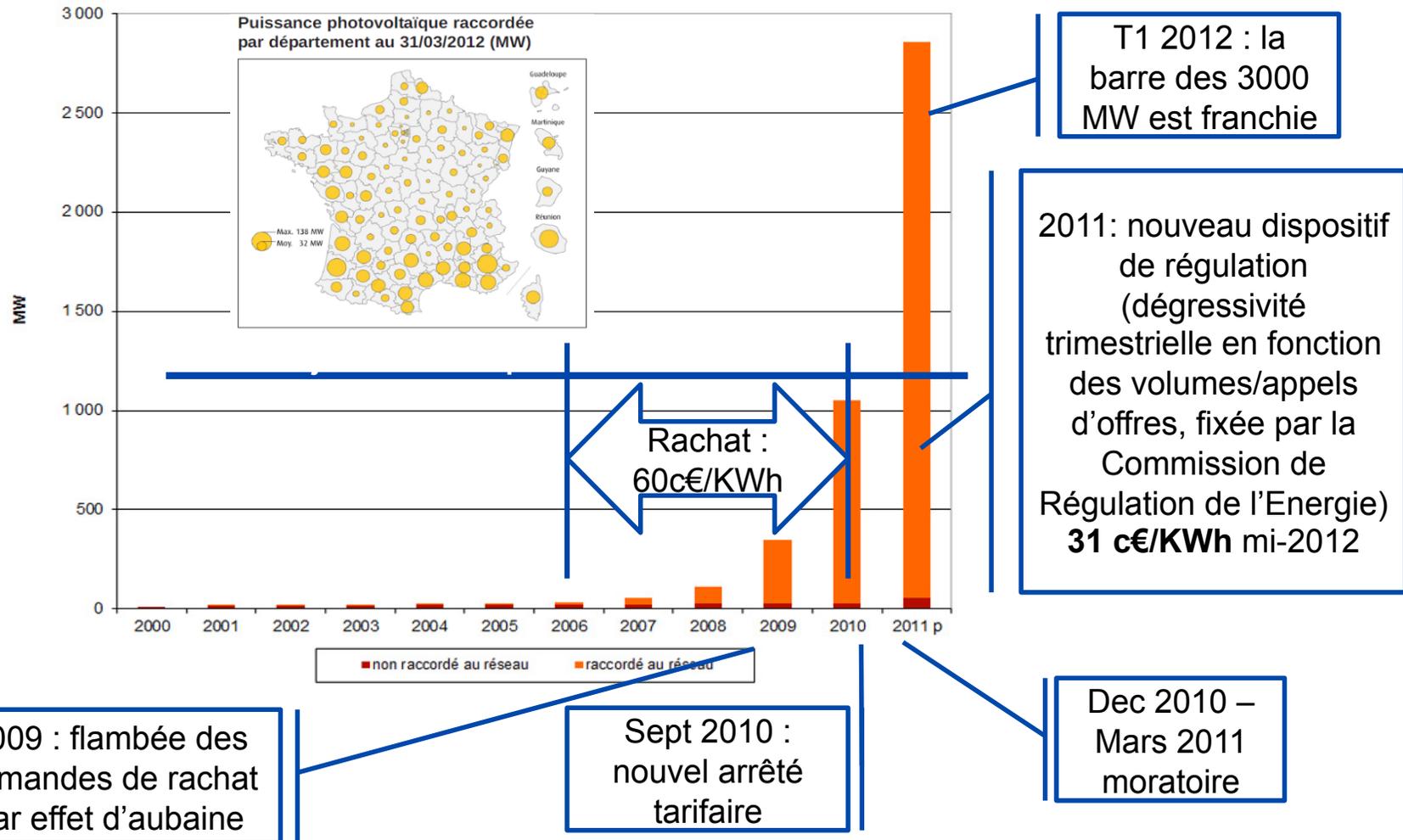
Evolution of European cumulative installed capacity 2000-2011 (MW)



La croissance est soutenue par une volonté politique de développement des énergies renouvelables (dispositifs publics de soutien)
 L'Allemagne est leader avec l'entrée fracassante de l'Italie



Le PV en France : ça c'est de la croissance



Sources :

ADEME

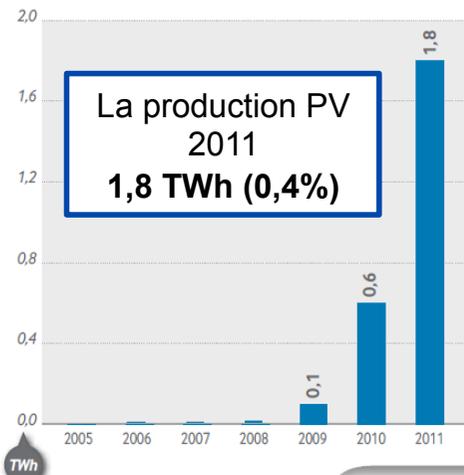
Rapport_Regulation_et_developpement_filiere_photovoltaique_en_france

<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/publications/p/1941/1023/tableau-bord-eolien-photovoltaique-premier-trimestre-2012.html>

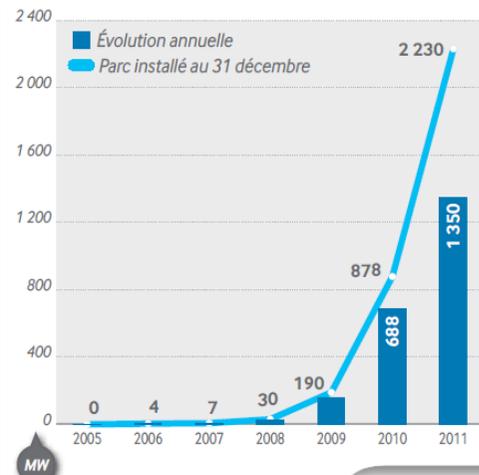


Comparaison parc installé et production

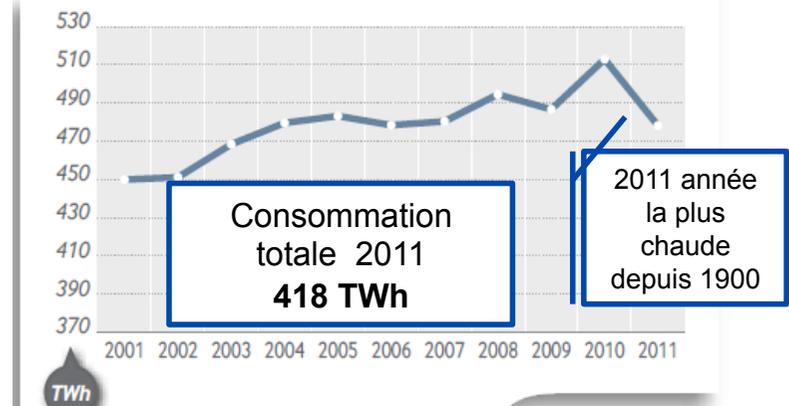
Production photovoltaïque



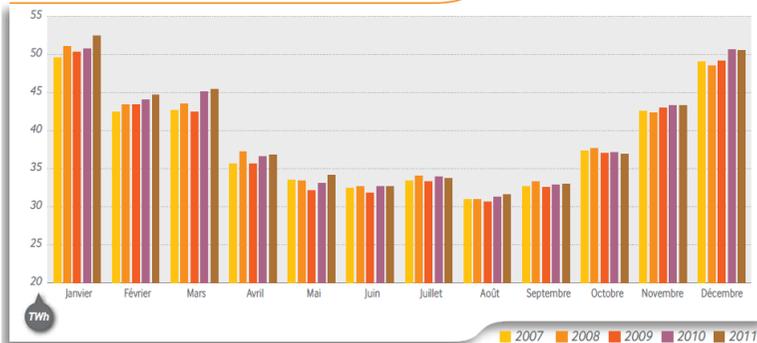
Parc photovoltaïque



Consommation brute



Consommation corrigée de l'aléa météorologique et du 29 février hors soutirages du secteur énergie : évolution mensuelle



Pour la première fois en 2011, la production PV a couvert plus de 1 % de la consommation française autour de 14h sur quelques journées de juillet et août.

Sur les mois de juillet à septembre 2011, la production PV a couvert :

- en moyenne **0,6 %** de la consommation
- au maximum **1,2 %**

Sur la même période en Allemagne, la production PV a couvert

- **~5 %** de la consommation en moyenne,
- au maximum **25 %**.



Répartition des installations PV en France

Les installations domestiques dominent

	Parc au 31/03/2012			
	Métropole + DOM		Dont métropole	
	Nombre d'installations	Puissance en MW	Nombre d'installations	Puissance en MW
Puissance ≤ 3kW	222 800	589	221 009	585
Puissance > 3 et ≤ 9 kW	9 884	51	9 499	49
Puissance > 9 et ≤ 36 kW	10 615	264	9 352	230
Puissance > 36 et ≤ 100 kW	3 887	269	3 596	249
Puissance > 100 et ≤ 250 kW	4 198	723	3 999	690
Puissance > 250 kW	714	1 313	576	1 133
Total	252 098	3 209	248 031	2 936

	Installations entrées en file d'attente*			
	Métropole + DOM		Dont métropole	
	Nombre d'installations	Puissance en MW	Nombre d'installations	Puissance en MW
Puissance ≤ 3kW	19 296	53	17 681	49
Puissance > 3 et ≤ 9 kW	6 778	45	6 411	43
Puissance > 9 et ≤ 36 kW	3 361	78	2 044	53
Puissance > 36 et ≤ 100 kW	5 048	426	4 887	413
Puissance > 100 et ≤ 250 kW	1 082	192	1 069	190
Puissance > 250 kW	311	1 099	281	1 042
Total	35 876	1 894	32 373	1 790

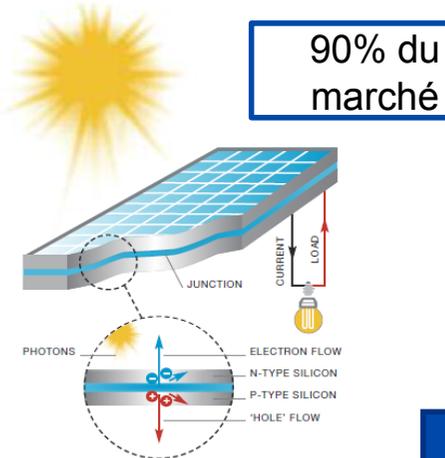
L'objectif 2020 du Grenelle (5400 MW) sera atteint en 2012



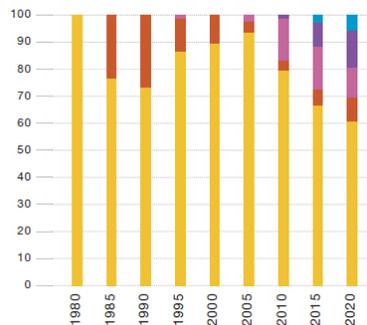
2 - La technologie et les acteurs du solaire photovoltaïque



3 technologies



HISTORICAL EVOLUTION OF TECHNOLOGY MARKET SHARE AND FUTURE TRENDS %



■ EMERGING & CPV
 ■ CIGS
 ■ CdTe
 ■ a-Si
 ■ c-Si

Sources :

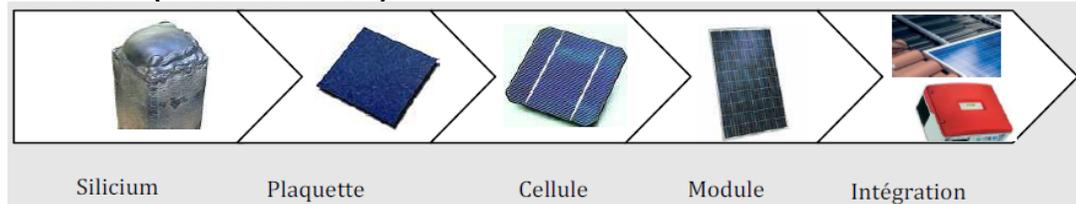
EPIA : Solar Generation 6

EPIA : Electricity from the sun

2010_07_31_2_Rapport_Regulation_et_developpement_filiere_photovoltaique_en_france_ANNEXE_Filiere_PV

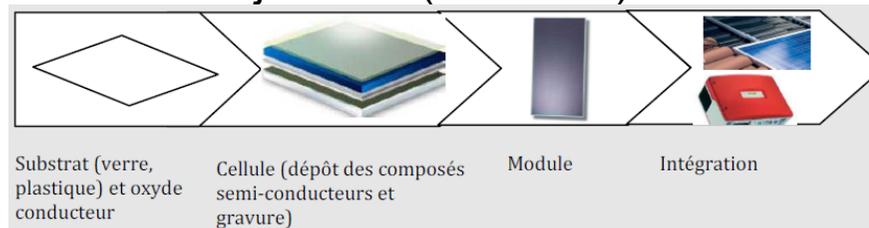
• Silicium cristallin (1ere génération)

- Monocristallines (Mono c-Si)
- Polycristallines (Poly c-Si)
- Rubans (ribbon c-Si)



• Technologie des couches minces (2ème génération)

- Silicium amorphe (a-Si)
- Tellure de Cadmium (CdTe)
- Cuivre Indium/Gallium Diselenide/ disulphide (CIS, CIGS)
- Cellules multi-jonction (a-Si/m-Si)



• Technologie de 3ème génération



Rendements

Rendement énergétique des cellules et modules majoritaires sur le marché

Technologie	Silicium cristallin		Couches minces				Multijonctions
	Mono	Multi	(a-Si)	CdTe	CIS-CIGS	Organiques et hybrides	III-V
Rendement de la cellule	16-22%	14-18%	4-8%	10-11%	7-12%	2-4%	30-38%
Rendement du module	13-19%	11-15%					25%
Surface moyenne requise par kW produit	7m ²	8m ²	15m ²	10m ²	10m ²	ND	ND
Durée de vie	+/-30 ans	+/-30 ans	+/-10 ans	>25 ans	ND	ND	ND

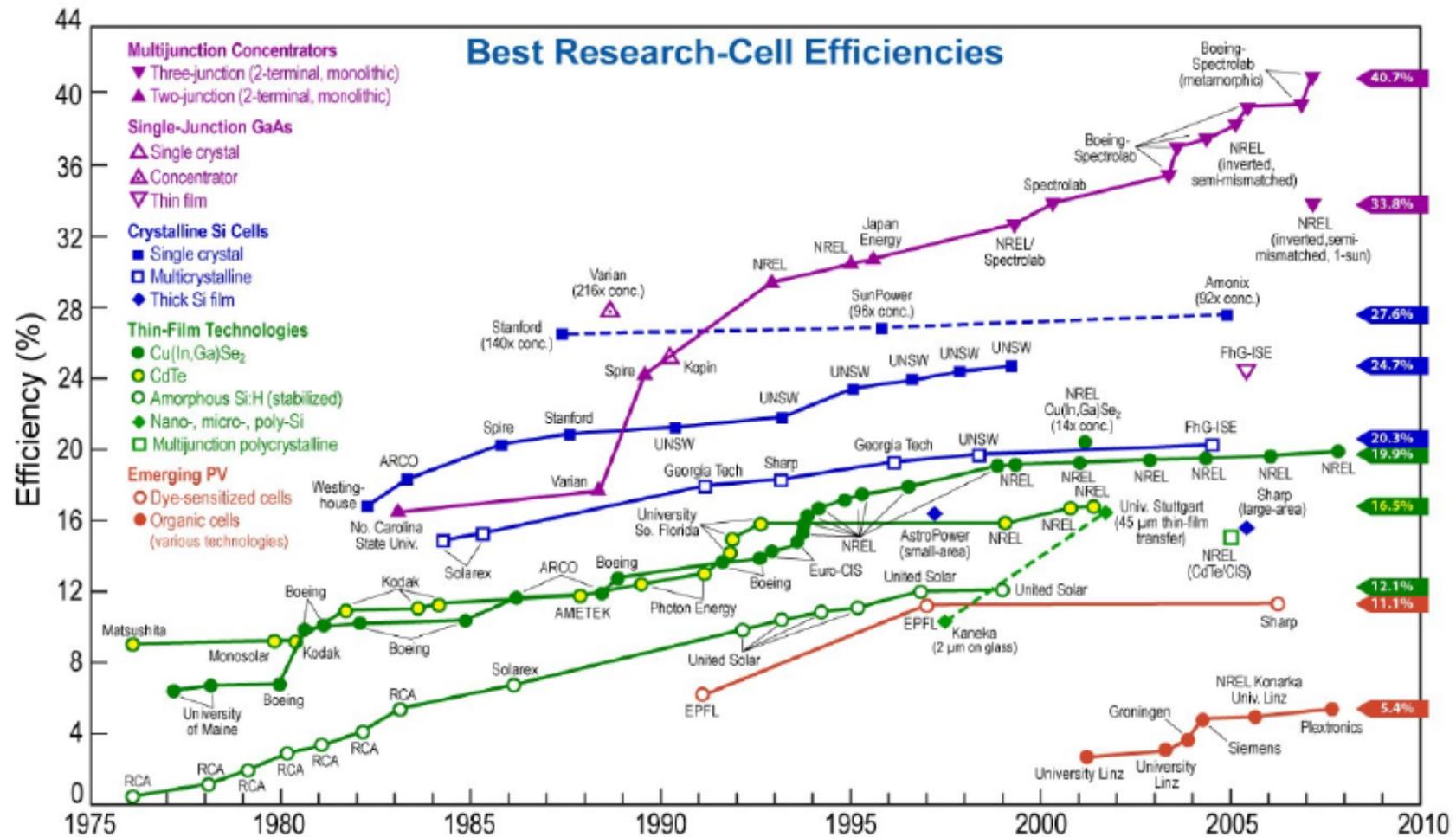
Ordre de grandeur : 10m² pour 1 kW

Technologie	Rendement commercial	Rendement en laboratoire
Cellules organiques	5,0%	5,7%
Si Cristallin couche mince (CSG)	7,0%	16,5%
Cellule de Graezel	8,4%	11,0%
Si amorphe	5-9 %	12,1%
CdTe	6-9 %	16,5%
CIS	9-11 %	19,9%
Si polycristallin	11-15 %	20,3%
Si monocristallin	12-20 %	27,6%
Cellule multijonction	25-30 %	40,7%

Sources : http://www.fondation-nicolas-hulot.org/sites/default/files/pdf/etat_des_lieux_photovoltaique_1111.pdf
L'ENERGIE SOLAIRE et ses applications – S. Thiers 2010



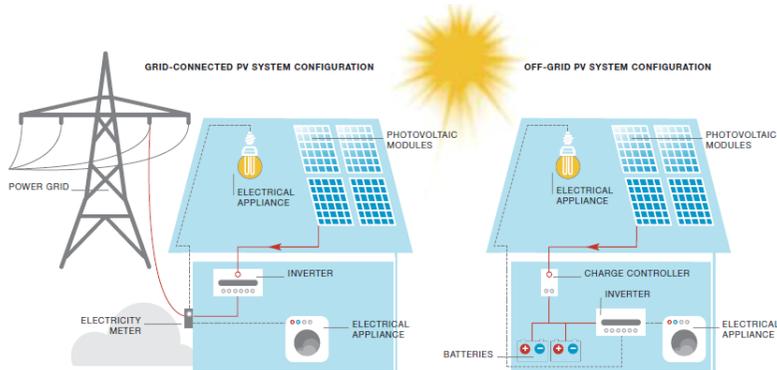
Rendements des cellules PV



Sources : L'ENERGIE SOLAIRE et ses applications – S. Thiers 2010



Rendements du système PV



- adaptation (point de fonctionnement optimal) : 80 %
- câbles du panneau PV à l'accumulateur : 97 %
- régulateur de charge : 98 %
- accumulateur (stockage/déstockage) : 90 %
- câbles entre l'accumulateur et les appareils : 97 %
- onduleur : 90 %

➤ Ce qui donne

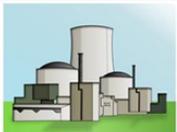
- Pour un système isolé avec batterie : 60 % (en aval des modules)
 - Pour un système sur le réseau : 66 % (en aval des modules)
- Au global (cellules/composants/installation), pour un système standard silicium cristallin, on obtient un rendement de **7 à 13%** (hors masquage et effet cosinus), soit l'ordre de grandeur suivant

On est seulement capable d'utiliser un dixième de l'énergie solaire que l'on reçoit.
C'est le rendement des 1ers éléments de la chaîne (cellule, module) qui est le maillon faible.

1m² = 100W



Quelques ordres de grandeur

	Puissance	Facteur de charge (*)	Production annuelle
	900 à 1300 MW	6000 à 7000 H/an	6 000 000 MWh
	2 MW	2000 H/an	4 000 MWh
	3 à 4 kW	900 à 1300 H/an	4 MWh

(*) taux d'utilisation

$$\text{Nuclear Plant} = 1\,500 \times \text{Wind Turbine} = 1\,500\,000 \times \text{Solar Panel}$$

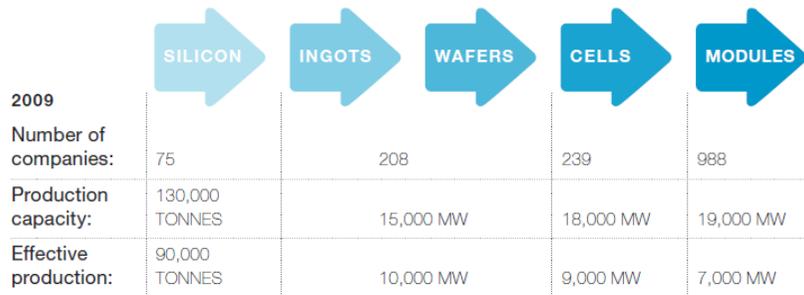


Les acteurs : Production de cellules/modules

4 pays dominant

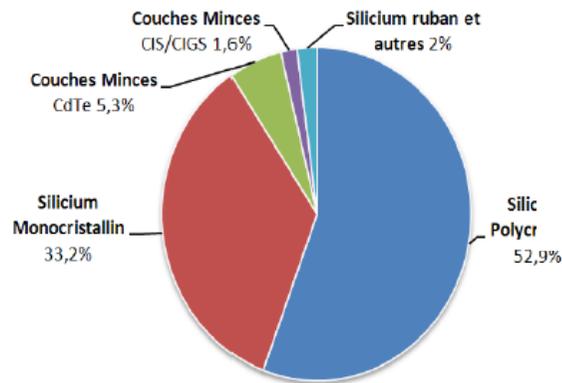


NUMBER OF COMPANIES
WORLD-WIDE IN THE CRYSTALLINE
SILICON VALUE CHAIN
2009



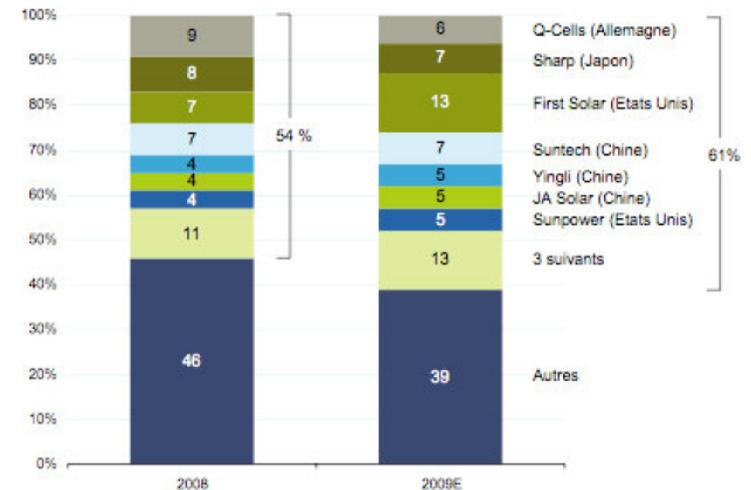
NUMBER OF COMPANIES
WORLD-WIDE IN THE THIN
FILM VALUE CHAIN

	CdTe	a-Si	a-Si/μ-Si	CI(G)S
Number of companies (as of 2009)	4	131	30	30
Production in 2009	1,100 MW	< 300 MW	< 400 MW	< 200 MW



Parts du marché mondial des principaux fabricants de cellules (et détail du top 10)

Part de marché des fabricants de cellules toutes technologies (en % de la production en MW)



Forte montée en puissance de la Chine

Sources : PricewaterhouseCoopers (État de la filière photovoltaïque en France – janvier 2010),
EPIA Solar Generation 6
<http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Photovoltaique.pdf>



Septembre 2012 : la guerre commerciale UE-Chine

LE FIGARO · fr
économie

La Commission européenne a lancé jeudi une enquête antidumping contre la Chine visant sa production de panneaux solaires subventionnés. La Chine se prépare à répliquer.

Correspondant à Bruxelles

L'Europe s'engage sur le sentier de la guerre commerciale avec la Chine. Bruxelles a lancé jeudi une enquête antidumping contre plusieurs géants chinois des panneaux solaires, et la République populaire menace déjà l'UE de rétorsions spectaculaires. «La Commission européenne a lancé aujourd'hui une enquête antidumping concernant les importations de Chine de panneaux solaires et de leurs principaux composants (...),» indique-t-elle dans un communiqué.

Sous l'apparence d'une querelle d'entreprises, c'est un énorme bras de fer politico-commercial qui se dessine. La Chine aussi bien que l'Europe ont misé des milliards de fonds publics sur l'essor de l'électricité **photovoltaïque**, à coups de subventions et d'investissements. À Pékin, le quotidien du Parti communiste *China Daily* s'inquiétait mercredi «du contentieux commercial le plus lourd» jamais infligé à l'industrie chinoise.

Le pouvoir chinois a fait du secteur photovoltaïque le fer de lance d'une conquête planétaire. L'Europe, qui représente les deux tiers du marché mondial, veut à l'inverse contraire garder son avance technologique et surtout protéger l'une de ses dernières bases industrielles.

L'Expansion

Les industriels européens dénoncent une concurrence déloyale

Cette décision a été prise à la suite d'une plainte cet été d'un groupement d'entreprises européennes présentes dans l'industrie solaire.

"La plainte a apporté suffisamment d'éléments mettant en évidence un possible dumping des prix de la part des exportateurs (chinois) vers le marché européen, des dommages pour l'industrie solaire européenne (...). Par conséquent, la Commission a jugé qu'il y avait suffisamment d'éléments justifiant de prime abord l'ouverture d'une enquête".

Les entreprises européennes rassemblées dans le groupement baptisé EU ProSun reprochent à Pékin d'accorder des prêts importants et de prendre des mesures protectrices en faveur de leurs rivales chinoises, leur permettant d'écouler leurs modules à des prix inférieurs aux coûts de production.

La Commission européenne a rappelé que la plainte reçue par Bruxelles est "la plus importante à ce jour en matière de dumping", en prenant en compte la valeur des importations concernées.

Libération

Bruxelles a agi à la suite d'une plainte déposée par une vingtaine d'entreprises européennes dans l'industrie solaire, réunis au sein d'EU ProSun. Ce groupement reproche à Pékin d'accorder des prêts importants et de prendre des mesures protectrices en faveur de leurs rivales chinoises, leur permettant d'écouler leurs modules à des prix inférieurs aux coûts de production.

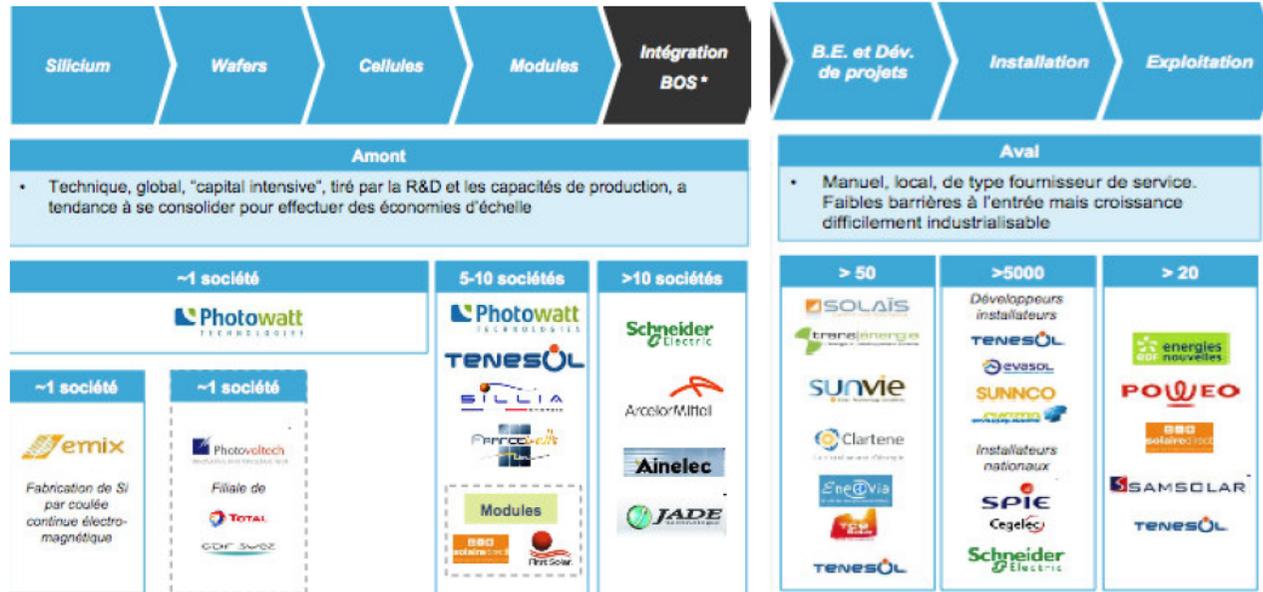
«Cela implique que les entreprises chinoises du secteur solaire font d'énormes pertes, mais pour autant, elles ne font pas faillite car leurs pertes sont compensées par l'Etat chinois», a argué Milan Nitzschke, à la tête du groupement EU Pro Sun, dans un communiqué. «Une vingtaine de fabricants majeurs européens a déjà été contrainte de cesser son activité rien qu'en 2012», a-t-il plaidé, accusant la Chine de détruire l'industrie solaire européenne.

Un message entendu à Bruxelles, d'autant plus que les enjeux économiques de l'industrie solaire sont conséquents.

Sources :
Le Figaro.fr
Libération.fr
L'expansion.fr

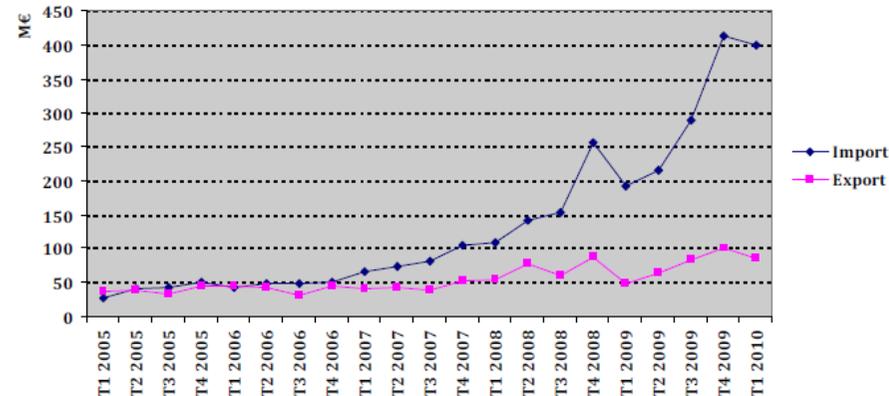


Les acteurs : et la France ? ... le solde est négatif



Note: (*) Balance Of System: Tous les éléments périphériques au module (onduleurs, câbles, structure d'intégration...) Sources: Entretiens et Analyses PwC

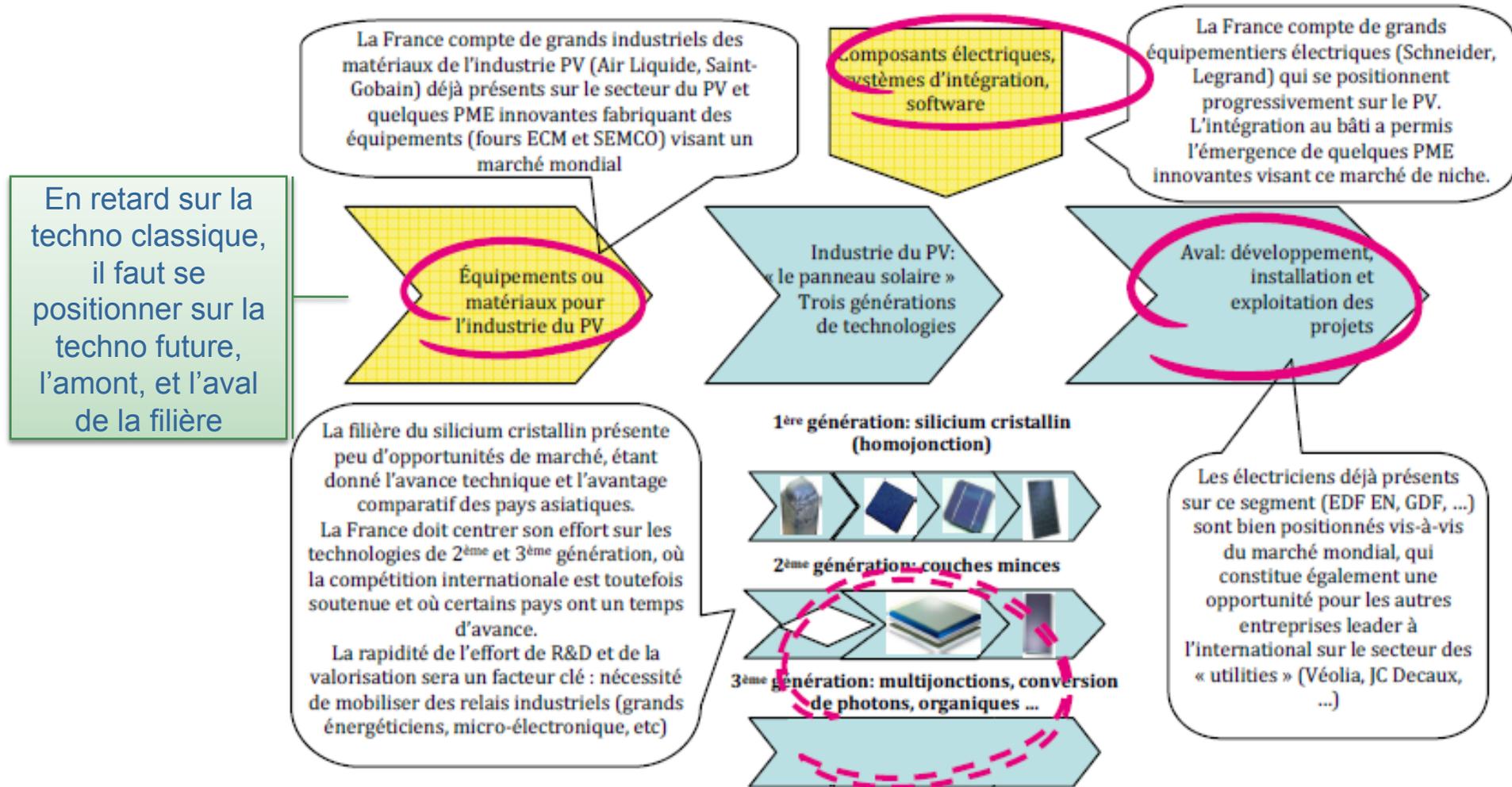
Evolution de la balance commerciale française des cellules/modules PV



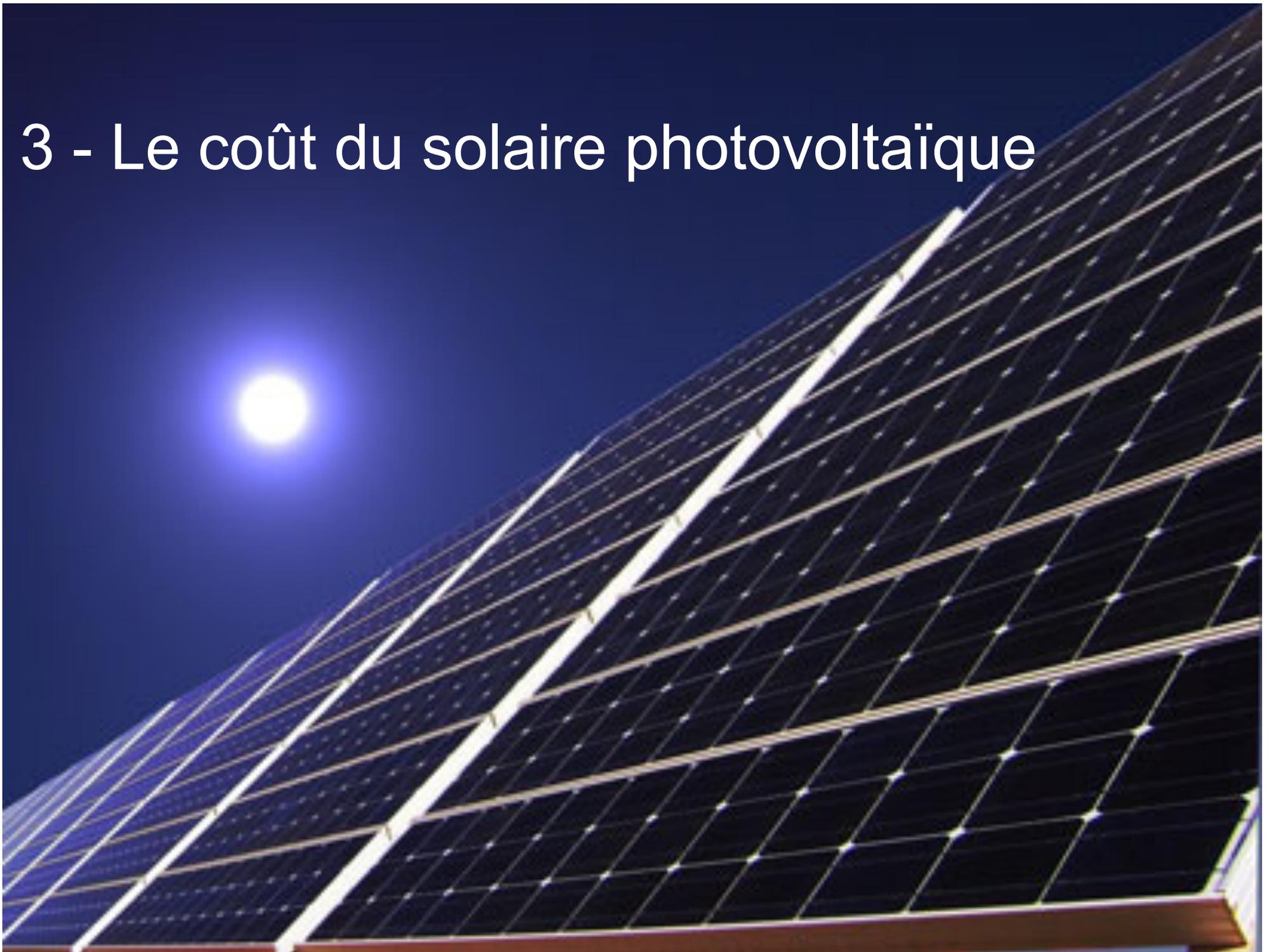
Sources : Le développement de la filière photovoltaïque française (annexe de la mission de régulation – rapport Charpin) PricewaterhouseCoopers (État de la filière photovoltaïque en France – janvier 2010),



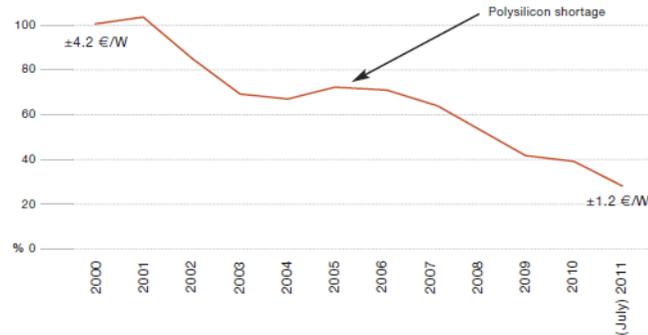
Les opportunités pour les acteurs français ?



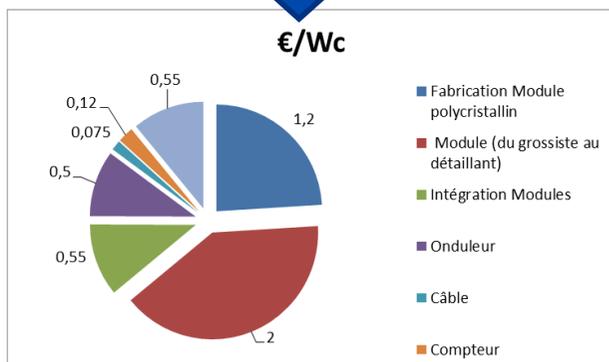
3 - Le coût du solaire photovoltaïque



Baisse des prix d'investissement



Evolution du prix du Module
(1,2 €/Wc - 2010)



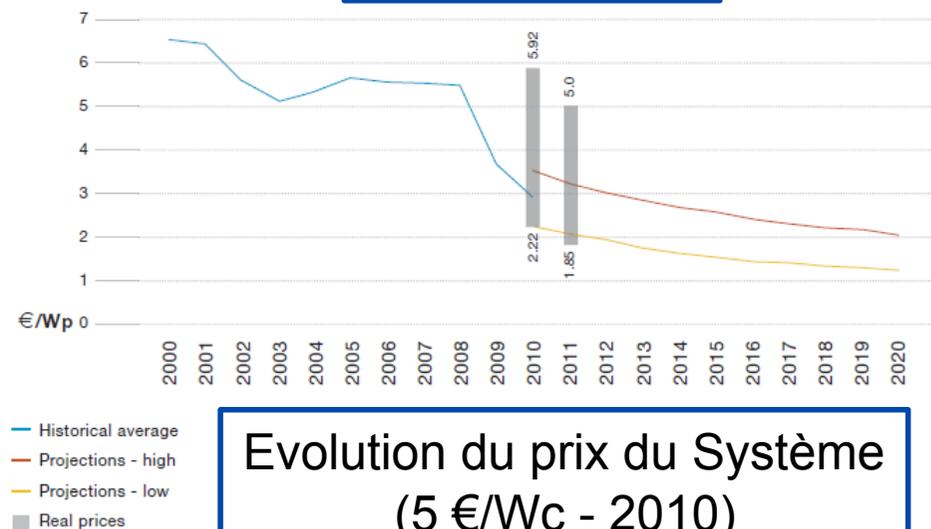
Décomposition du prix du système

Price monitoring of different system components

Price monitoring (average spot prices) / last update 07 Mar 2012	
PV silicon (€/Kg)	22,498
PV wafer (multi-Si 156mm x 156mm)	0,938
PV wafer (mono-Si 156mm x 156mm)	1,282
Cell price (€/W)	0,391
multi-Si cell (156mm x 156mm)	1,601
mono-Si cell (156mm x 156mm)	1,846
PV module (€/W)	0,686
Thin Film (€/W)	0,604
CPV (€/W)	1,754
PV inverter (€/W)	0,179



Chiffres 2012



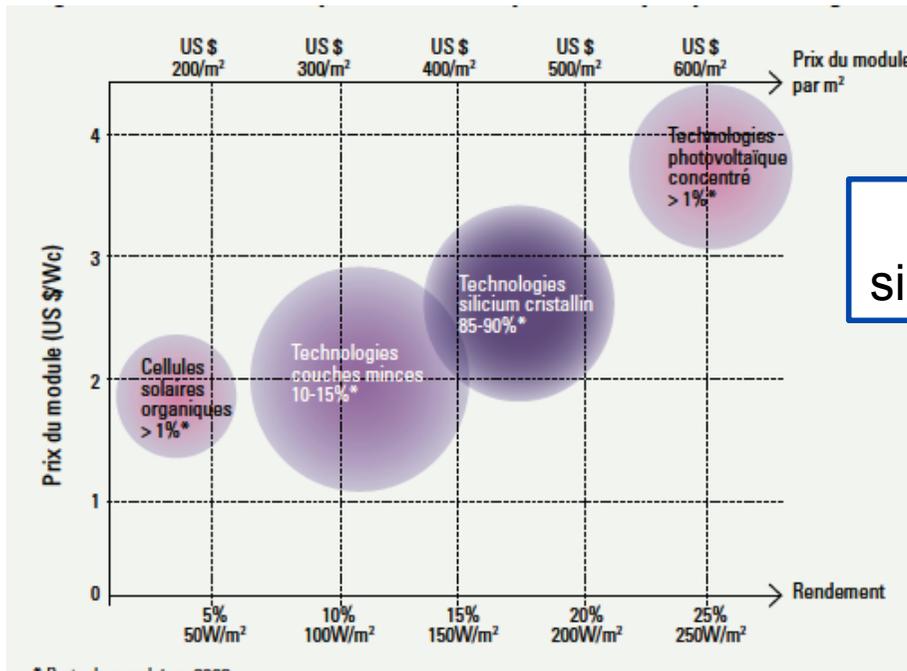
Evolution du prix du Système
(5 €/Wc - 2010)

- Evolution of the PV system price in Europe

Sources : EPIA – Competing in the energy sector full report – septembre 2011
Epia.org pour les chiffres 2012
Wikipedia



Sensibilité en fonction de la technologie et de la puissance installée



Varie du simple au triple

* Parts de marché en 2008.

Source : AIE, PV Roadmap.

Écart jusqu'à 60%

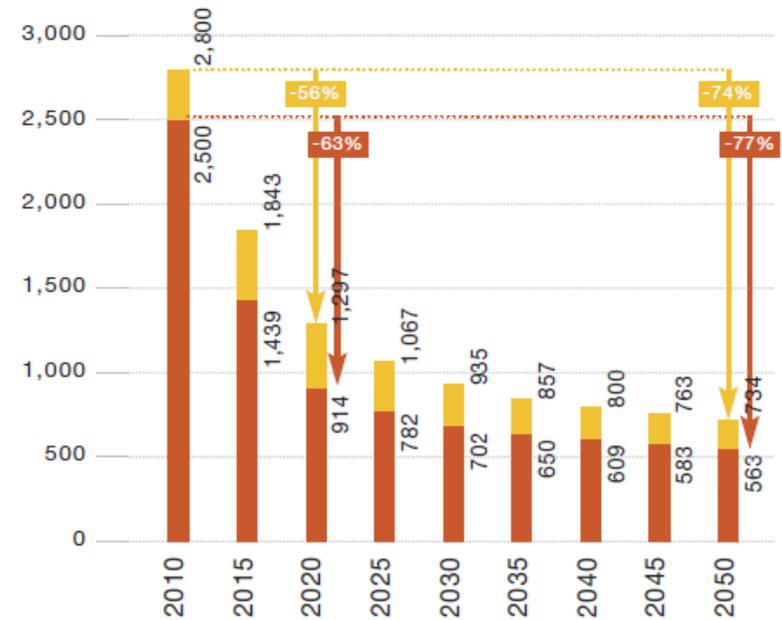
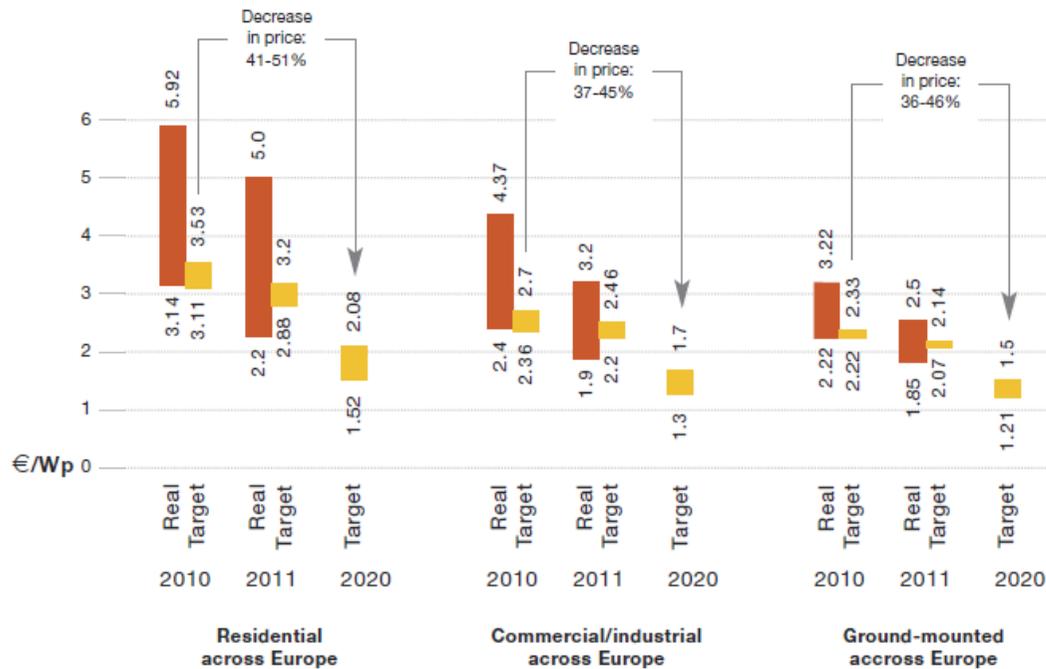
Prix matériel et pose constaté en 2011 :

Puissance	Intégration Simplifiée au Bâti (ISB)	Intégration Au Bâti (IAB)
< 3 kWc	2,9 à 3,6 €/HT/Wc	3 à 3,8 €/HT/Wc
3 à 36 kWc	2,7 à 3,3 €/HT/Wc	2,8 à 3,4 €/HT/Wc
36 à 100 kWc	2,3 à 3 €/HT/Wc	2,4 à 3 €/HT/Wc



Perspectives : ça baissera encore

EVOLUTION OF PRICES OF LARGE PV SYSTEMS €/KWp



- Potential of PV system price decrease in Europe

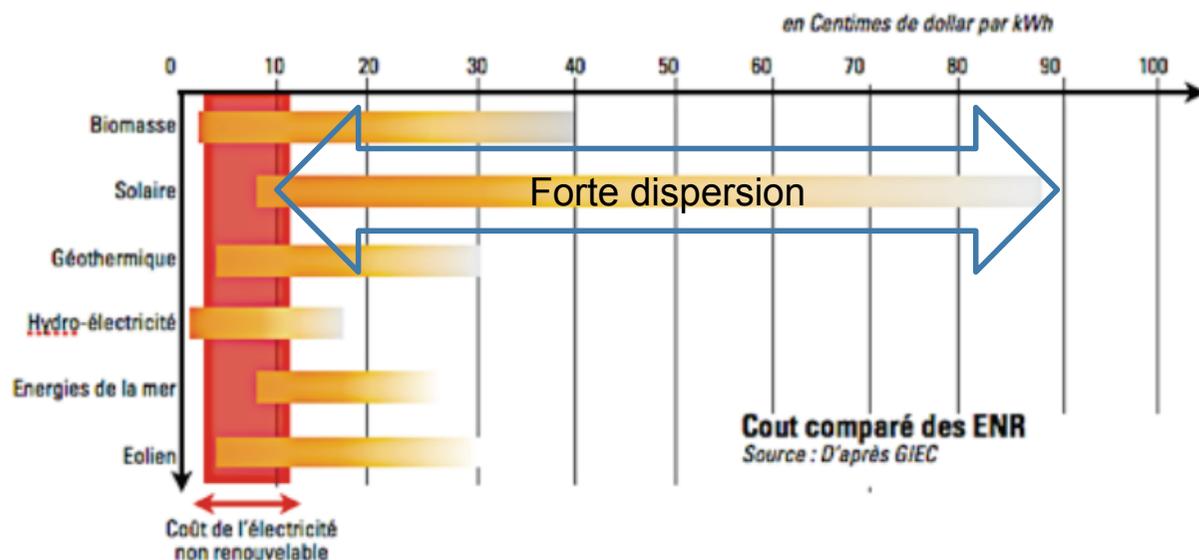
■ ACCELERATED SCENARIO
■ PARADIGM SHIFT SCENARIO

source: Greenpeace/EPIA
Solar generation VI 2010.

Source : EPIA



Coût du kWh : il est dispersé... et il baisse



Le coût de production est la somme de :

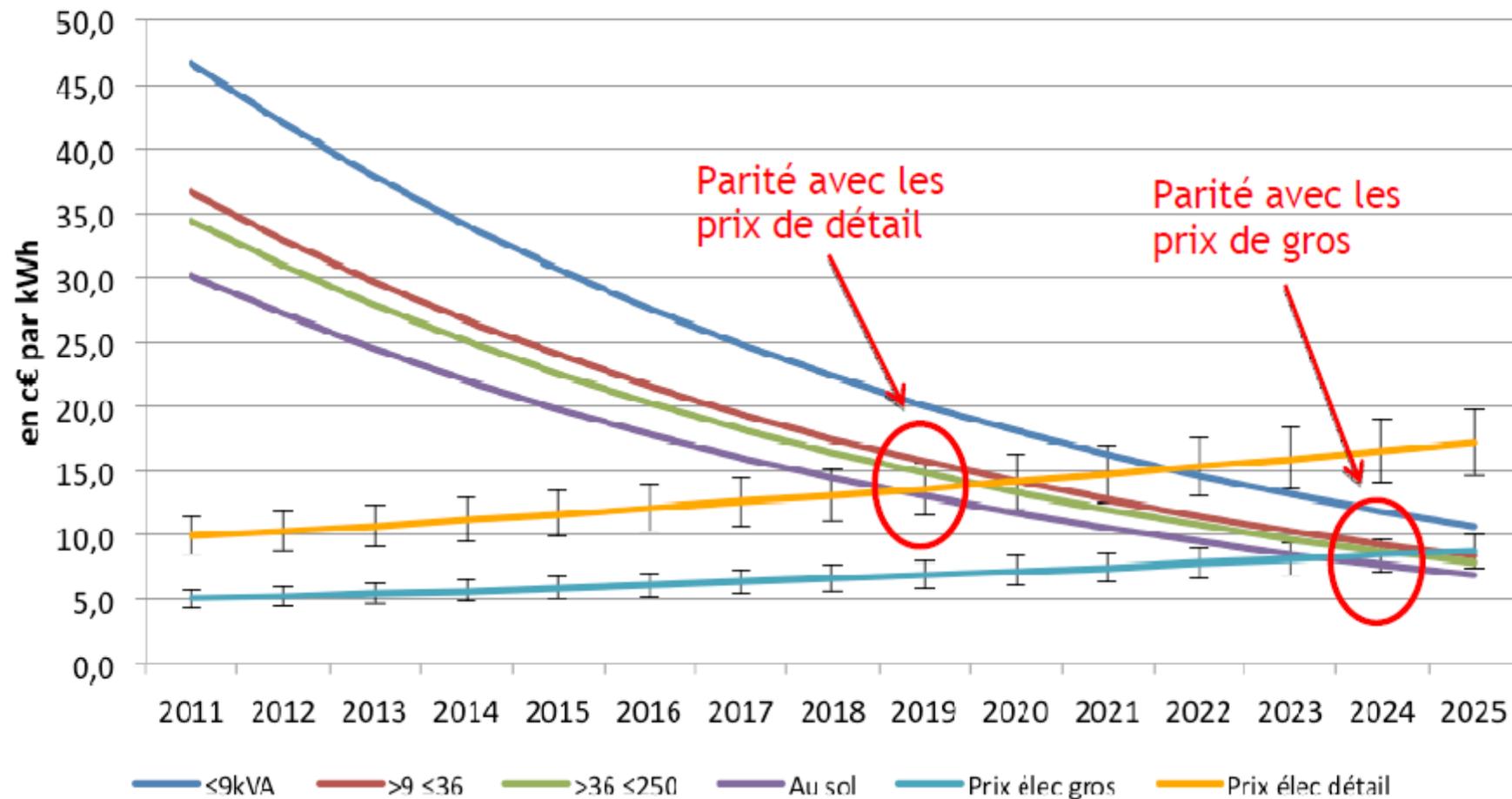
- Investissement + frais financiers
- Productivité (rendement + ensoleillement)
- Maintenance
- Démantèlement

Type d'installation	Prix en €/kWh 2009	Prix en €/kWh (estimation 2020)
3kWc (domestique)	0,32 à 0,83 €	0,21 à 0,53 €
30 kWc	0,25 à 0,38 €	0,19 à 0,27 €
1 MWc (sol)	0,19 à 0,27 €	0,15 à 0,20 €



Cout du kWh : la parité réseau en 2020 en France et presque partout au monde

Évolution comparée tarifs d'achat / prix électricité



Sources : Négawatt Scénario 2011
AIE : ETP 2010 pour la parité mondiale



Rachat du kWh : subvention via la CSPE

Le rachat du kWh est financé par la **contribution au service public de l'électricité (CSPE)**. Elle est acquittée par le consommateur final d'électricité directement sur sa facture.

Le rapport Charpin a montré qu'avec les tarifs de rachats en vigueur en 2010 (entre 0,32 et 0,58 €), le coût de la subvention du photovoltaïque représenterait une **charge annuelle entre 1,5 et 4,5 Mds €** selon le rythme de développement du PV.

Après un moratoire début 2011, un nouveau dispositif de régulation a été mis en place (dégressivité trimestrielle en fonction des volumes/appels d'offres).

Le taux de rachat est fixé par la **Commission de Régulation de l'Énergie**.

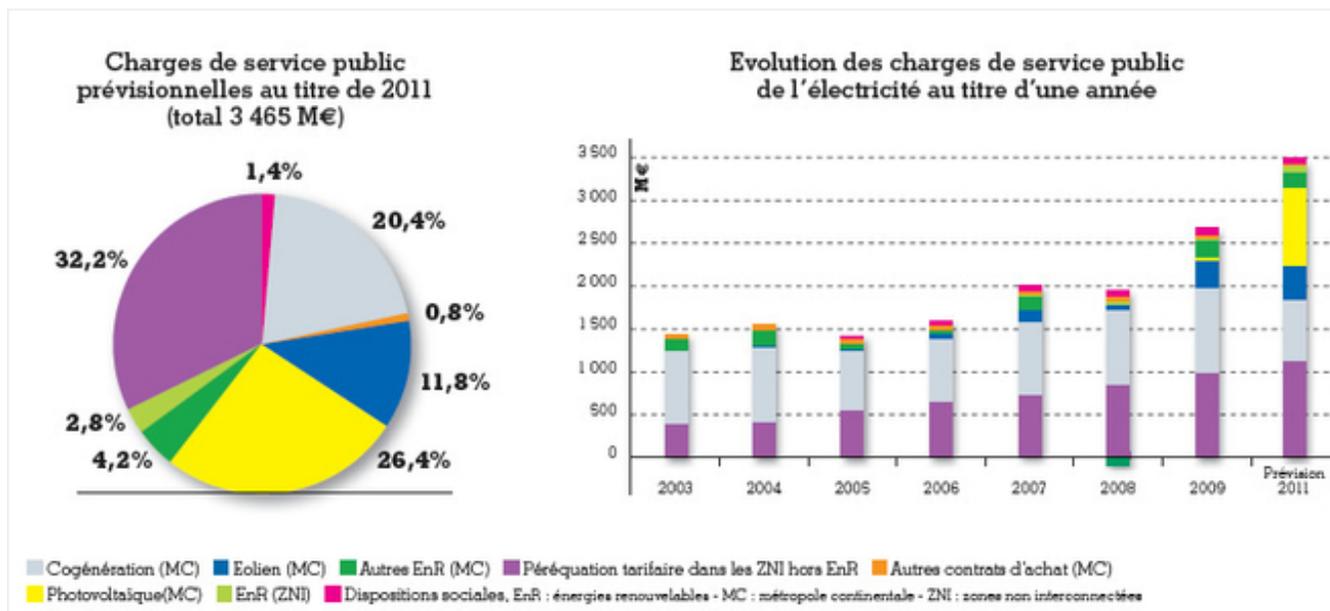
Les tarifs de vente de l'électricité photovoltaïque applicables à partir du 1 juillet 2012 au 30 septembre 2012 sont donc les suivants :

Type et puissance de l'installation		du 01/07/2012 au 30/09/2012 nh
Résidentiel	Intégration au bâti	[0-9kWc] 35,39 [9-36kWc] 30,96
	Intégration simplifiée au bâti	[0-36kWc] 18,42 [36-100kWc] 17,50
	Intégration au bâti	[0-9kWc] 24,64 [9-36kWc] 24,64
Enseignement ou santé	Intégration simplifiée au bâti	[0-36 kWc] 18,42 [36-100 kWc] 17,50
	Intégration au bâti	[0-9kWc] 21,36
Autres bâtiments	Intégration simplifiée au bâti	[0-36kWc] 18,42 [36-100kWc] 17,50
	Tout type d'installation	[0-12MW] 10,51

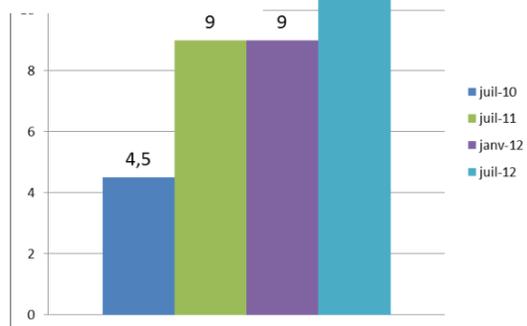
note nh = en attente de l'homologation par publication au Journal Officiel d'un arrêté



Rachat du kWh : subvention via la CSPE



CSPE en € HT/MWh

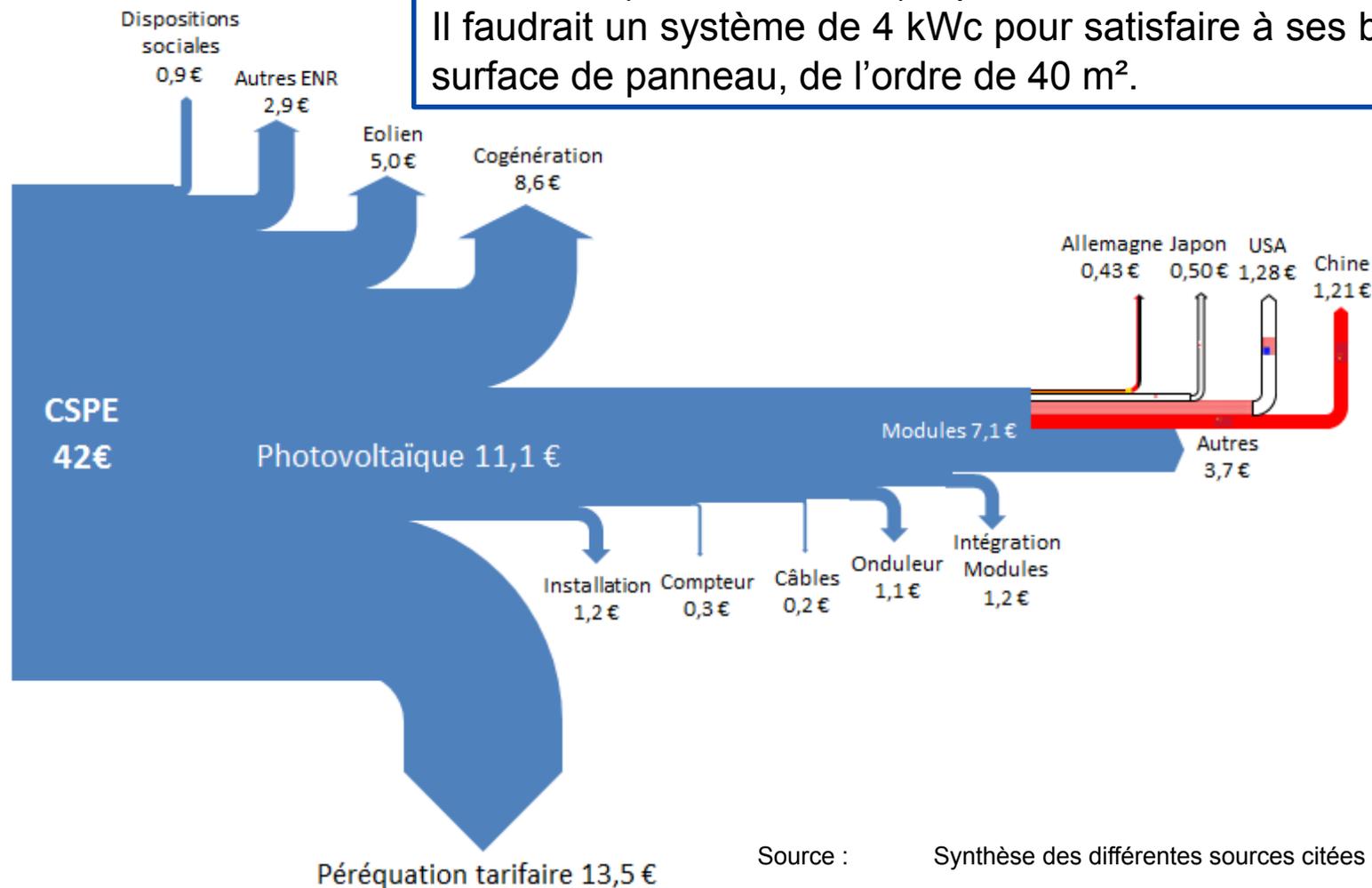


En 2012, pour les clients résidentiels au tarif Bleu, l'évolution moyenne de la facture TTC est de 1,3 %, ce qui correspond à 9 € TTC par an



la CSPE, moi, le PV et les chinois

La consommation électrique moyenne d'un ménage français est de 4000 kWh (source ADEME) représentant une CSPE de 42 €. Il faudrait un système de 4 kWc pour satisfaire à ses besoins, soit en surface de panneau, de l'ordre de 40 m².



Source : Synthèse des différentes sources citées



4 - Les perspectives du solaire photovoltaïque



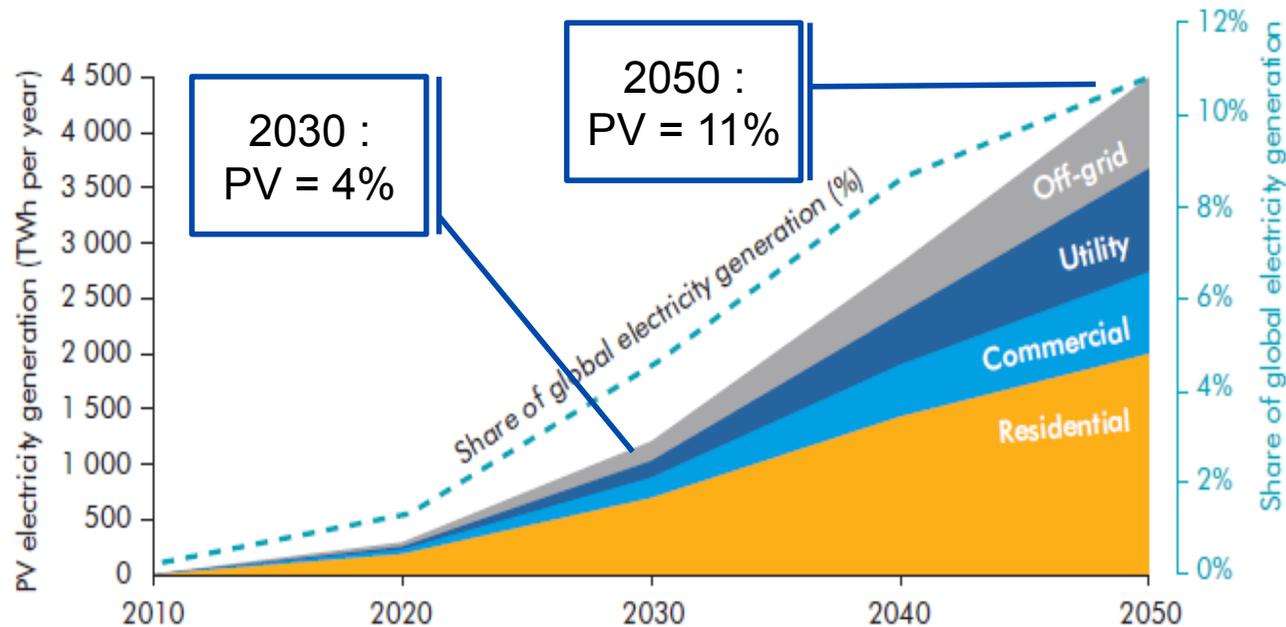
La dynamique du solaire PV

La forte croissance observée ces dernières années va se poursuivre du fait :

- de la réduction des coûts du système (effet volume),
- de la volonté politique de développer les ENR (cout des énergies fossiles en augmentation & réchauffement climatique),
- De l'augmentation du cout des énergies fossiles



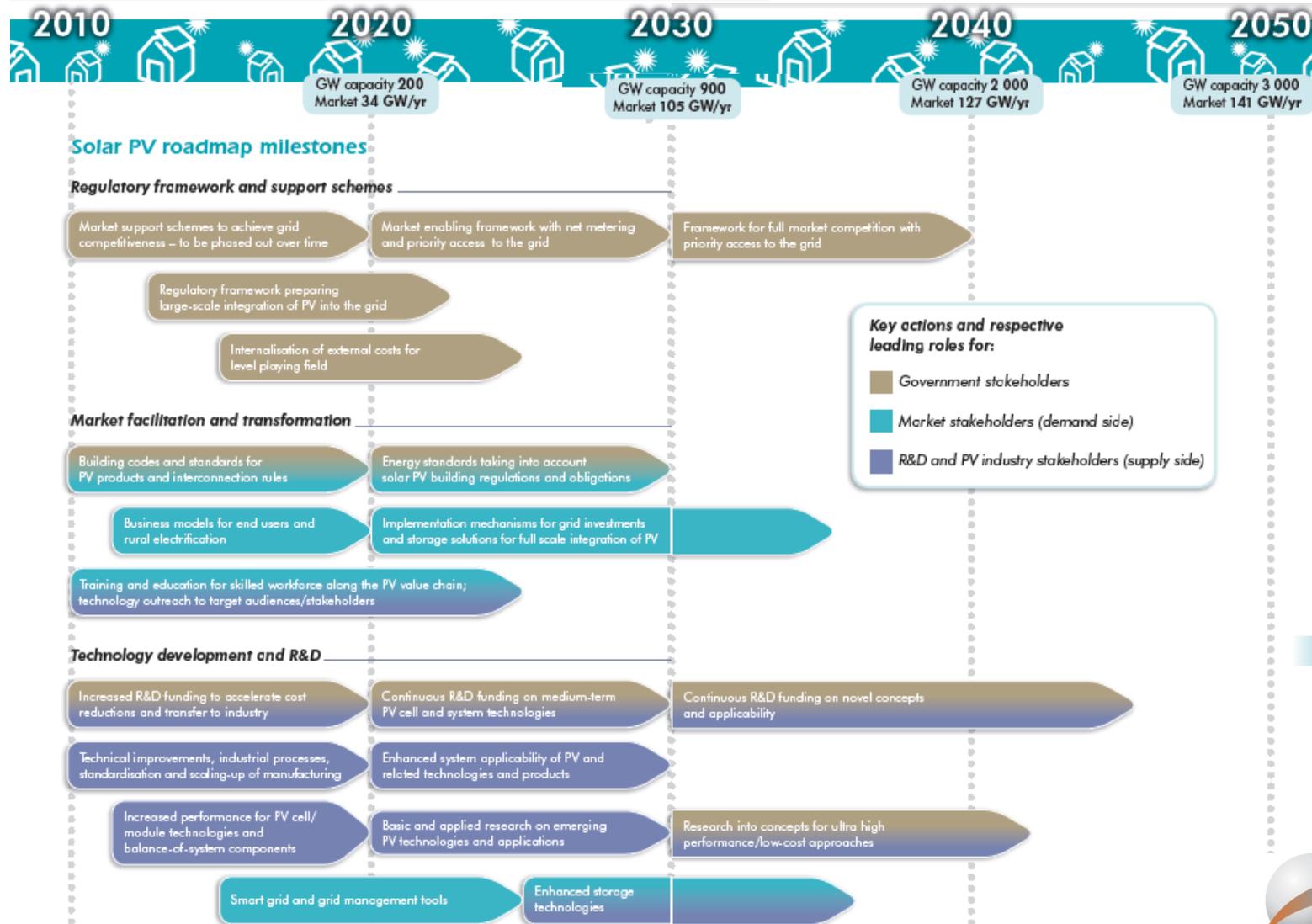
Projections du solaire PV mondial selon l'agence internationale de l'énergie (AIE)



“By 2050, PV global cumulative installed capacity could reach 3 000 GW, providing 4 500 TWh per year, i.e. around 11% of global electricity production, avoiding 2.3 gigatonnes (Gt) of CO2 per year”.



Roadmap PV selon l'AIE



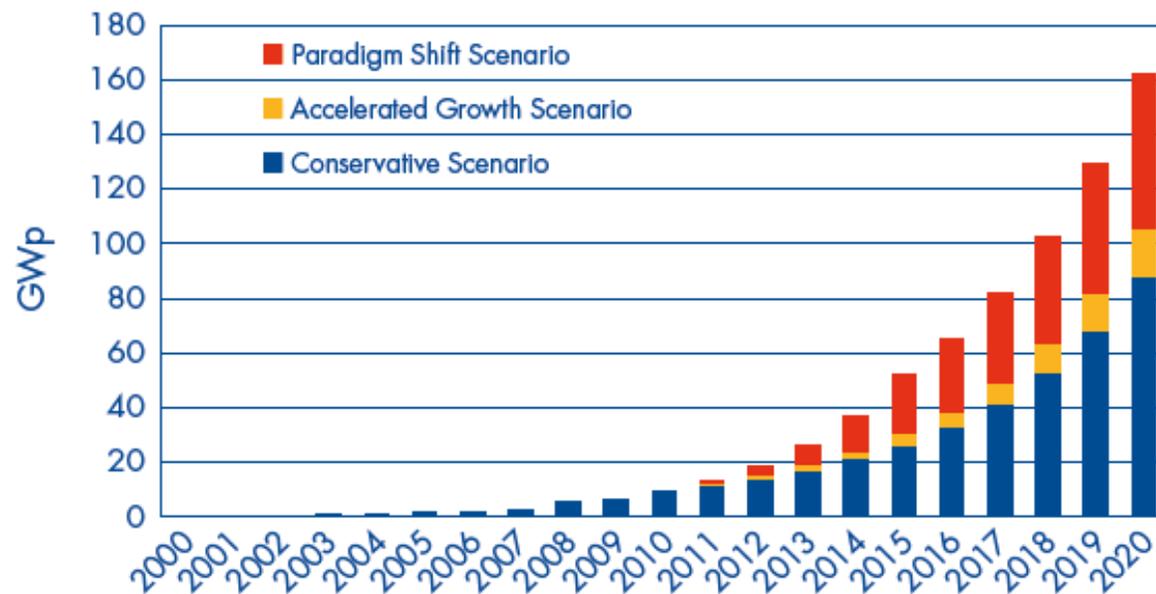
Paramètres clés jusqu'en 2050 selon l'AIE

- 2020 :
 - réduction du prix de 50%,
 - parité réseau,
 - mesures politiques pour renforcer le marché,
- 2030 :
 - larges systèmes PV à 0,13 USD/kWh.
 - L'intégration au réseau, la gestion et le stockage de l'énergie sont les principales difficultés nécessitant le développement des "Smarts Grids"
- Nécessité de collaborations fortes internationales des industriels (R&D) et aides des gouvernements pour réduire les couts rapidement et innover sur le long terme.



Projections du solaire PV mondial selon la « European Photovoltaic Industry Association (EPIA) »

Historical development and future growth of the global PV annual market

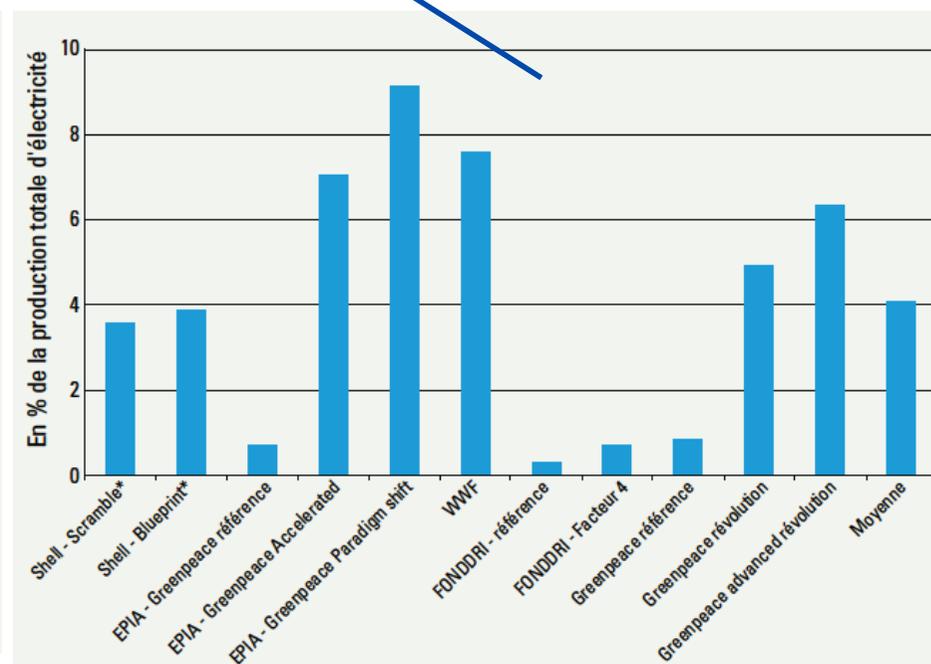
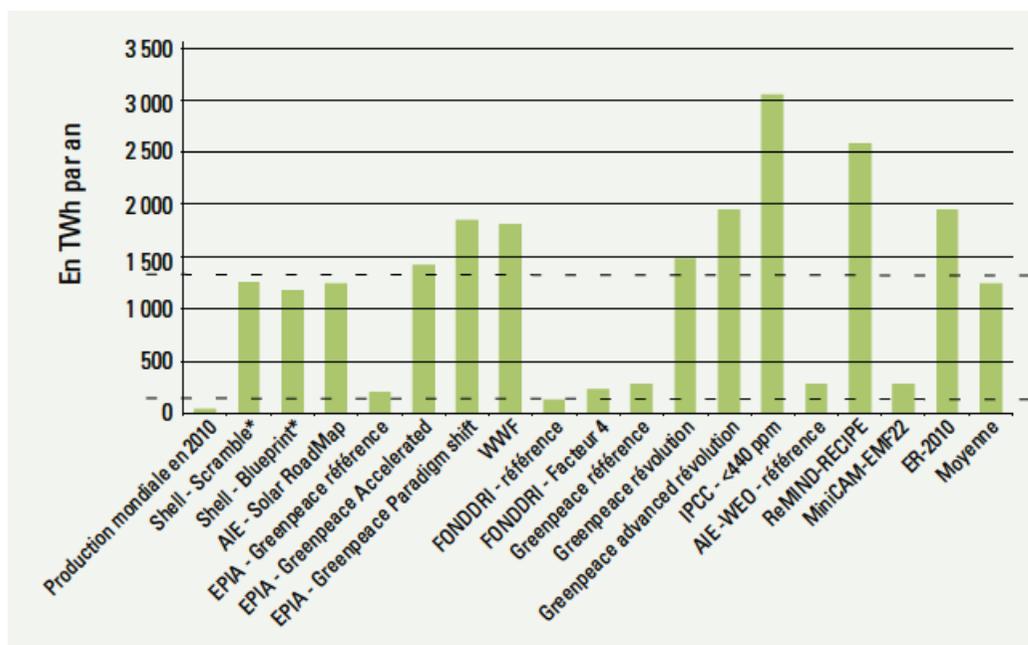


Source : EPIA SET for 2020 study



Solaire PV dans les différents scénarios en 2030 dans le monde

2030 :
PV entre 1 et 9%
(rappel 4% pour l'AIE)

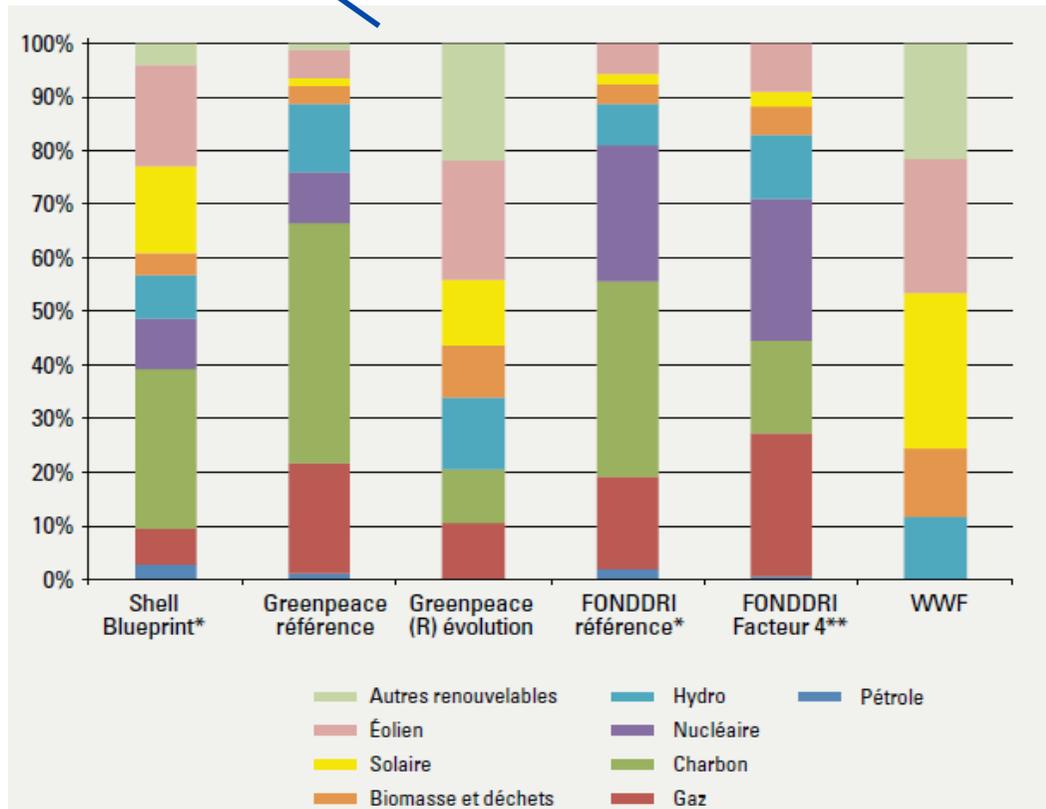
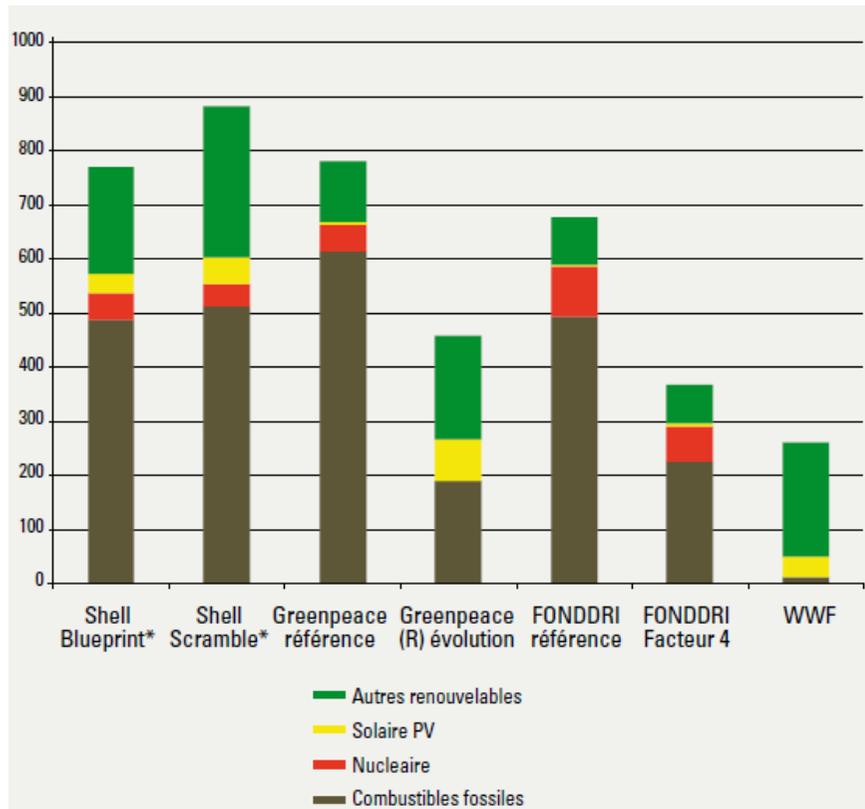


Mix énergétique et électrique dans les différents scénarios dans le monde en 2050

Mix énergétique

2050 :
PV entre 3 et 30 %
(rappel 11% pour l'AIE)

Mix électrique

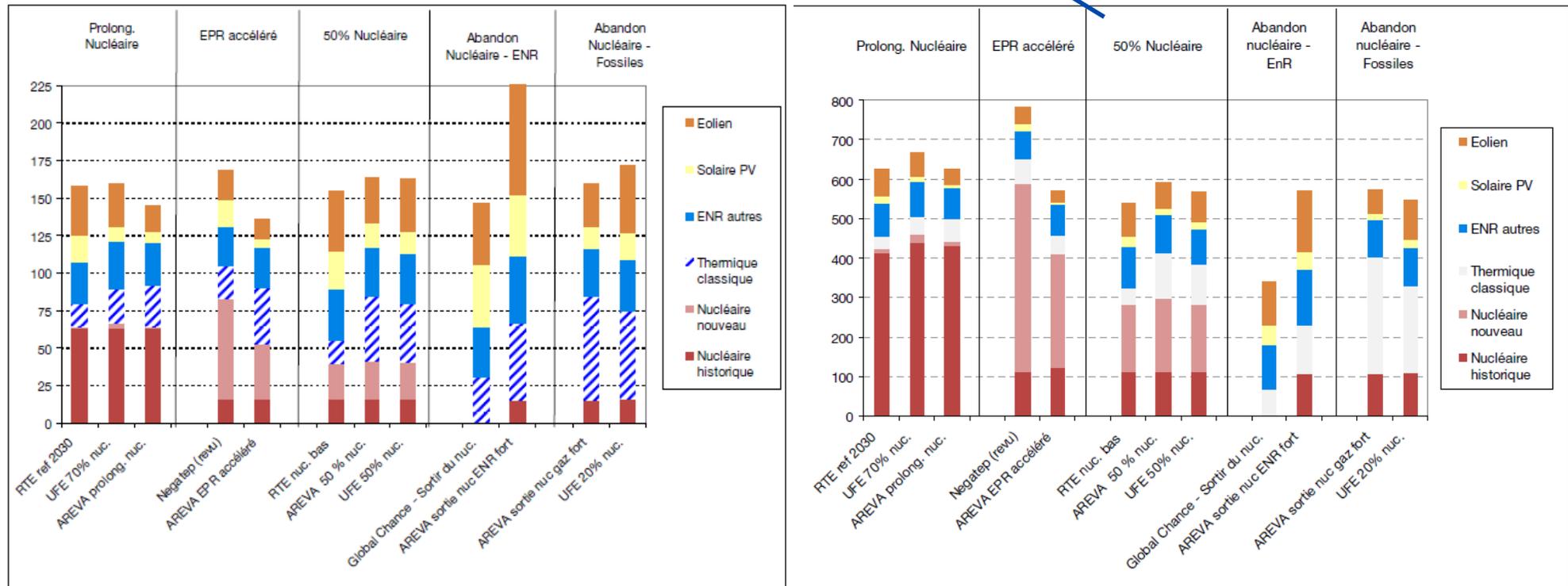


Scénarios 2030 en France

2030 :
PV entre 1 et 14%

Capacité en GW

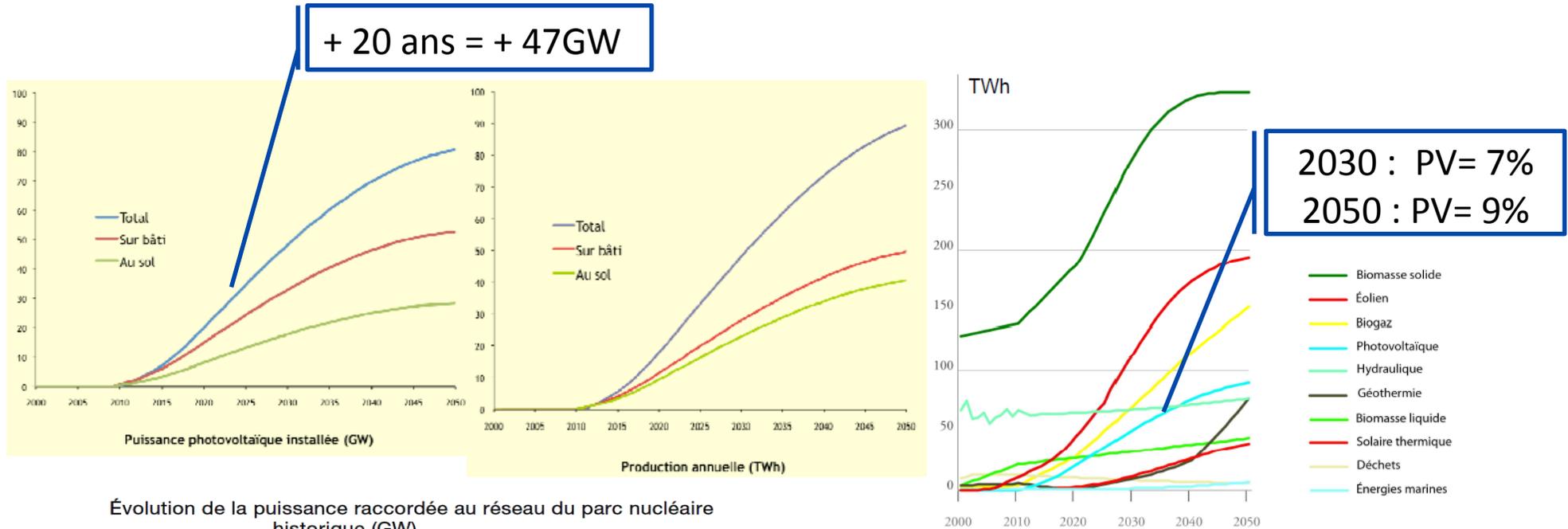
Production en TWh



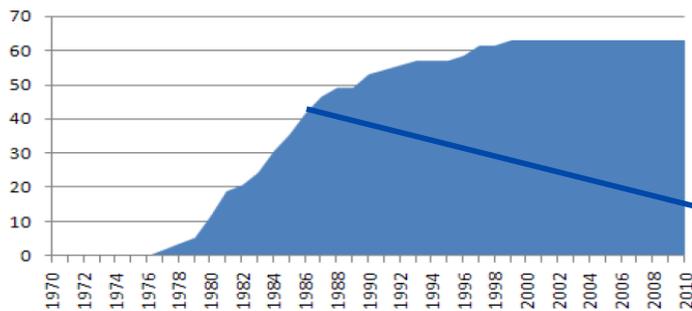
Source : Commission Energie 2050



Scénario 2030 en France (Négawatt 2011)



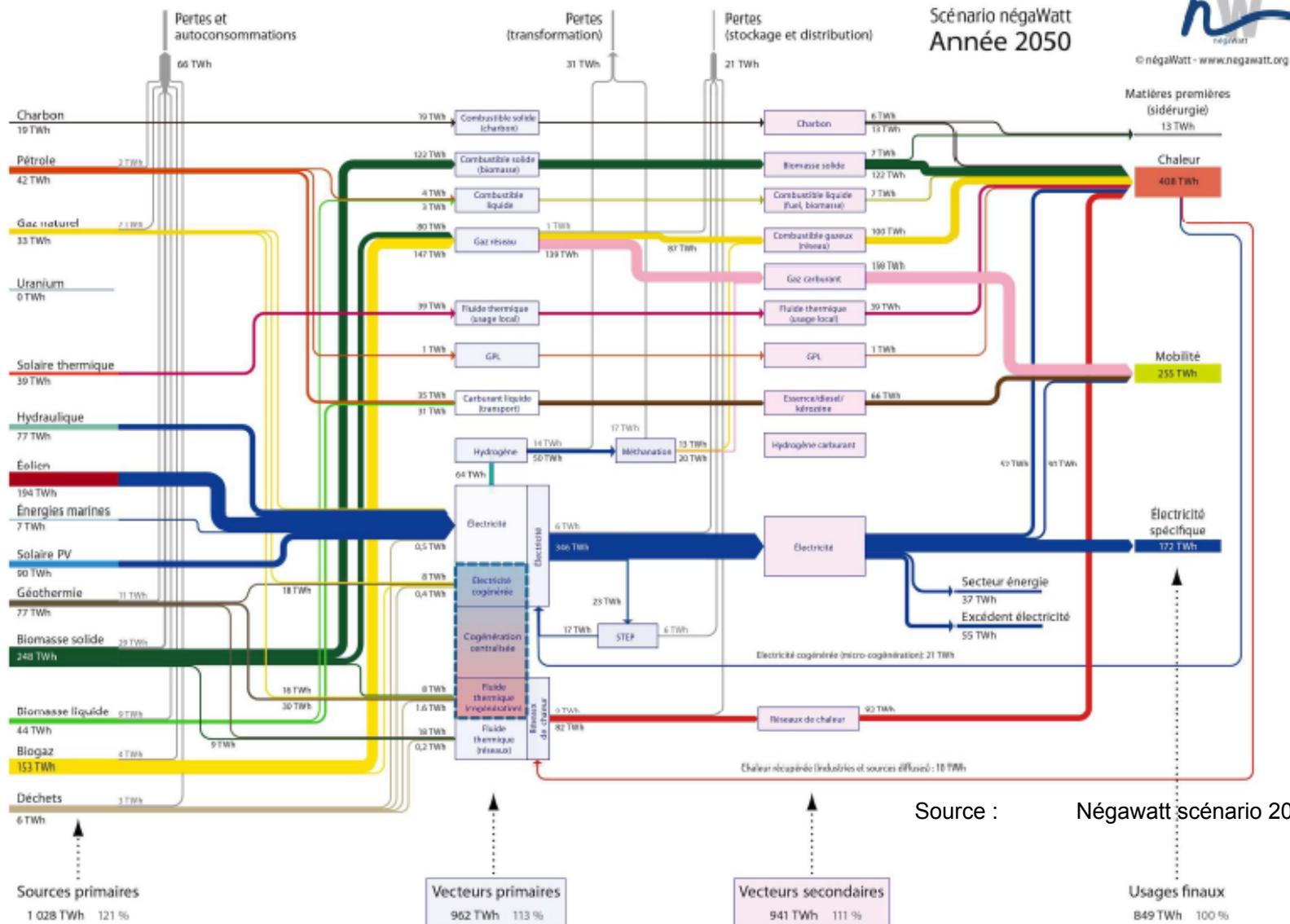
Évolution de la puissance raccordée au réseau du parc nucléaire historique (GW)



Sources : Négawatt scénario 2011
Commission de l'énergie 2050



Scénario 2030 en France (Négawatt 2011)



Source : Négawatt scénario 2011



Bilan des scénarios en 2030: part du PV dans la production d'électricité

	Monde		France	
	2010	2030	2010	2030
Solaire PV	<0,1%	4% (entre 1 et 9%)	0,4% 1,8TWh	7% ~100 TWh (entre 1 et 14%)
Superficie équivalente (en km2) (*)			18 km2	~1000 km2

(*) ordre de grandeur 1m2 = 100kWh par an

Source :

Compilation des sources citées
enr.fr et manicore.fr pour l'ordre de grandeur 1m2= 100 kWh en moyenne par an en Europe/France



Quelle surface PV en France en 2030 ?

2010 : 18 km²
XVIème arrondissement (16km²)

2030 : ~1000 km²
Petite Couronne (645km²)

