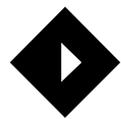


Photowatt®



Panorama du solaire photovoltaïque en France et dans le Monde

10 mai 2017

EDF ENR PWT



Photowatt intégré au Groupe EDF



Raison sociale : EDF ENR PWT

- 1^{er} électricien mondial
- 1^{er} producteur d'énergie nouvelles et renouvelables en Europe avec 28,3 GW de puissance installée
- 38,5 millions de clients dans le monde
- 72,9 milliards d'euros de chiffre d'affaire

- Un leader dans les énergies renouvelables
- 7.9 GW installés, 1.6 GW en construction
- Compétences intégrées sur toute la chaîne de valeur
- Présence Mondiale

- Pionnier du solaire photovoltaïque depuis 35 ans
- Production intégrée de wafers, cellules et modules
- Haute Qualité « French Engineering »

EDF EN : un leader des énergies renouvelables

Une expertise multi-filières



EOLIEEN
terrestre & offshore



SOLAIRE
photovoltaïque

- + Biomasse
Biogaz
- + Energies
marines

Autres EnR

Une présence internationale

21 pays ~ 3 029 personnes



Amérique

Europe

**Afrique / Inde
Proche & Moyen-Orient**

Des compétences intégrées

toute la chaîne de valeur du renouvelable



Développement



Construction



Production



**Exploitation/
Maintenance**

Une position de leader sur son secteur

Activité de production

- **8 989 MW** bruts installés
- **1 620 MW** bruts en construction*
- **10,4 TWh** d'électricité verte produite en 2015

Activités complémentaires

- **3 201 MW** développés, construits et cédés
- **14 323 MW** en exploitation-maintenance*

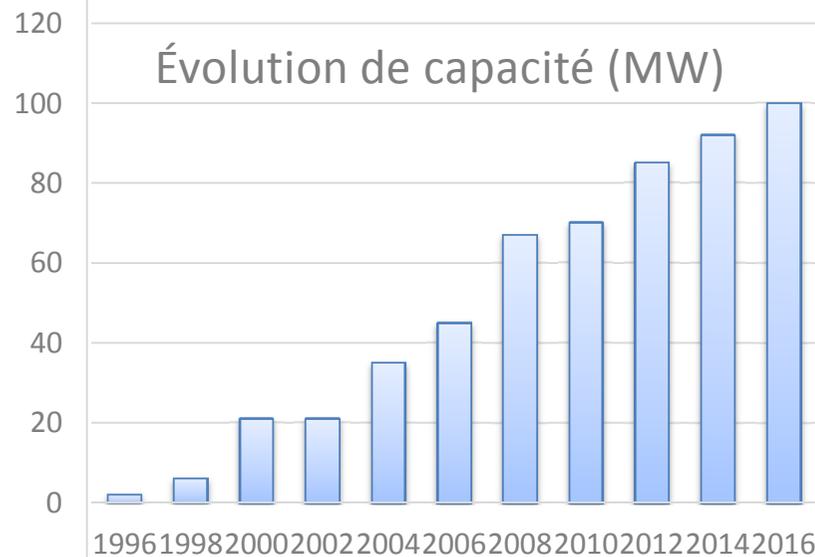
• Pour compte propre et compte de tiers

Chiffres au 30 juin 2016

MW bruts : capacité totale des centrales dans lesquelles EDF EN est actionnaire



L'histoire de Photowatt, pionnier du Photovoltaïque



2016
Lancement des modules en technologie Crystal Advanced®



2012
Photowatt & PVA (355 employés) sont détenus à 100% par EDF ENR



2014
Réouverture d'une ligne d'assemblage modules en France



2008
Lancement de PV Alliance avec EDF ENR et le CEA au sein de Photowatt pour développer des cellules haut rendement

2000
Photowatt top 3 mondial avec Siemens et BP (Solarex) sur les technologies Mono and Poly

1997
ATS (Canada) acquiert Photowatt et investit 100M€ pour augmenter la capacité de production de 3 à 70MW

1979
Création de Photowatt en tant que centre de recherche, fruit d'un essaimage de Philips (cellules solaires pour les satellites)



Production d'électricité en France (2016)



72,3 %

3,9%

12 %

1,6%

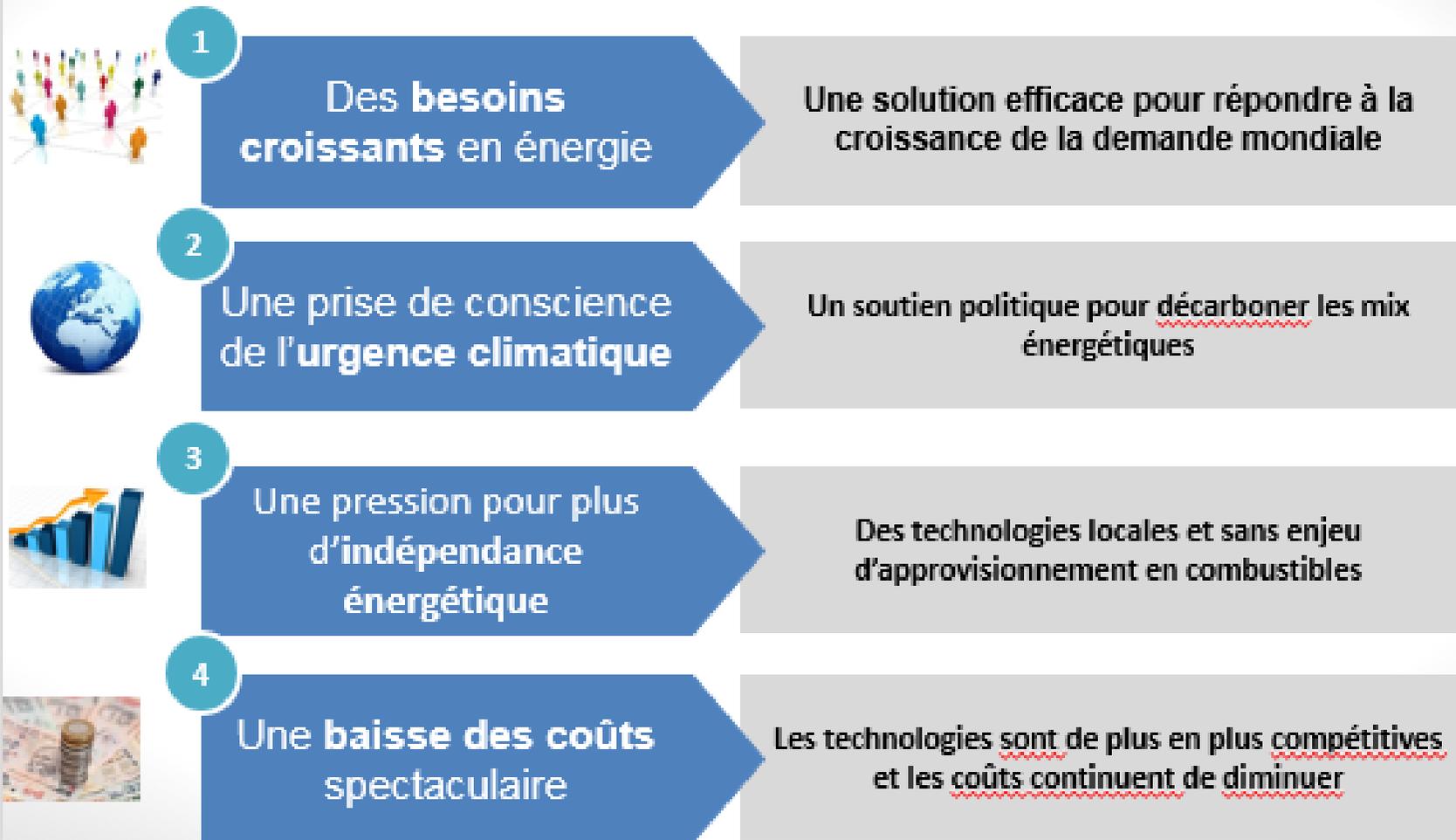
Bioénergies : 1,6%

A 91,4 % faible contenu CO2

Thermique : 8,6%



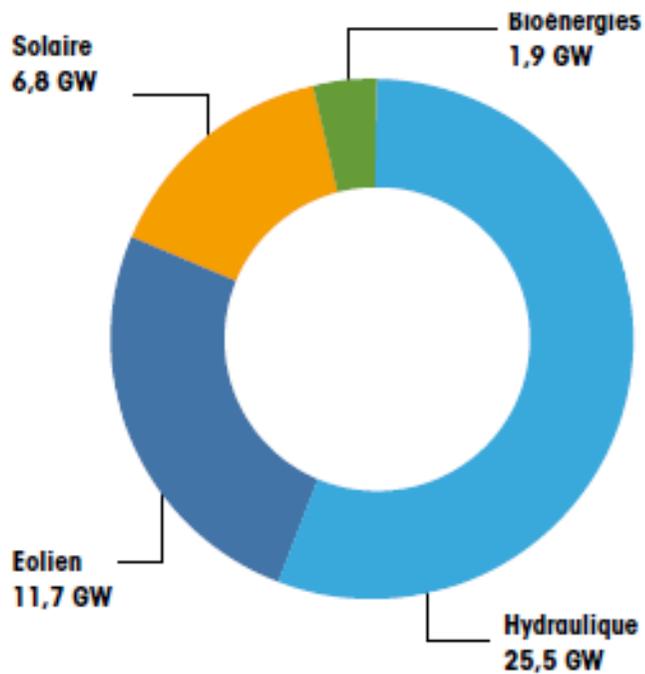
Les ENR profitent d'un contexte porteur





En France 15 % des ENR sont désormais d'origine solaire

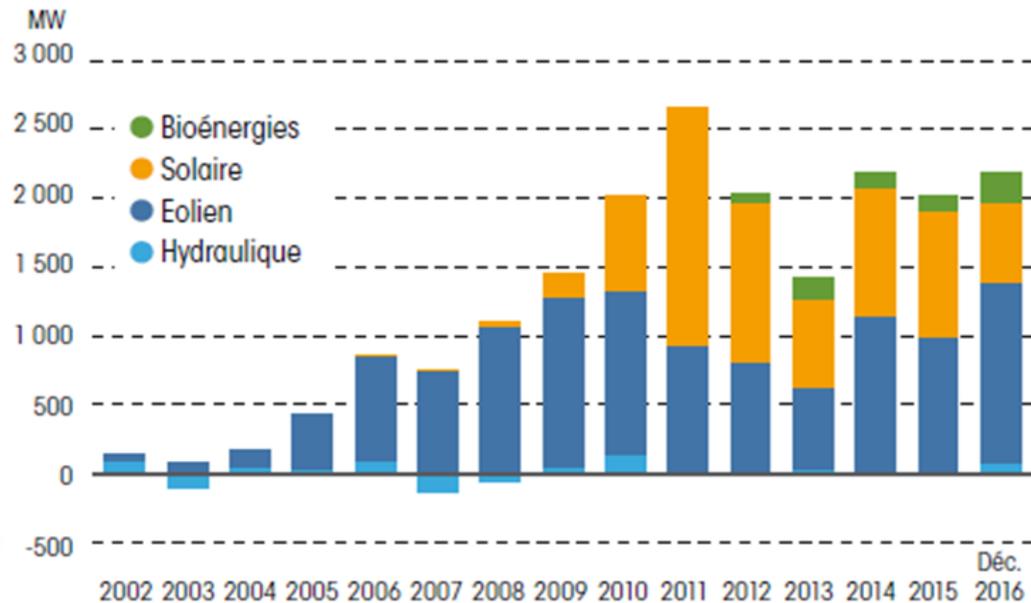
Parc renouvelable
au 31 décembre 2016



Panorama de l'Electricité renouvelable
au 31/12/2016. RTE, Enedis, SER

~20% % d'ENR en France,
L'hydraulique (12%) reste
majoritaire mais la croissance
est portée par l'éolien et le

Evolution de la puissance raccordée



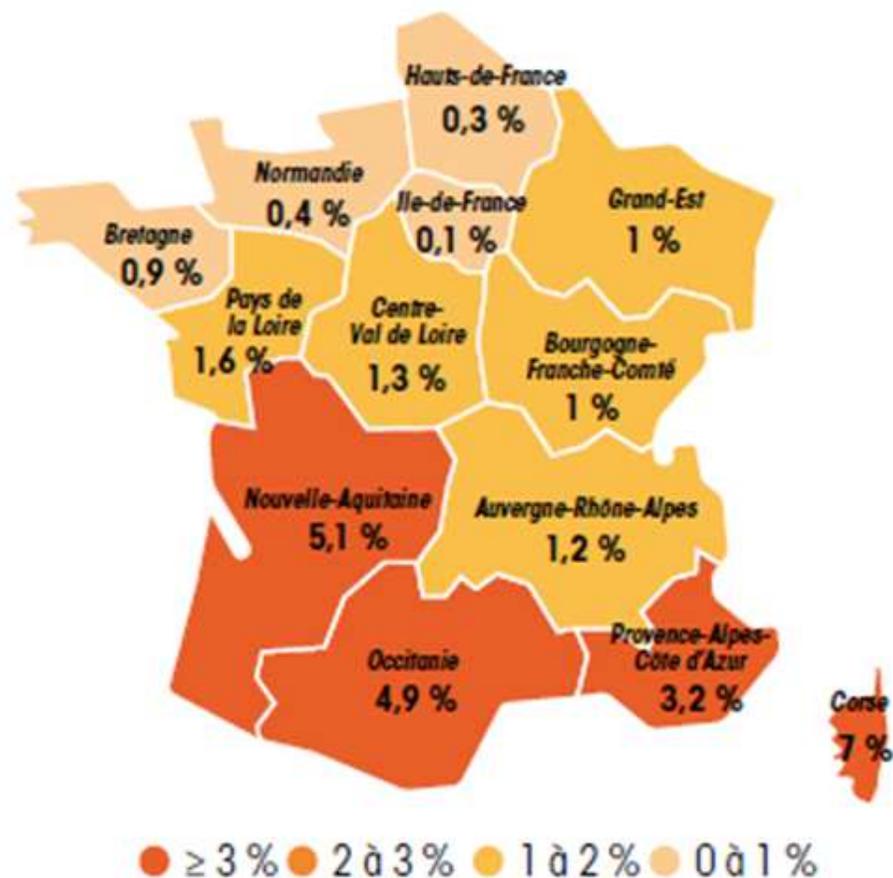


Le solaire, 1,7 % de la consommation d'électricité en moyenne dans l'héxagone

En 2016, certaines régions de France dépassent les 5% de pénétration du Solaire PV. Ce n'est plus négligeable.

En Italie, à 7,8% on se rapproche du seuil de 10%.
Ex : Californie avec 13%.

Couverture de la consommation par la production solaire, en 2016



Source : Panorama de l'Electricité renouvelable au 31/12/2016. RTE, Enedis, SER



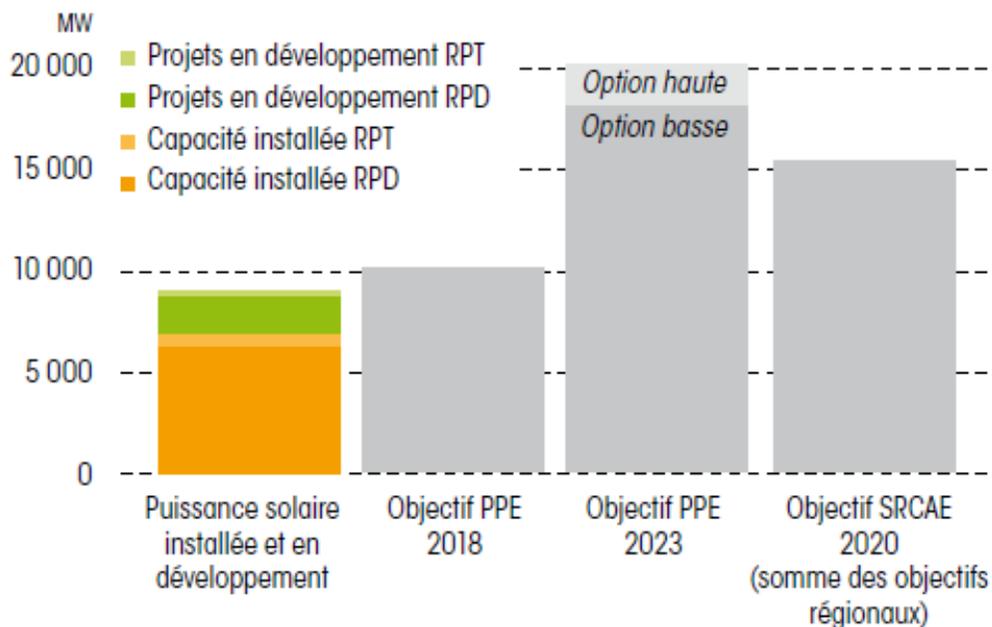
Un champ solaire peut il être beau ?





Des objectifs ambitieux pour le PV en France

Puissance installée et projets en développement au 31 décembre 2016, objectifs PPE et SRCAE, pour le solaire



Panorama de l'Electricité renouvelable au 31/12/2016. RTE, Enedis, SER

En Gwc installés :

PPE 2018 : 10,2

PPE 2023 : 18,2 / 20,2

Réalisé 2016 : 6,7

En développement : 2,3

Soit 89% PPE 2018.

2 Gwc/an d'AOCRE lancés

Prix Q1 2017 :

Sol : 6,3 & Bât : 10,6 cts/Kwh

(record 2,4 ct\$/Kwh Dubai)

Autoconsommation : avec ou sans injection de surplus, AOCRE 450 Mwc, Arrêté tarifaire; merci Linky ↔

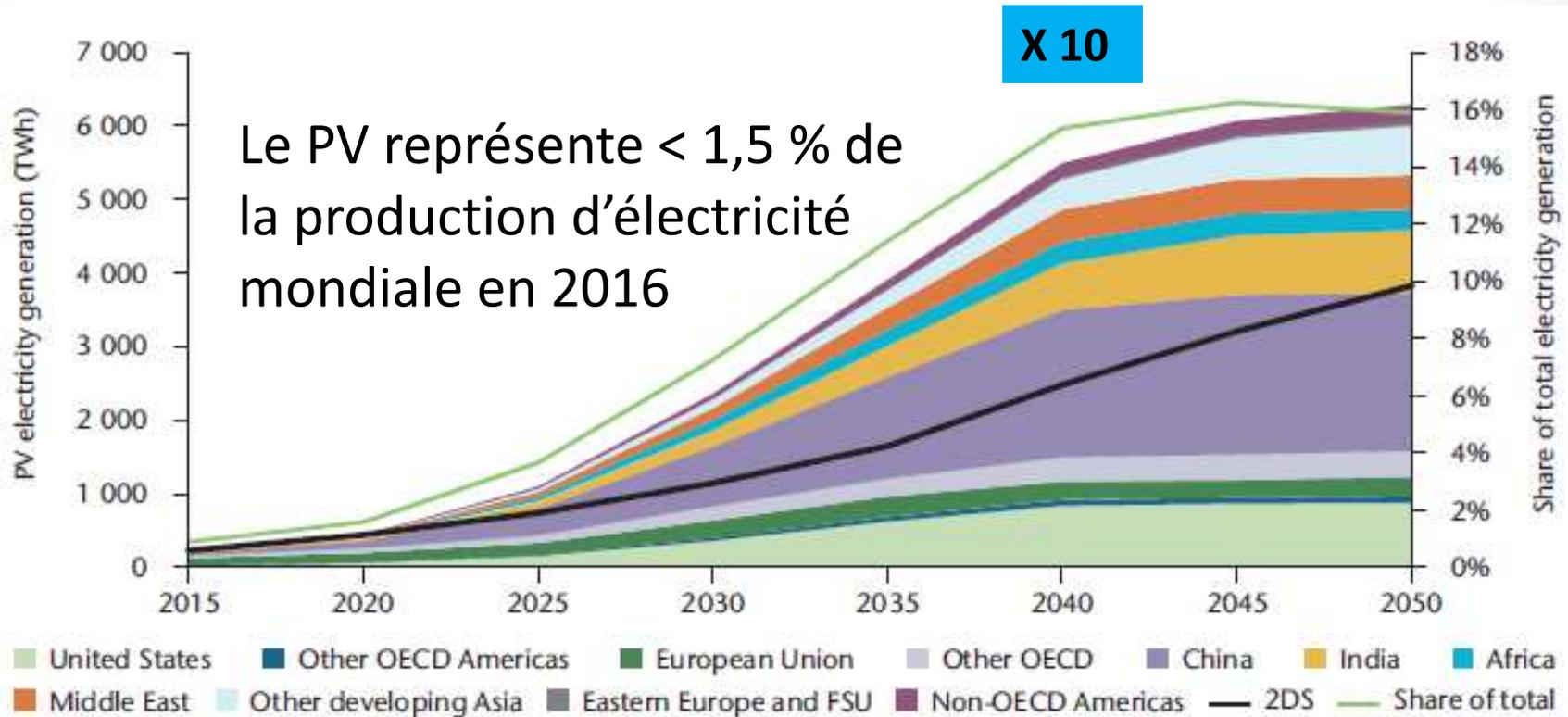


Offre EDF ENR

Mon Soleil & Moi[®]



Pour l'IEA, le solaire PV va représenter > 16% des capacités de production électrique

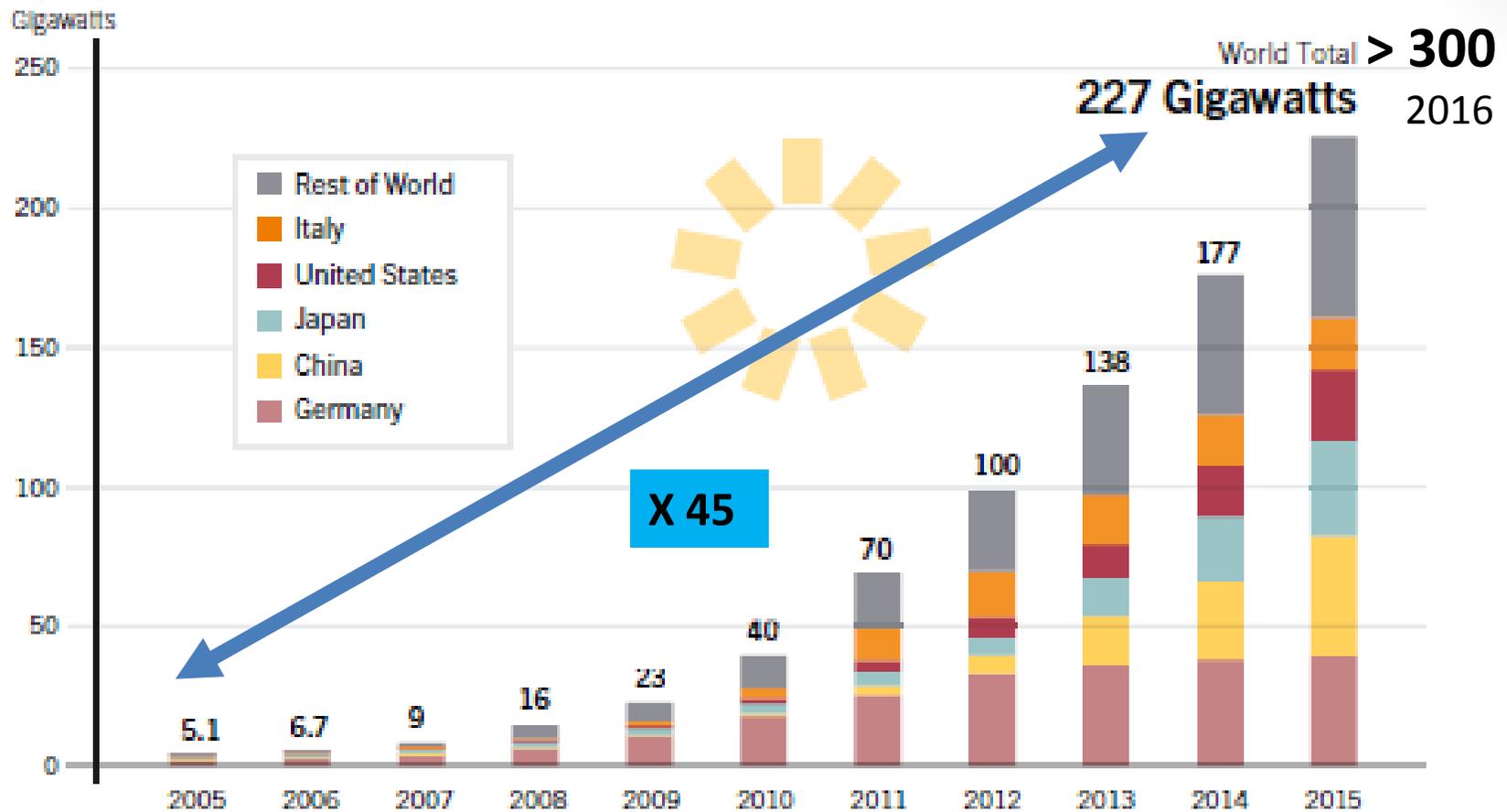


KEY POINT: in the hi-Ren scenario, PV provides 16% of global electricity by 2050, and China has a 35% share of the total PV electricity production.



Une croissance exponentielle des volumes installés de solaires PV dans le monde...

re 15. Solar PV Global Capacity, by Country/Region, 2005–2015





... et la demande va rester soutenue.

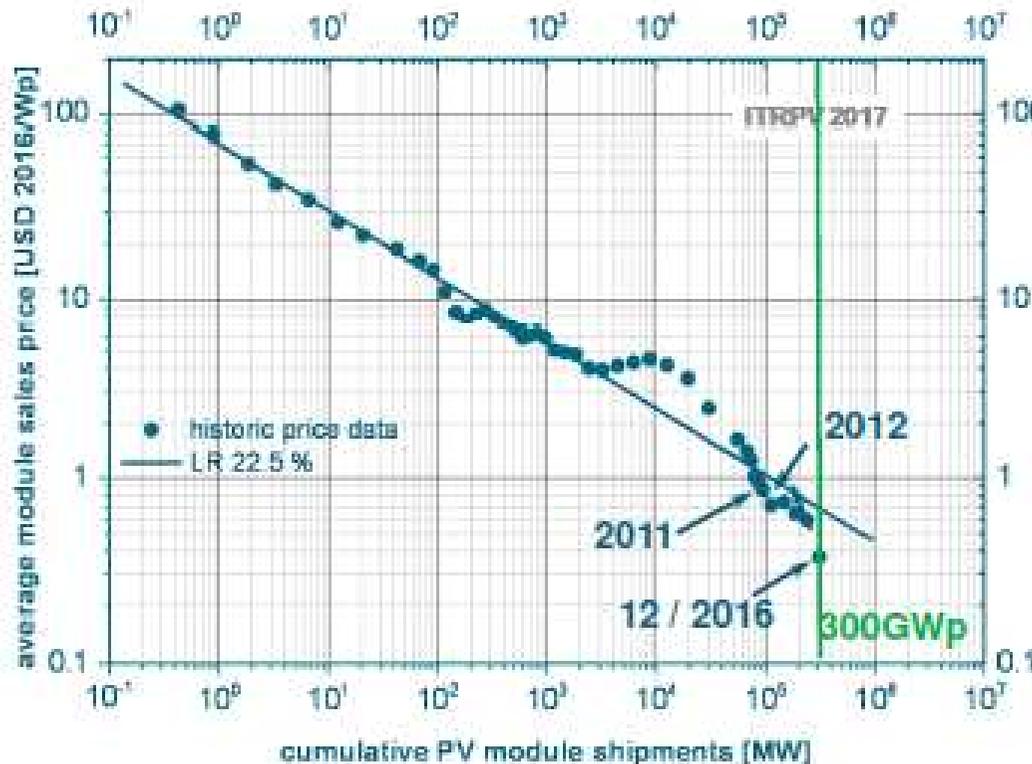




L'émergence d'une industrie chinoise du Solaire PV a fait baisser les coûts....

Entre 2006 et 2012 la Chine a créé une industrie de fabrication de cellules et panneaux photovoltaïques cristallins qui représentent aujourd'hui > 90 % de l'offre mondiale, soit ~70 Gwc / an.

Les « gigafabs » représentent 1,6 millions d'emplois en Chine.



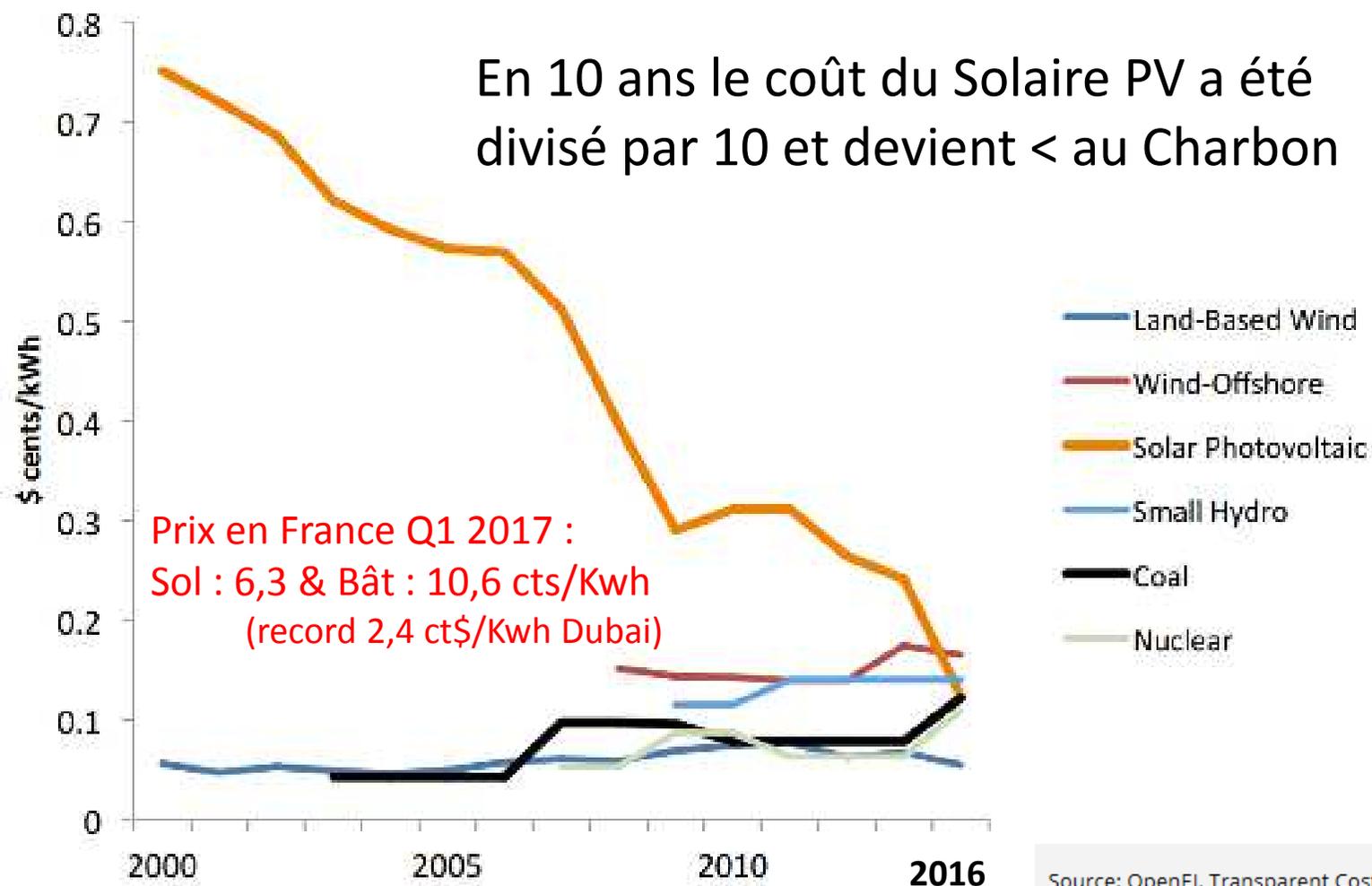
Baisse des prix : 01/2011 à 01/2016 : - 64%

Baisse des prix : 01/2016 à 01/2017 : - 36%

=> Pression énorme
sur les fabricants

▶ Les coûts du solaire sont comparables au Mix

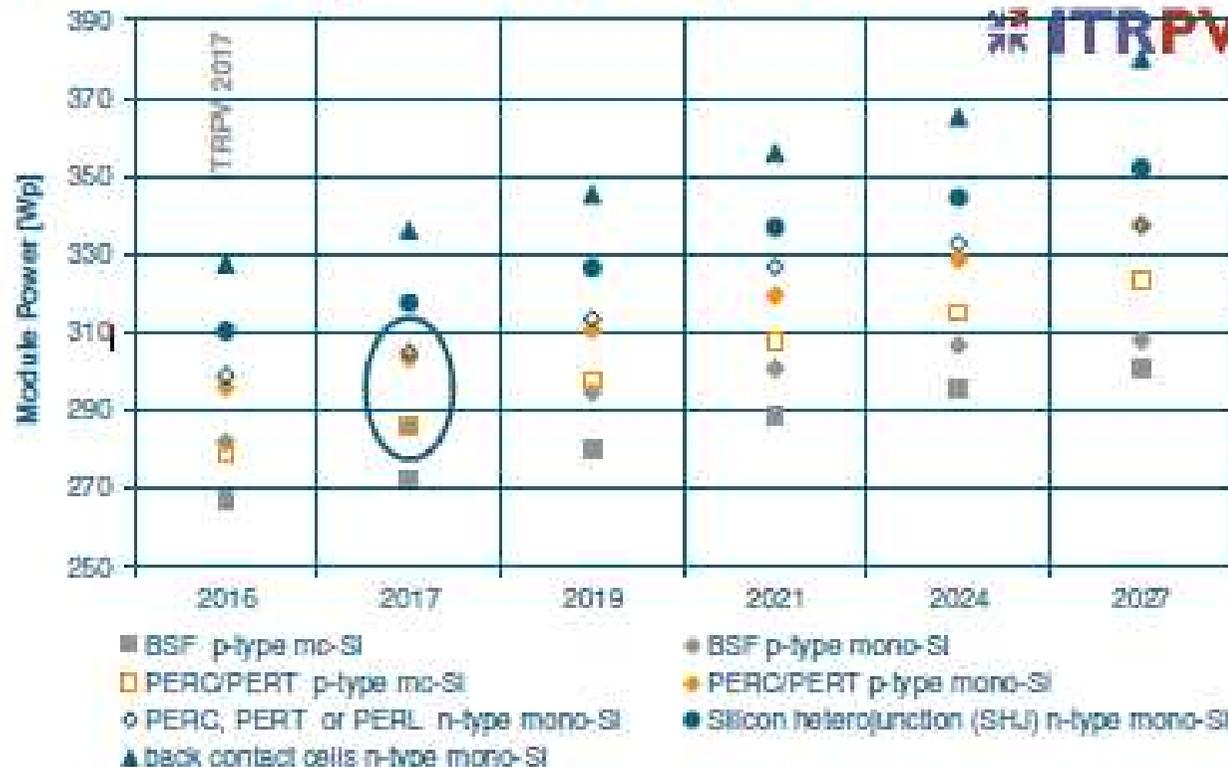
Levelized Cost of Energy (World Average)





.... Et les coûts vont continuer à baisser

Trend: module power of 60 cell (156x156mm²)



La durée de vie d'un module PV va passer d'~25 ans à > 30 ans : - 20%

Le rendement des cellules / panneaux va passer de 270 Wc à ~330 Wc : - 20%

60 cell modules 2017:

Mono p-type PERC: 305 W are standard

Multi p-type PERC: 285 W are common

Batteries contre intermittence, quel horizon : 5-10 ans ?

EDF s'est engagé à accélérer le développement des ENR et parvenir à un mix équilibré avec le nucléaire

CAP 2030



- Doublement de la capacité installée en ENR : **de 28 GW à 50 GW en 2030**
- EDF investit **+ de 2Mds€ / an** dans les renouvelables et + dans les années à venir pour atteindre l'ambition fixée

 **EDF**
énergies nouvelles
en 2030

- Un leader mondial des énergies nouvelles (**éolien et solaire**)
- Une implantation forte en **Europe** et aux **Etats-Unis**
- Une exposition croissante aux **pays émergents**, en particulier en Asie

 **EDF** DPIH
en 2030

- Maintien **des parts de marchés** au sein du périmètre EDF en France
- Exposition croissante à **l'international** et développement de la petite hydraulique : **+2 GW**



Transition énergétique ≠ Transition électrique

L'électricité représente 25 % de la consommation d'énergie finale en France (149 Mtep en 2015), contre moins de 20% en moyenne dans le Monde.

En France, l'électricité est décarbonnée à 92 % (Nucléaire + Hydro+ ENR).

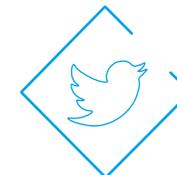
Respecter les engagements de la COP 21 (2°, CO2 /4 entre 1990 et 2050), revient à se concentrer sur les 75% d'énergie consommée non électrique et carbonée : transport et thermique dans le bâti principalement.

La croissance de la consommation électrique peut être estimée à un doublement d'ici 2050 avec une trajectoire d'équilibre entre Nucléaire et ENR.

◆ Les actions à mener pour la transition énergétique

- Développer les ENR Thermiques
- Développer les Transports propres (voitures électriques & autonomes)
- Développer l'efficacité Energétique (Isolation des bâtiments ...)
- Mettre en place une véritable taxe carbone pour financer la transition énergétique
- Consolider la filière Nucléaire pour assurer une base décarbonnée suffisante, créatrice de 225.000 emplois en France (42.000 en AuRA)
- Exporter notre filière nucléaire dans le monde pour répondre à la croissance et à la transition énergétique prévue dans les pays en émergence (200 réacteurs en prévision dans le monde – 100 en chine, 50 en Inde dans les 15 – 20 ans à venir)
- Faire émerger des innovations de rupture dans les filières ENR, notamment en solaire photovoltaïque où la France est pionnière.

◆ Merci !



◀ Nos Références



Champs solaires



Off-grid



Bâtiments industriels



Bâtiments résidentiels



Notre processus

- Photowatt est co-fondateur
- Un panneau solaire se recycle à hauteur de 96%.

- Silicium : produit à partir de quartz
- Fondu en lingots de 450 kg à 1.500°C et cristallisé



- Les lingots sont découpés en 25 briques de 11 kg

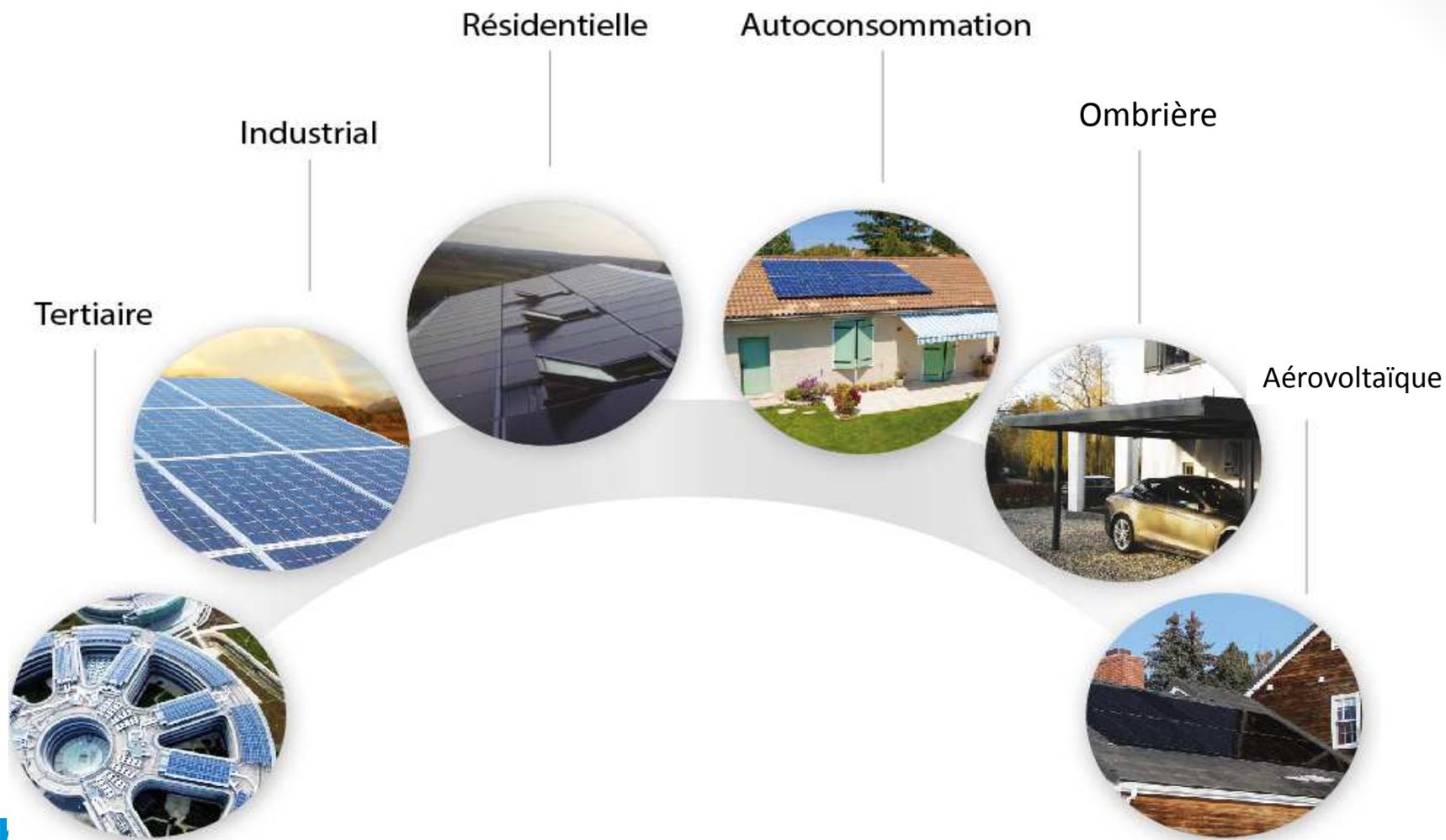
- Texturisation des wafers
- Jonction p/n créée par diffusion de phosphore
- Couche anti reflet
- Contacts (métallisations) sérigraphiés sur les deux faces

- Les cellules sont assemblées pour former les modules

- Texturisation des wafers
- Jonction p/n créée par diffusion de phosphore
- Couche anti reflet
- Contacts (métallisations) sérigraphiés sur les deux faces

▶ Gamme Solutions

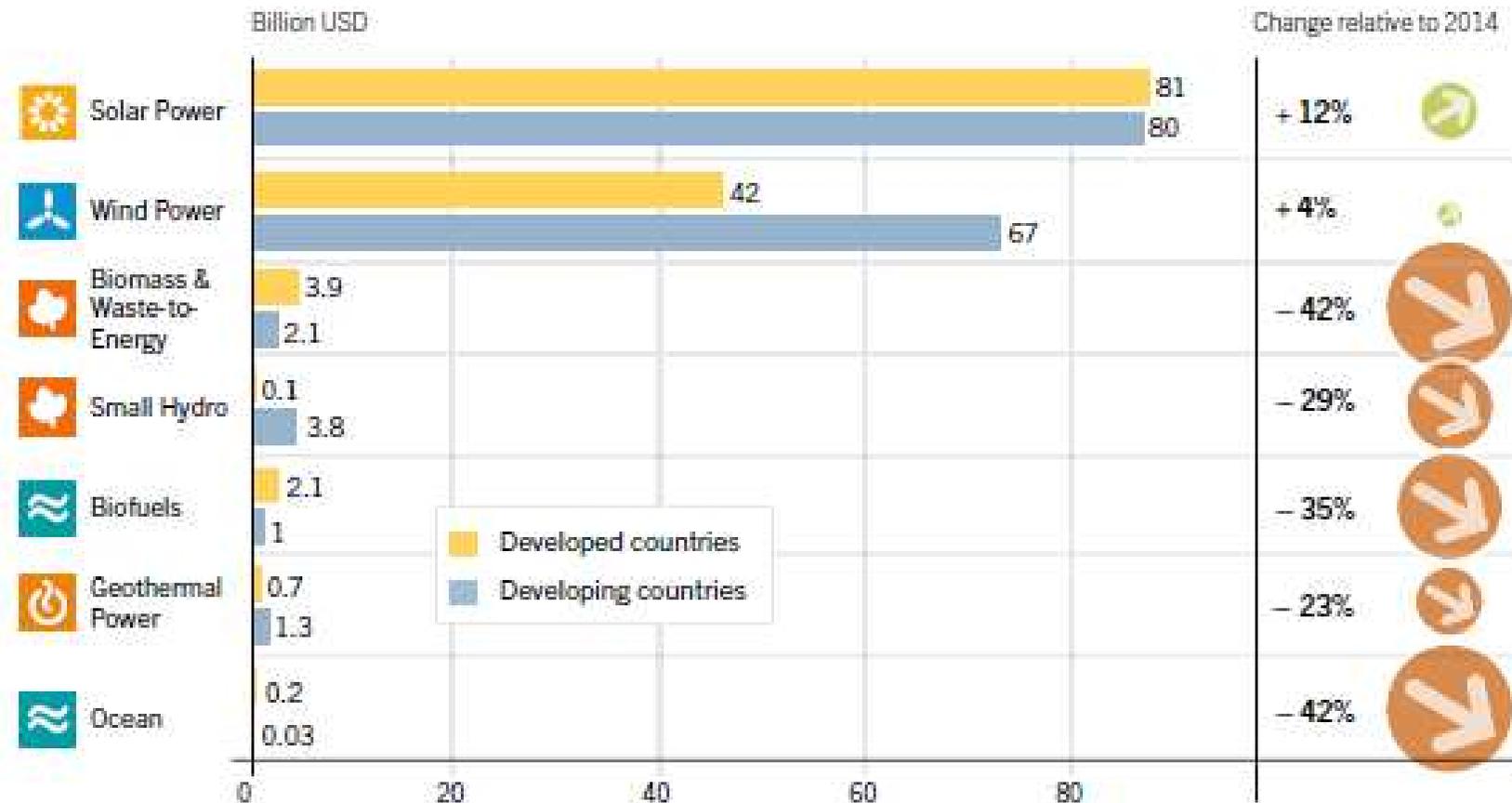
Nos solutions photovoltaïques clé en main





Avec 161 Mds\$, le PV a représenté 56% des investissements dans les renouvelable en 2015

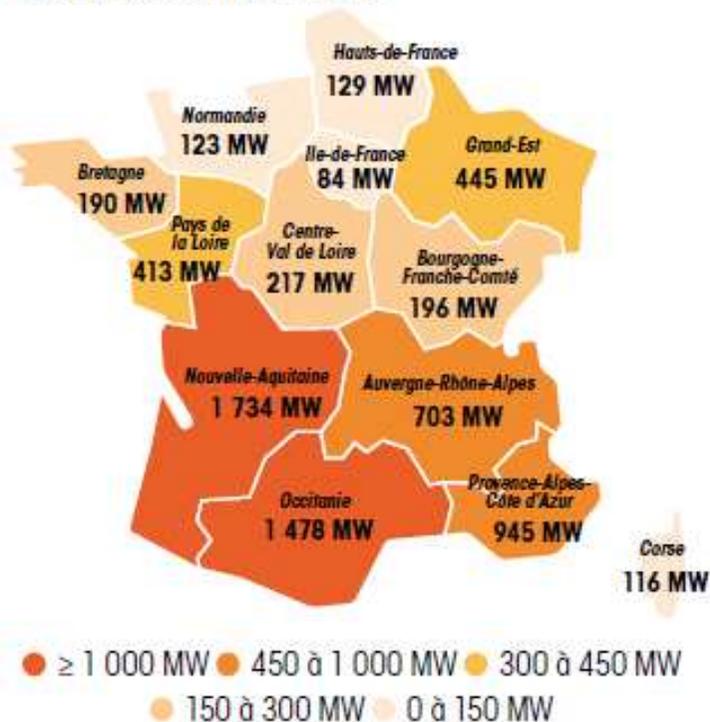
Figure 37. Global New Investment in Renewable Energy by Technology, Developed and Developing Countries, 2015



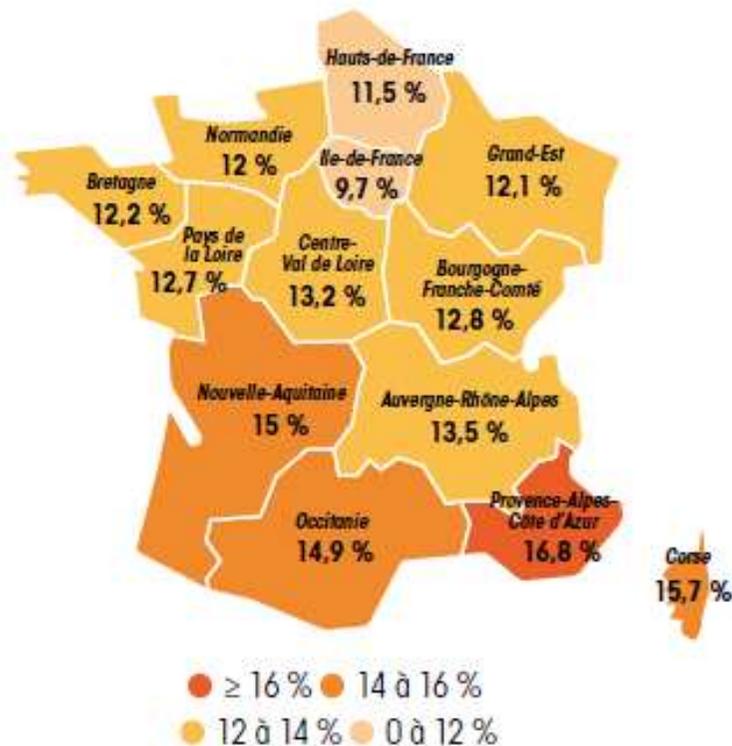


2016 PV : Puissance et facteur de charge

Puissance solaire raccordée par région au 31 décembre 2016



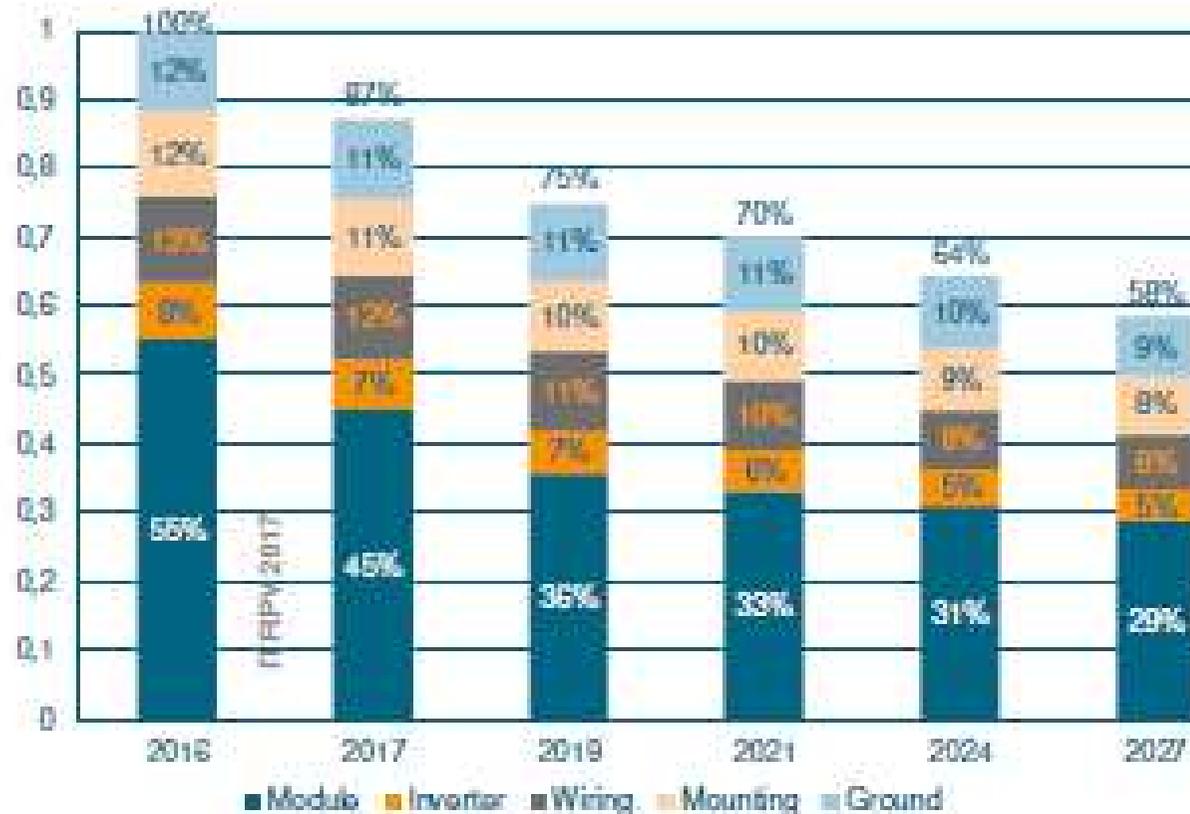
Facteur de charge solaire moyen en 2016





IRTPV 2017 : Le coût du Bos

Trend: BOS in Europe and US



Module remains most expensive element



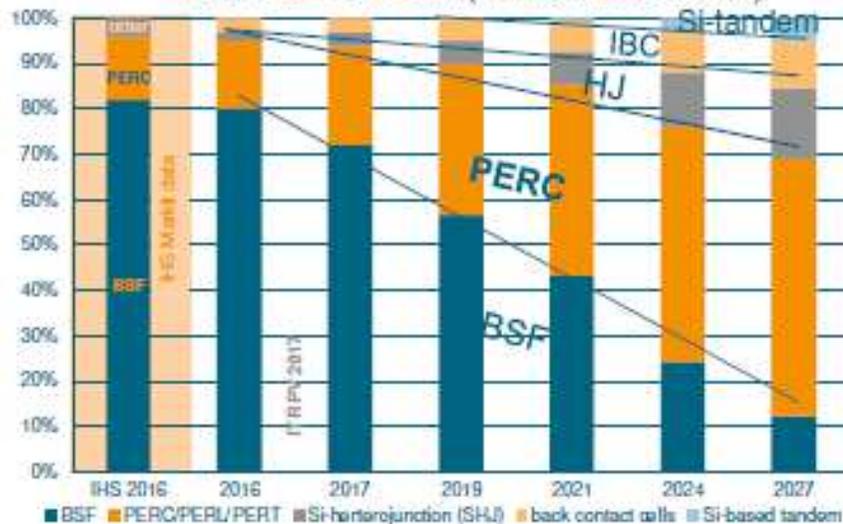
IRTPV 2017 : Roadmap Cellules

Cell – Products: cell technologies / cell efficiency trends



Trend: market share of cell concepts

2016: PERC ≈15% (in line w/ IHS Markit)



PERC is gaining market share (20% 2017)

→ **BSF share is shrinking**

→ Back contact + HJ: slow increasing share

→ Si tandem: under development

Trend: stabilized cell efficiencies;

→ p-type PERC outperforms



p-type mono PERC will reach n-type performance

mc-Si PERC is about to outperform mono BSF

→ n-type IBC + HJ for highest efficiency applications

→ **stabilized >21% p-type mono PERC is in production**

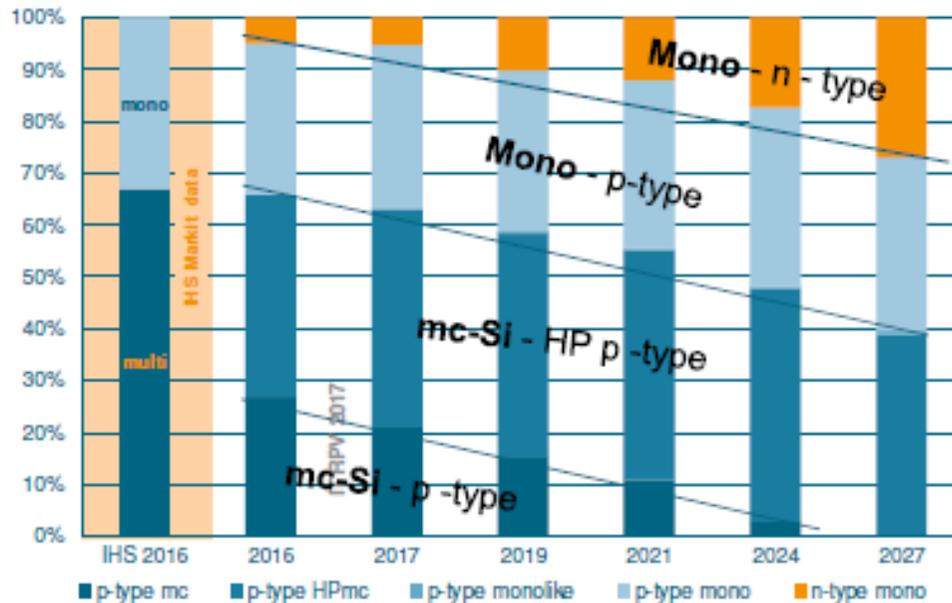


IRTPV 2017 : Roadmap technologie silicium

Wafer – Product: market share of material types



Trend: share of c-Si material types



casted-Si domination is not for ever:

→ Trend of last years will continue

• **Casting technology:**

→ HP mc-Si will replace standard mc-Si

→ no "come back" of mono-like expected

• **Mono technology:**

→ n-type material share will increase

→ n- + p-type market share today ≈35%

(2016 values are in line w/ IHS Markit)

• **p-type material is expected to stay dominant**

→ mainly due to progress in stabilization

→ **Casted material is still dominating today with >60%**

→ **Mono share is expected to increase (driven by n-type)**



Les emplois dans les renouvelables

Table 1. Estimated Direct and Indirect Jobs in Renewable Energy Worldwide, by Industry

	World	China	Brazil	United States	India	Japan	Bangladesh	European Unionⁱ		
								Germany	France	Rest of EU
	THOUSAND JOBS									
Solar PV	2,772	1,652	4	194	103	377	127	38	21	84
Liquid biofuels	1,678	71	821 ^e	277 ^f	35	3		23	35	47
Wind power	1,081	507	41	88	48	5	0.1	149	20	162
Solar heating/cooling	939	743	41 ^d	10	75	0.7		10	6	19
Solid biomass ^{g,h}	822	241		152 ^e	58			49	48	214
Biogas	382	209			85		9	48	4	14
Hydropower (small-scale) ^h	204	100	12	8	12		5	12	4	31
Geothermal energy ^g	160			35		2		17	31	55
CSP	14			4				0.7		5
Total	8,052^h	3,523	918	769	416	388	141	355	170	644^h

Source : Ren21 : 2016 Global status report



LCOE Solaire IRTPV 2017

Trend: LCoE progress – a minimum approach



LCoE depends strongly on local conditions

- ~5.7 US\$ct/kWh lowest auction bidder in GER 2016** (avg. 7.7\$ct)
- ~2.42 US\$ct/kWh possible near Abu Dhabi* today