

Le solaire photovoltaïque en Allemagne – évolutions techniques, développement des marchés

Ruggero Schleicher-Tappeser
Consultant, Berlin

Munich, 26 mai 2009

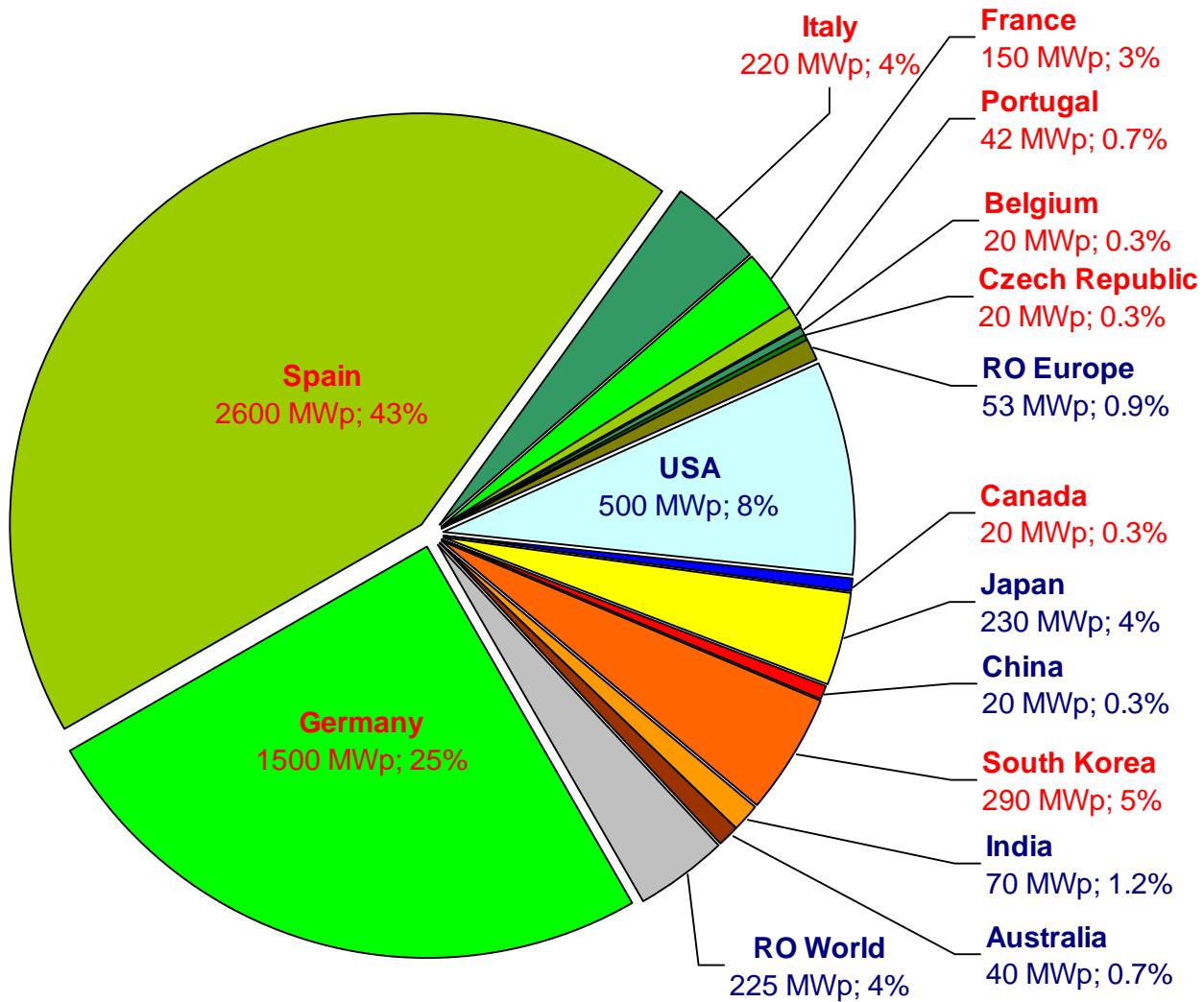
Plan

Consultant indépendant, je travaille en collaboration avec l'Association Allemande de l'Industrie Solaire BSW-solar. Ainsi j'utilise en partie de la documentation de BSW-solar.

1. Allemagne – dynamiques de croissance du plus grand marché mondial du PV
2. Marché PV: défis à venir
3. Innovation & technologies émergeantes
4. Favoriser un procédé d'apprentissage international

*Respectez les copyrights de cette présentation.
Citation permise avec indication des sources.*

Marché mondial photovoltaïque 2008



Nouvelle puissance PV installée:

2006: 1600 MWp

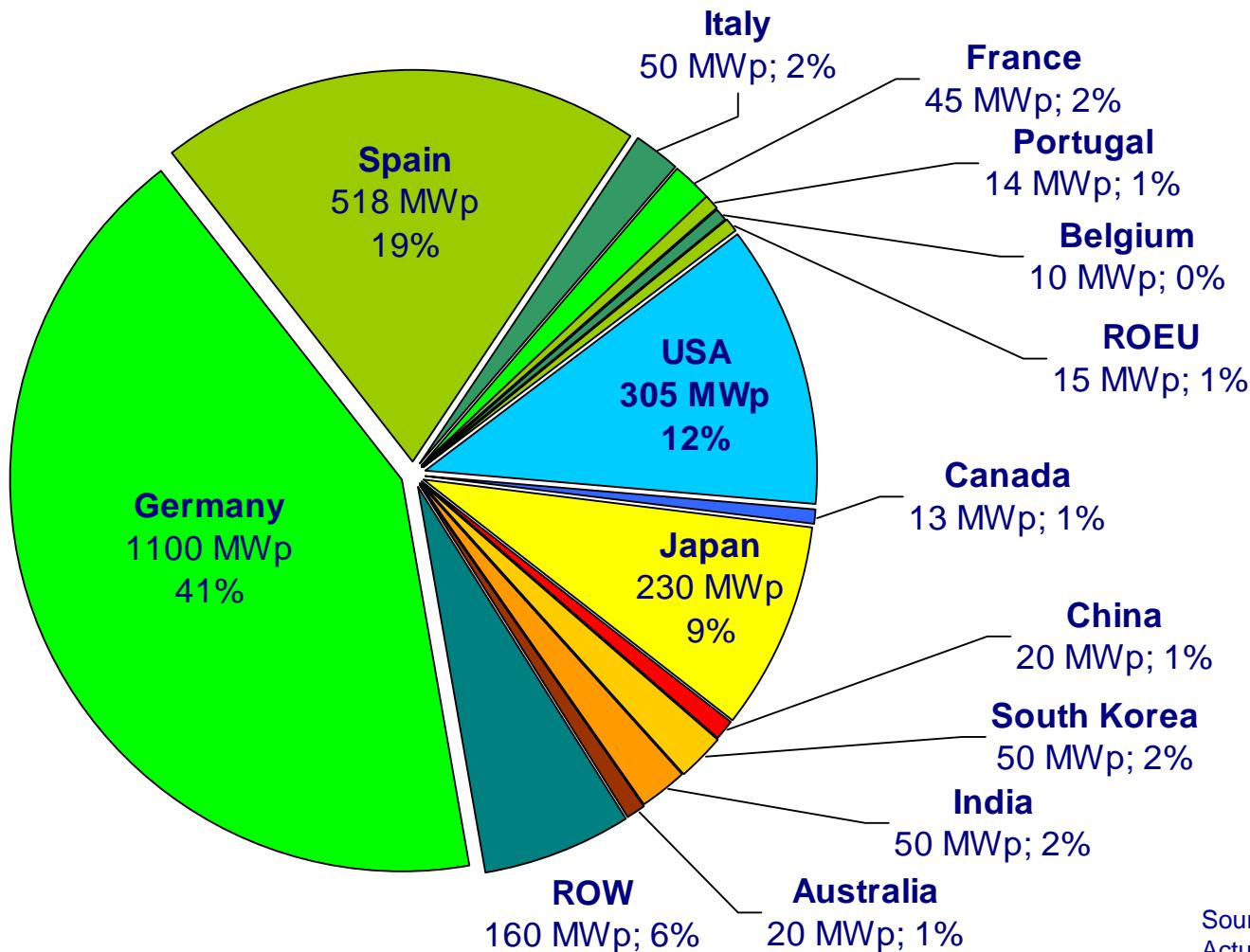
2007: 2650 MWp
(+66%)

2008: 6000 MWp
(+126%)

En rouge:
Countries with Feed-in tariff schemes

Source: Preliminary figures of National PV Associations, Stryi-Hipp, Feb 26th 2009

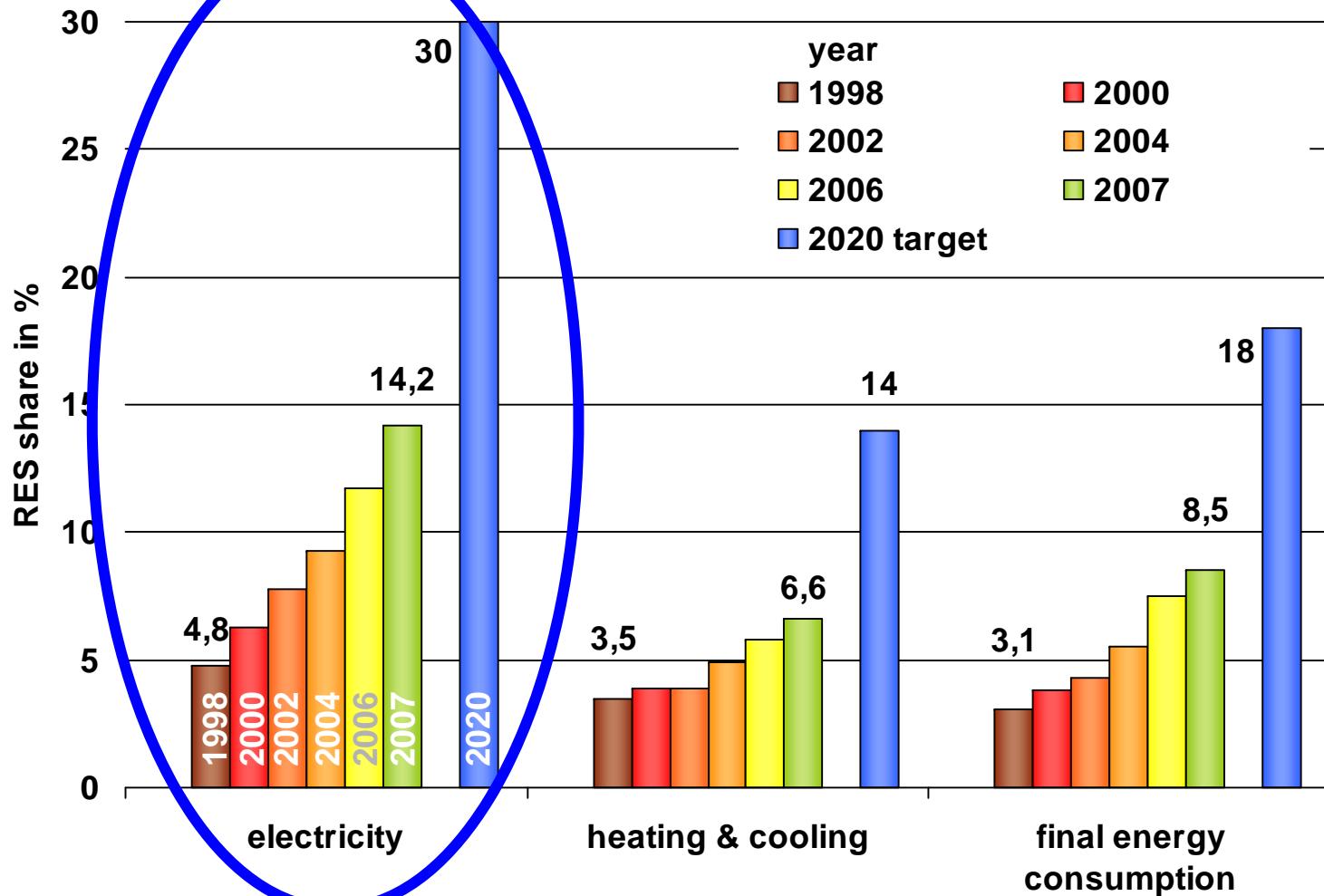
Marché mondial photovoltaïque 2007



Source: BSW-Solar, EPIA, NNPVA
 Actualisé : 5 Septembre 2008

Bases du succès allemand : Une stratégie claire et continue pour augmenter la part des sources en énergies renouvelables

Développement de la part des sources d'ER dans la consommation énergétique finale



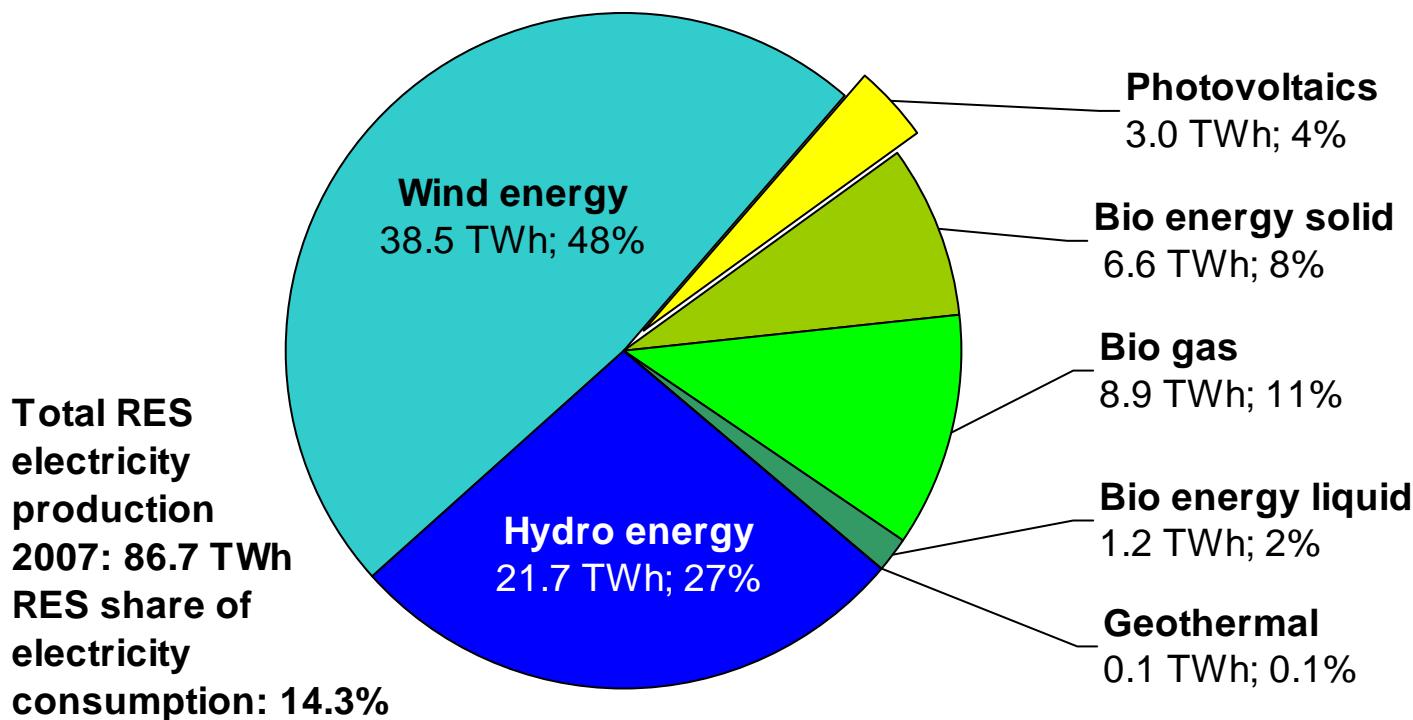
Source: German Federal Ministry for Environment, March 2008

Part de l'électricité solaire en Allemagne

Part de l'électricité PV

- de la consommation électrique 2007 : **0.6% (2006 : 0.44%)**
- des énergies renouvelables 2007 : **3.5% (2006 : 3.1%)**

Distribution of Renewable Energy Electricity Production in Germany 2007



Source: BEE, Jan 2008

Pourquoi promouvoir le photovoltaïque?

Méthode de production d'électricité avec avantages exceptionnels:

- Applicable partout dans le monde
- Applicable à toutes les échelles, dans le réseau et off-grid
- Pas de problèmes pour l'environnement
- Coûts en forte dégression, commence à devenir compétitif
- Un potentiel pratiquement illimité

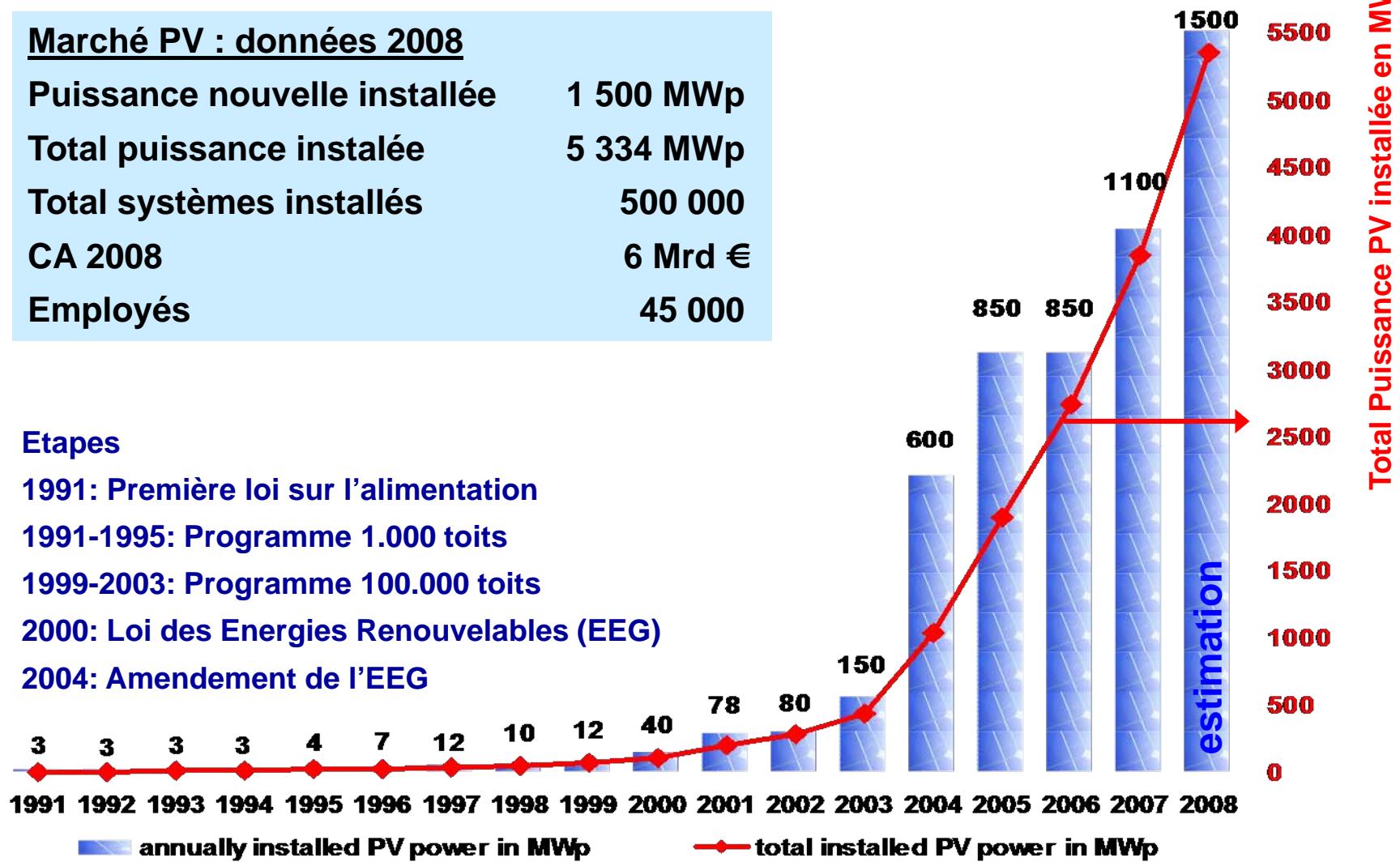
Développement du marché PV allemand

Marché PV : données 2008

Puissance nouvelle installée	1 500 MWp
Total puissance instalée	5 334 MWp
Total systèmes installés	500 000
CA 2008	6 Mrd €
Employés	45 000

Etapes

- 1991: Première loi sur l'alimentation
- 1991-1995: Programme 1.000 toits
- 1999-2003: Programme 100.000 toits
- 2000: Loi des Energies Renouvelables (EEG)
- 2004: Amendement de l'EEG

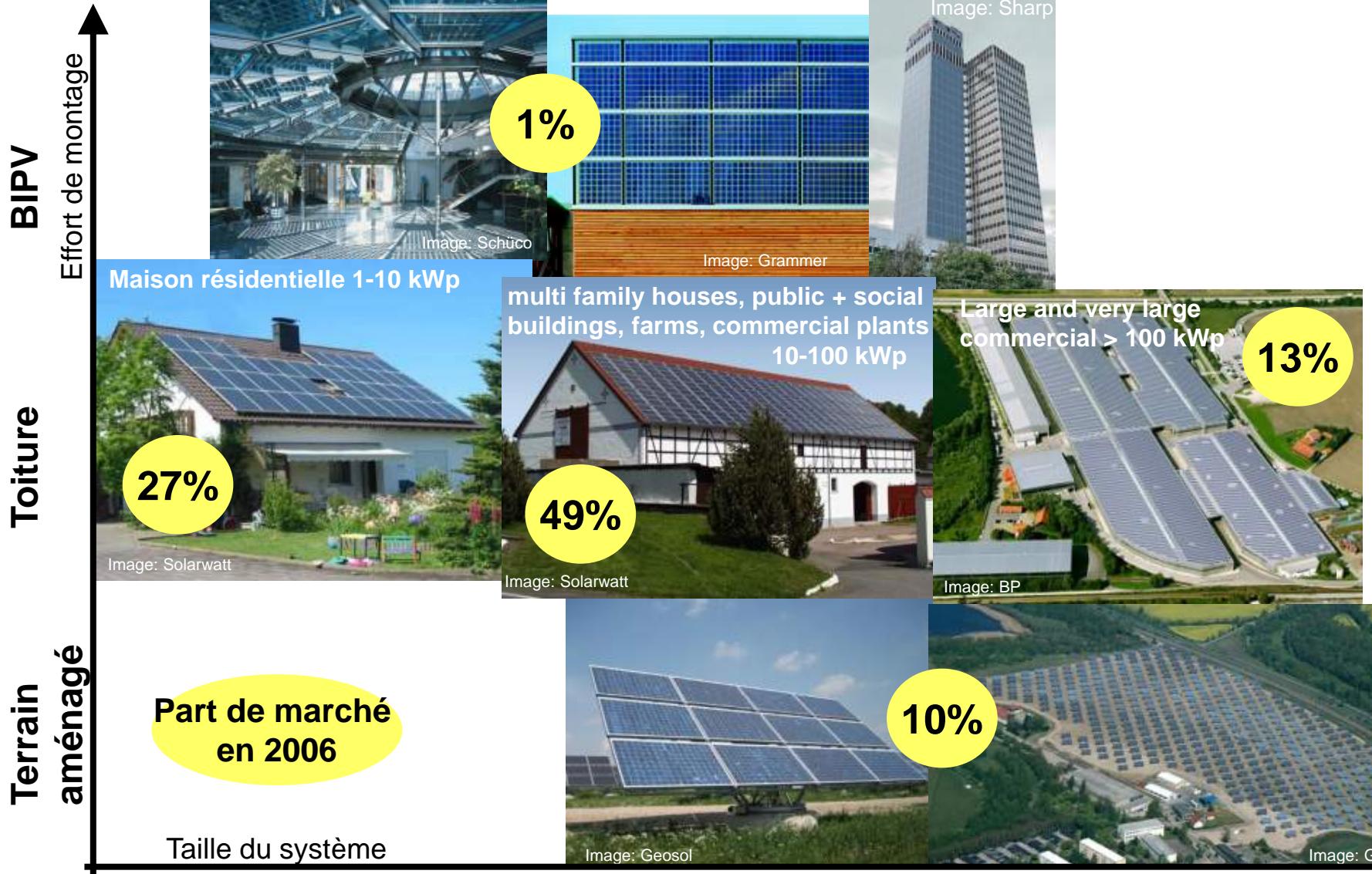


Installation typique en Espagne (Menorca): 3.2 MWp

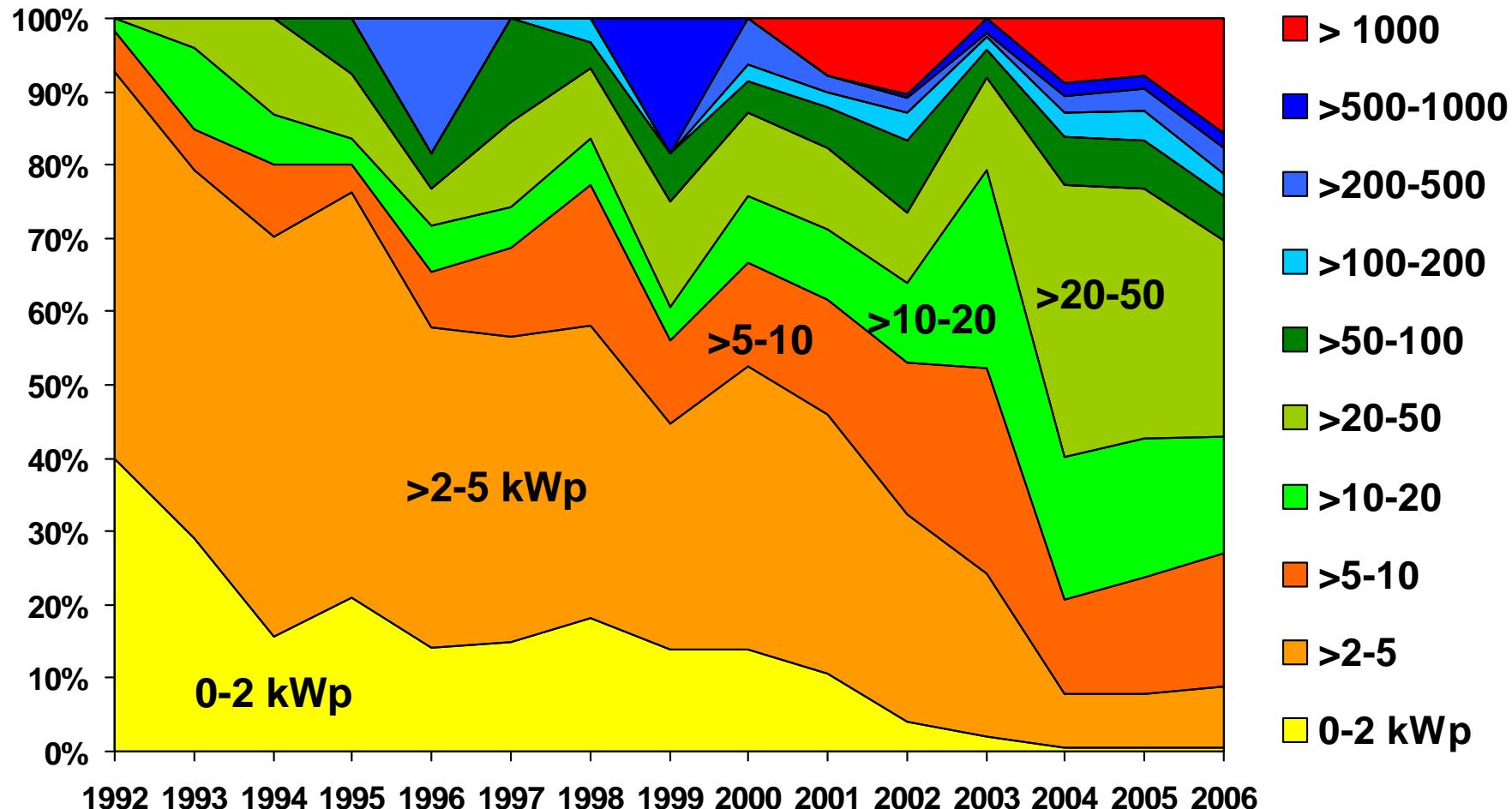


Image: Sunenergy

Allemagne: Segments du marché des systèmes PV on-grid



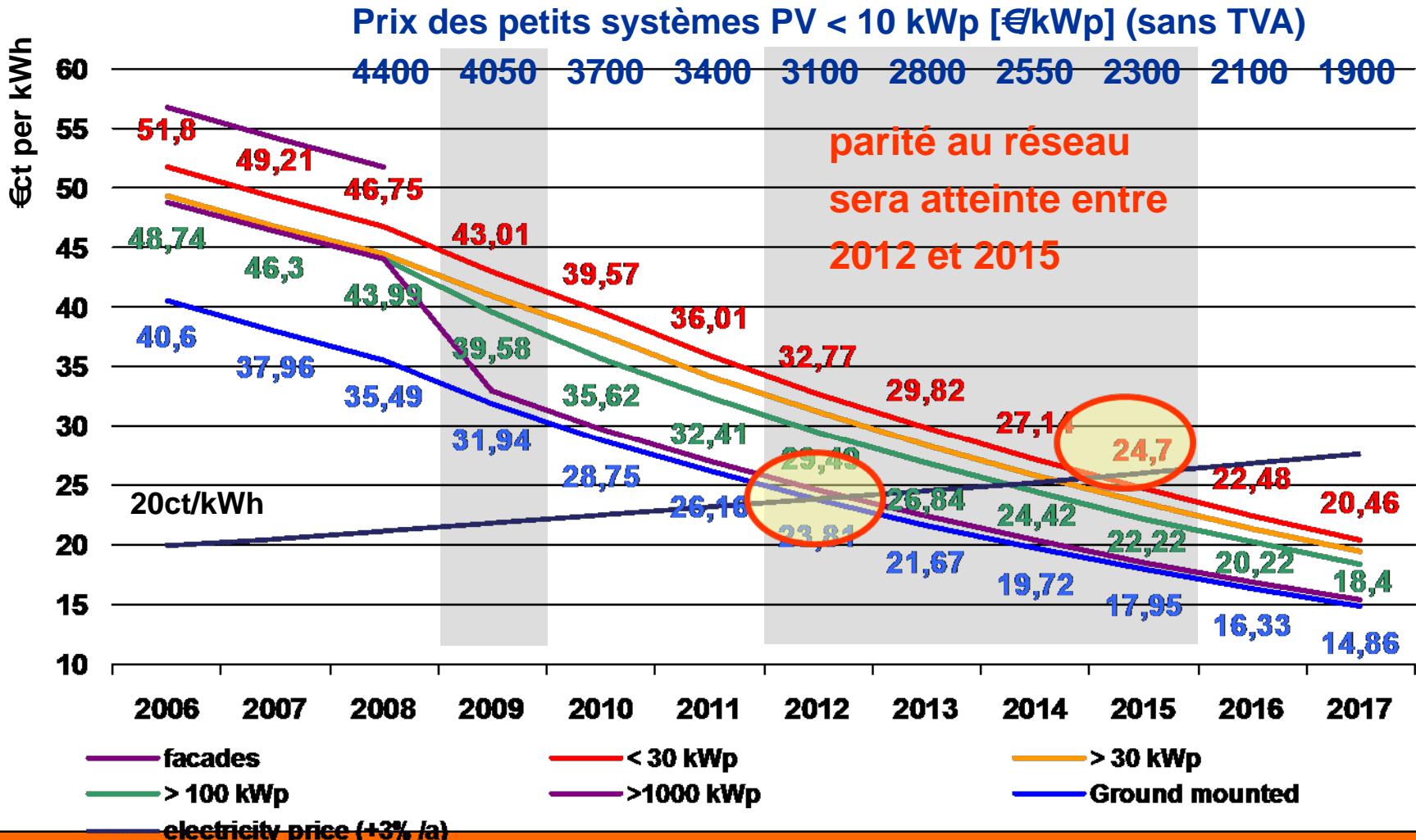
Part de marché des systèmes PV suivant leur taille



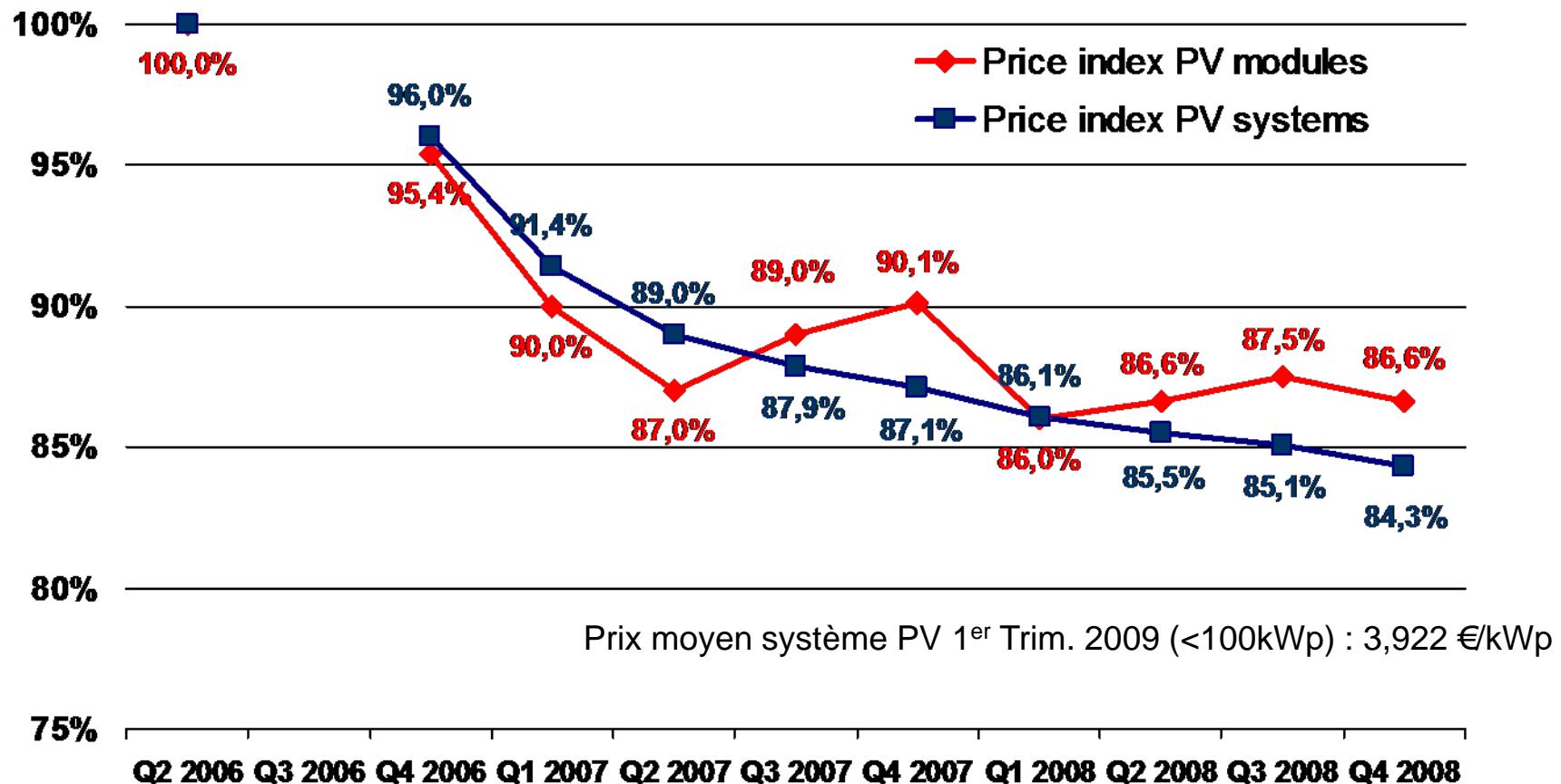
Source: BSW-Solar, calculé à partir de données de 2.2 GWp de systèmes PV de EnBW, EON, RWE, Vattenfall

Tarifs d'alimentation pour le PV dans la loi EEG

Basés sur des taux dégressifs décidés le 06 juin 2008



BSW-solar: Indice de prix du PV allemand

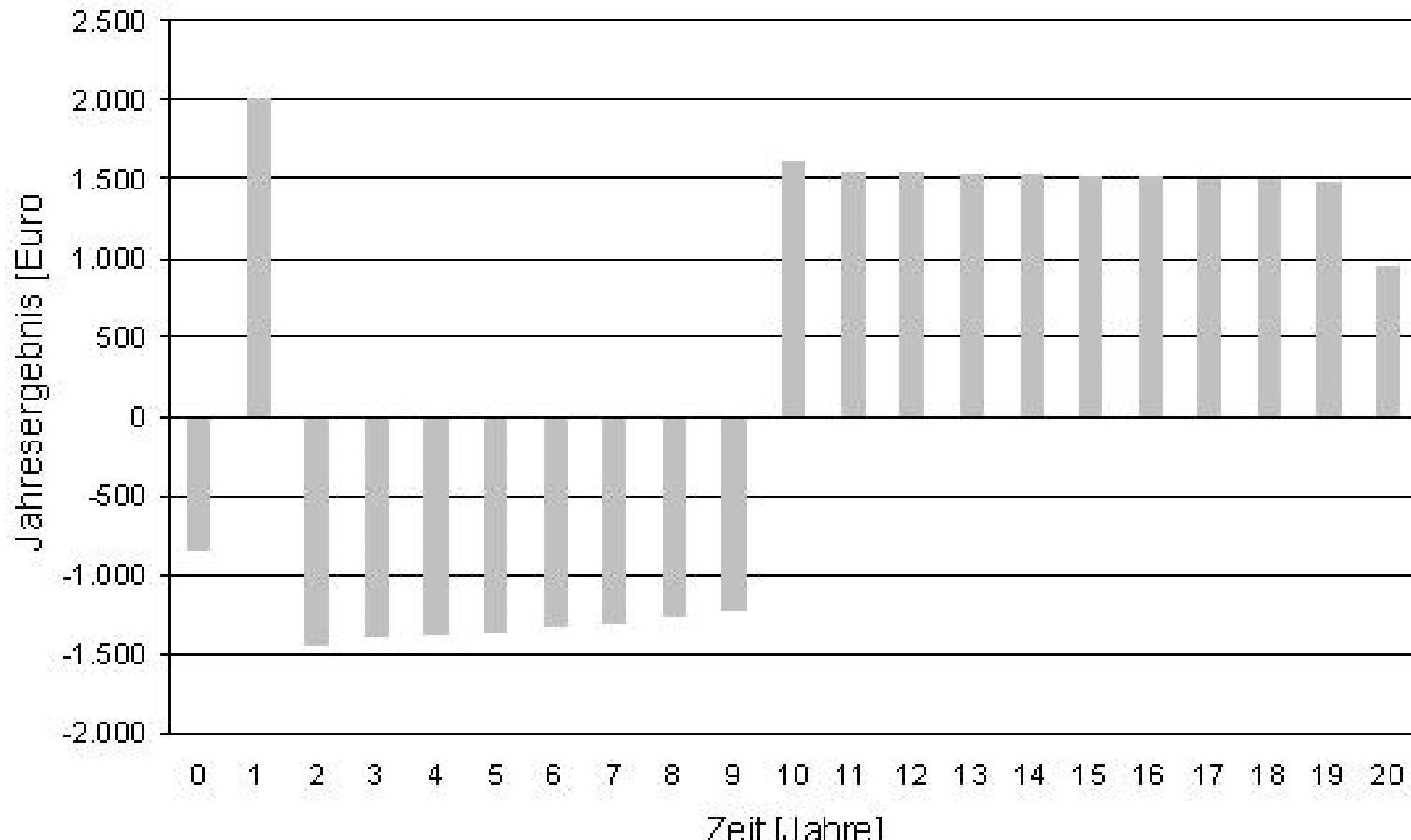


Modules PV = Prix grossistes pour installateurs, Systèmes PV = prix consommateur final, installé

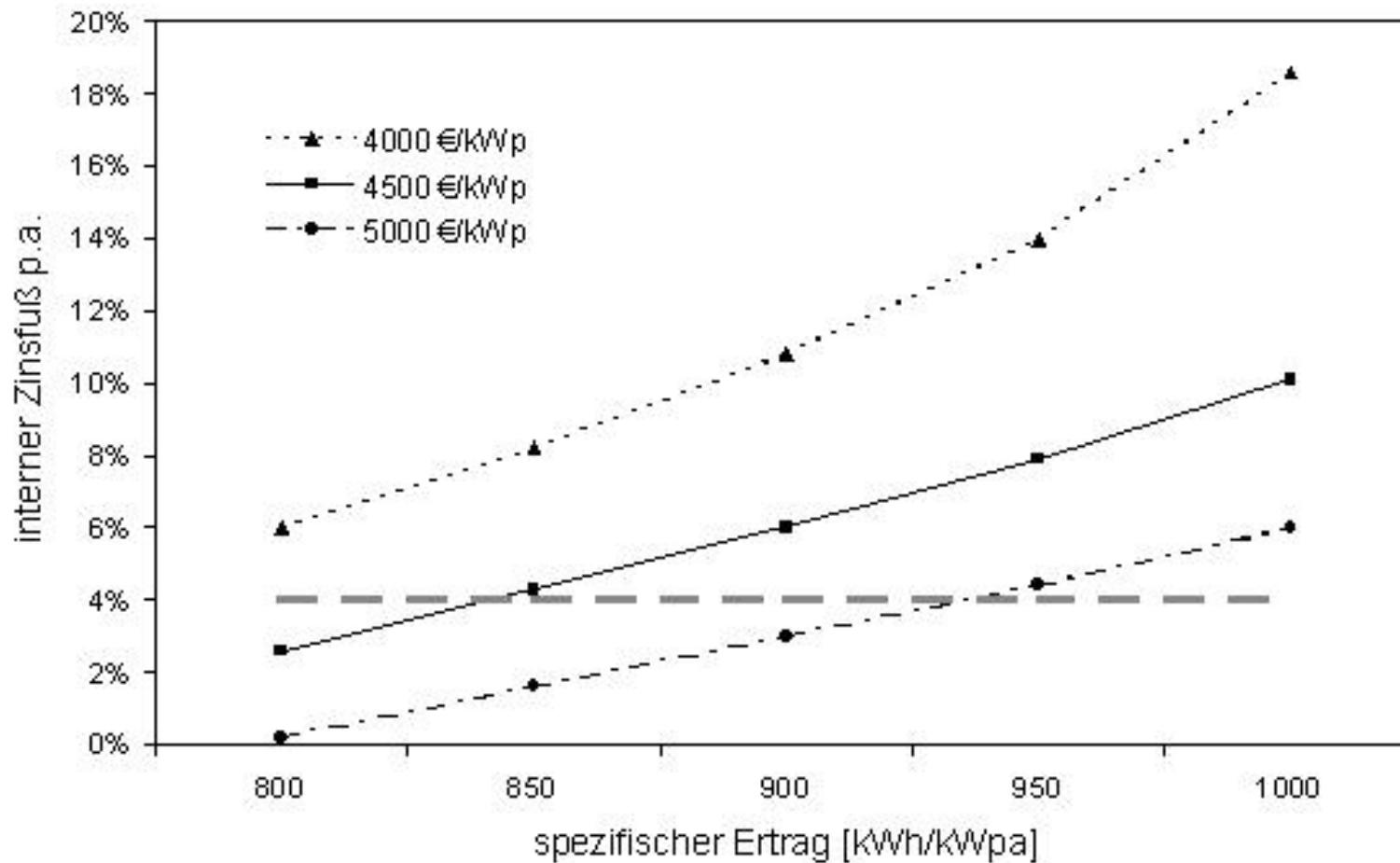
Source : Echantillon indépendant représentatif de 100 installateurs de EUPD-Research pour le compte de BSW-Solar

Résultats financiers typiques au cours de la vie d'une installation

Petite installation (5kWp, 22.500 EUR, 900kW/kWpa)



Allemagne: taux de rentabilité interne – en fonction du rendement énergétique et des coûts

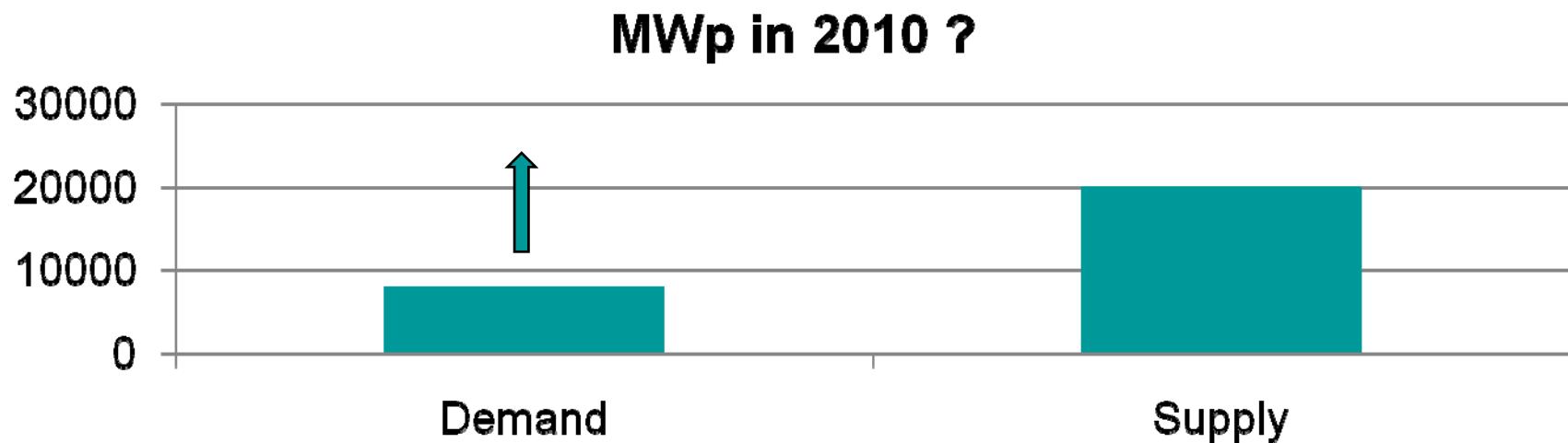


Taux de rentabilité interne / rendement énergétique / Coûts pour un petit système standard

PV: LES DEFIS ACTUELS

Indépendamment de la crise économique: Surcapacité PV au niveau mondial

- Annonces pour 2010: production de 20 GWp environ
- Fourchette d'estimation de la demande entre 4 et 14 GWp
 - Grands efforts nécessaires pour développer les marchés
 - Seuls survivront les producteurs forts disposant de produits de bonne qualité



Objectifs 2020 fixés par l'Union Européenne

- Objectifs UE décidés en décembre 2008 pour 2020:

– Diminution des émissions de CO2 :	-20%
– Réduction de la consommation d'énergie:	-20%
– renouvelables dans la consommation d'énergie finale	20%

- Objectifs nationaux différenciés, exemples:

	2005	objectif 2020
Allemagne	5.8%	18%
Espagne	8.7%	20%
France	10.3%	23%
Italie	5.2%	17%
Suède	39.8%	49%
Royaume Uni	1.3%	15%

- Plans d'action nationaux demandés, vérification régulière
- → Electricité: 35-40% renouvelables en 2020

Association Allemande Energies Renouvelables: Prévisions excèdent objectifs UE

Pourcentage de la production d'électricité en Allemagne:

	pourcentage 2020	augmentation 2007-2020
• Biomasse	9%	+119%
• Géothermie	1%	
• PV	7%	+1217%
• Hydro	5%	+54%
• Vent onshore	19%	+182%
• Vent offshore	6%	
• TOTAL	47%	

EPIA : Vers la compétitivité du PV dans l'UE

European Photovoltaic Industry Association EPIA:

- Courbe d'apprentissage réaliste:
100% augmentation du PV installé → 20% réduction de couts
→ Parité-réseau sera atteinte sur tous les marchés importants dans les prochaines années, étape par étape

	2008	2012	2016	2020
Part du marché de l'électricité UE avec parité-réseau du PV	0%	10%	50%	90%

(Parité-réseau: parité du coût de l'électricité PV avec le prix au consommateur du réseau électrique)

EPIA propose comme objectif de la politique énergétique de l'UE :

- Cumul du PV installé en Europe en 2020 : 350 GWp
- Part du PV dans la production d'électricité en UE : 12%
- Croissance annuelle moyenne des installations PV : 40%

La crise: impact sur les énergies renouvelables

- Perspectives de croissance à moyen terme: meilleures que jamais
- La crise des crédits affecte le project financing – utilities et investisseurs privés pas touchés
- Les programmes de stimulation soutiennent la croissance des renouvelables – investissements sûrs
- Baisse du prix du pétrole: problèmes temporaires
- Photovoltaïque – un cas spécial:
 - Surcapacité mène à une consolidation du secteur
 - Importance de la qualité
 - Prix en baisse: compétitivité augmente
 - Besoin de nouveaux marchés

INNOVATION ET TECHNOLOGIES EMERGEANTES

Boom de l'innovation dans le photovoltaïque

De nouveaux marchés PV se sont ouverts depuis 2003 avec le tarif de mise en réseau allemand, se sont élargis avec l'Espagne, puis, plus tard, d'autres ont boosté les activités d'innovation dans le secteur PV :

- Production de silicium augmentée à moindres coûts
- Coûts plus bas et gains en efficacité en cellules c-Si
- Technologies de films fins : aSi, μc-Si, micromorph Si, CIGS, CdTe
- ...
- Systèmes de concentration photovoltaïque CPV
- Nouveaux concepts PV
- Intégration du PV aux bâtiments (BIPV)
- Systèmes de pistage et de support
- Concepts d'intégration au réseau

→ Innovation et réduction de coûts s'accélèrent

Couches minces: nouveaux défis

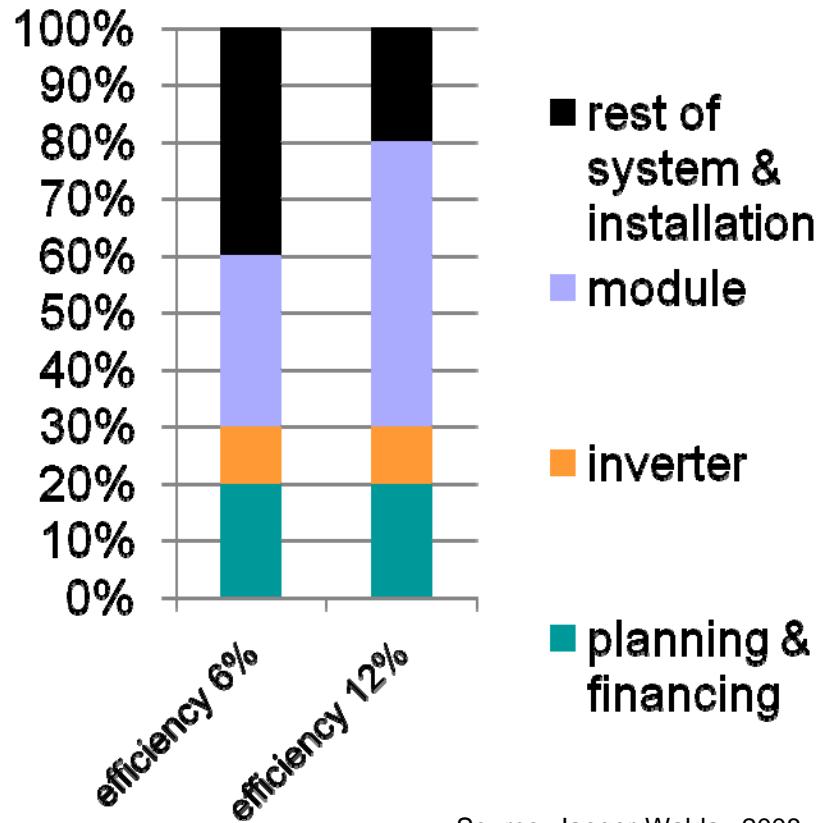
- Grande croissance (LBBW): CAGR 65%
 - Fabriques clé-en-main
 - Toutes les étapes de productions sur un site
 - Modules très grands ($5,7 \text{ m}^2$ avec Applied Materials)
 - Rendement énergétique plus bas qu'avec c-Si, dépendance plus petite de la température
- Nouveaux entrants dans le marché
- La logistique devient plus importante (poids plus grand pour puissance donnée)

Toutes les technologies CM – a-Si/ μ c-Si, CdTe et CIGS – ont des perspectives intéressantes avec différentes caractéristiques

L'importance du coût du système

- Efficacité plus basse résulte dans des surfaces plus larges
 - A rendement bas, les modules peuvent constituer seulement 1/3 des coûts du système
- Le rendement importe
- Le coût du reste du système importe
- Perspectives intéressantes pour BIPV innovatif avec modules à coûts bas

Cost components at overall system costs of 2 €/ Wp



Source: Jaeger-Waldau 2008

Concentrating Photovoltaic Systems CPV

- Modules à petite concentration (10x) avec cellules Si conventionnelles: haut rendement avec coûts de système réduits.
Allemagne: Archimedes (ZEW Stuttgart spin-off)
- Nouvelles perspectives avec cellules à haut rendement
 - record mondial 40,8% avec triple-junction cells
- Modules concentrateurs (500x) intégrés promettent coûts de système bas pour régions avec forte irradiation
 - Installation 5,6 MW près de Sevilla avec modules Concentrix: efficacité 23% (Concentrix, Freiburg, est un spin-off de ISE ave capital Albengoa)
 - Nouveaux modules Concentrix : rendement > 27%, ligne de production 25 MW depuis Sept 2008



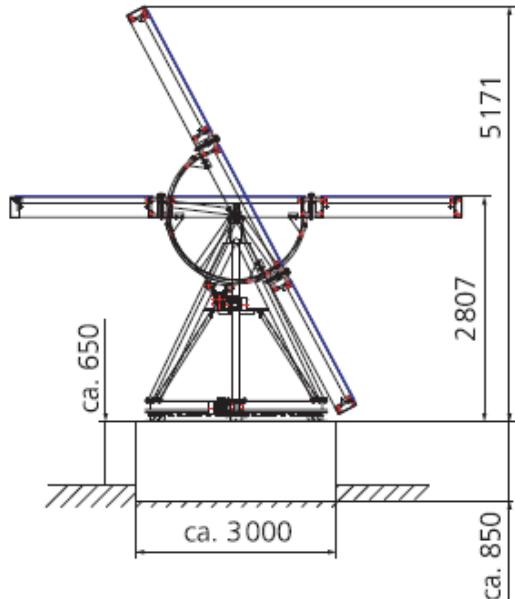
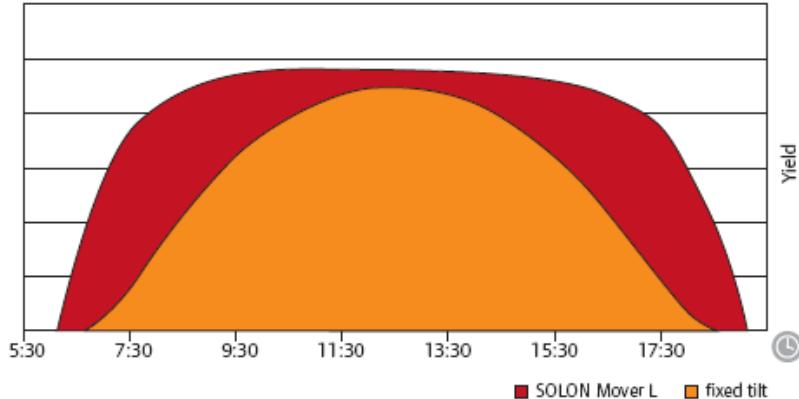
© Archimedes



© Concentrix

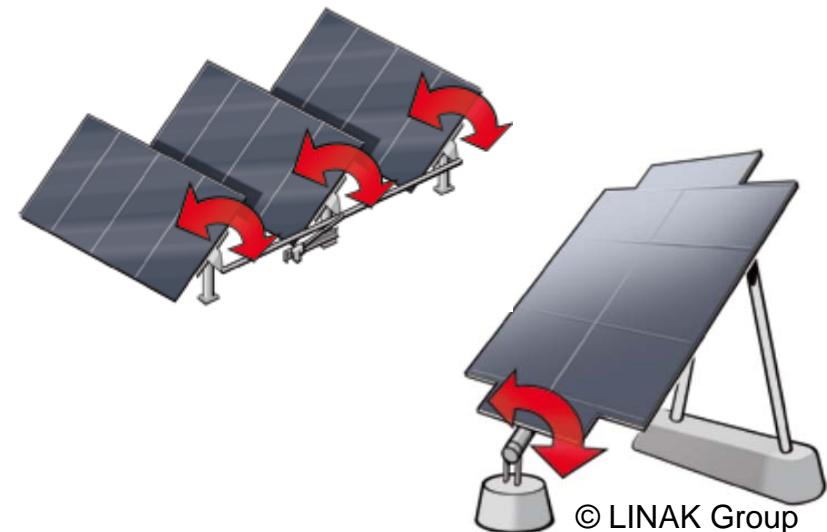
Two axis tracker systems

- Rendement plus grand
- Coûts supplémentaires
- Demande de surface plus haute (5ha/MWp)



Single axis tracker systems

- Coûts additionnels plus bas (système, installation, maintenance)
- Demande de surface plus basse (2,5 ha/MWp)



PV intégré au bâtiment (BIPV)

Intégration du PV avec

- composants standards de bâtiment
- procéder de planification et de construction
- industrie de la construction

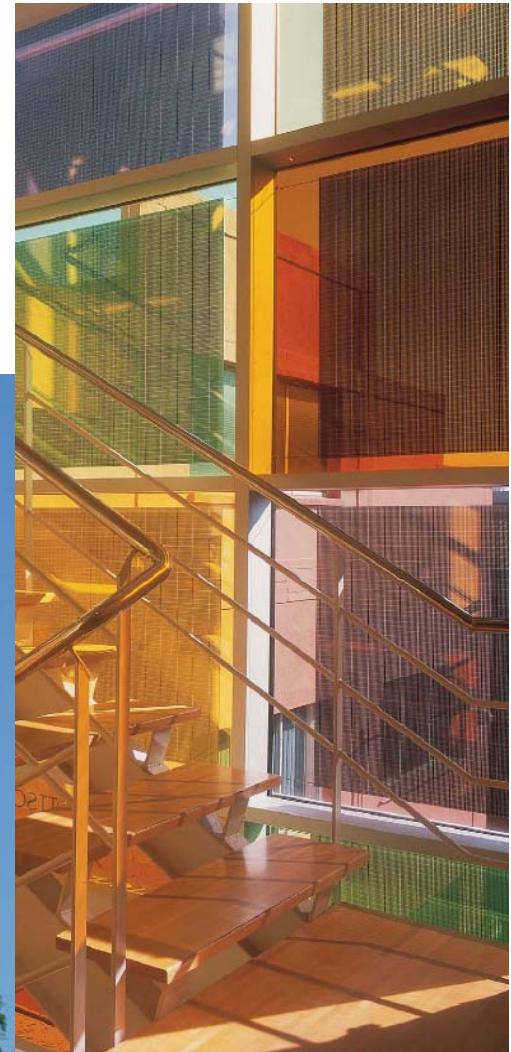


© Solarsiedlungs-GmbH

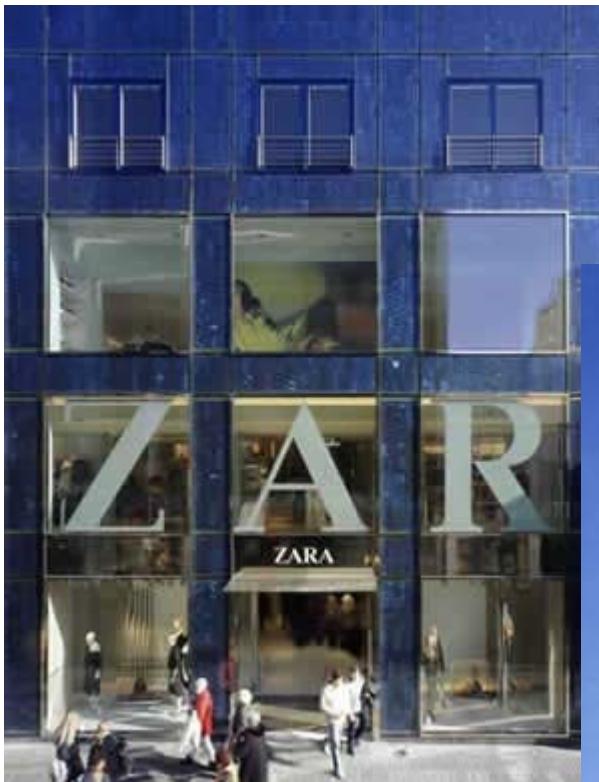
PV intégré au bâtiment (BIPV) 2

- Large gamme d'applications possibles
- Options esthétiques en augmentation
- Faibles ou aucun cout additionnel pour les structures de support
- Besoins de solutions systèmes

© Schott



PV intégré au bâtiment (BIPV) 3



© Saint Gobain



© www.solarnova.de



© bsw-solar

PV intégré au bâtiment (BIPV) 4

La combinaison de du PV et de la génération de chaleur sur la même surface peut

- Améliorer l'efficacité PV (températures plus basses)
- Utilisation optimale des surfaces
- Réduction des coûts

Differents types de systèmes

- PV/T- collectors à eau
- PV/T- collectors à air
- concentrating PV/T collectors
- heat recovery from air-cooled PV systems (picture)



© AKAFÖ

Intégration réseau

- Scepticisme réduit concernant la gestion de réseau :
Industrie de l'onduleur : pas de problème jusqu'à 50% d'électricité solaire sur le réseau allemand
- Centrales hybrides virtuelles combinant éolien, solaire, biogaz et hydro sont capables de s'adapter à la demande
- Les onduleurs nouveaux contribuent à la stabilisation des réseaux
- Progrès lents mais systématiques dans le « net metering » : adapter la demande à l'offre

Mini-réseau & systèmes hybrides

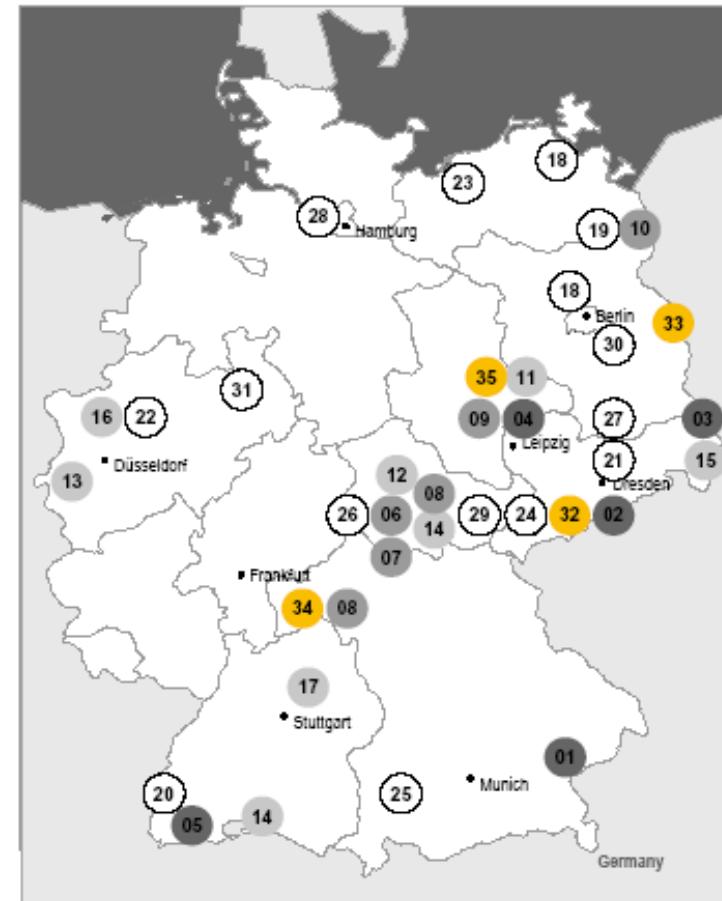
- Mini-réseaux :
 - Onduleurs & commandes améliorés → construction de réseaux de bas en haut: mini-réseaux extensibles
 - Systèmes hybrides combinant PV, éolien et biocarburants de plus en plus standardisés
 - Amélioration des technologies de stockage
- Marchés PV en dehors des réseaux centralisés : un grand potentiel
 - couts élevés du diesel appellent de nouvelles approches
 - couts en baisse des mini réseaux avec PV offrent nouvelles opportunités
 - la population rurale a besoin d'électricité
- Contributions importantes des instituts de recherche et de l'industrie (ISET Kassel, Fraunhofer ISE, SMA, Kaco, Steca, Fronius, Energiebau, etc.)

Cluster PV allemand: production, wafer-based

Value Chain	No.	Company	Location	2008 [MWp]	Empl.
Silicon	1	Wacker Chemie	Burghausen	10,000t	960
	2	Scheuten Solar World Solizium	Freiberg ¹	1000t	n/a
	3	Surways	Spreewitz ¹	1000t	n/a
	4	PV Silicon	Bitterfeld-Wolfen ¹	900t	20
	5	Joint Solar Silicon	Rheinfelden ¹	850t	10
Wafers	6	PV Silicon ²	Erfurt	290	160
	7	ASI Industries ³	Amstadt	180	480
	8	Wacker Schott Solar	Alzenau, Jena ¹	120	300
	9	Q-Cells	Thalheim ¹	80	10
	10	Mola Solaire	Pasewalk ¹	n/a	n/a
Cells	11	Q-Cells	Thalheim	760	1900
	12	Ersol Solar Energy	Erfurt, Arnstadt	220	300
	13	Solland Solar Cells	Aachen	170	300
	14	Surways	Konstanz, Amstadt	120	290
	15	Arise Technologies	Bischofswerda	35	10
	16	Scheuten Solar Cells	Gelsenkirchen	35	80
	17	Solarwatt	Heilbronn	15	60
Modules	18	Solon	Berlin, Greifswald	260	400
	19	Aleo Solar	Prenzlau	170	425
	20	Solar-Fabrik	Freiburg	130	290
	21	Solarwatt	Dresden	120	430
	22	Scheuten Solar Technology	Gelsenkirchen	90	140
	23	Centrosolar / Solara	Wismar	80	160
	24	Heckert Solar	Chemnitz	60	120
	25	Webasto Solar	Landsberg/Lech	35	20
	26	Asola	Erfurt	30	100
	27	Algatec	Elsterwerda	15	65
	28	Solamova	Wedel	10	30
	29	GSS	Löbichau	10	30
	30	PVflex Solar	Fürstenwalde	5	30
	31	Schüco Solar	Bielefeld	5	450
(Wafers/Cells/ Modules)	32	Solarworld ⁵	Freiberg	450/300/250	1200
	33	Conergy ²	Frankfurt (Oder) ¹	250/250/250	370
	34	Schott Solar ⁶	Alzenau	160/275/200	450
	35	EverQ	Thalheim	100/100/100	1000

Source: Invest in Germany Research, Information provided by the respective company, July 2008

© 2008 | Invest in Germany



1) Planned/under construction

2) Excluding ingots

3) Subsidiary of Ersol

4) Subsidiary of Q-Cells

5) Subsidiaries of Solarworld: Deutsche Solar, Deutsche Cell, Solar Factory

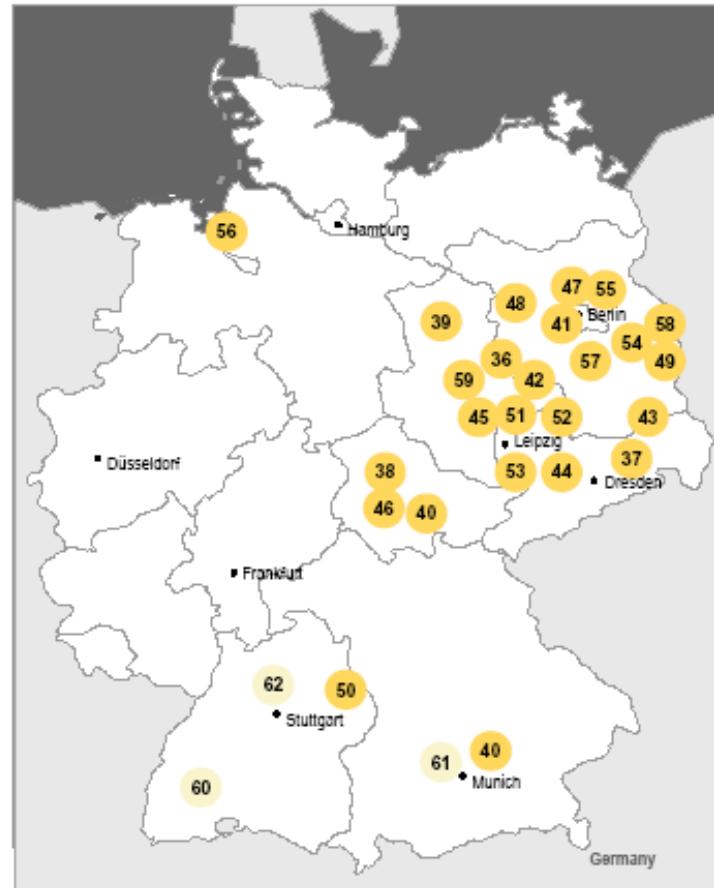
6) Wafer production by Wacker Schott Solar No. 8

Cluster PV allemand: production, films minces

Value Chain	No.	Company	Location	Capacity 2008 [MWp]	Current Empl.
Thin Film					
Poly-Si	36	CSG Solar	Thalheim	20	150
a-Si	37	Sunfilm	Großröhrsdorf ¹	60	50
a-Si/ μ c-Si	38	Ersol Thin Film	Erfurt	40	180
	39	Malibu	Osterweddingen ¹	40	150
	40	Schott Solar Thin Film	Jena, Putzbrunn ¹	30	160
	41	Inventux	Berlin ¹	30	n/a
	42	Sontor ⁴	Thalheim	25	60
	43	EPV	Senftenberg ¹	25	n/a
	44	Signet Solar	Mochau	20	70
	45	Intico Solar	Halle ¹	n/a	n/a
	46	Masdor PV	Amstadt ¹	n/a	n/a
CIS	47	Global Solar Energy	Berlin ¹	35	n/a
CIGS	48	Johanna Solar Technology	Brandenburg	30	100
CIGSse	49	Odersun	Frankfurt (Oder), Fürstenwalde ¹	30	90
	50	Würth Solar	Schwäbisch Hall	30	220
	51	Solibro ⁴	Thalheim ¹	25	150
	52	Avancis	Torgau ¹	20	60
	53	Solarion	Leipzig	10	35
	54	PVflex Solar	Fürstenwalde	Pilot	130
	55	Sulfurcell	Berlin	Pilot	120
	56	CIS-Solartechnik	Bremerhaven	Pilot	20
	57	Nanosolar	Luckenwalde ¹	n/a	n/a
CdTe	58	First Solar	Frankfurt (Oder)	175	500
	59	Calyxo ⁴	Thalheim	25	40

Companies in concentrator technologies

Value Chain	No.	Company	Location	Capacity 2008 [MWp]	Current Empl.
CPV					
	60	Concentrix Solar	Freiburg	25	70
	61	SolarTec	Munich	10	50
	62	Archimedes Solar	Stuttgart	n/a	n/a



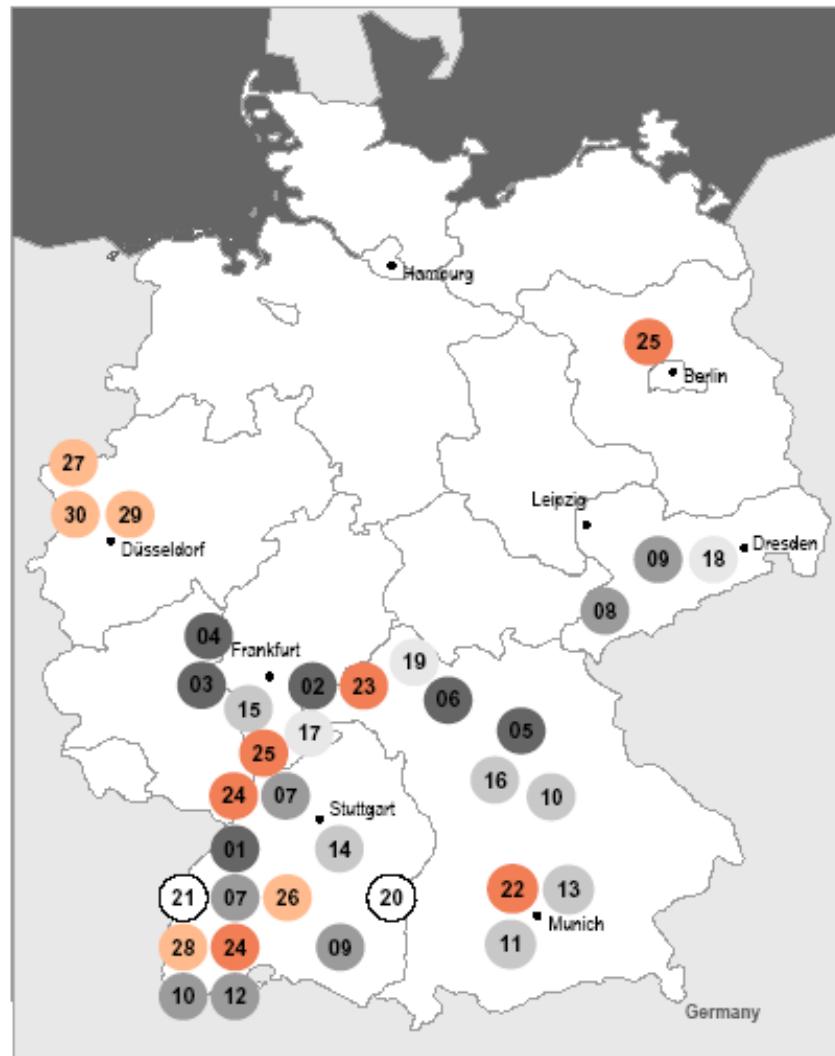
- 1) Planned /under construction
- 2) Excluding ingots
- 3) Subsidiary of Ersol
- 4) Subsidiary of Q-Cells
- 5) Subsidiaries of Solarworld: Deutsche Solar, Deutsche Cell, Solar Factory
- 6) Wafer production by Wacker Schott Solar No. 8

Source: Invest in Germany Research, Information provided by the respective company, July 2008

© 2008 | Invest in Germany

Cluster PV allemand: équipement, wafer-based

Equipment	No.	Company	Location	Empl.
Ingots/Wafers - Equipment	1	Gebrüder Schmid	Freudenstadt	380
	2	ALD Vacuum Technologies	Hanau	360
	3	Herbert Arnold	Weilburg	130
	4	CGS / PVA Tepla	Asslar	50
	5	G&N	Erlangen	40
	6	Logomatic	Mainaschaff	20
Cells - Turnkey Lines	7	Gebrüder Schmid	Freudenstadt, Schwetzingen	430
	8	Roth & Rau	Hohenstein-Ernstthal	300
	9	Centrotherm Photovoltaics	Blaubeuren, Dresden	200
Cells - Wet Chemistry	10	Rena	Güttenbach, Berg	450
	11	Stangl Semiconductor	Eichenau, Puchheim	100
	12	Lotus Systems	Gutmadingen	70
	13	Ramgraber	Hofolding b. Braunthal	40
	14	HMS Höllmüller	Herrenberg	40
	15	M-O-T	Speyer	20
	16	Decker	Berching	30
Cells - Anti-reflective Coating	17	Applied Materials	Alzenau	500
	18	Von Ardenne Anlagentechnik	Dresden	400
	19	Singulus	Kahl	300
Cells - Screenprinters	20	Manz Automation	Reutlingen	400
	21	Thieme	Teningen	350
Modules - Turnkey Lines	22	Kuka Systems	Augsburg	1200
	22	Reis Robotics	Obernburg	720
	23	Gebrüder Schmid	Freudenstadt, Niedereschach	530
	24	Teamtechnik	Freiberg am Neckar, Berlin	350
Modules - Tabbers, Stringers, Laminators	25	Robert Bürkle	Freudenstadt	350
	26	Meier Vakuumtechnik	Bocholt	170
	27	Somont	Umkirch	100
	28	Robust	Remscheid	50
	29	SunWare	Duisburg	20
	30	Solarwatt	Dresden	20

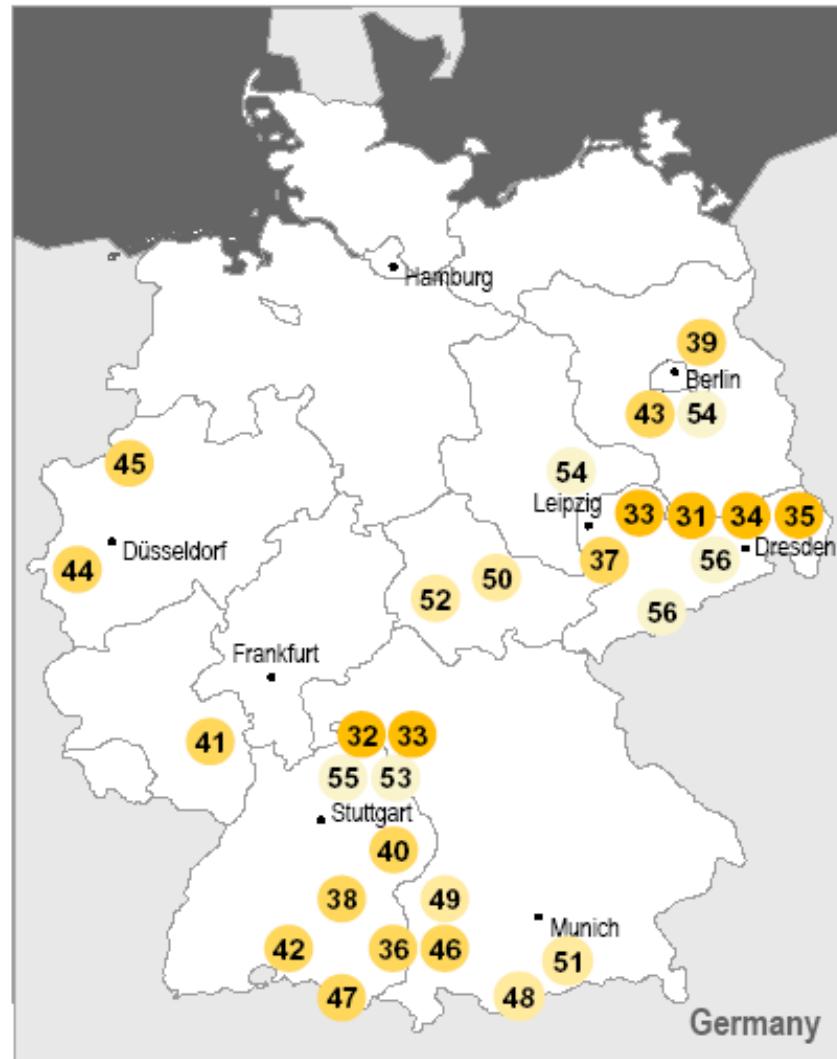


Source: Invest in Germany Research, Information provided by the respective company, March 2008

© 2008 | Invest in Germany

Cluster PV allemand: équipement, films minces

Equipment	No.	Company	Location	Empl.
Thin Film - Vacuum Deposition	31	Applied Materials	Alzenau	500
	32	Von Ardenne Anlagentechnik	Dresden	400
	33	Leybold Optics	Alzenau, Dresden	320
Automation	34	FHR Anlagenbau	Ottendorf-Okrilla	90
	36	ASYS Automatisierungssysteme	Domstadt	300
	37	USK Karl Ulz Sondermaschinen	Limbach-Oberfrohna	260
	38	Manz Automation	Reutlingen	250
	39	Jonas & Redmann Photovoltaics	Berlin	240
	40	Schiller Automation	Sonnenbühl-Genkingen	200
	41	Minitec Maschinenbau	Waldmohr	140
	42	ACI-ecotec	St. Georgen	70
	43	Feintool Automation	Berlin	60
	44	Maschinenbau Gerold	Nettetal	50
	45	Olbricht	Hamminkeln-Brünen	30
Laser Processing	46	Amb bernhard brain	Gersthofen	20
	47	Mondragon Assembly	Stockach	20
	48	Carl Baasel	Stamberg	350
	49	Manz Automation	Reutlingen	300
	50	Jenoptik Automatisierungstechnik	Jena	170
Fab Engineering and Planning	51	InnoLas	Krailling	80
	52	LPKF SolarQuipment	Suhl-Friedberg	40
	53	M+W Zander FE	Stuttgart	400
	54	IB Vogt	Berlin, Thalheim	160
	55	Caverion	Stuttgart	160
	56	AIc	Chemnitz, Dresden	80



Source: Invest in Germany Research, Information provided by the respective company, March 2008
 © 2008 | Invest in Germany

UN PROCESSUS D'APPRENTISSAGE INTERNATIONAL

L'apprentissage rapide requiert de la coopération

- Coopération le long de la chaîne de création de valeur
- Coopération entre recherche et industrie
- Coopération entre associations industrielles nationales
- Coopération entre gouvernements pour assurer une croissance équilibrée du marché

Coopération internationale est nécessaire Un acteur nouveau important: IRENA

- International Renewable Energy Agency (IRENA): une organisation internationale dédiée aux énergies renouvelables
- Fondée à Bonn le 26 janvier 2009
- 79 pays signataires
- Siège et DG vont être décidés en Juin
- Un signal important, bien au delà de l'organisation même



MERCI

www.bsw-solar.de

www.irena.org

www.schleicher-tappeser.eu