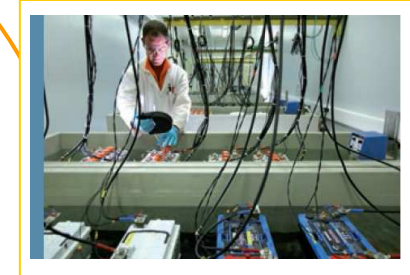
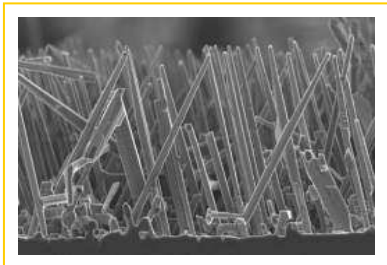


Quelles sont les perspectives technologiques en solaire PV?

Jean-Pierre Joly
Directeur Général
CEA INES



0. En préambule...Quelques mots sur INES

Institut National de l'Énergie Solaire

270 chercheurs

15000 m²

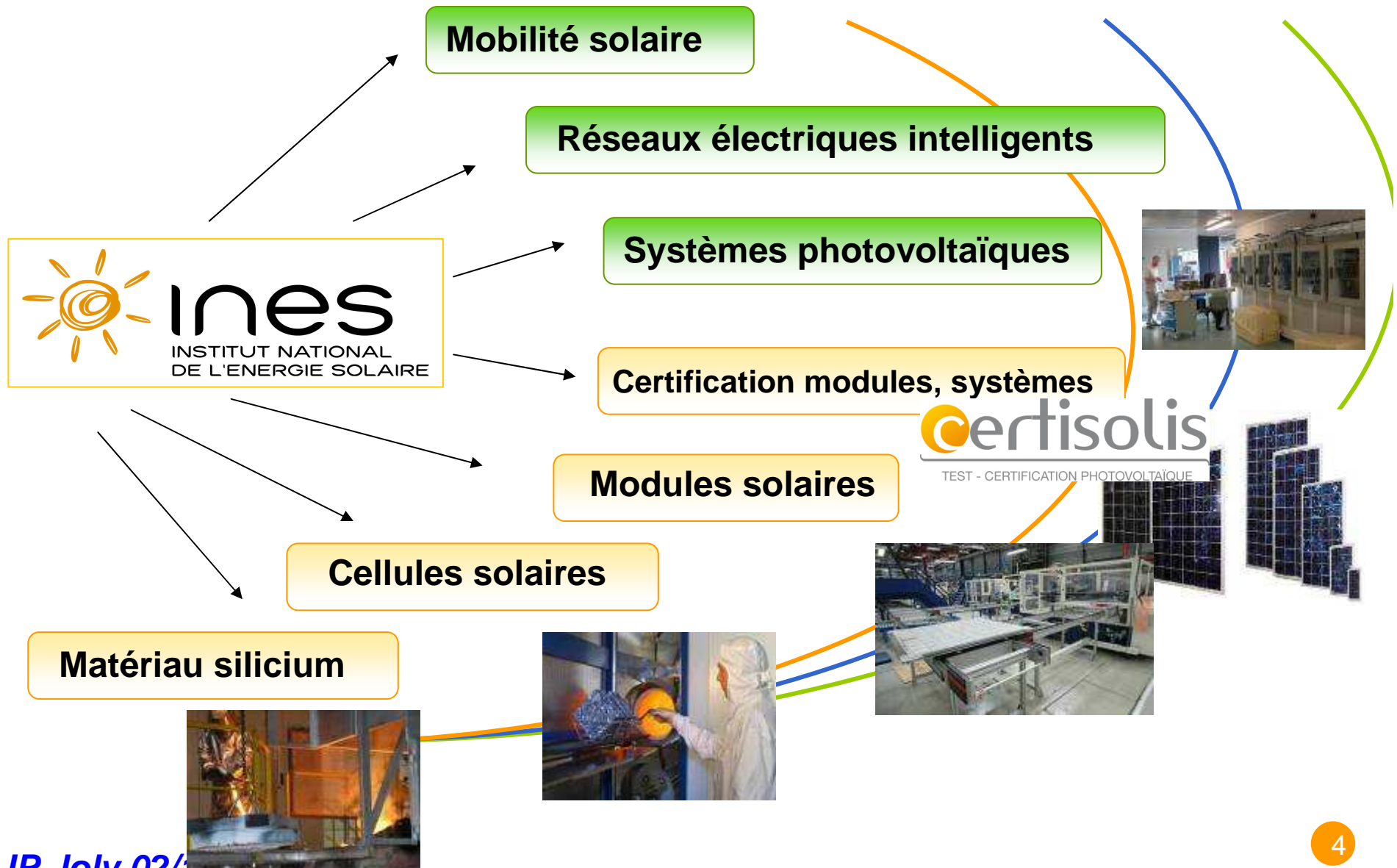
40 brevets/an

100 partenaires industriels

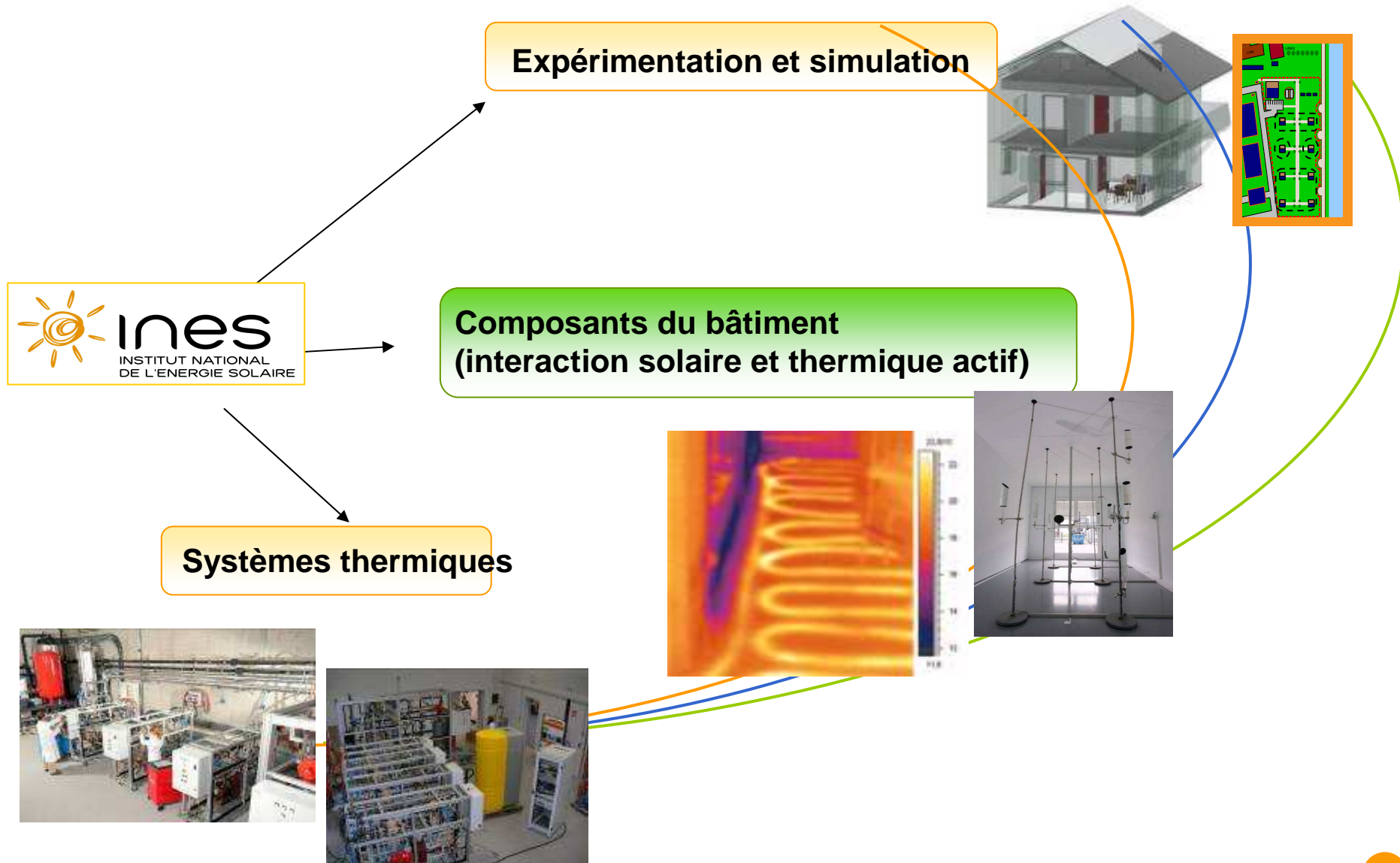
30 M€ de contrats



les activités photovoltaïques à l'INES



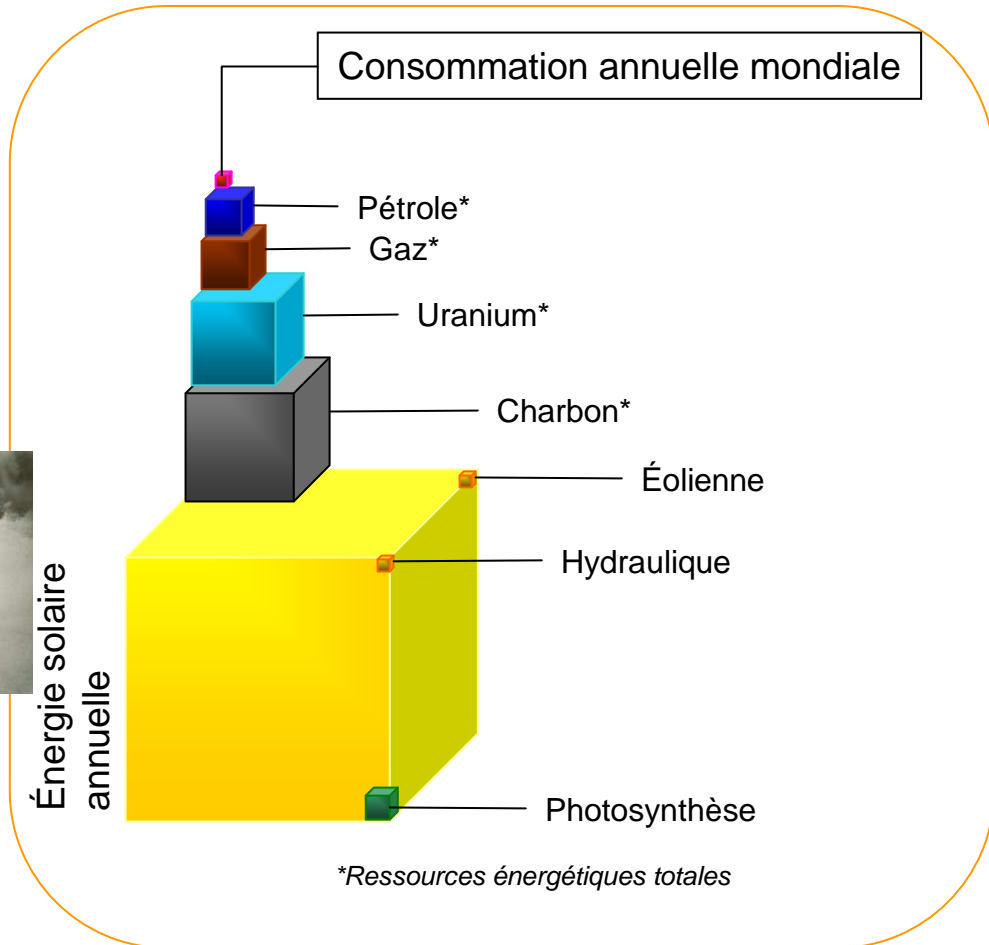
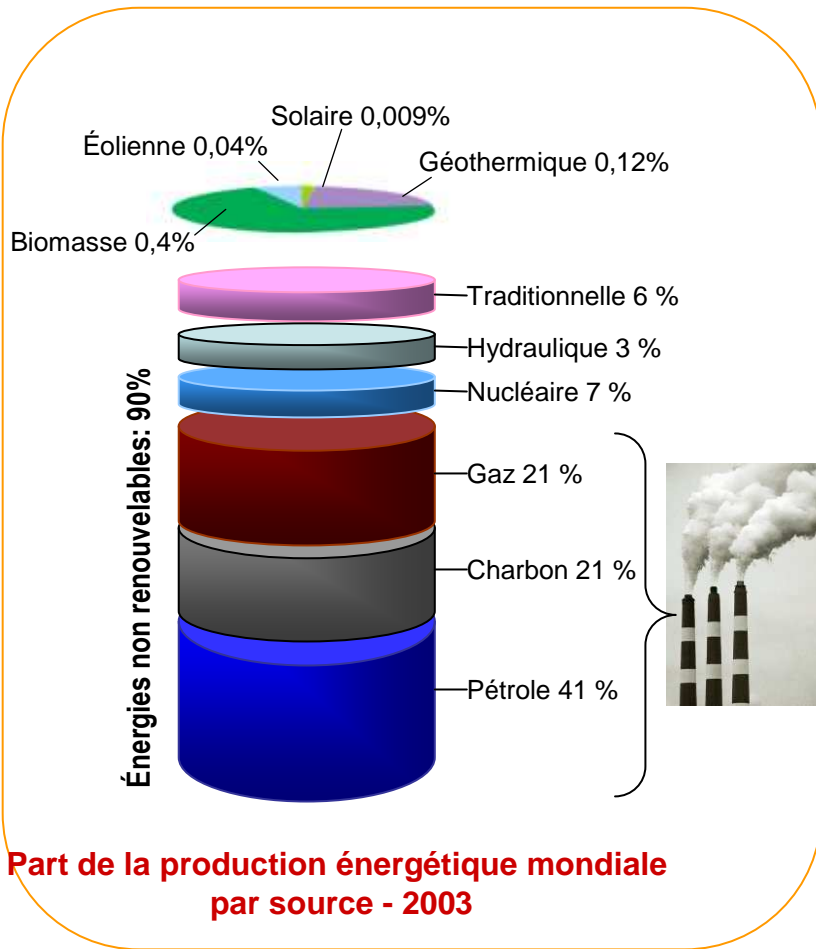
Les études tournées vers le Bâtiment



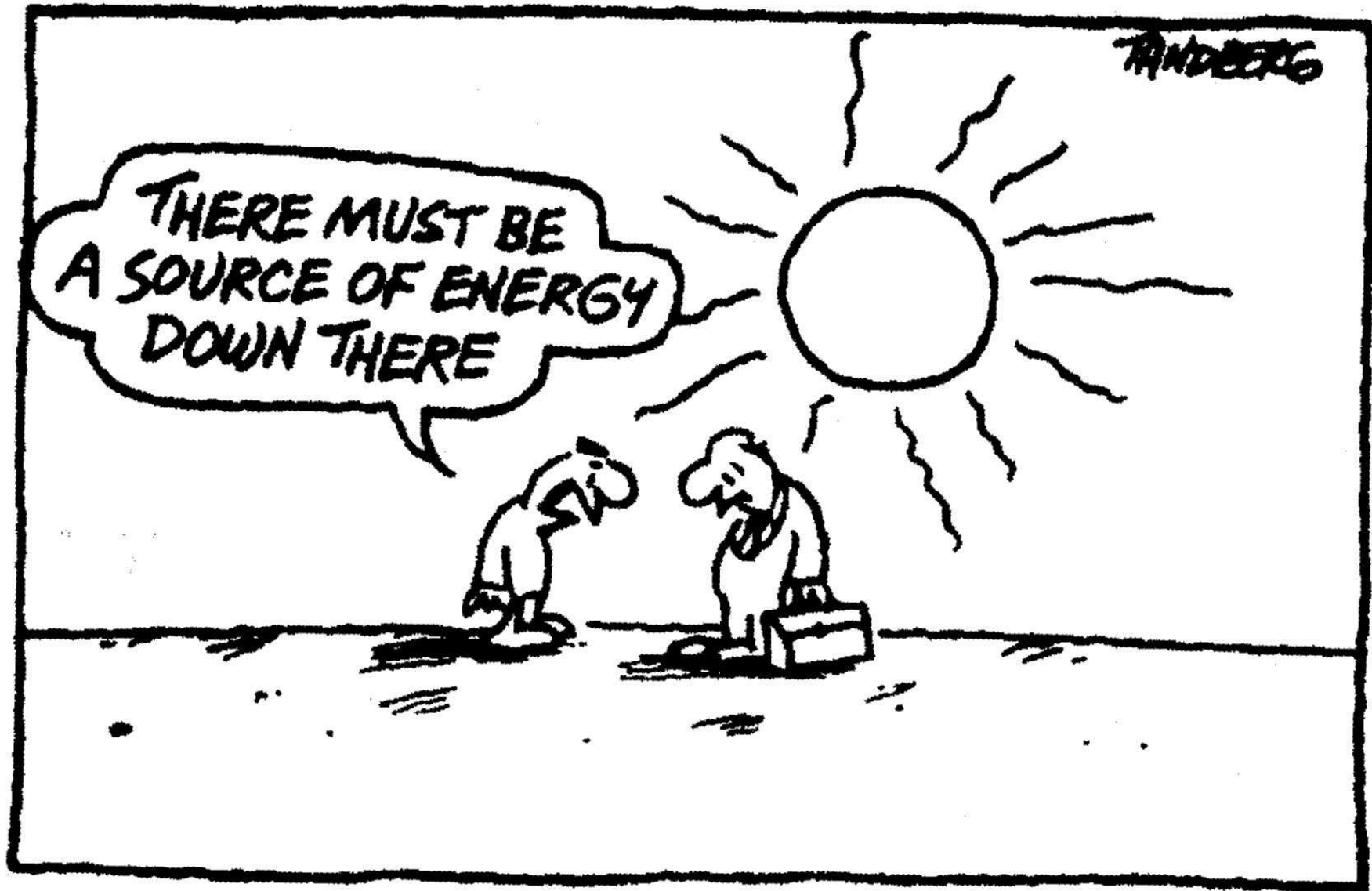


1. Les innovations PV dans leur contexte

L'énergie solaire reste marginale mais a un énorme potentiel

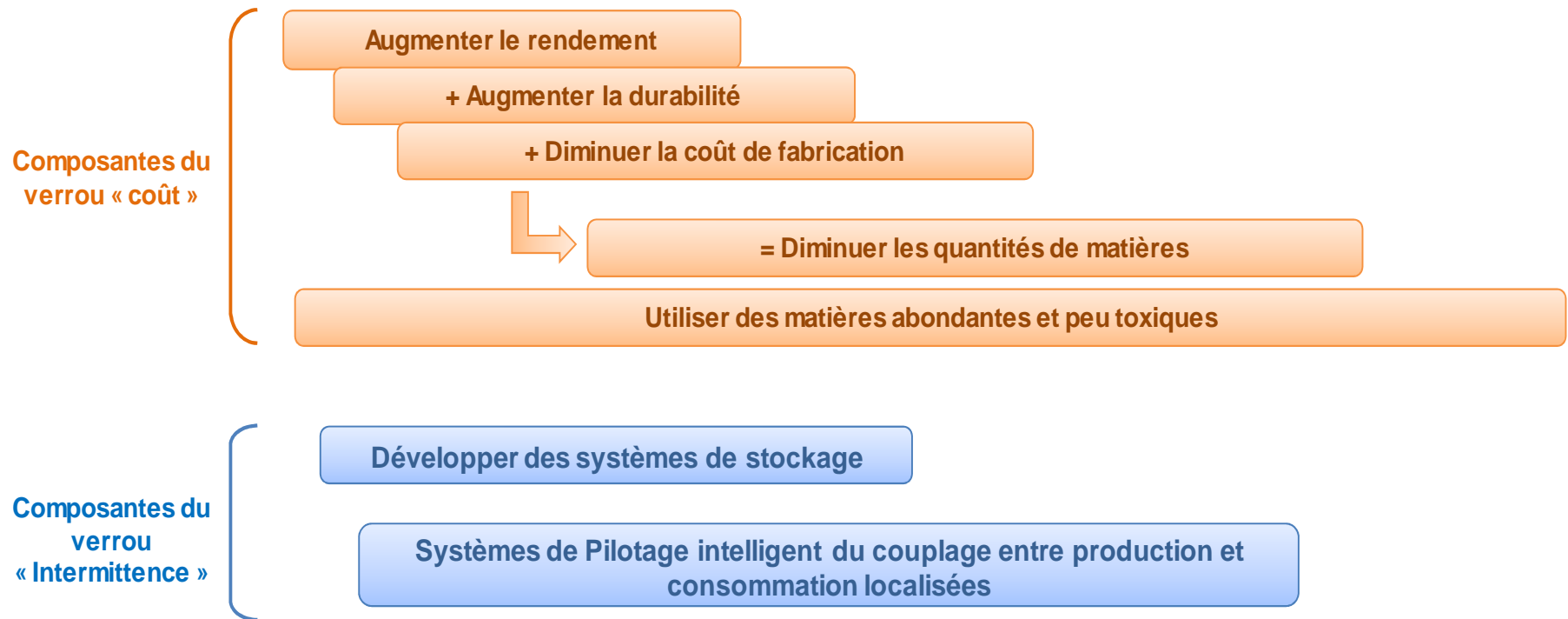


...en contradiction avec les ressources

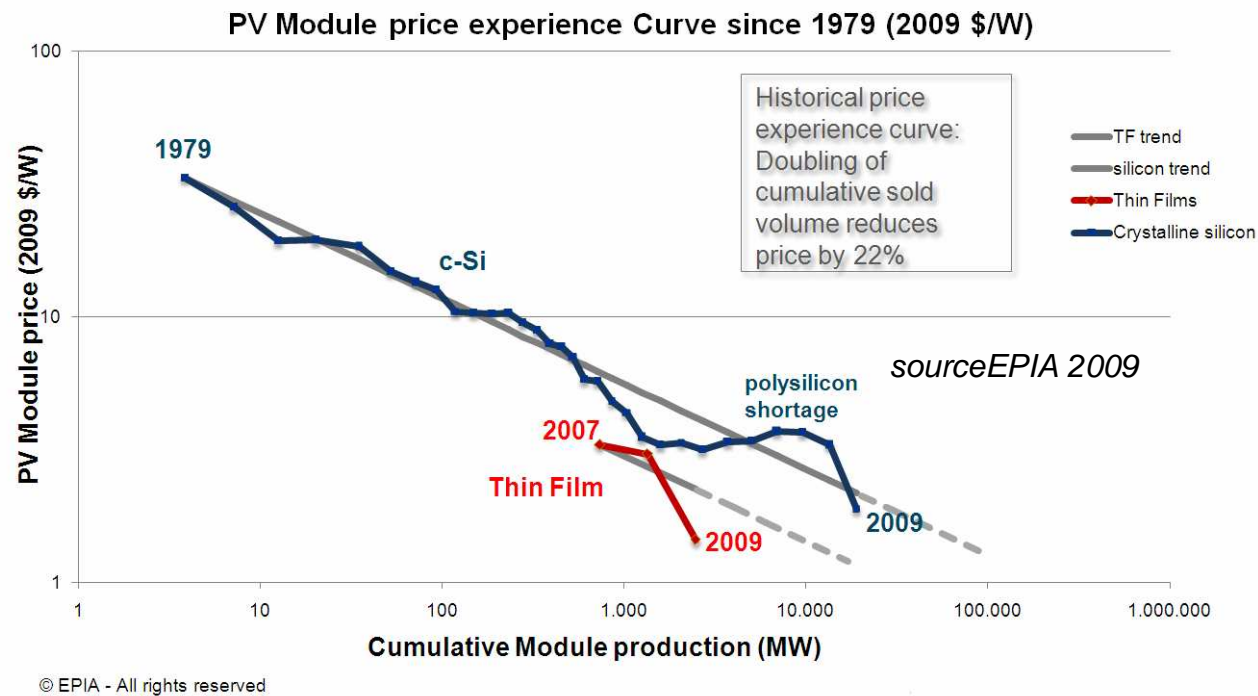


Oui mais quelques verrous... moteurs de l'innovation

Nature du verrou: **Scientifique** **Technologique** **Economique** **Environnemental** **Sociétal**

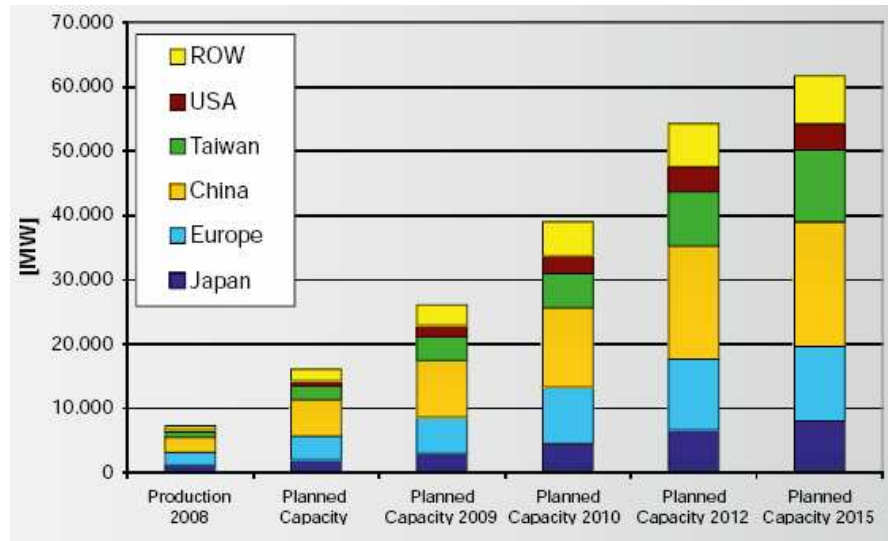
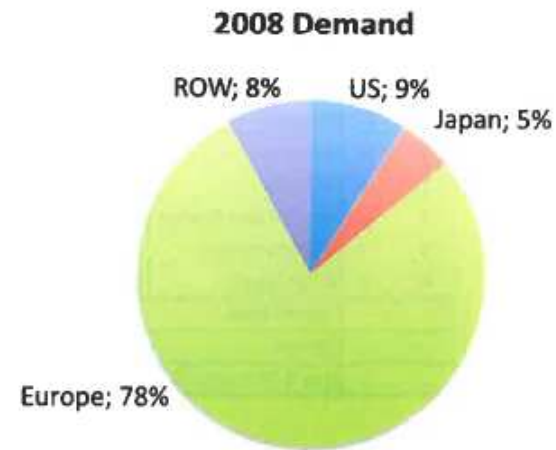
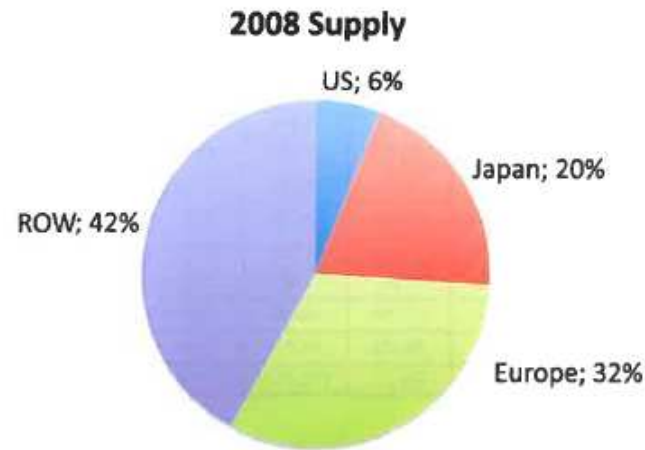


Une préoccupation quasi-unique: la réduction des coûts par l'innovation à partir des technologies connues selon un mécanisme vertueux et vérifié par le passé



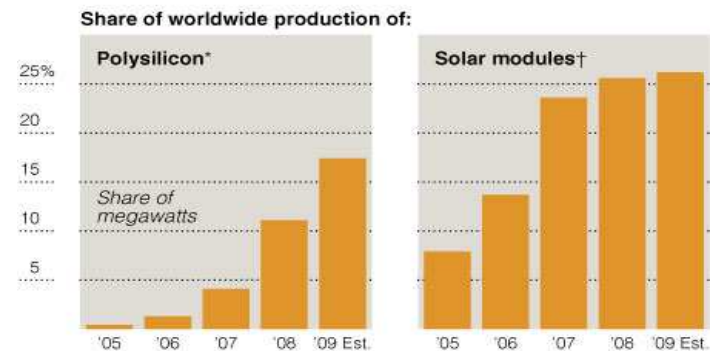
...dans un marché ouvert et mondial

Une production très asiatique pour un marché très européen



China's Solar Share

Chinese companies play a rapidly growing role in the global solar industry, and have been gaining market share at the expense of American and European companies.



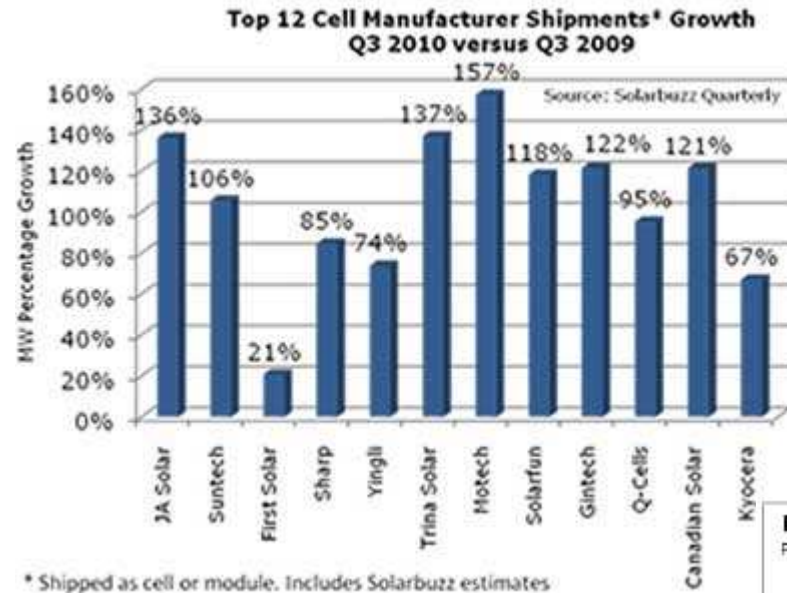
* Polysilicon is the main material and the main cost of a solar panel.

† A solar module is a solar panel with a metal frame and a small junction box, ready to install.

Source: Stefan de Haan, iSuppli Corporation

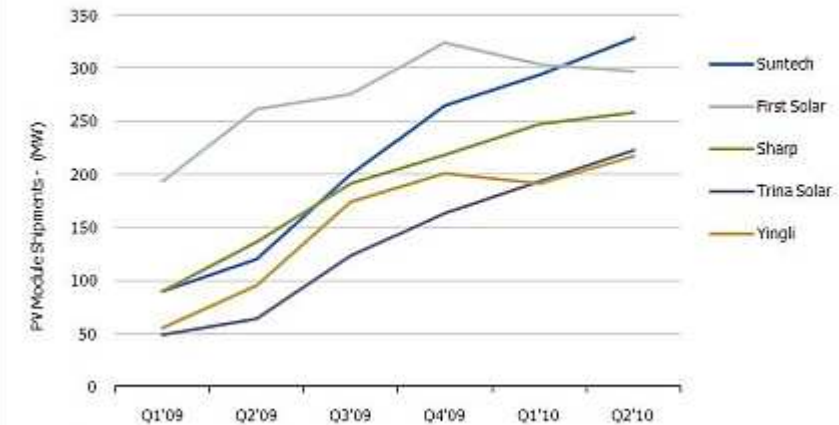
THE NEW YORK TIMES

Des taux de croissance souvent vertigineux



PV Module Shipments - Five Largest Suppliers

PV Module Shipments (MW) - Q1'09 to Q2'10



Source: IMS Research - www.PVMarketResearch.com

Aug-10

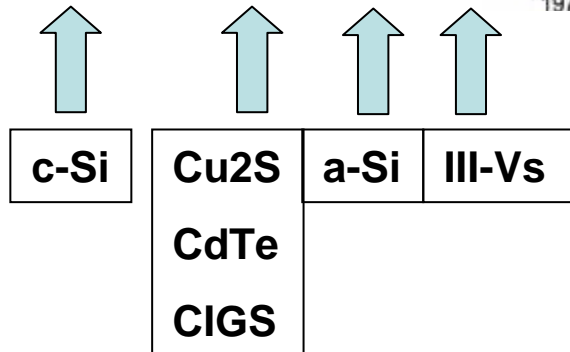
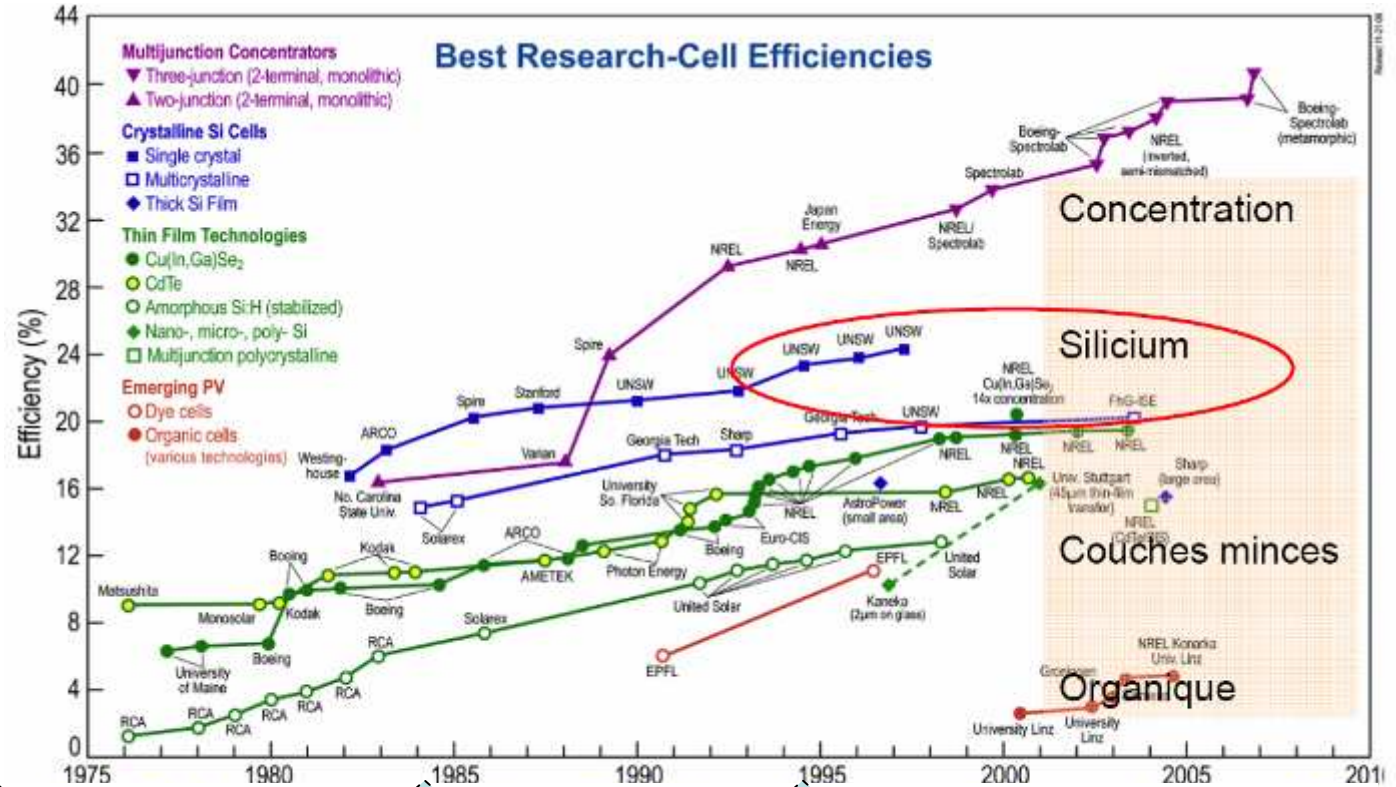


2. Panorama des Technologies en présence

Les technologies en production et en développement

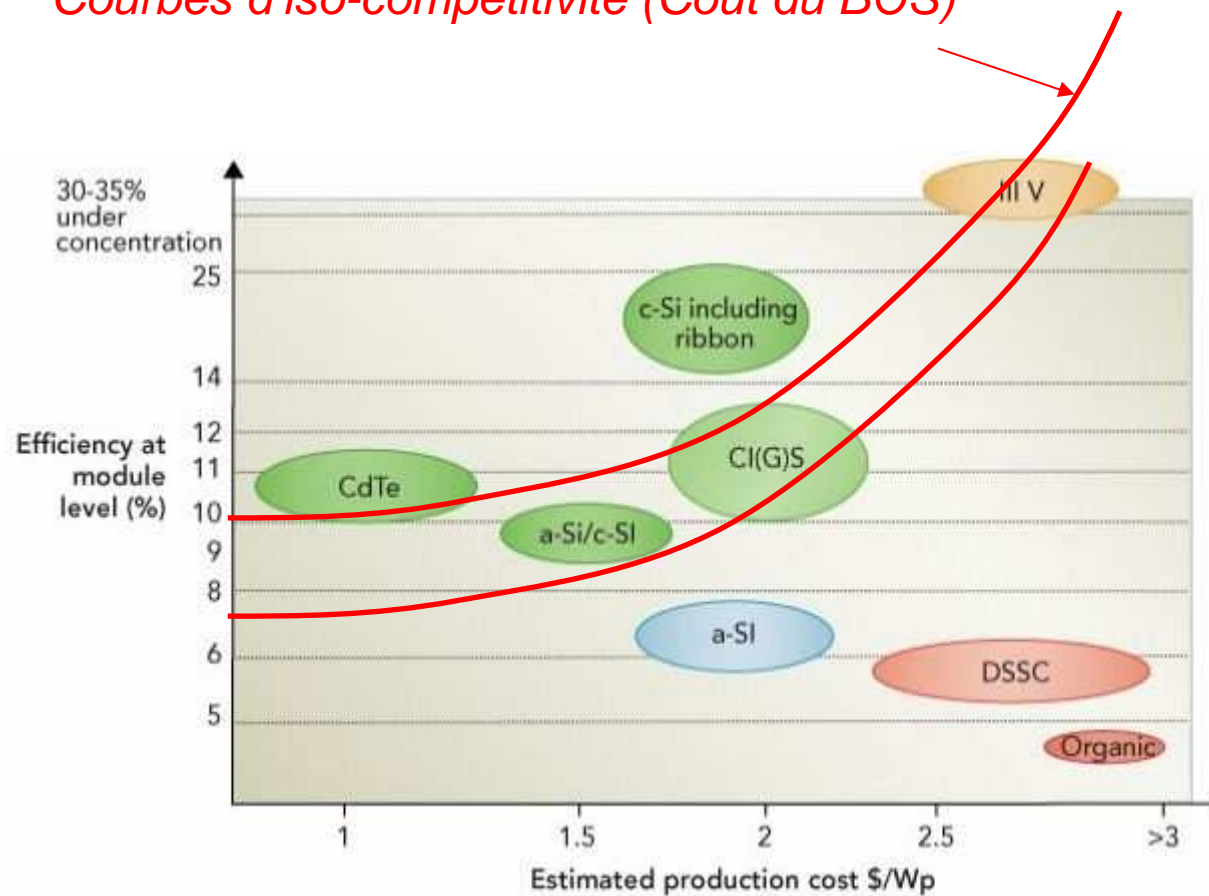
	2008	2010 status	2015 status
Si Wafer based (Mono and Polycrystalline)	<i>Mass production</i>		
Amorphous (a-Si)	<i>Mass production</i>		
Tandem a-Si / Si Crystalline	<i>Mass production</i>		
CIS / CIGS	<i>Mass production</i>		
CdTe	<i>Mass production</i>		
III V	<i>Industrial research on concentrator; Mass production for cells</i>	<i>Mass production</i>	
Dye Sensitized	<i>Industrial research and pilot plant</i>	<i>Mass production</i>	
Full Organic	<i>Experimental research</i>	<i>Industrial research and pilot plant</i>	<i>Mass production</i>
Hybrid			

Très longues maturations des technologies

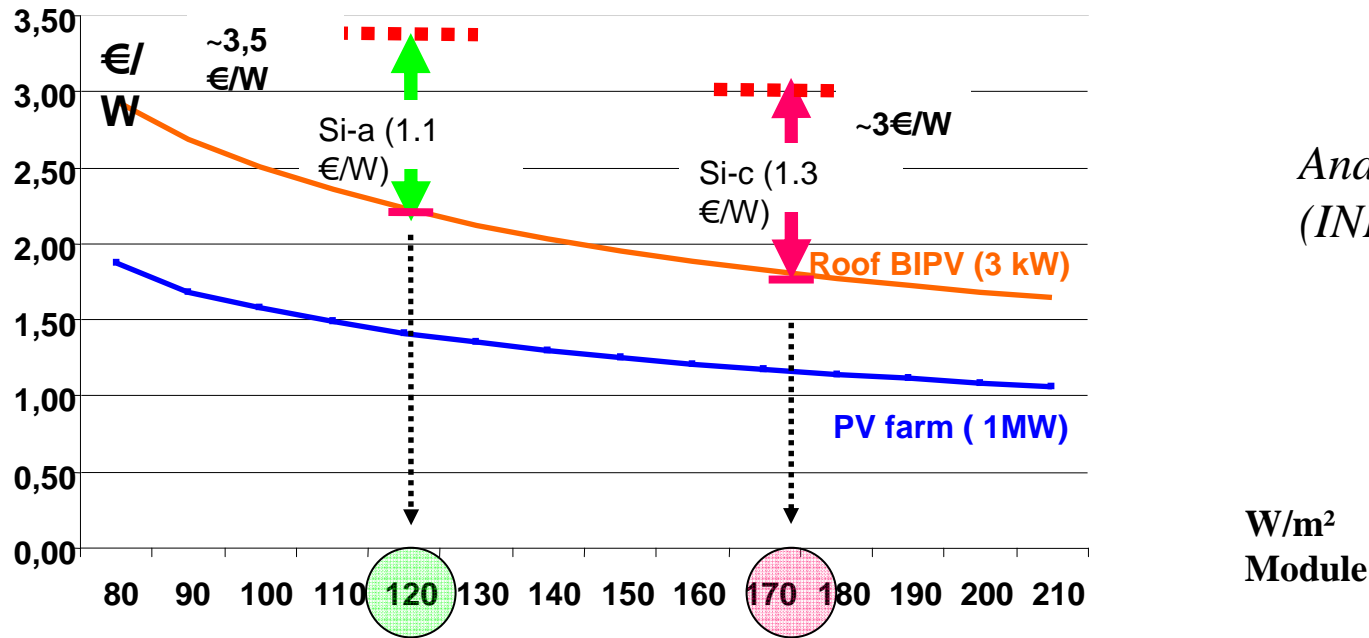


Rendements et coûts du Wc à ce jour des modules commerciaux

Courbes d'iso-compétitivité (Coût du BOS)



Le coût du BOS hautement dépendant du rendement des modules

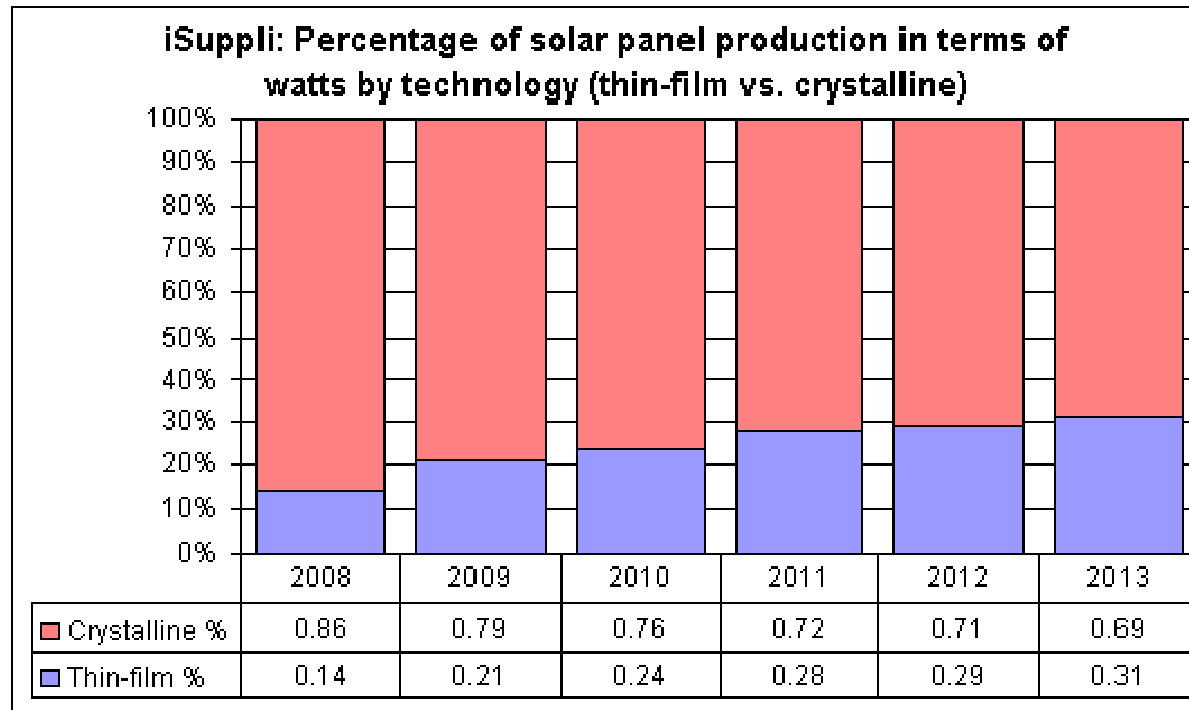


Analyse Dominique Sarti (INES)

PV BOS versus Power density delivered per each module

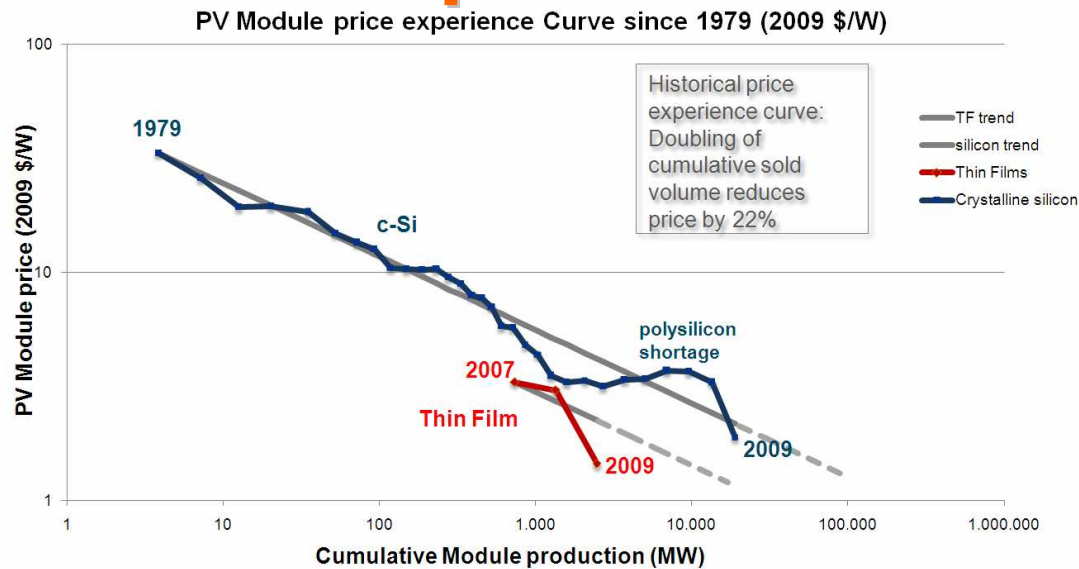
- Estimated Thin film Si module cost (€/W) in 2020 (efficiency 12%)
- Estimated c-Si module cost (€/W) in 2020 (efficiency 18 %)

Parts respectives de marché et évolution

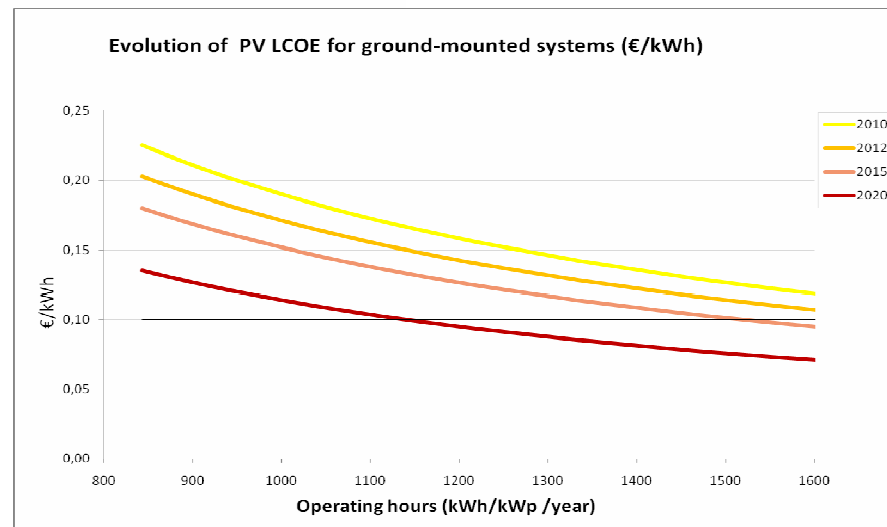


Part Couche Mince en progression mais lente

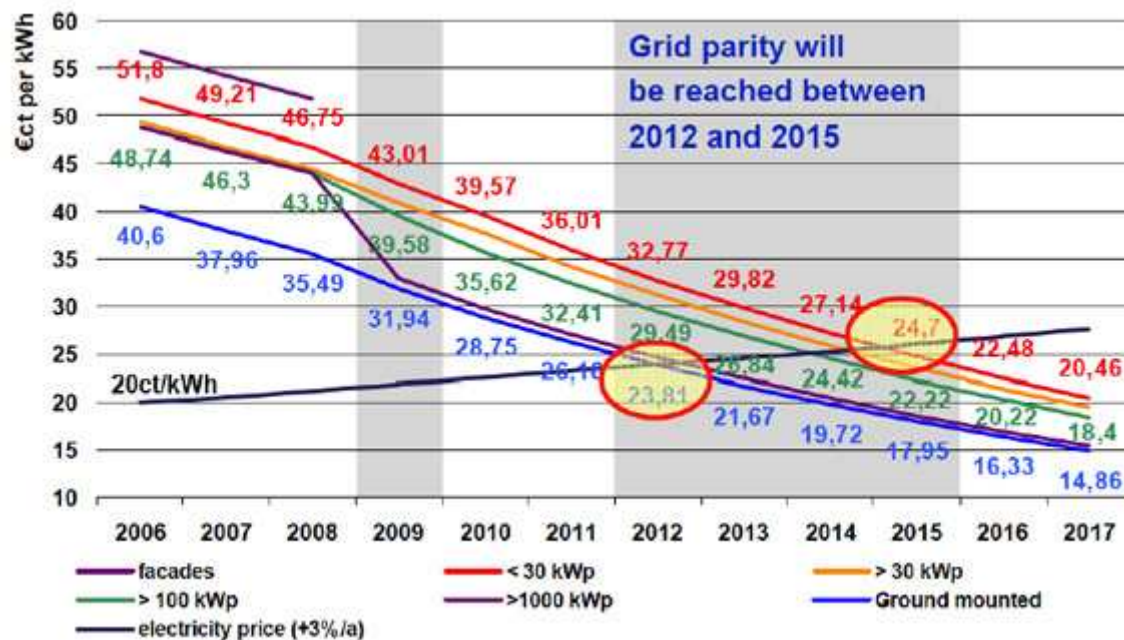
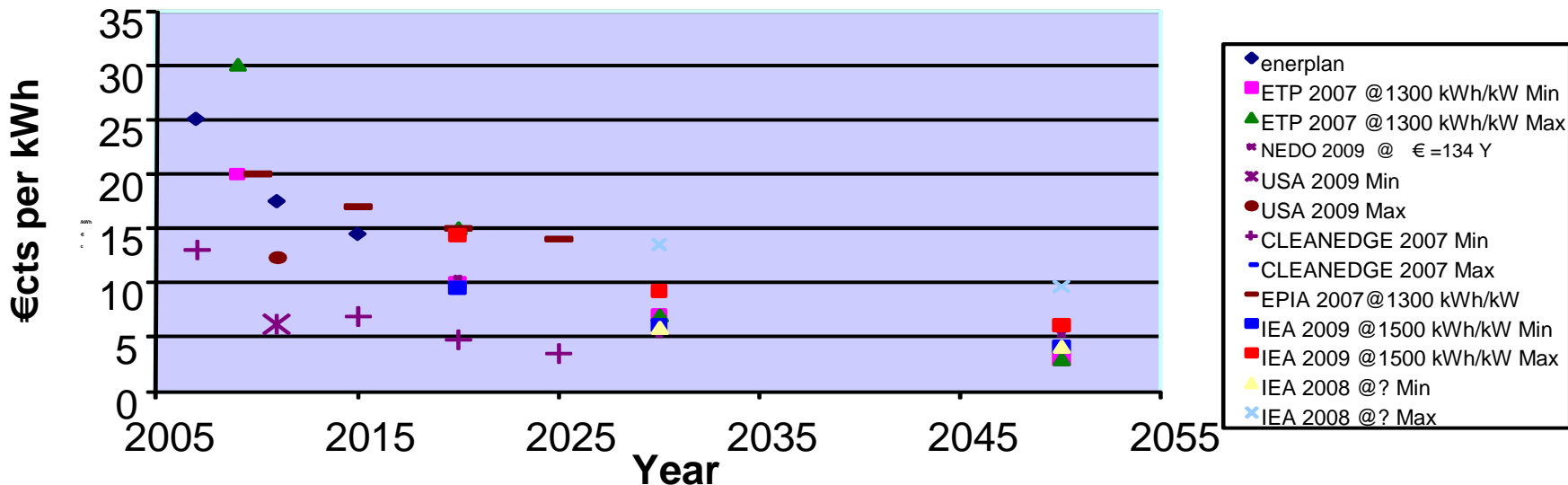
Le moteur de toute évolution: la baisse du prix du Wc et du kWh



© EPIA - All rights reserved

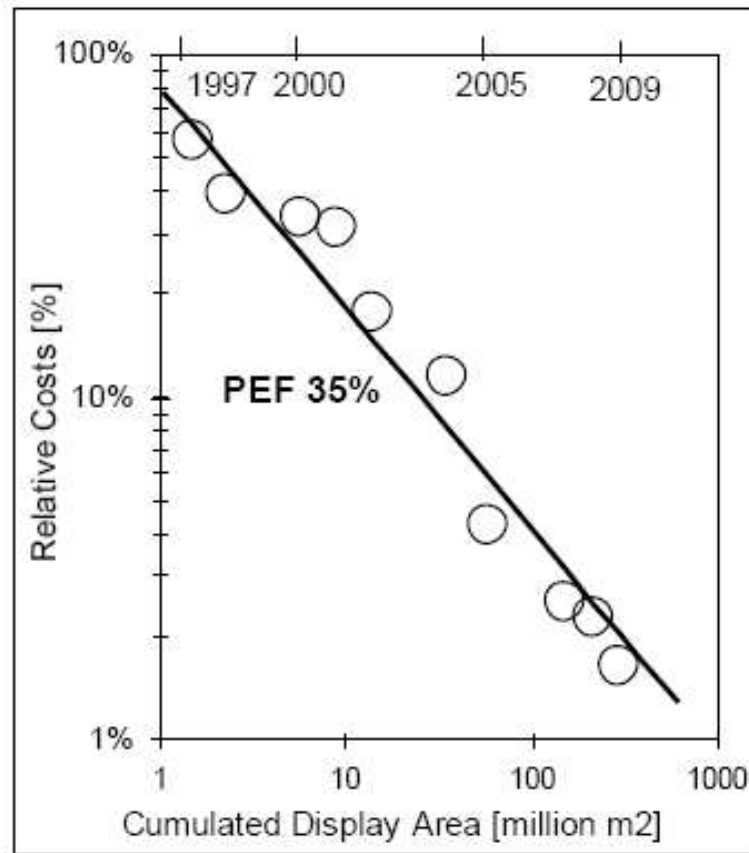


Pour arriver à un prix du kWh attractif sans aides

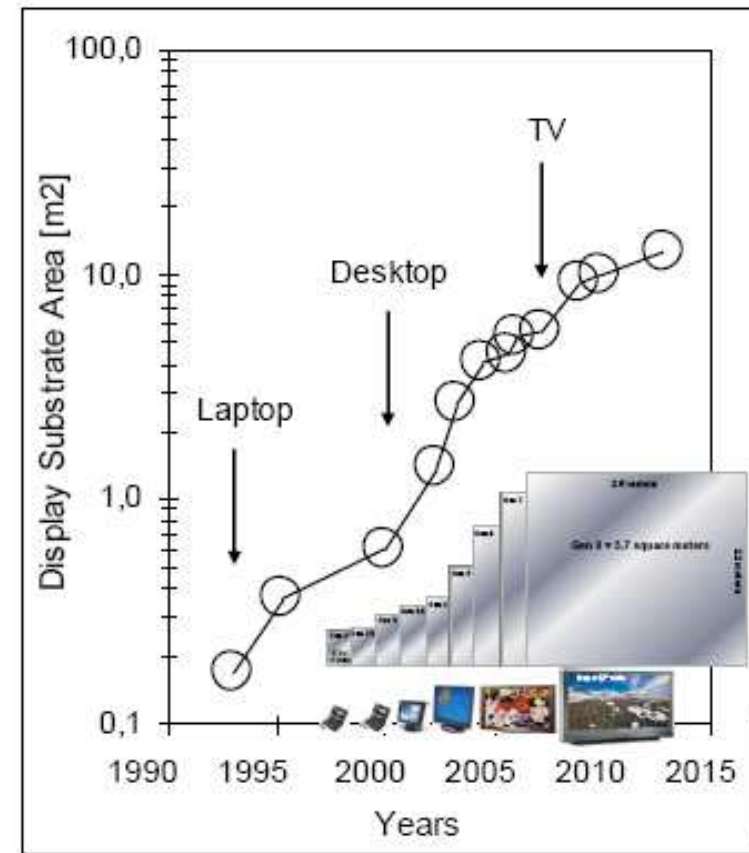


Modèle de réduction connu dans d'autres domaines

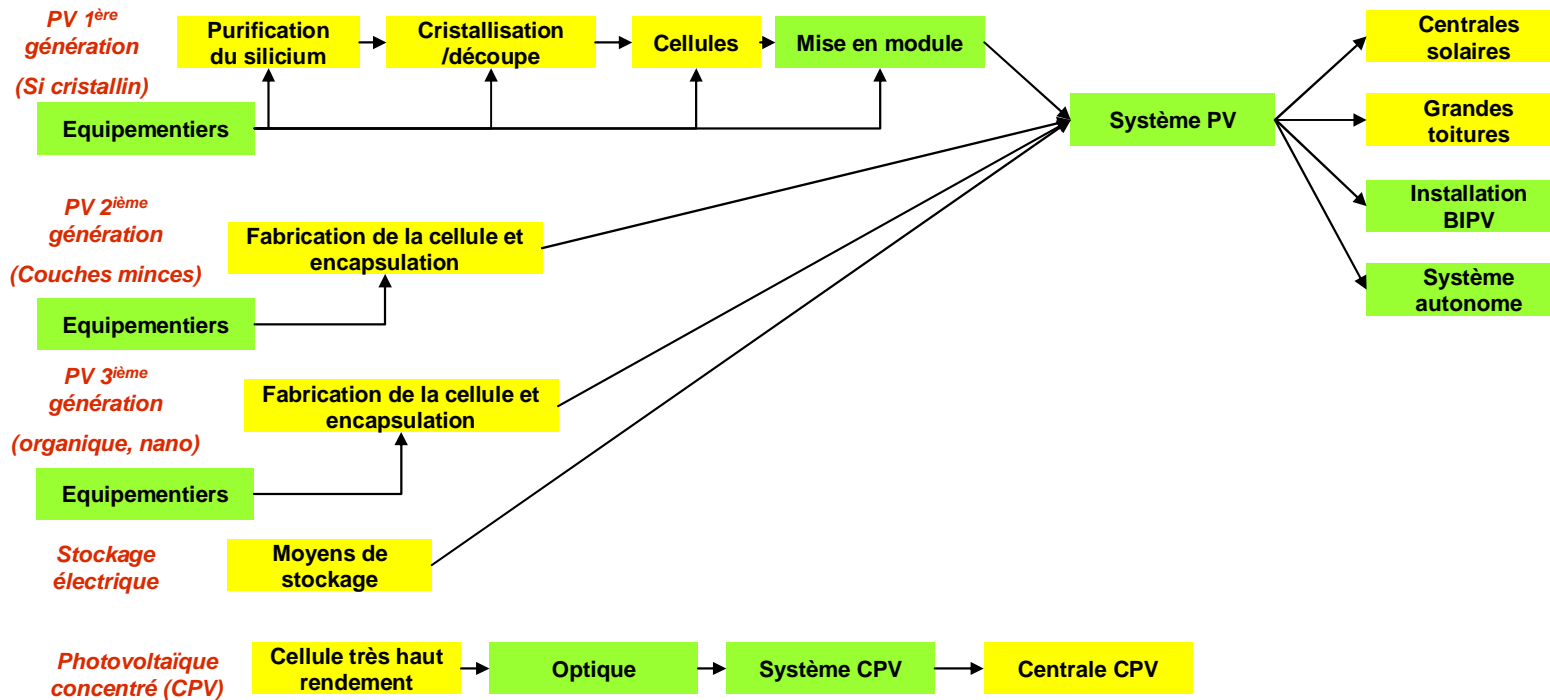
Experience Curve



Driven by Technology



Une chaîne de la valeur riche et complexe



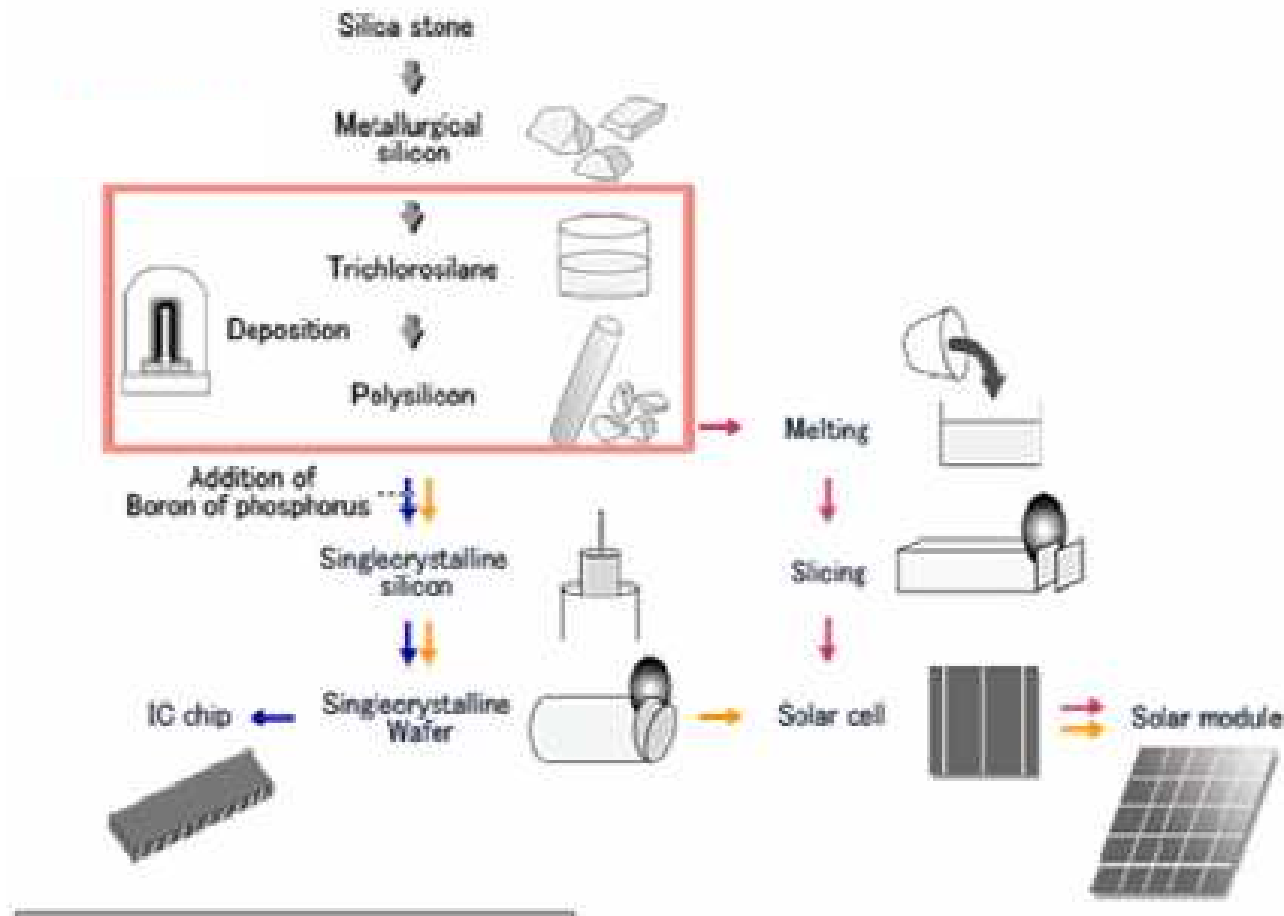
 **Plutôt PME**

 **Plutôt Grand Groupe**

3a. Evolutions dans la filière Si cristallin



Les éléments de la chaîne

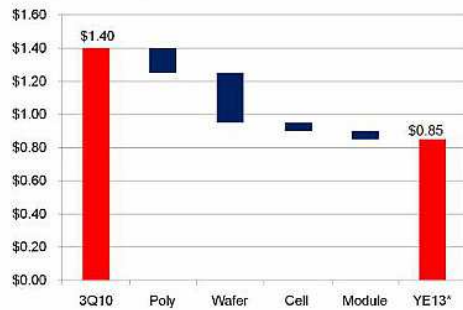


Structure de coût du PV au Si cristallin

Diminuer le coût matière

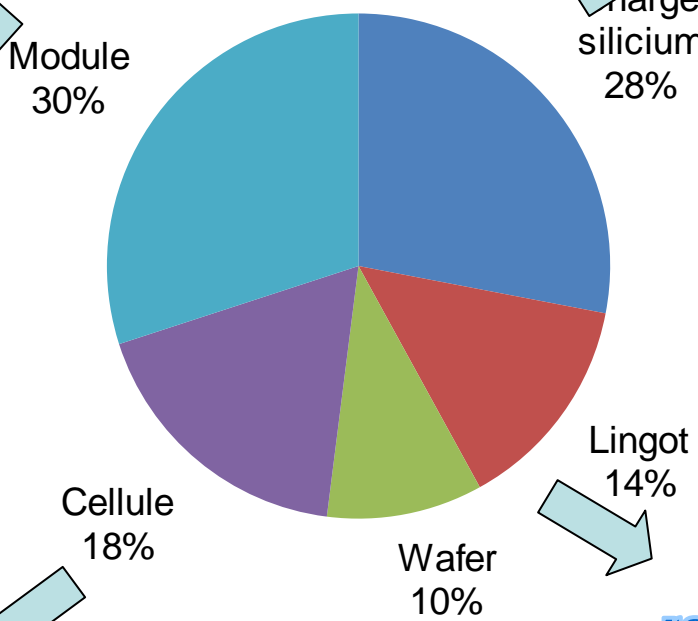
Baisser le coût de la purification

2013 Cost Target c-Si Module Cost



- *For c-Si module utilizing internally produced wafers.
- Note this excludes approximately \$0.05/W of freight and share based compensation expenses in order to give better indication of production cost and to enable apples to apples comparison with peers that also exclude these metrics.

SUNTECH



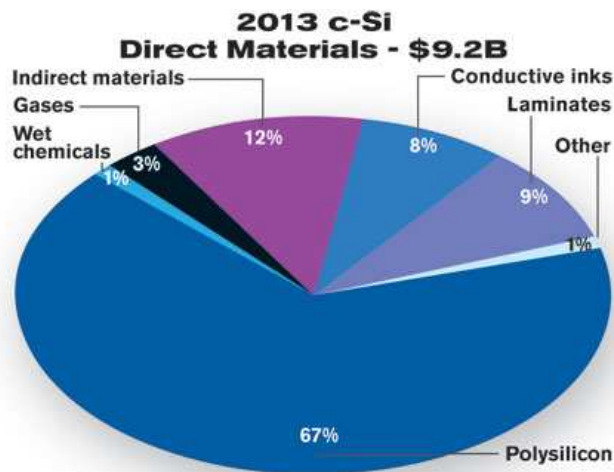
Augmenter le rendement de conversion

**Augmenter le rendement matière
Augmenter la qualité**

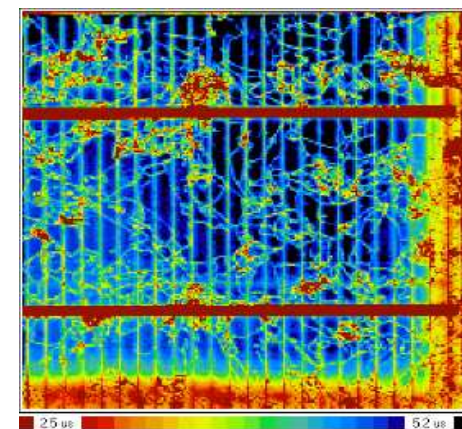
**Diminuer les pertes
Réduire l'épaisseur**



Diminuer le coût et la quantité de la matière Silicium en maintenant la qualité



Echéance	2008-2013	2013-2020	2020-2030
Consommation	5 g/Wc	< 3 g/Wc	< 2 g/Wc
Coût feedstock	15-25 €/kg	13-20 €/kg	10-15 €/kg
Epaisseur wafers	< 150 μm	< 120 μm	< 100 μm



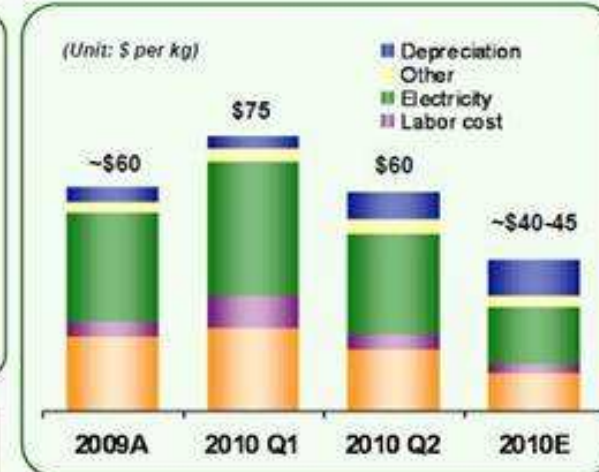
Raffinements de la voie de purification usuelle (ex lit fluidisé)



Progress on Polysilicon: Ramp Up and Cost Down

ReneSola

Production Volume and Cost



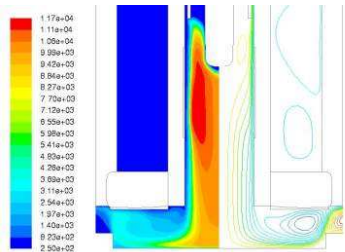
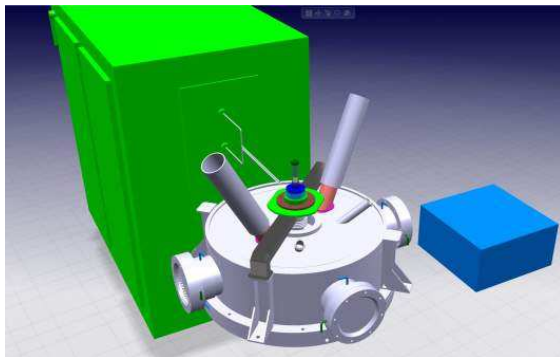
- Production cost at \$40-45/kg by the end of 2010
- On target to ramp up production in Q4 2010

La voie de purification métallurgique



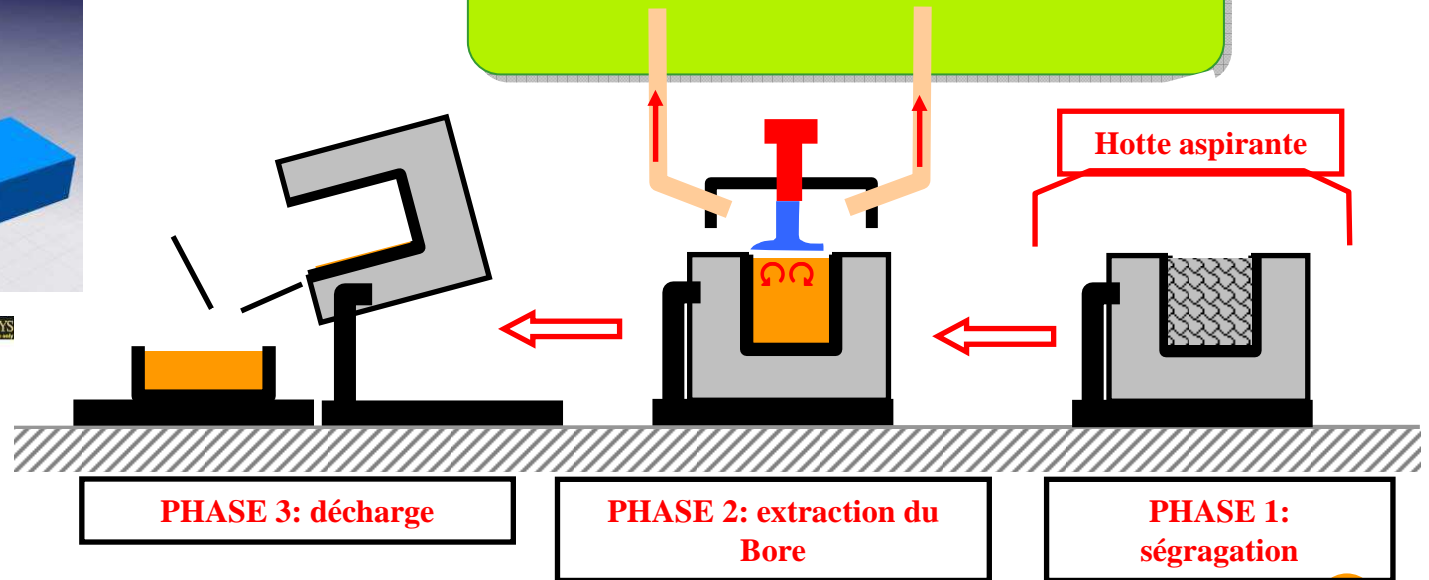
Projet français PHOTOSIL
La solution à l'extraction
Du Bore

Rendements de conversion
 entre 15,6 % et 16 % sur multi



ANSYS

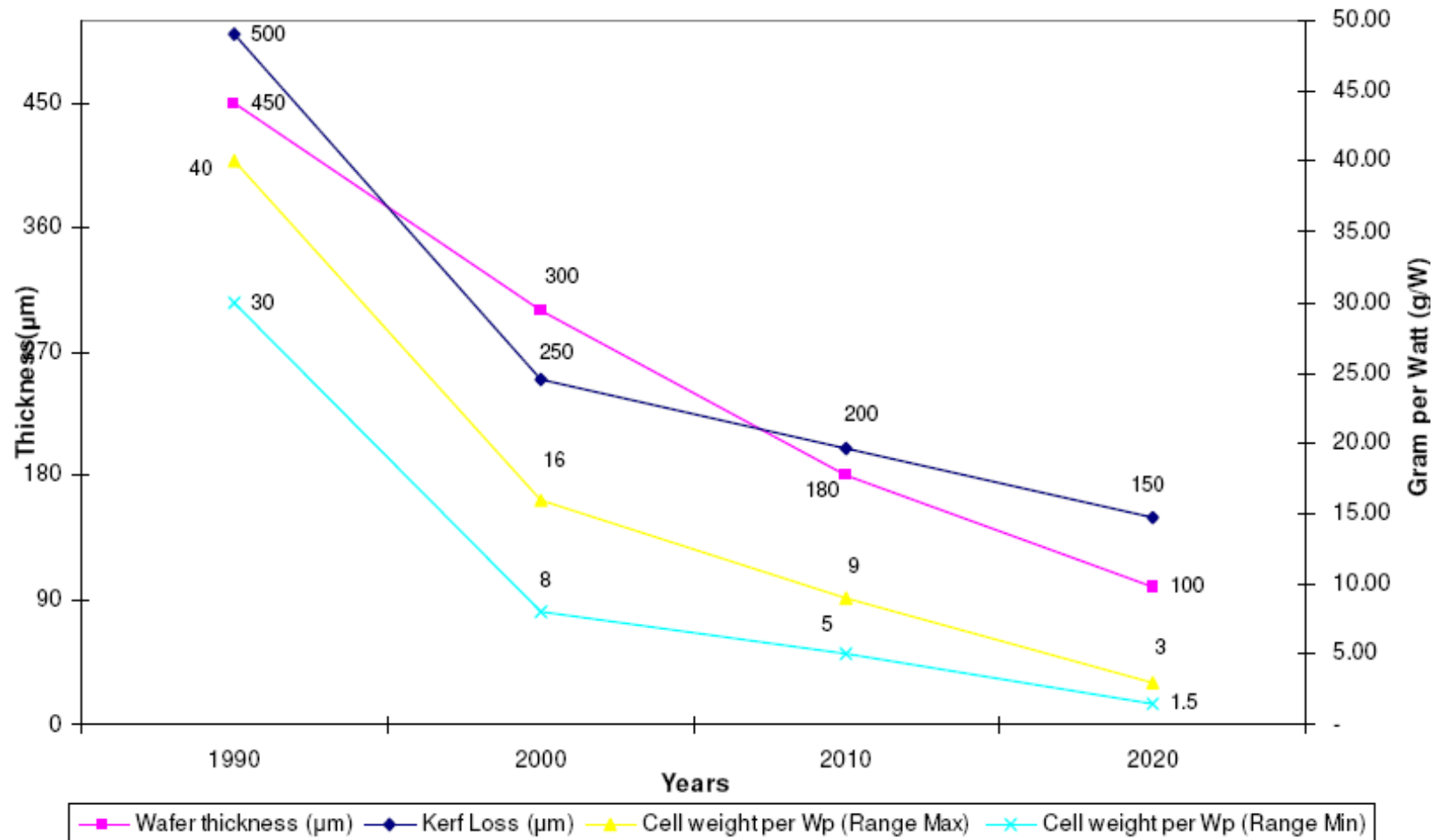
model-03-10a
 Contours of Static Temperature (K)
 ANSYS FLUENT 12.1 (64-bit, sw64, dp, pbns, spe, mpkg)
 Mar 18, 2013



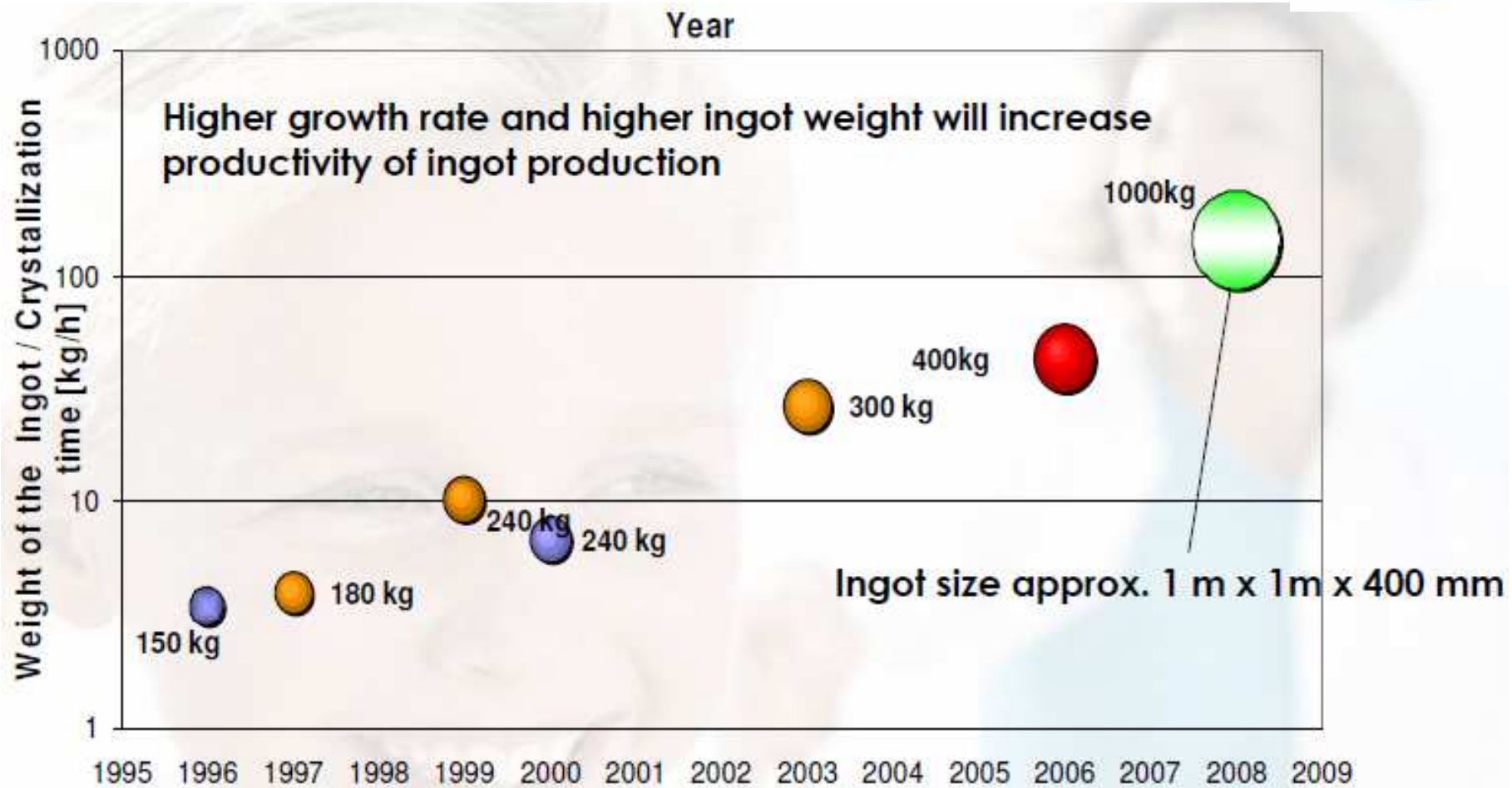


La diminution de consommation du Silicium: Une clef essentielle de la réduction du coût

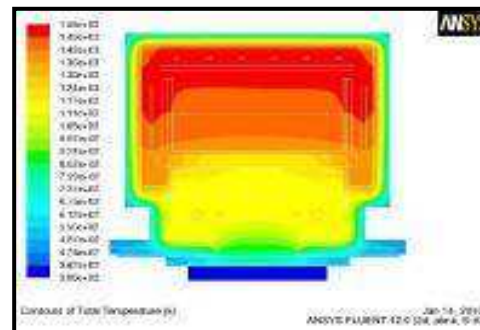
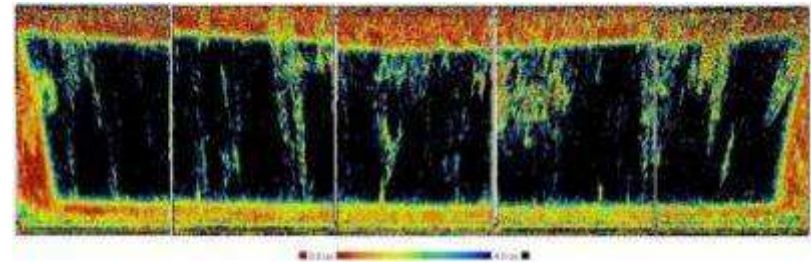
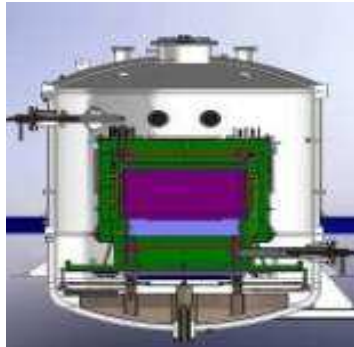
Changing Dynamics of Solar PV Cell Production



Cristallisation silicium: des lingots de grande taille pour améliorer le rendement matière

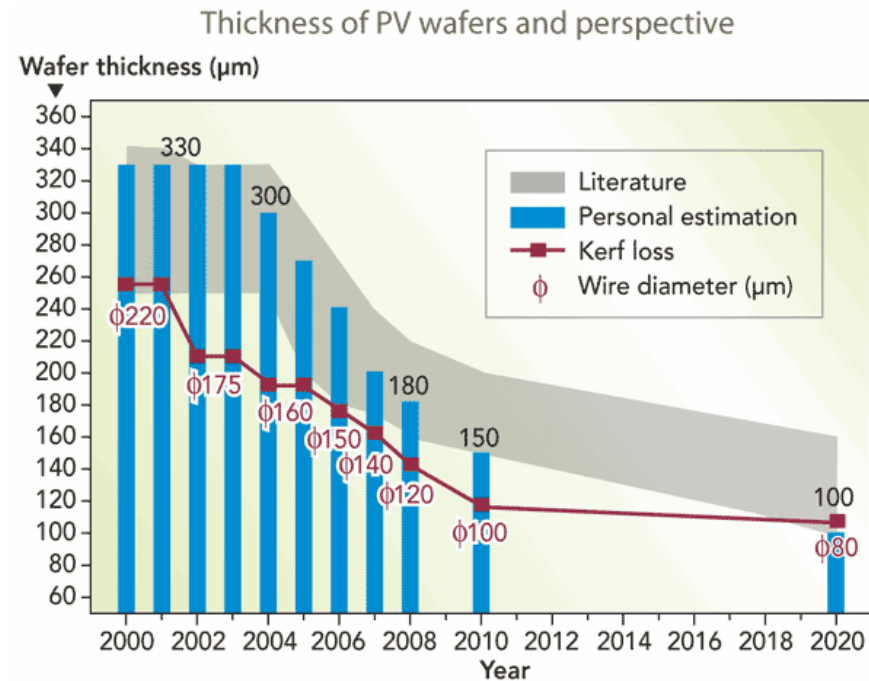
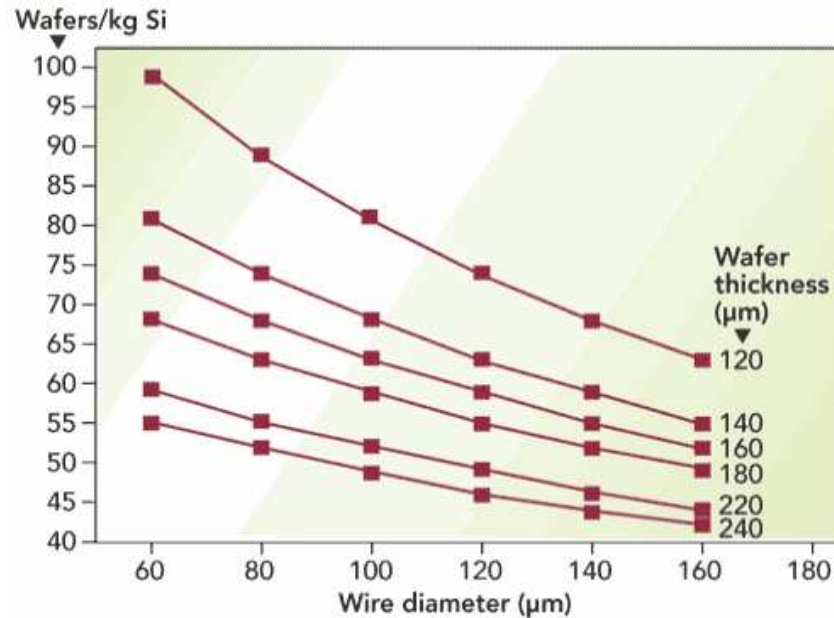


Cristallisation silicium: L'exemple à l'INES avec ECM



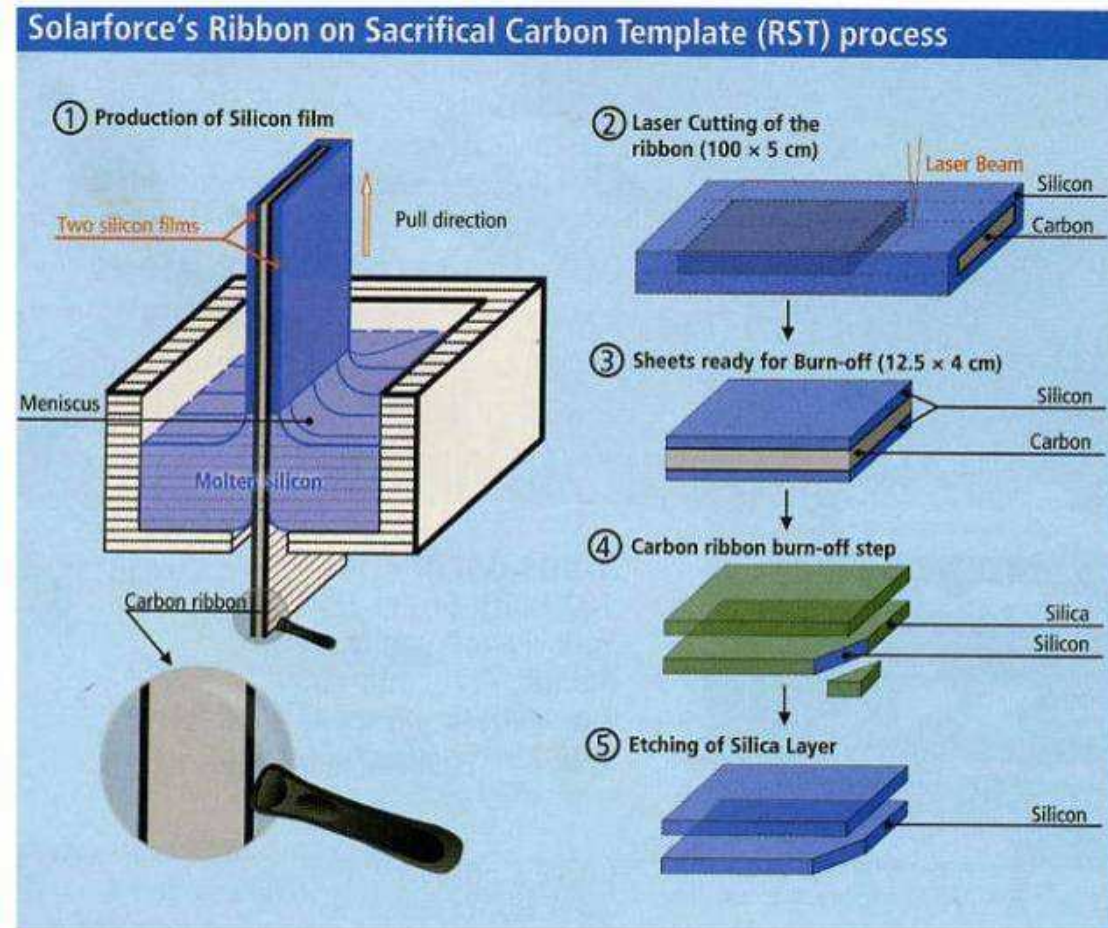
Vers les 800 kg

La feuille de route de réduction de l'épaisseur des tranches de Silicium



Vers la suppression du sciage

Exemple de l'approche Tirage en lame mince (Solar Force)



(Source Solarforce, graphic PHOTON International)

Vers la suppression du sciage et des tranches ultraminces: l'approche SiGen

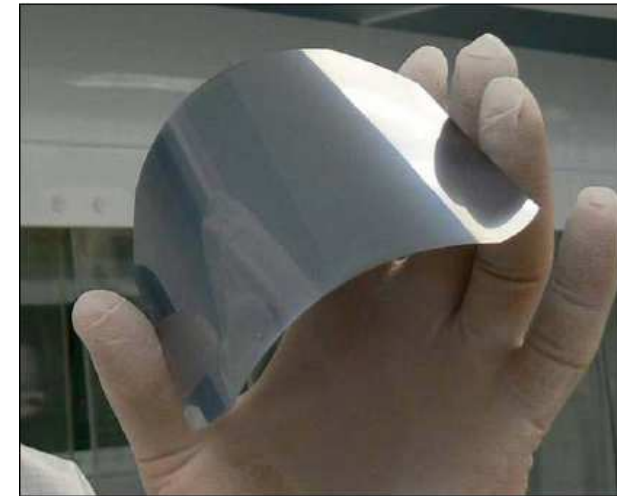
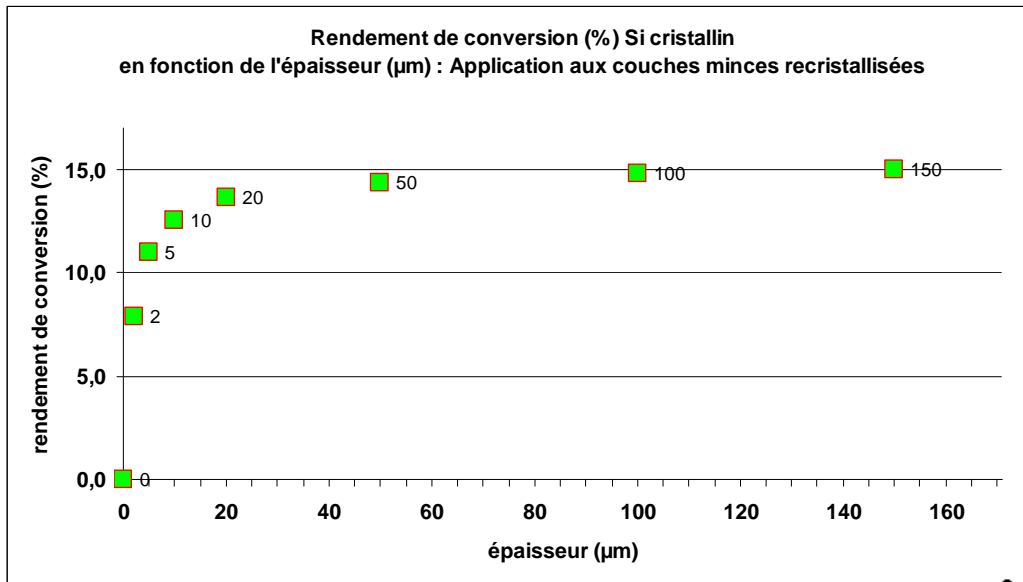


Figure 4: PolyMax™ 50μm thick 125mm wafer

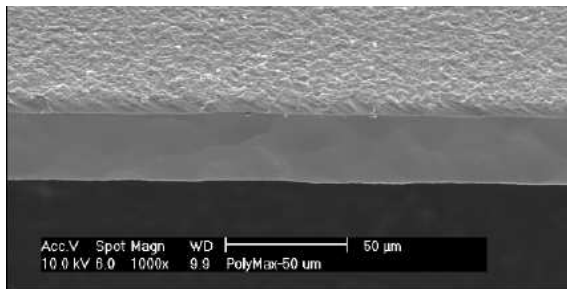


Figure 6a: 50μm PolyMax™ wafer side profile (50μm scale)
From Henley (SiGen)

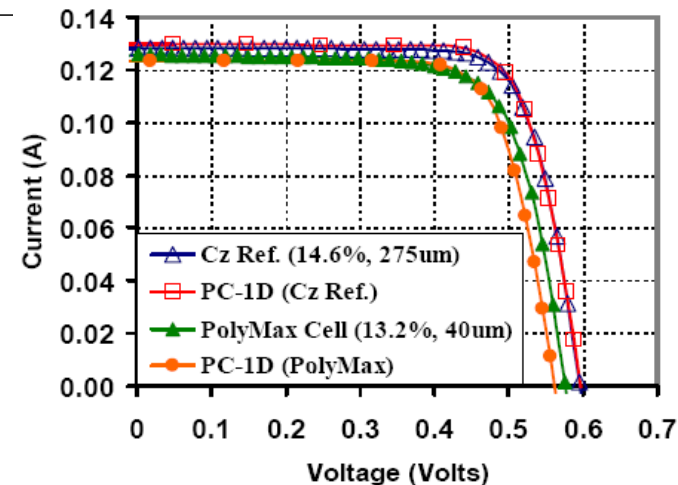


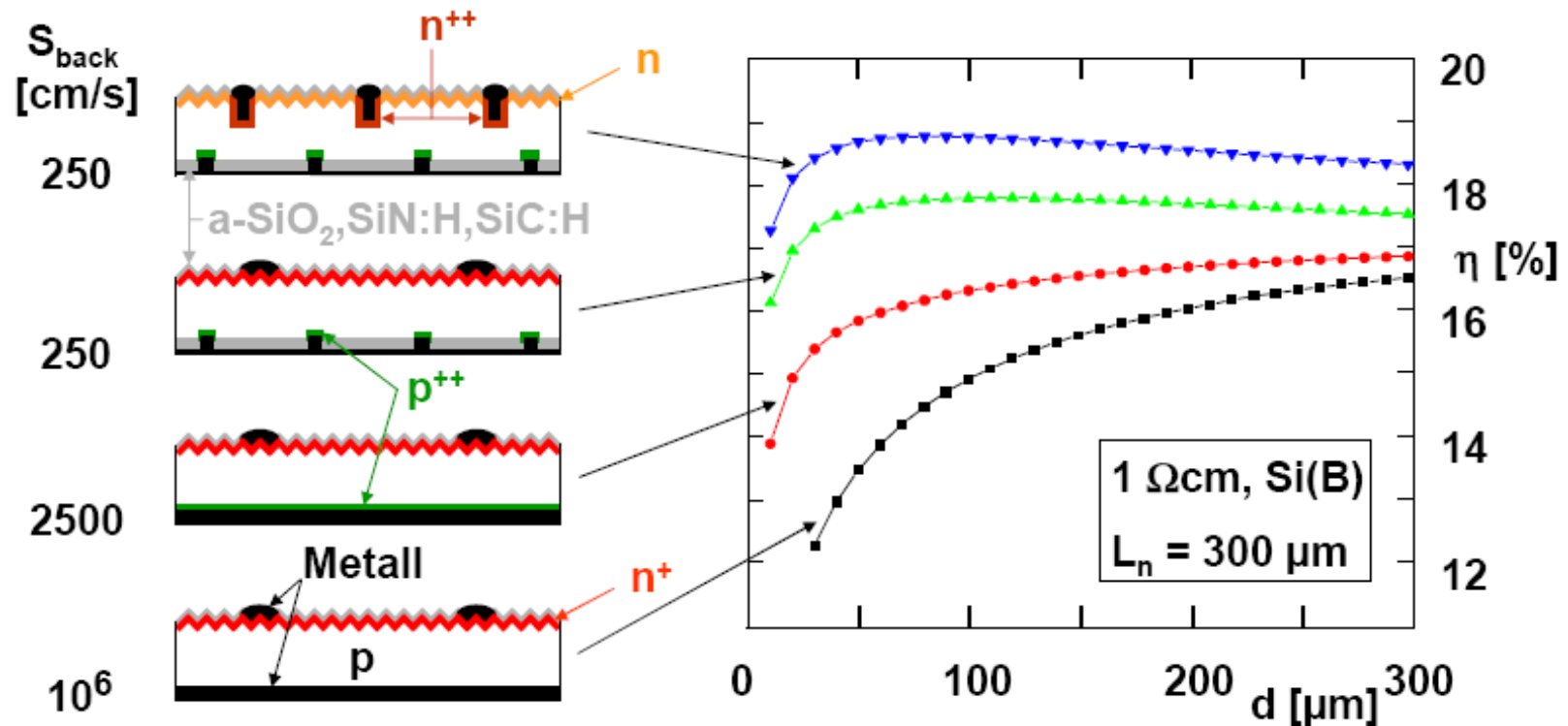
Figure 8: PolyMax™ and CZ reference cell efficiency test

Amélioration du rendement des cellules :

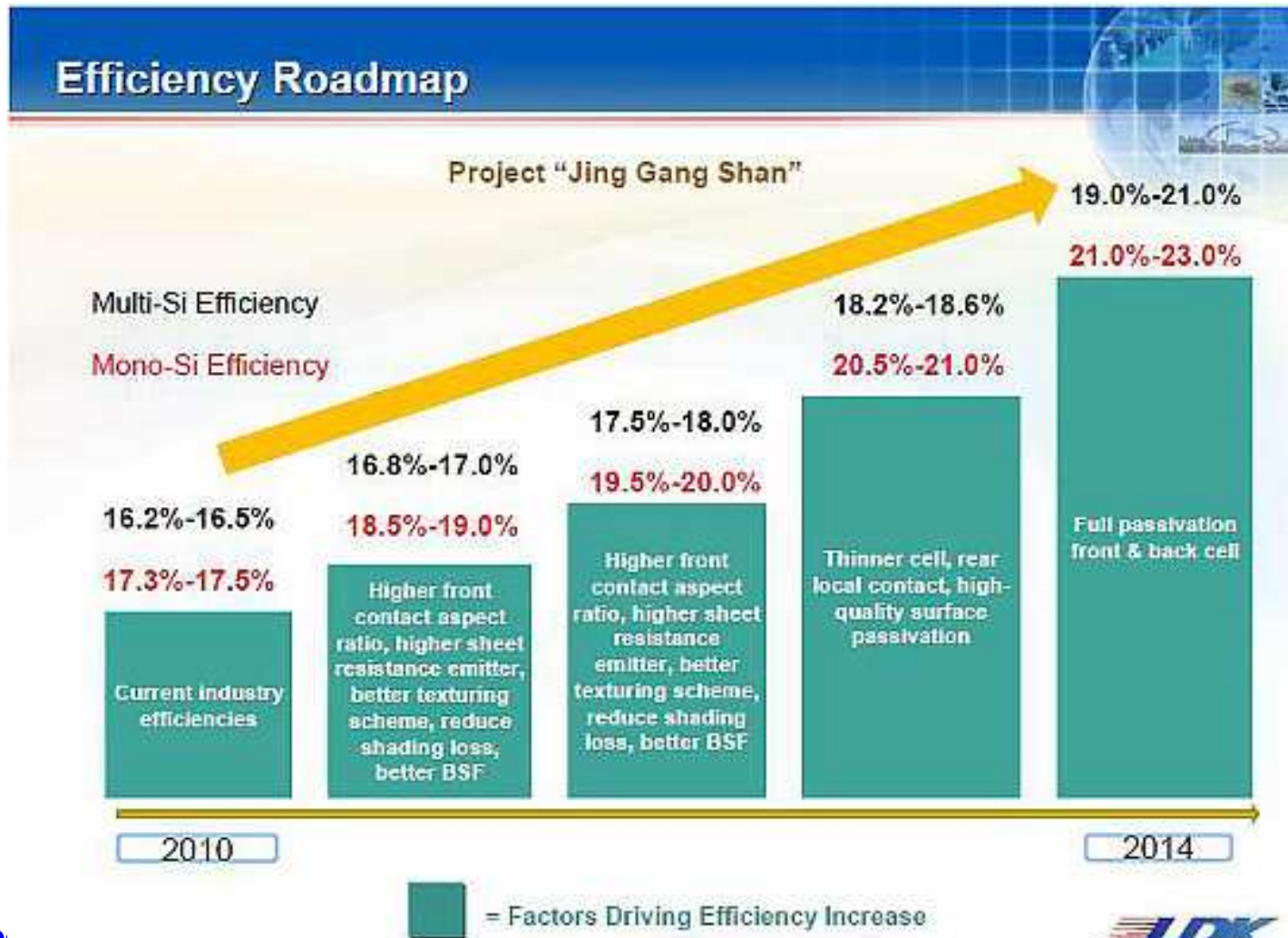
Les paramètres d'influence

Cell Loss/ η = 29.8%	Optical Surface loss	Metal optical loss	Surface recomb	Volume recomb	Resistive losses
Record η = 24.7%	3%	3%	10%	0%	2%
Std: Si mono η = 17.6%	5%	11%	20%	0%	5%
Std: mc-Si η = 16.1%	8%	11%	16%	6%	6%
Std: UMG η = 13.5%	8%	11%	12%	20%	6%

De très bons rendements sur plaques très minces sont possibles avec la diminution de la recombinaison de surfac et de volume

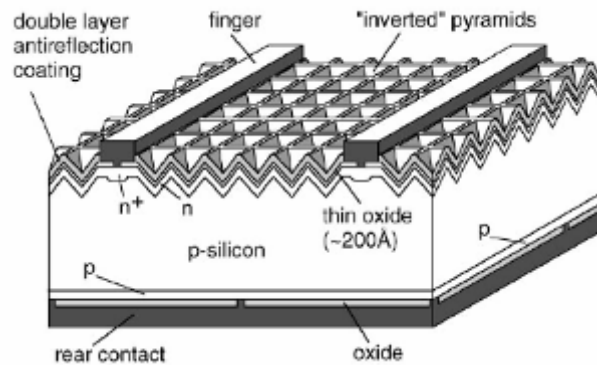


La feuille de route pour la technologie des cellules



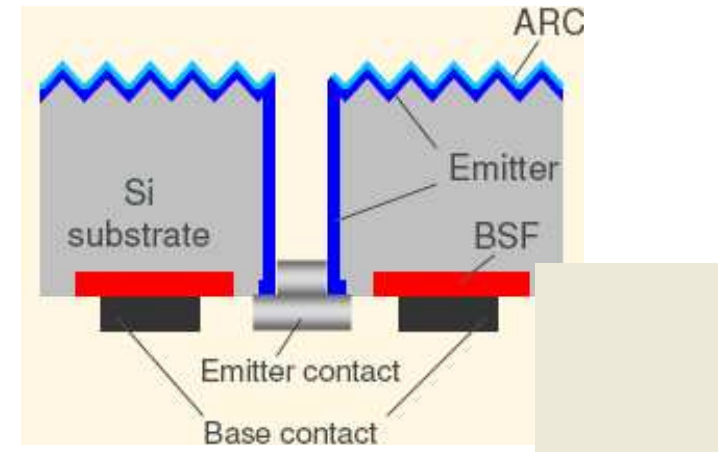
Passivated Emitter Rear Diffused PERL-PERT/PLUTO

Type Suntech



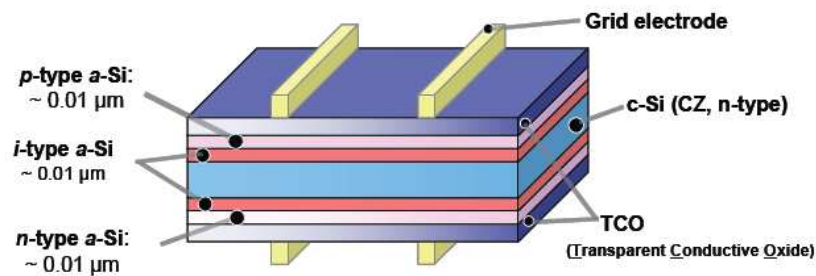
Homojunction Emitter Wrap Through EWT

Type Kyocera



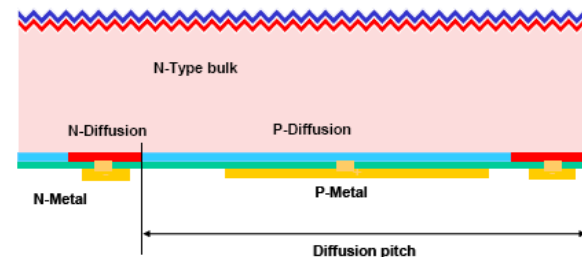
Heterojunction HET ou HIT

Type Sanyo

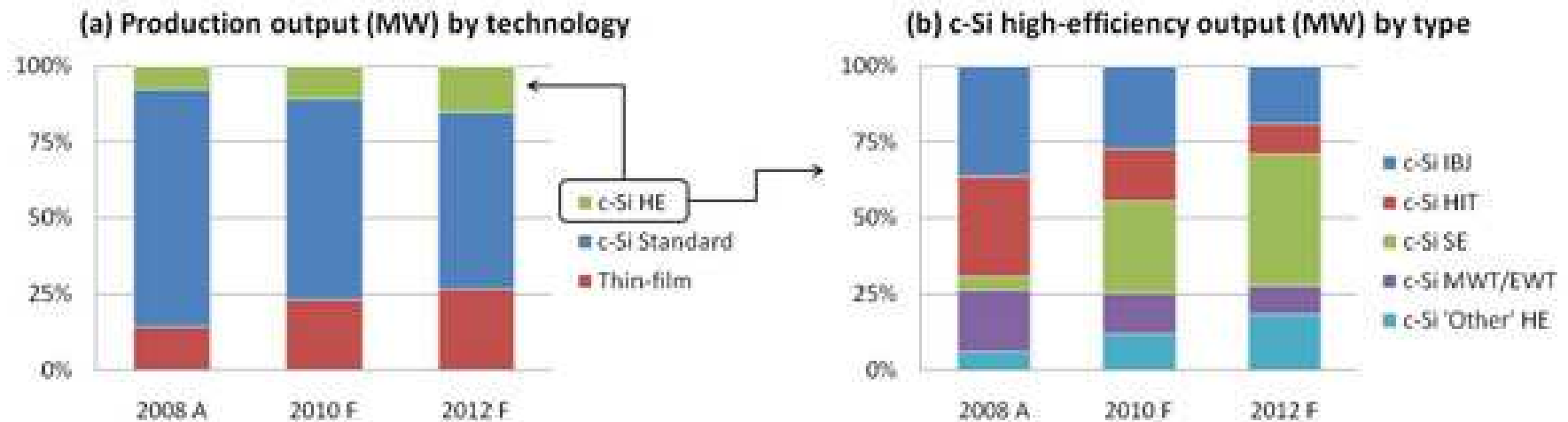


Rear Contact Cell RCC

Type Sunpower



La montée en puissance des cellules à Haut rendement en particulier pour le BIPV



Développement des cellules Si à Haut rendement: ex SunPower, Sanyo, Suntech Pluto et en France: PV Alliance et MPO

Les cellules à Haut Rendement: INES et PV Alliance sur HET

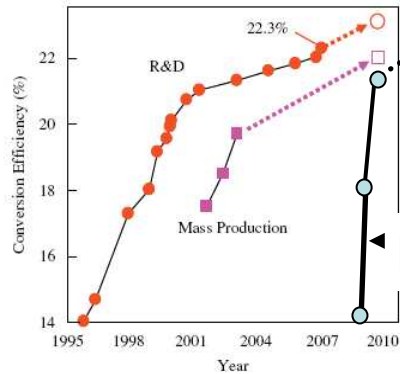
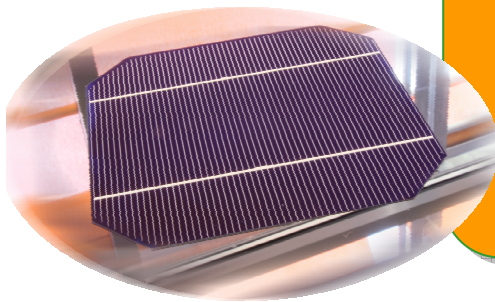
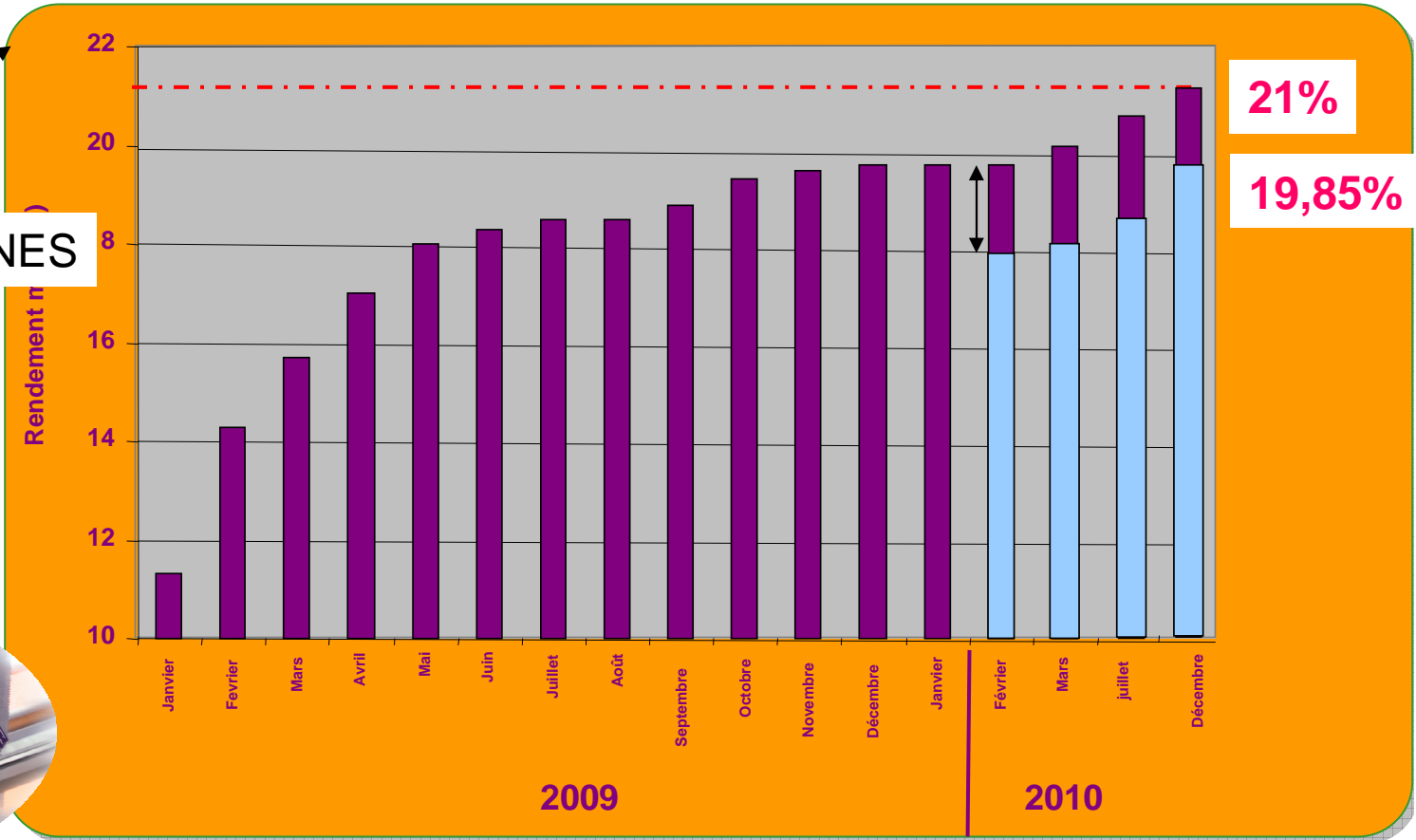


Fig. 5. Progress in the conversion efficiency of HIT solar cells.



Cellules record Taille classique à 21 %
Process industriel à 20 %

2 ans de développement

HET = quelques avantages à la Clef

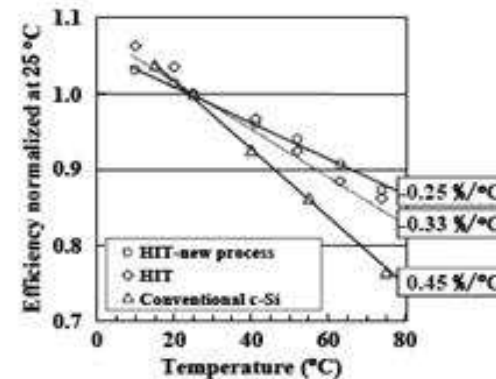
- **Haut rendement** grace à un Voc sans égal.

	Voc (mV)	Jsc (mA/cm ²)	FF (%)	Efficiency (%)	Area (cm ²)
SANYO	729	39,5	80	23	>100 cm²

- **Moins sensibles en températures**

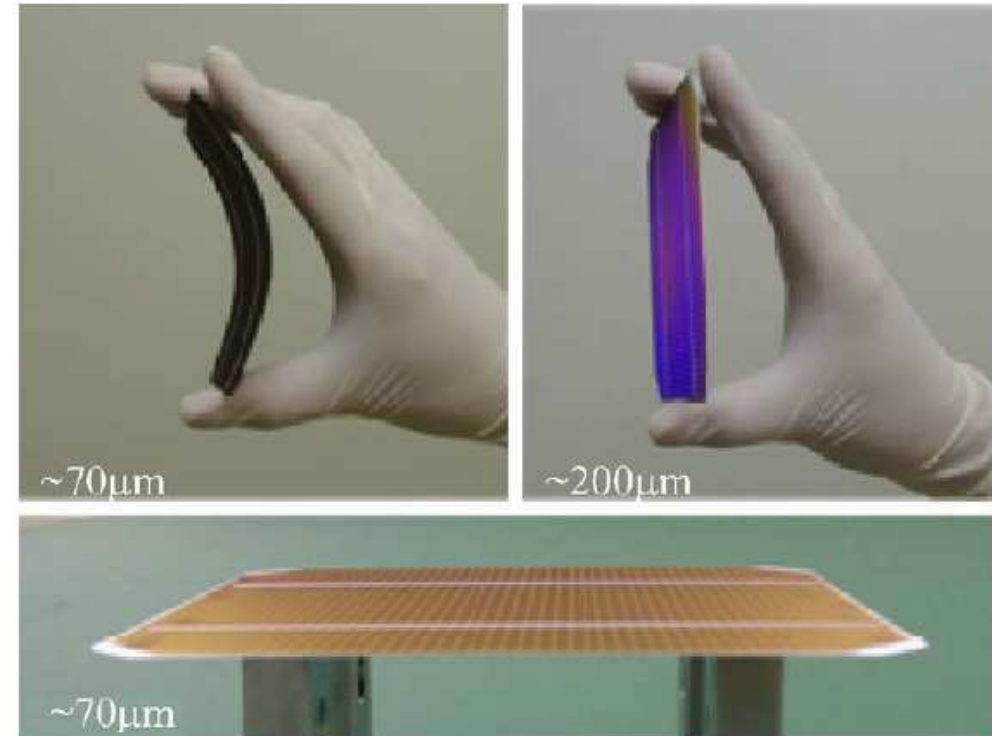
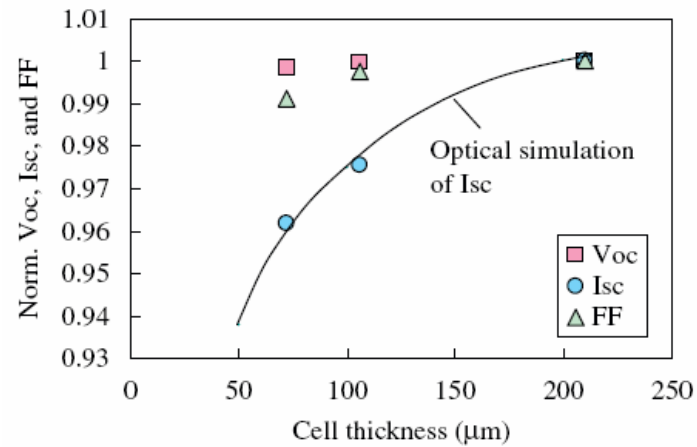
-0.35%/°C to compare with -0.45%/°C

Référence SANYO



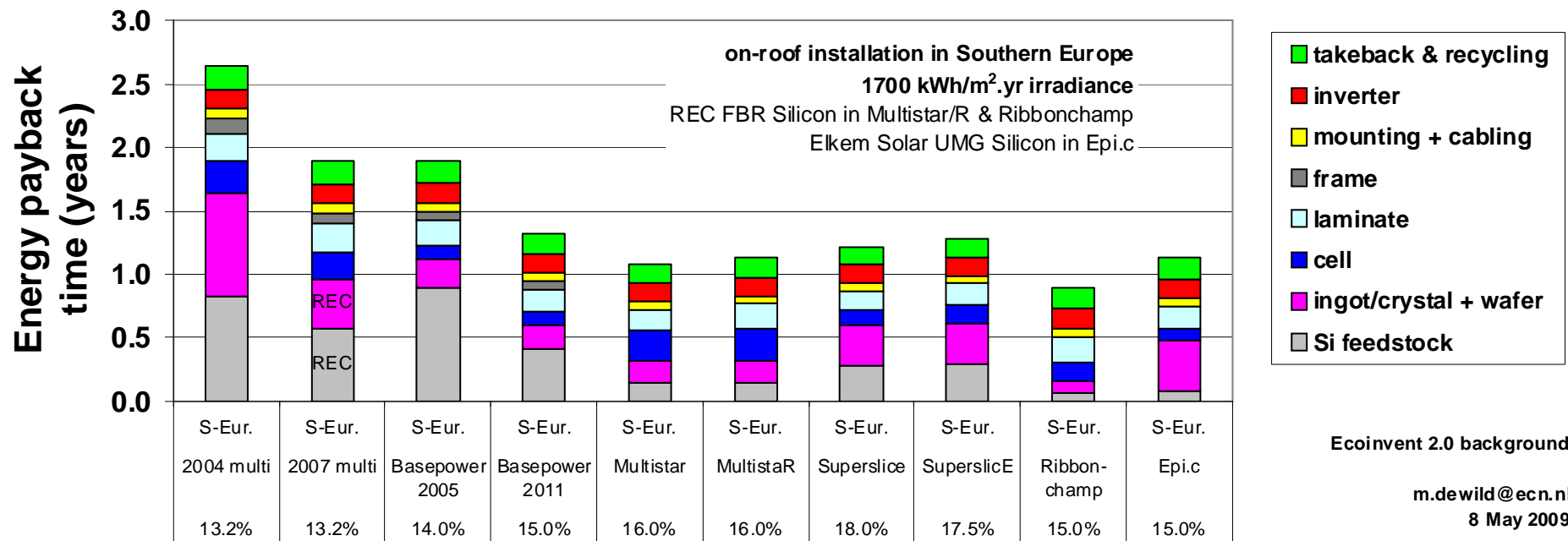
- **Compatibles avec les tranches ultraminces à double titre**

La démonstration SANYO HIT à 70 μm



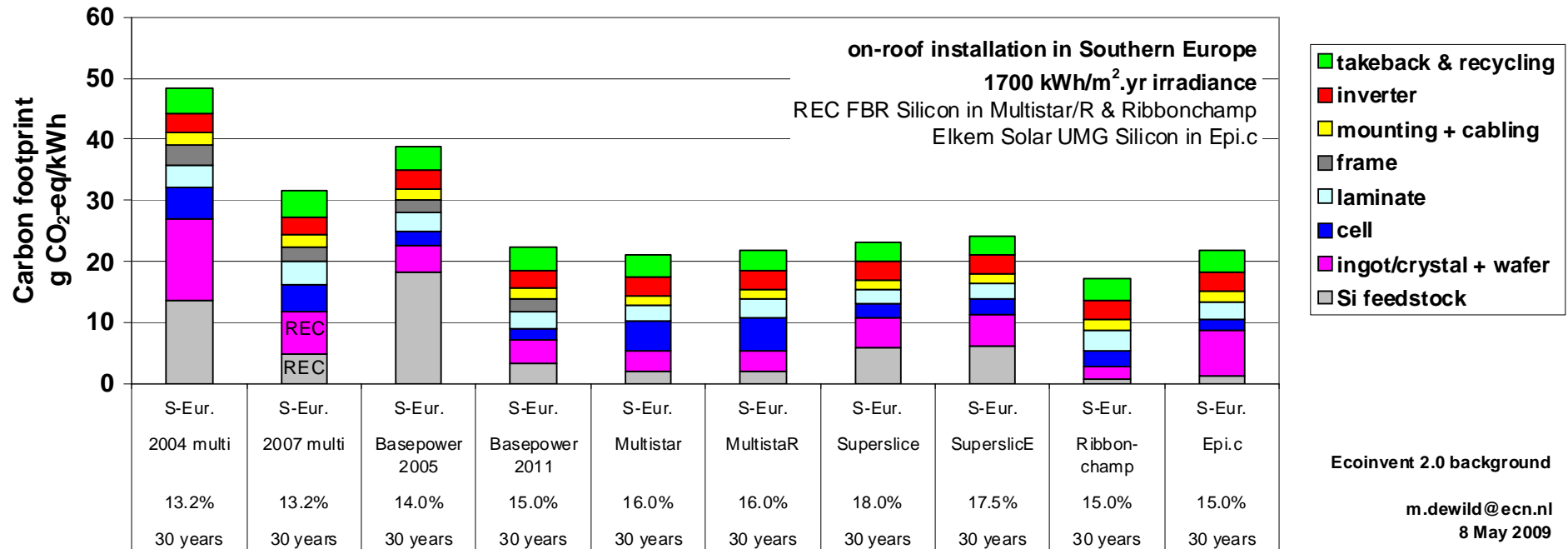
Rendement de 21% sur wafers 70 μm en labo

Les 3 clefs d'amélioration du Silicium (purification, g/Wc et rendements) vont aussi réduire à presque zéro le reliquat d'impact environnemental



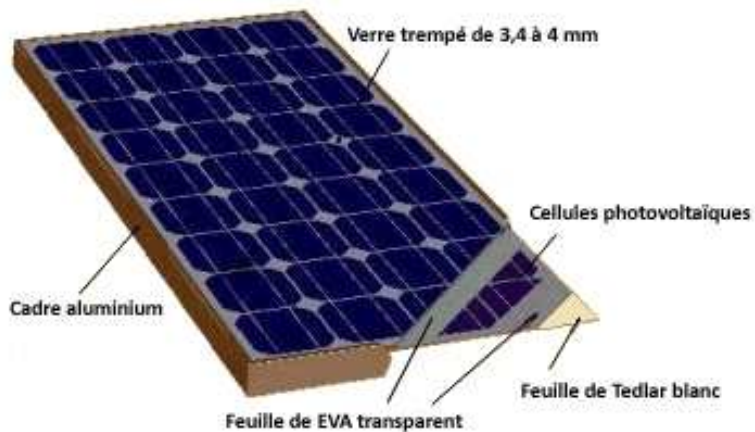
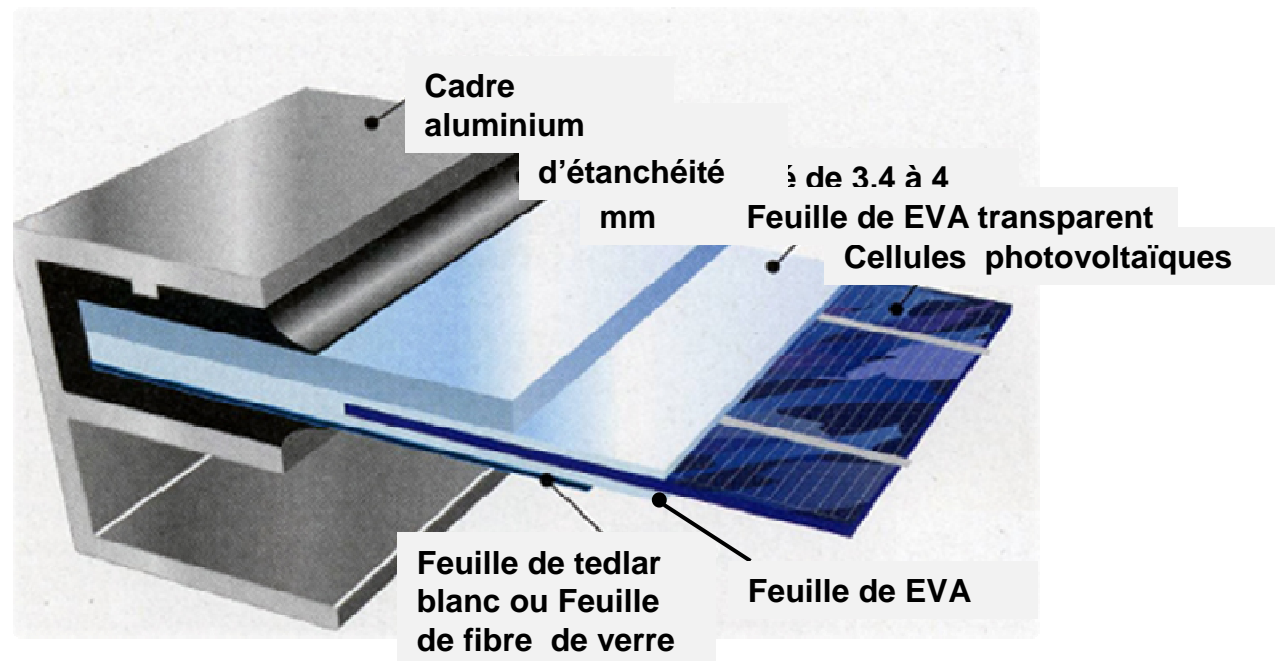
Résultat Projet Crystal Clear

Idem sur émission CO₂/kWh



Les modules

- *S'adapter aux nouvelles cellules*
- *Diminuer les pertes et les taux de défauts*
- *Intégrer la facilité de Recyclage*
- *Automatiser*



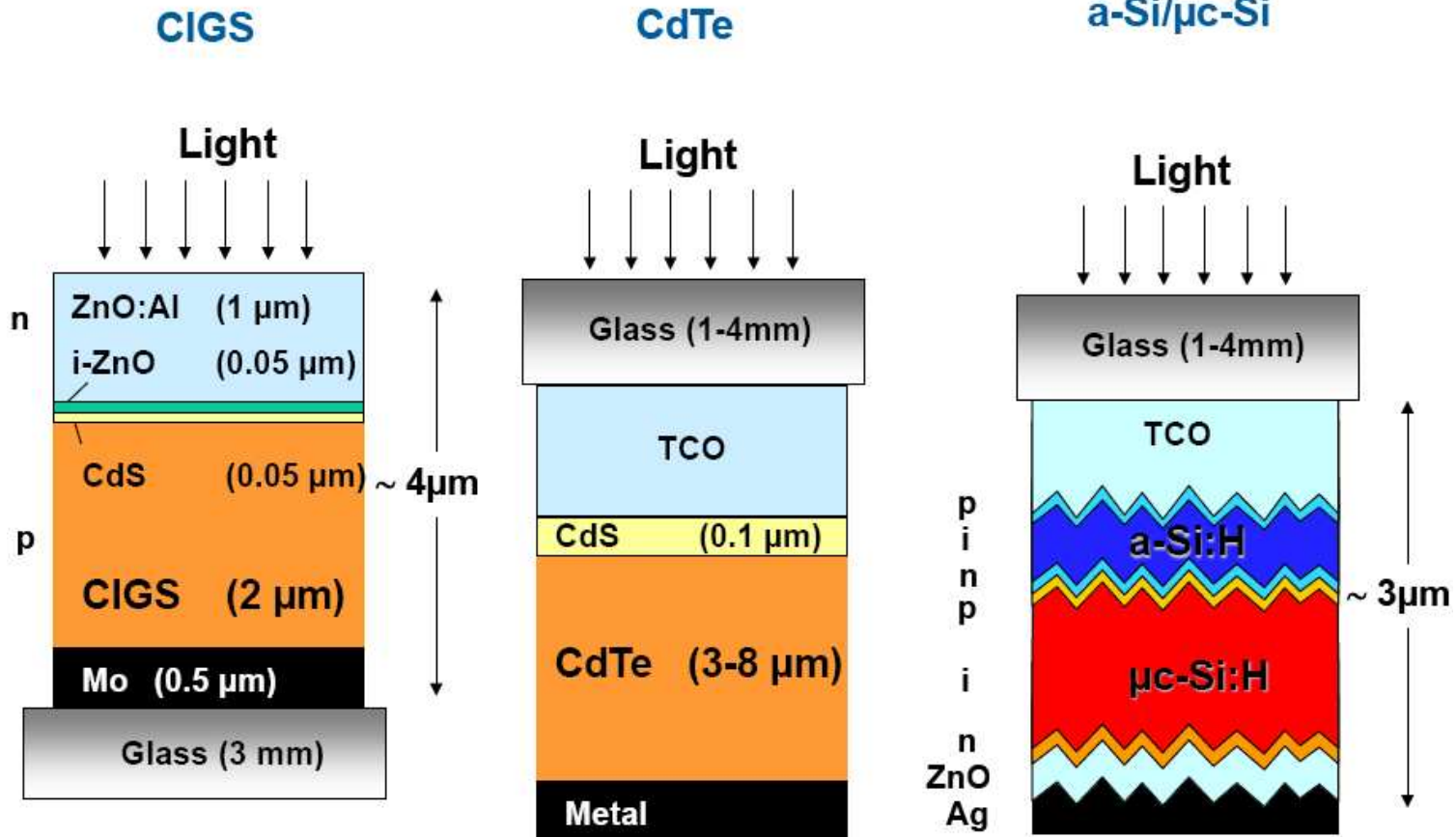
En résumé sur le silicium

- Solide réputation de fiabilité
- Pas de goulot d'étranglement en termes de matériaux moyennant l'ajustement de l'industrie de la purification
- La filière en garde beaucoup sous la pédale en termes de réduction de coût du Wc (nouvelles techniques de purification, diminution de la quantité de Silicium utilisé et augmentation des rendements)
- L'augmentation du rendement est une Clef fondamentale
- La réduction du coût du Wc va de paire avec celle de l'impact environnemental



3b. Les défis et les opportunités pour
les couches minces

Trois technologies en compétition



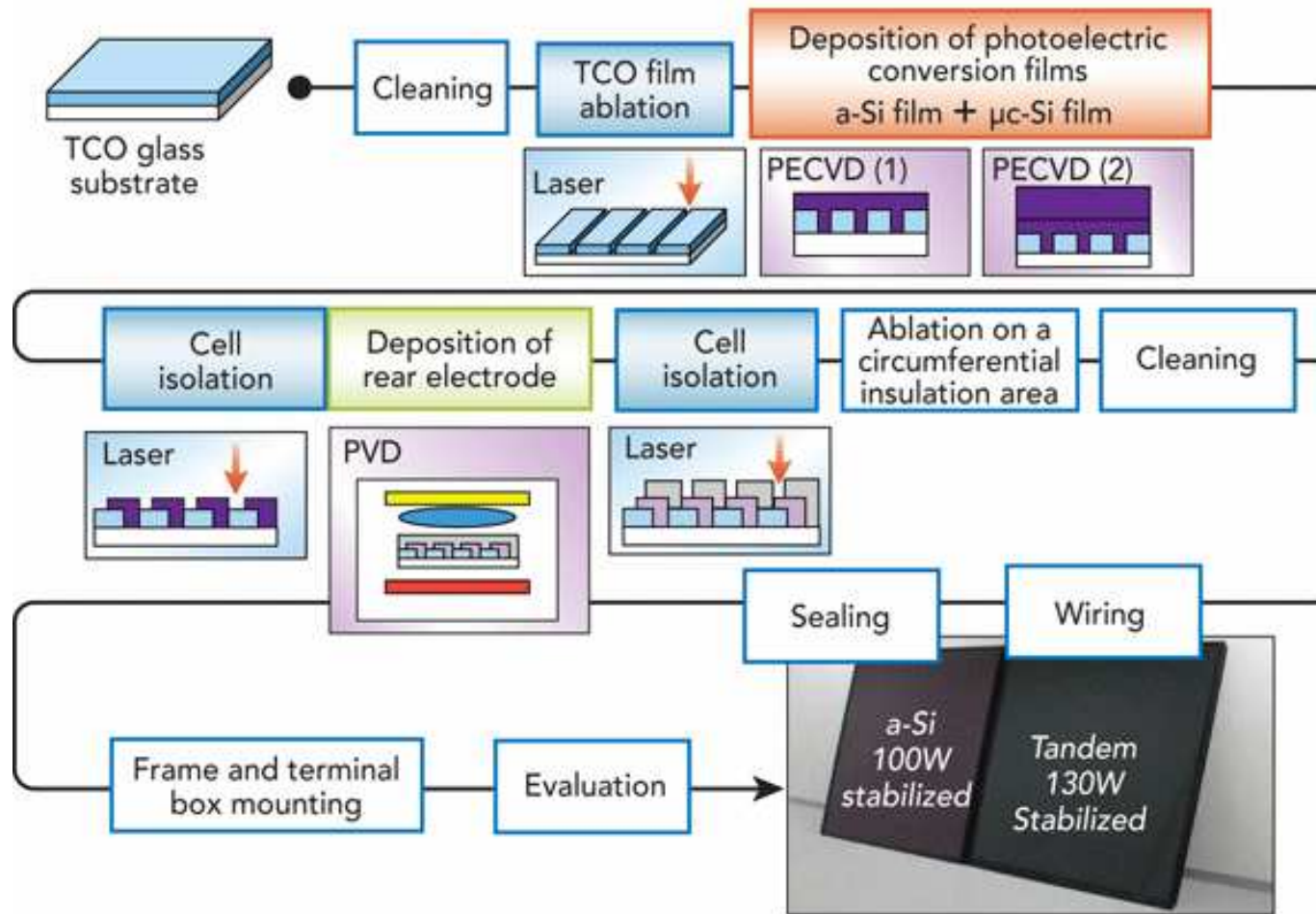
Meilleurs rendements Modules commerciaux

12%

11%

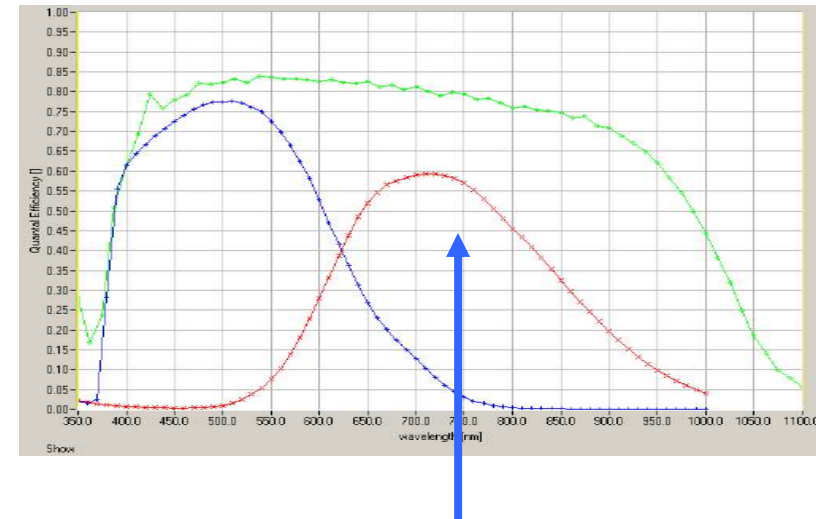
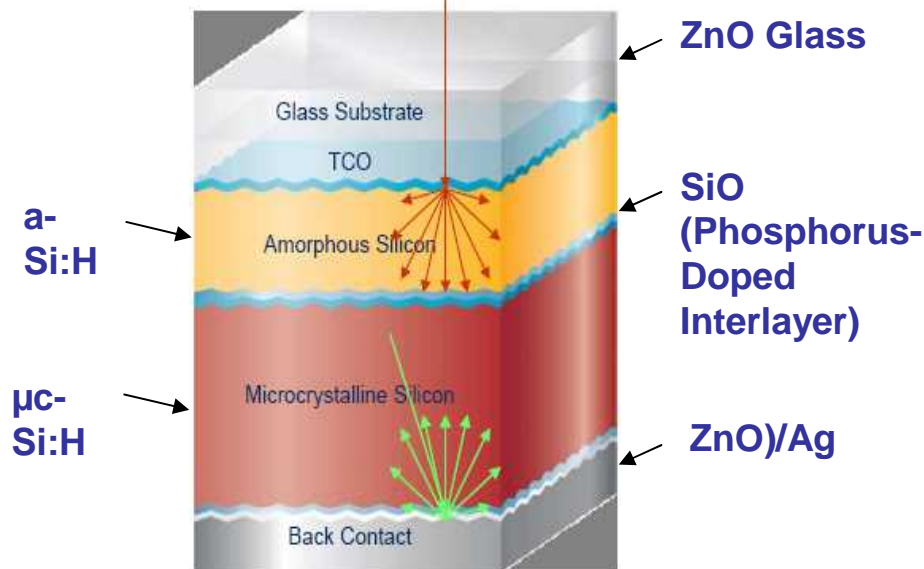
8,5%

Un procédé beaucoup plus simple que le Silicium



Les problématiques du Si couche mince

Light Trappings between Layers



-Epaisseur, qualité et coût de la couche cristalline

-Confinement optique et TCOs

Malgré le tandem, des rendements qui plafonnent entre 8,5 et 10% en production

CIGS : la filière qui monte

Avantages :

- Bien adapté au spectre solaire
- Très bons rendements en labo
- Caractéristiques assez peu sensibles à la composition

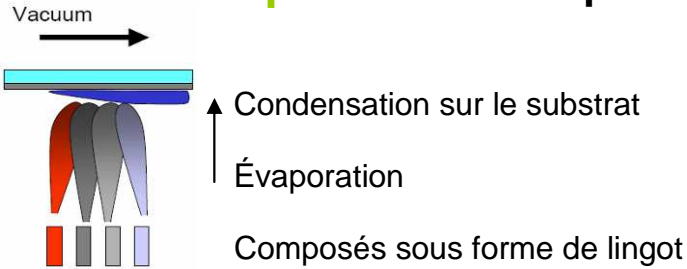
Les problèmes résiduels:

- Limite des ressources de l'indium (⇒ coût)
- Couche tampon CdS (⇒ remplacement par ZnS, ZnO...)
- Manque de maturité des procédés grande surface
⇒ difficultés pour valider performances « laboratoire » à l'échelle industrielle

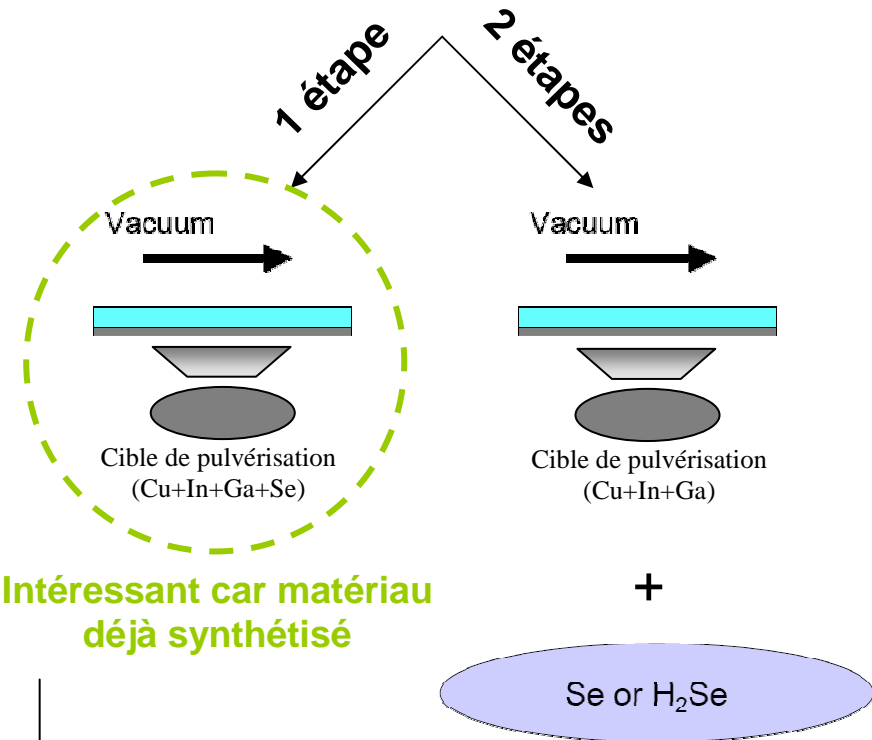


CIGS: les procédés en compétition

- **Co-évaporation: 1 étape**

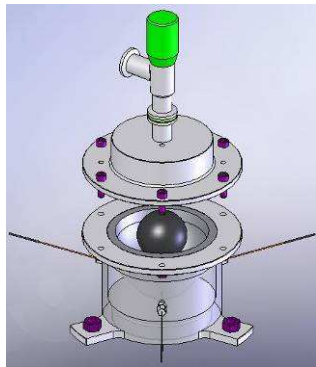


- **Pulvérisation : 2 possibilités**

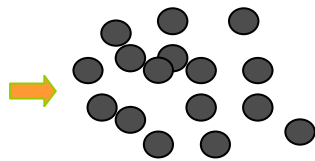


Procédés à l'échelle du laboratoire sous vide appliqués aux grandes surfaces : cher

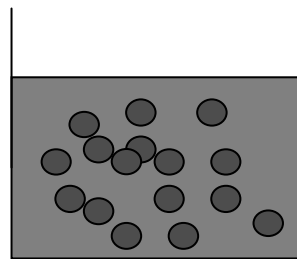
- **Procédés d'impression**



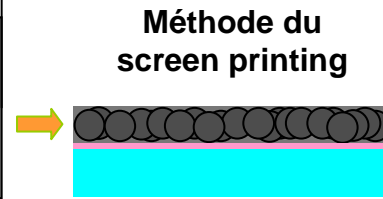
Broyage Cu + In + Ga + Se



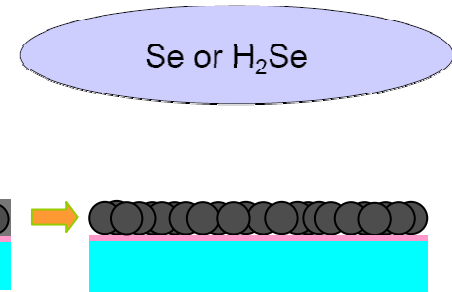
Poudre CIGS



Préparation de l'encre



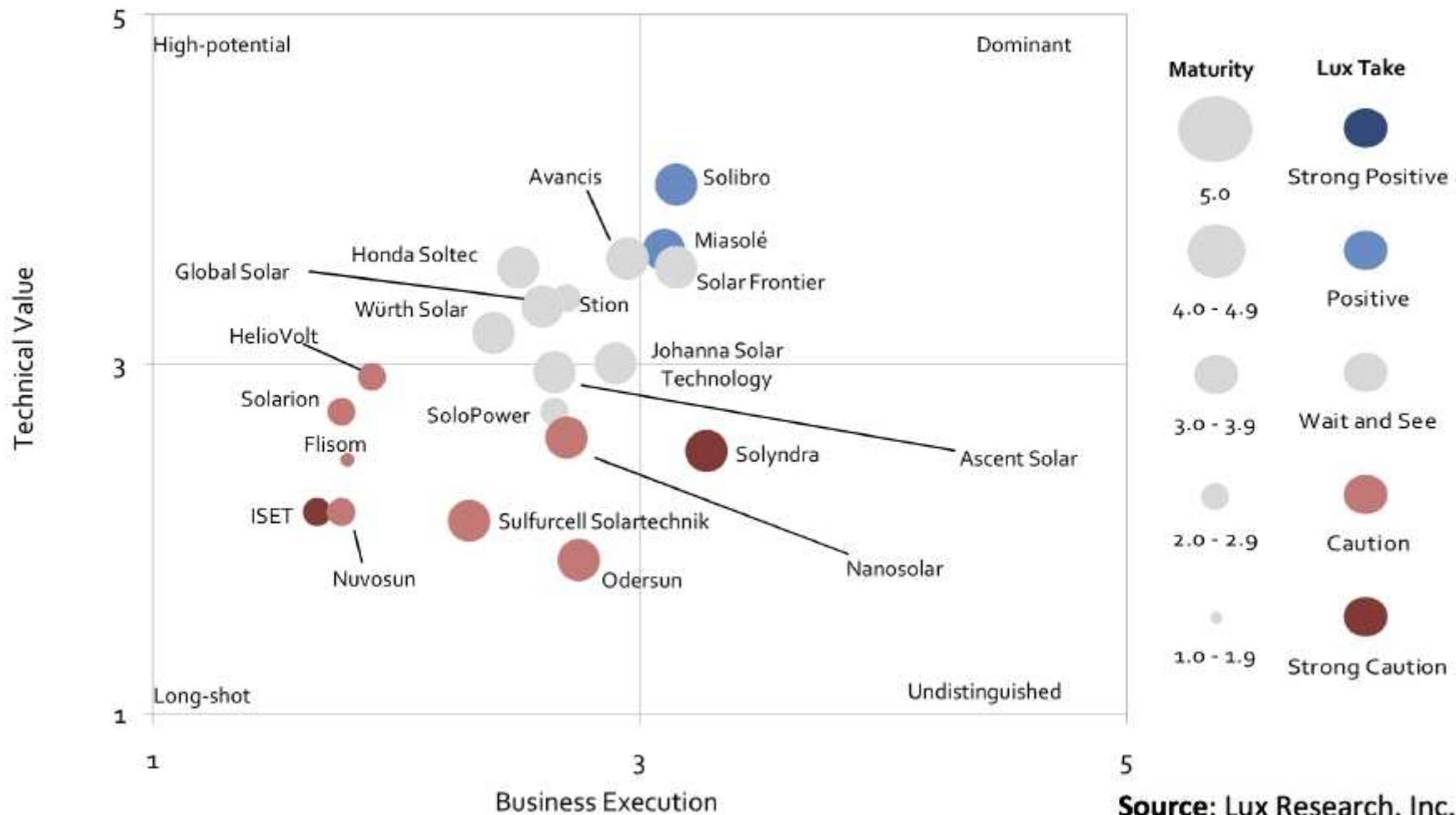
Méthode du screen printing
Dépôt de l'encre sur substrat



Frittage de la poudre

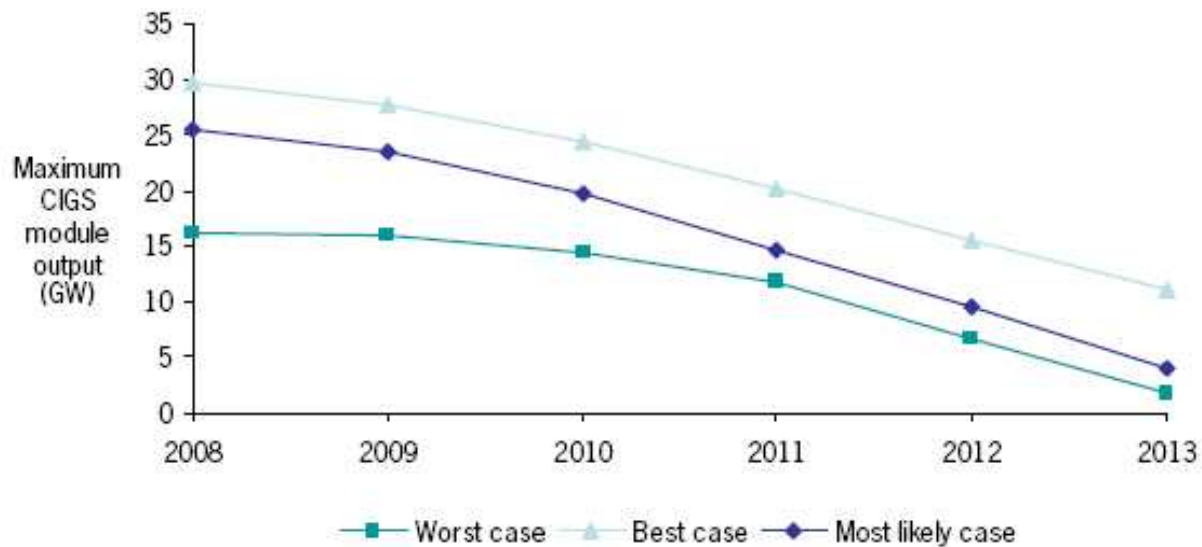
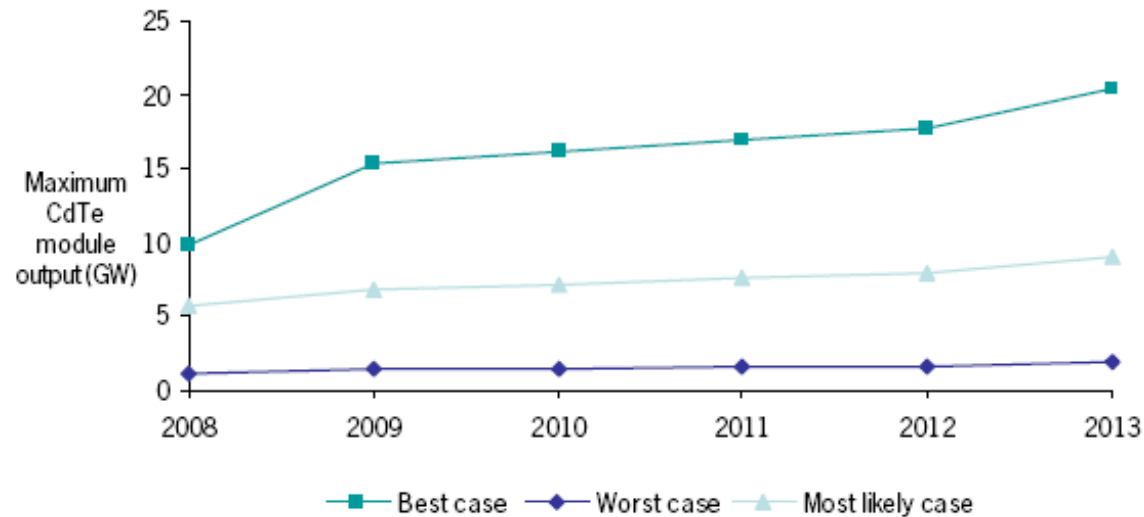
Intéressant car matériau déjà synthétisé

CIGS : Beaucoup de compétiteurs sur la ligne de départ

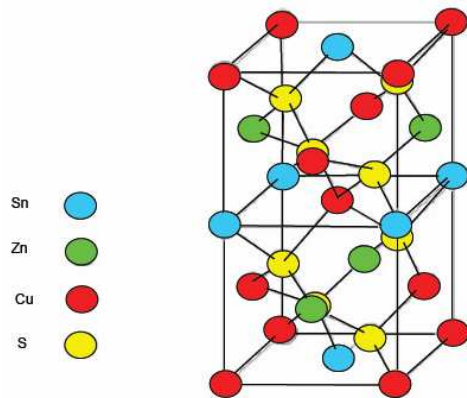
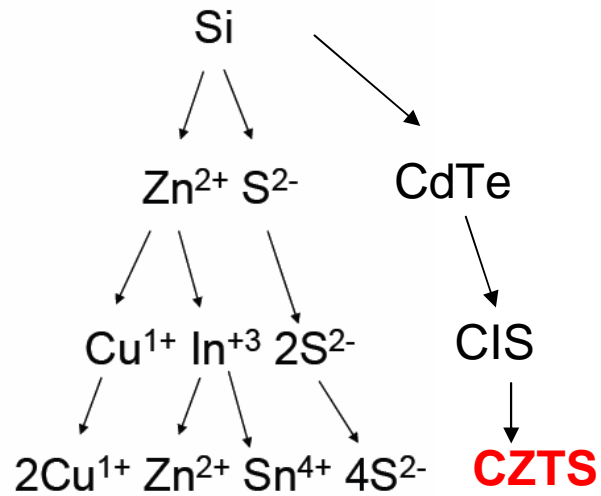


Source: Lux Research, Inc.
www.luxresearchinc.com

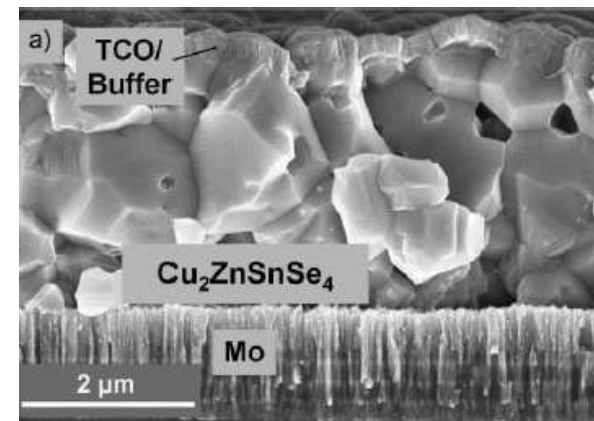
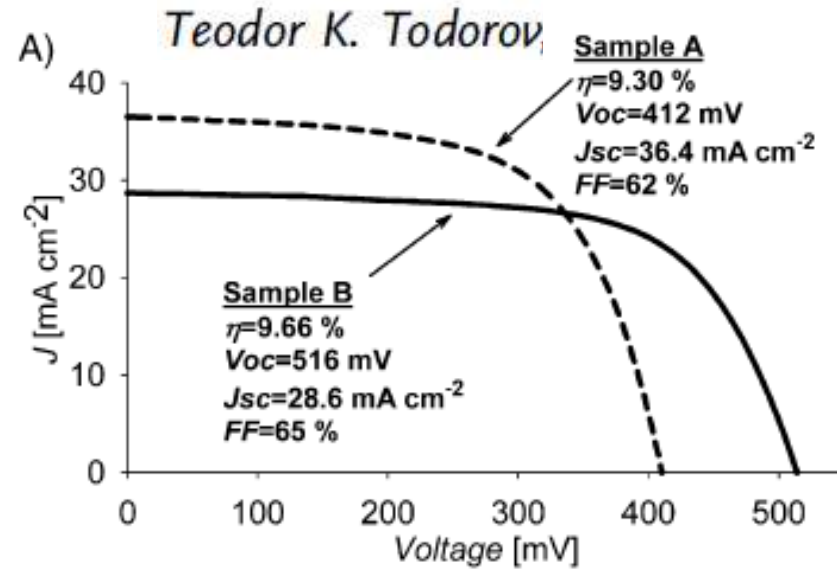
Des limites aux technologies actuellement en lice en termes de ressources minérales (CdTe, CIGS)



Un nouveau challenger: CZTS (kesterite)



Adv. Mater. 2010, 22, 1–4



Les voies plus futuristes

1) l'organique polymères conducteurs

3 ways

Bulk heterojunction (the polymer way)

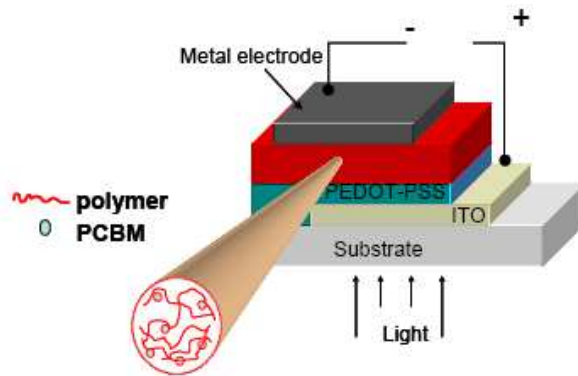
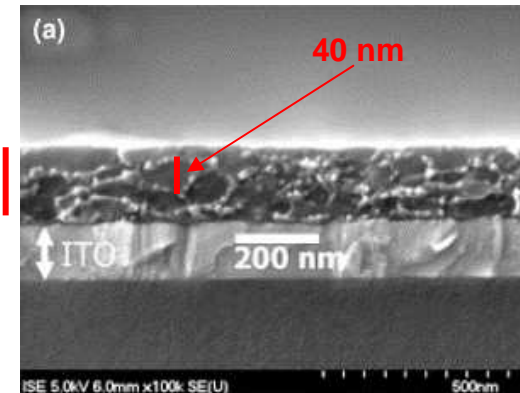


Figure 1 : Design of the benchmark cell for all-organic devices.

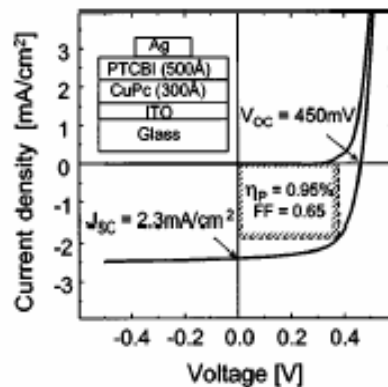
100 - 150 nm



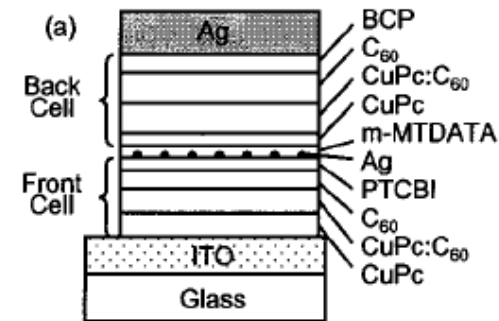
(Sariciftci and coll., Thin Solid Films, 2006, 511-512, 587)

Multilayer (small molecules)

20 - 30 nm / layer



Tang et coll, APL, 1986, 48, 183



Cellule tandem

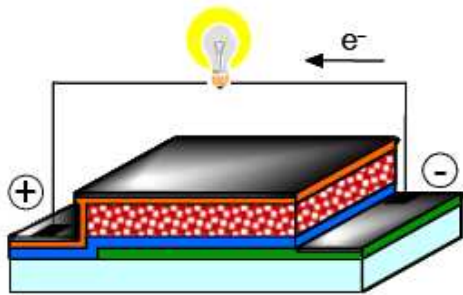
Rdt: 5.7% !!

Forrest et coll, APL, 2005, 85(23), 5757

Les voies plus futuristes

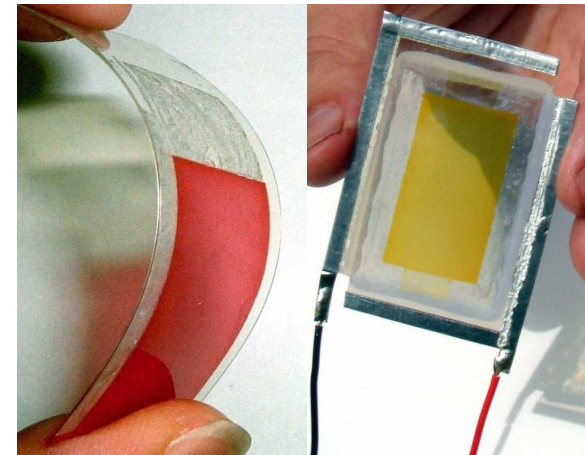
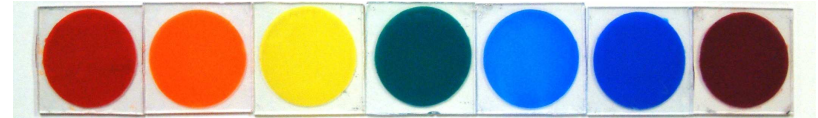
2) Les cellules à colorant

Dye sensitized cells (solid Graetzel)



- Gold electrode (evaporated)
- Hole conductor (spincoated)
- Dye
- Nanoporous TiO₂ layer (doctor blade)
- Compact layer TiO₂ (spray pyrolysis)
- SnO₂ conducting glass

Figure 2 : Design of the benchmark cell for metal oxide-organic devices.



Monolayer of dye grafted on SC: No diffusion of excitons

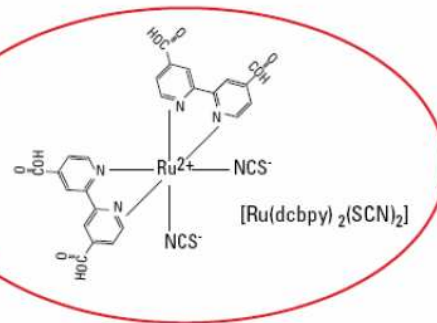
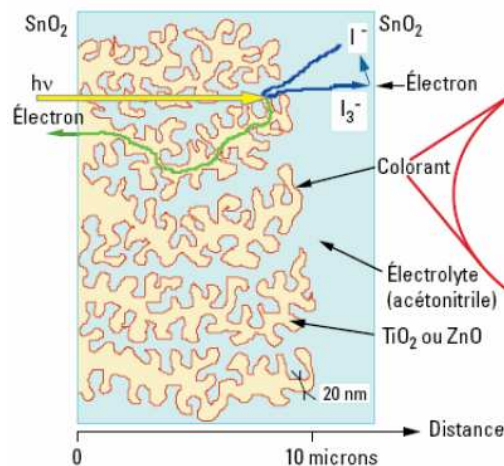


FIGURE 18
Principe de fonctionnement d'une cellule à colorants.

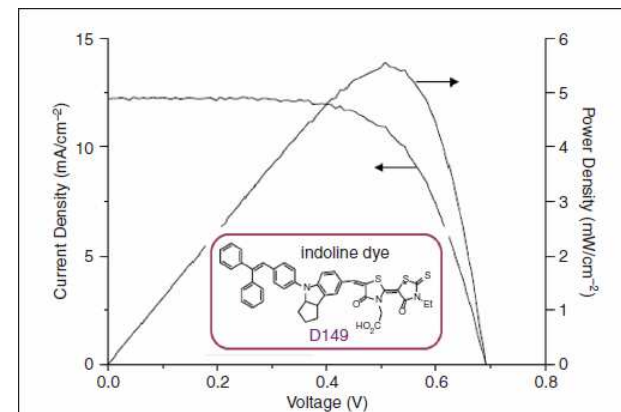
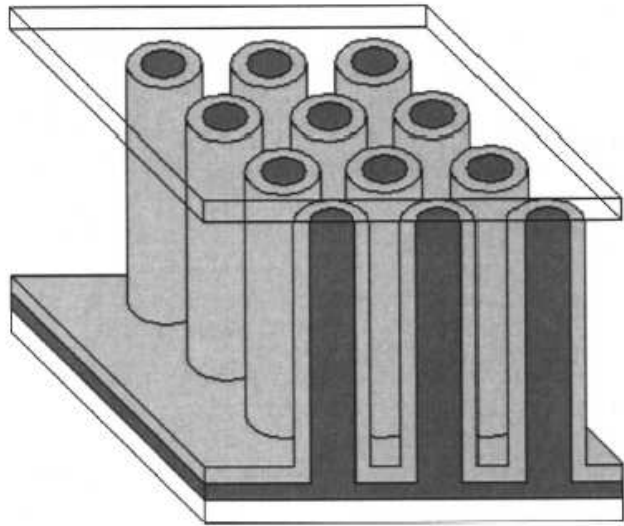
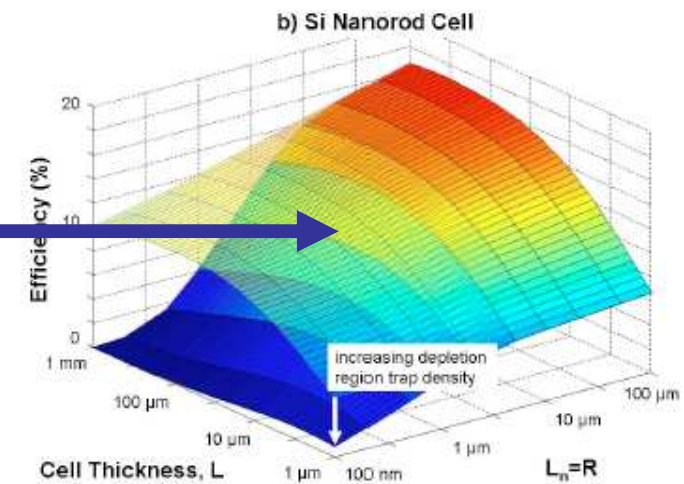
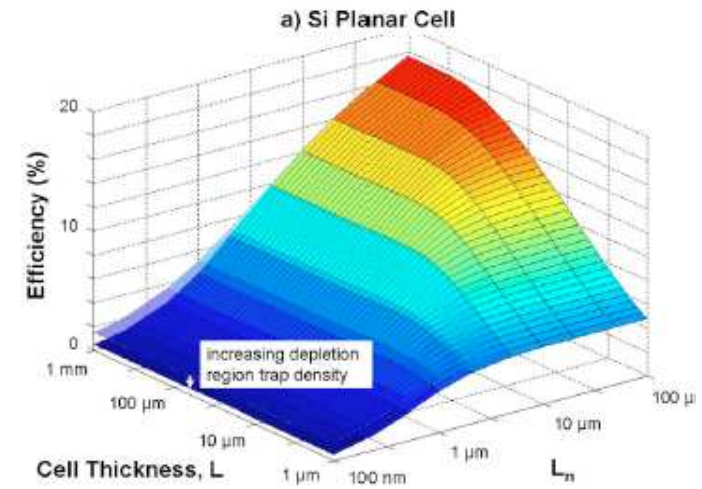


Figure 7. Dye-sensitized solar cell based on nanoporous zinc oxide. Current-voltage and power-voltage curves. Photovoltaic parameters under AM1.5 illumination: open circuit voltage $V_{oc} = 0.7V$, short circuit photocurrent density $J_{sc} = 12.4 mA/cm^2$, conversion efficiency = 5.6%. Reprinted with permission from Reference 51. ©2009, Wiley.

Example of 3D approach with Silicon rods

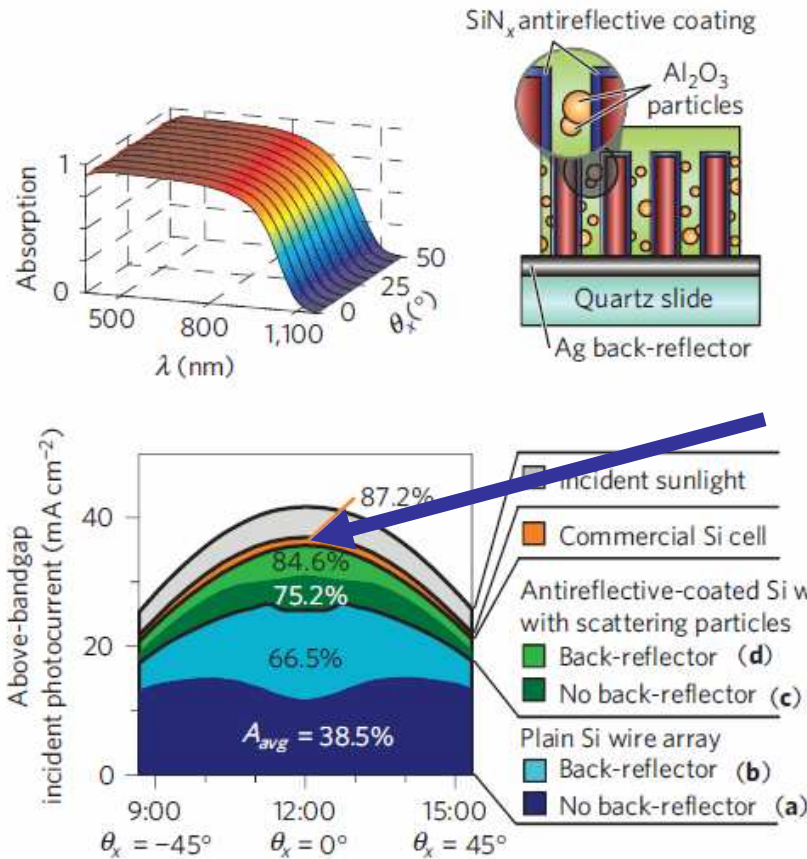


Can get good efficiencies with thin layers in the 10 μm range



Les voies plus futuristes

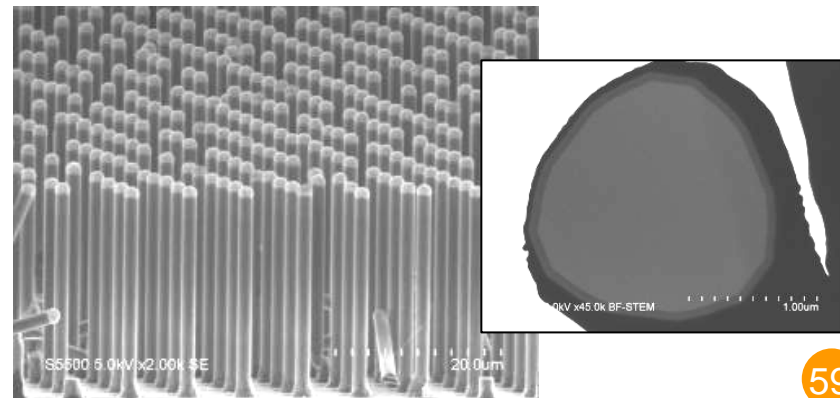
3) Les cellules "3D" silicium



67 μm long Si rods
 with 4.2% packing density
 Equivalent to 2,8 μm thick silicon
 (material quantity)

Can get good efficiencies
 comparable with thick wafer

25 μm rods and n-type radial emitters fabricated by CEA LITEN



nature
materials

14 FEBRUARY 2010

Michael D. Kelzenberg

Les voies plus futuristes

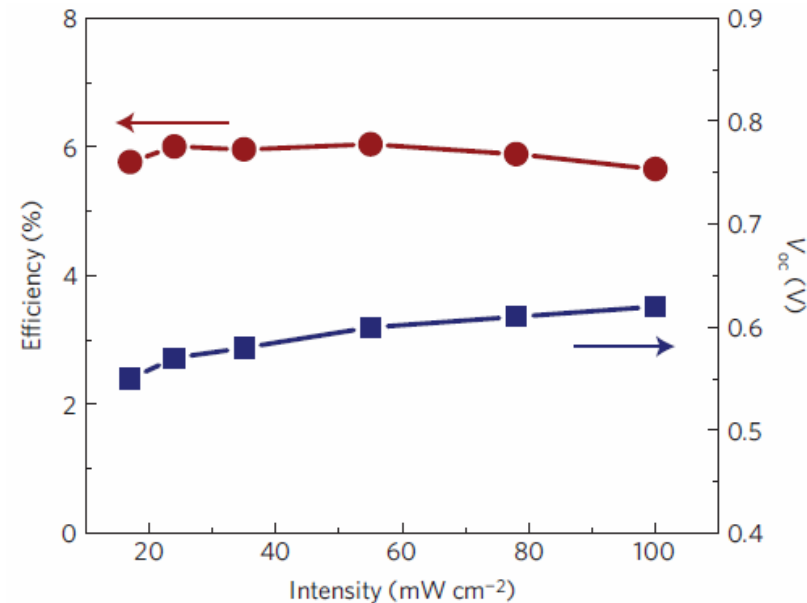
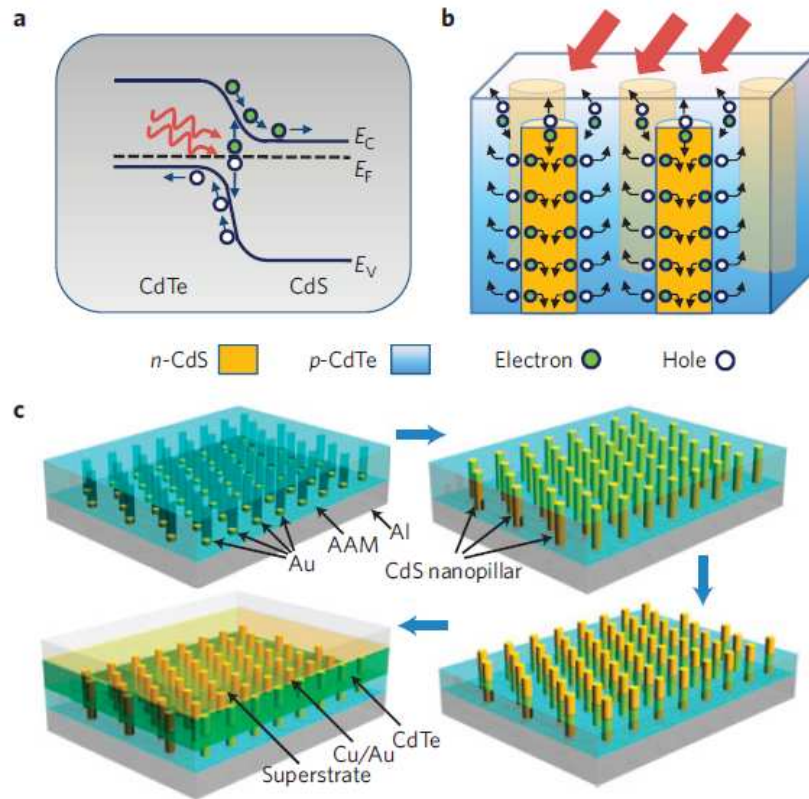
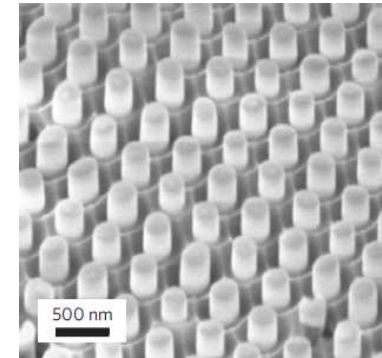
2) Les cellules "3D" au CdTe

SNOP Solar
NanO Pilar

Zhiyong Fan

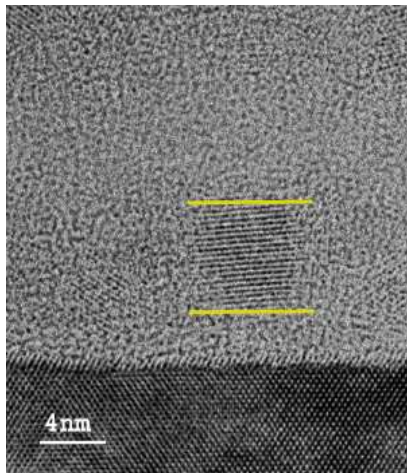
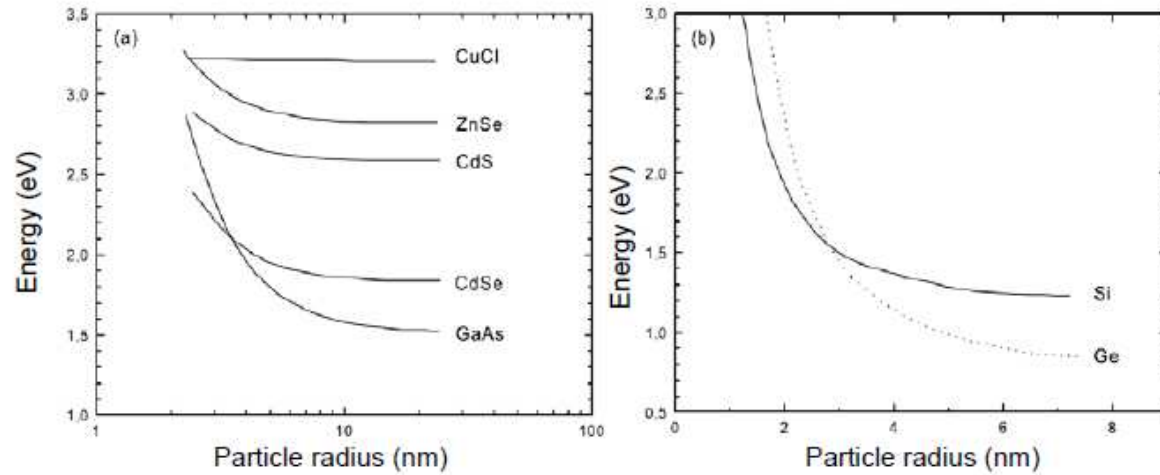
nature
materials

JULY 2009



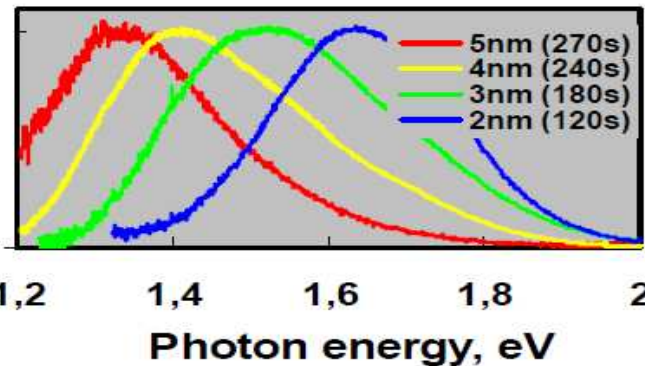
Les voies plus futuristes

4) Les cellules à boîtes quantiques

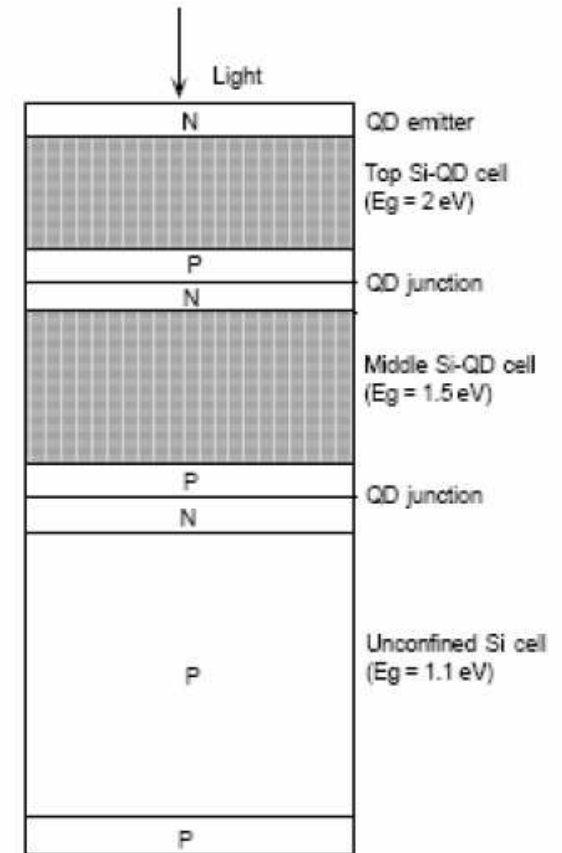


Zacharias et al., APL 80, 661, 2002

Photoluminescence
Norm. PL Spectra
(2-5nm dots; 300K)



= 50%

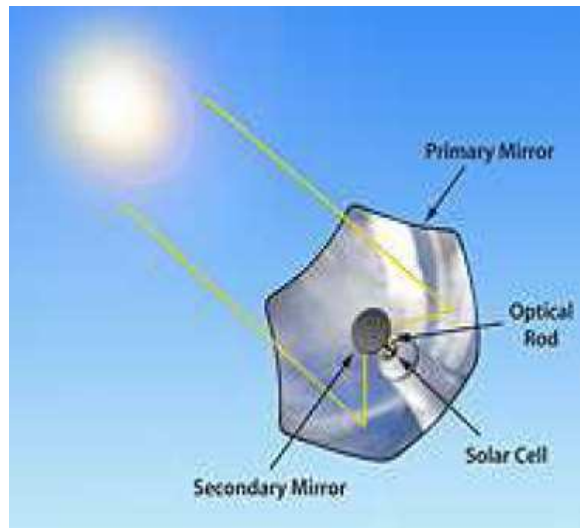


M. Green, World PV Conf. (2006)

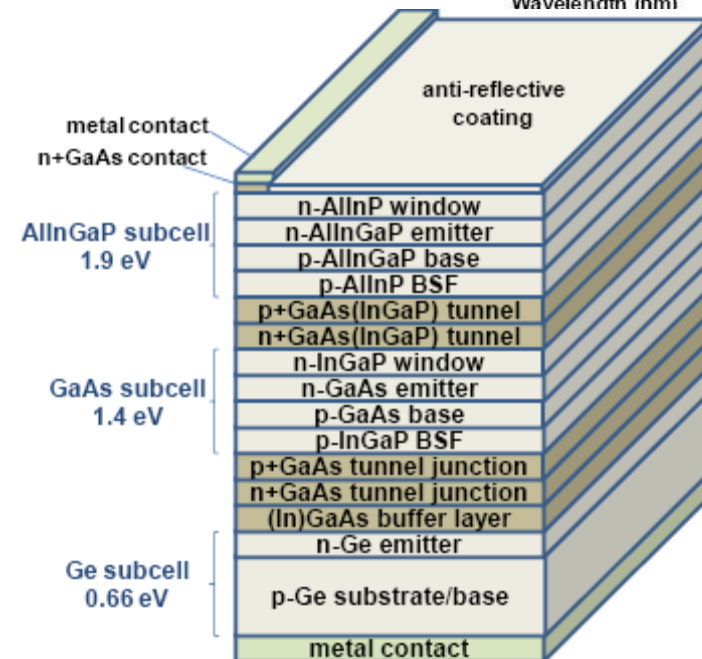
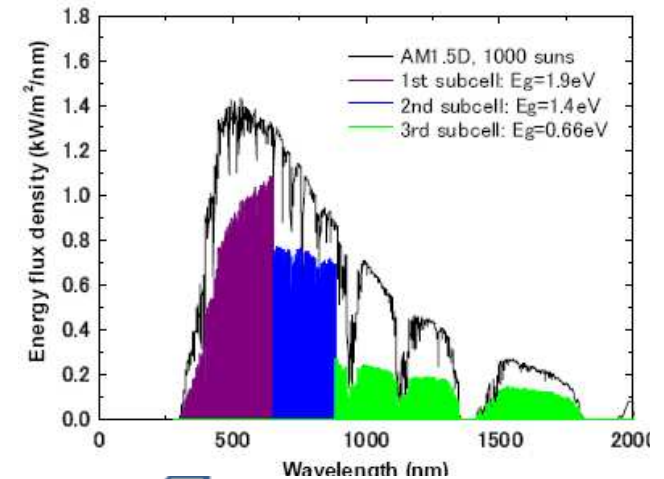
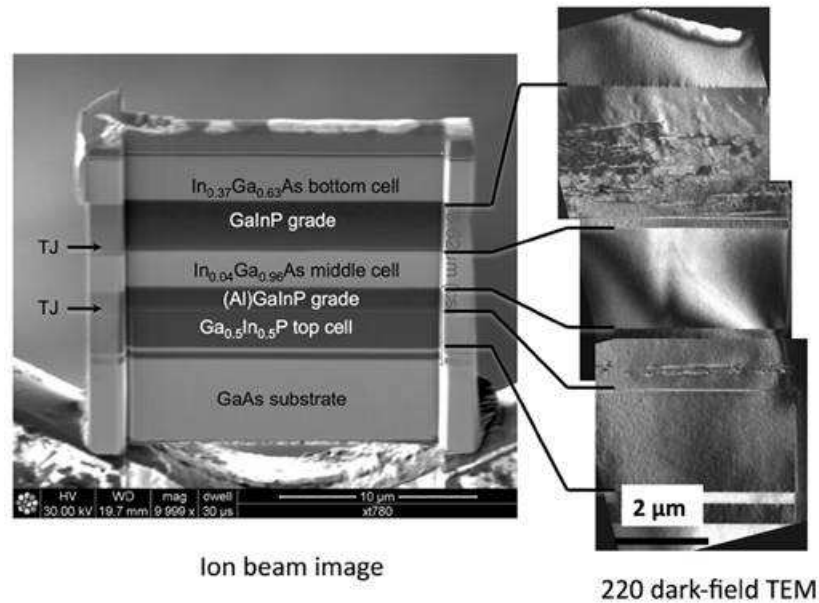
Le constat actuel sur les couches minces

- Le CdTe décolle un peu à la surprise générale grâce à sa facilité de mise en œuvre (mais peu de compagnies, un matériau toxique et un autre peu disponible)
- Le CIGS encore peu développé mais en plein boom : Couche plus difficile à contrôler au stade industriel avec une technologie de dépôt non stabilisé
- Malgré une offre d'équipements issus des écrans plats, le Si couche mince reste très fragile en raison de la faible marge pour l'augmentation du rendement de conversion
- **L'augmentation du rendement de conversion à plus 12-13% est une clef pour rester compétitif face aux progrès du Si cristallin**
- **Attention à la disponibilité de matière!**
- **Des pistes d'avenir en cours d'exploration mais sans débouché de masse avant 5 à 10 ans**

3c. Le PV à concentration et les III-V



Des cellules chères et sophistiquées mais ultraperformantes

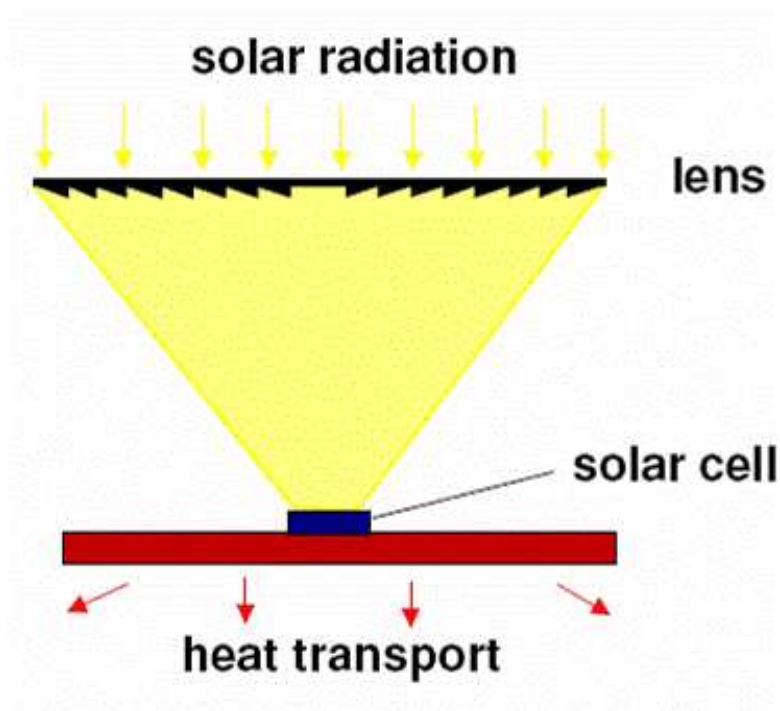


Efficiencies at labscale:

41,7% under x600 concentration
 (Spectrolab US)

35,8% at 1 sun (Sharp)

**Utilisées uniquement sous fortes concentrations
(x300 à 1000)
→ Utilisables seulement dans des climats
particuliers (la SunBelt) et avec suiveurs précis**



Des rendements systèmes à 25% avec une marge de progression

Concentration technologies : ex 1 Concentrix/SOITEC



Flatcon Modules

Fresnel lenses (polymer embossing)

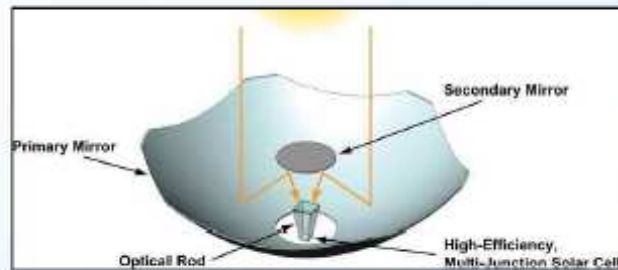
And leak tightened flat module assembly

Concentration technologies : ex 2 SolFocus

High concentration Cassegrain mirrors

« 1100S »

SolFocus
 Innovation inspired by Nature



Power unit

- x500 Cassegrain optics
- 3J 38% high efficiency cells, low temperature coefficient (spectrolab, EMCORE)
- all-glass optics

CPV panel

- 95% glass-alu components (recyclability)
- enclosed boxes
- passive cooling
- 25% panel efficiency (last generation 2008)

Dual axis tracker

- Tracking accuracy 0.1 degree (Inspira)
- open loop (ephemeris-based+recalibration)

✓ 500kW installed 2008 (Spain), 10MW project



Les clefs pour le CPV

- **Une baisse des coûts de fabrication des optiques**
- **Une augmentation des rendements des cellules**
- **Une maîtrise de la chaîne Système**
- **Une maîtrise de la fiabilité**

Une Clef pour toutes les technologies: des procédés et équipements de plus en plus productifs

Procédés continus, avec des temps de cycle court : ex introduction de la production du verre Float solaire sur le même site



Four ALD de 400 kg

Vers des usines avec des capacités de l'ordre du GW et très automatisés. La part Main d'Œuvre faible et en diminution

Un résumé de la feuille de route du photovoltaïque

		2007	2010	2015	2020
Turn-key price large systems (€/Wp)		5	2,5	2	1,5
PV electricity generation cost in Southern EU (€/kWh)		0.30	0.13	0.10	0.07
Typical PV module efficiency range (%)	Crystalline silicon	13-18%	15-20%	16-21%	18-23%
	Thin films	5-11%	6-12%	8-14%	10-16%
	Concentrators	20%	20-25%	25-30%	30-35%
Inverter lifetime (years)		10	15	20	>25
Cost of PV + small-scale storage (€/kWh) in Southern EU (grid-connected)		--	0.35	0.22	<0.15
Energy pay-back time (years)		2-3	1-2	1	0.5



4. Diminuer les coûts du PV Hors Module

Diminuer l'écart entre la performance théorique et la performance pratique en kWh

marché PV 2020:

10GW/an * 2.5€/W = 25G€/an

1. Mieux évaluer la performance normalisée du module (Wp)

- Incertitude de la chaîne de mesure (illumination + puissance électrique) :
c-Si, m-Si: $\pm 2\%$ ¹, couches minces: $\pm 15\%$ ² **500M€**

2. Mieux assurer la production sur site (kWh)

- Incertitude sur la productivité du module: $\pm 10\%$ **2500M€**
- Incertitude de connaissance de l'illumination: $\pm 10\%$ **2500M€**
- Diagnostiquer les défaillances **2500M€**

3. Augmenter la durée de vie

- 20 ans ou 30 ans? **12500M€**
- Incertitude sur la durée de vie : $\pm 50\%$

1 W.Herrmann, et al, Proc. 22nd EPVSEC, Milan, (2007)

2 T.R. Betts, et al. Proc. 4th World Conf. on PV Energy Conversion, Hawaii, (2006)

La performance en kWh dépendante du choix de technologie et de fournisseurs

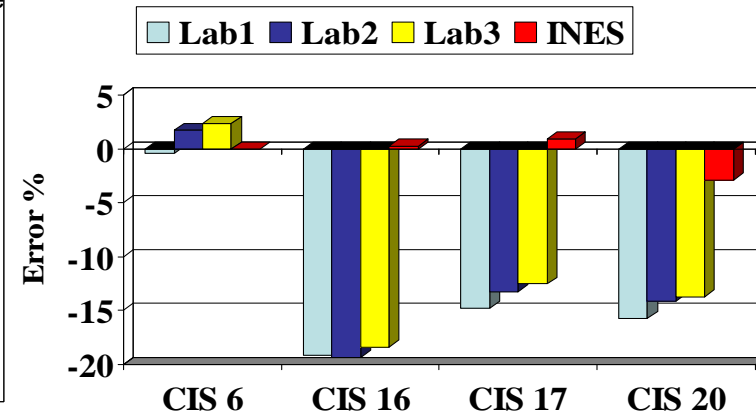
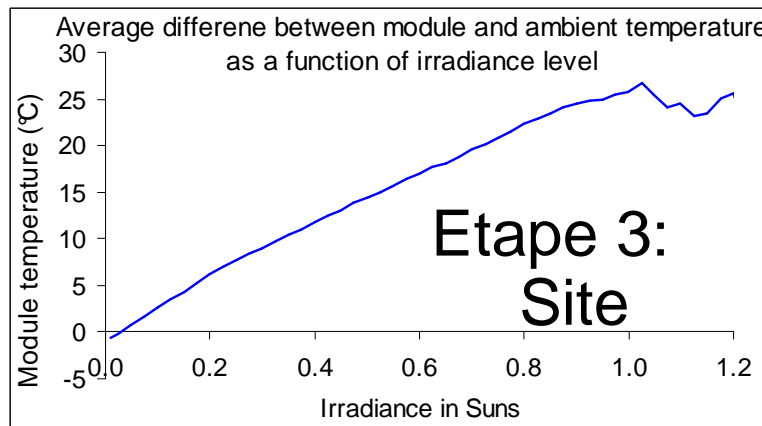
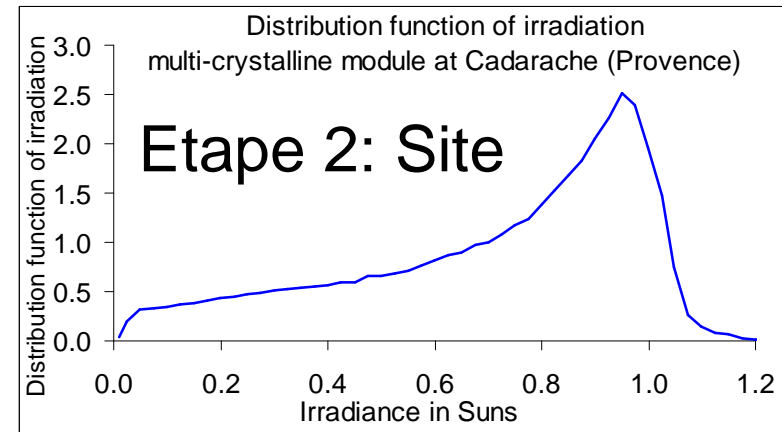
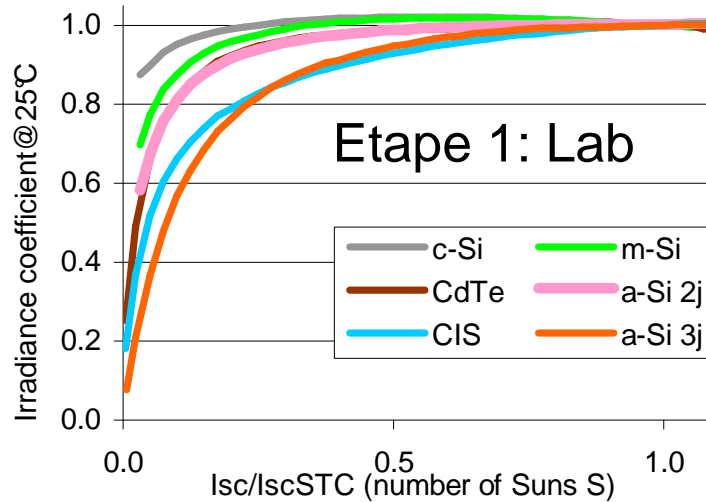
→ Efforts pour comprendre la vraie performance des modules

PHOTON-Modultest 2008

normierte Jahreserträge in kWh/kW

Solarworld - SW 210 poly	1.063,01
Photowatt - PW 1650	1.060,35
First Solar - FS-265	1.054,11
Evergreen - ES-180-RL	1.038,22
Shell - SQ 150-C	1.028,51
Evergreen - EC-120	1.026,95
Shell - PowerMax Eclipse 80C	1.023,59
BP - BP 7185 S	1.015,89
Kyocera - KC170GT-2	999,21
CSI - CS6A-170	996,65
Isofoton - I-110/24	993,71
Solar-Fabrik - SF 145A	993,70
Sunways - MHHplus190	992,22
Solarfun - SF160 M5-24	991,71
Schott Solar - ASE 300 DG FT	989,70
Sharp - NT-R5E3E	961,11

La méthode INES MotherPV



Etape 4: Convolution
 → Indice global de performance

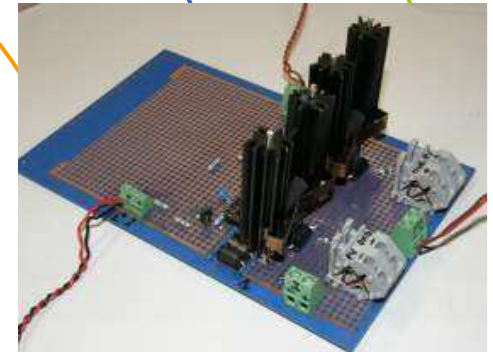
Des défis pour la gestion électrique de la production PV

Les Onduleurs sont assez mûrs en tant que tel mais restent le maillon faible de la fiabilité

Mais...

D'autres interventions possibles de l'Electronique:

- Protection des intervenants (pompiers, installateurs, personnel de maintenance...)
- Protection des biens et des personnes contre les arcs électriques et les risques d'incendie
- Protection antivol des modules PV
- Gestion des ombrages
- Outils de diagnostic pour une maintenance prédictive

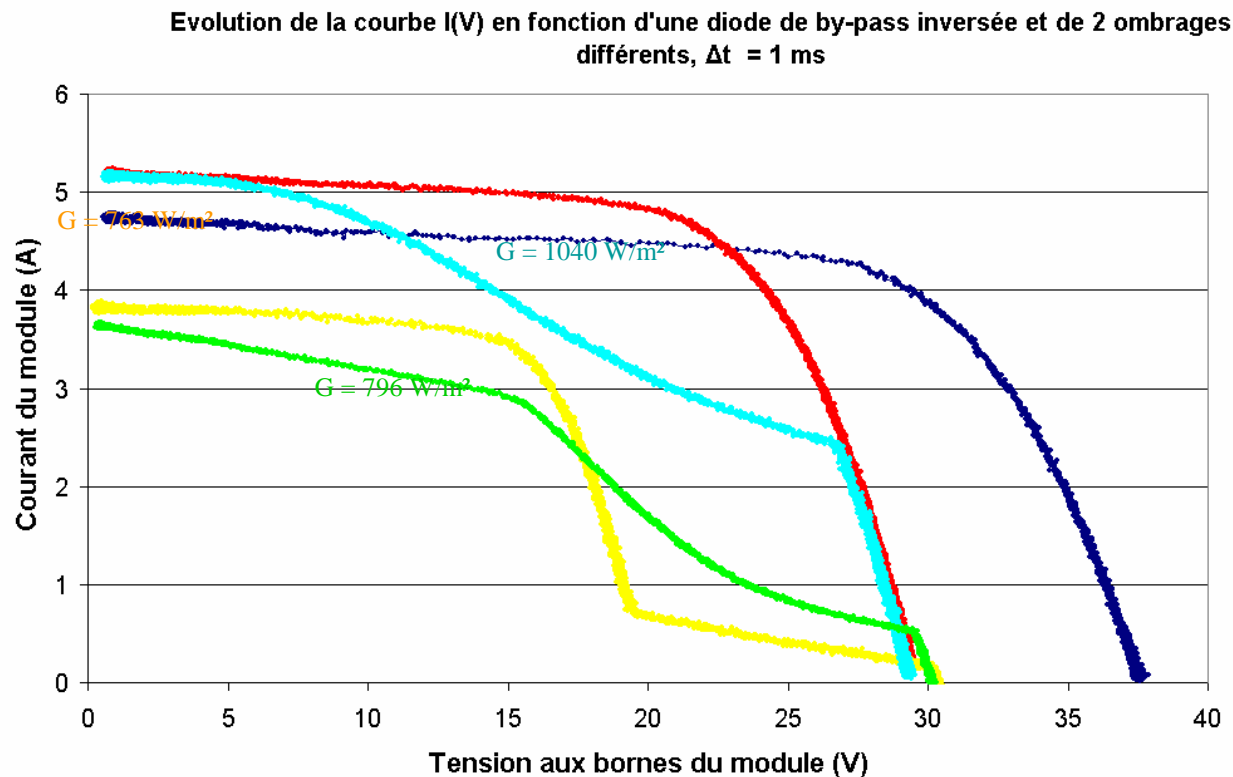


→ Augmenter la production

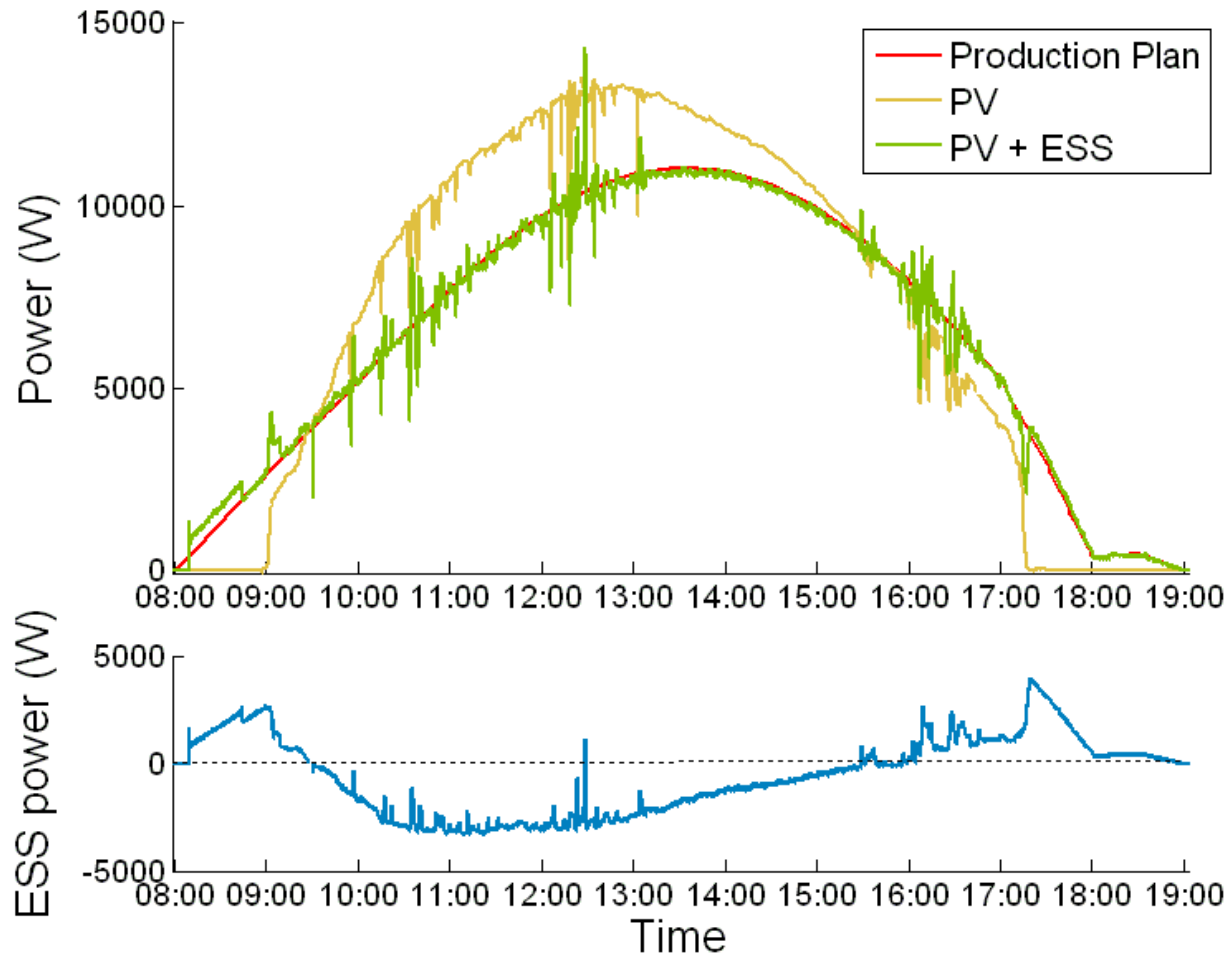
→ Diminuer le taux de risque à plusieurs niveaux (in fine les primes d'assurance)

Détecteur de faute INES

- In –situ monitoring of I/V curve → fast failure detection
- No interruption of PV production
- Works with any PV technology
- May be integrated into inverter



Stratégie 2 : PV garanti



Objectif:

- Limiter la variabilité de la production PV, en anticipant sa production;

Stratégie:

- Calcul d'un plan de production en J-1, à partir d'un modèle avancé de prédiction de la production PV;
- La consigne de l'ESS est fixée en temps réel selon la différence entre le plan de production et la valeur instantanée de la production PV;

Résultats:

- Le plan de production est suivi,
- Les variations résiduelles de puissance sont dues à la réactivité limitée du système;
- Le critère de l'AO CRE (limite de la variabilité de la production) est respecté.

5. Les défis applicatifs au niveau des bâtiments

Le défi le plus important: transformer le PV en véritable composant du bâtiment

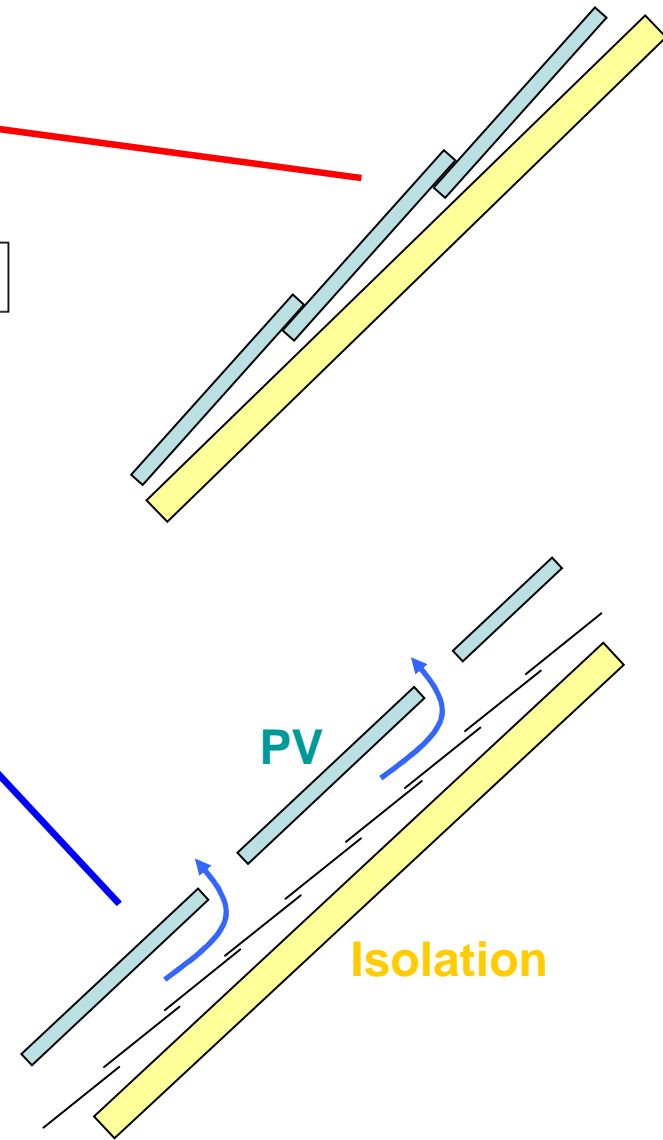
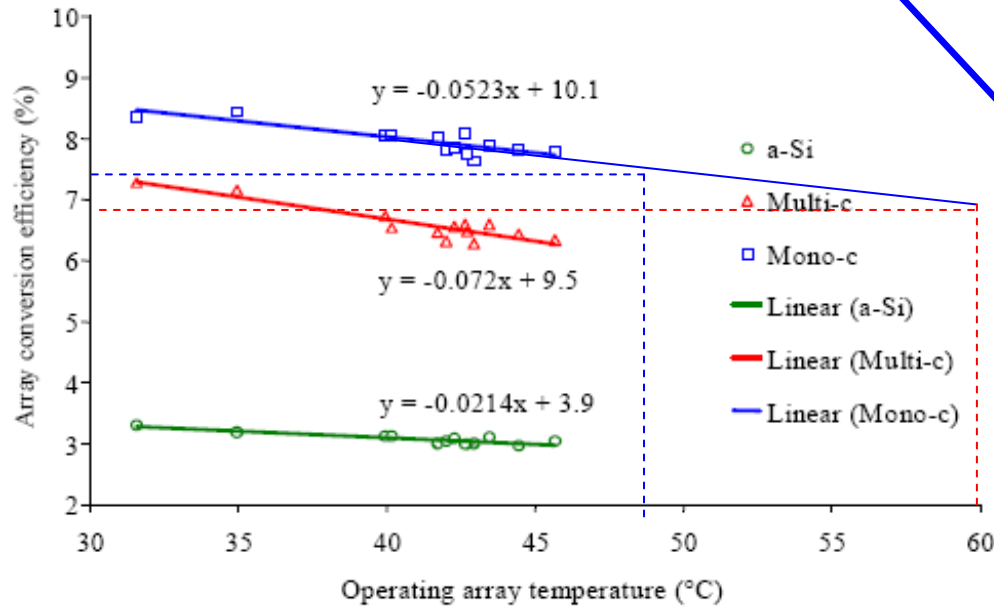
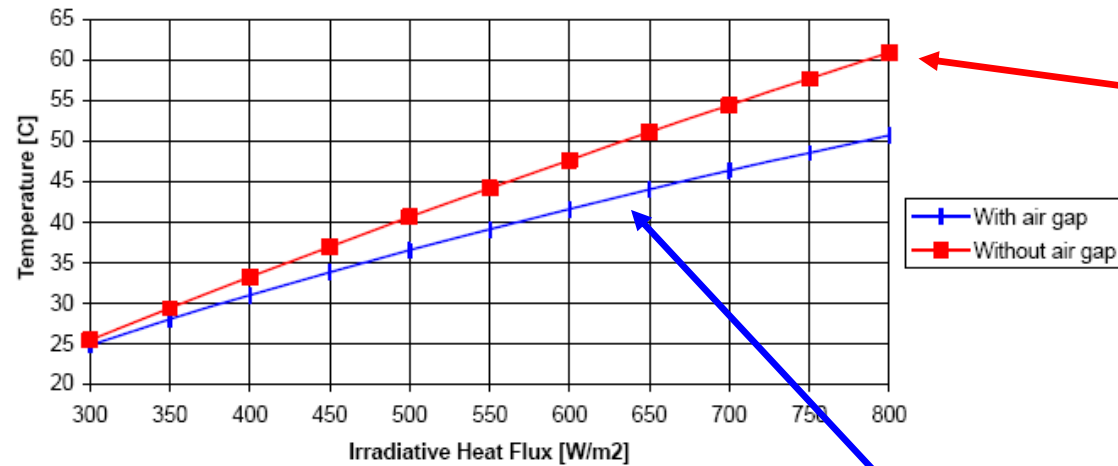


Saint-Gobain Solar Systems

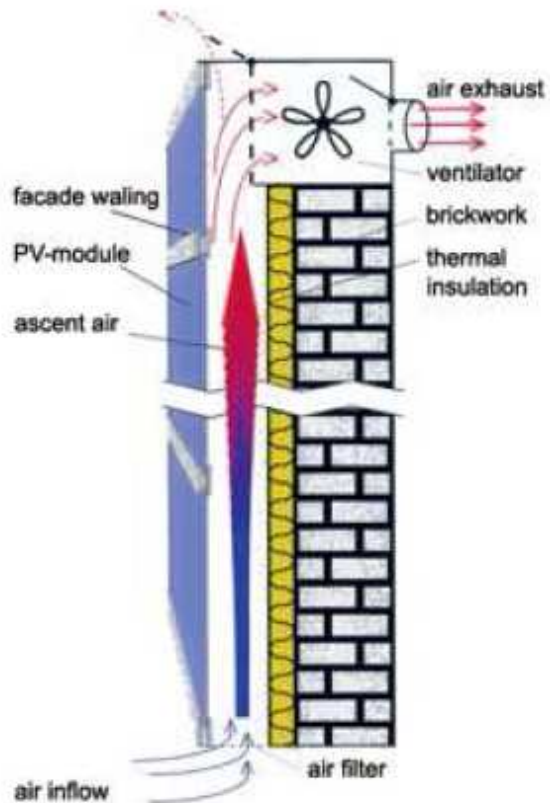
Sunstyle®



La ventilation des modules: une plus faible production pouvant aller jusqu'à 10 à 20%

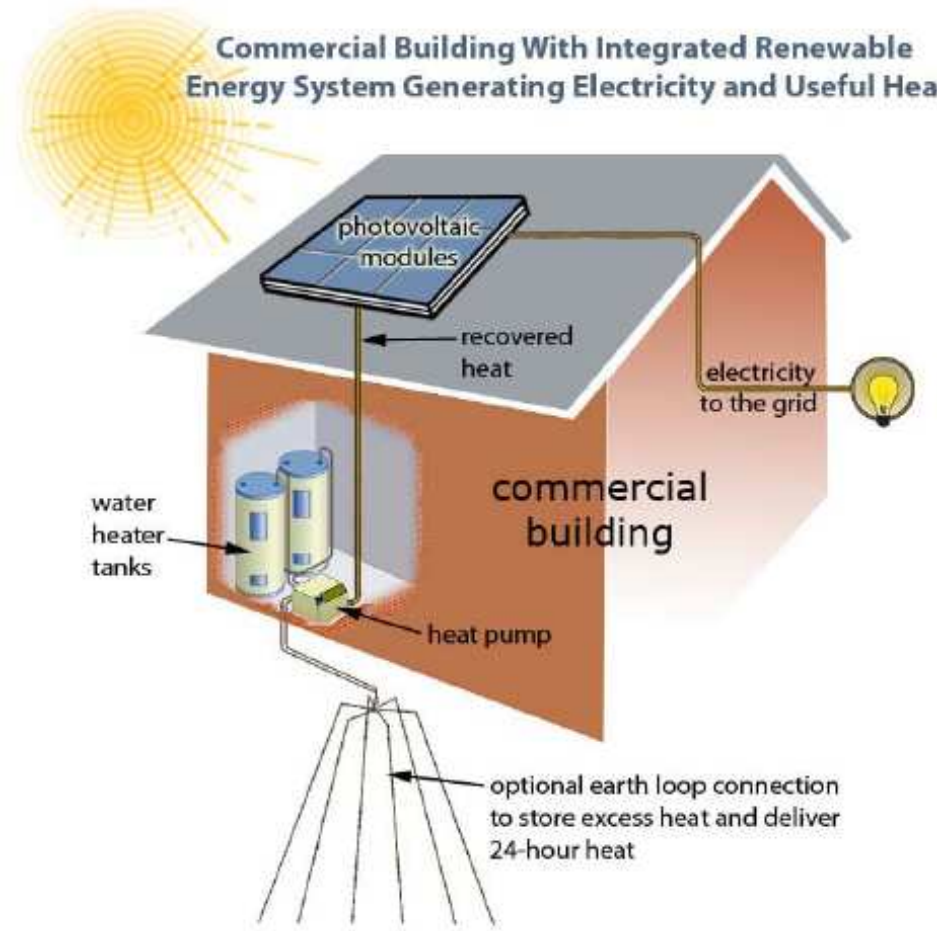


Dans l'idéal: valoriser la chaleur produite



Vecteur air

JP Joly 02/11



Vecteur liquide réfrigérant

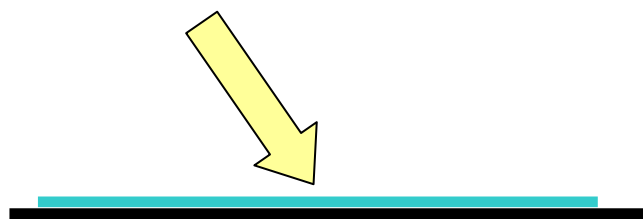
Développer des solutions adaptées pour le marché spécifique des grandes toitures de type Terrasse



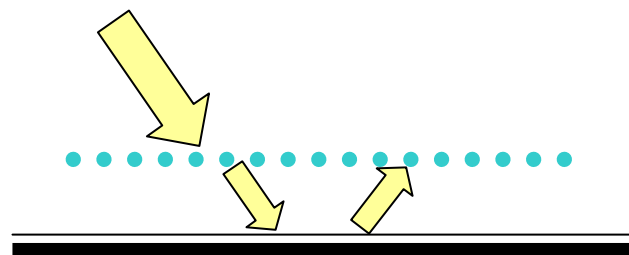
Un gros potentiel de marché mais une problématique particulière:

- Non visible de la rue
- Orientation non optimum si les modules sont dans la plan
- Faible tenue au poids
- Étanchéité assurée par des polymères

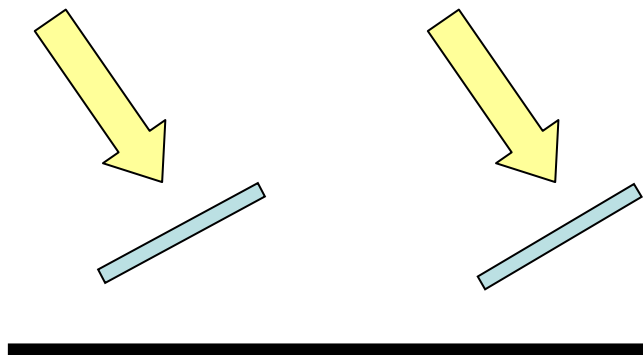
Les modes d'intégration en toiture terrasse



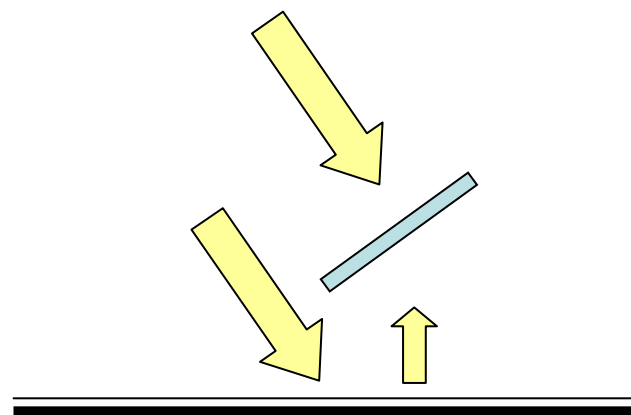
**Modules semi-souple
laminés types UNISOLAR**



**Modules CIGS sur tubes
types SOLHYNDRA**

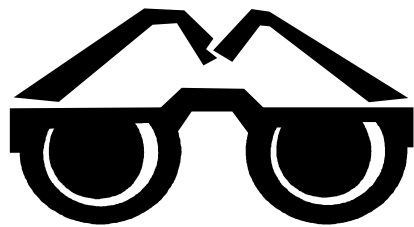


**Modules standard sur
supports**



**Modules bifaciaux type HIT
sur support**

La protection solaire pour la gestion du confort d'été



Le PV, en casquette ou en vitrage semi-transparent peut être efficace pour gérer les surchauffes dus aux apports solaires

- ***Fonction thermique***
- ***Gestion du confort***



L'intégration du PV au bâti: remarques fondatrices

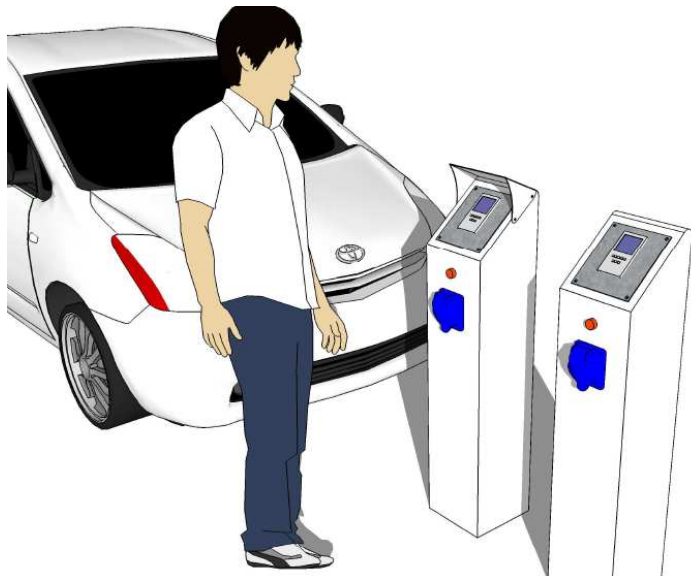


- 1) Garder les fondamentaux des métiers du bâti: être un couvreur ou un façadier d'abord
- 2) 3 marchés assez différents: toits traditionnels, toitures terrasses et façades
- 3) Réduire les coûts d'installation
- 4) Offrir des solutions esthétiques...et ventilées
- 5) Priorité aux modules à Haut rendement
- 6) Commencer à se préoccuper des usages internes au-delà du tarif de rachat actuel

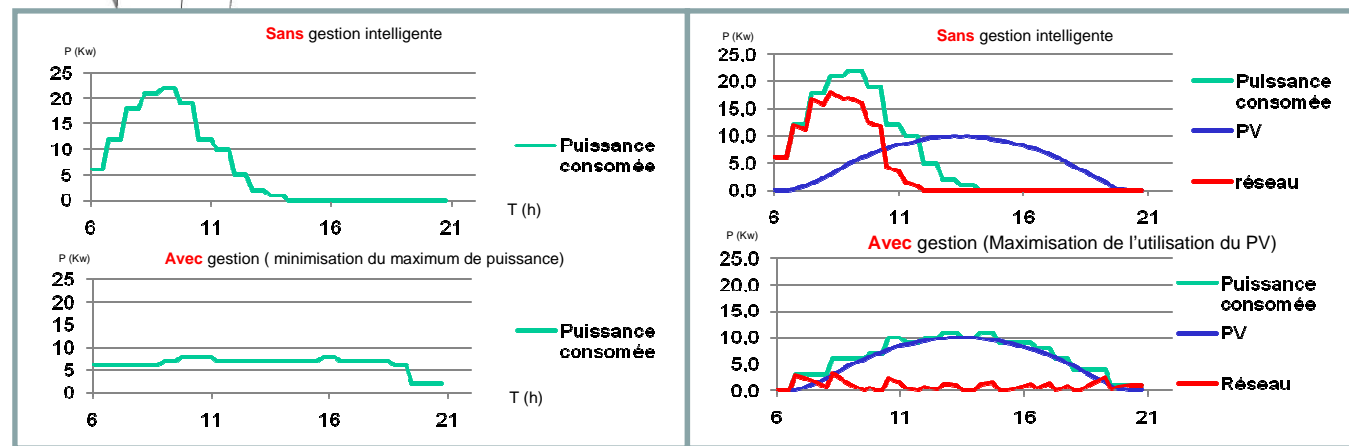
Le PV et l'agriculture



L'utilisation du PV en lien avec les besoins locaux: la Mobilité Solaire



Car ID ?
 1 -> 10
Kms Remaining?
 0 -> 20
Departure Time?
 17:30

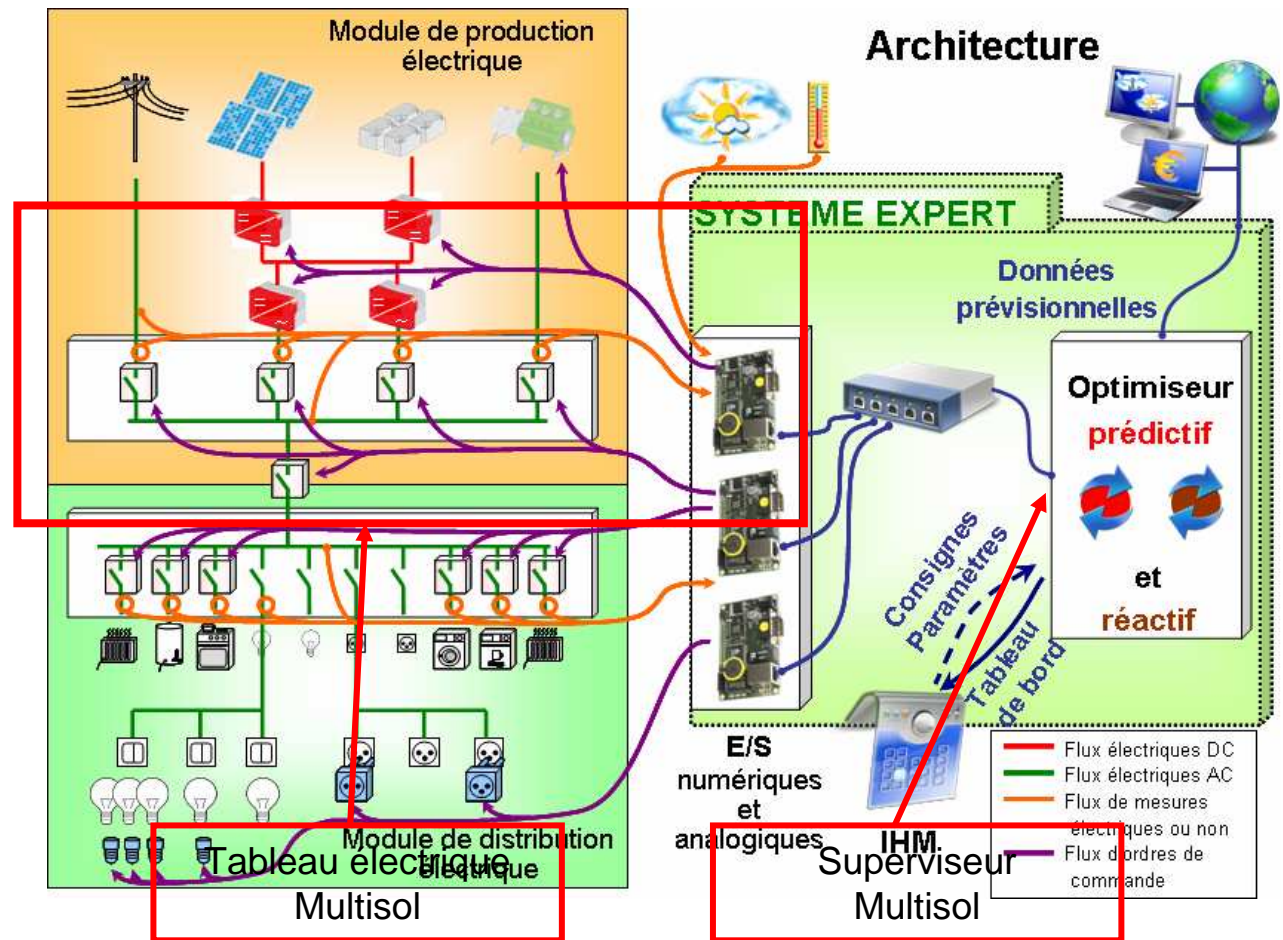


Gestion de l'énergie pour minimiser l'impact sur le réseau

Gestion de l'énergie en favorisant la consommation locale PV

L'utilisation du PV en lien avec les besoins locaux: Optimisation des flux électriques dans un bâtiment photovoltaïque

Objectif : système de gestion de l'énergie dans un logement



Résumé: état et perspectives

- Beaucoup d'innovations tout eu long de la chaîne sur les filières existantes mais sans ruptures majeures vers un une baisse de coût et une sécurisation de la production
- Des questions à se poser sur une meilleure adaptation du produit et des systèmes aux besoins de proximité

