

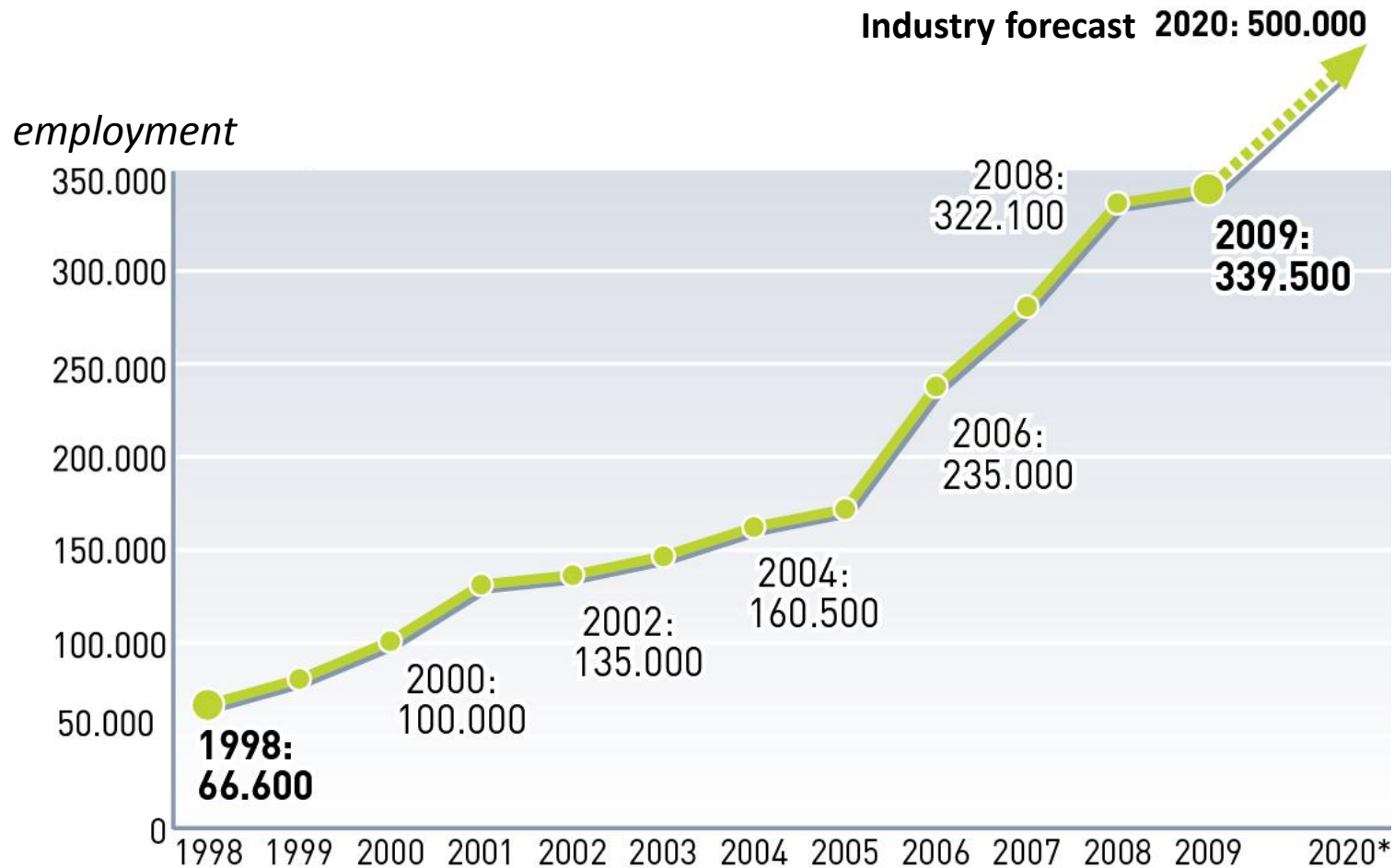


Energy

Le solaire photovoltaïque – une technologie disruptive : marchés, technologies, politiques

Ruggero Schleicher-Tappeser, sustainable strategies, Berlin
Séminaire énergie solaire, Tunis, 30 novembre 2011

Emplois dans les énergies renouvelables en Allemagne



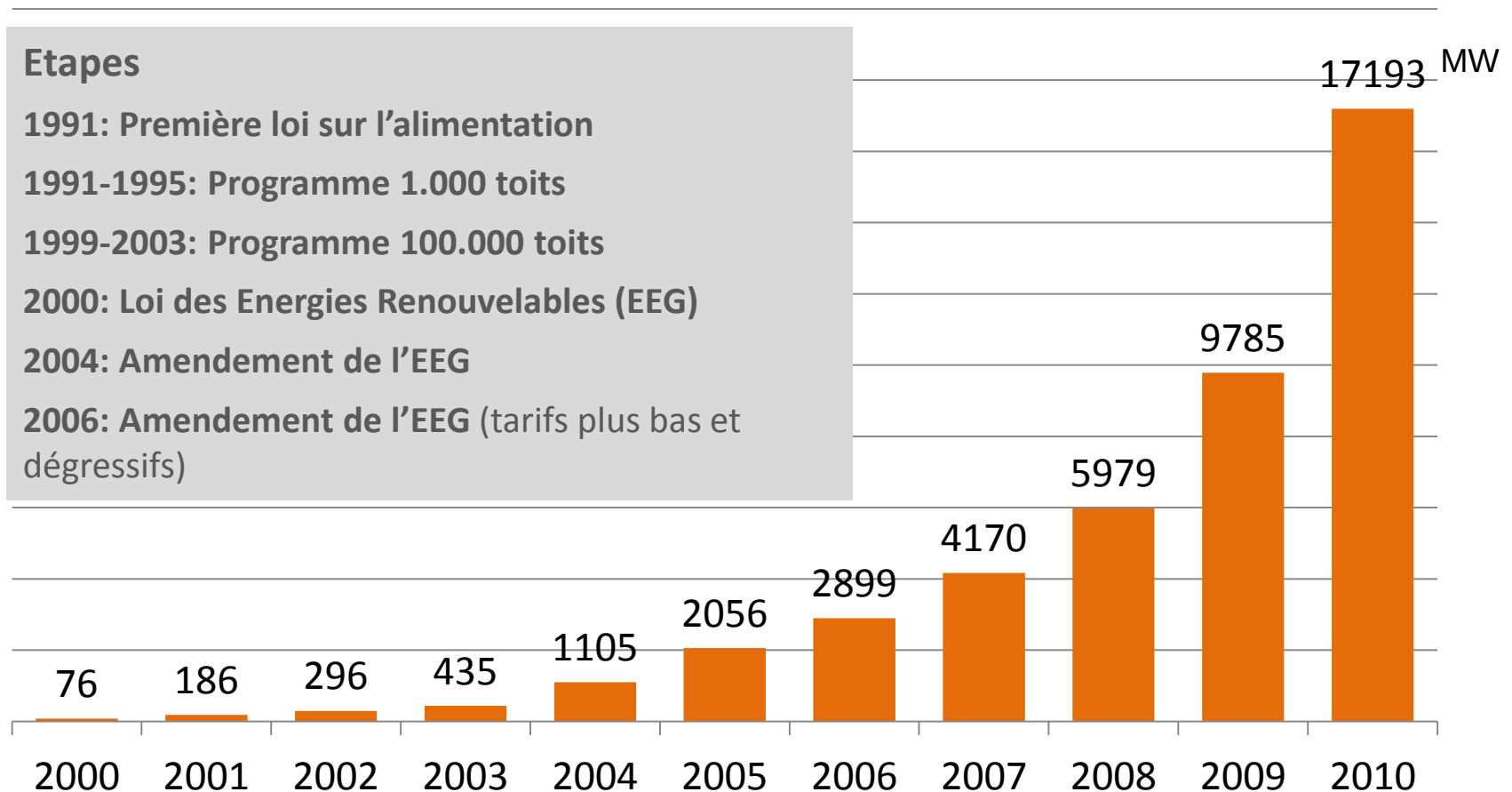
Quelle: BMU/AGEE-Stat, DLR/ZSW/DIW/GWS, UBA
Stand: 10/10

www.unendlich-viel-energie.de

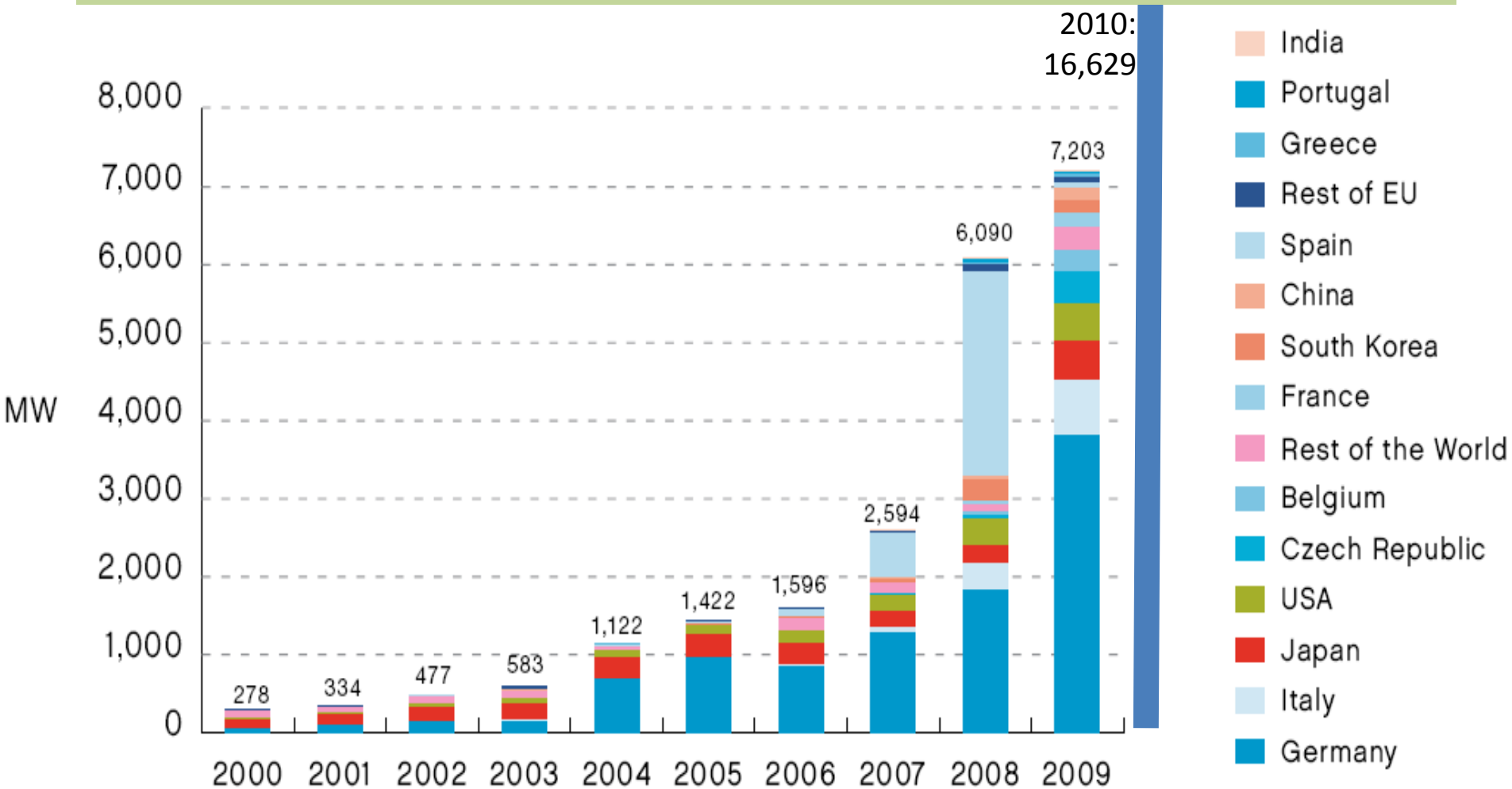
Agentur für
Erneuerbare
Energien

L'Allemagne a déclenché le décollage du marché photovoltaïque mondial

Capacité photovoltaïque installée en Allemagne



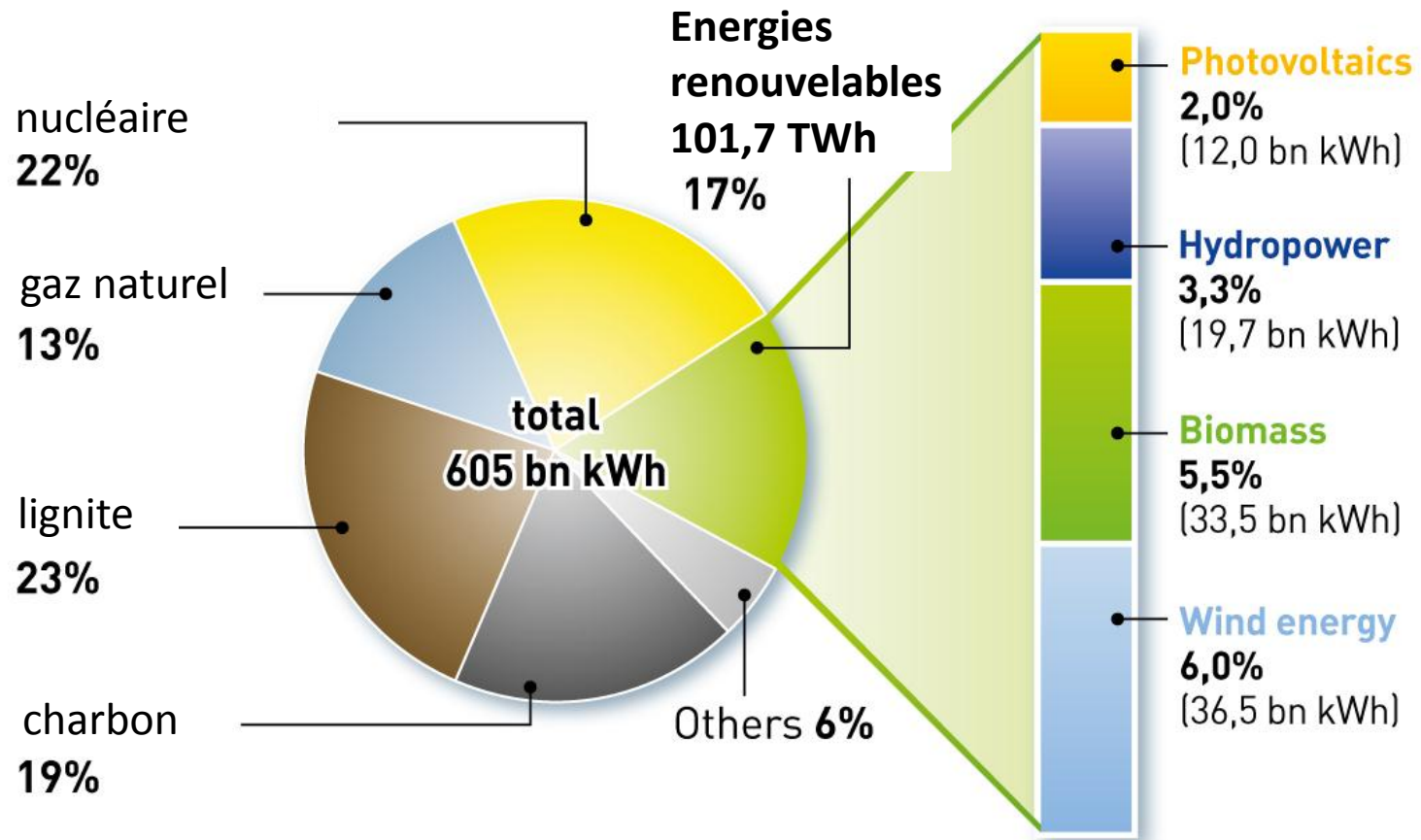
Développement mondial du photovoltaïque: nouveaux marchés stabilisent la croissance



Facteurs essentiels du succès

- Un environnement d'investissement stable avec des tarifs d'achat garantis pour 20 ans après l'installation
- L'adaptation continue des tarifs d'achat pour les systèmes nouveaux → croissance continue
- Un système simple: pas d'autres subventions
- Procédures d'approbation simples
- Les banques ont appris que les investissements ont un risque très limité → baisse des coûts de capital
- L'industrie et les artisans ont investi dans la production et la formation → qualité, baisse des prix des systèmes
- Centaines de milliers de nouveaux investisseurs privés

Production d'électricité en Allemagne 2010

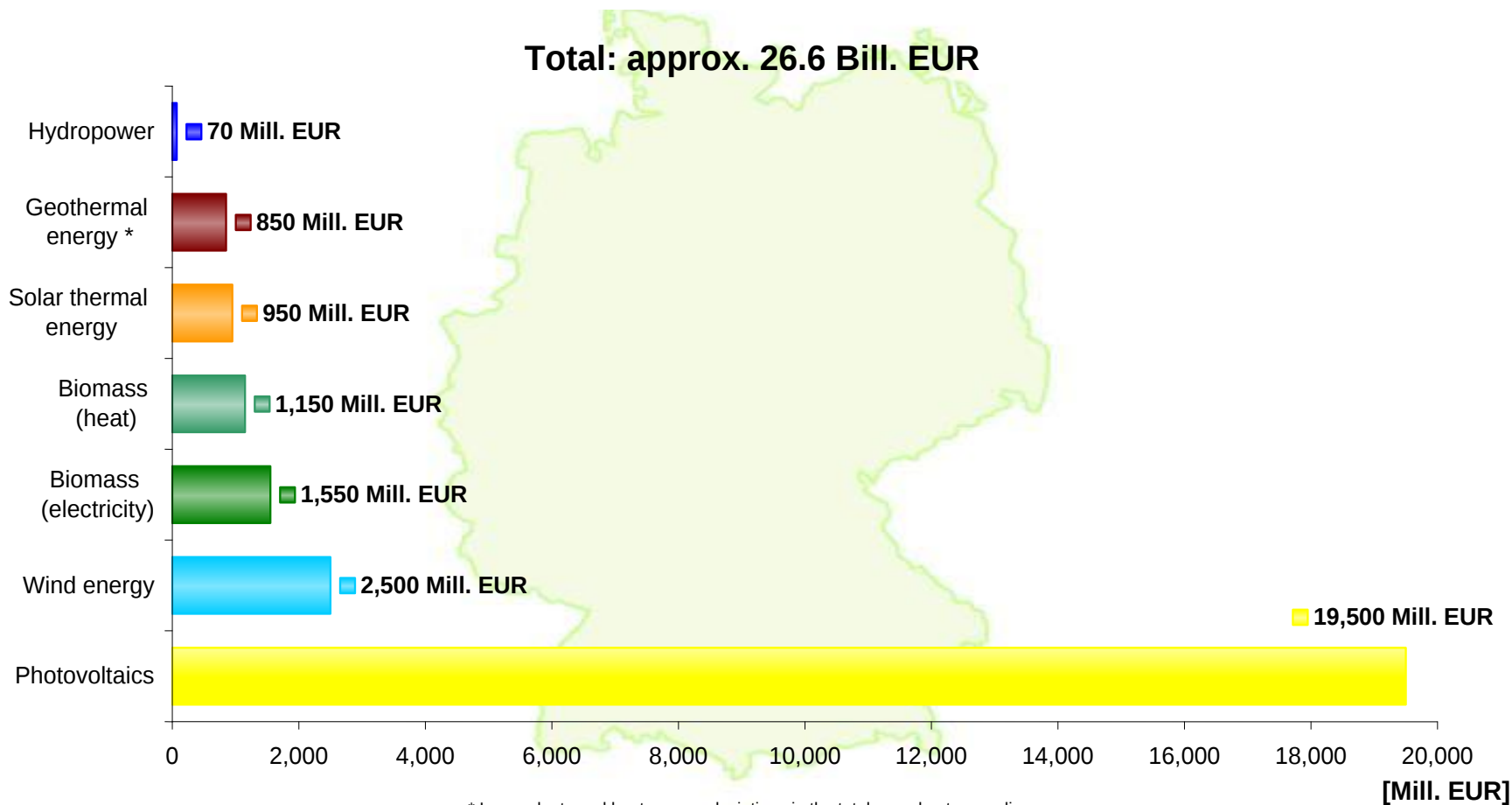


Sources: AGEb, AGEE-Stat
Status: 08/2011

www.renewables-in-germany.de



Investissements dans les énergies renouvelables en Allemagne 2010

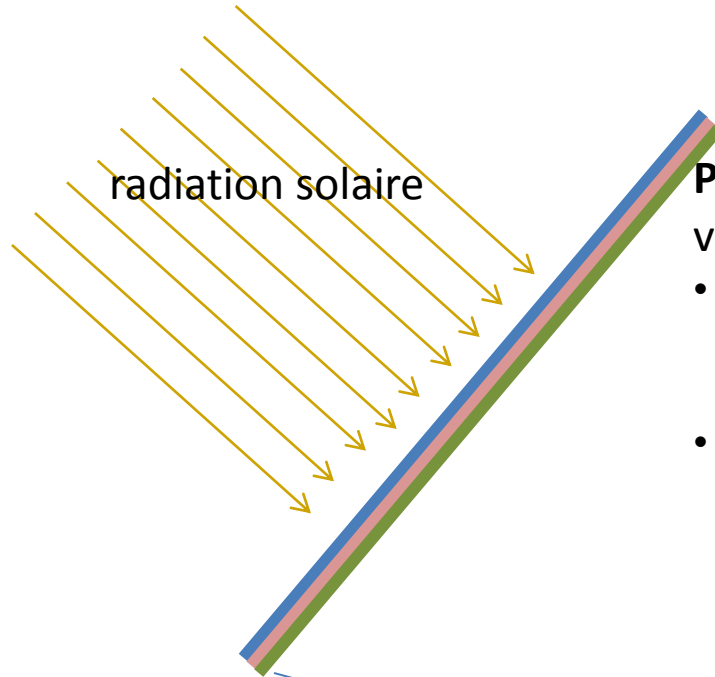


* Large plants and heat pumps; deviations in the totals are due to rounding;

Source: BMU-KI III 1 according to the Centre for Solar Energy and Hydrogen Research Baden-Wuerttemberg (ZSW); as at: July 2011; all figures provisional

LE PHOTOVOLTAÏQUE – UNE TECHNOLOGIE DISRUPTIVE

Le PV est une technologie de semi-conducteurs: transformation directe du soleil en électricité

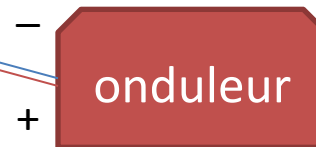


Plusieurs couches de semi-conducteurs variété de technologies différentes:

- silicium cristallin c-Si (ingot-wafer)
 - monocristallin < 24% efficiency
 - polycristallin < 20%
- technologies à couches minces
 - silicium amorphe a-Si, aussi comb. < 12%
 - CdTe Cadmium-Telluride < 16%
 - CIGS, différentes combinaisons < 19%
 - GaAs, Gallium-Arsenide < 24%
 - poly-junction < 41%
 - ...

- pas de pièces en mouvement
- pas de manutention
- pas de carburant
- haut potentiel de réduction des coûts

DC: courant directe

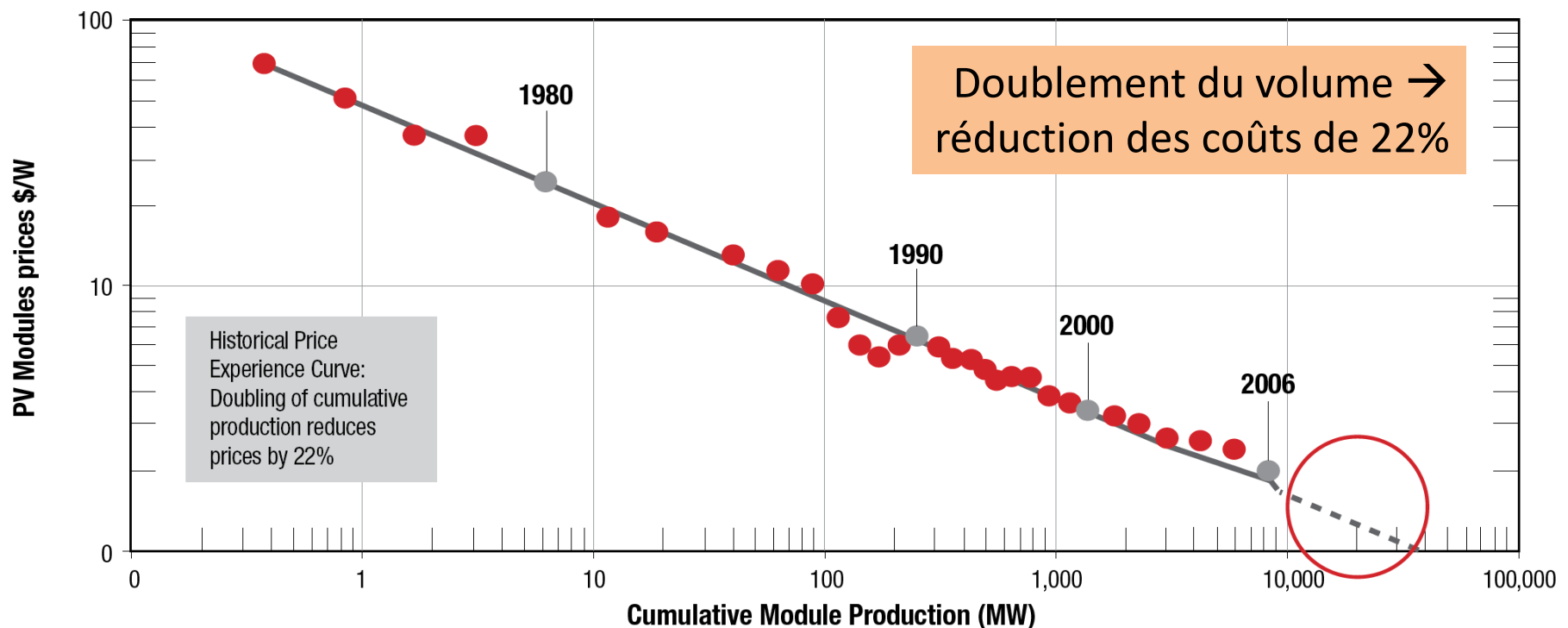


AC: courant alterné

Une technologie modulaire utilisable à toutes les échelles



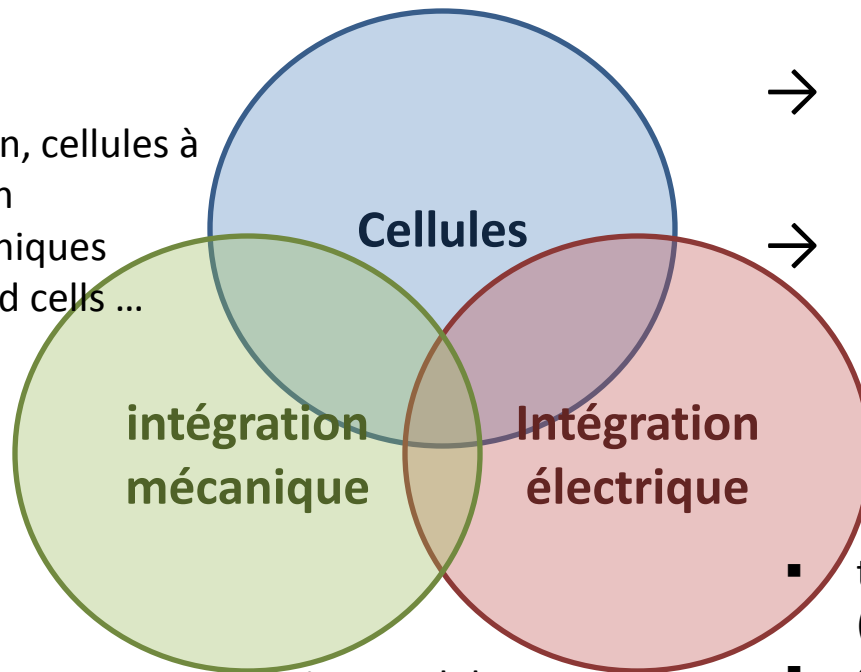
Réduction des coûts rapide: La courbe d'apprentissage du PV



Sources: EU Joint Research Centre - EIA - National Renewable Energy Laboratory - A.T. Kearney analysis.

Large variété dans les innovations garantit forte réduction des coûts continue

- Silicium, amélioration cellules c-Si
- Couches minces:
 - Si,
 - CIGS,
 - CdS, ...
- Multi-jonction, cellules à concentration
- Cellules organiques
- Dye sensitised cells ...



- Efficacité plus haute
- Coûts de production plus bas
- Nouveaux champs d'application
- **INTEGRATION**

- Matériaux de support, conception modules
- Concentrateurs, systèmes de pistage et de support
- Intégration aux bâtiments, éléments de construction
- Intégration dans toute sorte d'appareils, véhicules
- Installation plein champ, surfaces de transport, toitures

- technologies de stockage (fixe, mobile, off-grid, grid)
- modules Intelligents
- conception des systèmes
- systèmes hybrides, mini-grids
- smart home, smart grid
- conception et commande réseaux
- régulation, marchés

PV intégré au bâtiment (BIPV)

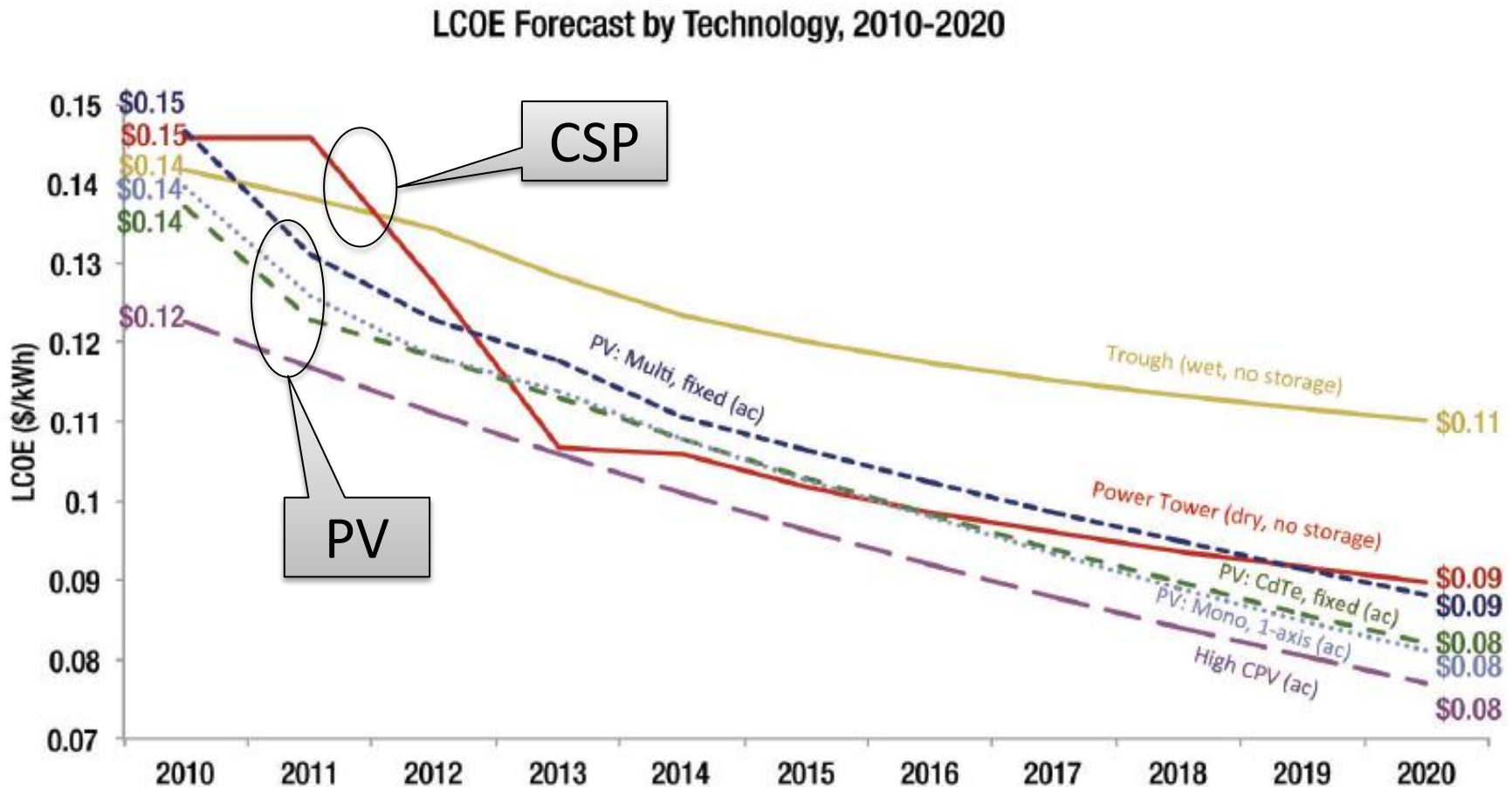
- Première étape: toits entiers
- Autres composantes du bâtiment demandent des solutions plus sophistiquées, intégration avec:
 - éléments de construction standardisés
 - processus de planification et construction
 - Industrie de construction
- Très haut potentiel
- Succès commercial encore faible
- Nouvelles opportunités avec couches minces



© Solarsiedlungs-GmbH

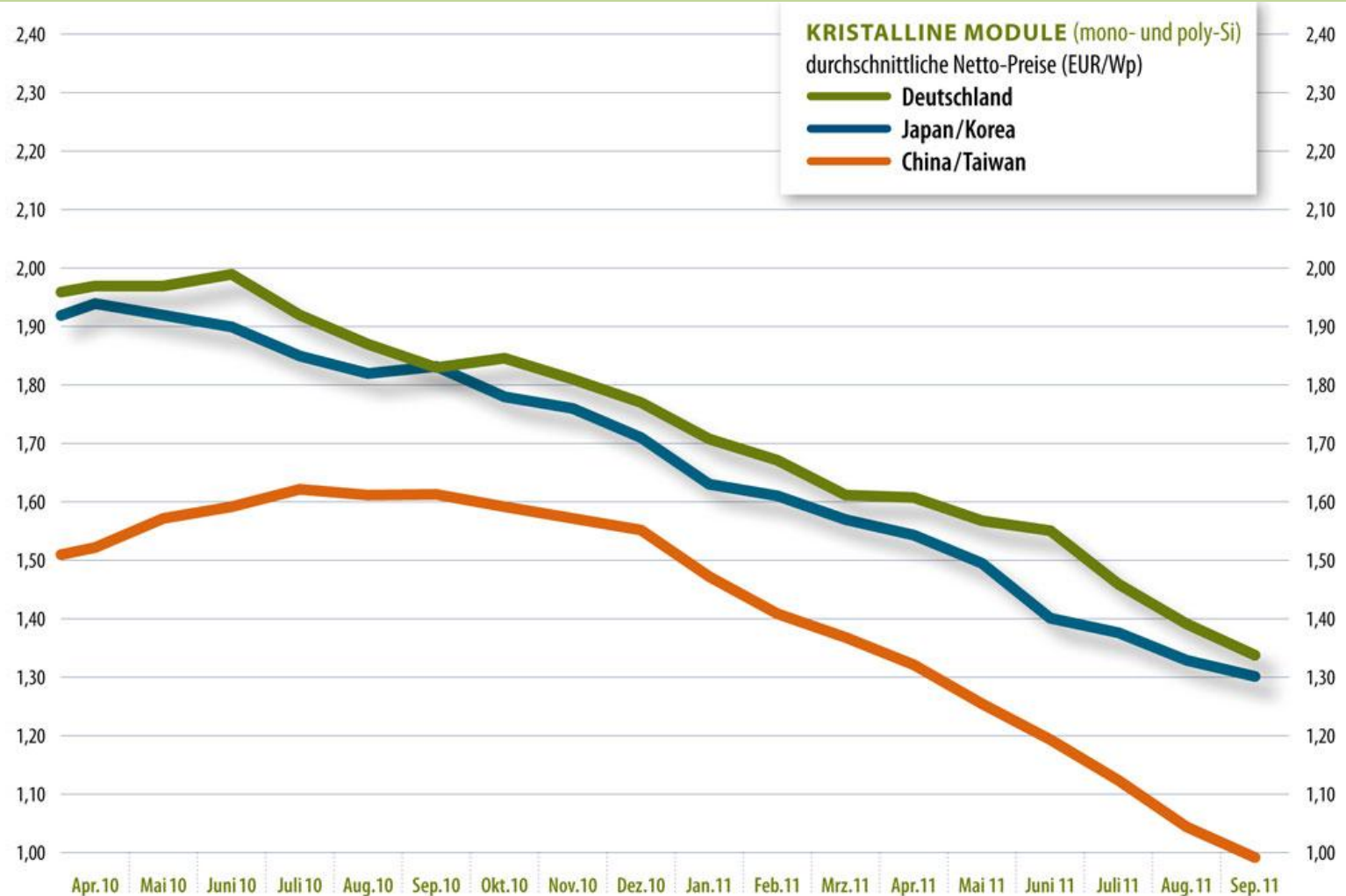


Développement des coûts moyens d'électricité (LCOE) pour différentes technologies

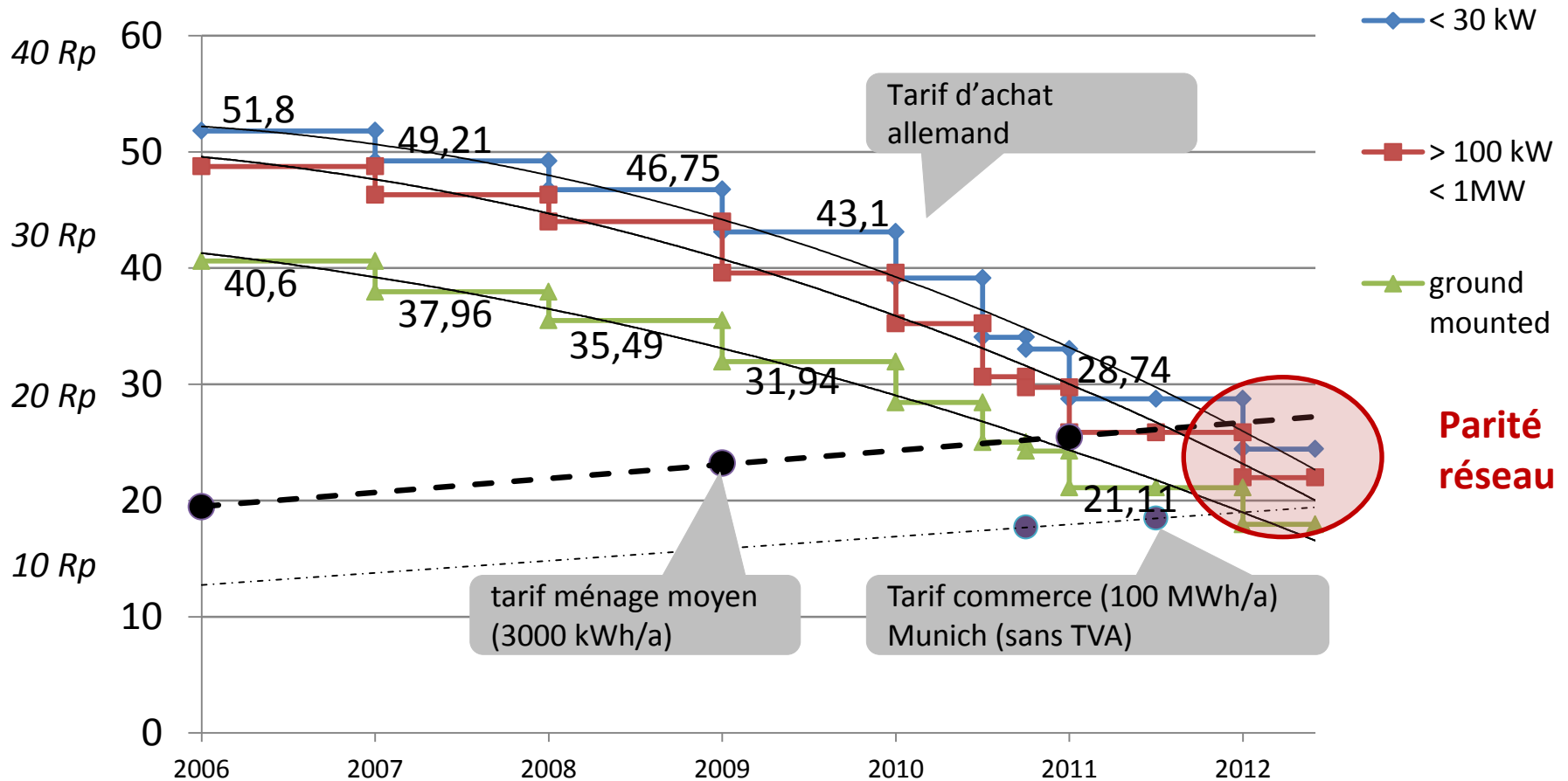


© GTM Research:
Concentrating Solar
Power 2011

Les prix du PV en chute rapide: réduction de plus de 30% en 12 mois

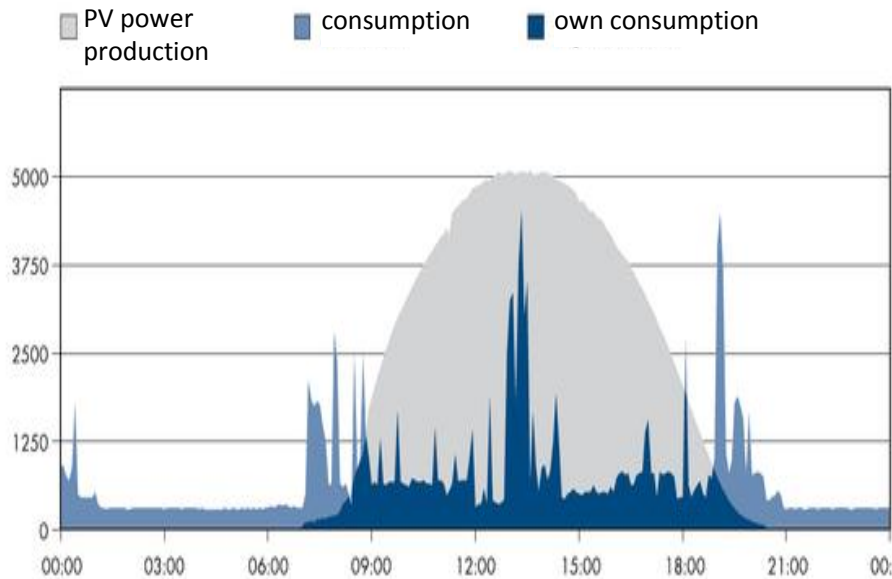


Baisse rapide des tarifs d'achat: parité réseau résidentielle en 2012



Quand le soleil ne brille pas...

Différents potentiels pour l'autoconsommation

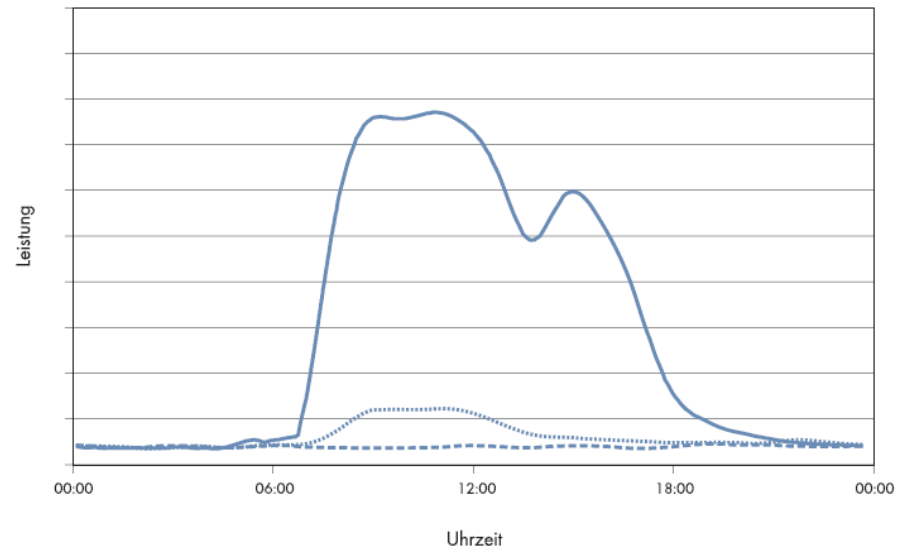


Private household in Germany

cloudless summer day, 4 persons,

PV installation 5 kWp

→ Efforts needed for > 30%
of own consumption



Commerce

working day 8-18h

BDEW Lastprofil G1

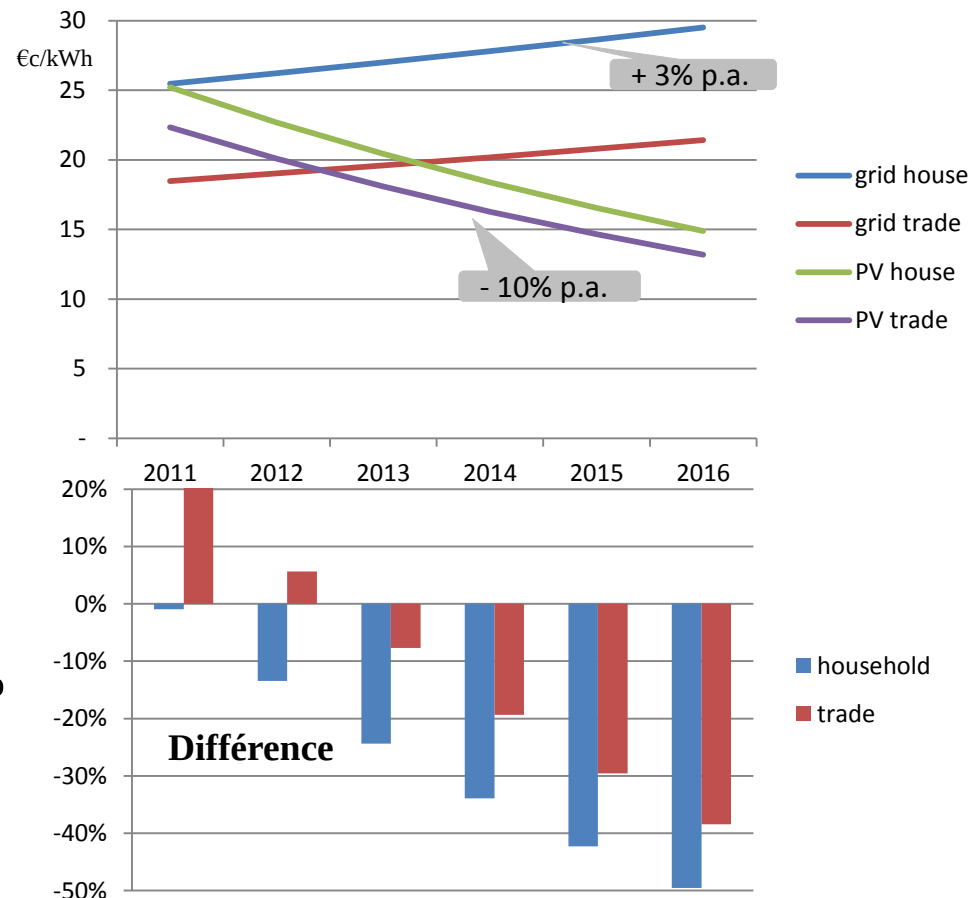
→ Good conditions for high share
of own consumption

L'attractivité de produire pour les propres besoins: Allemagne - Scénario pour les cinq ans à venir

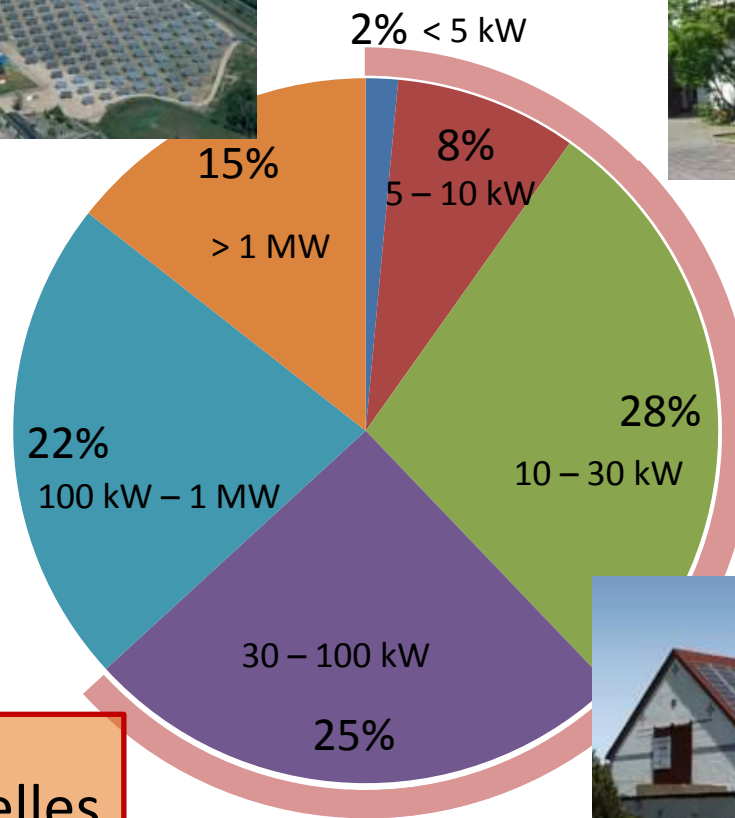
- Dans les quatre années passées le coût moyen des systèmes PV a diminué de 50% (3Q07-3Q11, <100kWp, Allemagne)
cela correspond à -16% p.a.
- Hypothèses du scénario
 - Prix des systèmes: -10% p.a.
 - Electricité du réseau: + 3% p.a.
 - Tarifs d'achat en Allemagne représentent les coûts du courant PV

➤ Dans cinq années l'électricité PV du propre toit pourrait coûter 40% moins que l'électricité du réseau

Evolution de la différence entre tarifs du réseau et coûts du PV



Grande partie du marché PV allemand intéressant pour consommation propre



Installations
january – september **2010**

60% des
installations nouvelles
< 100 kW



Le boom qui vient: Production d'électricité pour l'autoconsommation

Investissements intéressants même sans subventions

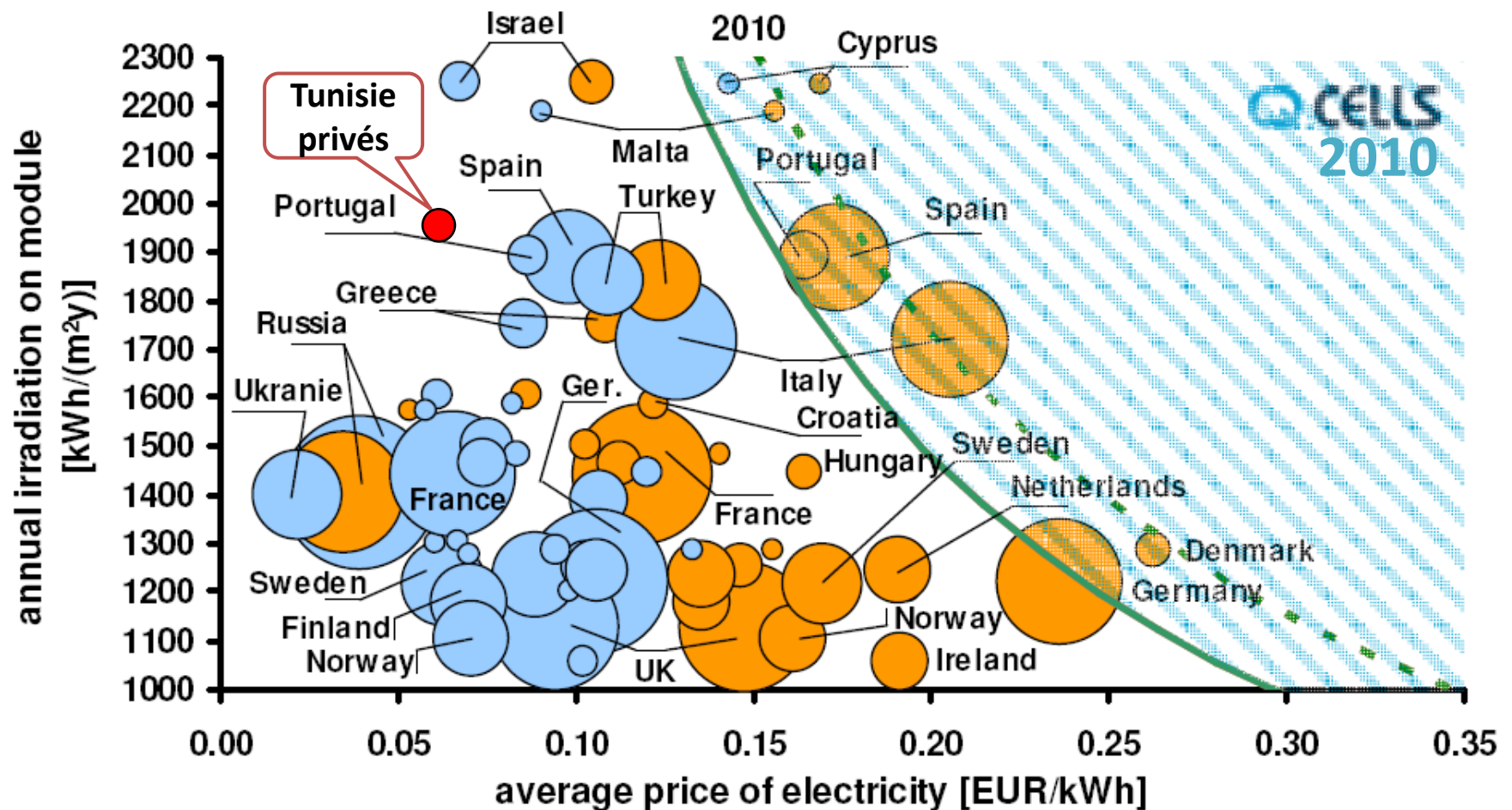
Les étapes en Allemagne:

- Dans 2 -3 années: PV pour consommation propre dans les PME / PMI
- Dans 3-4 années: Investissements pour augmenter le taux de consommation propre

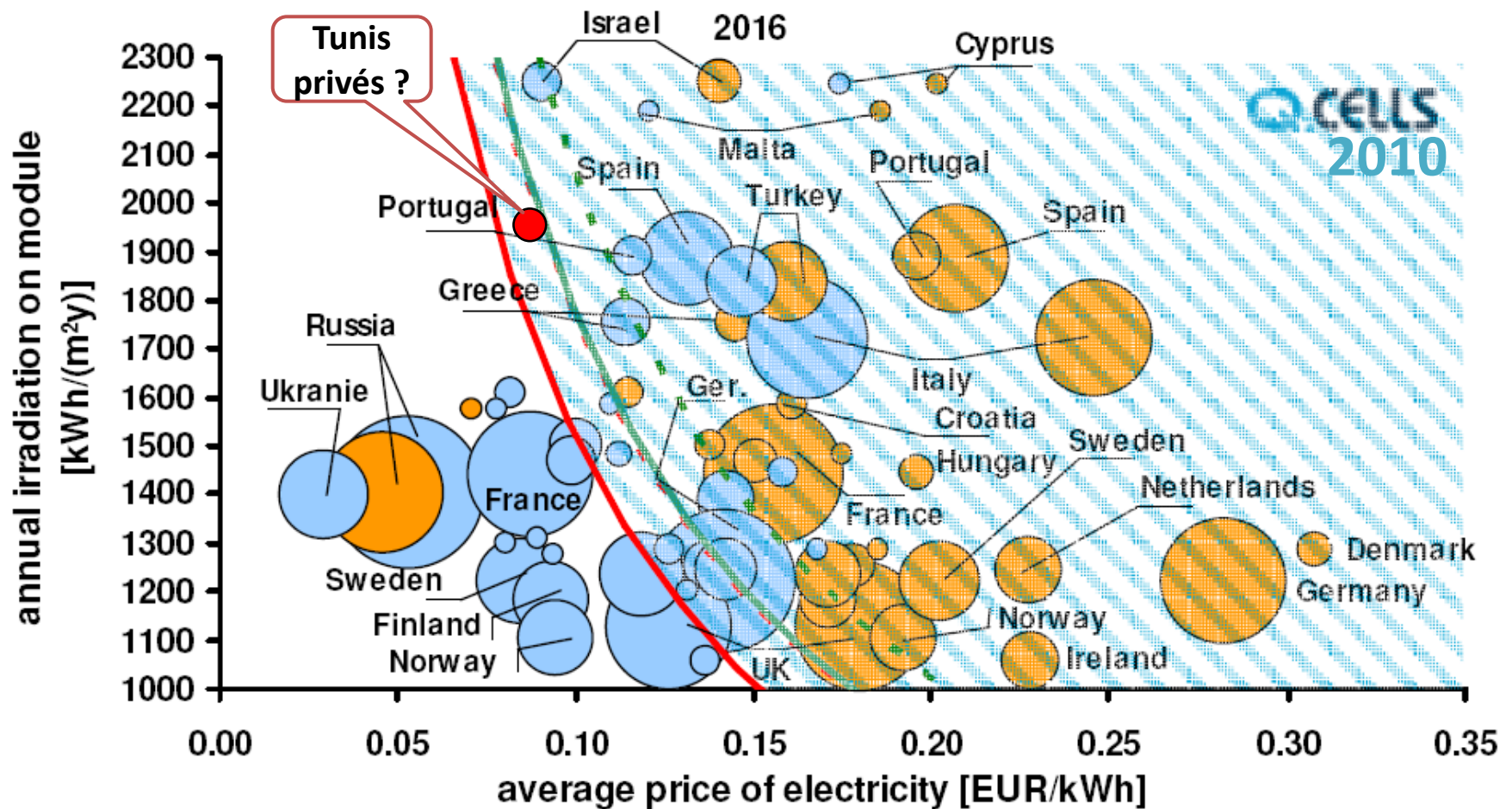
➤ Croissance PV indépendante de support financier

➤ Boom dans les technologies de gestion de l'énergie

Parité réseau en Europe 2010

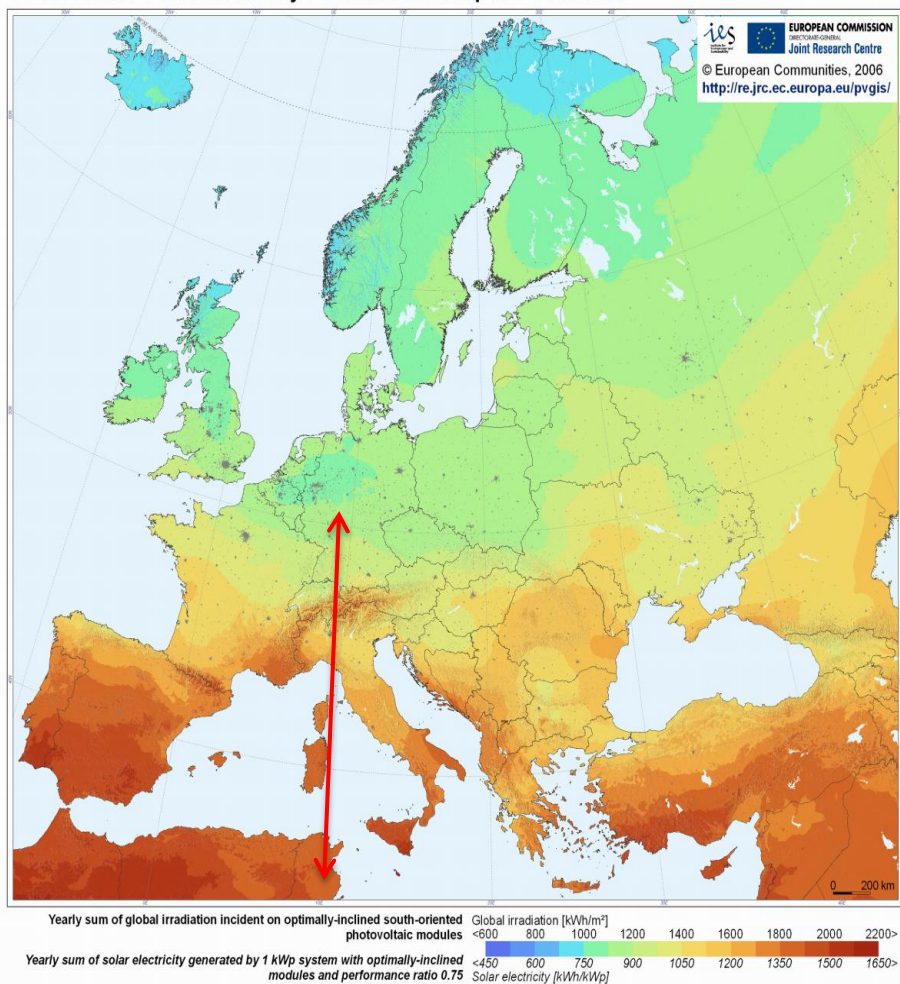


Parité réseau en Europe 2016 (prévision en 2010)

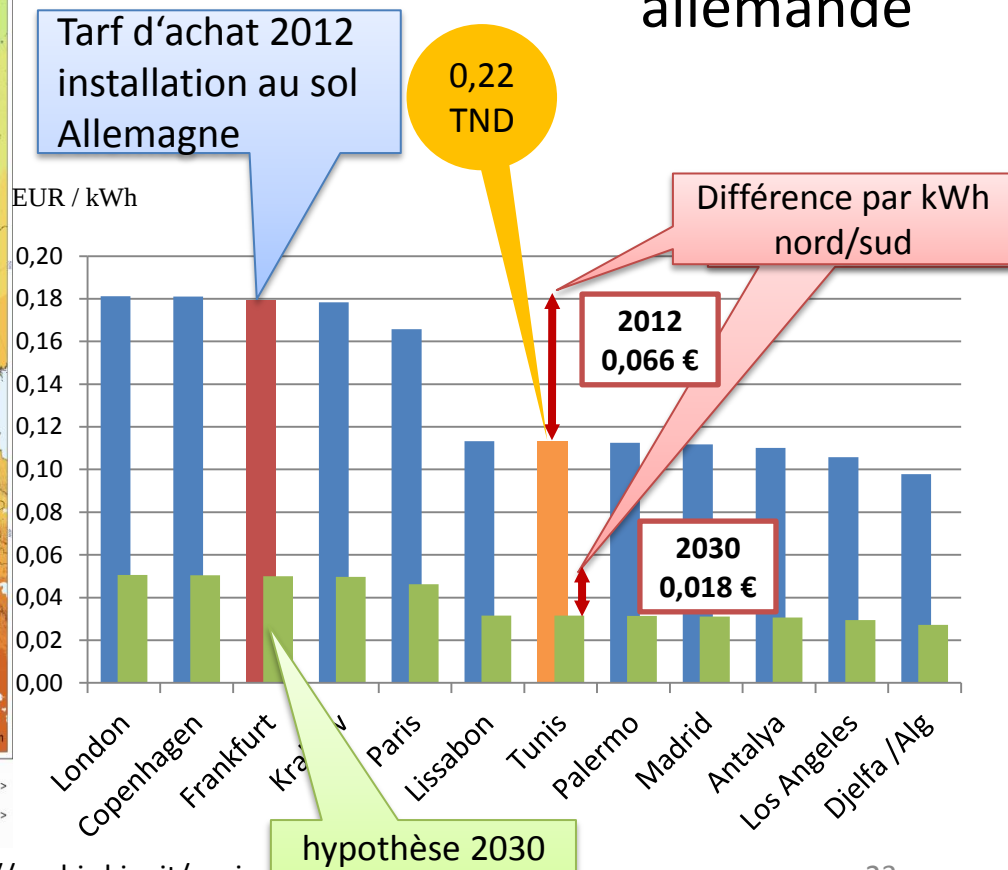


L'influence des différences de radiation solaire sur le coût du courant PV

Photovoltaic Solar Electricity Potential in European Countries



Transfert hypothétique d'une installation au sol allemande



Augmenter le taux de l'utilisation propre → gérer la fluctuation au niveau local

- Gestion de la consommation
 - Décalage temporel de l'opération
 - Stockage thermique dans applications de chauffage et refroidissement
 - Stockage de l'air comprimé dans les application mécaniques
 - Combinaison de consommateurs différents
- Charges supplémentaires, temporellement indifférentes
 - Chargement de véhicules électriques → *couplage avec transport*
 - Pompes de chaleur: substitution d'autres formes de production de chaleur → *couplage avec marché de chaleur*
 - Production de hydrogène ou méthane synthétique → *couplage avec transport et chaleur*
- Stockage d'électricité rage of electricity
 - Batteries, volants ...

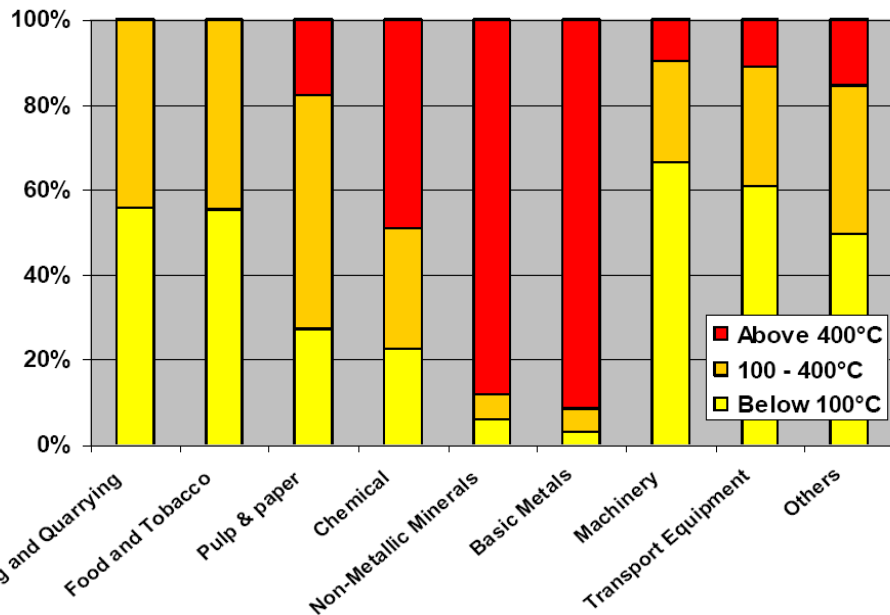
➤ Onde d'innovation dans la gestion de l'énergie

➤ La flexibilité du système du consommateur augmente

Couplage intelligent avec le solaire thermique

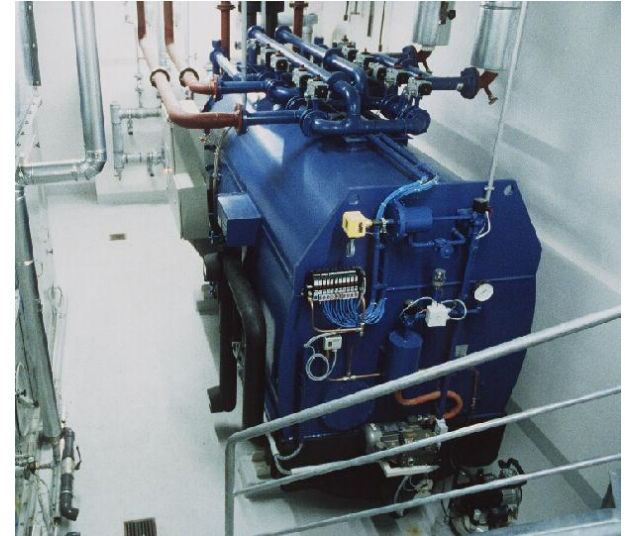


- Importance croissante du solaire thermique pour chaleur de processus industriels
- Chauffage urbain avec larges installations pour le stockage thermique saisonal
- Utilisation de pompes de chaleur pour gestion précise des températures / températures plus hautes
- Combinaison solaire thermique / PV peut remplacer combustion fossile



Technologie prometteuse : Refroidissement assisté par le solaire

- Machines de refroidissement alimentées par chaleur solaire
- Offre solaire et demande de refroidissement en équilibre
- Plus de 100 systèmes performants installés en Europe
- Petits systèmes pour immeubles de bureaux et maisons familiales en développement



Machine de réfrigération à adsorption

Office de la presse fédéral, Berlin

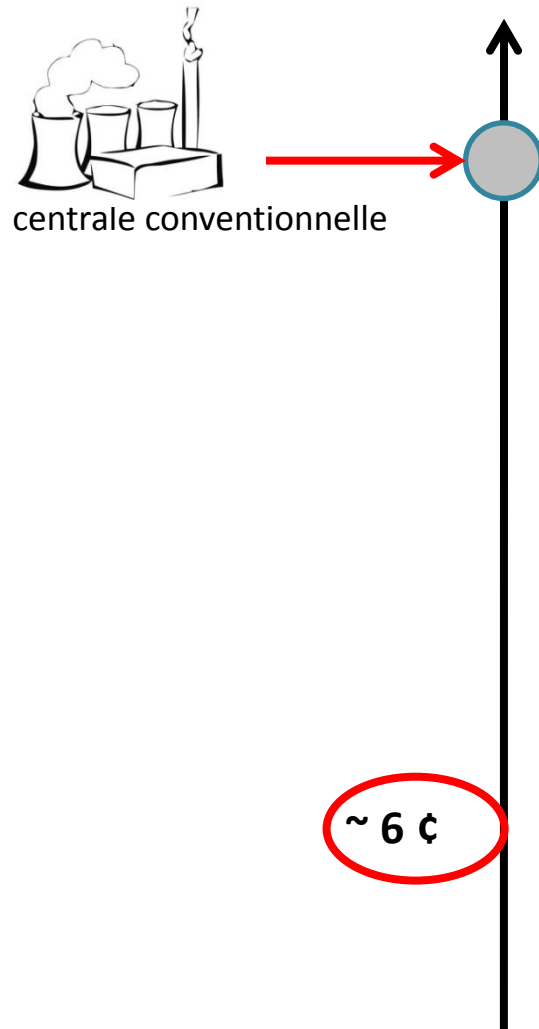


CCI Freiburg



UNE TRANSFORMATION PROFONDE DU SYSTÈME D'ÉLECTRICITÉ

Le PV change le jeu: concurrence sur le coté de la vente en détail



Le PV change le jeu: concurrence sur le coté de la vente en détail



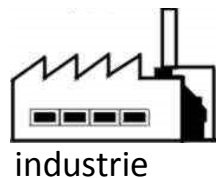
~ 6 ¢

En gros
Prix fortement variables

Le PV change le jeu: concurrence sur le coté de la vente en détail



50% de la consommation
d'électricité: foyers,
commerce, services, PMI



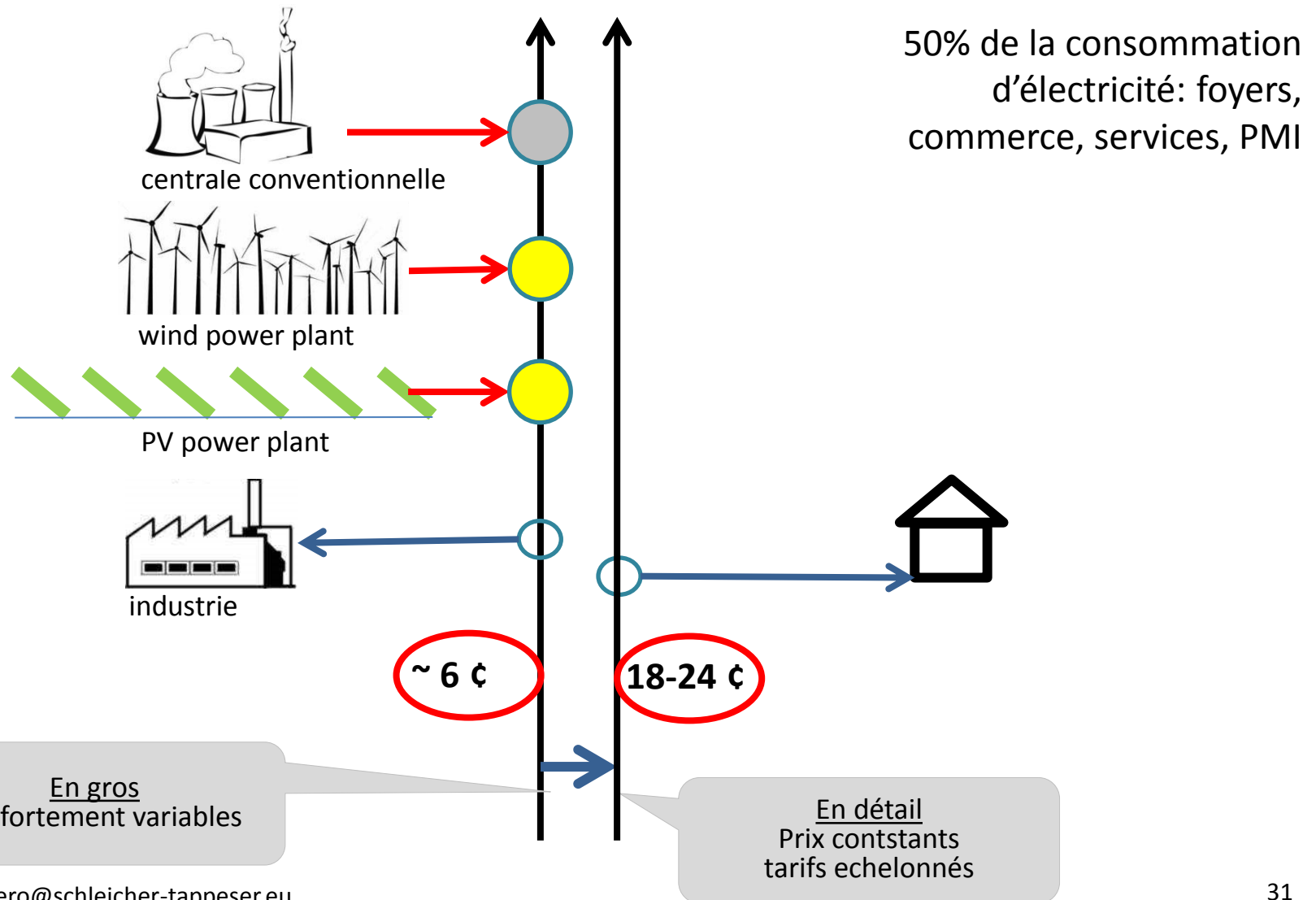
~ 6 ¢

18-24 ¢

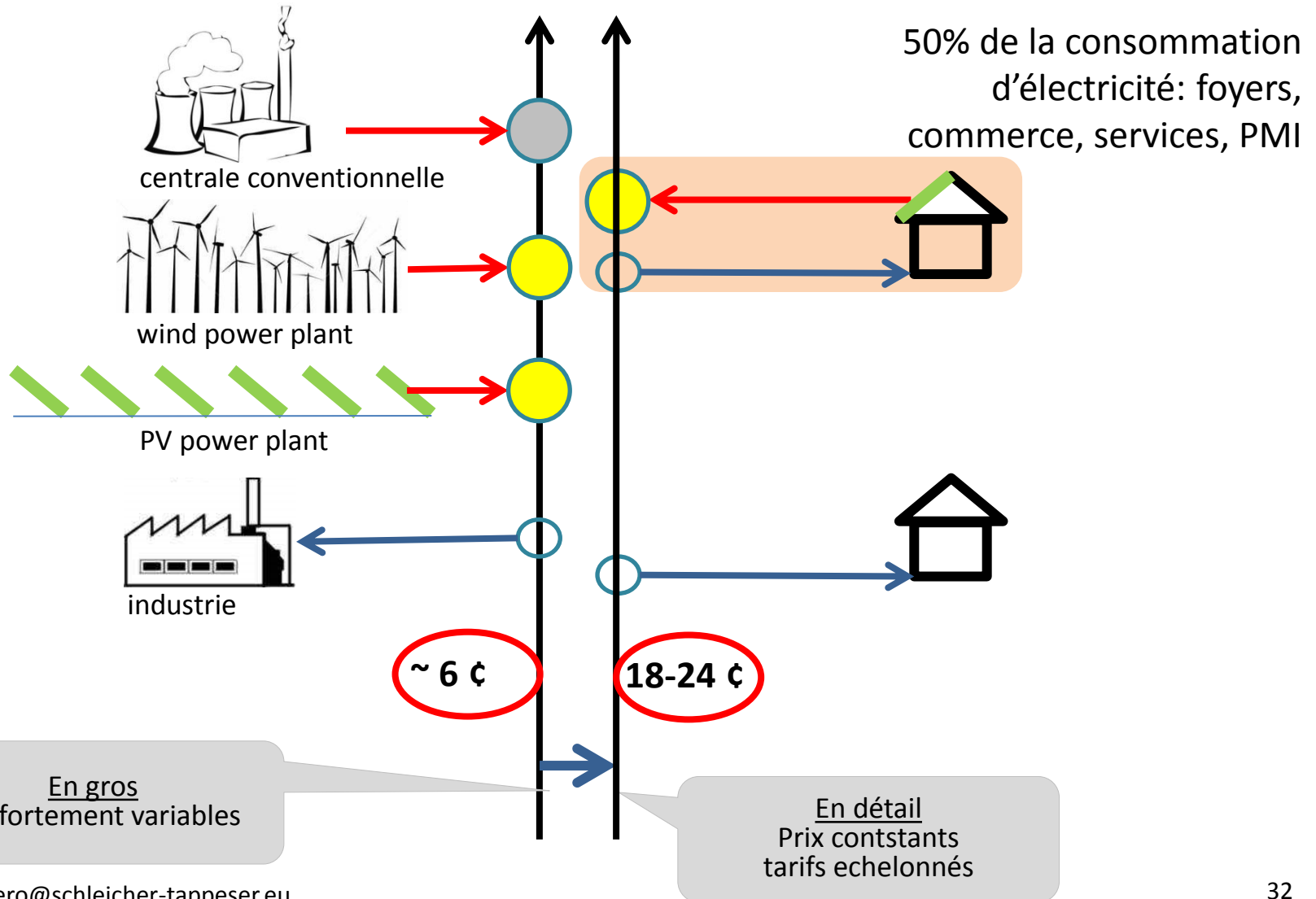
En gros
Prix fortement variables

En détail
Prix constants
tarifs echelonnés

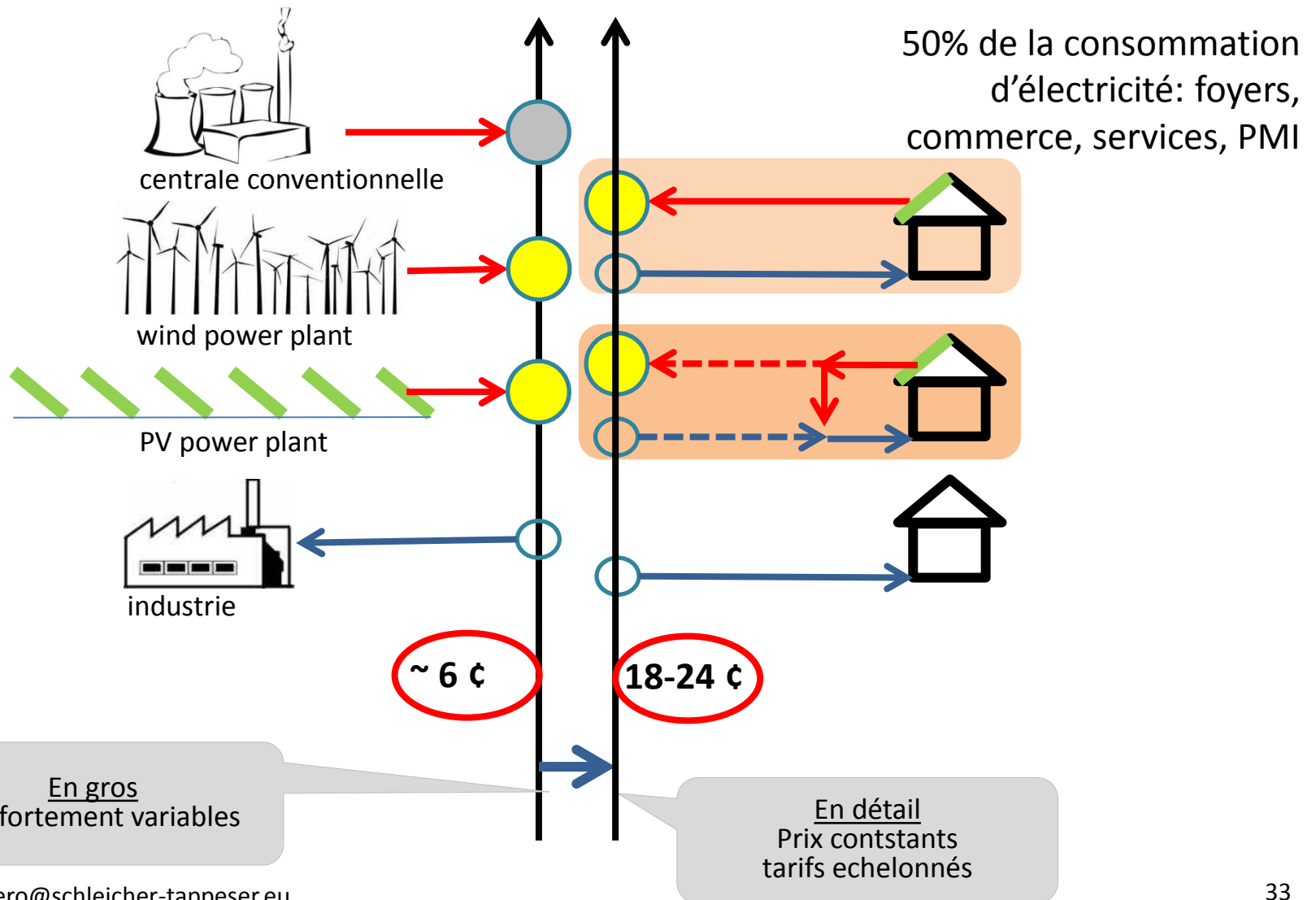
Le PV change le jeu: concurrence sur le coté de la vente en détail



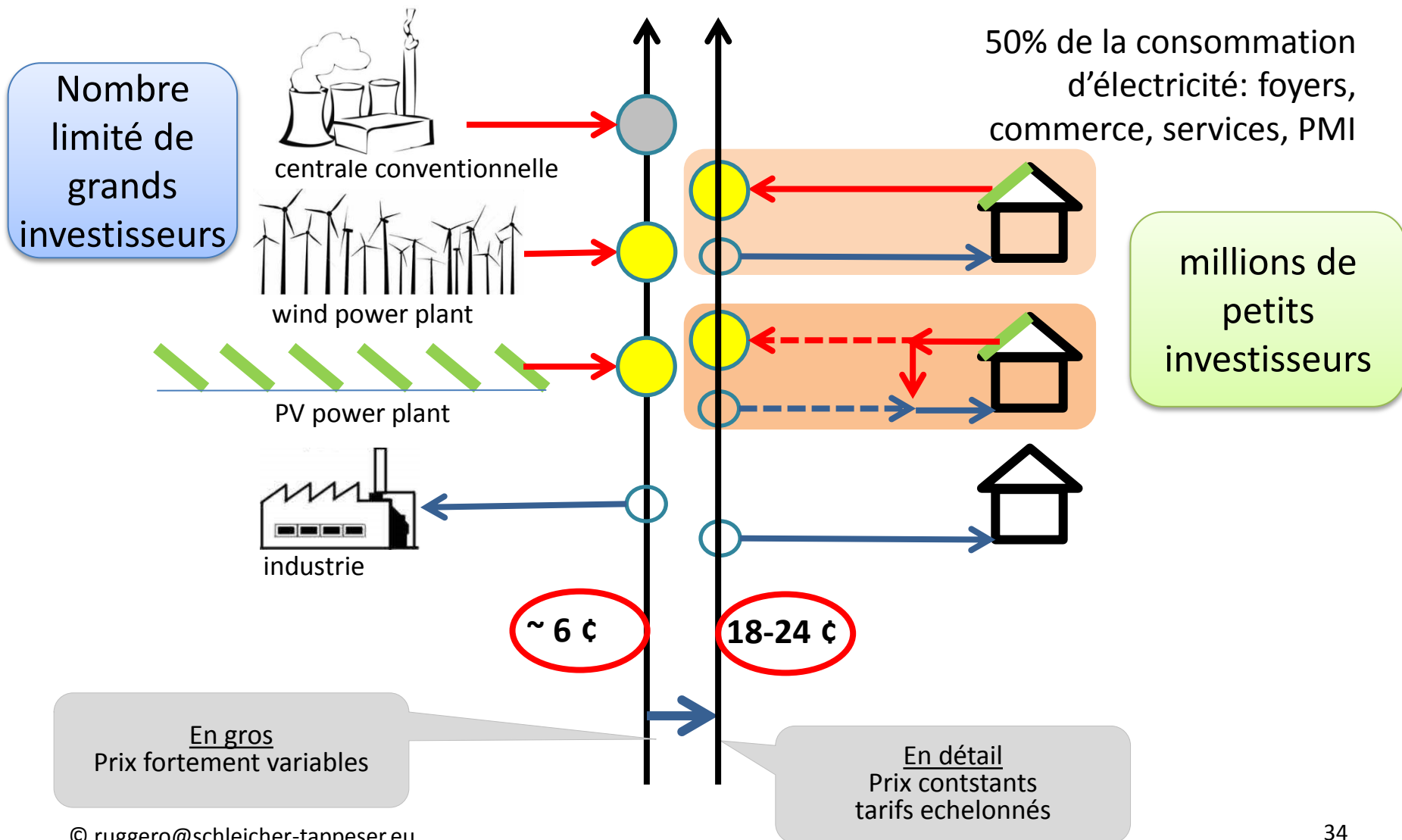
Le PV change le jeu: concurrence sur le coté de la vente en détail



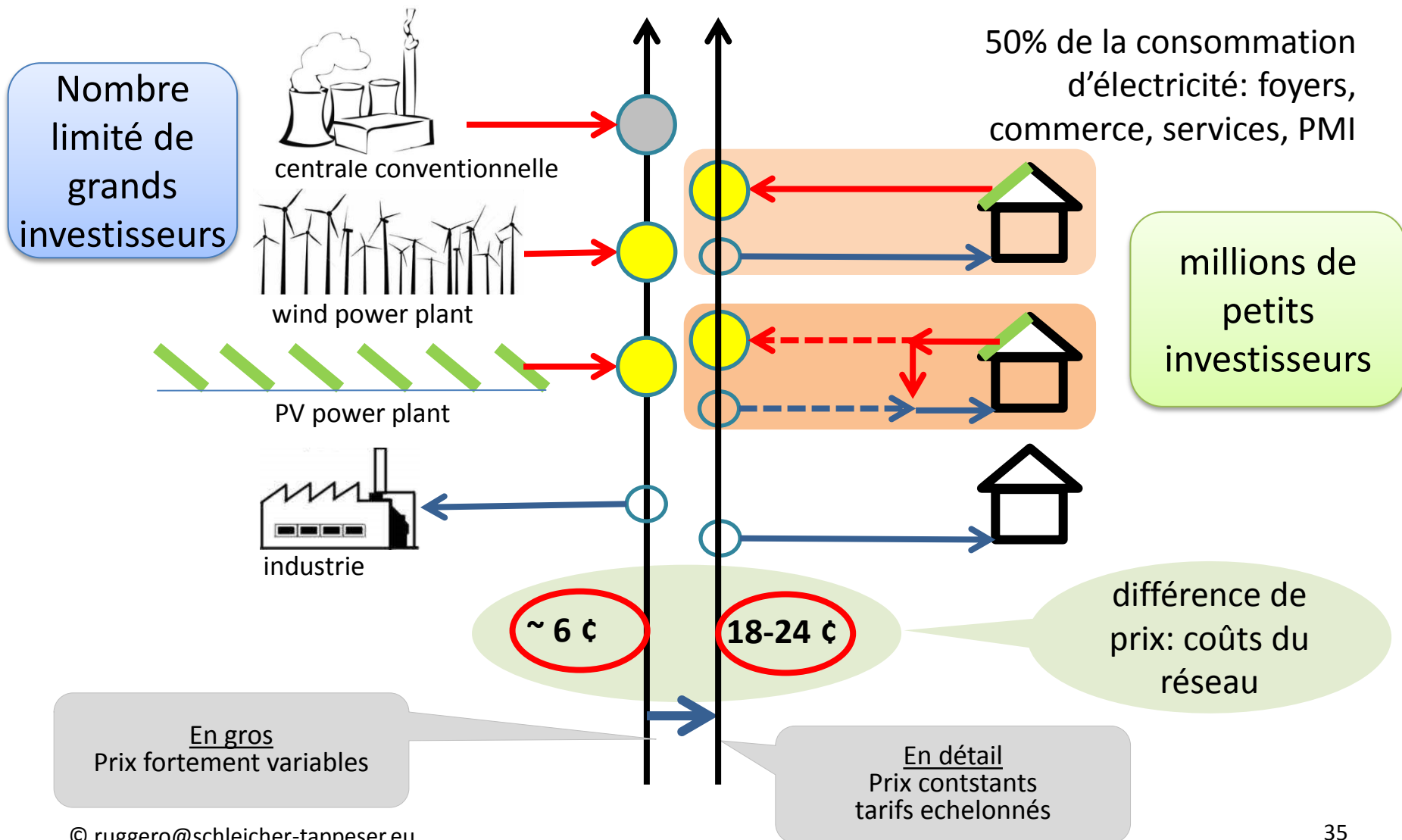
Le PV change le jeu: concurrence sur le coté de la vente en détail



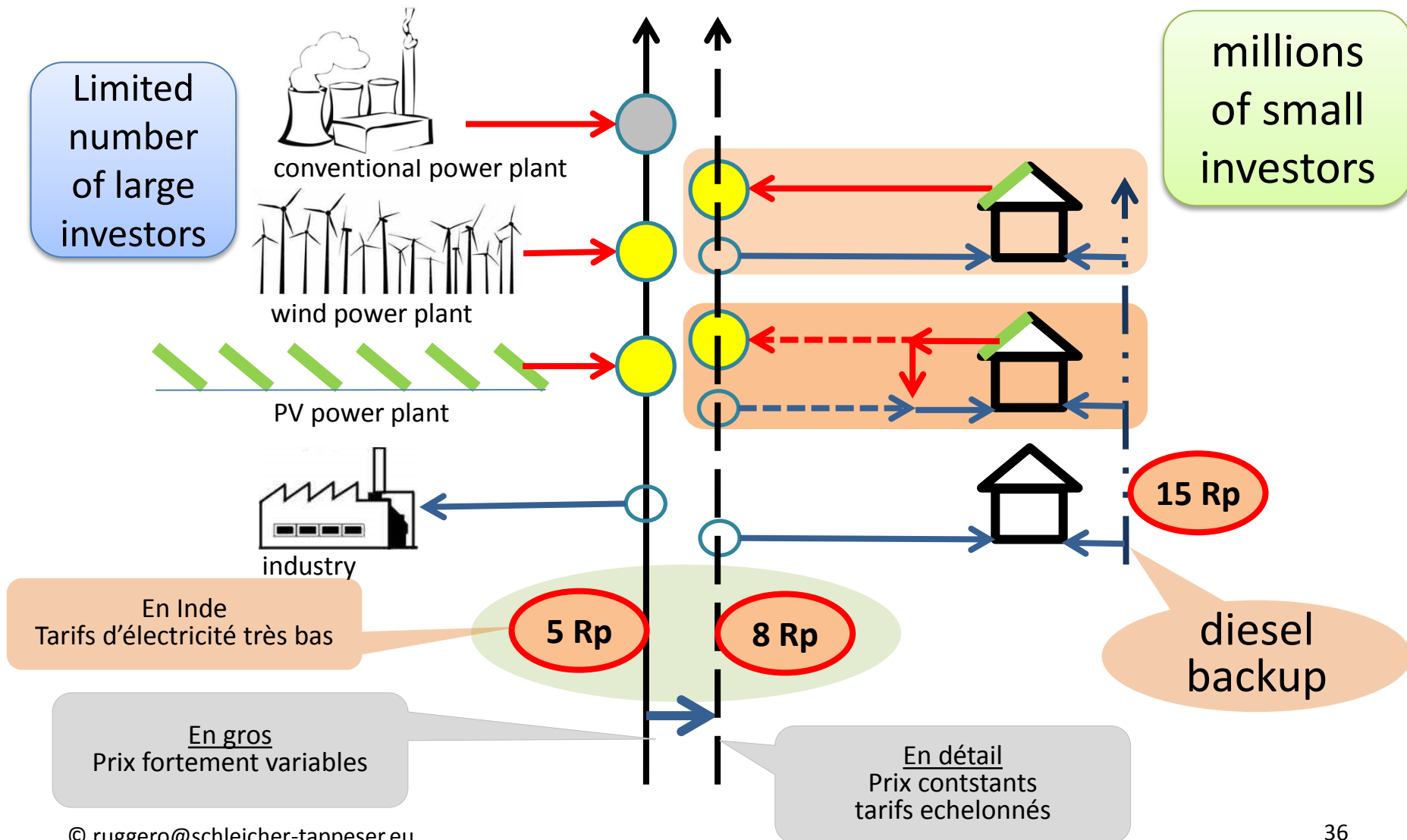
Le PV change le jeu: concurrence sur le coté de la vente en détail



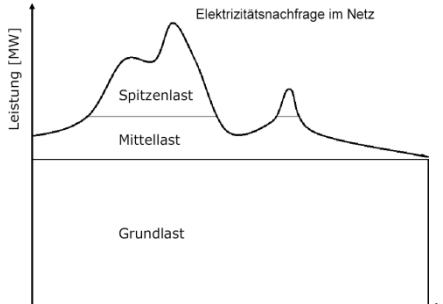
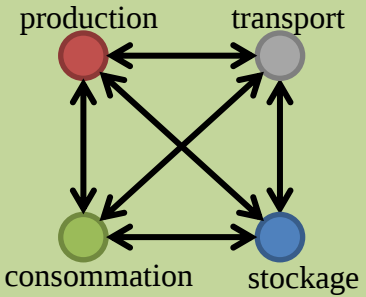
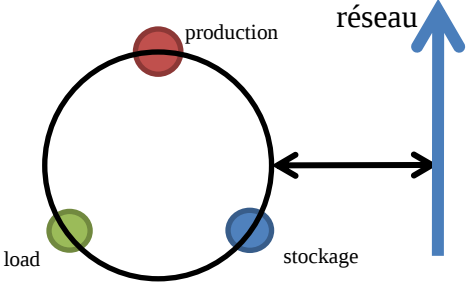
Le PV change le jeu: concurrence sur le coté de la vente en détail



Dans les réseaux faibles - PV compétitif par rapport aux générateurs diesel



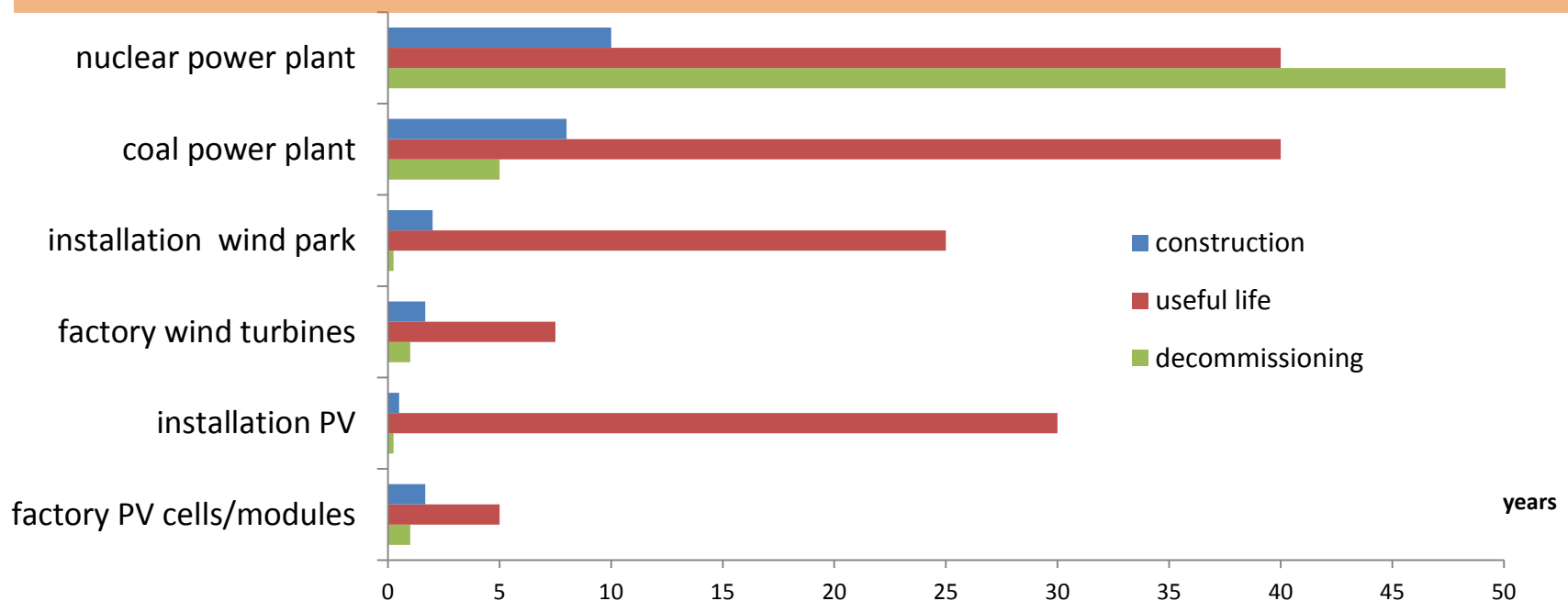
PV pour consommation propre peut faciliter le changement de la logique du système

Traditionnel Grandes centrales 	• Production suit la demande: charge de base/ de pointe • gestion de la demande très limitée • Gestion centralisée	
100% En. Renouv. Optimisation intégrée du système entier 	• production fluctuante avec vent et soleil domine • gestion demande, stockage • Complexité demande optimisation à plusieurs niveaux	
Production <i>énergie captive</i> Optimisation au niveau consommation	• Optimisation du sous-système • Compensation partielle de la fluctuation au niveau local • Facilitation de l'optimisation aux niveaux plus hauts	

Grand défi pour le secteur de l'énergie: cycles d'innovation 4 à 10 fois courts

- Développement des capacités plus rapide
- Baisse des coûts plus rapide
- Transformation du secteur de l'électricité plus rapide

Accélération dramatique par rapport aux technologies de l'énergie traditionnelles



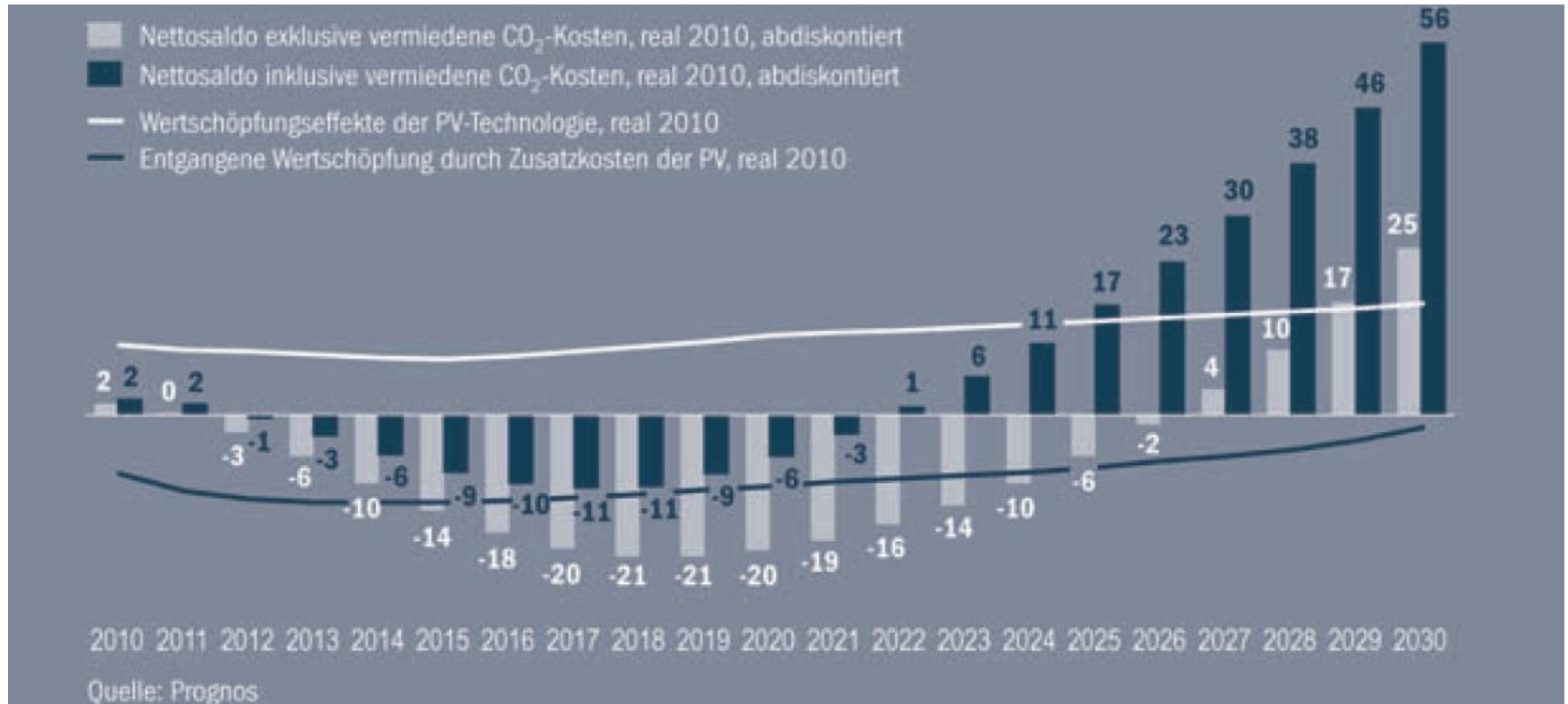
IMPACT ECONOMIQUE

PV porte des avantages économiques importants pour la société

- Evite l'importation coûteuse de carburants
- Haute valeur ajoutée au niveau régional: emplois, profits, taxes
- Plusieurs étapes qui demandent une large variété de qualifications
- Bilan total d'une politique de support très vite positif
- Haute sécurité d'approvisionnement, évite des conflits internationaux
- Pas de coûts cachés qui pèsent sur les générations futures (changement climatique, pollution, déchets ...)

Bilan économique en Allemagne: malgré phase initiale coûteuse bientôt positif

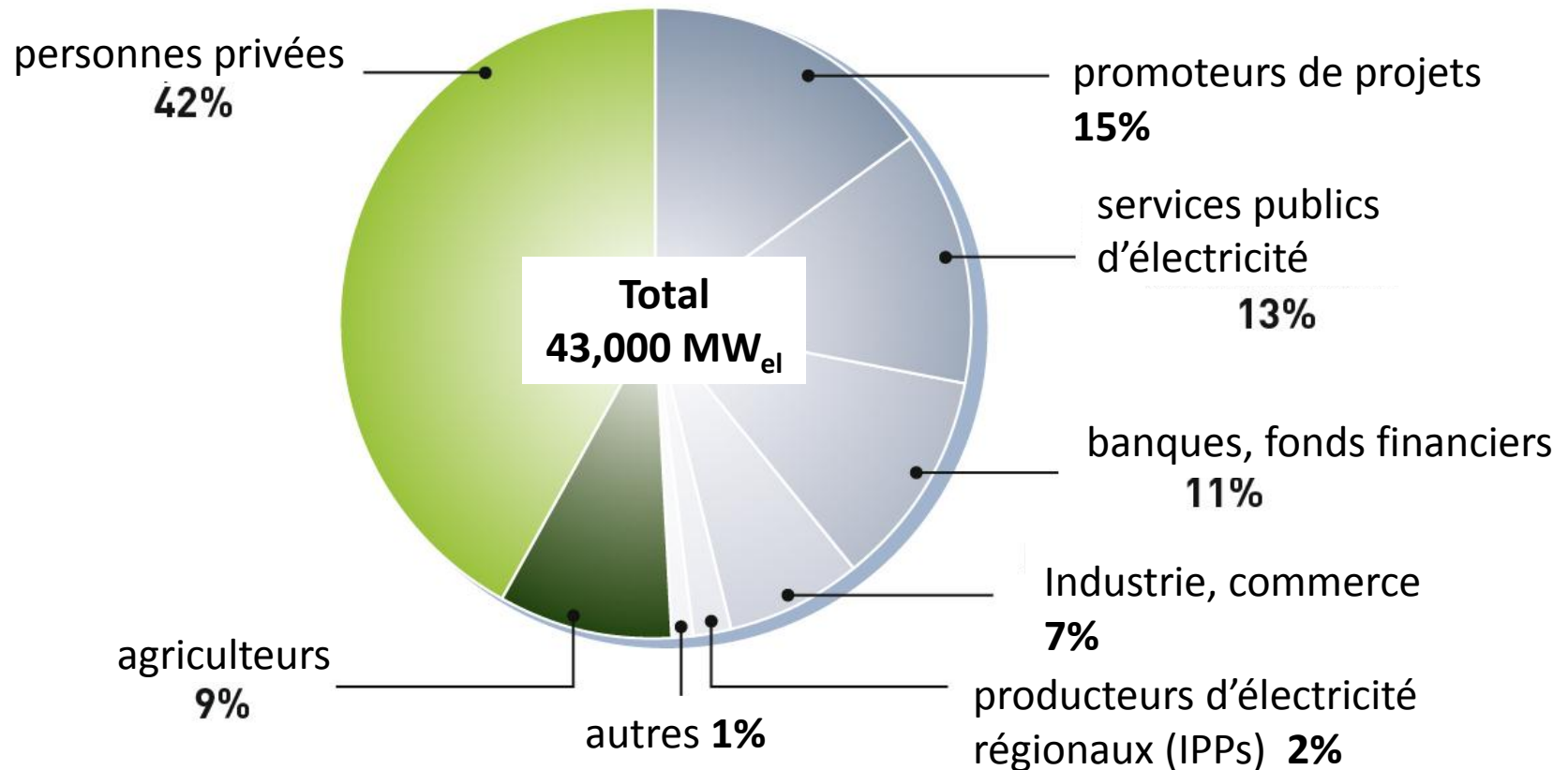
- Roland Berger / PROGROS 2010 avec hypothèses très prudentes:



- ATKearney 2010: bilan positif déjà en 2012

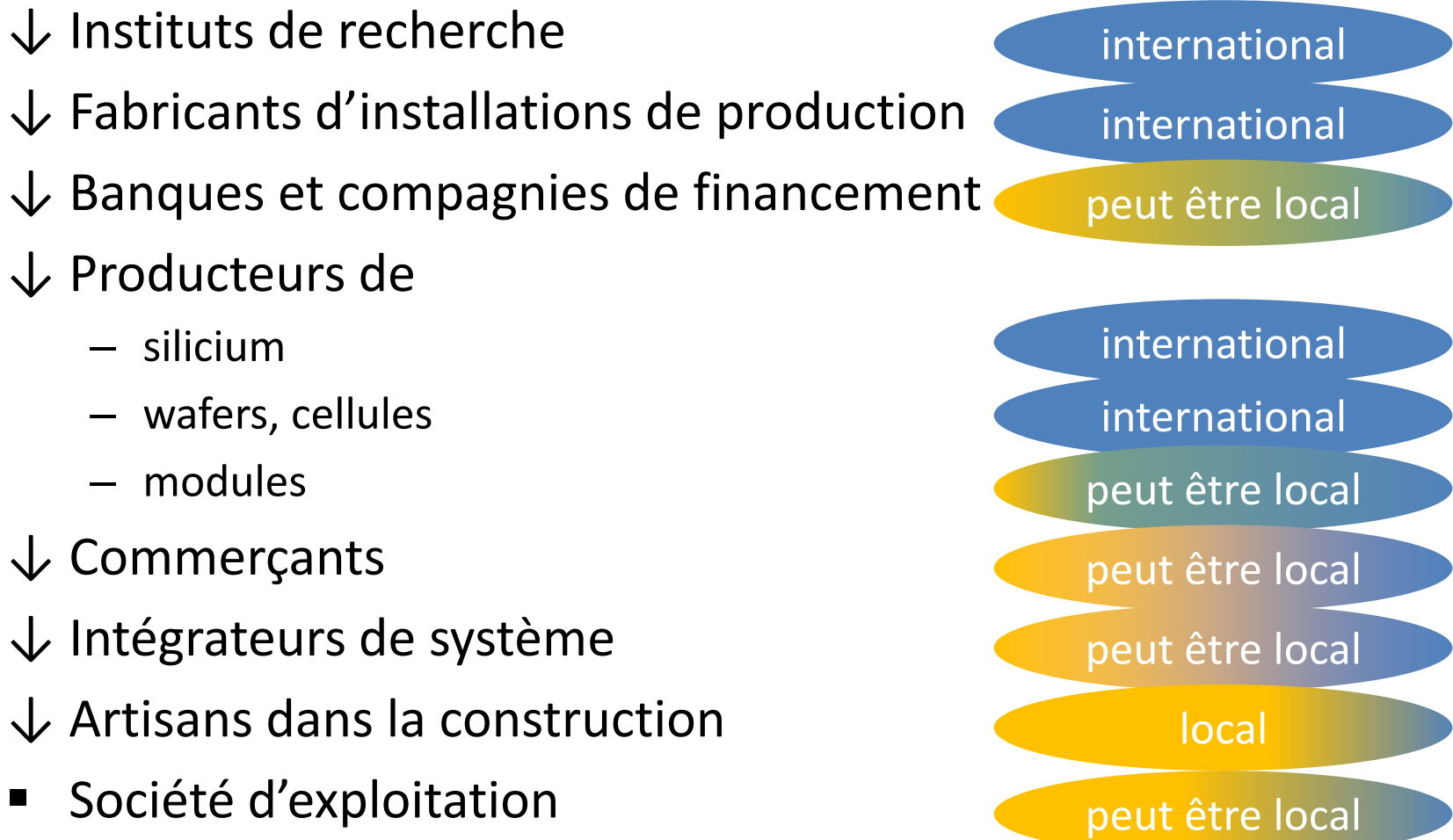
Participation des citoyens: Les propriétaires des installations pour l'électricité renouvelable

Propriété des installations pour la production d'électricité renouvelable en Allemagne 2010



Quelle: trend research 2010; Stand: 10/2010

La chaîne de valeur ajoutée : importantes contributions locales



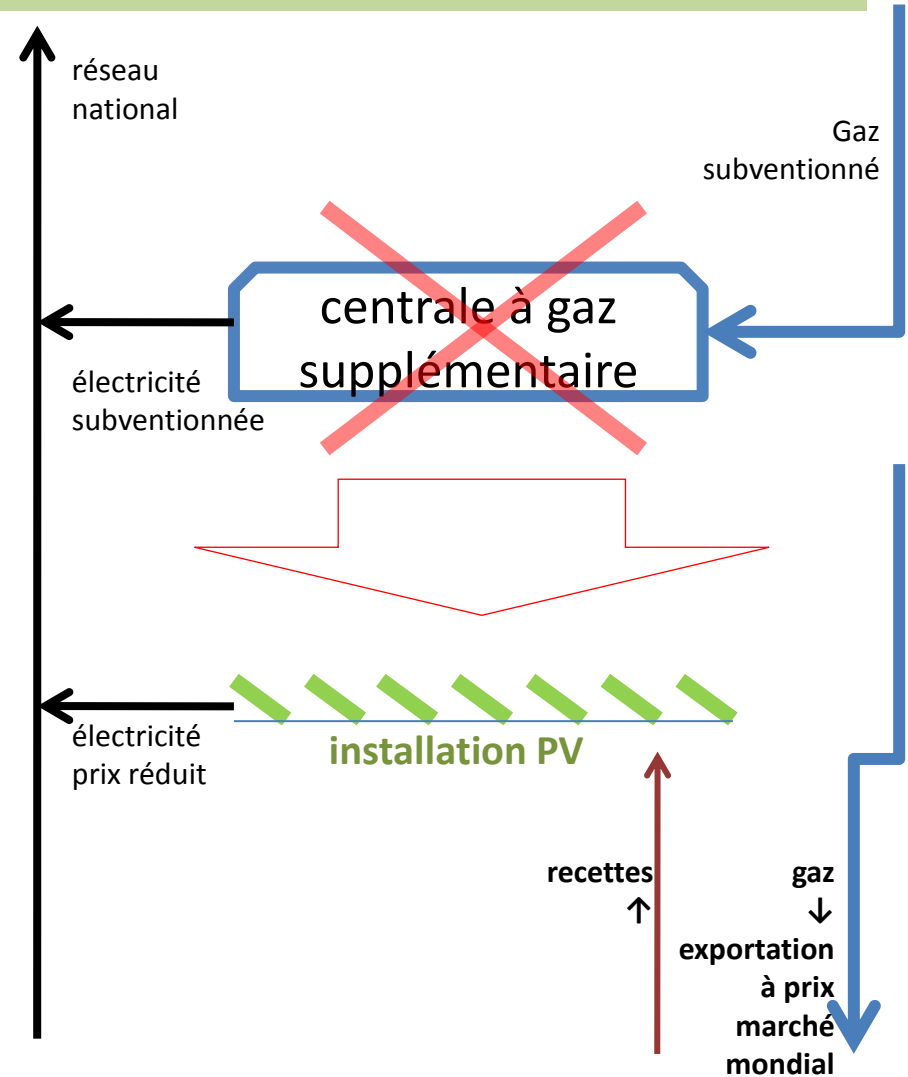
installations plus petites – plus d'occasions pour valeur ajoutée locale

Tunisie – option transformation rapide: Exporter le gaz économisé par l'électricité PV

Aussi dans des marchés électriques aux prix subventionnés, le courant PV peut être compétitif:

- Centrale PV au soleil gratuit au lieu de centrale à gaz qui brûle du gaz à prix réduit
- Exportation du gaz économisé à des prix internationaux
- Utilisation des recettes de l'exportation pour réduire le prix du courant PV
- Exportation avec pipelines existantes ou LNG

→ Développement rapide est possible



CONCLUSIONS

Les défis

- **Pour les entreprises**
 - Développer connaissances et capacités nouvelles
 - Coopération le long de la chaîne de création de valeur: trouver des partenaires innovants et forts
 - Coopérer avec les administrations pour faciliter les procédures
 - Développer des compétences pour l'intégration des systèmes
- **Pour les fournisseurs d'électricité**
 - Développer des nouveaux modèles commerciaux, coopérer avec les privés
 - Aide à l'intégration des systèmes d'énergie complexes
 - Smart grids, smart controls
 - Transformation de la logique de commande du système
- **Pour la régulation**
 - Créer des conditions d'investissement stables pour nouveaux acteurs
 - Garantir une infrastructure au service de tous les acteurs
 - Veiller à des prix aux consommateurs acceptables
 - Encourager l'innovation

Ma perception des défis pour la Tunisie

- Le cadre a changé dans 12 mois: comprendre la chance de développement avec le PV
- Définir une vision pour le rôle des renouvelables
- Résoudre le problème de l'électricité subventionnée
- Etablir un marché fonctionnant dure des années: commencer vite
- Support transitoire : aides à l'investissement sont moins efficaces que tarif d'achat

Energy

Merci de votre attention

www.schleicher-tappeser.eu