PV-H2025 :

Au croisement de révolutions énergétique & numérique

Dr M. Boumaour,
Directeur de recherche

MESRS
DGRSDT

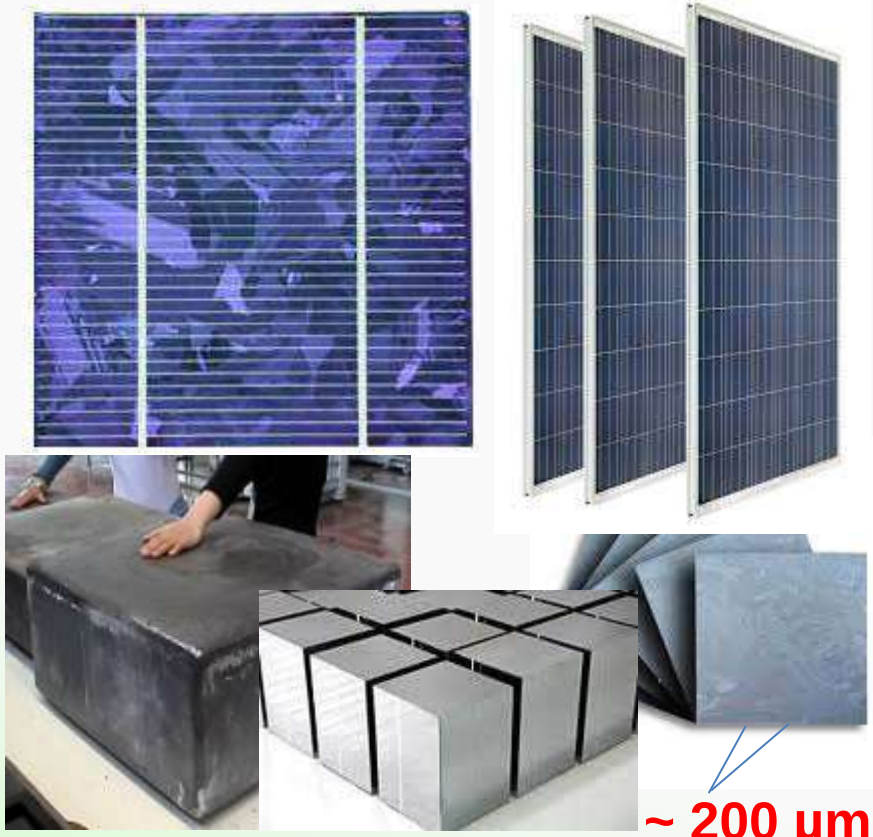
CRTSE

A- Filières PV : H2025

- Filières dominantes
- Analyse prospective
- Décroissance des coûts
- Perspectives de déploiement à grande échelle

Technologie Silicium vs Couches minces

Historique (1G)

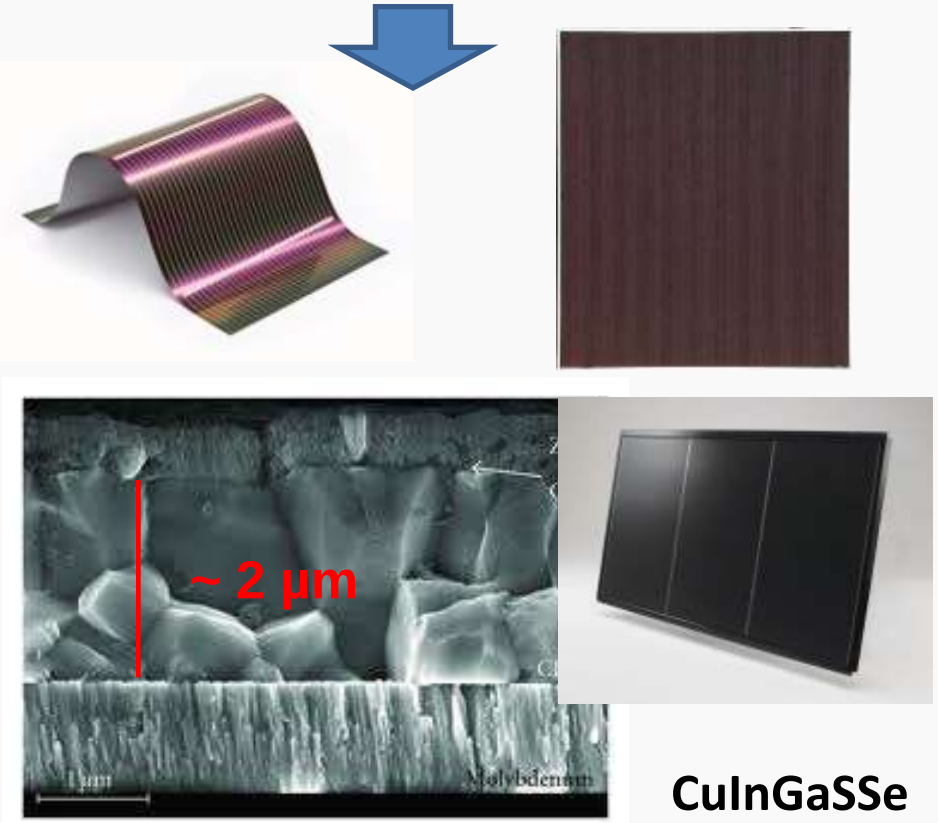


~ 200 µm

Haut rendement industriel
Coûteux

> 90%

Emergentes (2G)

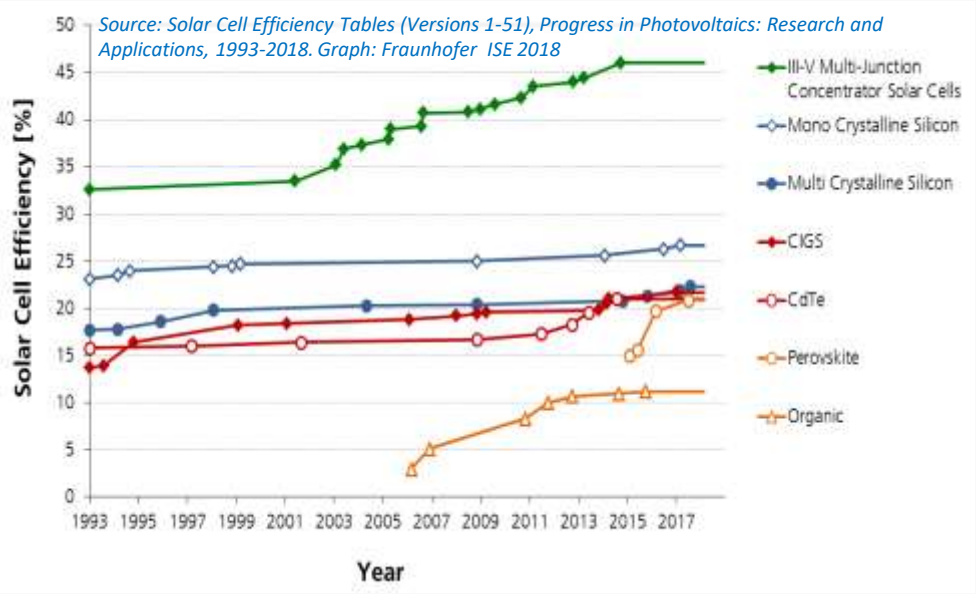


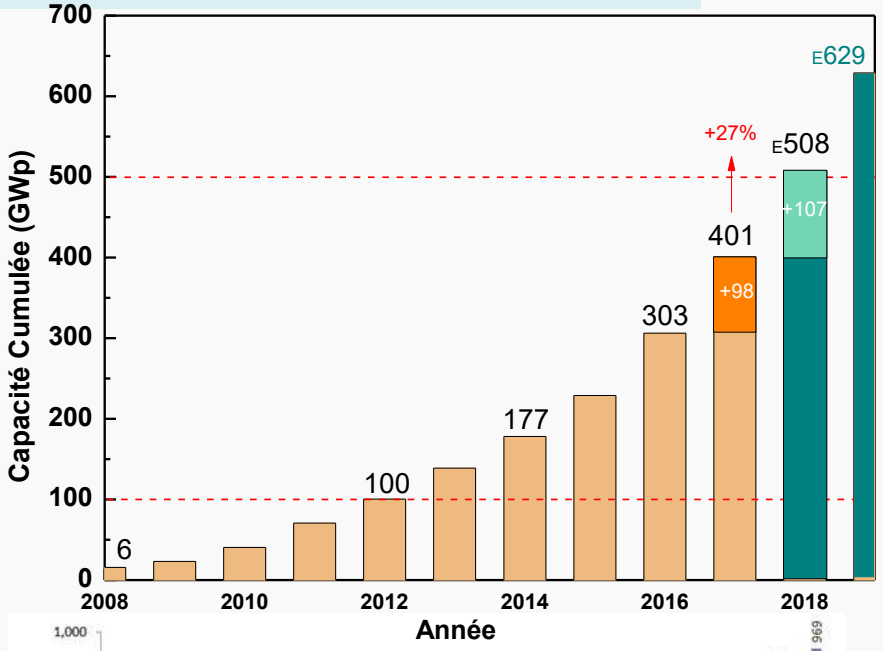
CuInGaSSe
CdTe

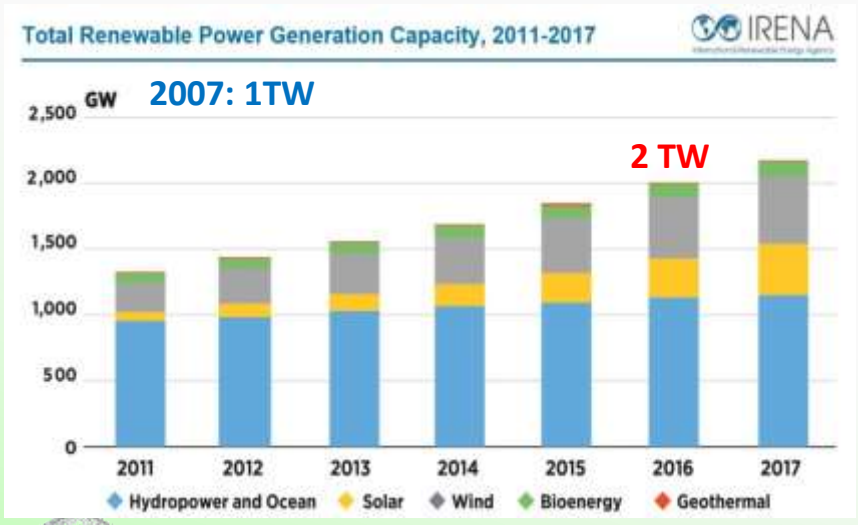
Hautes performance labo
Procédés à basse T°
Fiabilité?

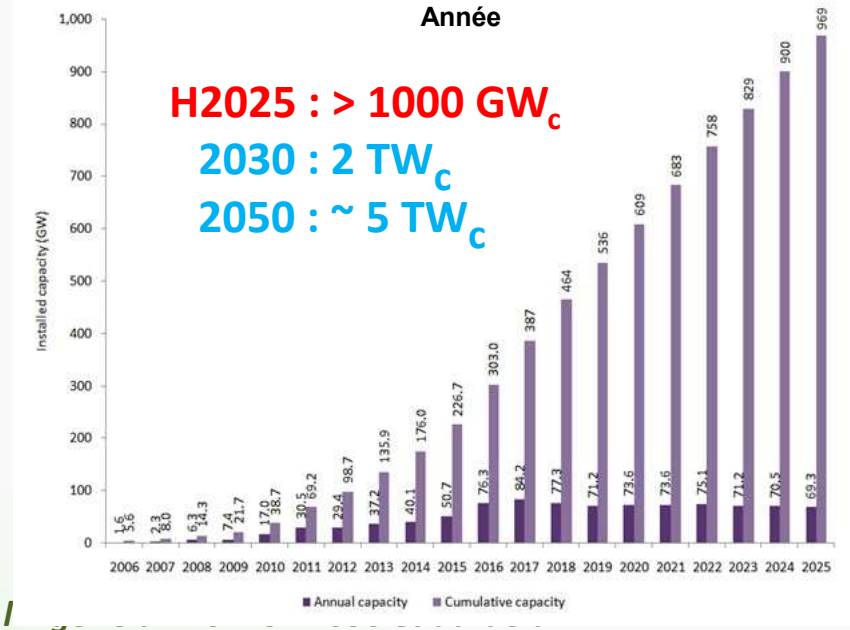
~ 8 %

Contexte PV : 2017 et perspectives 2025







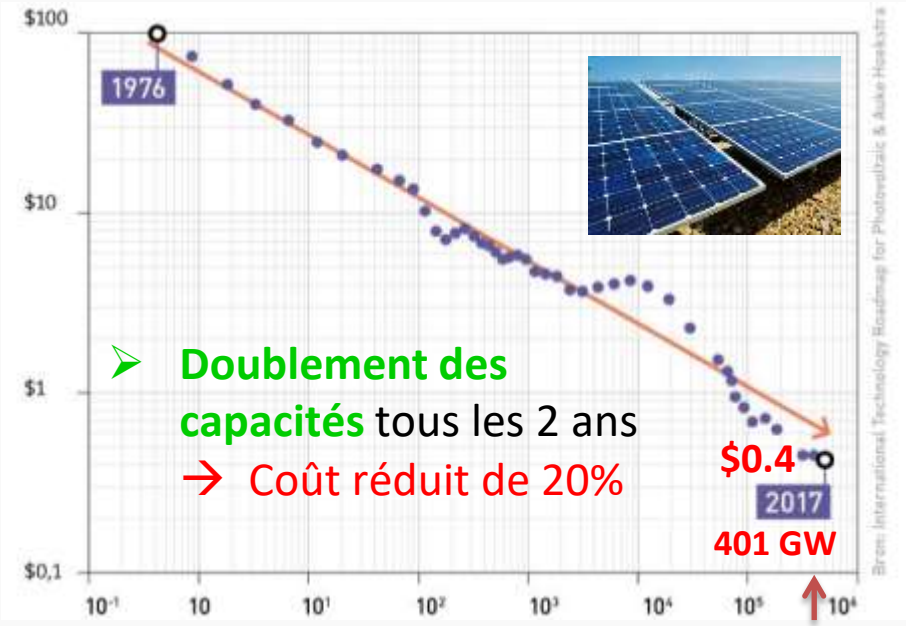


https://www.greentechmedia.com/articles/read/solar-trends-2018-gtm-research#gs.CZcRyzU

Asia dominated solar PV capacity additions with 72 GW — led by China with 53 GW, India with 9.6 GW, and Japan with 7 GW. The United States installed 8.2 GW worth of solar,

* Turkey with 2.6 GW, Germany with 1.7 GW, Australia with 1.2 GW, South Korea with 1.1 GW, and Brazil with 1 GW.

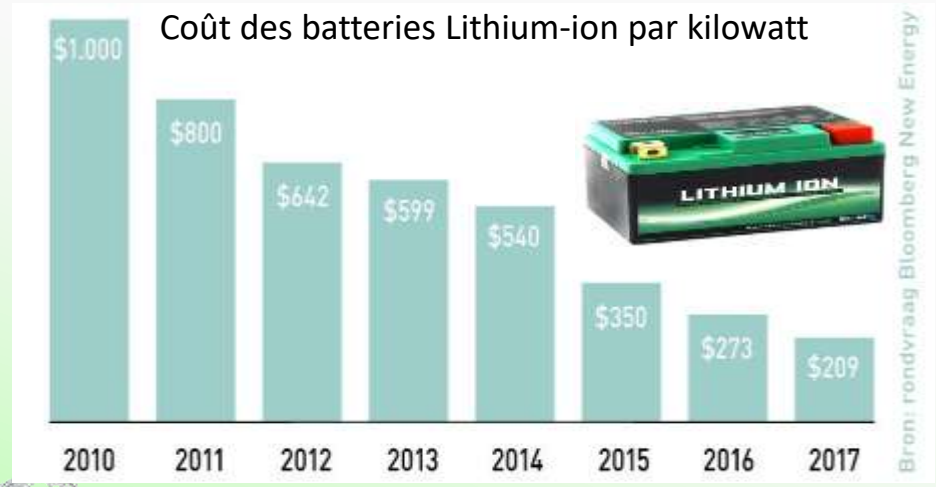
Décroissance des coûts

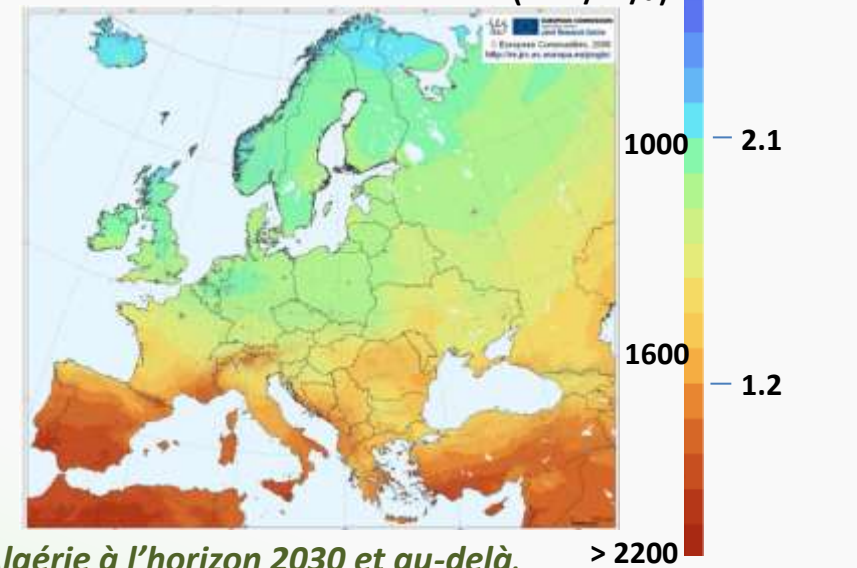


Prix de gros des panneaux photovoltaïques en silicium cristallin – Mai 2018

Type de module	Prix en €/Wc	Évolution comparée à Mai 2018	Évolution depuis Janvier 2018	Description
Haut rendement	0,43	-2,3%	-10,4%	Modules en silicium cristallin à partir de 280 Wc avec des cellules solaires PERC, HIT, type N et/ou à contacts arrières
All Black	0,46	0,0%	-2,1%	Modules entièrement de couleur noire, y compris le cadre et la protection arrière (backsheet), de 200 à 275 Wc
Gamme la plus vendue	0,34	-2,9%	-8,1%	Modules classiques à 60 cellules, cadre alu standard, backsheet blanche, de puissance entre 250 et 275 Wc
Bas coût	0,24	-4,0%	-7,7%	Modules d'entrée de gamme et/ou de 2e choix et/ou d'occasion, sans garantie ou avec une garantie limitée

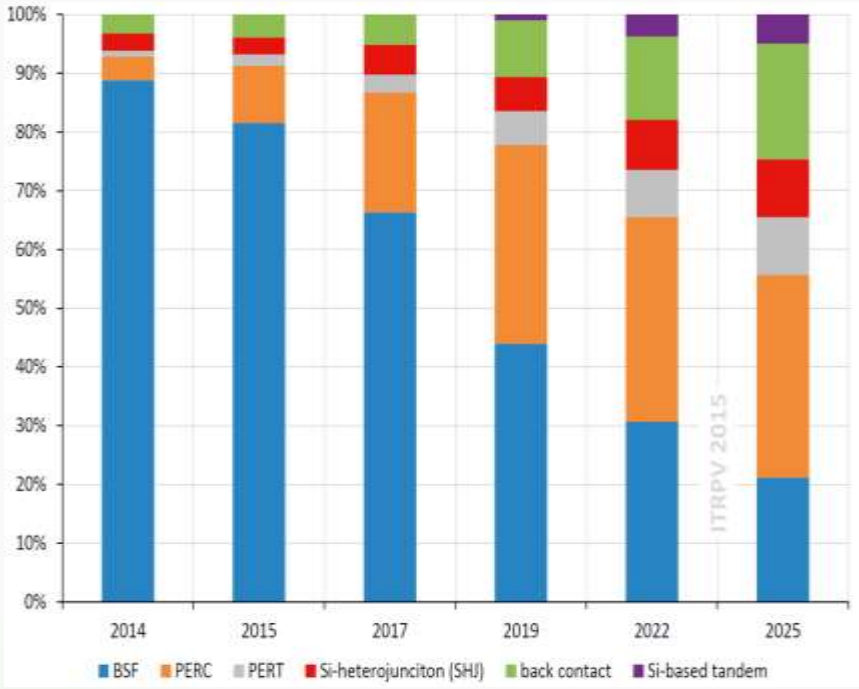
Source : www.pvxchange.com



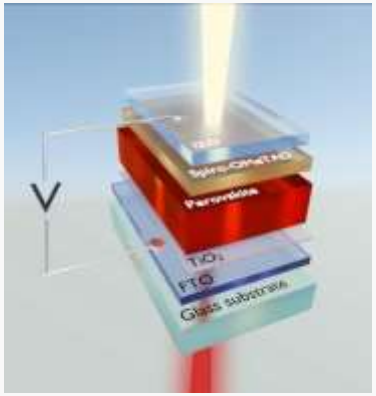


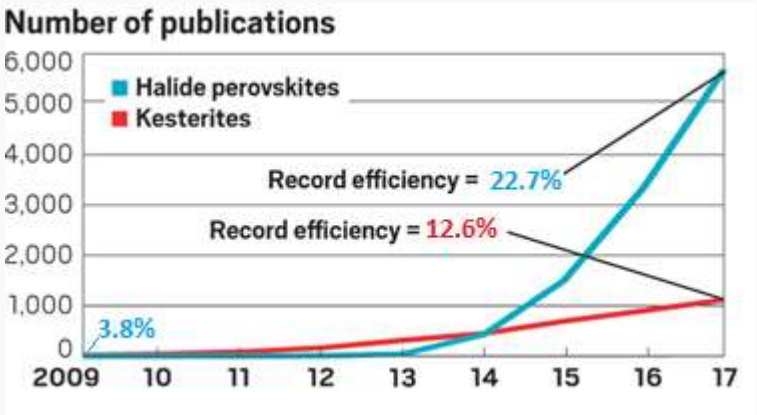
Perspectives 2025

Si : Evolutions technologiques



Technologies de rupture : Pérovskites





Impact → Choix investissements industriels

Financement des EnR

Les EnR : Technologies énergétiques très capitalistiques.

La mise en place d'instruments et d'incitations financières ont été des conditions au développement du marché solaire. Des produits existent sur le marché financier (leasing) mais doivent être adaptés.

. Ceci exige la mise en place de dispositifs cadres qui favoriseront le développement spontané du marché.

Accès au financement : Prêts et Garanties

Bancabilité du projet :

- **Capacité à rembourser et/ou à mobiliser des fonds propres**
- **Ratios financiers du projet,**
  . Coût d'investissement (KDA/Wc)
  . Remboursement de la dette (si prêt contracté)
  . Durée du prêt
  . Apport en fonds propres : ~30%
- **Niveau de risque et de garantie:**
  . L'expérience de l'installateur (Label Qualité)
  . Garanties des fabricants
  . Qualité du contrat de maintenance
  . Assurances (Installation et exploitation)
- **Spécificité technique du projet:**
  . Gisement solaire (Kwh/Kw_c)
  . Matériel utilisé (modules, onduleurs, structures)
  . Validation du tarif d'achat
  . Montage juridique

Instruments financiers

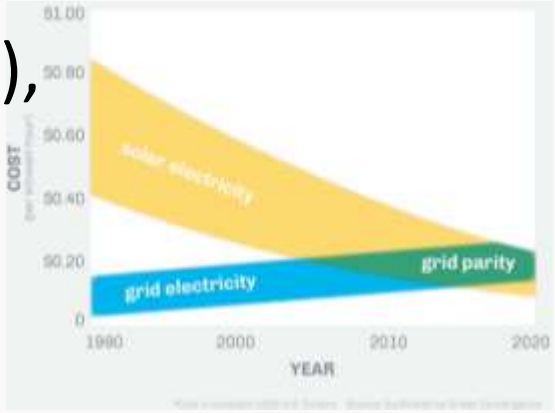
- Feed-in-tariff / net-metering
- Incitations fiscales directes et indirectes (Crédit-impôt)
- Subventions d'investissement
- Systèmes de facilitation de l'accès au crédit

- Tarif d'achat et prime à l'investissement
- Avantages fiscaux : TVA à taux réduit
- Aides locales
- Recours à l'emprunt : cas particulier du crédit à la consommation

En attendant le non recours aux primes et autres subventions, → Mécanismes de financement innovants

B- Cinétiques de déploiement du PV

- Dispositifs photovoltaïques (PV) plus puissants,
- Centrales PV modulables et décentralisées
- Forte baisse des coûts du Wc,
- Hausses du tarif d'électricité (+3%/an),
- Résorption des subventions au PV



→ Atteinte de la parité avec le réseau,

→ La nouvelle donne du PV passe par **l'autoconsommation collective** à grande échelle.

→ **Produire, stocker, consommer éco et distribuer sa propre énergie**

+ baisse significative de sa facture d'électricité (-20 à 40%).

- ✓ Mobilité
- ✓ Indépendance
- ✓ Contrôle

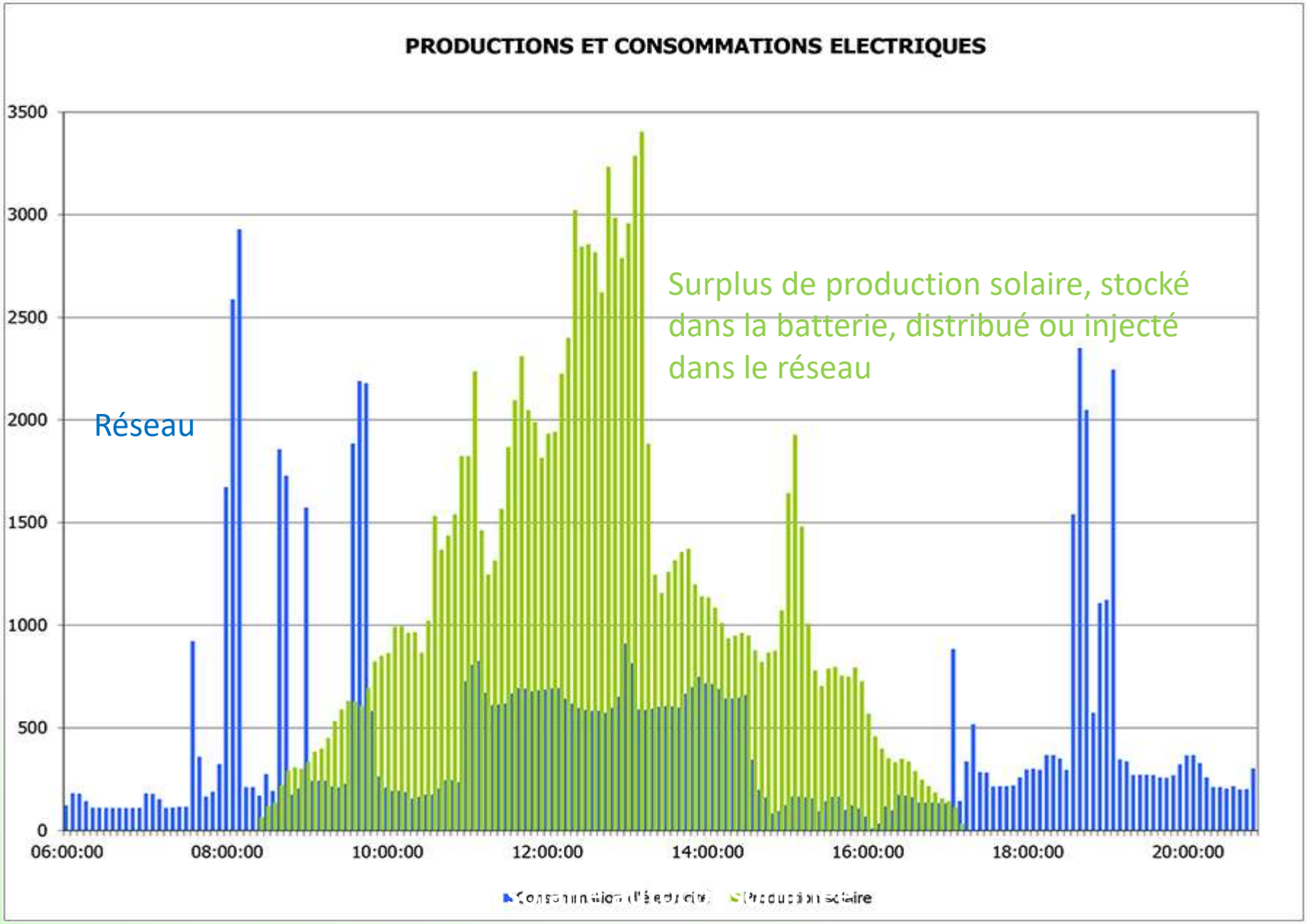
Le citoyen devient un acteur manager de sa propre production et consommation d'énergie en temps réel

Production électrique PV sur un immeuble qui peut être partagée entre les différents résidents d'**un immeuble** mais aussi **entre les immeubles** et particuliers à l'échelle **d'un quartier.**

- Distribution optimisée à travers un réseau de compteurs intelligents parallèles (chacun constituant un nœud).
- Comptage de la production et de la consommation.
- Sécurisation des transactions distribuées

Règles de priorités en temps réel : Complexité complémentaire dans la gestion

→ Créer des réseaux électriques virtuels privés sur le réseau physique

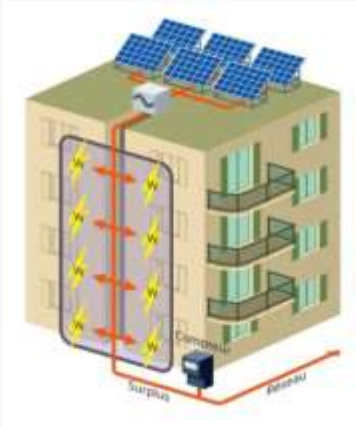

PRODUCTIONS ET CONSOMMATIONS ELECTRIQUES
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
06:00:00
08:00:00
10:00:00
12:00:00
14:00:00
16:00:00
18:00:00
20:00:00
Réseau
Surplus de production solaire, stocké dans la batterie, distribué ou injecté dans le réseau

Autoconsommation optimisée

Meilleure solution : **faire tourner les appareils électriques et électroménagers pendant le pic de production**, c.à.d. en journée grâce à des **solutions connectées (kits d'autoconsommation en domotique)**, qui permettent de **piloter à distance les appareils électriques** (ex. lave-linge, lave-vaisselle), en:

- visualisant la consommation globale et par appareil de votre logement
- pilotant les appareils par Smartphone, tablette ou PC
- gérant la mise en veille des appareils électriques (TV)

Autoconsommation directe



> Installation propriétaire

> Location d'une toiture

Consommation sur site par les occupants d'un immeuble

Quartier

Kit complet comprenant panneaux photovoltaïques, onduleur, gestionnaire d'énergie intelligent (Domotique) et accessoires nécessaires à l'installation

. Sites du secteur industriel et tertiaire pour lesquels il peut exister une adéquation « *naturelle* » des courbes de production et de consommation photovoltaïque

. Sites du résidentiel intégré dans des « *îlots urbains* ».

→ Multitude de situations d'autoconsommation à laquelle est associée une multitude de modèles de gestion possibles : Outils d'I.A.

Passage par l'intégration d'outils numériques comme, l'IoT, le big data, l'I.A., la blockchain, les smart-grids…,

- Transition énergétique + numérique

→ ∫∫Micro-productions énergétiques (autonomie, flexibilité, sécurité)

→ Emergence de nouveaux services à travers des start-up digitales

Technologie blockchain :
Base de données partagée en réseaux

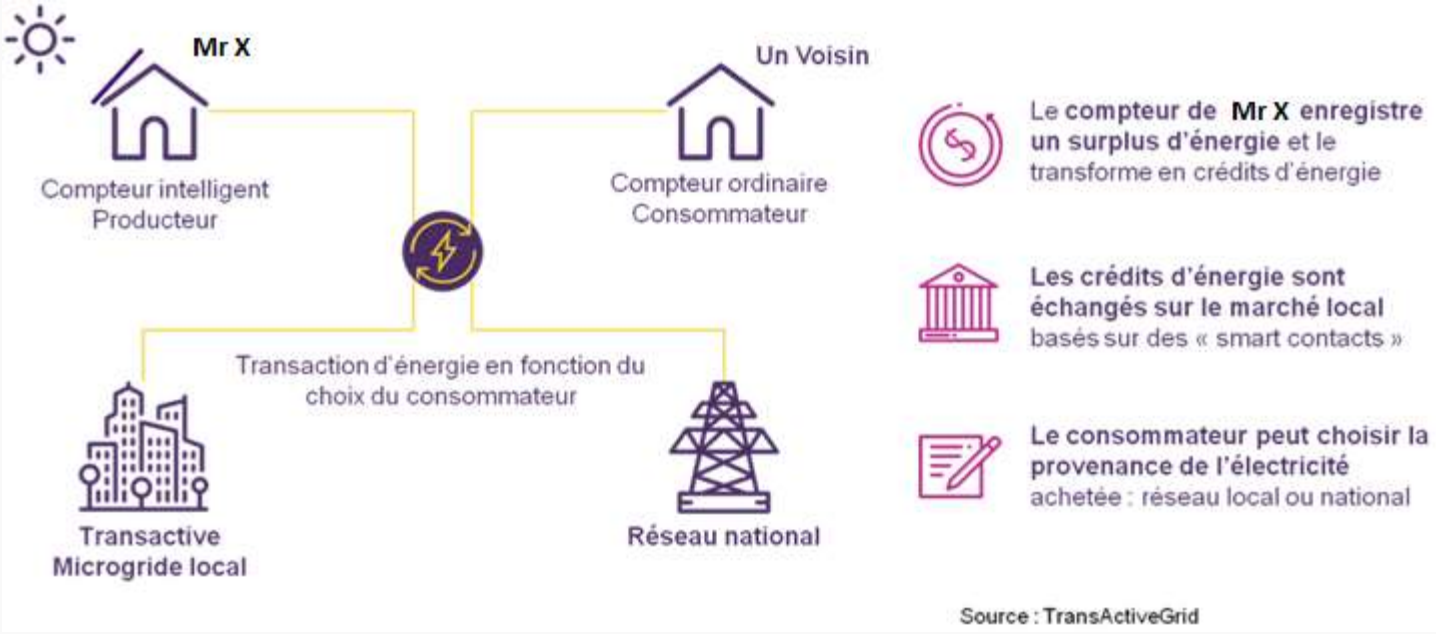
- Comptabiliser l'énergie solaire et l'énergie du réseau pour chaque logement et certifier les mesures via des pas de temps très courts.
- Contrôler les flux en temps réel et les adapter en fonction de la demande
- Constituer une multitude de petits réseaux virtuels sur le réseau physique public.

Technologie blockchain

Effectuer des transactions (vente/achat, contrat) sans contrôle centralisé (par des banques ou tout autre intermédiaire), tout en diminuant les coûts et en accélérant la vitesse des transactions.

La Blockchain appliquée à l'énergie est lié à l'échange d'électricité en « pair à pair», en évitant les intermédiaires.

→ Vendre directement de l'énergie à d'autres consommateurs, de manière fiable et sûre, en s'affranchissant des distributeurs.



- Analyse de la consommation du bâtiment
- Recommandation de la puissance de la centrale
- Business-plan financier
- Conseil au montage juridique
- Choix et chiffrage du matériel
- Schémas électriques et démarches administratives

Chez les allemands près de 70% des nouvelles installations sont en **autoconsommation**

! REGLEMENTATION

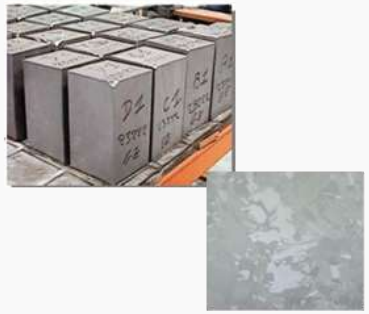
C- Quid de l'Algérie?

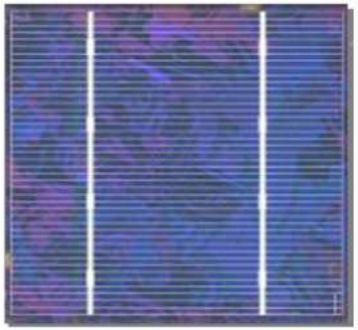
+ Ambitieux programme national des EnR adossé à une batterie de textes législatifs favorisant la transition énergétique. Mais :

- Tardivement lancé
- Continue à peiner pour faire décoller sur le terrain des actions d'envergure mobilisatrices
- Des capacités installées (~ 300 MW) dérisoires et ne sont en rapport :
  - ni avec le potentiel solaire exceptionnel du pays,
  - ni avec les attentes de développement local des populations.
  - ni avec l'existence d'un vivier de compétences (**Universités, CRD, industriels, entrepreneurs**, …),

Technologies PV en développement au CRTSE

- Mc-Si Conventionnel **PCE: ~14%)**





- Cellules de 2° génération à base de CZTS
- Technologie du stockage à base de silicium poreux (Brevet International)

- Très faible effectif en chercheurs
- Environnement technologique obsolète
- Formation inadaptée en technologie (LMD)
- Absence d'espace industriel en aval (Echecs redondants dans leur lancement) et absence de passerelles

→ Une R&DT affaiblie, cloisonnée et non impliquée dans le programme national des 22GW

ALGERIE: H2030

Contexte international dynamique et pressant ➔ anticiper les mutations qui se profilent à terme :

- ✓ Des mesures résolues doivent impérativement être repensées en urgence en matière de politiques d'investissements ainsi que de stratégie pour la maîtrise du déploiement à H2030 des EnR à application spécifique aux gisements existants (le solaire PV et thermique)

- ✓ NE PAS se confiner dans l'import-import en EnR (non soutenable !) à contre-courant de son développement socio-économique astreint à s'atteler à la diversification de son bouquet énergétique.

➔ **S'APPUYER SUR SES RESSOURCES PROPRES**

Ecosystème (en 10 points) à mettre en place

- Planification pluriannuelle (Tableau de bord)
- Mobilisation des parties-prenantes (Fédération)
- **Accélérer le développement des technologies d'EnR**
- Idem pour les technologie du stockage* (l'autre versant du PV)
- Capitaliser la R&D-Innovation (passerelles CRD-Univ./PME)
- **Déploiement à l'industriel (Scaling)**
- Cadrer les formations aux métiers du PV (Sous-traitance)
- Instaurer des Labels 'Qualité' (homologation)
- **Activer les leviers de Financement (ressources, instruments innovants, communication, gestion, …)**
- **Evaluation permanente.**

Merci pour votre attention

mboumaour@gmail.com