

# Efficacité et solaire photovoltaïque

Sophie Avril, Christine Mansilla et Françoise Thais

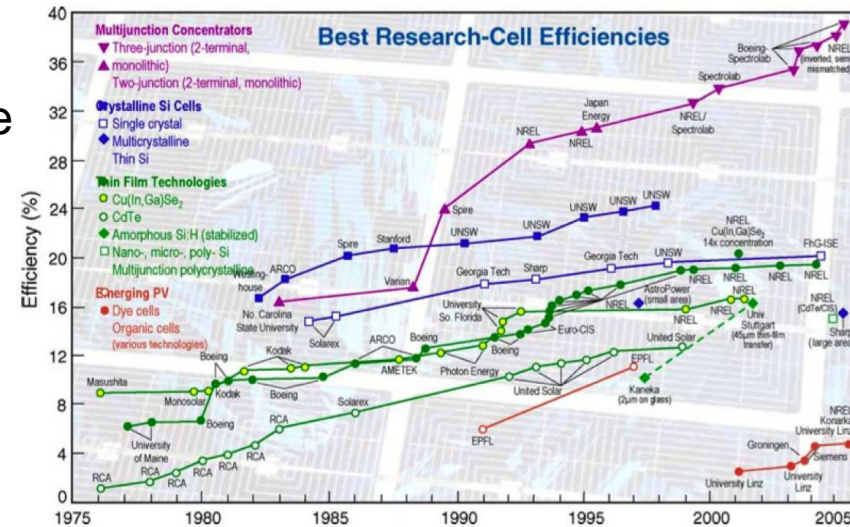


Effacité technique :  
le rendement a-t-il un sens pour une énergie renouvelable ?



- Le rendement : un enjeu dans les laboratoires de recherche

*L. L. Kazmerski / Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena 150 52006 105-135*



- Des filières aux caractéristiques technico-économiques différentes

**silicium cristallin**

**vs.**

**couches minces**



Rendement



Dégradation

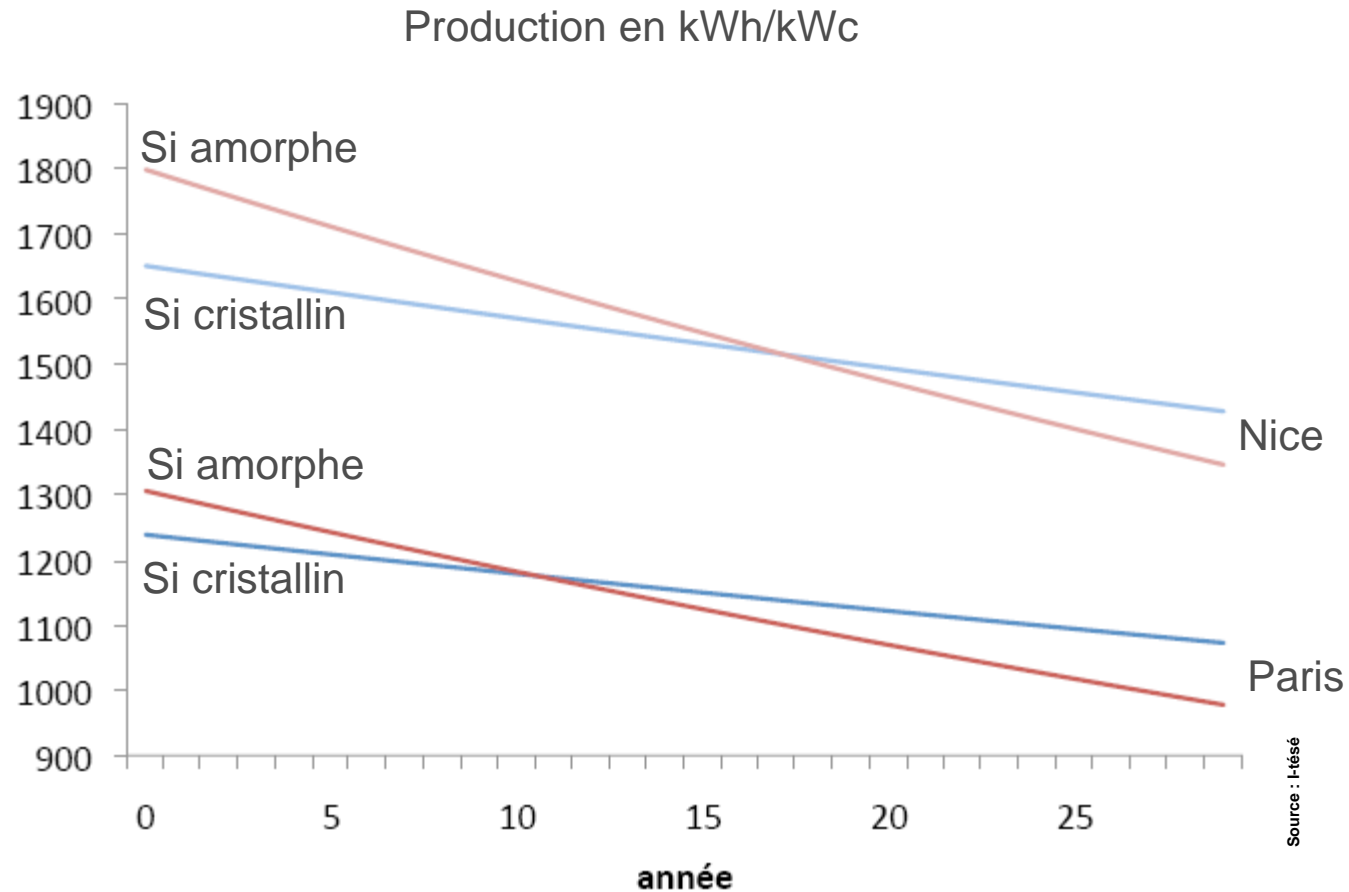


Prix

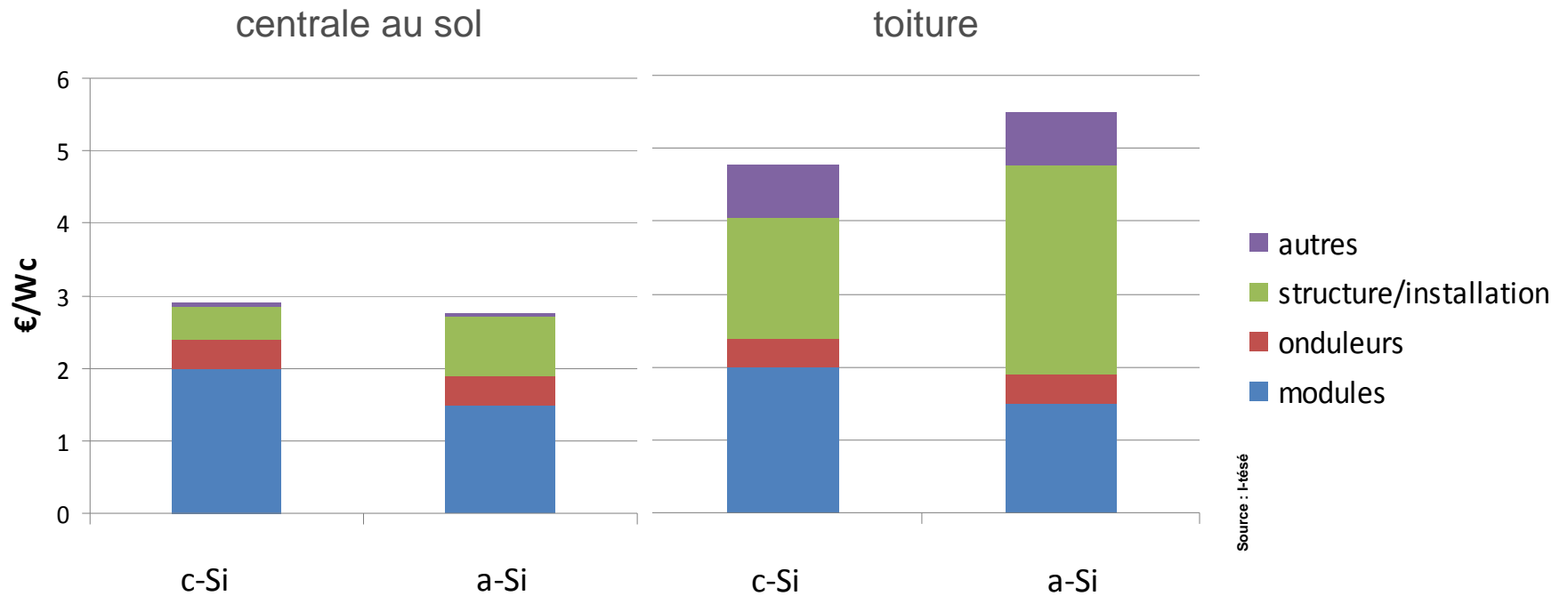


## Performances des cellules

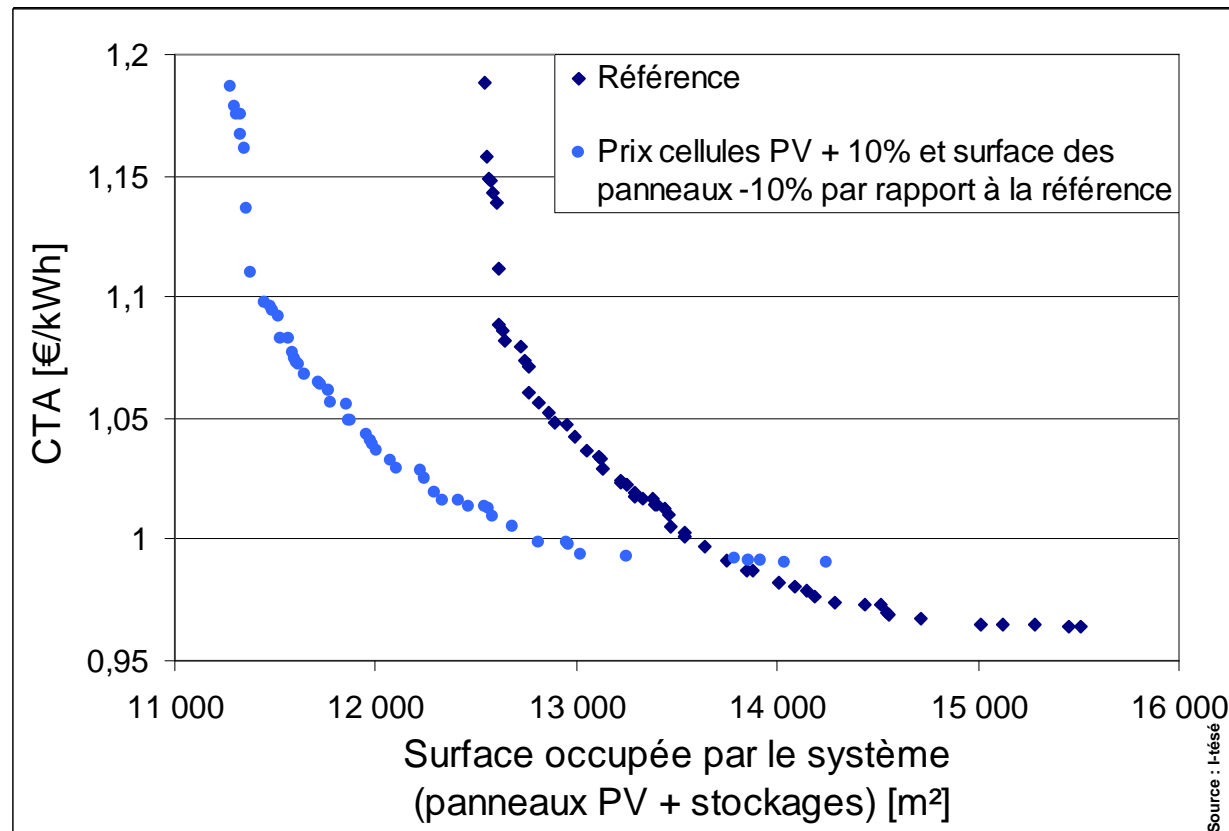
- Le rendement ne traduit pas la performance globale :
  - meilleur rendement pour le c-Si mais moindre production par kWc
  - impact majeur de la dégradation



- Un prix du module plus faible peut rapidement être compensé par des coûts de structure élevés
  - adapter la technologie à l'application



- Cas d'un site isolé insulaire avec production électrique photovoltaïque et stockage d'énergie par batteries au plomb  
→ les contraintes de surface requièrent des rendements élevés



## Effacité environnementale et durabilité : quel impact du solaire photovoltaïque ?



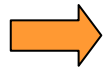
## *Quelques exemples*

- **Emissions de gaz à effet de serre**



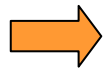
Analyse de Cycle de Vie des panneaux Si: étape fabrication

- **Utilisation des ressources naturelles**



Métaux rares utilisés dans les couches minces

- **Toxicité** des matières utilisées

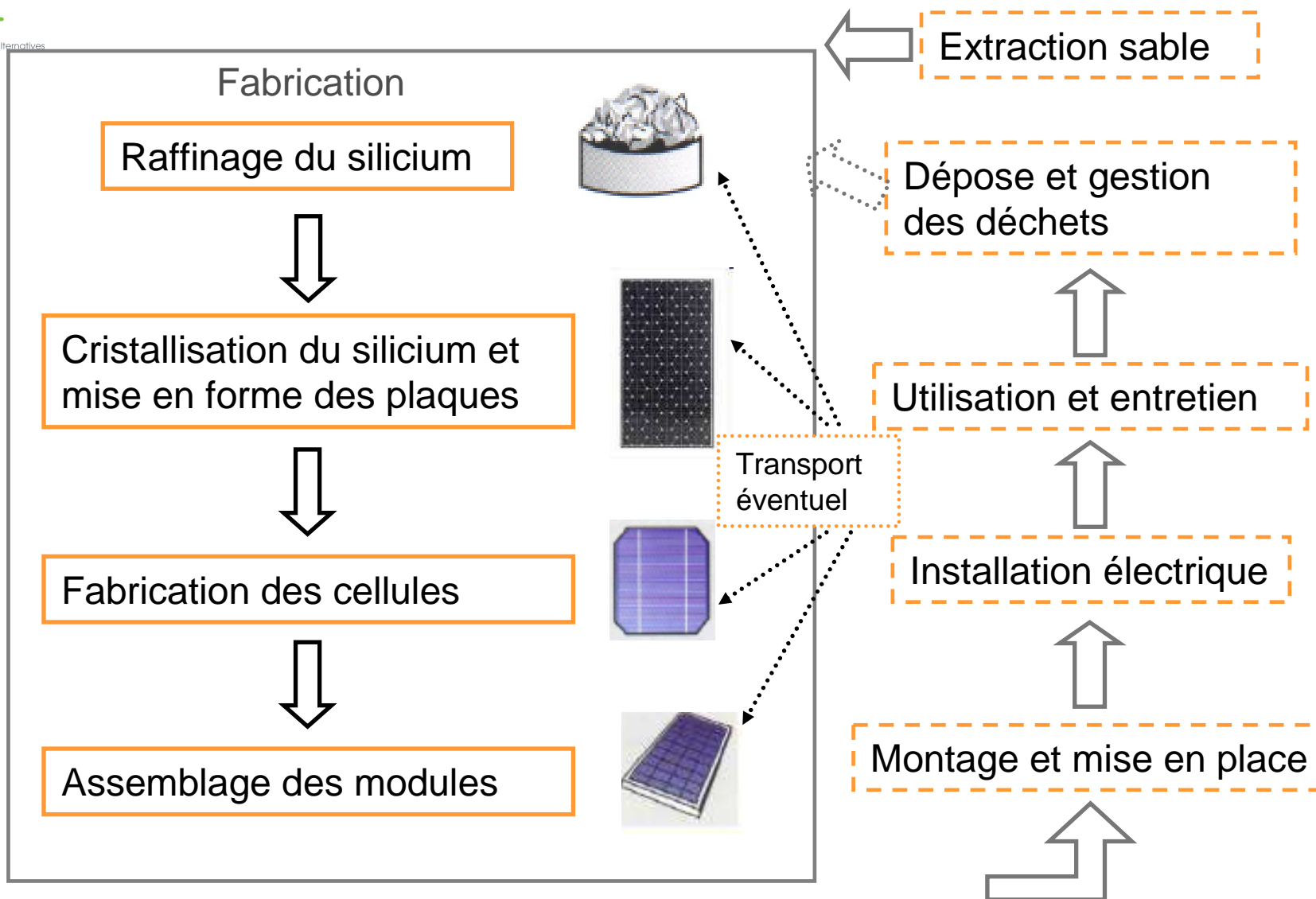


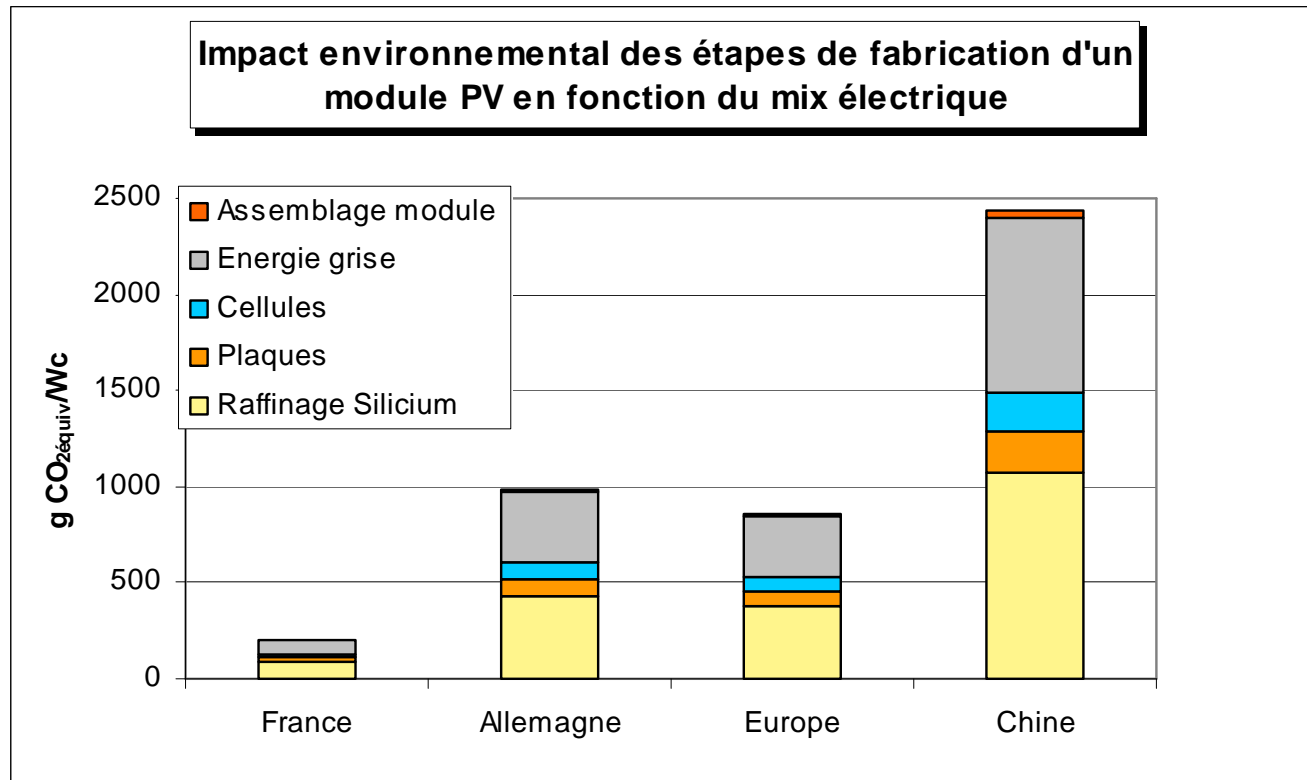
Cas du Cadmium

## *parmi d'autres...*

- Occupation des sols
- Acidification ( $\text{SO}_2$ )
- Smog ( $\text{C}_2\text{H}_4$ )
- Eutrophisation ( $\text{PO}_4^{3-}$ )
- Eau
- Déchets







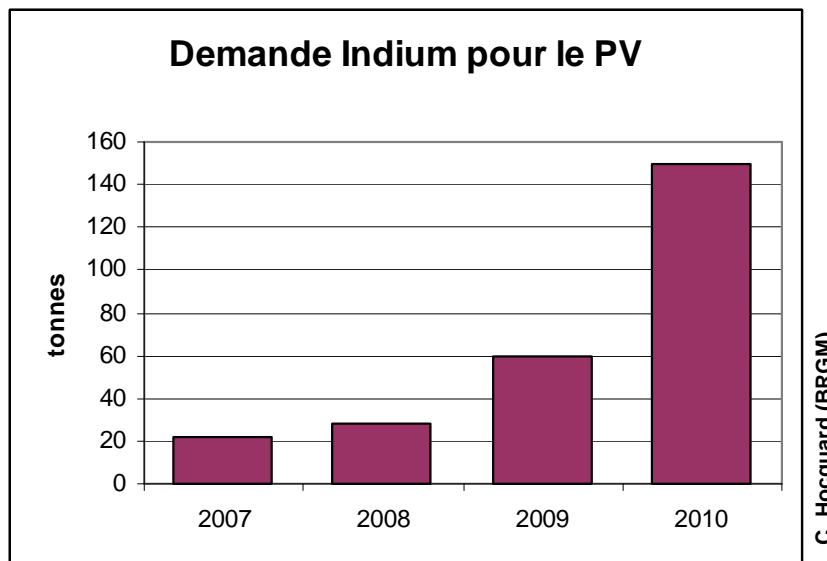
Energie grise:

- verre,
- aluminium,
- autre.

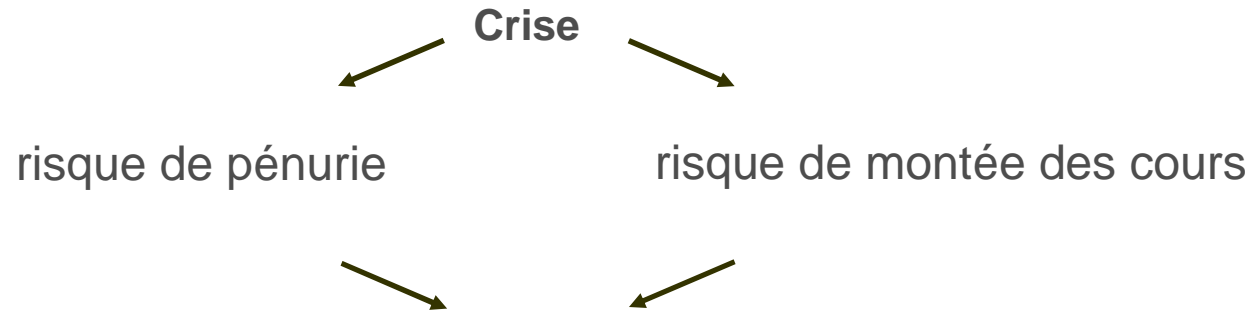
Impact négligeable du transport des éléments par bateau


## Indium pour le PV : une offre suffisante ?

- Une offre contrainte
  - métal rare : production limitée
  - difficultés pour trouver des gisements
  - opacité des filières d'approvisionnement
  - quotas à l'export fixés par le plus gros producteur (Chine)
  
- Une forte croissance de la demande



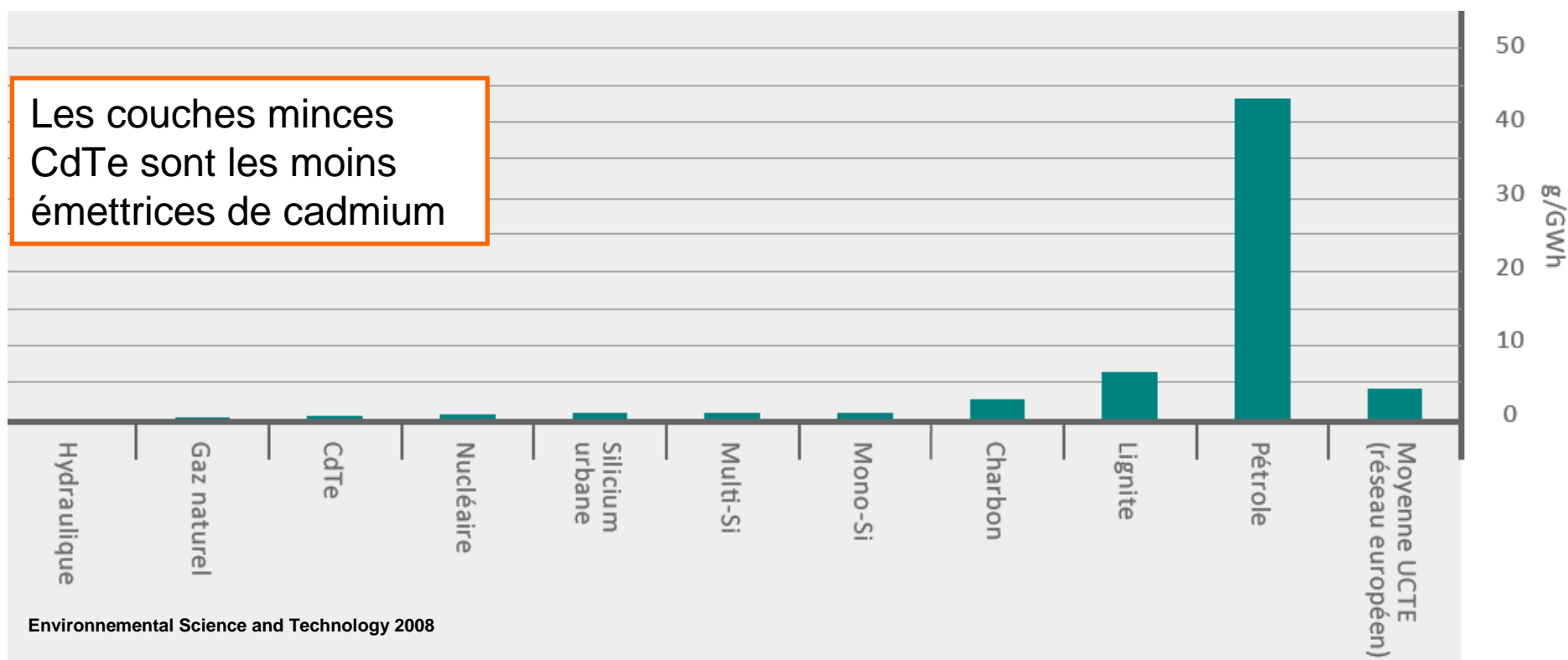
**1GW avec des cellules CIGS PV :  
15t Cu, 22t In, 4t Ga et 55t Se**



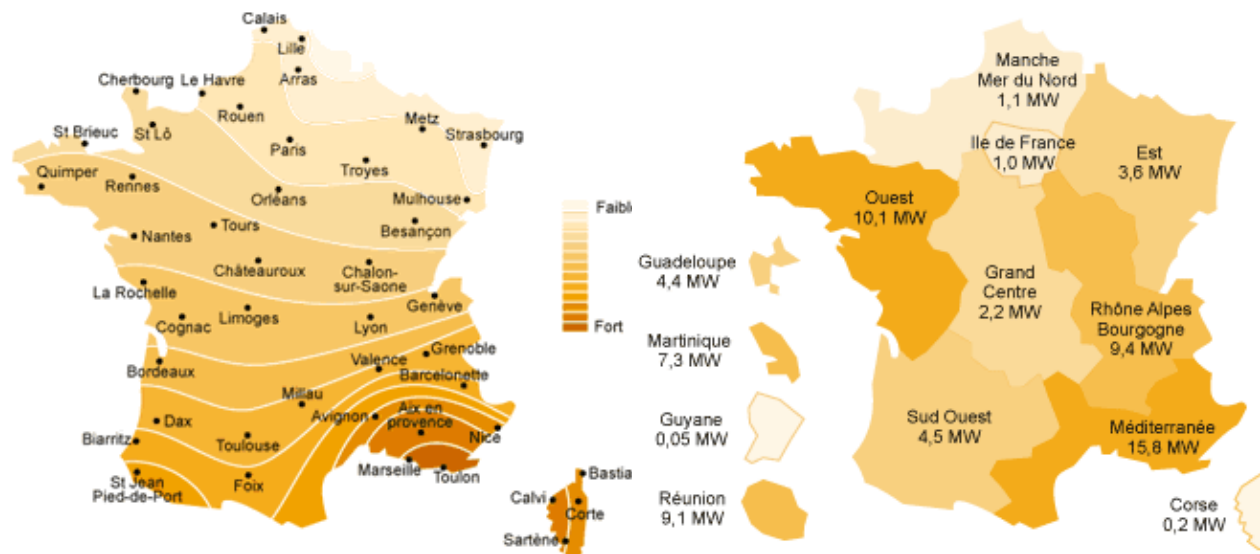
- produits de substitution: le graphène (cristal de carbone, matériau nano-technologique)
- recyclage 
- sécurisation d'approvisionnements (diversification, achat long terme, stockage)

## Rejets de cadmium sur le cycle de vie pour différentes technologies

- Élément hautement toxique sous toutes ses formes
- Dangerosité:
  - contact avec les aliments
  - inhalation



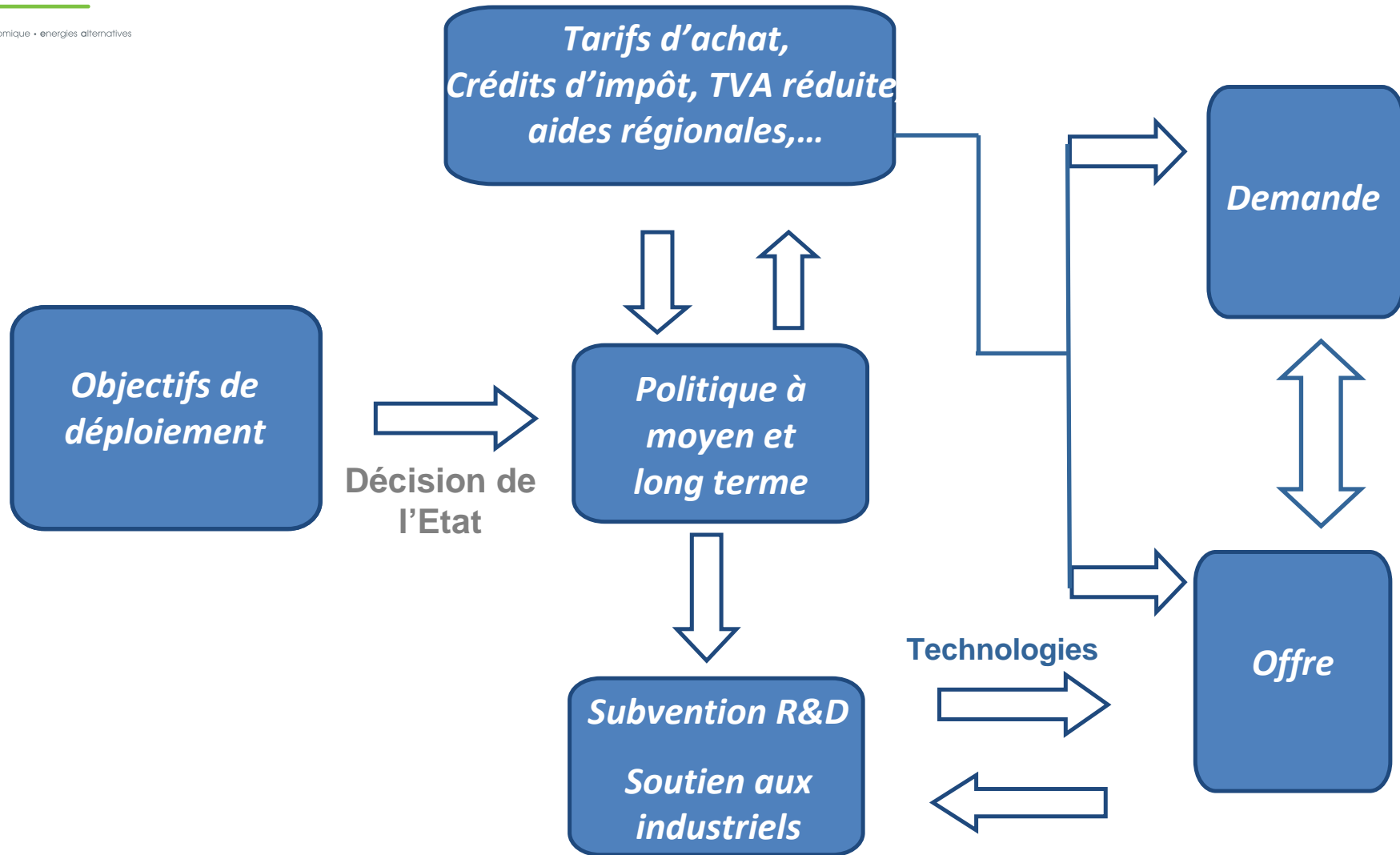
## Effacité des aides au développement de la filière : illustration du cas français

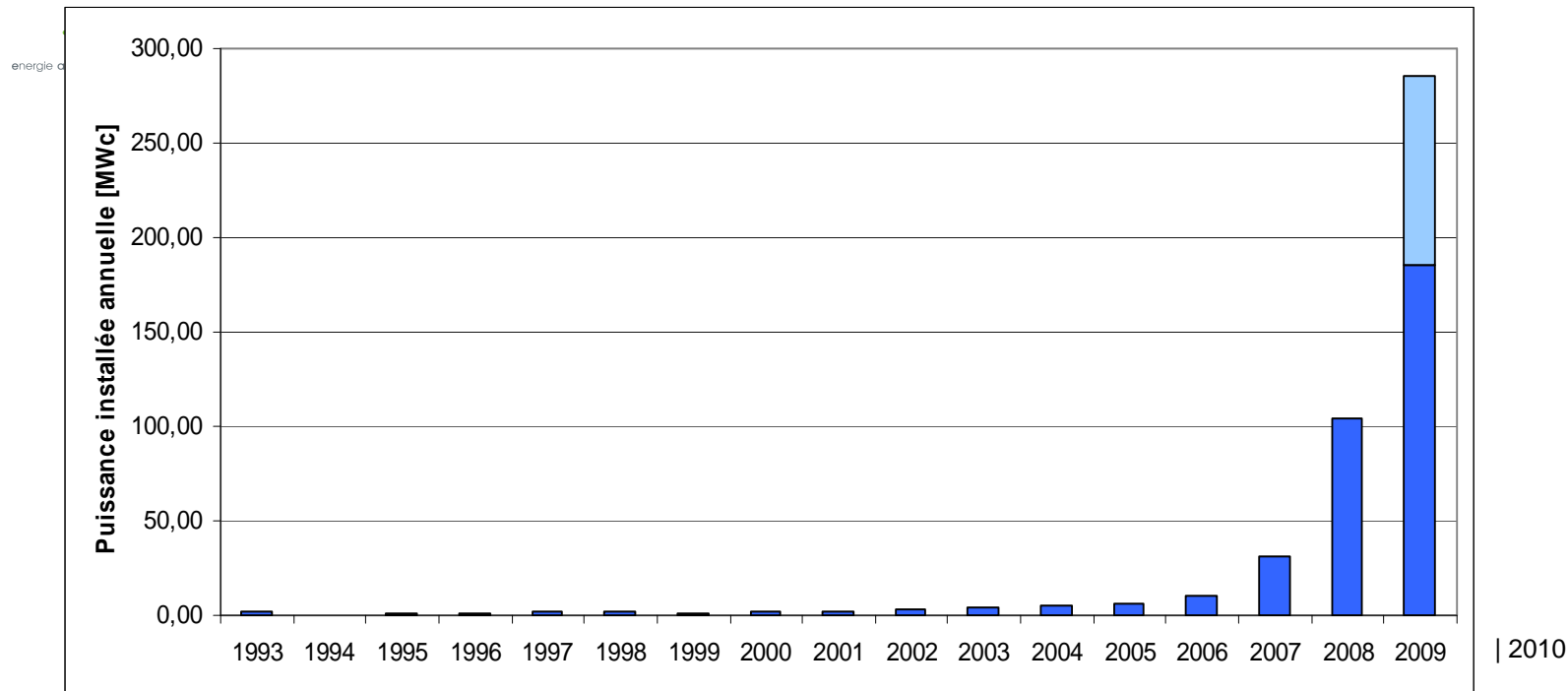


Carte d'ensoleillement de la France

Parc photovoltaïque raccordé au réseau fin 2008

(Source : SER-SOLER, d'après ERDF, EDF-SEI)





## Subventions

off-grid

Jusqu'à 95% pour les résidences principales

on-grid

30 à 80%

35%

30%

Tarifs d'achat

Métropole : 15 c€/kWh  
Corse et DOM TOM : 30c€/kWh

Métropole : 30c€/kWh  
+25c€/kWh pour l'intégré au bâti  
Corse, DOM TOM : 40c€/kWh  
+15c€/kWh pour l'intégré au bâti

50 ou 58 c€/kWh pour les systèmes intégrés au bâti  
42 c€/kWh pour les systèmes avec installation simplifiée au bâti  
entre 31,4 et 37,7 c€/kWh pour les centrales au sol

Crédits d'impôt

40%

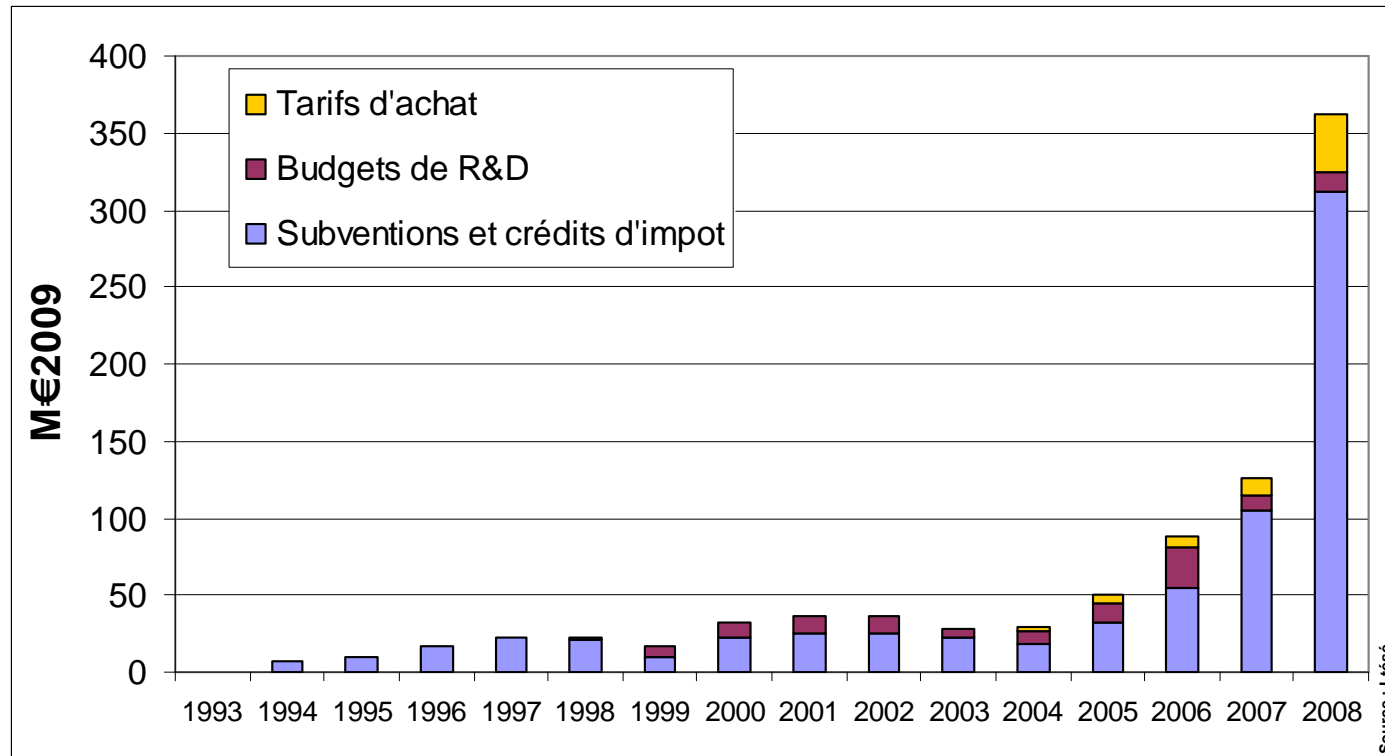
50% du matériel jusqu'en 2012

R&D

Financement de la R&D sur le solaire PV

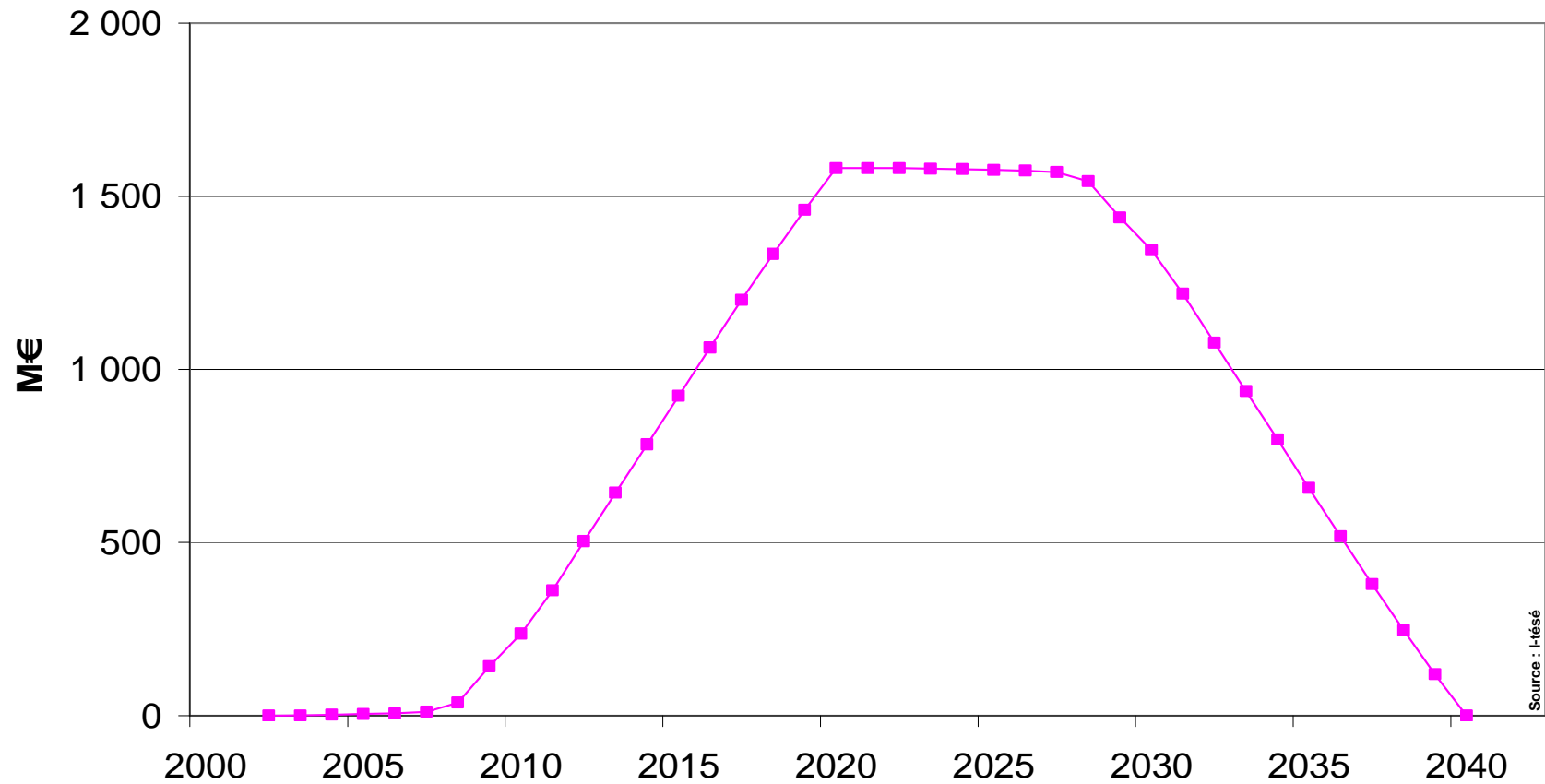


- Les crédits d'impôt représentent aujourd'hui la plus grande part des dépenses



- Un coût important dans les années 2020
  - de l'ordre de 10 fois le coût de 2009 mais pour une production en MWh 30 fois supérieure

Coût des tarifs d'achat par année



- La ressource solaire n'est pas rationnée et son efficacité se pose en termes particuliers (coûts, surfaces au sol, productivité)
- Le recours au solaire PV est promu du fait de son impact positif sur les émissions de GES, mais des nuances sont à apporter selon le lieu de fabrication des cellules (importance du mix électrique)
- S'il est vrai que la ressource énergétique est abondante, il faut néanmoins être vigilant vis-à-vis de la durabilité des matériaux utilisés (métaux rares/recyclage)
- Les moyens pour promouvoir le développement de la filière PV en France se sont portés majoritairement sur les aides en faveur de la demande (subventions, crédits d'impôts et tarifs d'achat). A l'avenir, une aide plus importante sur l'offre pourrait être envisagée.



énergie atomique • énergies alternatives

*I-tésé*

---

Merci de votre attention