

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE



***COMPLÉMENTARITÉ ENTRE ÉNERGIES:
VERS UNE ALLIANCE
ENVIRONNEMENTALE VERTUEUSE DU
PHOTOVOLTAÏQUE AVEC LE NUCLÉAIRE***

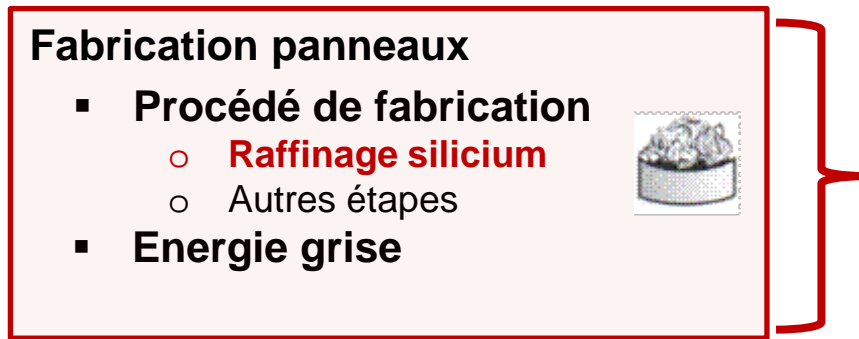
**Françoise Thais
DEN/DANS/I-tésé**

5^{ème} Journée I-tésé

04 juin 2013

www.cea.fr

- **émissions directes** (liées au fonctionnement de la centrale): système PV non émissif
- **émissions indirectes**: fabrication du système PV +(transport du lieu de fabrication du système vers son lieu d'utilisation + recyclage)



60% de la consommation électrique pour le raffinage du silicium (procédé de référence Siemens)

+

Passage au système PV (BOS)

+

Etapas annexes

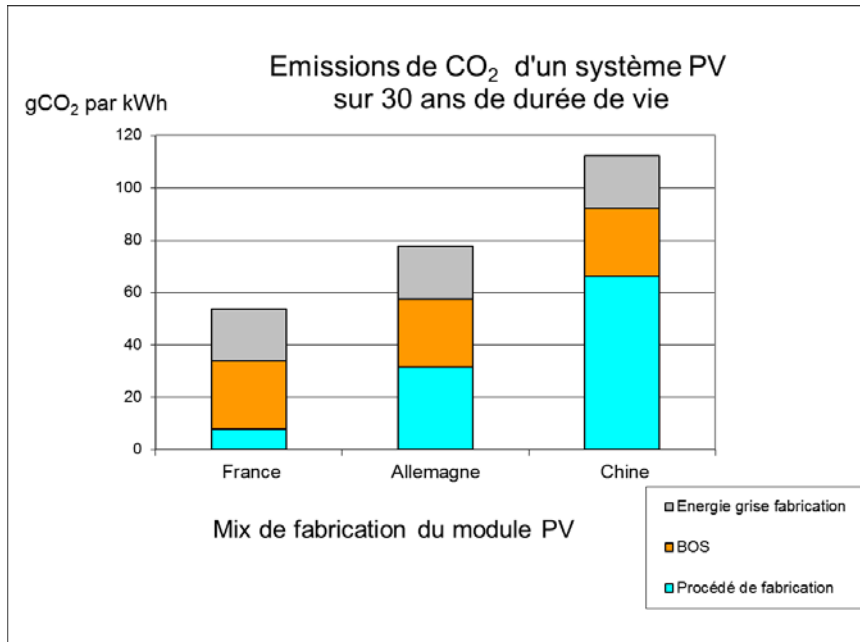


Amont de la filière PV Si multi-cristallin

Analyse du cycle de vie (ACV)

- difficultés liées aux données (nombre, précision, disponibilité)
- diversité des hypothèses techniques et environnementales

- le bilan CO₂ du PV est directement lié à la nature (contenu carboné) de l'électricité utilisée pour la fabrication du système



- Le contenu CO₂ d'un kWh PV peut jusqu'à doubler suivant les hypothèses retenues
- L'énergie PV reste une énergie bas carbone

Ce bilan est valable pour:

- une irradiation solaire donnée (lieu d'implantation)
- une technologie PV fixée (rendement, durée de vie du système),
- une consommation électrique forfaitaire de 46g CO₂/kWh pour l'énergie grise et le BOS, en cours de réduction

Impact environnemental de l'intégration d'un parc PV dans un parc de production

- émissions évitées
- temps de retour CO₂

Le système PV pourrait ne pas « rembourser » sa dette CO₂ pendant sa durée de fonctionnement, si:

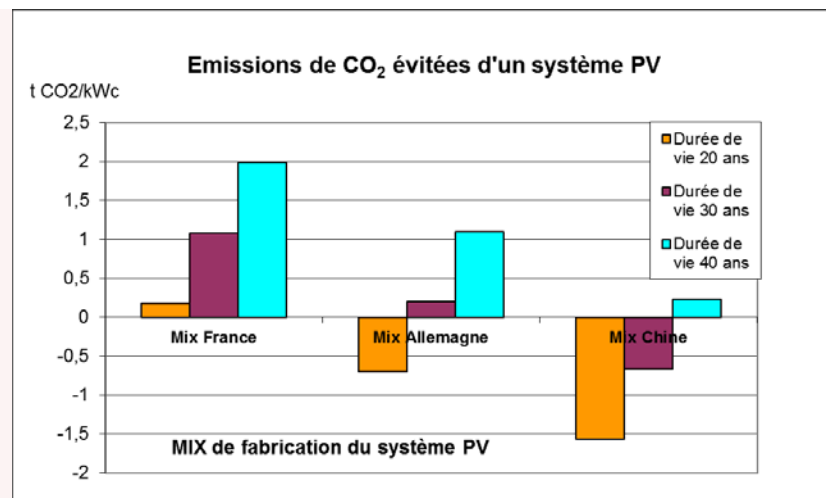
- celle-ci était trop importante **et/ou**
 - s'il se substituait à de l'énergie peu carbonée
- ← intérêt à utiliser une énergie bas carbone (nucléaire par exemple) 

Emissions évitées

- le système émettrait plus d'émissions CO₂ que le contenu CO₂ moyen auquel il se substitue

Temps de retour CO₂

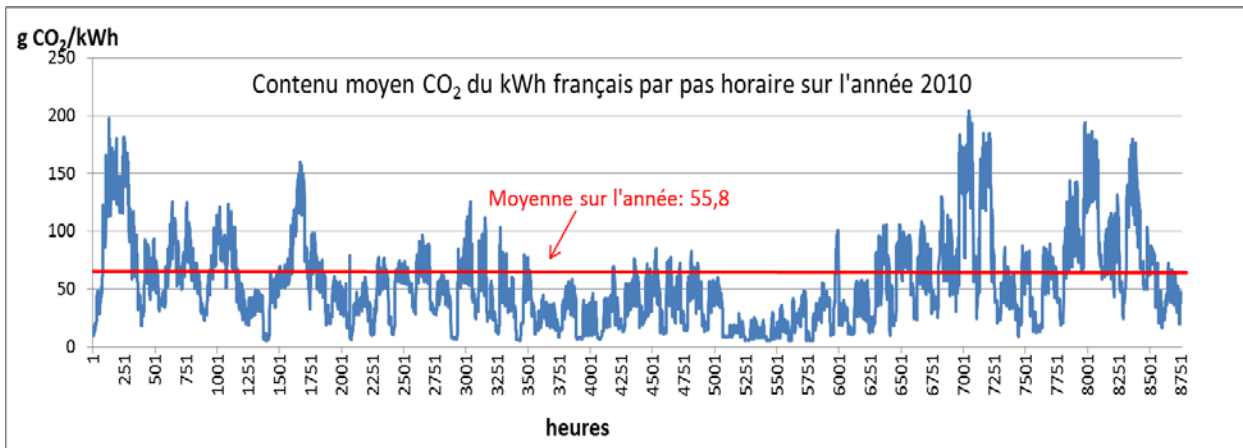
- il serait supérieur à la durée de vie du système



Implantation en France

Les valeurs obtenues sont indicatives car des incertitudes importantes existent encore sur l'énergie grise de fabrication et le BOS

- en réalité, le contenu CO₂ horaire de la production française est **très fluctuant et présente une grande dispersion**



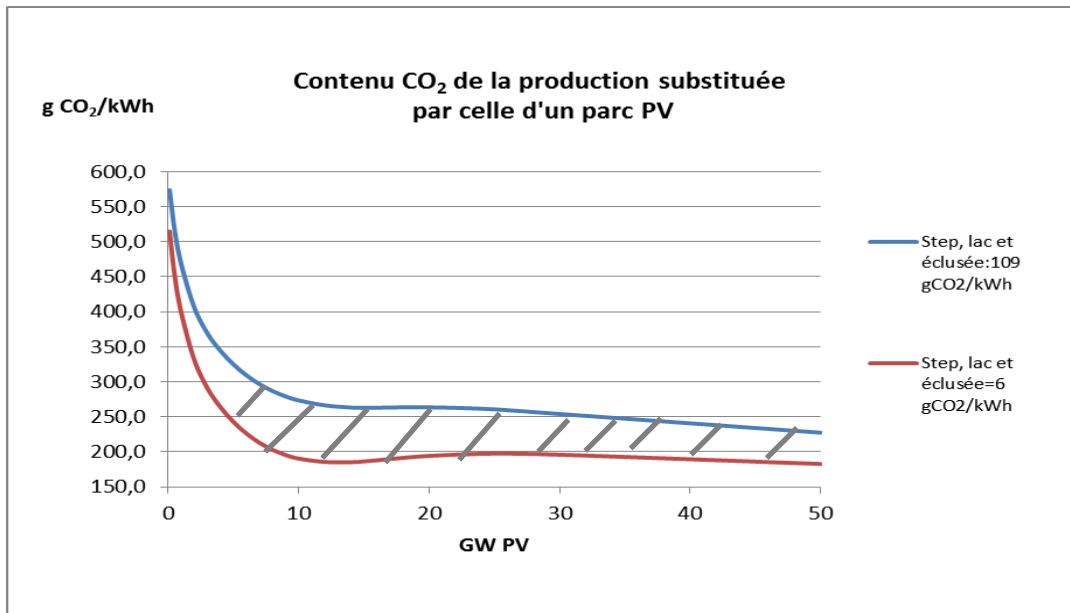
Issu des données RTE

- le PV se substitue aux énergies **marginales**

A structure du parc de production fixée:

- un parc PV de petite taille (<5GW) se substitue aux énergies de pointe (fuel et hydraulique)
- un parc PV plus important peut aller jusqu'à se substituer à du nucléaire

- il existe pour chaque énergie marginale une **limite maximum** à sa part substituée par le PV
- lorsque la taille du parc PV intégré dans la production française augmente:
 - le **contenu CO₂** de la production substituée **diminue jusqu'à se stabiliser**
 - le gain CO₂ est avéré (contenu marginal CO₂ > contenu moyen CO₂)



Capacités PV pour la France

- 5,4 GW (EU 2020)
- 40 à 60 GW (scénarios 2050 de l'Ancre)

- approche fine / approche globale: le bilan CO₂ du PV installé en France est largement plus favorable
- le parc PV rembourse sa dette CO₂ pour toutes les hypothèses retenues
 - le temps de retour est inférieur à la durée de vie du système
 - les émissions évitées sont toujours positives
- désormais, le bilan dépend de la taille du parc PV
- les valeurs **optimales** des indicateurs sont obtenues avec:
 - une petite taille de parc PV car celui-ci se substitue à des énergies carbonées
 - un contenu CO₂ de fabrication bas carbone (majoritairement nucléaire)
 - une durée de vie plus importante

Système PV

- procédé de raffinage du Si: Photosil développé au CEA. Facteur 2 attendu sur la dépense énergétique (panneau)
- augmentation des performances du système PV (rendement, durée de vie,..)
- cycle de vie: amont et aval

Méthodes
et études
(Itésé)

prise en compte dans la modélisation de l'évolution temporelle :

- de la demande (niveau et volatilité)
- de l'offre (optimisation du parc)



Modèle
Mael

Complémentarité nucléaire-PV:

- fabrication du système PV à base d'énergie bas carbone
- en dynamique:
 - production de base assurée par le nucléaire, de pointe partiellement par le solaire
 - intermittence du PV: gestion en partie avec un back-up nucléaire



Merci pour votre attention