

Le photovoltaïque, destructeur de système énergétique ?

IDées,
Groupe Energie – Climat

12 janvier 2015

Denis Bonnelle,

Denis.Bonnelle@normalesup.org



Les Enjeux

Enjeu pour le climat :

Laisser sous terre autant de charbon et d'hydrocarbures non conventionnels que possible

(pour les hydrocarbures conventionnels, il est probable qu'on les extraira tous)

Les Enjeux

Enjeu pour le climat :

Laisser sous terre autant de charbon et d'hydrocarbures non conventionnels que possible

(pour les hydrocarbures conventionnels, il est probable qu'on les extraira tous)

Charbon → enjeu majeur : l'électricité

Les Enjeux



Les Enjeux



Les Enjeux



Les Enjeux



The Economist December 6th 2014

L'économie ...

Qu'en dit la science économique ?

L'économie ...

Qu'en dit la science économique ?

Parti-pris ici :

- Ne pas intervenir sur des jeux à somme nulle (déshabiller Pierre pour habiller Paul) ;

L'économie ...

Qu'en dit la science économique ?

Parti-pris ici :

- Ne pas intervenir sur des jeux à somme nulle (déshabiller Pierre pour habiller Paul) ;
- Ni à somme légèrement positive (donner un prix uniforme au CO₂ = se rapprocher d'un optimum dans le voisinage duquel on se trouve déjà) ;

L'économie ...

Qu'en dit la science économique ?

Parti-pris ici :

- Ne pas intervenir sur des jeux à somme nulle (déshabiller Pierre pour habiller Paul) ;
- Ni à somme légèrement positive (donner un prix uniforme au CO₂ = se rapprocher d'un optimum dans le voisinage duquel on se trouve déjà) ;
- Mais rechercher des sommes très positives (changer radicalement de modèle).

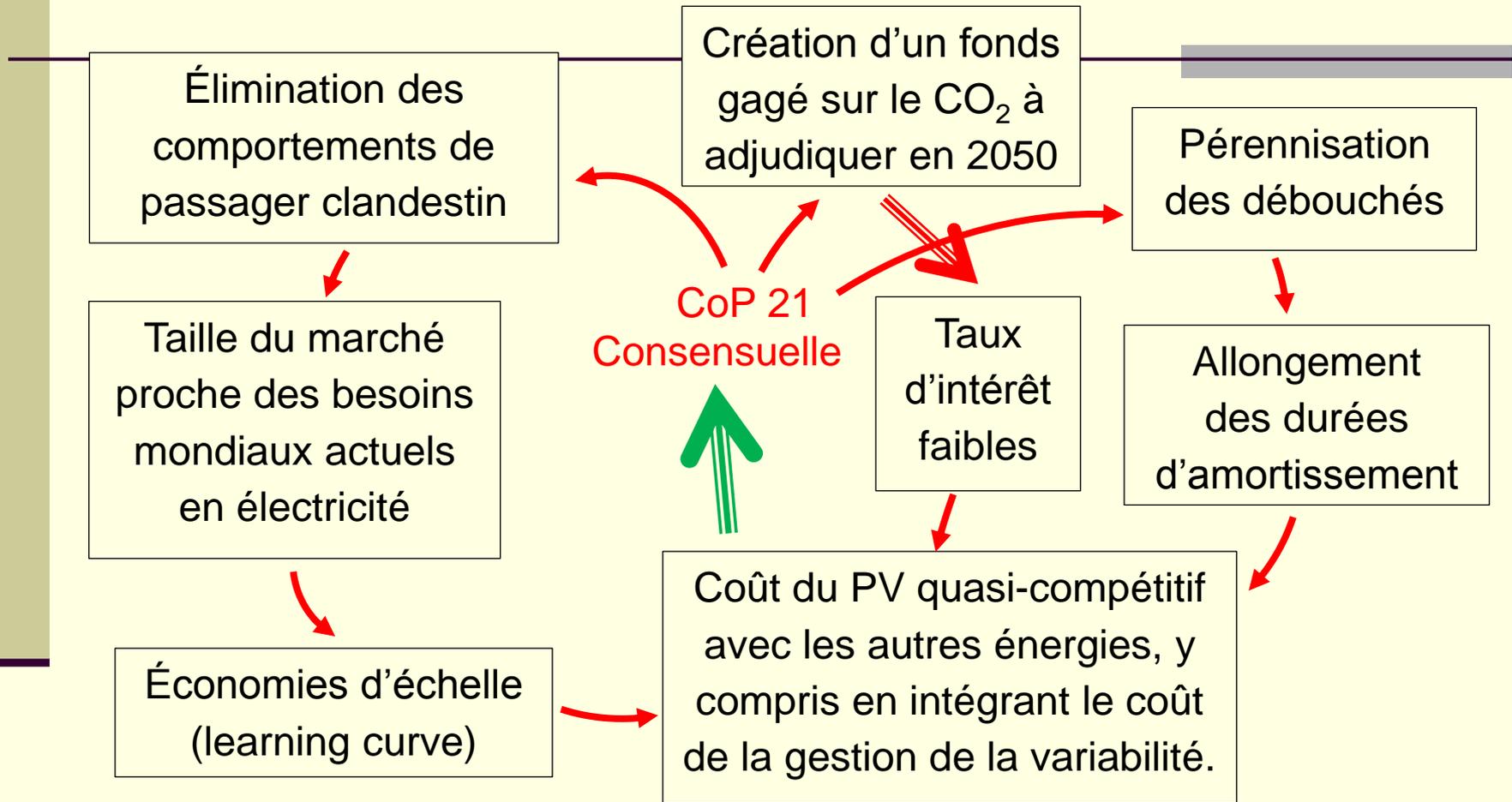
L'économie ...

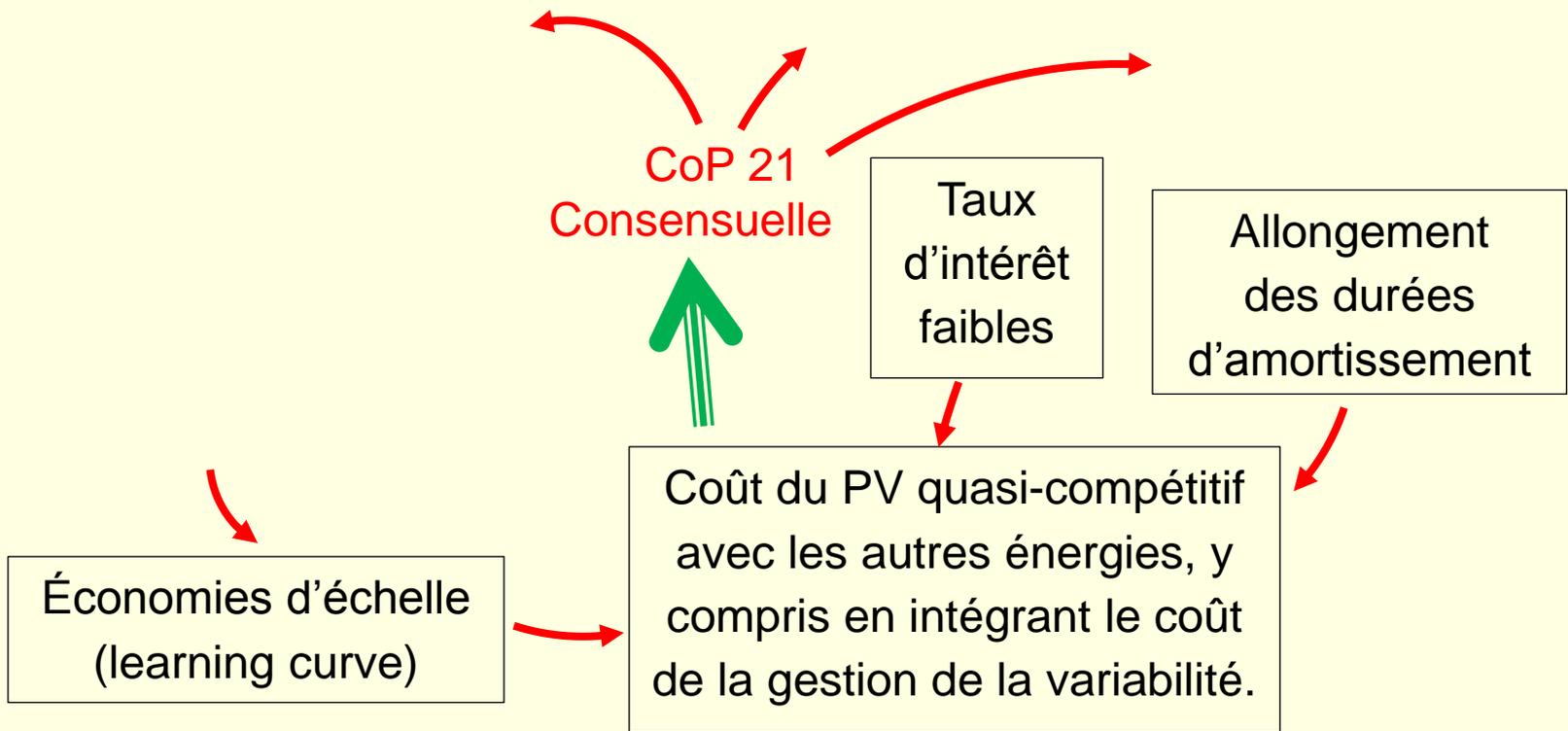
Qu'en dit la science économique ?

S'échapper de la sphère d'attraction d'un optimum local et aller chercher un optimum absolu plus lointain :

C'est possible en économie non linéaire, il faut juste des cercles vertueux.

⇒ = raisonnement par : quelle que soit l'alternative, le résultat est OK





Élimination des
comportements de
passager clandestin

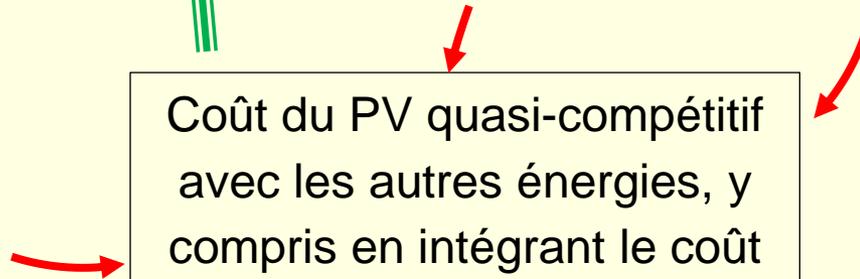
Création d'un fonds
gagé sur le CO₂ à
adjudiquer en 2050

Pérennisation
des débouchés

CoP 21
Consensuelle



Coût du PV quasi-compétitif
avec les autres énergies, y
compris en intégrant le coût
de la gestion de la variabilité.



CoP 21
Consensuelle

Coût du PV quasi-compétitif
avec les autres énergies, y
compris en intégrant le coût
de la gestion de la variabilité.

Destructeur de système énergétique ?

Mais s'il y avait des raisons plus profondes ?

Destructeur de système énergétique ?

Dans la période récente, une accumulation de griefs contre le photovoltaïque :

Destructeur de système énergétique ?

Dans la période récente, une accumulation de griefs contre le photovoltaïque :

- Une CSPE démesurée

Destructeur de système énergétique ?

Dans la période récente, une accumulation de griefs contre le photovoltaïque :

- Une CSPE démesurée
- La parité réseau : pas mieux

Destructeur de système énergétique ?

Dans la période récente, une accumulation de griefs contre le photovoltaïque :

- Une CSPE démesurée
- La parité réseau : pas mieux
- Des difficultés techniques (harmoniques, îlotage, puissance réactive...)

Destructeur de système énergétique ?

Dans la période récente, une accumulation de griefs contre le photovoltaïque :

- Une CSPE démesurée
- La parité réseau : pas mieux
- Des difficultés techniques (harmoniques, îlotage, puissance réactive...)
- Il fait beau → Le prix spot de l'électricité à zéro

Destructeur de système énergétique ?

Dans la période récente, une accumulation de griefs contre le photovoltaïque :

- Une CSPE démesurée
- La parité réseau : pas mieux
- Des difficultés techniques (harmoniques, îlotage, puissance réactive...)
- Il fait beau → Le prix spot de l'électricité à zéro
- Facture des ménages allemands : cercle vicieux

Destructeur de système énergétique ?

Dans la période récente, une accumulation de griefs contre le photovoltaïque :

- Une CSPE démesurée
- La parité réseau : pas mieux
- Des difficultés techniques (harmoniques, îlotage, puissance réactive...)
- Il fait beau → Le prix spot de l'électricité à zéro
- Facture des ménages allemands : cercle vicieux
- Des faillites à gogo ...

Destructeur de système énergétique ?

Dans la période récente, une accumulation de griefs contre le photovoltaïque :

- Une CSPE démesurée
- La parité réseau : pas mieux
- Des difficultés techniques (harmoniques, îlotage, puissance réactive...)
- Il fait beau → Le prix spot de l'électricité à zéro
- Facture des ménages allemands : cercle vicieux
- Des faillites à gogo ...
- Un bilan carbone incertain (EROI, back up charbon id. éolien)

Destructeur de système énergétique ?

Dans la période récente, une accumulation de griefs contre le photovoltaïque :

- Une CSPE démesurée
- La parité réseau : pas mieux
- Des difficultés techniques (harmoniques, îlotage, puissance réactive...)
- Il fait beau → Le prix spot de l'électricité à zéro
- Facture des ménages allemands : cercle vicieux
- Des faillites à gogo ...
- Un bilan carbone incertain (EROI, back up charbon id. éolien)
- Jeremy Rifkin : « la nouvelle société du coût marginal zéro »

Destructeur de système énergétique ?

Autant d'arguments

→ Pas difficile d'en faire un dogme :

« Le photovoltaïque

est un destructeur de système énergétique ! »

Destructeur de système énergétique ?

OK s'il s'agit d'arguments
indépendants les uns des autres

Destructeur de système énergétique ?

Jeremy Rifkin, « la nouvelle société du coût marginal zéro » : en gros, c'est une honte de se réjouir de ce que : « Il fait beau → Le prix spot de l'électricité à zéro »

Destructeur de système énergétique ?

L'effet destructeur de la parité réseau :

une conséquence du fait qu'

« Il fait beau → Le prix spot de l'électricité à zéro »

Destructeur de système énergétique ?

«Facture des ménages allemands : cercle vicieux»

Pour le passé, une conséquence de : CSPE démesurée, faillites, etc.

Et pour le futur : le spectre de la parité réseau.

Destructeur de système énergétique ?

Conclusion :

Une grosse partie de l'argument revient à : prix spot à zéro quand il fait beau, effet déstabilisateur de la parité réseau.

Destructeur de système énergétique ?

Conclusion :

Une grosse partie de l'argument revient à : prix spot à zéro quand il fait beau, effet déstabilisateur de la parité réseau.

(et le problème du back up charbon, c'est encore : le PV, ça n'a d'intérêt que quand il y a du soleil, dès qu'il n'y en a pas, il y a plus d'inconvénients que d'intérêt)

Destructeur de système énergétique ?

Conclusion :

Rien de très nouveau par rapport à l'argument bateau : « le solaire, ça ne marche que quand il y a du soleil »

Existe-t-il des capacités de stockage
suffisantes ?

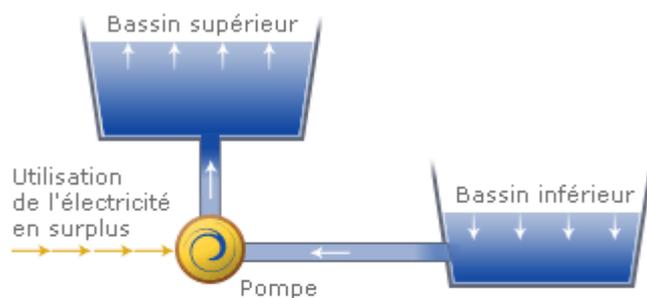
Existe-t-il des capacités de stockage suffisantes ?

- Les step, « *c'est de loin la technologie la plus mature et efficace, avec des rendements de 80 %. Et c'est la seule qui soit compétitive. Mais en France, la plupart des sites adéquats sont déjà occupés* ».

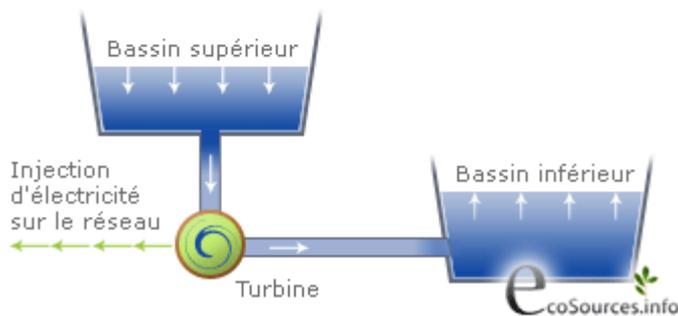
Libération, Ecofutur, 2 décembre 2013

Existe-t-il des capacités de stockage suffisantes ?

Phase de pompage - Stockage de l'énergie



Phase de turbinage - Restitution de l'énergie



Existe-t-il des capacités de stockage suffisantes ?

- Capacité annuelle = énergie pouvant être déstockée en un cycle x nombre de cycles dans l'année.

→ La comparaison avec l'hydroélectricité est-elle fondée ?

Existe-t-il des capacités de stockage suffisantes ?

- Hydroélectricité classique :
 - Peu chère au kWh
 - Tous les bons sites naturels sont déjà équipés
 - Équivaut à du stockage intersaisonnier

Existe-t-il des capacités de stockage suffisantes ?

- Parallèle Hydroélectricité / Steps :
- Par analogie, les Steps seront également peu chères au kWh, notamment pour le coût des conduites forcées, turbines, alternateurs, etc.
- Stockage quotidien \Leftrightarrow capacité x 365

Existe-t-il des capacités de stockage suffisantes ?

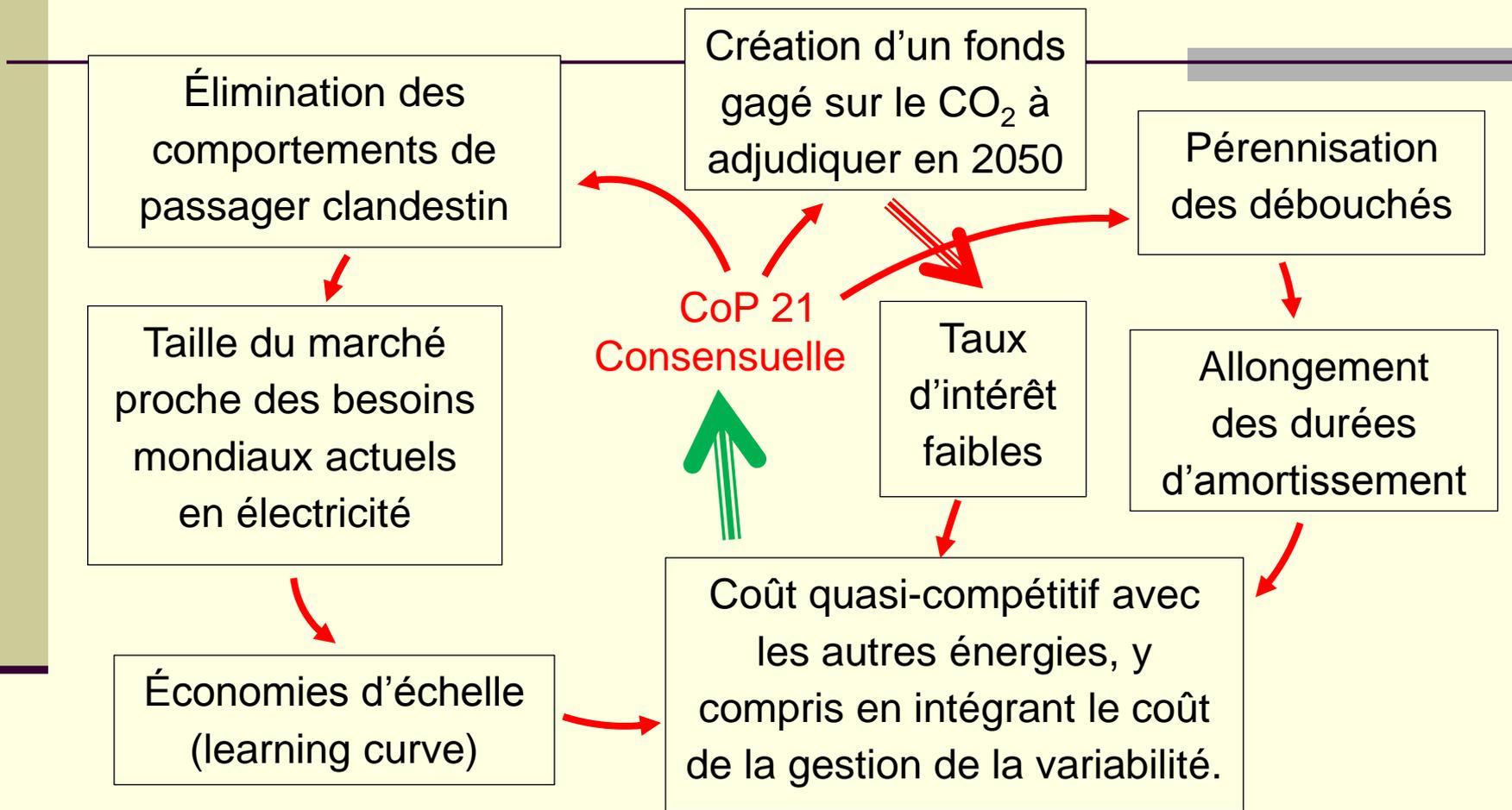
■ La question était :

Les step, « c'est de loin la technologie la plus mature et efficace, avec des rendements de 80 %. Et c'est la seule qui soit compétitive. Mais en France, la plupart des sites adéquats sont déjà occupés ».

Existe-t-il des capacités de stockage suffisantes ?

Couples possibles

- Léman / Hongrin : > 100 GWh
- Norvège centrale : beaucoup plus
- Erie / Ontario : infiniment plus !



Élimination des comportements de passager clandestin

Création d'un fonds gagé sur le CO₂ à adjudiquer en 2050

Pérennisation des débouchés

Taille du marché proche des besoins mondiaux actuels en électricité

CoP 21 Consensuelle

Taux d'intérêt faibles

Allongement des durées d'amortissement

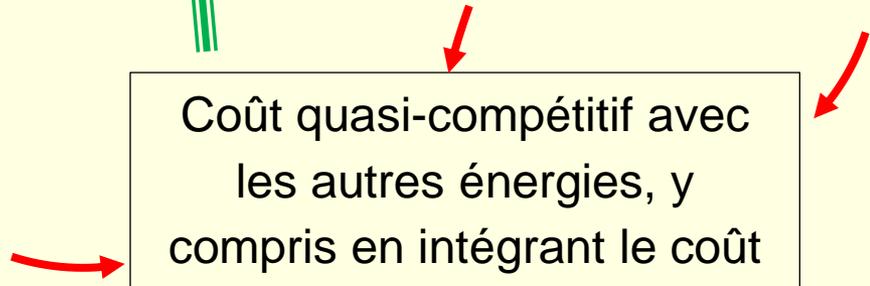
Économies d'échelle (learning curve)

Coût quasi-compétitif avec les autres énergies, y compris en intégrant le coût de la gestion de la variabilité.

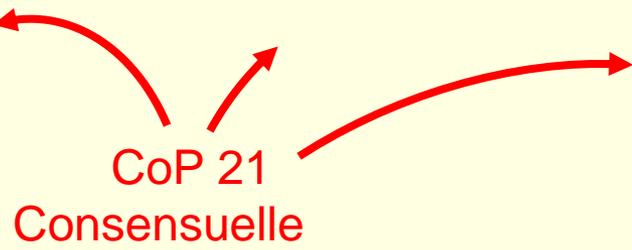
CoP 21
Consensuelle



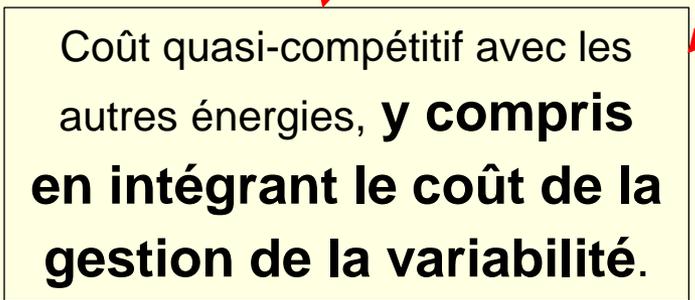
Coût quasi-compétitif avec
les autres énergies, y
compris en intégrant le coût
de la gestion de la variabilité.



CoP 21
Consensuelle



Coût quasi-compétitif avec les autres énergies, **y compris en intégrant le coût de la gestion de la variabilité.**



Destructeur de système énergétique ?

Conclusion :

À condition de viser des coûts vraiment bas de manière à pouvoir financer la gestion de la variabilité du solaire en plus d'être compétitif en €/MWh LCOE, le PV **n'est pas** un destructeur de système énergétique.

Merci de votre attention

Quelques derniers ordres de grandeur

- Le coût d'Iter (invest + fonct) : $\approx 10^{10}$ €.

Quelques derniers ordres de grandeur

- Le coût d'Iter (invest + fonct) : $\approx 10^{10}$ €.
- La valeur d'un futur PV dominant: 10^{12} à 10^{13} €

Quelques derniers ordres de grandeur

- Le coût d'Iter (invest + fonct) : $\approx 10^{10}$ €.
- La valeur d'un futur PV dominant: 10^{12} à 10^{13} €
- La valeur du subventionnement évité si on va directement à l'économie la plus rationnelle d'un futur PV dominant (usines d'usines): **idem**

Quelques derniers ordres de grandeur

- Le coût d'Iter (invest + fonct) : $\approx 10^{10}$ €.
- La valeur d'un futur PV dominant: 10^{12} à 10^{13} €
- La valeur du subventionnement évité si on va directement à l'économie la plus rationnelle d'un futur PV dominant (usines d'usines): **idem**
- La valeur du surcroît de croissance généré par la résolution des crises climatique et énergétique : 10^{13} à 10^{14} €

Quelques derniers ordres de grandeur

- Le coût d'un an de travail (2015) d'une dizaine d'économistes professionnels pour vérifier et affiner ce qui précède : $\approx 10^6$ €.

Quelques derniers ordres de grandeur

- Le coût d'un an de travail (2015) d'une dizaine d'économistes professionnels pour vérifier et affiner ce qui précède : $\approx 10^6$ €.
- → Par rapport aux ordres de grandeurs de la diapo précédente : x 10^{-4} à 10^{-8} €

Désolé de vous avoir fait perdre
votre temps pour une conférence
dont la pertinence est comprise
entre 0,000001 % et 0,01 %

Élimination des
comportements de
passager clandestin

Taille du marché
proche des besoins
mondiaux actuels
en électricité

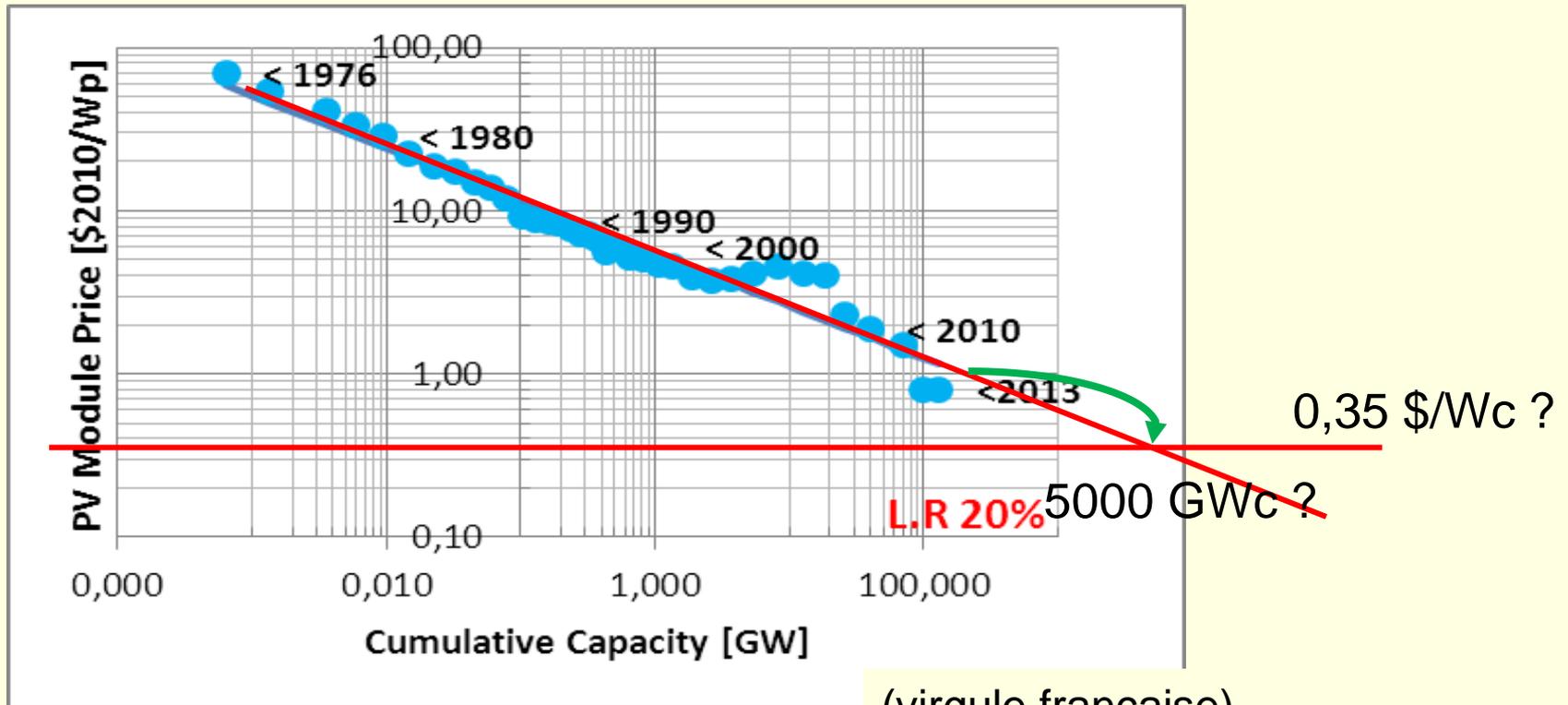
Économies d'échelle
(learning curve)

CoP 21
Consensuelle

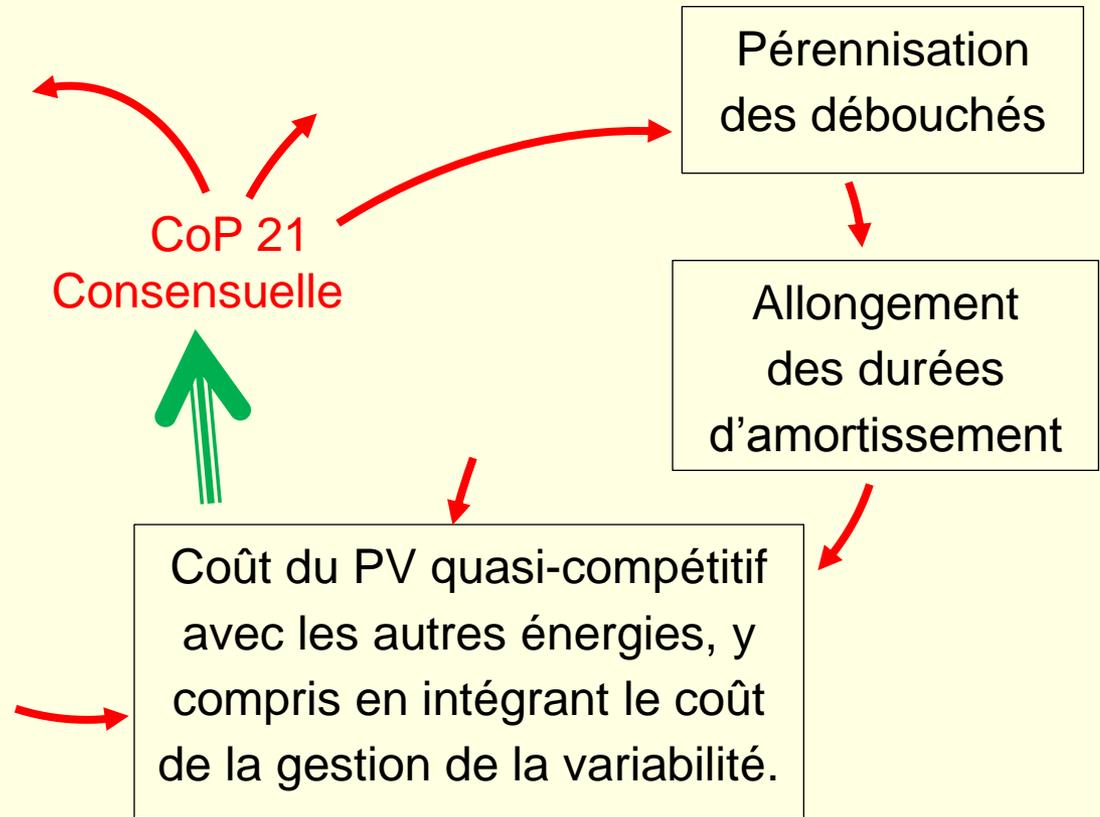
Coût du PV quasi-compétitif
avec les autres énergies, y
compris en intégrant le coût
de la gestion de la variabilité.



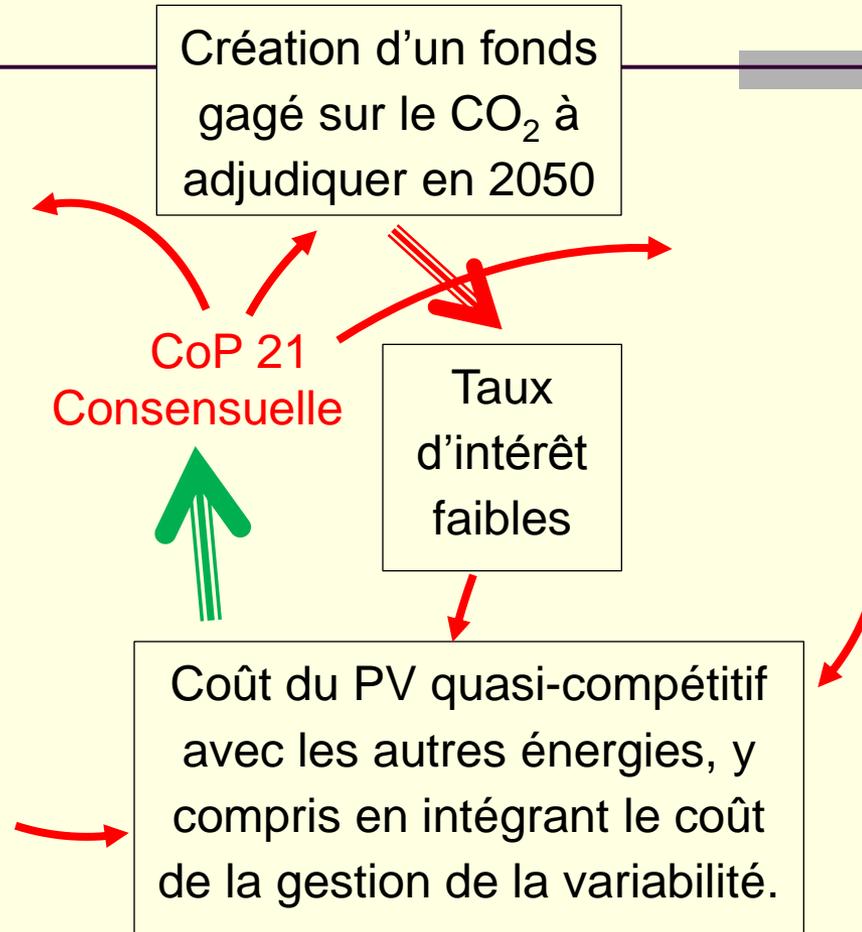
Un vrai cercle vertueux : la parité de prix de gros



(virgule française)



⇒ = raisonnement par : quelle que soit l'alternative, le résultat est OK



Raisonnements par : quelle que soit l'alternative, le résultat est OK.

Un fonds public gagé sur des droits d'émission de CO₂ à adjudiquer en 2050 peut-il garantir à des banquiers une absence de risque ?

