

# **Sans l'externalisation des problèmes environnementaux dans les pays du Sud global, le photovoltaïque et les innovations “vertes” ne pourraient être déployés en Occident**

Ch. Marée, Octobre 2025

Analyse d'un article (2022) d'Andreas Roos, Université de Lund, Département de géographie humaine, Suède

## **Résumé**

L'Allemagne est régulièrement citée en exemple car elle a développé depuis 20 ans une politique climatique ambitieuse visant la neutralité carbone en 2050, en déployant massivement des unités de production électriques renouvelables.

L'électricité ainsi produite est communément considérée comme propre, verte, vertueuse. Mais l'Allemagne a externalisé la fabrication de ses modules photovoltaïques en Chine. Elle a ainsi externalisé toute la charge environnementale en Chine et dans les pays fournisseurs de la Chine.

Comme le remplacement des fossiles par les renouvelables se fait sans diminution des flux, c-à-d en conservant les niveaux de vie occidentaux et en les généralisant à la planète entière, les inconvénients des fossiles sont remplacés par d'autres problèmes dont il n'est pas démontré qu'ils soient moins graves.

L'étude d'Andreas Roos montre que l'Allemagne ne pourrait pas déployer le photovoltaïque si elle n'avait pas déplacé la charge environnementale dans les pays du Sud. Cette conclusion peut être élargie à toutes les innovations de la croissance verte, et à tous les pays industrialisés.

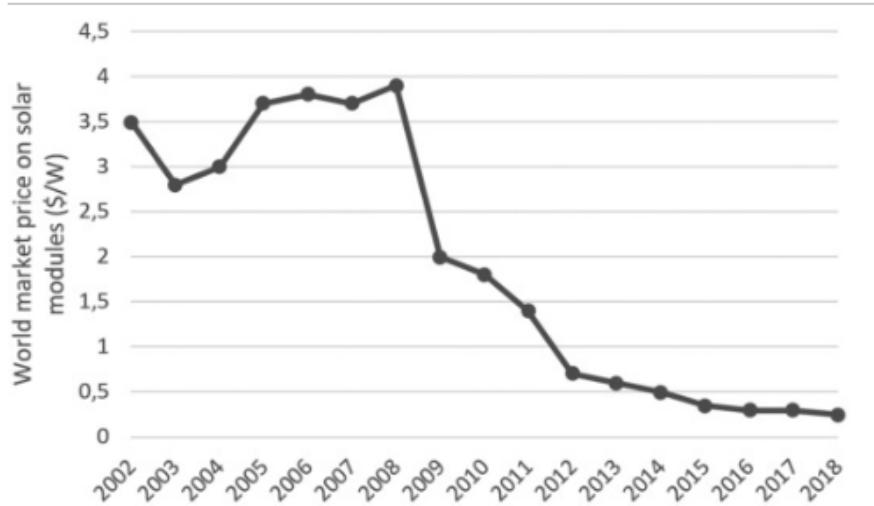
## **A quoi tient le succès de l'énergie solaire en Occident ?**

A une formidable diminution du prix des panneaux photovoltaïques. *“Encouragées par la demande européenne et armées d'une main-d'œuvre à bas salaires, d'une fabrication bon marché alimentée au charbon et de prêts gouvernementaux généreux, les entreprises chinoises ont alors initié « l'augmentation explosive » de la fabrication mondiale de modules solaires photovoltaïques au milieu des années 2000”* (<sup>1</sup>)

---

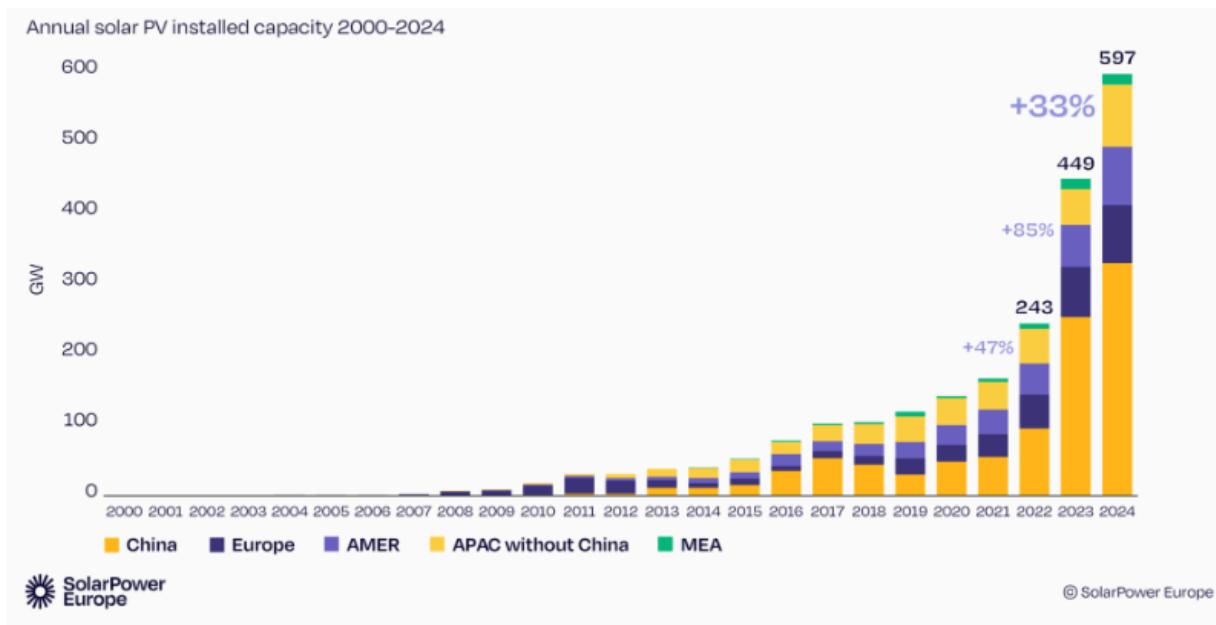
<sup>1</sup> Andreas Roos, 2022 : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092180092200146X>

**Le prix a été diminué par 15 en 10 ans et le taux de retour en énergie (EROI) a été multiplié par 35.**



**Evolution du prix moyen du photovoltaïque sur le marché mondial (²)**

Conséquence directe, le marché a explosé partout, sauf en Afrique (³).



**APAC = Asie-Pacifique, MEA Moyen-Orient et Afrique**

<sup>2</sup> Andreas Roos, 2022 op. cit.

<sup>3</sup> BP :

<https://lightsourcebp.com/fr/news/solarpower-europe-publie-ses-perspectives-mondiales-2025-2029-pour-le-marche-solaire>

Les projections montrent que le premier TWh de solaire installé sera atteint en 2030.

L'expansion mondiale de l'industrie photovoltaïque est pensée comme une fantastique opportunité de remplacer à terme les énergies fossiles, due principalement à des raisons économiques (innovations, bas salaires,...). Cette réussite est communément admise comme étant **immatérielle**, comme un processus **magique** due à l'exceptionnelle aptitude de l'humain d'innover et à son fantastique opportunisme d'investir dans ces innovations. Le solaire est alors reconnu comme LA solution incontournable au changement climatique, au même titre que l'éolien, la voiture électrique,...

## Y-aurait-il une contrepartie à cette réussite exceptionnelle ?

Mais qui se soucie d'où viennent les panneaux ? Comment ont-ils été fabriqués ? A quels coûts ?

Andreas Roos, dans son ouvrage “*Solar technology and global environmental justice - The vision and the reality*” (<sup>4</sup>), expose l'analogie suivante. Le module solaire, c'est la feuille de l'arbre, et l'économie mondiale est le système racinaire. “*Une feuille et un module solaire peuvent tous deux exploiter l'énergie du soleil direct, mais aucun d'eux ne peut exister sans un système racinaire ou une économie mondiale, respectivement. Omettre le passé biophysique des modules solaires photovoltaïques en tant qu'aspect essentiel de ce qu'est la technologie (c'est-à-dire la fétichiser) revient à omettre le système racinaire de la conception de ce qui constitue un arbre. L'analogie souligne également comment le système racinaire et l'économie mondiale sont tous deux cachés à la vue, même si nous savons qu'ils existent tous les deux.*

Le chercheur a étudié le marché du photovoltaïque en Allemagne, ce qui lui a permis de mettre en évidence la contrepartie de cette réussite (<sup>5</sup>). Il s'est appuyé sur une **analyse du cycle de vie (ACV)** de deux produits photovoltaïques clés entre 2002 et 2018. “*Les résultats montrent comment ce commerce a été caractérisé par un taux d'échange écologiquement inégal croissant, ce qui a progressivement amélioré les perspectives de l'Allemagne d'installer des modules solaires photovoltaïques au détriment d'une augmentation des charges environnementales en Chine.*” Ce déplacement de la charge environnementale a permis l'amélioration économique fantastique que nous décrivons plus haut.

Cette étude a ainsi deux avantages :

- elle explicite la **matérialisation** de la commercialisation du solaire photovoltaïque

---

<sup>4</sup> Andreas Roos, 2023  
<https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9781003292319/solar-technology-global-environmental-justice-andreas-roos>

<sup>5</sup> Andreas Roos, 2022 : op.cit.

- elle rapproche “*les perspectives locales et mondiales sur l'extractivisme et les injustices environnementales* désormais observées tout au long de la chaîne d'approvisionnement des technologies solaires”.

## Le mécanisme des échanges inégaux entre le Centre et la Périphérie

Les occidentaux (le Centre) externalisent sciemment l'extraction et la fabrication dans les pays pauvres (à la Périphérie) soumis à la **dette** et aux **plans d'ajustement structurels** : en échange d'une dette à un taux usuraire, le pays s'engage à supprimer les réformes économiques et sociales engagées, à restreindre les droits des travailleurs, à favoriser les investissements étrangers, à céder la gestion des ressources aux multinationales étrangères.

La multinationale dispose ainsi des ressources matérielles et humaines à un prix très modique pour fabriquer des objets à un prix très bas pour les revendre en occident à un prix “occidental”. Les problèmes sociaux et environnementaux restent localisés dans les pays d'extraction et de fabrication. Et cerise sur le gâteau, les plantureux bénéfices de la multinationale sont délocalisés dans les paradis fiscaux.

La Chine est un pays à part, il est situé en “semi-périphérie” entre les pays occidentaux qui ont externalisé leurs industries et les pays du Sud dépendant de la Chine et qui lui fournissent grains et matériaux. La Chine est le passage économique obligé non seulement comme l'Usine du Monde, mais aussi parce qu'elle contrôle la grande majorité des métaux. Par exemple, concernant les panneaux photovoltaïque, plus de 70% des mines de quartz (pour le silicium) sont situées en Chine, et environ 90 % des panneaux sont fabriqués en Chine. Et la douzaine de métaux nécessaires à la fabrication sont acheminés en Chine pour y être raffinés et transformés.

Il y a donc deux échanges inégaux dans nos consommations : celui entre le centre et la semi-périphérie et celui entre la semi-périphérie et la périphérie. Si le centre (l'Occident) externalise ses problèmes sociaux et environnementaux en Chine, c'est tout de même celle-ci qui contrôle presque tous les flux mondiaux. Elle a rendu le Centre dépendant de ses usines et de ses mines, et notamment de ses terres rares si stratégiques pour la “transition énergétique” opérée par l'Occident. Et, par ailleurs, les pays du Sud sont totalement dépendants des investissements chinois réalisés chez eux.

### Etudes de Jason Hickel

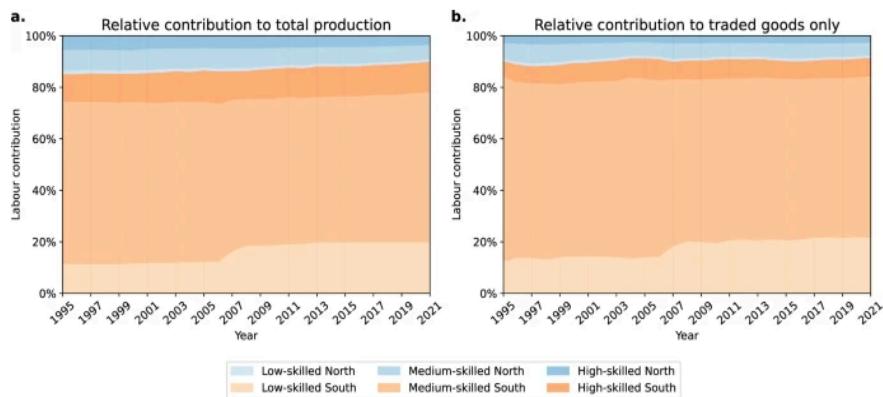
La colonisation a largement profité aux pays riches mais la post-colonisation (après 1960) a maintenu la domination et la spoliation. Voici deux études qui en attestent.

- **Échange inégal de main-d'œuvre dans l'économie mondiale**

80 à 90% de la main-d'œuvre nécessaire à la production mondiale provient des pays du Sud. C'est chaque année entre 700 et 800 milliards d'heures des pays du sud qui sont appropriées par les pays du Nord. Les travailleurs du Sud ne perçoivent que 21 % du revenu de cette production<sup>(6)</sup>. Voir le graphique ci-dessous.

Nous avons les mêmes proportions pour les matières, les terres et l'énergie.<sup>(7)</sup>

**Contributions relatives du travail (heures) à la production mondiale  
par région et niveau de compétence**



- **La valorisation du pillage de l'ère postcoloniale (étude entre 1990 et 2015)**

*"En 2015, le Nord s'est approprié au Sud 12 milliards de tonnes d'équivalents matières premières incorporées, 822 millions d'hectares de terres incorporées, 21 exajoules d'énergie incorporée et 188 millions d'années-personnes de travail incorporé, soit une valeur de 10 800 milliards de dollars aux prix du Nord – **de quoi mettre fin à l'extrême pauvreté 70 fois**. Sur 25 ans, le pillage du Sud s'est élevé à 242 000 milliards de dollars (USD constants de 2010), soit **25% de son PIB**."*<sup>(8)</sup>

## Échanges inégaux Allemagne - Chine

L'Allemagne a considérablement investi dans le photovoltaïque depuis 20 ans et est ainsi montrée comme un pays aux avant-postes de la lutte contre le changement climatique. Mais ceci est un énorme greenwashing !

Pour ce faire, l'Allemagne a externalisé la production des modules photovoltaïques en Chine, et donc les problèmes sociaux et environnementaux associés. La charge environnementale

<sup>6</sup> Hickel et al. 2024 <https://www.nature.com/articles/s41467-024-49687-y>

<sup>7</sup> Hickel et al. 2022 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095937802200005X>

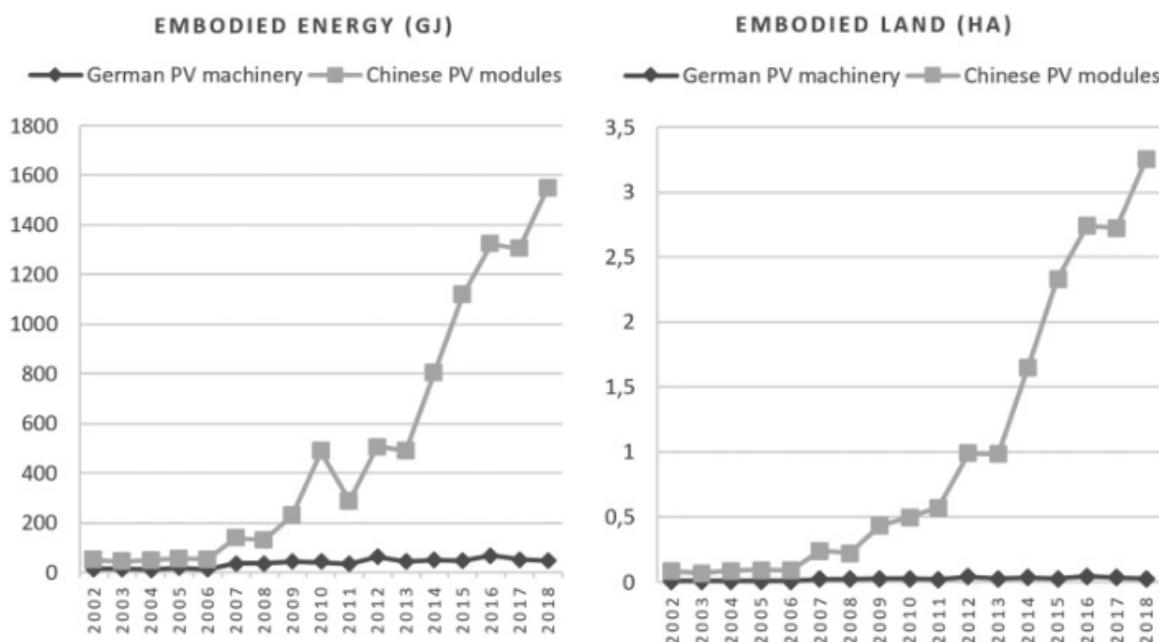
<sup>8</sup> Hickel et al. 2022 op. cit.

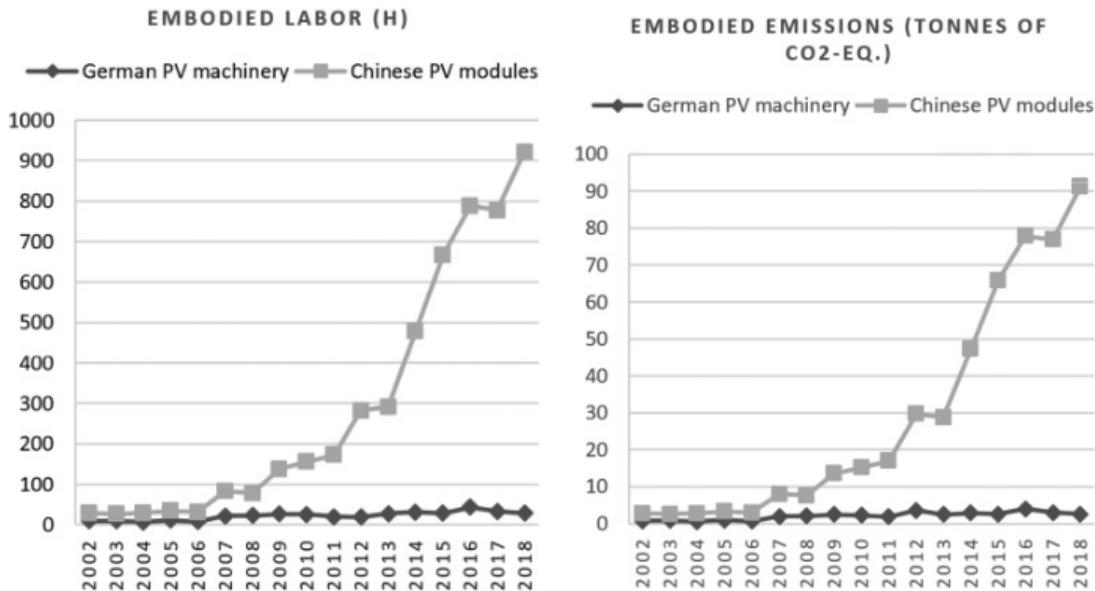
déplacée en Chine comprend le CO<sub>2</sub> et le SO<sub>2</sub> produits par la combustion du charbon, l'eau polluée par l'exploitation des mines et les terres mobilisées notamment par de la déforestation. La Chine exporte également une partie de ses externalités environnementales dans les pays du Sud qui abritent les mines polluantes d'air, d'eau et de terres, et destructives de paysages et de milieux naturels.

Socialement, les multinationales occidentales y gagnent car les conditions de travail sont moins bonnes et les salaires nettement plus bas en Chine. Celle-ci est également gagnante en profitant du travail forcé dans les mines des pays du Sud.

L'analyse du cycle de vie (ACV) de l'étude va de l'extraction initiale au transport vers l'Allemagne, mais les impacts environnementaux associés aux phases d'utilisation, d'élimination et de recyclage sont considérés en dehors des limites du système. Par souci de simplicité, l'étude s'arrête à la Chine, car dans le cas des panneaux les externalités dans les pays du Sud sont considérées par l'auteur comme négligeables (mais alourdissent encore les résultats).

Voici les résultats obtenus. Les graphiques suivants illustrent l'énergie, les surfaces de terres, les heures de travail et le CO<sub>2</sub> externalisé en Chine, **pour 10.000 USD échangés**.





Les résultats suggèrent que les installations solaires déployées en Allemagne auraient impliqué des coûts financiers et des charges environnementales nationales beaucoup plus élevés si l'Allemagne ne s'était pas engagée dans le commerce susmentionné avec la Chine entre 2002 et 2018.

L'auteur évalue ces coûts financiers : *Cela montre que le prix des modules solaires photovoltaïques serait au moins 15 fois plus élevé s'ils étaient produits en Allemagne plutôt qu'en Chine.*

Quant à la charge environnementale déplacée : *...il aurait fallu 40 fois plus d'énergie, 115 fois plus de terrain, 32 fois plus de main-d'œuvre et 34 fois plus d'équivalent CO<sub>2</sub> à l'Allemagne pour installer les modules solaires photovoltaïques s'ils avaient été produits dans le pays plutôt qu'en Chine.*

Si l'Allemagne avait imaginé développer elle-même ses panneaux, son retour sur investissement énergétique (EROI) aurait été très faible (2,2 pour 1) et insuffisant pour maintenir une pareille industrie. L'externalisation en Chine amène un EROI à 77 pour 1 !

Quant à la densité de puissance au m<sup>2</sup>, l'externalisation en Chine permet à l'Allemagne d'atteindre 143 W/m<sup>2</sup> alors qu'avec une production locale la densité de puissance aurait été de seulement 4,3 W/m<sup>2</sup>, bien insuffisante pour soutenir les sociétés industrielles sans pressions

significatives sur les approvisionnements alimentaires nationaux, perte notable d'habitats et probable augmentation des prix du foncier.

## Conclusions

Ces résultats montrent “*qu'un transfert asymétrique mondial de ressources est essentiel à la concentration et au fonctionnement des infrastructures technologiques modernes au cœur du monde et ne doit pas être interprété comme distinct du progrès technologique et des améliorations de l'efficacité.*”

La même conclusion peut être énoncée pour toutes les innovations de la “croissance verte”.

Dans le cas de la voiture électrique, l'ACV intègre généralement la production de CO2 de la fabrication. Mais les politiques occidentales qui qualifient la voiture électrique de “solution bonne pour le climat” oublient les externalités négatives relatives à l'extraction de matières, aux pollutions généralement irréversibles et à l'exploitation des personnes forcées à travailler dans des conditions déplorables et pour des salaires de misère.

Et plus encore, la même conclusion prévaut pour tous les objets que nous faisons fabriquer dans les pays de la périphérie ou de la semi-périphérie. Ce principe d'exploiter quasi gratuitement les ressources des pays qui ont été colonisés a amené les auteurs Markus Wissen et Ulrich Brand à introduire la notion de **mode de vie impérial** (<sup>9</sup>).

Je reprends ici des extraits de la conclusion du livre de Andreas Roos (<sup>10</sup>)

“*Cela représente le cœur du problème concernant l'abandon des combustibles fossiles au moyen de technologies avancées, car le débit matière-énergie sous-jacent sera simplement transformé en nature, et non en magnitude. Dans la mesure où le changement climatique est atténué par la technologie photovoltaïque solaire sans s'attaquer à ce flux, le risque est que le changement climatique soit remplacé par une autre préoccupation éco-existentielle d'une ampleur équivalente.*”

Nous pensons qu'une extension sans fin de la technosphère ne permettra de maintenir une relation durable à long terme avec la biosphère, comme le prétendent les propositions de croissance « verte ».

“*Cette relation durable ne peut être atteinte que par une décroissance progressive axée sur le bien-être, la justice et les limites écologiques.*”

---

<sup>9</sup> <https://luxediteur.com/catalogue/le-mode-de-vie-imperial/>

<sup>10</sup> Andreas Roos 2023, op.cit.