

Comment marche le recyclage des panneaux solaires photovoltaïques ?

[Les panneaux photovoltaïques](#) sont considérés, à raison, comme une solution propre et durable pour la production d'électricité. Le recyclage des panneaux solaires en fin de vie est nécessaire pour limiter leur empreinte environnementale. 99% des métaux qu'ils contiennent peuvent être récupérés, réduisant ainsi le besoin d'en extraire et produire de nouveaux.

Les procédés de recyclage

Le recyclage d'un panneau photovoltaïque commence par le retrait des câbles électriques.

La principale technique utilisée est **le broyage** pour séparer les différentes couches de matériaux, notamment le verre, le plastique, et les cellules photovoltaïques. Le cadre en aluminium doit être démonté en amont.

La technique de **délamination**, créée au Japon, consiste à découper le panneau en séparant la couche de verre de ses composants métalliques, notamment l'aluminium et la très fine cellule photovoltaïque, avec des lames longues d'une vingtaine de mètres chauffées à 300°C.

**Le verre** représente environ 75 % du panneau. L'usage du délamineur permet de faire sortir des plaques de verre transformées en verre plat sous forme de vitres, de vérandas ou de flacons de parfum par exemple, quand la méthode broyage utilise les morceaux de verre en sous-couche routière.

Les cellules photovoltaïques sont traitées pour récupérer les métaux précieux, tels que **le silicium, l'argent et le cuivre**, via un traitement thermique et chimique. Ils peuvent ensuite **être revalorisés** pour l'industrie solaire, ou celle des batteries électriques ou des semi-conducteurs ; participant ainsi à une économie circulaire plus durable.

L'argent représente moins de 0,1% d'un panneau solaire mais 20% de sa valeur. Selon l'Agence internationale de l'énergie, 60% de l'argent présent dans les panneaux solaires pourrait à terme venir de panneaux recyclés.

Le silicium représente à lui seul 40% de la valeur d'un panneau.

De quelle quantité de matière parle-t-on ?

Un rapport publié par [l'IRENA\(1\)](#) en 2016 estimait qu'il pourrait y avoir entre 54 et 160 millions de tonnes de déchets provenant de panneaux solaires d'ici 2050 dans le monde. Soren, l'éco-organisme chargé du recyclage des panneaux solaires, a doublé son estimation initiale sur les besoins de la filière naissante, à 300 000 tonnes d'ici 2030 en France.

Soit relativement peu si on compare ces chiffres aux estimations d'autres industries à la même échéance : 12 000 millions de tonnes de déchets plastiques(2), 1 800 millions de tonnes de déchets électroniques(3), 45 000 millions de tonnes de cendres de [charbon](#) et 249 millions de tonnes de boues huileuses de [pétrole\(4\)](#) – sans même parler des [émissions de gaz à effet de serre](#) inhérentes.

En 2023, plus de 5 200 tonnes de panneaux photovoltaïques en fin de vie ont été récupérées en France, provenant de **260 000 panneaux**, soit 37% de plus que l'année précédente.

Le marché du recyclage des panneaux solaires pourrait peser près de 80 milliards de dollars en 2050, d'après une étude du cabinet Rystad Energy.

La filière française

La première unité de traitement de panneaux usagés avait été ouverte [à Rousset \(Bouches-du-Rhône\) par Veolia en 2018](#) et a fermé en 2023. Trois autres ont ouvert entre temps : à Haluin dans le Nord, [à Saint-Loubès en Gironde](#) et à La Mûre en Isère.

La réglementation européenne oblige tout importateur ou fabricant de panneaux présent sur le continent à les collecter et à les traiter lorsqu'ils arrivent en fin de vie.

L'éco-organisme Soren<sup>(5)</sup> est chargé d'organiser la filière de recyclage des déchets de l'énergie solaire en France.

Des panneaux solaires de plus en plus durables

Les panneaux solaires photovoltaïques d'aujourd'hui sont conçus pour avoir une durée de vie moyenne d'environ 25 à 30 ans, et l'industrie se dirige vers une espérance de vie allant jusqu'à 50 ans<sup>(6)</sup>.

La fabrication des panneaux solaires nécessite des [minerais](#) comme le silicium, l'argent, l'aluminium ou le tellure de cadmium. Elle consomme aussi de l'énergie, tout comme pour son transport. Mais il y a eu des avancées technologiques significatives permettant de limiter l'usage de certains [métaux critiques](#)<sup>(7)</sup>.

Les cellules à couche mince (amorphes, en couches minces de cuivre, d'indium, de gallium et de sélénium – CIGS), l'usage de matériaux comme les polymères conducteurs et la miniaturisation des composants font que **moins de minerai sont nécessaires** qu'avec les traditionnels panneaux en silicium monocristallin ou polycristallin<sup>(8)</sup>.

Les cellules solaires à pérovskite, les revêtements anti-reflets et les trackers solaires pour suivre la trajectoire du soleil tout au long de la journée ont permis d'**augmenter la production**.

Enfin concernant la toxicité des matériaux utilisés, les avancées sont telles que les risques concrets pour la santé humaine suite à la pollution des panneaux solaires dans l'environnement – par exemple suite à des fuites en cas de pluie – sont aujourd'hui négligeables<sup>(9)(10)</sup>.

Réparer plutôt que recycler trop tôt

De nombreux panneaux défectueux sont envoyés en filière de recyclage alors qu'ils pourraient être réparés et produire de l'électricité pendant des années.

Dans les centrales, **des vols de drones embarquant des caméras thermiques** permettent de repérer des anomalies.

En France, l'entreprise SolReed, incubée au [CEA](#) à Bourget-du-Lac, travaille sur des **unités de maintenance mobiles de détection** et de réparation des panneaux. Les tests visuels, par simulateur solaire ou par injection de courant électrique permettent d'identifier les composants (câbles, diodes, soudures) afin de les réparer, plutôt que de mettre le panneau au rebut.

Elle compte aussi développer des **outils de surveillance** qui pourront monitorer en temps réel les performances électriques de chaque panneau solaire.

Les pertes de capacités de production occasionnées pour les parcs solaires par les panneaux défectueux sont évaluées à 6 GW en Europe. Le réemploi permettrait un gain économique de 30% par rapport à un panneau neuf.

La filière de la revente de **panneaux solaires d'occasion**, reconditionnés au préalable, n'en est qu'à ses débuts. En parallèle commence aussi le commerce informel de panneaux usagés à destination notamment de l'Afrique et de l'Asie.

dernière modification le 24 septembre 2024

#### Sources / Notes

1. [End-of-life management: Solar Photovoltaic Panels, Irena, juin 2016.](#)
2. [Global Plastics Outlook, OCDE.](#)
3. [The Global E-waste Monitor 2020.](#)
4. [Solid waste from the operation and decommissioning of power plants, janvier 2017.](#)
5. [Site de Soren.eco](#)
6. [Towards 50 years lifetime of PV panels laminated with silicone gel technology, Solar Energy, octobre 2012.](#)
7. [Metals for Clean Energy: Pathways to solving Europe's raw materials challenge.](#)
8. [Les panneaux solaires, fer de lance de la transition ou casse-tête pour le recyclage ? Le vrai du faux, Serge Besanger, 2023](#)
9. [A review of Safety, Health and Environmental \(SHE\) issues of solar energy system, Renewable and Sustainable Energy Reviews, janvier 2015.](#)
10. [Environmental health and safety \(EHS\) issues in III-V solar cell manufacturing.](#)

[Les grandes orientations de l'innovation pour les technologies photovoltaïques, août 2023](#)