

# Recyclage des installations photovoltaïques



## Table des matières

<u>I Quelles sont les technologies de panneaux solaires les plus utilisées ?</u>	3
<u>II Quelle est alors la composition de ces panneaux ? Sont-ils recyclables ?</u>	4
1 Panneaux cristallins :	4
2 Panneaux couches minces :	5
<u>III Problématique : L'explosion du nombre de panneaux solaires en fin de vie</u>	6
<u>IV Quelle organisation autour du recyclage en Europe ?</u>	7
<u>V Quelles sont les réglementations dans le reste du monde ?</u>	8
<u>VI La question du recyclage des onduleurs solaires</u>	8

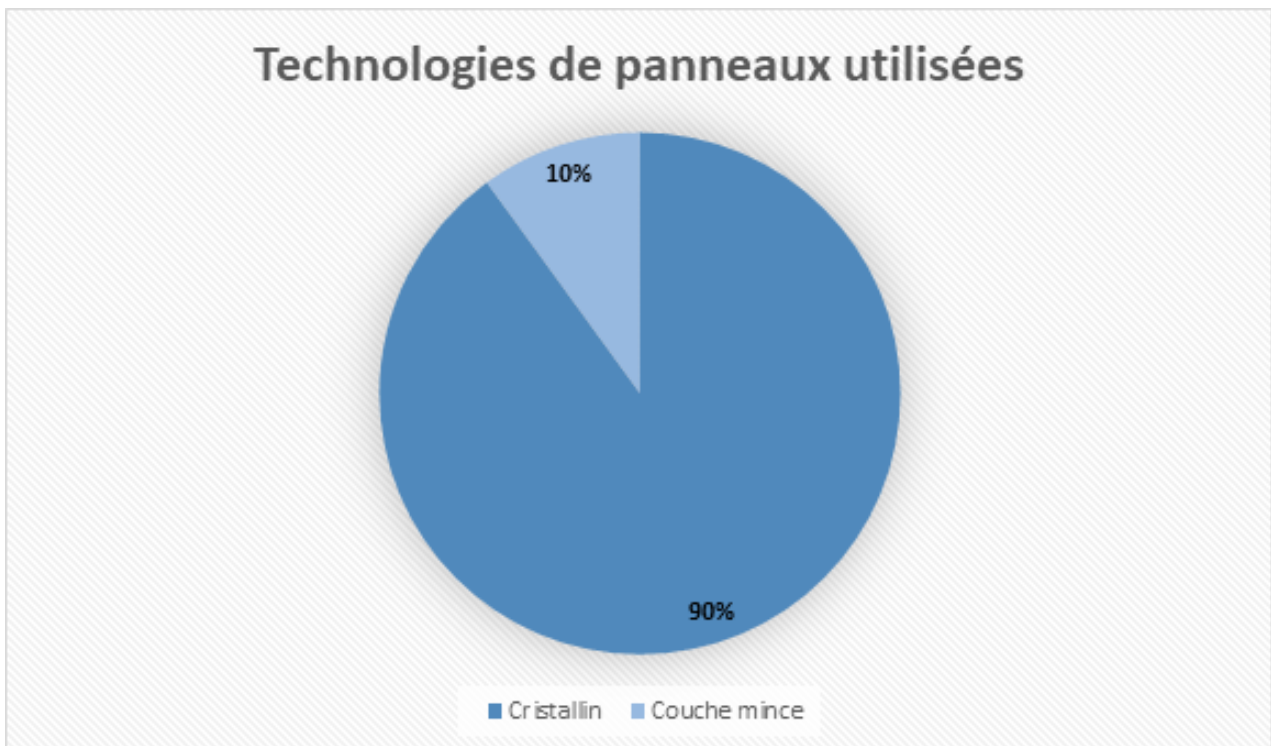
## Index des illustrations

<u>Source 1: Fin de vie des panneaux photovoltaïques : l'Europe en première ligne sur le recyclage   Energies &amp; Environnement.....</u>	4
<u>Source 2: <i>Fichier:Composition panneaux aux couches minces.png</i>.....</u>	5
<u>Source 3: <a href="https://energie.sia-partners.com/20190527/fin-de-vie-des-panneaux-photovoltaïques-leurope-en-premiere-ligne-sur-le-recyclage">https://energie.sia-partners.com/20190527/fin-de-vie-des-panneaux-photovoltaïques-leurope-en-premiere-ligne-sur-le-recyclage</a>.....</u>	6

*Certains détracteurs des installations photovoltaïques pointent du doigt la pollution créée par la fabrication et le recyclage de ces dernières. Sachant que les panneaux solaires usagés sont de plus en plus nombreux (les panneaux photovoltaïques de première génération arrivent en fin de vie), il est bien légitime de se poser la question de l'empreinte écologique de telles installations. C'est pourquoi nous allons nous attarder ici sur le sujet du recyclage de ces installations afin de voir si ces critiques sont justifiées.<sup>1</sup>*

## I Quelles sont les technologies de panneaux solaires les plus utilisées ?

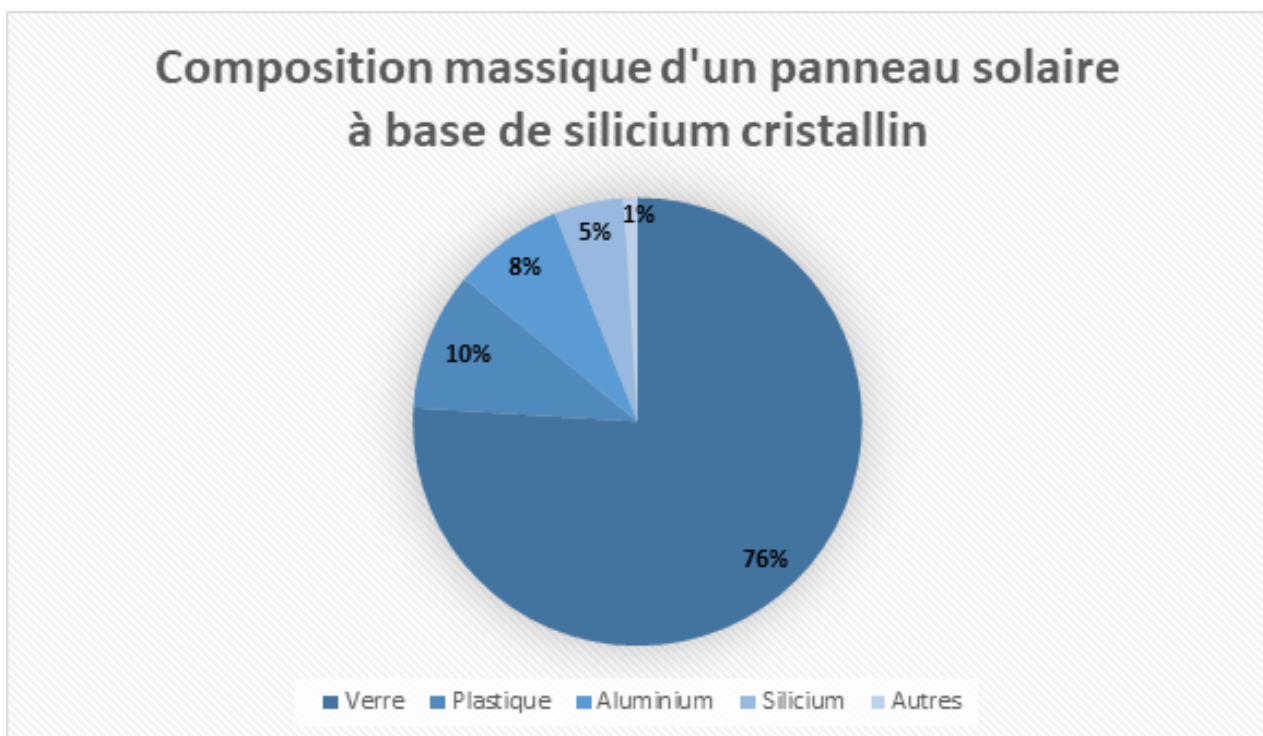
Sur le marché actuel, on retrouve deux principales technologies de panneaux : les panneaux « cristallins » à base de silicium cristallin qui représentent aujourd'hui environ 90% du marché, et les panneaux « à couches minces ».



## II Quelle est alors la composition de ces panneaux ? Sont-ils recyclables ?

### 1 Panneaux cristallins :

Les panneaux photovoltaïques « cristallins » sont en théorie 100% recyclables parce que les éléments qui le composent le sont aussi.<sup>2</sup> Dès lors, la principale difficulté rencontrée lors du recyclage des panneaux solaires est le désassemblage des panneaux et le tri des différents éléments. Après retrait du cadre, un traitement thermique est appliqué au panneau pour faire fondre les plastiques et libérer le verre et les cellules conductrices qui sont ensuite traitées chimiquement pour extraire le silicium. Une fois triés, les éléments tels que le verre et l'aluminium sont facilement recyclables à l'infini grâce à des techniques maîtrisées dans les filières de recyclage traditionnelles tandis que le silicium peut être recyclé et réutilisé jusqu'à quatre fois : Il est mis sous forme de plaquettes qui sont soit utilisées directement pour la fabrication de nouvelles cellules si elles ont été récupérées dans leur intégrité, soit fondues et intégrées dans le process de fabrication des lingots de silicium. Le plastique, lui, est refondu ou brûlé pour générer de l'électricité. D'autres éléments comme le cuivre et l'argent se retrouvent en faible quantité et requièrent un traitement spécifique et seront par la suite réutilisés.



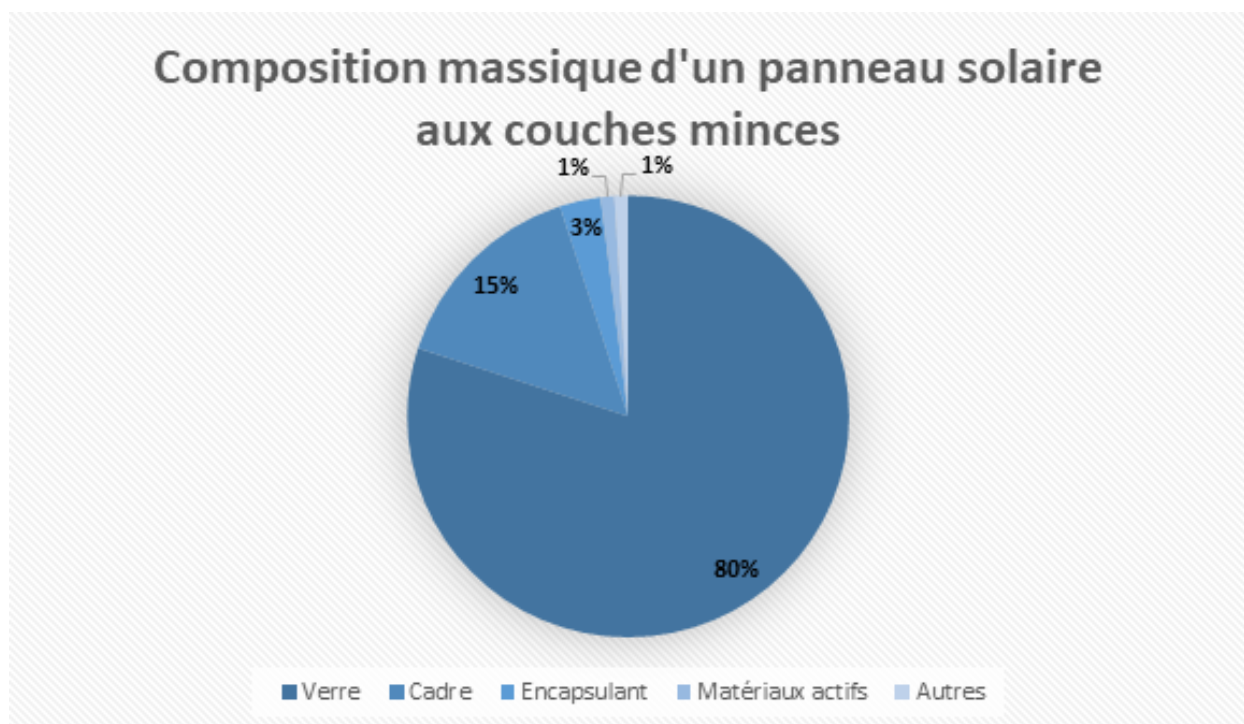
*Source 1: [Fin de vie des panneaux photovoltaïques : l'Europe en première ligne sur le recyclage](#) | [Energies & Environnement](#)*

## 2 Panneaux couches minces :

Les panneaux photovoltaïques « couches minces » sont composés de silicium amorphe ou d'autres semi-conducteurs complexes (indium, gallium, tellure...) qui représentent les matériaux actifs. Ces derniers sont soi-disant des terres rares mais ce ne sont que des matériaux un peu moins répandus que le silicium qui est le deuxième élément le plus présent après l'oxygène sur Terre !<sup>3</sup>

Les différentes couches peuvent être séparées par des procédés mécaniques, puis subir divers traitements physiques, chimiques, électrochimiques ou hydrométallurgiques individuels. L'ensemble d'une cellule, voire d'un panneau, peut également être broyé. Le verre et l'encapsulant sont alors séparés mécaniquement ou chimiquement. Les autres constituants sont ensuite triés, avant d'être récupérés puis traités. Chaque traitement doit être choisi méthodiquement en fonction du type de cellule à recycler, notamment lorsque l'on traite des entités renfermant des éléments potentiellement toxiques pour l'Homme ou pour l'environnement (cas des cellules au CdTe).

Environ 90 % du verre et 95 % des semi-conducteurs qui composent une cellule à couches minces sont récupérables. Au final, le cadmium, le tellure, mais aussi le gallium et l'indium, sont remis sur le marché des matières premières.



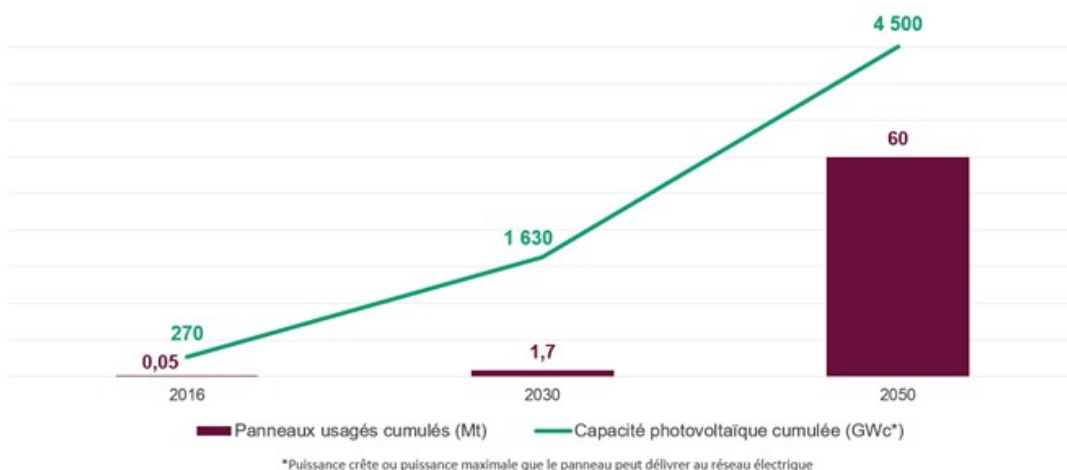
Source 2: [Fichier:Composition panneaux aux couches minces.png](#)

### III Problématique : L'explosion du nombre de panneaux solaires en fin de vie

Le secteur du solaire connaît aujourd'hui un développement important en France : 80 000 tonnes de panneaux photovoltaïques étaient en fonctionnement sur le territoire fin 2017 (7,7 GWc) et on suppose que le triple doit être attendu en 2023.<sup>4</sup> D'une durée de vie estimée à une vingtaine d'année, ces panneaux deviendront autant de déchets à traiter, les panneaux ne fonctionnant qu'à 80% de leur capacité après vingt ans d'utilisation.<sup>5</sup>

A l'heure actuelle, les déchets photovoltaïques proviennent essentiellement des défauts de fabrication et de la casse occasionnée lors du transport et de l'installation des panneaux. Ils sont dirigés vers la filière de traitement des déchets des équipements électriques et électroniques. Mais si, dans un premier temps, la quantité de déchets reste modeste, celle-ci augmentera rapidement en raison de l'accélération du déploiement de panneaux photovoltaïques à partir de 2005. L'arrivée progressive en fin de vie de la première génération de panneaux solaires installés au début des années 2000 rend nécessaire la mise en place d'une filière de traitement. En effet, la quantité de panneaux solaires arrivant en fin de vie double chaque année en Europe avec une prévision de 35 000 tonnes de déchets photovoltaïques en 2020, selon une étude menée par l'éco-organisme PV Cycle. Au niveau mondial, ce ne sont pas moins de 60 millions de tonnes de panneaux photovoltaïques usagés qui sont attendues en cumulé d'ici 2050, selon l'Agence Internationale des Energies Renouvelables.<sup>6</sup>

Projection de la capacité et de la quantité de déchets photovoltaïques cumulées mondiales, 2016-2030



Source : Rapport sur la gestion de la fin de vie des panneaux photovoltaïques (Juin 2016) par l'Agence Internationale des Energies Renouvelables

Source 3: <https://energie.sia-partners.com/20190527/fin-de-vie-des-panneaux-photovoltaïques-leurope-en-premiere-ligne-sur-le-recyclage>

#### **IV Quelle organisation autour du recyclage en Europe ?**

La filière du recyclage s'est développée en Europe grâce notamment à la mise en place d'une réglementation stricte pour la fin de vie des panneaux. En effet, avec la mise en place de la directive européenne de 2003 concernant les déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E), l'Union Européenne a mis en place le principe de responsabilité élargie des producteurs. En 2007, l'éco-organisme européen à but non lucratif, PV CYCLE, est créé pour assurer la collecte de ces panneaux dans le but de les recycler.

En France, tout les fabricants, importateurs, distributeurs ou propriétaires de panneaux solaires payent une redevance moyenne de 70 centimes par panneau à PV CYCLE France, la déclinaison nationale de l'organisme européen, pour financer le recyclage. Le barème d'éco-participation <sup>7</sup> est fonction du poids des panneaux et de leur technologie afin de mieux refléter la réalité des coûts de fin de vie de chaque type d'équipement. Veolia a remporté un appel d'offre lancé par l'éco-organisme pour prendre en charge le traitement de valorisation des panneaux usagés jusqu'en 2021. L'organisme et Veolia se rémunèrent également sur la vente des matériaux recyclés.

En Juillet 2018, Veolia a donc ouvert la toute première usine de recyclage en Europe exclusivement dédiée aux panneaux solaires à Rousset près d'Aix-en-Provence. Sur le site, les panneaux sont débarrassés de leur cadre et des câbles électriques. Les plaques de verre cristallin sont alors broyées à plusieurs reprises, permettant le tri et la séparation de poudre de verre, de poussière de silicium, de filaments métalliques et de paillettes de plastique. Grâce à cette nouvelle technologie de recyclage, l'usine assure un taux de valorisation de 95%. Tous les composants sont ensuite redirigés vers leurs filières respectives. La nouvelle usine, qui a nécessité un million d'euros d'investissement et quatre ans de recherche de la part de Veolia, a traité 1 800 tonnes de matériaux dès sa première année de fonctionnement en 2018. A terme, le site aura une capacité de traitement de 4 000 tonnes de panneaux par an et Veolia espère assurer la valorisation de 65% des panneaux photovoltaïques d'Europe. Le groupe Veolia vise une rentabilité dès 2019 pour son usine, et envisage de reproduire ce type de site en Asie ou en Amérique du Nord dans les années à venir pour répondre à la future explosion de la demande.<sup>8</sup>

## **V Quelles sont les réglementations dans le reste du monde ?**

En 2050, selon les prévisions de l'Agence International des Énergies Renouvelables, seulement 5 pays seront responsables de la mise sur le marché de 60% des panneaux solaires usagés : la Chine, les Etats-Unis, le Japon, l'Inde et l'Allemagne. Aucun, à l'exception de l'Allemagne avec la directive européenne, ne possède une réglementation spécifique encadrant la fin de vie des panneaux photovoltaïques. Pourtant, ce volume de déchets renferme 15 milliards de dollars de matériaux valorisables s'ils sont récupérés et injectés dans l'économie.

## **VI La question du recyclage des onduleurs solaires**

Une installation solaire est composée de panneaux photovoltaïques et d'onduleurs solaires qui vont convertir la tension continue produite par les cellules en tension alternative. La question du recyclage des onduleurs va donc de paire avec celle des panneaux.

Les onduleurs tout comme les modules photovoltaïques font partis de la catégorie des EEE (Équipements Électriques et Électroniques). La filière de collecte et de recyclage des D3E est opérationnelle en France depuis 2005 pour le milieu professionnel et 2006 pour le ménage. Depuis 2005 les fabricants doivent réaliser à leur frais la collecte et le recyclage de leurs produits. Depuis 2012, les modules photovoltaïques en font parti.

On sait que les modules photovoltaïques sont recyclable à 100% dans la théorie mais celui des onduleurs est un problème. Il est collecté pour être recyclé par PV CYCLE. La réglementation qui s'applique est celle en vigueur depuis 2006 aux D3E dont une partie part en déchet ultime (matériaux toxiques). Cette problématique est la même que celle de tous les autres matériaux informatiques.

Il faut garder en tête que les onduleurs représentent qu'une petite partie de la masse totale des déchets des installations photovoltaïques.



Sources :

Modules photovoltaïques:

[La rareté de certains métaux peut-elle freiner le développement des énergies renouvelables ?](#)

[Fin de vie des panneaux photovoltaïques : l'Europe en première ligne sur le recyclage | Energies & Environnement](#)

[Recyclage des panneaux solaires : plus facile qu'on ne le dit !](#)

Onduleurs :

[Déchets d'équipements électriques et électroniques](#)

[Démontage et recyclage des installations photovoltaïques](#)

[Le photovoltaïque, ça pollue ?](#)

[Le recyclage des DEEE : 1re étape - La collecte des déchets d'équipements électriques et électroniques](#)

Vidéo recyclage des D3E :

[Recyclage des DEEE : chaîne de démantèlement Paprec D3E - Reportage France 5](#)

Nom du site	URL	Auteur	Date
Futura planète	<sup>1</sup> <a href="#"><u>Le silicium, star du photovoltaïque   Dossier</u></a>	Quentin MAUGUIT	24/08/2015
TECSOL	<sup>2</sup> <a href="#"><u>Tribune/LG Solar décrypte les idées reçues sur les panneaux photovoltaïques</u></a>	André JOFFRE	09/11/2019
Décrypter l'énergie	<sup>3</sup> <a href="#"><u>La rareté de certains métaux peut-elle freiner le développement des énergies renouvelables ?</u></a>	/	19/11/2015
Le Parisien	<sup>4</sup> <a href="#"><u>Energie solaire : une usine française va recycler les panneaux photovoltaïques</u></a>	Frédéric MOUCHON	20/03/2017
Actu environnement	<sup>5</sup> <a href="#"><u>Publi-reportage - Panneaux solaires : quel impact sur l'environnement ?</u></a>	/	01/12/2014
IRENA	<sup>6</sup> <a href="#"><u>End-of-life management: Solar Photovoltaic Panels</u></a>	Stephanie WECKEND	Juin 2016
PVCYCLE	<sup>7</sup> <a href="#"><u>Barème des écoparticipation</u></a>	/	Janvier 2020
Living Circular	<sup>8</sup> <a href="#"><u>France, une première usine dédiée au recyclage des panneaux solaires</u></a>	/	26/03/2019