



TASK 12 Durabilité des systèmes PV

PVPS

FICHE D'INFORMATION

Évaluation du cycle de vie de l'électricité produite par des systèmes photovoltaïques

2023 MISE À JOUR DE DONNÉES

Auteurs: Stucki, M., Götz, M., de Wild-Scholten, M., Frischknecht, R.

TASK 12 Managers:

Garvin Heath, NREL, USA

Etienne Drahi, TotalEnergies, France

Analyse du cycle de vie

L'évaluation du cycle de vie (ACV) est une méthode structurée et complète pour quantifier et évaluer des flux de matières et d'énergie ainsi que leurs émissions associées à partir de :

- 01 **Fabrication** - extraction des ressources, production de matières premières, fabrication de plaquettes, de cellules et de panneaux
- 02 **Transport** - distribution et stockage
- 03 **Installation** - montage sur le toit et câblage
- 04 **Utilisation** - sur une période de 30 ans et entretien
- 05 **Fin de vie** - démantèlement, recyclage, gestion des déchets

Périmètre

Le périmètre de cette étude représente un système photovoltaïque résidentiel typique:

- 1 kWh d'électricité AC produite avec un système PV monté sur un toit de 3 kWc en Europe
- Le périmètre inclut le panneau solaire, le câblage, la structure de montage, l'onduleur et l'installation du système
- Production annuelle de 976 kWh/kWc, irradiation en plan de 1.331 kWh/m²
- Dégradation linéaire : 0,7 %/an¹
- Durée de vie : panneau solaire 30 ans, onduleur 15 ans



Cette étude comprend quatre technologies de modules PV avec les efficacités suivantes :

1. Tellure de Cadmium (CdTe) : 18,4 %
2. Cuivre-Indium-Gallium-Sélénium (CIS/CIGS²) 17,0 %
3. Silicium multicristallin (multi-Si, BSF²) 18,0 %
4. Silicium monocristallin (mono-Si, PERC/TOPCon³) : 20,9 %

¹ Selon la méthodologie actuelle de l'ACV de la Task 12 (IEA PVPS T12-28-2020), les résultats peuvent être ajustés en supposant une relation linéaire avec le rendement qui dépend du taux de dégradation. Pour un taux de dégradation de 0,5 %, il suffit de multiplier les résultats par un facteur de 0,968 ; tandis que pour un taux de dégradation de 0,9 %, il faut multiplier les résultats par un facteur de 1,053.

² Pour les technologies multi-Si et CIS/CIGS, aucune donnée spécifique à la technologie n'était disponible pour cette mise à jour en raison des parts de marché actuellement très faibles.

³ La demande en électricité, en chaleur et en silicium pour la production de mono-Si a été mise à jour en se basant sur les données de production actuelles provenant de plusieurs fabricants.

Temps de retour énergétique



Le temps de récupération de l'énergie non renouvelable est défini comme la période nécessaire pour qu'un système d'énergie renouvelable génère la même quantité d'énergie (en termes d'équivalent d'énergie primaire non renouvelable) que celle utilisée pour produire le système lui-même :

	UNITÉ	Mono-Si	Multi-Si	CIS	CdTe
TREN	an	1.0	1.2	1.2	0.8



Impacts environnementaux

Les émissions de carbone associées à la production de 1 kWh d'électricité solaire à partir de systèmes photovoltaïques sont bien inférieures aux émissions des générateurs de combustibles fossiles, qui peuvent émettre jusqu'à 1 kg de CO₂ par kWh.

	UNITÉ	Mono-Si	Multi-Si	CIS	CdTe
Émissions de gaz à effet de serre	g CO ₂ eq	35.8 ⁴	43.6	35.5	25.2
Utilisation des ressources, combustibles fossiles	MJ	0.44	0.52	0.51	0.35
Utilisation des ressources, minéraux et métaux	mg Sb eq	5.04	5.30	4.64	5.22
Matière particulaire	10 ⁻⁹ incidences des maladies	2.87	3.97	1.34	1.04
Acidification	mmol H ⁺ eq	0.29	0.36	0.21	0.18
Efficacité du module	%	20.9	18.0	17.0	18.4
Données	période de référence	2020 - 2023	2019 - 2021	2010/2020	2020 - 2022

⁴ Les contributions des modules PV: 20.2 g CO₂-eq (56 %) ; onduleur : 9.9 g CO₂-eq (28 %) ; reste : 5.8 g CO₂-eq (16 %)

Changements d'impact environnemental

Les changements dans les impacts environnementaux par rapport aux systèmes de 2021 sont présentés dans le tableau ci-dessous. Les pourcentages supérieurs à 100 % indiquent une augmentation de l'impact environnemental, tandis que les pourcentages inférieurs à 100 % reflètent une diminution de cet impact par rapport aux données précédentes.

	Mono-Si	Multi-Si	CIS	CdTe
Émissions de gaz à effet de serre	83 %	99 %	100 %	99 %
Utilisation des ressources, combustibles fossiles	87 %	99 %	100 %	99 %
Utilisation des ressources, minéraux et métaux	97 %	100 %	100 %	100 %
Matière particulaire	74 %	102 %	109 %	108 %
Acidification	80 %	99 %	100 %	99 %
Période de référence	2020 - 2023 (2019 - 2021)	2019 - 2021 (2019 - 2021)	2010/2020 (2010/2020)	2020 - 2022 (2019 - 2020)



Principaux changements depuis 2021

Panneaux PV Mono-Si

- augmentation de l'efficacité des panneaux (menant à une diminution des impacts environnementaux sur le cdv)
- réduction des pertes de sciage / demande réduite de poly-Si (entraînant une diminution des impacts sur le cdv)
- baisse de la demande en électricité et en énergie thermique pour la fabrication du silicium de qualité solaire, des plaquettes, des cellules et des panneaux (entraînant une diminution des impacts sur le cdv)

Panneaux PV CdTe

- augmentation de l'efficacité des panneaux (diminution des impacts)

Toutes les technologies

- nouvelles versions des méthodes d'évaluation du cycle de vie (légers écarts dans les impacts)

Évolution des émissions de gaz à effet de serre au fil du temps pour les systèmes PV Mono-Si

Le tableau ci-dessous montre le changement des émissions de gaz à effet de serre de l'électricité produite par un système PV résidentiel sur le toit en Suisse utilisant la technologie de module monocristallin. La réduction des émissions est due à l'augmentation de l'efficacité et aux améliorations du processus de fabrication.

	UNITÉ	1996	2003	2007	2014	2016	2020	2021	2023
Émissions de gaz à effet de serre	g CO ₂ eq/kWh	121	72	76	80	107	43	43	36
Efficacité du module	%	13.6	14.8	14.0	14.0	15.1	19.5	20.0	20.9
Rendement annuel	kWh/kWp	862	882	922	922	882	976	976	976

Objectifs de la Task 12

- Quantifier le profil environnemental du PV par rapport aux autres technologies énergétiques;
- Définir et aborder les questions de santé, de sécurité environnementale et de durabilité qui sont importantes pour la croissance du marché.

Sous-Tâches de la Task 12



1. Économie circulaire (CE)
2. Évaluation du cycle de vie (ACV)
3. PV Intégré dans les Écosystèmes (ecoPV)
4. Aspects de durabilité élargis (BSA)

La Task 12 est gérée conjointement par le National Renewable Energy Laboratory (NREL) et TotalEnergies OneTech. Le soutien du DOE et de TotalEnergies est sincèrement apprécié.

