

RECYCLAGE DES INSTALLATIONS PHOTOVOLTAÏQUES

Jakob Vollenweider, Société Mont-Soleil, 19 novembre 2018

Résumé

Le recyclage des installations photovoltaïques s'effectue selon des procédés standard bien établis qui sont par ailleurs facilement extensibles. Aucune difficulté fondamentale n'est à prévoir dans les décennies à venir à l'égard de la très forte augmentation par rapport à aujourd'hui des volumes de matériaux à recycler provenant d'installations photovoltaïques. En Suisse, l'élimination et le recyclage des installations photovoltaïques sont financés par une taxe d'élimination et de recyclage anticipée. La reprise et l'élimination des installations photovoltaïques sont largement réglementées par les pouvoirs publics, tant au niveau national qu'international. De ce fait, la plupart des informations pertinentes sur les réglementations, les processus courants de travail et les marchés sont librement accessibles en ligne.

Bases légales

Au niveau européen, par exemple, l'Association européenne pour le recyclage des panneaux solaires (PV Cycle) fournit des informations complètes [1].

En Suisse, la reprise et le recyclage des installations photovoltaïques sont régis par l'ordonnance sur la restitution, la reprise et l'élimination des appareils électriques et électroniques du 14 janvier 1998 (OREA; RS 814.620; en cours de révision). L'acheteur a généralement l'obligation de restituer les installations photovoltaïques et le vendeur est tenu de les reprendre. La taxe actuelle d'élimination et de recyclage anticipée de 40 CHF par tonne permet d'alimenter les fonds pour l'élimination, le transport et le recyclage [2].

L'Association suisse des professionnels de l'énergie solaire (Swissolar) et SENS eRecycling ont signé le 1^{er} janvier 2014 un accord de coopération qui régit les aspects importants de la reprise et de l'élimination des installations photovoltaïques en Suisse [3]. La Fondation SENS (Sustainability Expertise Network Solution) est un organisme indépendant, neutre, à but non lucratif et d'utilité publique dont les activités sont représentées par la marque SENS eRecycling [4]. Pour le commerce et pour les consommateurs, SENS eRecycling met en place une solution respectueuse de l'environnement pour la reprise et le recyclage des modules photovoltaïques, accessoires compris. La solution repose sur des contrôles stricts.

Méthodes de recyclage

Les modules photovoltaïques sont essentiellement conçus comme des pare-brises de voiture (des cellules solaires enrobées de films de protection et de vitres et maintenues par un cadre en aluminium) et sont donc recyclés comme le verre plat. Les modules photovoltaïques courants sont composés à près de 90% de verre, qui est broyé lors du recyclage. Après le broyage, le verre brisé est soit réintroduit dans la production de verre plat, soit utilisé pour la production de produits moins exigeants du point de vue de la qualité (laine de verre isolante, etc.).

Les plaquettes de silicium non polluants ne sont pas recyclées séparément mais déchetées avec le verre des modules photovoltaïques. Le traitement chimique des plaquettes de silicium

ne s'est pas généralisé à l'échelle industrielle [5]. Le silicium est le deuxième élément le plus courant de la croûte terrestre (26%). Il s'agit d'un composant de base pour le verre, la porcelaine, le silicone et la microélectronique. Les modules photovoltaïques cristallins (env. 90% de part de marché; [6]) sont toujours exempts de polluants. En revanche, les modules photovoltaïques à couche mince peuvent contenir des polluants. Le CdTe, le CIS et le CIGS en sont des exemples. En Suisse, seules de très faibles quantités de modules photovoltaïques contenant des polluants ont été reprises à ce jour. Les processus de reprise sont préparés. Le processus de recyclage des modules photovoltaïques contenant des polluants n'a pas encore été mis en place en Suisse. Toutefois, un projet d'étude correspondant a été lancé [5].

Les différents métaux des modules photovoltaïques sont traités dans des usines métallurgiques en vue d'une transformation ultérieure. Les plastiques utilisés dans les modules photovoltaïques sont généralement de qualité médiocre et sont soit incinérés, soit utilisés dans les cimenteries pour produire de l'énergie.

Lors de l'élimination d'une installation photovoltaïque, d'autres composants tels que les onduleurs, les câbles en cuivre, les structures de montage et les matériaux d'étanchéité doivent également être recyclés en plus des modules photovoltaïques. La reprise et le recyclage de ces composants photovoltaïques sont également organisés par l'intermédiaire de SENS eRecycling.

De plus en plus souvent, des systèmes d'accumulation électriques sont associés aux installations photovoltaïques et doivent également être recyclés en fin de vie. En Suisse, le recyclage des piles et batteries est régi par l'annexe 2.15 (Piles) de l'ordonnance sur la réduction des risques liés à l'utilisation de substances, de préparations et d'objets particulièrement dangereux (ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques, ORRChim; RS 814.81). BATREC Industrie AG à Wimmis est le seul prestataire suisse de recyclage de piles [7]. Comme pour les installations photovoltaïques, le recyclage des piles est financé par une taxe d'élimination anticipée (TEA). Cependant, en raison de la complexité du processus de recyclage des piles, la TEA est également beaucoup plus élevée (environ 3 CHF/kg; [8]) pour les systèmes d'accumulation électriques au lithium-ion que pour les installations photovoltaïques.

Flux de matériaux

En 2017, 337 tonnes de modules photovoltaïques ont été recyclées en Suisse. Cette quantité se compose de modules photovoltaïques (datant principalement des années 1980 et 1990) qui ont atteint la fin de leur vie ainsi que de modules issus de rappels de garantie et de cas d'incendie [9].

En se basant sur l'augmentation annuelle actuelle de la production photovoltaïque en Suisse de 240 MW_p (2017) et sur une durée de vie présumée des modules photovoltaïques de 33 ans [10], la quantité de modules photovoltaïques à recycler en 2050 peut être estimée sur la base d'une hypothèse ceteris paribus. Cette quantité devrait être environ 1000 fois plus élevée que les 337 tonnes de l'année 2017. Comme le recyclage des installations photovoltaïques est basé sur des procédés standard facilement extensibles, les flux de matériaux à traiter ne sont pas préoccupants, d'autant plus que des quantités aussi importantes, voire plus importantes, sont traitées dans d'autres domaines en Suisse (p. ex. dans le secteur automobile). La taxe d'élimination et de recyclage anticipée de 40 CHF/tonne (ajustée en fonction de l'inflation) ne devrait pas nécessairement augmenter de manière significative avec la hausse des quantités

de matériaux, à moins que des changements importants se produisent sur le marché, notamment en raison d'innovations technologiques, de la législation, etc.

Flux d'énergie

Il existe naturellement un lien étroit entre les flux de matériaux et d'énergie et, en fin de compte, aussi entre les flux de valeurs. Les facteurs d'influence déterminants (essentiellement le rapport poids/puissance (kg/kW_p) et la durée de vie des modules photovoltaïques) sont également identiques pour les flux d'énergie et pour les flux de matériaux.

Le taux de retour énergétique est un indicateur énergétique caractéristique fréquemment utilisé dans les installations de production d'énergie renouvelable. Il s'agit du ratio d'énergie produite par l'installation pendant toute sa durée de vie à la quantité d'énergie nécessaire pour sa fabrication, son installation, sa maintenance et son démontage. En Suisse, le taux de retour énergétique typique d'une installation photovoltaïque est de l'ordre de 10, c'est-à-dire que l'installation produit environ dix fois plus d'électricité pendant toute sa durée de vie que l'énergie utilisée pour sa fabrication, son installation, sa maintenance et son démontage. On peut supposer qu'avec une réduction supplémentaire du rapport poids/puissance des installations photovoltaïques, les taux de retour énergétiques typiques des installations photovoltaïques augmenteront considérablement à l'avenir.

Il convient de noter que le calcul du taux de récolte énergétique selon la méthode standard conformément à la norme ISO 14044 [11] peut malheureusement prendre beaucoup de temps, ce que laissent par exemple deviner les calculs de Frischknecht et al., qui ont été effectués dans le cadre d'un écobilan pour la centrale solaire Mont-Soleil [12]. Les difficultés sont principalement liées aux nombreuses questions de délimitation du système qui se posent lors du calcul de la consommation d'énergie primaire associée à la fabrication, à l'exploitation et à l'élimination de l'installation étudiée [13]. Malheureusement, dans la pratique, ces délimitations du système ne sont souvent pas réalisées avec le sérieux qui s'impose, soit par commodité, soit – pire encore – dans le but d'orienter le résultat. Par conséquent, les résultats pour lesquels il existe des doutes quant à la qualité des calculs sous-jacents devraient, par précaution, être comparés aux données correspondantes provenant de sources reconnues (par exemple [14]).

Liste des sources

- [1] www.pvcycle.org
- [2] SENS eRecycling, «Tarif- und Geräteliste gültig ab 01. Januar 2018».
- [3] Swissolar und SENS eRecycling, «Recycling von Solarmodulen geregelt», Medienmitteilung vom 22. Oktober 2013.
- [4] www.erecycling.ch
- [5] R. Eppenberger (SENS eRecycling), «PV-Module, Rücknahme und Recycling», Energie-APÉRO Aargau, 2016.
- [6] N. Armaroli, V. Balzani, «Solar Electricity and Solar Fuels: Status and Perspectives in the Context of the Energy Transition», Chemistry – A European Journal 22, Issue 1, (2016).
- [7] www.batrec.ch
- [8] Bundesamt für Umwelt (BAFU), «Entsorgungsgebühr wird ab 2012 für alle Batterien im Voraus erhoben», Medienmitteilung vom 07. Dezember 2011.
- [9] U. Muntwyler, E. Schüpbach, E. Eppenberger, «Nachhaltigkeit und Materialströme von Photovoltaik-Modulen in der Schweiz», 20. Status-Seminar «Forschen für den Bau im Kontext von Energie und Umwelt», ETH Zürich, 6./7. September 2018.
- [10] T. Hostettler (im Auftrag des Bundesamtes für Energie und von Swissolar), «Markterhebung Sonnenenergie 2017 – Teilstatistik der Schweizerischen Statistik der erneuerbaren Energien», Juli 2018.
- [11] ISO-Norm 14044, «Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen», 2006.
- [12] R. Frischknecht, et al., «Total pollution including "grey" pollution: life cycle analysis for the assessment of energy options», World Energy Council, 15th Congress, 20. – 25. September 1992.
- [13] M. Roš, «Unsicherheit und Fuzziness in ökologischen Bewertungen, Orientierungen zu einer robusten Praxis der Ökobilanzierung», Dissertation Nr. 12726, ETH Zürich, 1998.
- [14] C. Bauer, S. Hirschberg (eds.), Y. Bäuerle, S. Biollaz, A. Calbry-Muzyka, B. Cox, T. Heck, M. Lehnert, A. Meier, H.-M. Prasser, W. Schenler, K. Treyer, F. Vogel, H.C. Wieckert, X. Zhang, M. Zimmermann, V. Burg, G. Bowman, M. Erni, M. Saar, M.Q. Tran, «Potentials, costs and environmental assessment of electricity generation technologies.» PSI, WSL, ETHZ, EPFL. Paul Scherrer Institut, Villigen PSI, Switzerland, November 2017.