

L'évolution des déchets d'origine photovoltaïque en Europe



Mai 2013

S. Bilimoria et N. Defrenne



CONSULTING



L'évolution des déchets d'origine photovoltaïque en Europe

Contenu

Objectif de l'étude.....	4
Méthodologie utilisée lors de l'étude	5
I - Les volumes de déchets issus du photovoltaïque commencent à apparaître en quantité significative	5
(i) Fin de vie des premiers modules installés	6
(ii) Casse à l'installation et rebuts de production.....	7
(iii) Evolution du gisement jusqu'en 2018.....	9
II – La révision de la directive sur les déchets d'équipements électriques et électroniques est un challenge et une chance	15
(i) Obligations de collecte.....	15
(ii) Déchet à valeur positive.....	16
III - La collecte et le traitement se structurent.....	17
(i) Organismes de collecte existants.....	17
(ii) Collecte déjà réalisée par l'ensemble des acteurs	18



CONSULTING



(iii) Solutions de traitement	19
Sources :	22
Contacts :	22



CONSULTING



L'évolution des déchets d'origine photovoltaïque en Europe

Objectif de l'étude

Au cours des dix dernières années, les installations photovoltaïques ont crû à une vitesse exceptionnelle, dépassant toutes les prédictions. Jusqu'à aujourd'hui, cette croissance a eu lieu principalement en Europe, et l'objet de cette étude est de s'intéresser à une problématique dont l'acuité ne va cesser de croître : les capacités de collecte et de traitement des déchets issus du photovoltaïque en Europe. Cette croissance est soutenue par les nouvelles réglementations européennes¹ et nationales qui imposent aux producteurs des obligations de collecte et de traitement. De ce fait, l'évaluation des volumes de déchets est un enjeu essentiel afin d'atteindre ces objectifs.

Cette étude vise à apporter un éclairage plus précis quant à l'évolution des déchets d'origine photovoltaïques dans les principaux marchés européens. L'étude se concentre sur sept pays européens : l'Allemagne, la Belgique, l'Espagne, la France, l'Italie, la Slovaquie et le Royaume-Uni. Ces pays représentent plus de 90% des installations photovoltaïques totales en Europe selon l'EPIA², et donc à terme, des volumes de déchets. Bien que ces sept pays aient connu des politiques d'incitations ayant permis un développement rapide des énergies renouvelables, ils ne constituent pas un groupe homogène. Cette étude vise à identifier les principaux écueils afin de traiter ces déchets et à analyser les solutions actuellement proposées.

¹ [DIRECTIVE 2012/19/UE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 4 juillet 2012 relative aux déchets d'équipements électriques et électroniques \(DEEE\)](#)

² European Photovoltaic Industry Association



CONSULTING



Méthodologie utilisée lors de l'étude

Lors de cette étude, certaines hypothèses basées sur l'expérience de CERES ont été posées afin de réaliser les projections présentées.

- Durée de vie moyenne d'un panneau photovoltaïque : 17 ans
- Taux de casse à l'installation : 2%
- Taux de rebuts de production : 1-2%
- Conversion MW vers tonnes : 1T = 0.01 MW

I - Les volumes de déchets issus du photovoltaïque commencent à apparaître en quantité significative

A la fin de 2012, la capacité photovoltaïque installée mondiale était légèrement supérieure à 102 GW, dont 31.1 GW de nouvelles installations, soit environ un tiers de la capacité cumulée. En 2012 comme en 2011, l'Europe était en tête avec une majorité des nouvelles capacités installées sur son territoire, à savoir 55% et 74% des capacités installées cumulées respectivement. En Europe, l'Allemagne possédait en 2012 le marché présentant la plus forte croissance absolue avec 7,6 GW de nouvelles installations suivi de l'Italie avec 3,4GW.

Avec un marché aussi abondant, l'estimation du volume de déchets issus des installations photovoltaïques devient un enjeu crucial. Un volume « fixe » existe d'ores et déjà avec les installations en fin de vie et les modules cassés ainsi que les rebuts de production. A ce volume « fixe » il faut ajouter un volume qui sera plus ou moins « variable » en fonction du climat politique envers le photovoltaïque, dont l'impact sur l'installation de nouveaux panneaux peut s'avérer potentiellement très important.



CONSULTING



(i) Fin de vie des premiers modules installés

Les panneaux photovoltaïques sont aujourd’hui garantis jusqu’à 25 ans, avec des offres tendant à s’allonger. Néanmoins l’expérience de CERES fait ressortir une durée de vie moyenne de 17 ans. En effet de nombreux utilisateurs choisissent de remplacer leurs installations avant la fin de vie théorique pour bénéficier de rendements très supérieurs, rendus possibles par l’amélioration technologique des nouveaux modules.

Si nous partons sur cette durée de vie moyenne, à partir de cette année, il faudrait prévoir de collecter les déchets issus des installations photovoltaïques de 1996. Pour les sept pays européens sélectionnés, ceci représente entre 20 tonnes pour le Royaume-Uni et jusqu’à 300 tonnes pour l’Allemagne (voir tableau 1).

Depuis le début des années 2000, l’Europe est le leader mondial en termes de capacité installée d’où des volumes de déchets issus du photovoltaïque très significatifs. En se basant sur les capacités installées et une durée de vie moyenne de 17 ans, le volume de déchets sera supérieur à 5 500 000 tonnes en 2026 et il est prévu une collecte de plus de 1 million de tonnes en 2027 et de plus de 2 million de tonnes en 2028.



Tableau 1 : Tonnage annuel de déchets issus du photovoltaïque

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Belgique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	200	2300	8100	51900	41700	77550
France	30	50	150	170	150	150	220	260	330	390	490	700	1090	3130	10450	15550	71910	152200
Allemagne	100	200	300	700	500	900	4400	11000	11000	13900	67000	95100	84300	127100	195000	379400	740600	750000
Italie	200	170	20	70	100	80	50	100	200	400	470	680	1250	7020	33810	72300	232100	928000
Slovaquie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14800	31410
Espagne	100	0	0	0	0	100	0	200	300	500	1200	2500	9900	55700	275800	6000	39200	35490
Royaume- Uni	0	10	0	20	10	40	80	80	140	180	230	270	340	380	440	350	4380	94422
Reste de l'UE	0	0	100	0	0	100	0	0	200	1300	1000	100	100	100	600	700	5880	6980
Total Europe	710	690	891	1353	1363	2079	5564	12849	13525	19706	71820	100810	98266	198679	538730	579795	1331150	2153912

Sources: IEA Photovoltaic Power Systems Programme, EPIA, EurObserver et sources nationales.

(ii) Casse à l'installation et rebuts de production

Lors de l'installation des panneaux photovoltaïques, un taux de casse de 2% est constaté. En se basant sur les volumes annuels installés, nous estimons qu'un volume de 26 623 tonnes de déchets issus du photovoltaïque a été généré en 2010 et de 43 078 tonnes en 2011 uniquement pour les casses à l'installation.



Tableau 2 : Tonnage de casse annuel constaté en fonction des volumes installés

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Belgique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	46	162	1038	834	1992	1198
France	0,6	0,6	1	3	3,4	3	3	4,4	5,2	6,6	7,8	9,8	14	21,8	62,6	209	311	1438,2	3512	2158
Allemagne	4	2	4	6	14	10	18	88	220	220	278	1340	1902	1686	2542	3900	7588	14812	14970	15208
Italie	7,2	4	3,4	0,4	1,4	2	1,6	1	2	4	8	9,4	13,6	25	140,4	676,2	1446	4642	18908	6876
Slovaquie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	296	642	30
Espagne	0	2	0	0	0	0	2	0	4	6	10	24	50	198	1114	5516	120	784	944	710
Royaume- Uni	0,2	0	0,2	0	0,4	0,2	0,8	1,6	1,6	2,8	3,6	4,6	5,4	6,8	7,6	8,8	7	87,6	1626	1850

Sources: IEA Photovoltaic Power Systems Programme, EPIA, EurObserver et sources nationales.

En 2012, la casse à l'installation a généré 28 030 tonnes dans les pays couverts par l'étude. Ce chiffre augmente avec le nombre grandissant de nouveaux panneaux installés.

En ce qui concerne les rebuts de productions, ce taux varie entre 1% et 2% selon les fabricants. En 2012, les fabricants européens détenaient environ 23% du marché global de production de panneaux photovoltaïques ce qui équivaut à un volume de déchets situé entre 6 000 et 12 000 tonnes. Le gisement de rebuts est essentiellement basé en Allemagne, car plus de la moitié (57%) des producteurs de panneaux photovoltaïques européens sont des entreprises allemandes représentant 18,34% du marché.



CONSULTING



Tableau 3 : Principaux producteurs européens de modules photovoltaïques

Producteur	Pays	Part de marché (%)*
Solar World	Allemagne	4,00
Schott Solar	Allemagne	3,32
Bosch	Allemagne	2,80
Solon	Allemagne	2,00
Aleo	Allemagne	1,56
Conergy	Allemagne	1,40
Siliken	Espagne	1,30
Isofoton	Espagne	0,92
Solar-fabrik	Allemagne	0,84
Scheuten	Pays-Bas	0,80
Tenesol	France	0,68
Heckert Solar	Allemagne	0,68
Sunset Solar	Allemagne	0,60
Schuco	Allemagne	0,60
Fire Energy	Espagne	0,40
Photowatt	France	0,32
Alfasolar	Allemagne	0,30
Systaic	Allemagne	0,24
Issol	Belgique	0,20
Sillia	France	0,20
Auversun	France	0,12

*Données constructeur 2011

(iii) Evolution du gisement jusqu'en 2018

En Europe, l'énergie générée par le photovoltaïque couvre 2,6% de la demande en moyenne. Ce pourcentage s'élève à 5,6% en période de production de pointe. Depuis 2011, le photovoltaïque est la première source d'électricité en terme de nouvelle capacité installée mais plusieurs



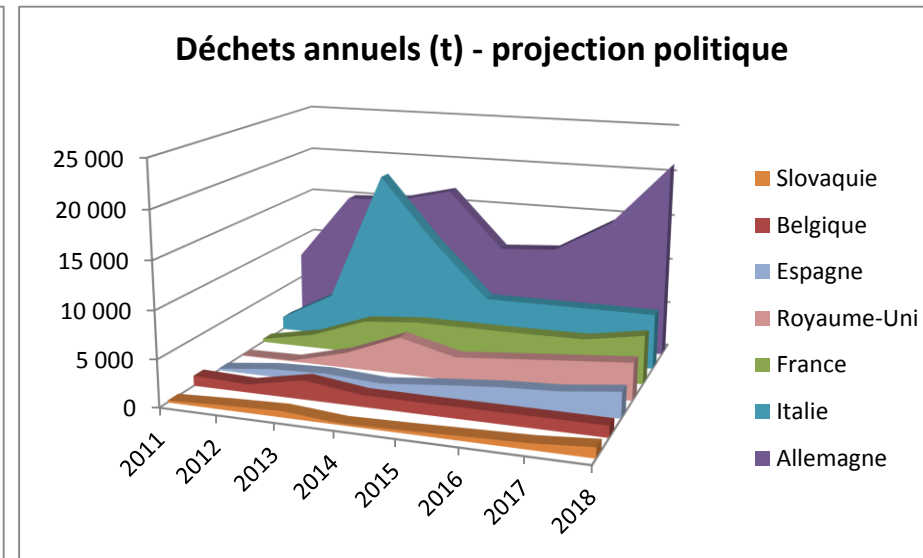
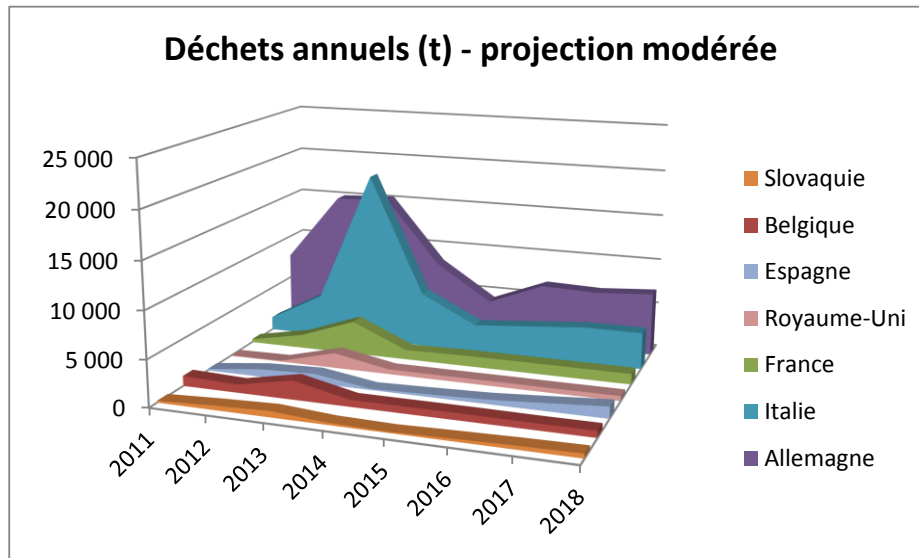
CONSULTING



facteurs peuvent influencer sur la poursuite du développement du photovoltaïque, en particulier le climat politique. En mai 2012, l'EPIA a produit un rapport avec des projections de capacité installée en Europe jusqu'en 2016. En fonction de l'engagement politique pris par les gouvernements européens, deux scénarii sont envisagés :

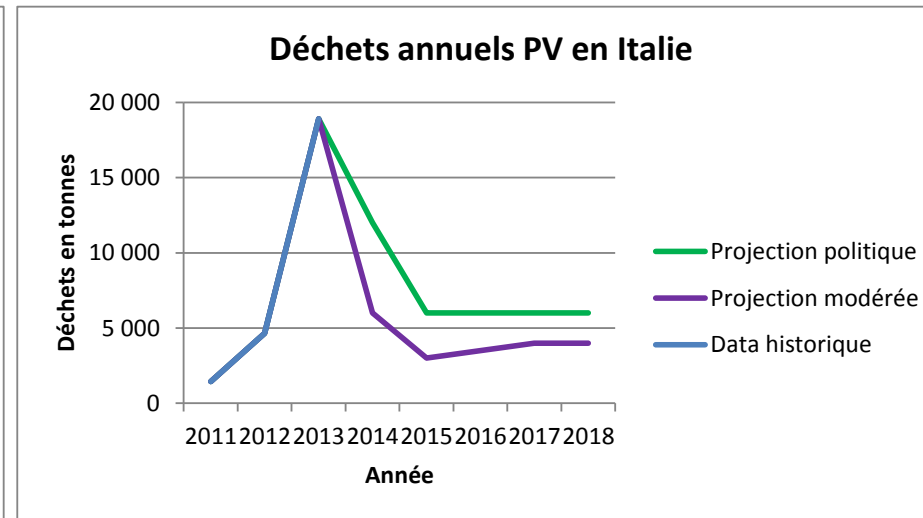
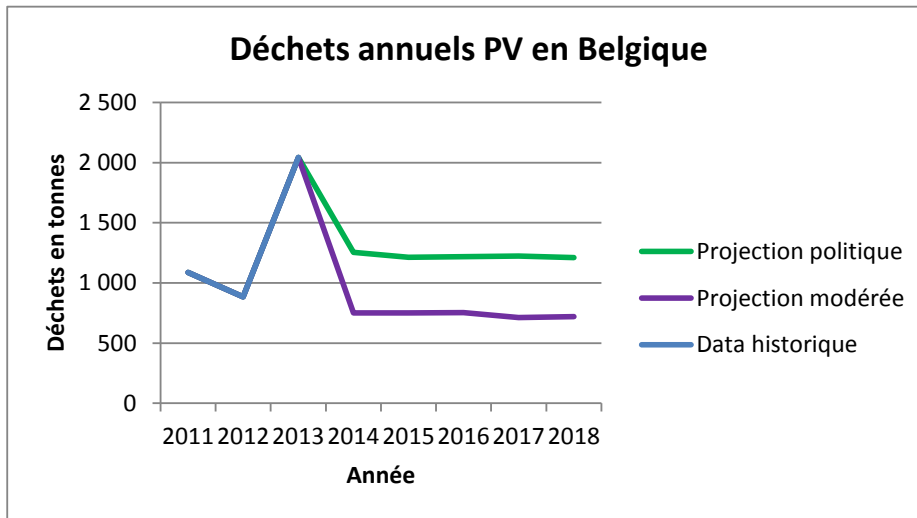
- une projection modérée (Moderate) qui suppose une absence de renforcement des mécanismes incitatifs actuels, voire une diminution de ces derniers, et
- une projection basée sur des politiques favorables au photovoltaïque (Policy Driven) qui se base sur la continuation ou l'introduction de mécanismes de soutien, une volonté de considérer le photovoltaïque comme une source majeure d'électricité sur les années à venir et la disparition des contraintes administratives superflues ainsi que des procédures simplifiées concernant la connexion au réseau.

En se basant sur les chiffres affichés par l'EPIA concernant la capacité installée, il est possible d'estimer le volume de déchets issus du photovoltaïque, en prenant en compte les paramètres cités dans la méthodologie.

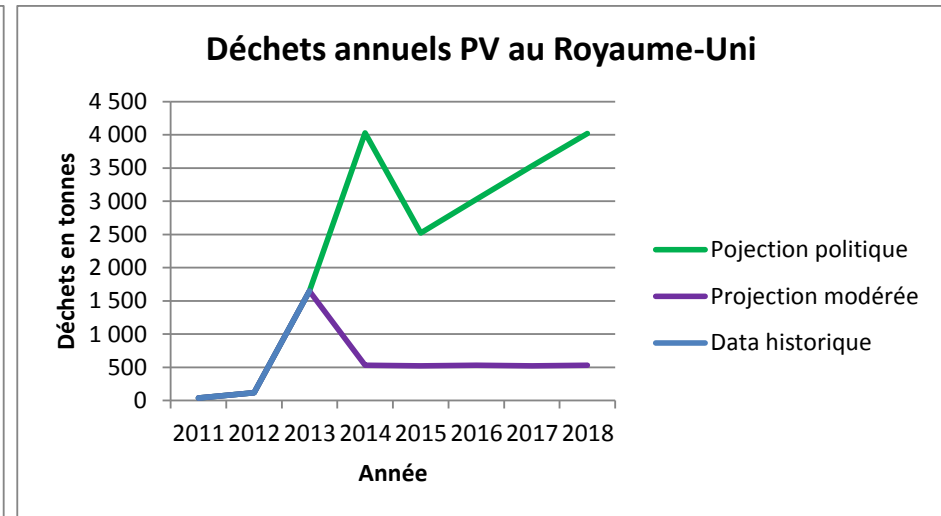
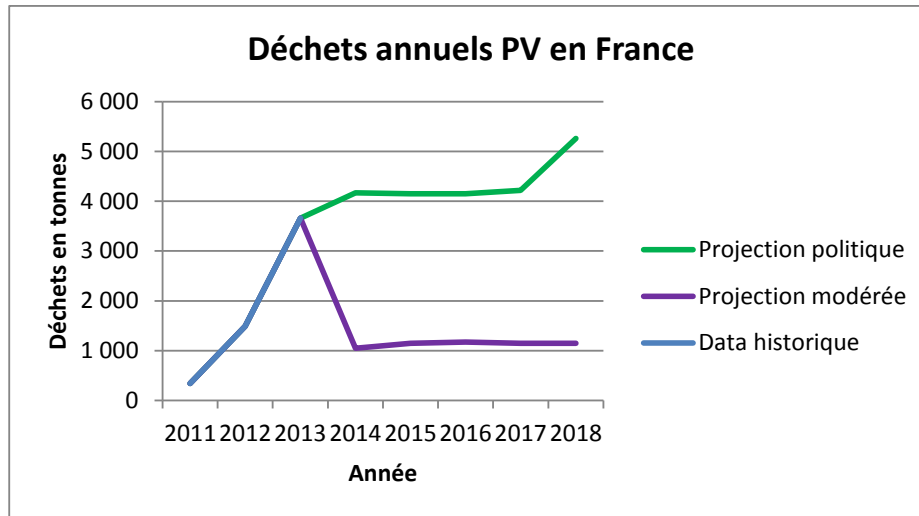


Selon la projection modérée, 15 049 tonnes de déchets seront produits dans les sept pays étudiés, dont 46% par l'Allemagne (6 900 tonnes) en 2018 contre 41 359 tonnes avec la projection de soutien politique continu dont 51% par l'Allemagne (21 000 tonnes).

Sur les sept pays sélectionnés, nous constatons qu'indépendamment du scénario, les projections montrent que pour la Belgique et l'Italie, un pic de production annuelle de déchets issus du photovoltaïque aura lieu en 2013 (1 602 tonnes pour la Belgique et 18 560 tonnes pour l'Italie). En effet, les politiques d'installation massives de ces dernières années ont été ralenties, et les volumes de casses et les défaillances de modules dans les premières années sont largement supérieurs aux déchets historiques qui ne représentent qu'une très faible part de ce qui est collecté.



En France et au Royaume-Uni, les politiques énergétiques auront un impact déterminant sur les installations et par conséquent sur le volume de déchets issus du photovoltaïque entre 2013 et 2018. La projection modérée produira 1 150 tonnes de déchets issus du photovoltaïque en France et 530 tonnes au Royaume-Uni en 2018 contre 5 260 tonnes en France et 4 020 tonnes au Royaume-Uni avec des politiques favorables. Un soutien réglementaire se traduirait donc par une augmentation de 357% de déchets en France et de 658% au Royaume-Uni.

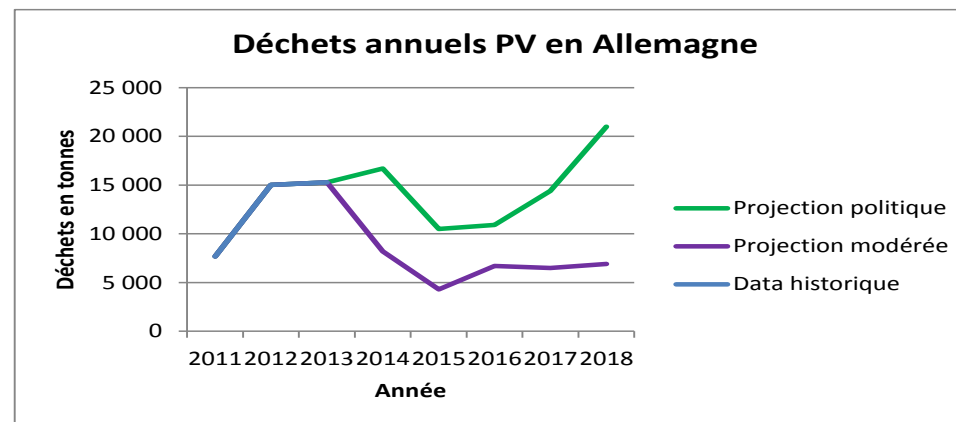
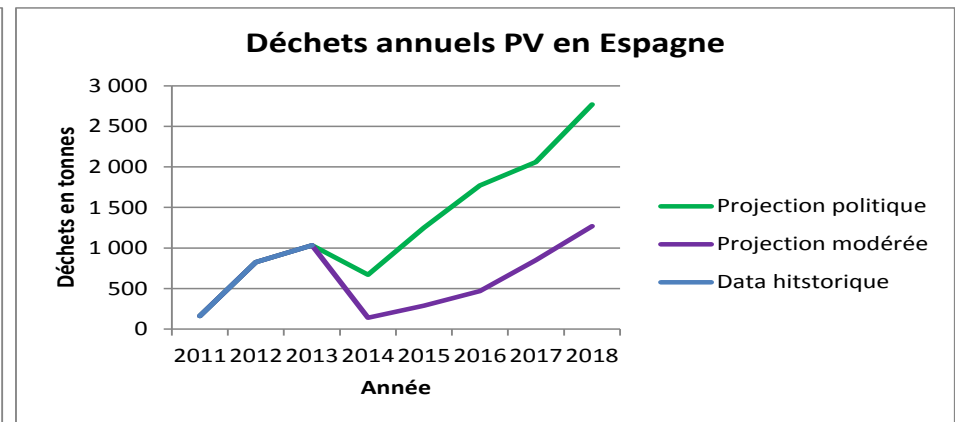
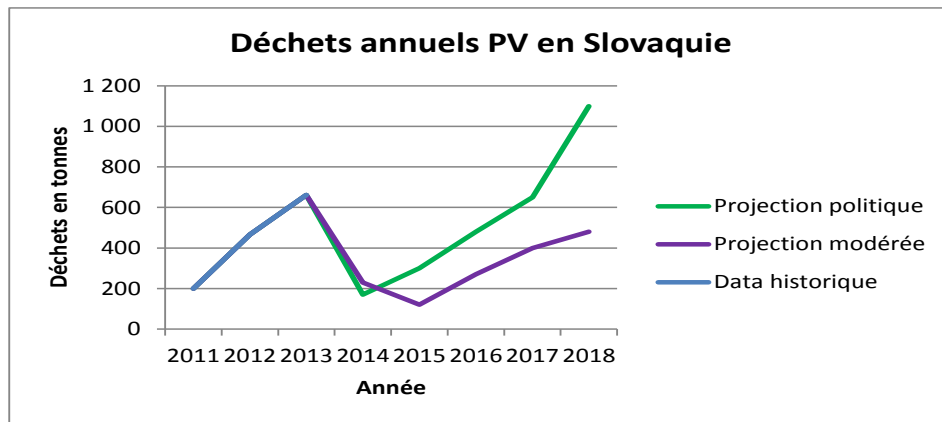


Pour la Slovaquie, l'Espagne et l'Allemagne, les tendances ne varient pas en fonction des scénarii retenus. La tendance démarre avec une légère baisse avant de croître. Pour la Slovaquie, cette baisse correspond à une baisse importante des tarifs qui se situe juste en-dessous de 0.20 €/kWh selon l'EPIA. En Espagne, cette baisse s'explique par la mise en place d'un moratoire sur le développement de toute nouvelle génération de capacité ce qui a eu pour effet l'arrêt de tout système de soutien concernant le photovoltaïque. En ce qui concerne l'Allemagne, la baisse correspond à l'annonce d'une réduction importante concernant les tarifs de rachat.

Le scénario modéré génère 480 tonnes de déchets issus du photovoltaïque en Slovaquie, 1 270 tonnes en Espagne et 6 900 tonnes en Allemagne en 2018 contre 1 100 tonnes en Slovaquie, 2 770 tonnes en Espagne et 21 000 tonnes en Allemagne générées avec le scénario de



soutien politique continu. Une politique favorable aurait pour effet une augmentation de 129% en Slovaquie, 57% en Espagne et 204% en Allemagne.





CONSULTING



Au regard de ces chiffres, il est évident que la gestion des déchets va jouer un rôle important pour les acteurs du photovoltaïque et qu'un cadre réglementaire clair est nécessaire afin d'assurer leur collecte et recyclage.

II – La révision de la directive sur les déchets d'équipements électriques et électroniques est un challenge et une chance

Le 14 février 2014, la responsabilité élargie du producteur sera étendue aux modules photovoltaïques. Cette obligation légale, ayant pour but d'internaliser les coûts du traitement des produits en fin de vie accélère la prise en charge des déchets issus de cette industrie.

(i) Obligations de collecte

La révision de la directive sur les déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) a été publiée le 24 juillet 2012 au Journal Officiel de l'Union Européenne (Directive 2012/19/EU), à l'issue d'un processus de codécision entre la Commission Européenne, le Parlement Européen et le Conseil.

Pour la première fois, les modules photovoltaïques sont inclus dans le périmètre de la directive. Ces derniers représentent d'ores et déjà un volume conséquent par rapport aux mises en marché totales d'équipements électriques et électroniques.

Ainsi, en France d'après les déclarations effectuées, un total de 1,66 million de tonnes d'équipements électriques et électroniques a été mis sur le marché français en 2011. La même année, 120 000 tonnes de modules photovoltaïques ont été installées dans le pays.



CONSULTING



La réglementation actuelle définit des objectifs de collecte de 45% de la moyenne des mises en marché des trois dernières années. Toutefois, pour un bien ayant une durée de vie moyenne supérieure à 15 ans sur un marché d'équipements comme le nôtre, ces objectifs de collecte ne peuvent pas être atteints et justifient des objectifs dérogatoires pour les modules photovoltaïques. Cette possibilité est d'ailleurs clairement prévue dans le texte de la directive, mentionnant spécifiquement la problématique des modules photovoltaïques. Toutefois, les procédures de transposition étant en cours en Europe, aucun schéma précis ne s'est encore dégagé.

La DEEE prévoit également un traitement sélectif systématique des substances et composants dangereux contenus dans les équipements électriques et électroniques (EEE), et l'atteinte d'objectifs de réutilisation/recyclage et de valorisation. Les différents industriels contactés lors de la réalisation de cette étude ont indiqué que la réutilisation de modules dits en fin de vie apparaissait comme techniquement complexe de par la nécessité d'une re-certification des modules ainsi qu'économiquement non-viable du fait des coûts de tri des modules et des faibles rendements qui pourraient être proposés.

(ii) Déchet à valeur positive

Certains prestataires de traitement donnent d'ores et déjà une valeur commerciale positive aux modules photovoltaïques cristallins en fin de vie. En effet, la revente des matières premières extraites des modules, notamment les plus anciens, couvre actuellement les frais de traitement. Ce type de module représentant plus de 90% du parc installé, cette valorisation représente une véritable chance pour l'industrie du photovoltaïque. Il ne s'agira pas d'une source de revenu supplémentaire mais a minima permettra de partiellement subventionner les coûts de collecte, et donc de réduire l'éco-participation qui elle est toujours payée par l'utilisateur final. En permettant de maintenir la compétitivité des modules, la parité réseau³ sera atteinte plus tôt, condition sine qua non du succès du photovoltaïque comme source d'énergie de masse.

³ Lorsque le coût de production photovoltaïque sera égal au prix de vente de l'électricité conventionnelle, qui ne cesse d'augmenter, on aura atteint la parité réseau



CONSULTING



Tableau 4 : Technologies existantes

Technologie	Silicium cristallin	Couches minces
Type	Silicium mono-cristallin (c-Si)	Silicium amorphe (a-Si)
	Silicium poly-cristallin (pc-Si/mc-Si)	Telluride de Cadmium (CdTe)
		Cuivre, indium, gallium et sélénium (CIGS)

Source : EPIA

III - La collecte et le traitement se structurent

Les premières solutions de collectes et de traitement se sont développées à l'initiative de l'industrie photovoltaïque. Avec l'augmentation des volumes de déchets à traiter, de nouveaux acteurs entrent en jeu.

(i) Organismes de collecte existants

Il existe actuellement en Europe deux organismes continentaux représentatifs de la filière photovoltaïque, PV Cycle et CERES. Des solutions nationales existent également avec des éco-organismes opérant déjà sur des territoires donnés, c'est notamment le cas en Italie.

Les solutions pan-européennes ont l'avantage de garantir un service sur l'ensemble de l'UE et de faciliter les démarches des producteurs. En effet, ces derniers n'ont qu'un interlocuteur avec lequel ils peuvent s'assurer de leur conformité pour tous leurs marchés. Les solutions



CONSULTING



nationales peuvent se révéler toutefois avantageuses pour les petits producteurs actifs dans un seul Etat membre. Néanmoins, l'effet de masse est particulièrement conséquent et les organismes collectant les plus gros volumes bénéficient d'effet d'échelle qui les rendent largement plus compétitifs.

La collecte est aujourd'hui largement effectuée par le biais de points d'apport volontaire, essentiellement constitués d'installateurs et de distributeurs de modules photovoltaïques. Les volumes sont ensuite regroupés pour être amenés à des centres de traitement agréés où ils sont traités conformément aux réglementations nationales et européennes en vigueur.

(ii) Collecte déjà réalisée par l'ensemble des acteurs

Les volumes collectés sont en croissance exponentielle, du fait de la croissance forte des installations photovoltaïques depuis 2000.

PV CYCLE a déclaré avoir collecté près de 3 700 tonnes en 2012. Dans le même temps CERES a collecté 1 200 tonnes. Cela correspond à une captation de 10% du gisement.

Ce faible taux de captation, en constante augmentation, est notamment dû à l'ignorance d'une partie des consommateurs de leurs droits. De plus, la collecte de ces produits n'étant pas une obligation légale avant le 14 février 2014, et donc non encadré, certains gisements sont aujourd'hui stockés par des tiers, en attendant le développement de prestataires de traitement capables de gérer ces volumes.



CONSULTING



(iii) Solutions de traitement

Dans un premier temps, le recyclage des modules en fin de vie constituait à délaminer le module afin de valoriser uniquement le verre. Cette solution coûteuse n'était pas satisfaisante d'un point de vue environnemental puisque l'essentiel des cellules et des backsheets finissaient incinérés ou enterrés.

Des procédés plus évolués sont apparus ces dernières années et parviennent aujourd'hui à capter les métaux rares utilisés dans les modules photovoltaïques cristallins. Des solutions existent également pour les modules couches minces et Tellure de Cadmium (CdTe) mais le traitement de ces derniers n'est pas rentable en lui-même, nécessitant une éco-participation plus importante que pour des modules cristallins classiques.

Les processus de traitements sont de plus intrinsèquement liés aux technologies des modules à recycler. De ce fait, on observe une spécialisation des industriels souhaitant prendre en charge le retraitement de ces déchets.



CONSULTING



Tableau 5 : Prestataires de traitement identifiés

Prestataire de traitement	Technologies traitées	Nationalité
Calyxo	Couches minces	Allemagne
First Solar	Couches minces (CdTe uniquement)	Etats-Unis
Lôser Chemie	Couches minces	Allemagne
Photocycle	Cristallins	France
Recupyl	Cristallins	France

Source : CERES

Les limites du recyclage sont principalement économiques. En effet les procédés sont chers et le volume reste relativement faible quant à l'industrialisation des procédés. Aujourd'hui, les industriels les plus en pointe sont capables de recycler un module à hauteur de 90% de son poids. Il serait techniquement possible d'augmenter ce taux, néanmoins le coût marginal du recyclage étant croissant, il deviendrait en réalité contre-productif et risquerait de favoriser des comportements de cavalier seul afin d'éviter ce surcoût.



CONSULTING



*
* *

En conclusion, l'Europe a connu une très forte croissance des installations photovoltaïques ces deux dernières années, malgré les difficultés d'ordre économique. Cette croissance continuera en Europe mais sera ralentie. Des pays tels que les Etats-Unis, la Chine et l'Inde prendront le relais. On observe qu'indépendamment du scénario, les volumes de déchets issus de l'industrie photovoltaïque sont en croissance exponentielle. Selon l'EPIA, le scénario modéré pourrait générer un marché mondial de 48GW et de 84GW avec le scénario de soutien politique continu.

Depuis 2007, l'industrie photovoltaïque s'est organisée afin de collecter et de traiter les déchets issus du photovoltaïque. L'inclusion des modules dans la Directive DEEE lors de la révision de 2011 a étendu la responsabilité élargie du producteur à ces derniers. De nouveaux acteurs se positionnent dès à présent sur ce marché d'avenir. Les solutions de collecte bénéficient déjà d'un retour d'expérience de plusieurs années tandis que les prestataires de traitement émergent. Les volumes collectés ne laissent à moyen terme de place que pour un nombre limité d'acteurs capables de réduire leurs coûts de collecte moyen. Cette consolidation est largement favorisée par l'augmentation des volumes et le coût décroissant de la collecte.

Inversement, les prestataires de traitement se regroupent en centrales d'achats concurrentes. Ces groupements comprennent un verrier ainsi que des entreprises spécialisées en fonction des technologies requises qui se partagent les différents composants à recycler. Le recyclage des panneaux cristallins permet d'extraire une valeur positive et il est tout à fait probable que le producteur ou le détenteur du déchet puisse en tirer un bénéfice, quoique limité, à moyen terme.



CONSULTING



Sources :

- EPIA
- <http://panneaux-photovoltaiques.isoenergie.fr/panneaux-photovoltaiques-fonctionnement/historique>
- <http://www.energies-renouvelable.com/nouvelle/dossier,fabricant,panneaux,solaire,photovoltaique.html>
- <http://www.smartplanet.fr/smart-technology/en-europe-205-points-de-collecte-pour-recycler-les-panneaux-solaires-10502/>
- <http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=25207&p1=02&p2=14&ref=17597>
- http://www.encyclo-ecolo.com/Recyclage_des_panneaux_photovolta%C3%AFques
- http://www.futura-sciences.com/fr/question-reponse/t/energie-renouvelable/d/les-panneaux-solaires-photovoltaiques-sont-ils-recyclables_1086/

Contacts :

S&T Consulting

S&T Consulting est un cabinet de conseil en organisation et management spécialisé dans le secteur de l'énergie.

Site : www.sandtconsulting.eu

Email : contact@sandtconsulting.eu

Téléphone : +33 (0)6 15 75 03 22

CERES

CERES est une organisation pan-européenne qui collecte les modules photovoltaïques en fin de vie

Site : www.ceres-recycle.org

Email : contact@ceres-recycle.org

Téléphone : +33 970 444 458