



# Etat des lieux de la gestion des déchets électroniques issus de la technologie solaire photovoltaïque en République du Bénin

**Réalisé par :**



Karel HOUSSIONON,  
Consultant en environnement et développement durable  
Marc IDJI,  
Consultant en évaluation environnementale  
Narcisse HOUNSA,  
Consultant en énergies renouvelables

**Avec la collaboration de :**



MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE  
RÉPUBLIQUE DU BÉNIN

Version finale : Décembre 2022

## Table des matières

<b>Introduction</b> .....	<b>9</b>
<b>1. Objectifs de l'étude</b> .....	<b>11</b>
<b>2. Contexte de l'énergie solaire et les e-déchets au Bénin</b> .....	<b>12</b>
2.1. Les projets d'énergie solaire PV au Bénin.....	12
2.2. Les déchets électroniques.....	14
<b>3. Méthode de conduite de l'étude</b> .....	<b>17</b>
3.1. Cadrage de l'étude.....	17
3.2. Identification des parties prenantes de la gestion des e-déchets PV.....	17
3.3. Collecte de données.....	18
<b>4. Dispositions et stratégies institutionnelles</b> .....	<b>20</b>
4.1. Cadre politique et légal.....	20
4.2. Cadre institutionnel.....	23
<b>5. Les entreprises solaires dans la gestion des e-déchets PV</b> .....	<b>25</b>
5.1. Responsabilité sociétale des entreprises.....	25
5.2. Pratiques de gestion des e-déchets PV.....	27
5.3. Analyse de la gestion des e-déchets PV.....	30
5.4. Le secteur informel dans la gestion des e-déchets PV.....	34
5.5. Financement de la gestion des e-déchets PV par les entreprises.....	35
<b>6. Inventaire des importations/installations solaires et estimation des volumes de e-déchets</b> .....	<b>36</b>
6.1. Inventaire des importations d'équipements PV.....	36
6.2. Estimation des volumes de e-déchets PV.....	37
<b>7. Rôle de la femme dans la gestion des e-déchets PV</b> .....	<b>42</b>
7.1. Implication et rôles des femmes au sein des entreprises promotrices de la technologie solaire photovoltaïque.....	42
7.2. Structures de gestion de e-déchets au Bénin.....	43
7.3. Contraintes et perspectives de l'intégration des femmes dans la gestion de e-déchets au Bénin.....	43
<b>8. Initiatives et besoins de formation et de sensibilisation sur la gestion des e-déchets</b> .....	<b>45</b>
8.1. Initiatives de formations et de sensibilisations.....	45
8.2. Besoins de formations et de sensibilisation.....	46
<b>9. Difficultés et limites de l'étude</b> .....	<b>47</b>
<b>Conclusion et perspectives</b> .....	<b>48</b>

## Abréviations, sigles et acronymes

ABE	Agence Béninoise pour l'Environnement
ABERME	Agence Béninoise d'Electrification Rurale et de Maitrise d'Energie
AEC	Africa Ecology Consulting
ANM	Agence Nationale de Normalisation, de Métrologie et du Contrôle Qualité
ARFEB	Association des Revendeurs de Ferrailles du Bénin
BAI	Bureau d'Analyse et d'Investigation
BID	Banque Internationale de Développement
CCES	Certificat de Conformité Environnementale et Sociale
DEEE	Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques
DGDDI	Direction Générale des Douanes et Droits Indirects
DGEC	Direction Générale de l'Environnement et du Climat
DGRE	Direction Générale des Ressources Energétiques
E-déchets	Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques
EEE	Equipements Electriques et Electroniques
EGR/UNA	Ecole de Génie Rural / Université Nationale d'Agriculture
EHR	Electrification Hors Réseau
EnDev	Energising Development
EPAC/UAC	Ecole Polytechnique d'Abomey Calavi / Université d'Abomey Calavi
ESMER	Ecole Supérieure des Métiers des Energies Renouvelables
FASEP	Fonds d'Etude et d'Aide au Secteur Privé
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
IEC	International Electrotechnical Commission
IRENA	International Renewable Energy Agency
IUT	Institut Universitaire de Technologie
LED	Light-emitting diode
MCA-Bénin II	Millenium Challenge Account, compact 2

MCVDD	Ministère du Cadre de Vie et du Développement Durable
ME	Ministère de l'Energie
MEF	Ministère de l'Economie et des Finances
MND	Ministère du Numérique et de la Digitalisation
MS	Ministère de la Santé
OCEF	Off-Grid Energy Facility
ODD	Objectifs de Développement Durable
OSC	Organisation de la Société Civile
PAG II	Plan d'Action du Gouvernement, II (2021-2026)
PGES	Plan de Gestion Environnementale et Sociale
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
PONADER	Politique Nationale de Développement des Energies Renouvelables
POP	Polluants Organiques Persistants
PRODERE	Programme de Développement des Energies Renouvelables
PROVES	Projet de Valorisation de l'Energie Solaire
PTF	Partenaire Technique et Financier
PV	Photovoltaïque
RECASEB	Renforcement des Capacités des Acteurs du Secteur de l'Energie au Bénin
REP	Responsabilité Elargie du Producteur
RSE	Responsabilité Sociétale des Entreprises
SAV	Service Après-Vente
SGDS	Société de Gestion des Déchets et de la Salubrité
SSD	Système solaire domestique
SWOT/ FFOM	Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats (Forces, Faiblesses, Opportunités et Menaces)
TDF	Technologie de France
TdR	Termes de Référence

## Liste des figures

Figure 1: Capacité cumulée d'énergie solaire PV installée au Bénin .....	13
Figure 2: Fractions de e-déchets des différents équipements PV .....	15
Figure 3: Activités de gestion des e-déchets .....	16
Figure 4: Groupes de parties prenantes identifiées .....	18
Figure 5: Cibles et type de données collectées dans l'étude .....	19
Figure 6: Responsabilité sociale et gestion des déchets chez les entreprises .....	25
Figure 7: Pratiques de gestion des e-déchets PV par les entreprises.....	27
Figure 8 : Pratiques de gestion des types d'équipements par les entreprises.....	30
Figure 9: Processus de gestion des e-déchets avec une conscience d'économie circulaire .....	31
Figure 10: Forces, faiblesses, opportunités et menaces des initiatives de gestion des e-déchets par les entreprises promotrices de la technologie solaire PV .....	33
Figure 11: Implication financière de la gestion des e-déchets .....	35
Figure 12: Projections de volumes d'importations d'équipements PV .....	37
Figure 13: Importations panneaux.....	37
Figure 14: Probabilité de perte cumulée (Weibull) pour les deux scenarii.....	38
Figure 15: Estimation de volumes de déchets de panneaux PV .....	39
Figure 16: Estimation des volumes de déchets de batteries solaires.....	40
Figure 17: Estimation des volumes de déchets de câbles d'équipements solaires .....	40
Figure 18: Volumes de e-déchets des autres équipements PV .....	41
Figure 19: Volumes des fractions de e-déchets PV à l'horizon 2030 .....	41

## Liste des photos

Photo 1: Entreposage de e-déchets PV .....	29
Photo 2: Démantèlement des e-déchets par les recycleurs informels .....	34
Photo 3: Résidus de e-déchets abandonnés dans la nature .....	35
Photo 4: Discussions avec les responsables logistiques (femmes) de quelques entreprises .....	43

## Liste des Tableaux

Tableau 1: Parties prenantes rencontrées dans le cadre de l'étude .....	18
Tableau 2: Etat des lieux de la gestion des e-déchets PV au Bénin .....	32
Tableau 3: Données d'importations annuelles d'équipements PV au Bénin .....	36



# Résumé

La technologie solaire photovoltaïque s'est fait une place de choix dans les stratégies nationales pour l'accès universel à l'électricité. Pourtant, cette technologie fait usage d'équipements à durée de vie limitée et requiert donc une attention particulière pour la gestion de la fin de vie desdits équipements. L'étude sur l'état des lieux de la gestion des déchets électroniques (e-déchets) issus de la technologie solaire PV en République du Bénin vise à identifier et décrire les rôles des parties prenantes dans les initiatives/mécanismes actuels. L'étude aborde également les limites de ces initiatives dans une vision de mise en place de plan national de gestion rationnelle de ces e-déchets, pour en réduire les effets indésirables sur la santé humaine et sur l'environnement. Une revue de documents et des entretiens avec les parties prenantes identifiées ont permis d'identifier, de décrire et de faire une analyse des forces, faiblesses, menaces et opportunités (FFOM, ou SWOT en Anglais) des mécanismes existants (ou en perspectives) de gestion des e-déchets PV au Bénin.

Le solaire PV est en développement au Bénin depuis les années 90, et connaît un plein essor depuis une dizaine d'années. Pourtant les dispositions (financement de projets, incitations, exonération, etc.) prises pour le développement de cette technologie ne sont pas toujours accompagnées de stratégies de gestion des e-déchets PV. Ainsi, au niveau juridique et institutionnel, le Bénin n'a pas mis en place un cadre réglementaire de la gestion de ces déchets. Toutefois, pour la durabilité des projets d'électrification au solaire PV, il existe des standards de qualité, exigés par les institutions étatiques et PTFs, pour les produits à importer, afin de contrôler la qualité des équipements, et la génération et la gestion de e-déchets. Là aussi, ces standards méritent d'être centralisés, et uniformisés pour tous les projets. Par ailleurs, le Bénin dispose de lois relatives à l'environnement (telle que la loi cadre 98-030) et est signataire de conventions internationales (Bâle, Bamako, Stockholm, etc.) sur la gestion des déchets dangereux et déchets électroniques. Additionnellement, des projets de lois et de stratégies sont en développement au niveau de quelques institutions environnementales pour la gestion des DEEE. Le développement de ces projets vise, entre autres, à mettre en place une politique de pollueur-payeur, telle que préconisée dans le principe de la Responsabilité Élargie du producteur (REP), qui rend l'importateur du produit responsable de la gestion de la fin de vie.

Les importateurs (et distributeurs) des équipements solaires constituent l'une des parties prenantes consultées lors de la conduite de cette étude. Bien que les entreprises promotrices du solaire PV ont en majorité exprimé une sensibilité aux questions sociales et environnementales, elles semblent bien limitées dans leurs capacités de gestion des e-

déchets. En effet, ces entreprises offrent aux bénéficiaires des services après-vente (SAV), leur permettant de réparer, de remplacer et/ou de récupérer les équipements endommagés au cours de la période de garantie offerte. Mais après cette période, la gestion des e-déchets est laissée dans la plupart des cas à l'initiative des utilisateurs. Pour certaines entreprises, un suivi des installations est négocié avec le client, permettant de récupérer les équipements endommagés, de les faire réparer, ou même d'en faire des équipements reconditionnés, limitant ainsi le risque que les e-déchets se retrouvent dans la nature. Ainsi, les équipements en fin de vie sont pour la plupart collectés, démantelés, et stockés dans les entreprises, sans grande technique de recyclage ou d'élimination. Pour d'autres, les équipements en fin de vie, laissés aux utilisateurs, risquent de finir dans la nature, ou sur le marché « informel » de gestion des e-déchets.

Les entreprises (informelles) de gestion des e-déchets procèdent à la collecte et au démantèlement d'équipements en fin de vie, en vue de l'extraction de matériaux à valeur monétaire, tels que le plomb des batteries, le cuivre des câbles et moteurs électriques, les métaux précieux des circuits imprimés, etc., avec des méthodes peu respectueuses de l'environnement et de la santé humaine. Cette étude a montré que certains équipements solaires finissent déjà sur les sites de ces entreprises, et de plus en plus d'équipements solaires s'y retrouveraient dans les années à venir, si une stratégie durable n'est définie pour gérer les e-déchets PV. Une estimation sur la base des importations d'équipements PV montre que depuis 2016, environ 26.600 tonnes d'équipements solaires PV ont été importés au Bénin. Ce chiffre pourrait atteindre 167.700 tonnes d'ici 2030. Aussi, d'ici 2030, plus de 55.000 t de e-déchets PV seraient générés, avec plus de 6.000 t de panneaux, 2.300 t de plomb, 16.000 t de cuivre, 12.000t de plastiques divers, 9.000 t de verres et semi-conducteurs, et bien d'autres.

Conscientes que toutes leurs initiatives sont limitées et qu'il est primordial de trouver des solutions pour gérer de manière durable les e-déchets PV, les parties prenantes ont identifié les besoins et formulé des recommandations pour un plan national de gestion des e-déchets PV. Ces recommandations comprennent, entre autres, la mise en place de lois et décrets régissant l'importation des équipements solaires et la gestion de leur fin de vie, la centralisation des systèmes de collecte, la responsabilisation des importateurs, et une intégration au niveau régional des questions plus complexes, comme celle de la gestion des batteries.

# Introduction

Les sources d'énergies fossiles (pétrole, charbon, uranium, gaz, etc.) ont longtemps occupé le premier rang dans la production énergétique mondiale. Cependant, du fait des conséquences environnementales liées à l'exploitation de ces sources d'énergies et face à la demande croissante en énergie de la population mondiale, la communauté internationale s'accorde dans un même élan sur la nécessité de diversifier les sources d'énergies. C'est dans cette perspective qu'est née l'urgence de promouvoir les énergies renouvelables<sup>1</sup>. Ces dernières sont donc davantage promues, voyant ainsi l'émergence de plusieurs technologies de production d'énergie dites « propres » ou « vertes », dont la plus répandue, en Afrique Subsaharienne en général, et au Bénin en particulier, est celle de l'énergie solaire photovoltaïque (PV) pour la production d'électricité<sup>2-3-4</sup>.

Le Bénin promeut depuis environ trois (03) décennies la technologie solaire PV à travers plusieurs projets d'installations de kits solaires domestiques, de centrales solaires, de pompes solaires, de lampadaires et bien d'autres équipements, de différentes tailles et puissances par le biais de l'Etat et d'autres acteurs, dans le but d'améliorer les conditions de vie des populations en milieu rural, et aussi d'augmenter la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique national. En plus des projets déjà mis en œuvre, et dans une lancée de l'accélération de l'accès à l'énergie propre pour l'atteinte des Objectifs de Développement Durable (ODD), le gouvernement béninois, avec l'appui des Partenaires Techniques et Financiers (PTF), porte dans son agenda plusieurs projets d'électrification basée sur l'énergie solaire PV.

Si les projets et autres initiatives de production et de fournitures de l'électricité à partir de l'énergie solaire PV ont le mérite de desservir les populations, même dans les zones les plus reculées du réseau conventionnel national, il persiste tout de même le problème environnemental de gestion des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) ou e-déchets issus des systèmes d'électrification à base de la technologie solaire PV (dans la suite de ce rapport, le terme « e-déchets PV » est utilisé pour faire référence à ce type de

---

<sup>1</sup> BEAURAIN, C. & AMOUSSOU, M. B. 2016. Les enjeux du développement de l'énergie solaire au Bénin. Quelques pistes de réflexion pour une approche territoriale. *Mondes en développement*, 59-76.

<sup>2</sup> AMIN, A. Z. 2019. La transition énergétique dans les décennies à venir. *Politique étrangère*, 83-93.

<sup>3</sup> BASTENS, A. 2016. Intégration des énergies renouvelables dans les pays en voie de développement. Les cas du solaire et de l'éolien en Afrique de l'Ouest (Burkina Faso et Sénégal) et de l'Est (Kenya et Tanzanie).

<sup>4</sup> AVADIKYAN, A. & MAINGUY, C. 2016. Accès à l'énergie et lutte contre le changement climatique: opportunités et défis en Afrique subsaharienne—Présentation. *Mondes en développement*, 7-24.

déchets). Des quantités non documentées d'équipements produisant de l'électricité ou fonctionnant avec la technologie solaire photovoltaïque ont été importées et installées à travers le pays. Les durées de vie de chacun de ces équipements ont été rapportées par plusieurs études<sup>5-6</sup> qui laissent conjecturer l'existence d'importantes quantités de déchets d'équipements électriques et électroniques (e-déchets) issus de la technologie solaire photovoltaïque avec tous les risques sanitaires et environnementaux y afférents.

Toutefois, le Bénin ne dispose d'aucun système de quantification des e-déchets générés en général et ceux issus de la technologie photovoltaïque en particulier. Comment les e-déchets issus de la technologie solaire photovoltaïque sont-ils gérés au Bénin ? Afin de répondre objectivement à cette question, le Ministère de l'Énergie (ME) à travers sa Direction Générale des Ressources Énergétiques (DGRE), avec le support du programme EnDev de la GIZ Benin, se propose de faire une étude portant sur « **l'état des lieux de la gestion des déchets électroniques issus de la technologie solaire photovoltaïque en République du Bénin** » qui pourra servir de base pour le développement et la mise en œuvre d'un plan national de gestion des e-déchets PV et susciter l'engagement des acteurs à divers niveaux à prendre des mesures pour une gestion efficace et respectueuse de l'environnement de ces e-déchets PV.

Les différentes parties prenantes de la gestion des e-déchets PV ont été identifiées et leurs rôles définis et analysés. Sur la base d'outils de collecte de données, les différents modèles organisationnels de gestion des e-déchets PV développés par ces différents acteurs ont été documentés et analysés. Une analyse SWOT de ces modèles a permis de déceler les pistes possibles ainsi que les insuffisances des modèles existants de gestion des e-déchets PV. L'approche de l'étude étant participative et inclusive, en plus des données collectées et analysées à leurs niveaux, les parties prenantes, lors d'un atelier d'échanges et de concertation, ont identifié les besoins et formulé des recommandations pour une gestion appropriée des e-déchets PV au Bénin.

---

<sup>5</sup> TAYLOR, M. & SO, E. Y. 2016. Solar PV in Africa: Costs and markets. *Bonn, Germany: IRENA*, 84, *ibid*.

<sup>6</sup> COMMISSARIAT GÉNÉRAL AU DÉVELOPPEMENT DURABLE 2020. Le photovoltaïque : choix technologiques, enjeux matières et opportunités industrielles. France: Ministère de la Transition Ecologique.

# 1. Objectifs de l'étude

L'objectif général de cette étude est de réaliser l'état des lieux de la gestion des e-déchets liés à la technologie solaire PV au Bénin et susciter l'intérêt des parties prenantes.

Les Termes de Références (TdR) de l'étude comprend les tâches suivantes :

- Tâche 1 : Participer à l'atelier de lancement des activités sur les e-déchets avec le Ministère de l'Énergie, les institutions affiliées et les parties prenantes ;
- Tâche 2 : Identifier les différents acteurs impliqués dans la gestion des e-déchets ;
- Tâche 3 : Identifier les mécanismes existants de gestion des e-déchets au Bénin et analyser leurs forces et faiblesses ainsi que les opportunités et menaces ;
- Tâche 4 : Organiser un atelier de concertation avec les parties prenantes ;
- Tâche 5 : Produire un inventaire des composantes / équipements de la technologie solaire PV installés et en prévision d'installation sur la période de la Stratégie Nationale d'Électrification (c'est-à-dire à l'horizon 2030) ;
- Tâche 6 : Identifier et faire ressortir le rôle des femmes dans les différents mécanismes de gestion des e-déchets ;
- Tâche 7 : Documenter les besoins et les initiatives de formation et de sensibilisation dans le secteur des e-déchets ;
- Tâche 8 : Organiser un atelier de présentation et validation des résultats.

Pour atteindre cet objectif, une méthodologie a été suivie en fonction des étapes de l'étude.

## 2. Contexte de l'énergie solaire et les e-déchets au Bénin

### 2.1. Les projets d'énergie solaire PV au Bénin

Depuis les années 90, plusieurs projets ont été mis en œuvre par différents acteurs à diverses fins : l'électrification des ménages, l'éclairage public, l'utilisation productive de l'énergie, etc. L'électrification communautaire au solaire au Bénin a commencé avec le projet dénommé « 24 villages solaires », financé par la Banque Islamique du Développement (BID), qui a permis de faire l'installation de 220 kWc d'énergie solaire en énergie distribuée (kits solaires pour ménages et institutions sociales)<sup>7</sup>. Pour l'électrification des ménages, la distribution des kits de type pico-PV et des systèmes solaires domestiques (SSD) s'est montré le moyen le plus efficace. Au cours des dernières années, plusieurs entreprises, avec l'appui de l'Etat et des PTFs, ont mis sur le marché diverses technologies de ces kits et SSD. Le programme EnDev de la GIZ a supporté entre 2014 et 2020 la distribution de 1,4 MWc d'énergie solaire à travers plus de 70.000 kits et SSD, de lampadaires et de pompes solaires. Aussi, dans le cadre du Off-grid Clean Energy Facility (OCEF) du compact II du Millénium Challenge Account (MCA-Bénin II), environ 37.000 kits et SSD sont prévus être distribués entre 2020 et 2023 dans la fenêtre 3 (Kits solaires domestiques) de ladite facilité. Toujours pour l'électrification des ménages mais aussi des infrastructures sociales, ainsi que pour la solarisation des équipements à usage productif, les minicentrales solaires sont mis en place, munis de réseaux de distribution dans des localités non desservies par le réseau national. Ainsi, le Projet de Valorisation de l'Energie Solaire (PROVES) et le Programme Régional de Développement des Energies Renouvelables et de l'Efficacité Energétique (PRODERE) ont contribué à l'installation de 80 minicentrales au Bénin, comptabilisant une capacité totale installée de 2,61 MWc. Le projet DEFISSOL, en cours, a installé une centrale solaire de 25 MW extensible à 50 MW. De plus, la fenêtre 2 (Mini-réseaux) de l'OCEF du MCA-Bénin prévoit la construction et l'exploitation de 117 mini-réseaux solaires pour 128 localités. Au total, le projet OCEF prévoit l'installation d'environ 13,4 MWc d'énergie solaire entre 2020 et 2023. Concernant l'éclairage public, les données de l'ABERME indiquent que 20.783 lampadaires solaires ont été installés entre 1993 et 2020, et 30.000 lampadaires devront être installés les prochaines années, pour le compte des municipalités.

Les projets d'électrification au solaire sont en plein essor dans le pays, et le solaire PV contribuait à une capacité cumulée d'environ 60 MWc en 2021, soit 1,44% de l'offre totale

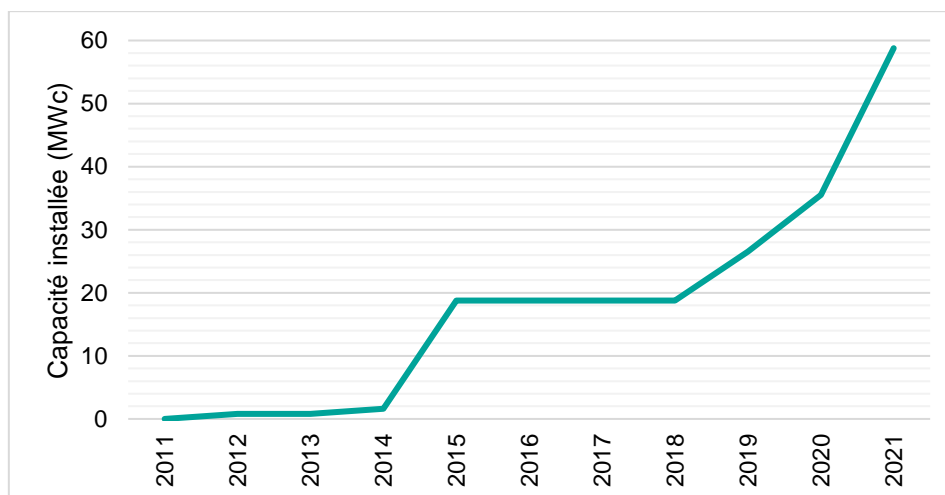
---

<sup>7</sup> [IED, 2010, Proposition technico-économique de localités à électrifier par systèmes d'énergies renouvelables](#)

d'énergie électrique du pays (Figure 1). L'ambition démontrée du gouvernement à faire des énergies renouvelables un pilier important dans l'atteinte des objectifs d'énergie pour tous est tracée dans le PONADER (Politique Nationale de Développement des Energies Renouvelables) qui vise une capacité cumulée du solaire à 450 MWc à l'horizon 2030<sup>8</sup>. Les axes à l'horizon 2026 pour l'atteinte de ces objectifs prennent en compte, entre autres, les projets suivants, inscrits dans le Programme d'Action du Gouvernement (PAG II)<sup>9</sup> :

- L'électrification de 750 infrastructures sociales,
- L'installation de 700 lampadaires solaires et le diagnostic et correction des installations électriques bâtiments des ministères, centres de santé et lycées,
- Construction de 4 centrales solaires à capacité cumulée de 50 MWc.

Les technologies liées à l'énergie solaire PV font usage d'équipements à durée de vie limitée, et variable d'une composante à l'autre du système photovoltaïque. Les panneaux solaires ont une durée de vie moyenne de 20—25 ans, alors que les câbles et les équipements de contrôle (régulateurs, convertisseurs) ont une durée de vie de 10 ans en moyenne. Les batteries, les éléments plus critiques d'un système solaire, n'ont qu'une durée de vie limitée à 5—7 ans. Par ailleurs, des facteurs comme une basse qualité, la température, les erreurs de fabrication, le non-respect des conditions optimales de transport, de stockage, d'utilisation, etc. affectent de manière baissière la durée de vie de ces équipements, qui deviennent donc des e-déchets.



**Figure 1: Capacité cumulée d'énergie solaire PV installée au Bénin**

Source : Adapté de DGRE, 2021, Bilan énergétique et indicateurs 2016—2020<sup>10</sup>

<sup>8</sup> [Ministère de l'Énergie, 2020, Politique Nationale de Développement des Energies Renouvelables \(PONADER\)](#)

<sup>9</sup> [PAG 2021-2026. Synthèse des principaux projets. Secteur: Électricité](#)

<sup>10</sup> <https://direction-energie.gouv.bj/telecharger-chiffres-cles>

## 2.2. Les déchets électroniques

Il convient de définir la notion de déchets électroniques (DEEE ou e-déchets), et spécifier ceux relatifs au solaire PV, objet de la présente étude. En effet, il existe plusieurs définitions de e-déchets. Selon la définition de la convention de Bâle, la plus globale sur les e-déchets, ces derniers regroupent tout équipement électrique et électronique qui n'est plus apte à l'usage et que le dernier propriétaire a mis au rebut<sup>11-12</sup>. Ces e-déchets concernent donc une plus large gamme d'équipements technologiques tels que le numérique, l'électronique automobile, la téléphonie, etc.

Plus particulièrement, les e-déchets issus du solaire PV représentent les équipements PV en fin de vie. Ainsi les e-déchets PV prennent en compte les équipements suivants en fin de vie : (i) Les kits pico-PV ; (ii) les composantes d'un SSD (panneaux, batteries, unité de contrôle, lampes, TV et/ou radio) ; (iii) la partie alimentation d'un SSD customisé (panneaux, batteries, régulateur et/ou convertisseur, câbles, et équipements de sécurité) ; (iv) les équipements nouveaux utilisant uniquement l'énergie solaire (lampadaires solaires, pompes solaires, etc.). Une fois en fin de vie, ces composants sont regroupés en fonction de leurs propriétés de traitement et de démantèlement. Chaque groupe de déchets est appelé « fraction », comme le métal, le verre, le plastique, le papier, le carton, les câbles, etc. La figure 2 illustre les fractions retrouvées dans les différents équipements PV.

Les diverses estimations montrent qu'au Bénin, les quantités des e-déchets ont évolué de moins de 200 tonnes en 2004<sup>13</sup> à environ 8.200 tonnes en 2019<sup>14-15</sup>. Toutes les études sont unanimes sur le fait qu'il n'existe aucune donnée sur les quantités (la part) de e-déchets collectées et qu'un dispositif systématique de quantification des e-déchets fait défaut<sup>11-12-16</sup>. Aussi, il n'existe aucune étude réalisée par le passé ayant pu faire une estimation des volumes de e-déchets PV existant (et à prévoir) sur le territoire national.

---

<sup>11</sup> [Secrétariat de la Convention de Bâle, 2012, DEee en Afrique : Etat des lieux](#)

<sup>12</sup> UNION EUROPÉENNE 2012. Directive 2012/19/UE du parlement européen et du conseil du 4 juillet 2012 relative aux déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE). *JOCE juillet*, 24, 38-70.

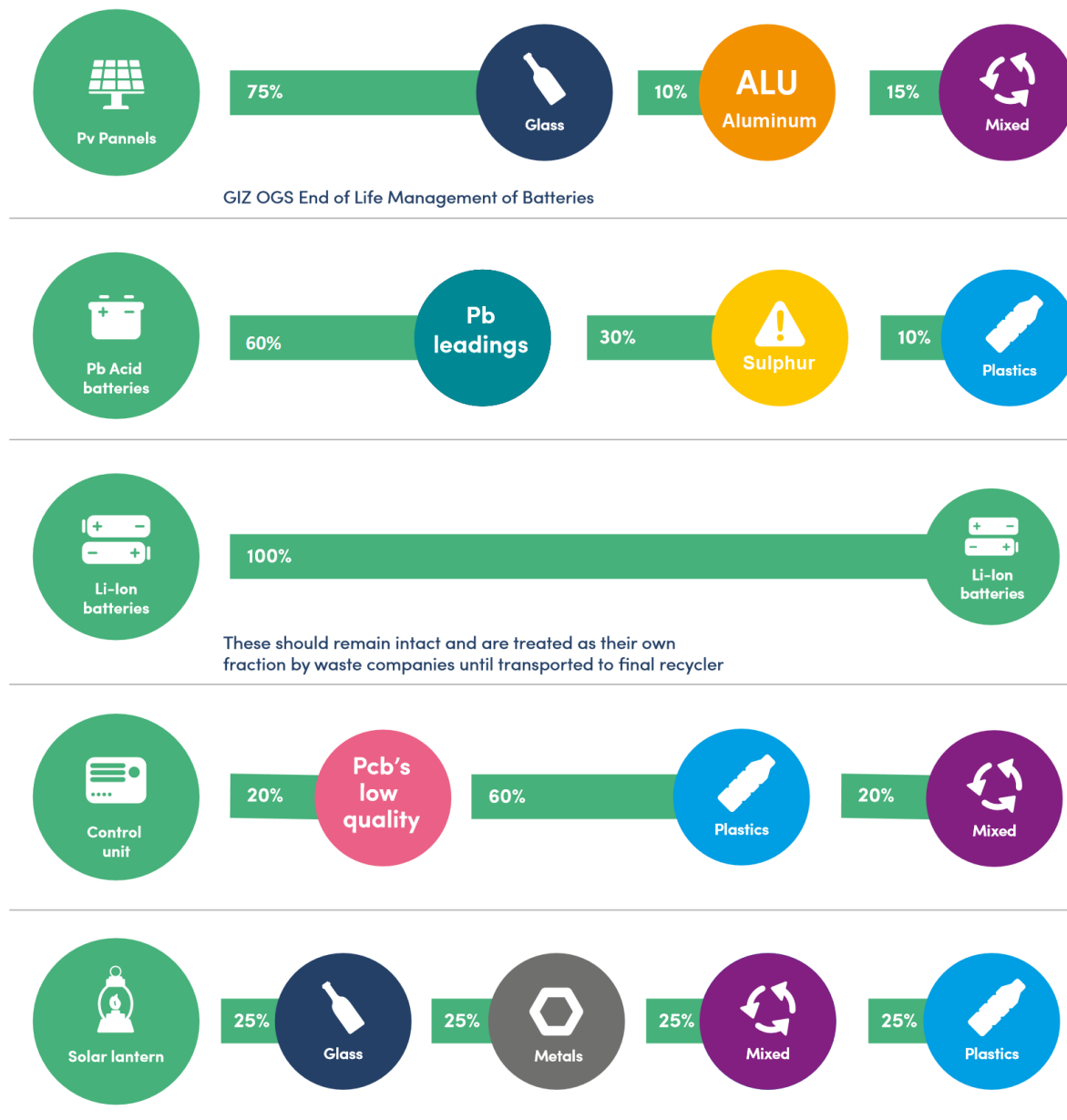
<sup>13</sup> UNEP & EMPA 2011. Rapport technique de diagnostic national des mouvements transfrontières et de la gestion des DEEE - Bénin. Cotonou: Secrétariat de la Convention de Bâle.

<sup>14</sup> BALDE, C. P., FORTI, V., GRAY, V., KUEHR, R. & STEGMANN, P. 2017. *The global e-waste monitor 2017: Quantities, flows and resources*, United Nations University, International Telecommunication Union, and International Solid Waste Association.

<sup>15</sup> FORTI, V., BALDE, C. P., KUEHR, R. & BEL, G. 2020. *The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential*.

<sup>16</sup> MATHIAS SCHLUEP, ANDREAS MANHART, OLADELE OSIBANJO, DAVID ROCHAT, NANCY ISARIN & ESTHER MUELLER 2012. *DEee en Afrique : Etat des lieux*. Châtelaine, Switzerland: Secrétariat de la Convention de Bâle.





**Figure 2: Fractions de e-déchets des différents équipements PV**

Source : Gogla, 2019<sup>17</sup>

La gestion des e-déchets regroupe toutes les activités de collecte, de récupération et de recyclage des matériaux, et de leur élimination par des procédés appropriés afin d'en réduire les effets néfastes sur l'environnement (Figure 3).

<sup>17</sup> [GOGLA, 2019, E-waste Toolkit, Module 1: Debriefing note, technical introduction to recycling of off-grid solar products](#)

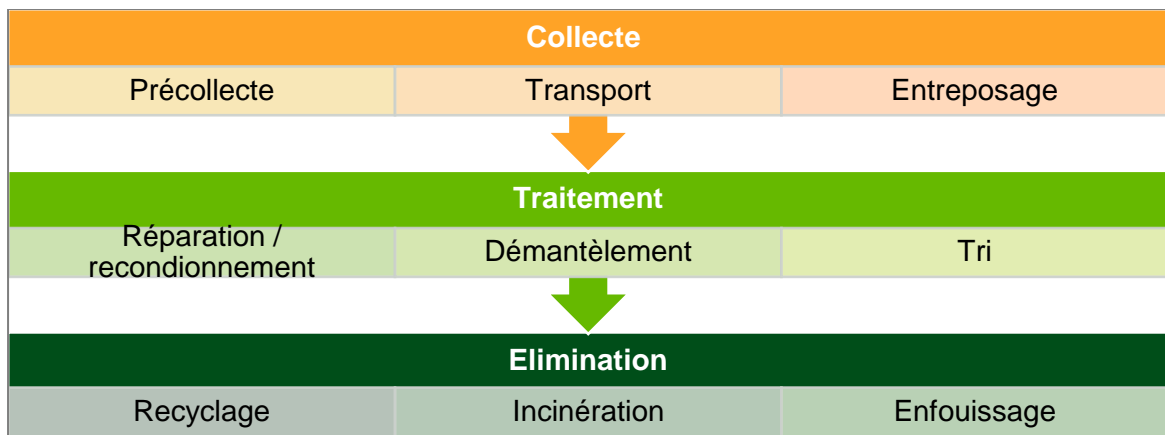


Figure 3: Activités de gestion des e-déchets

## 3. Méthode de conduite de l'étude

### 3.1. Cadrage de l'étude

L'atelier de cadrage de l'étude sur l'état des lieux de la gestion des e-déchets PV au Bénin s'est tenu le mercredi 13 avril 2022, au siège de EnDev Benin dans le but d'avoir une compréhension commune des TdR, et une prise de contact avec Öko-Institut. Ce dernier a appuyé l'équipe de consultants et EnDev Benin dans l'analyse des initiatives de gestion des e-déchets PV. Aussi, dans la deuxième partie de l'étude, relative à l'analyse des expériences internationales de gestion des e-déchets, Öko-Institut et l'équipe de EnDev Benin ont appuyé le consultant dans la mise à disposition des informations sur ses expériences sur la thématique des e-déchets PV dans plusieurs pays d'Afrique. En plus de la concertation sur les TdR et la méthodologie de l'étude, la séance de cadrage a aussi servi de creuset de partage de ressources documentaires incluant le répertoire des entreprises du solaire PV, partenaires de EnDev Benin et de bien d'autres parties prenantes de la gestion des e-déchets PV au Bénin, qui ont été mis en contact avec l'équipe de consultants, pour la collecte d'information, et plus d'orientations et recommandations pour l'étude.

### 3.2. Identification des parties prenantes de la gestion des e-déchets PV

A la suite de la séance de cadrage, des réunions de mise en contact ont été organisées au profit du consultant, avec la Direction Générale de l'Environnement et du Climat (DGEC) et la Direction Générale des Ressources Energétiques (DGRE). Ces réunions ont permis d'obtenir d'une part des orientations sur les pistes de parties prenantes à concerter pour le compte de l'étude, et d'autre part des lettres de recommandations pour le consultant, à l'endroit des parties prenantes étatiques identifiées. Une revue documentaire supplémentaire (incluant la littérature grise) a servi pour l'appoint de la liste des parties prenantes de la gestion des e-déchets PV au Bénin. Cette revue a orienté l'équipe de consultants vers les acteurs pour la collecte de données nécessaires à l'analyse des mécanismes de gestion à l'aide des outils de collecte dont les substances sont décrites dans les sous sections qui suivent. La figure 4 ci-dessous présente une catégorisation des parties prenantes identifiées et consultées, leurs rôles, et quelques exemples d'institutions concernées. Les données (qualitatives et quantitatives) collectées ont permis de faire une analyse SWOT des différents mécanismes de gestion de e-déchets PV, ainsi qu'une description du rôle et des niveaux d'implication des femmes dans ces différents mécanismes. Le groupe des utilisateurs (consommateurs) n'a pas été consulté dans le cadre de la présente étude.

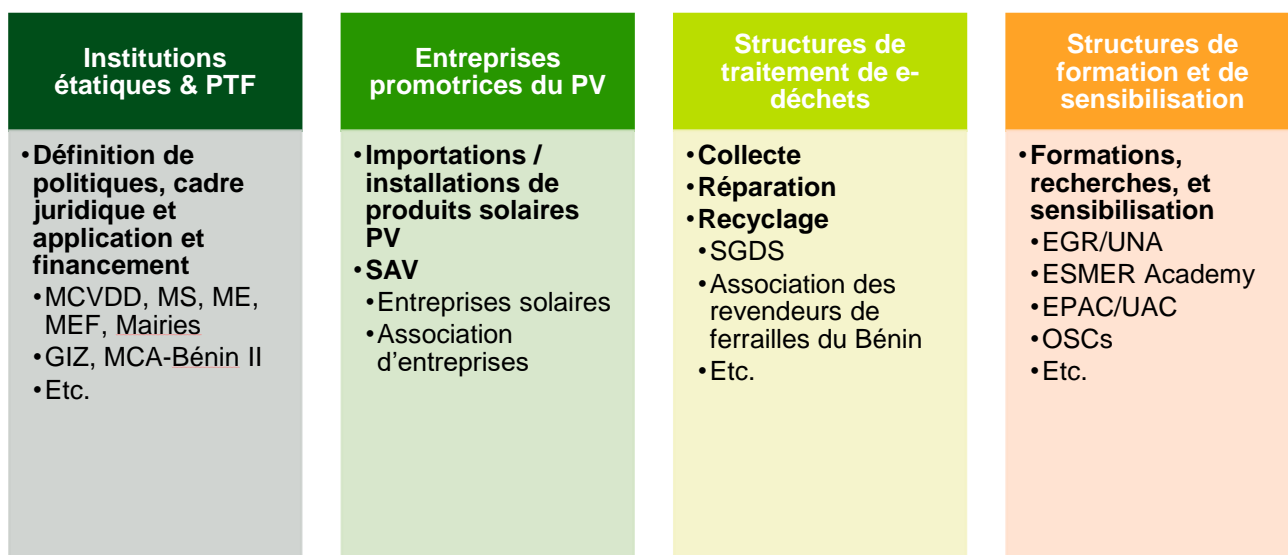


Figure 4: Groupes de parties prenantes identifiées

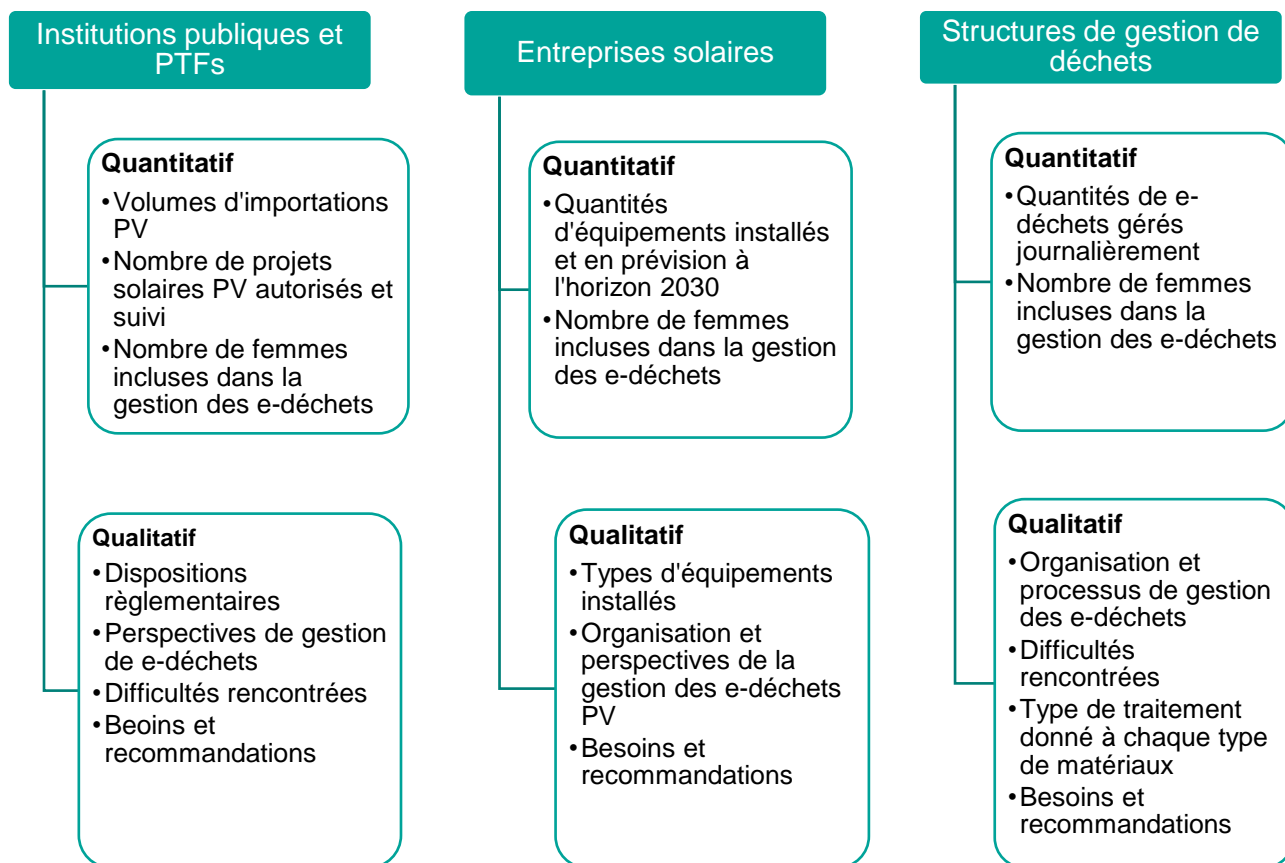
### 3.3. Collecte de données

Dans le but de recueillir les informations nécessaires à l'étude, des outils de collecte ont été élaborés et ont servi de guide de consultation des parties prenantes. Le tableau ci-dessous présente les parties prenantes consultées.

Tableau 1: Parties prenantes rencontrées dans le cadre de l'étude

Institutions publiques et PTF	Entreprises promotrices de la technologie solaire PV	Structures de gestion des e-déchets
ME (DGRE & ABERME)	30 entreprises du secteur du solaire PV	5 structures informelles de recyclage de e-déchets
MCVDD (DGEC & ABE)		
Ministère de la Santé (MS)		Société de Gestion de Déchets et de Salubrité (SGDS)
Ministère du Numérique et de la Digitalisation (MND)		
ANM		
OCEF (MCA Benin II)		

La figure 5 ci-dessous présente les informations clés et leur nature (quantitative ou qualitative) collectées au niveau de chaque groupe de parties prenantes. Les données quantitatives regroupent les informations ayant servi à l'évaluation des quantités d'équipements importés et les prévisions de déchets générés, ainsi que le niveau d'inclusion des femmes dans la gestion des e-déchets PV. Les données qualitatives quant-à-elles apprécient les dispositions prises par les différentes parties prenantes pour ladite gestion.



**Figure 5: Cibles et type de données collectées dans l'étude**

La collecte de données a été faite dans le respect des gestes barrières contre la propagation de la COVID-19.

Pour optimiser la collecte de données, les questionnaires utilisés ont été digitalisés sur KoBoToolbox pour un remplissage direct sur smartphone/tablette. Les données quantitatives ont été analysées à l'aide des programmes Stata® et Microsoft Excel. Les données qualitatives quant à elles, ont été analysées en faisant ressortir les ressemblances et dissemblances, puis une triangulation des informations a été faite pour établir la validité de ces dernières. La présentation des résultats a été faite par groupe cible, et illustre l'état général de la gestion des e-déchets PV, les difficultés, ainsi que les perspectives des différents acteurs.

Au cours d'une mission terrain organisée conjointement avec Öko-institut du 20 au 24 juin 2022 au Bénin, une analyse de cas a été faite sur la gestion des e-déchets auprès d'une sélection d'entreprises. A la fin de ladite mission, les résultats préliminaires ont été présentés aux parties prenantes au cours d'un atelier de concertation. Les participants ont alors eu l'occasion de formuler des besoins et recommandations communes pour une amélioration de l'état de la gestion des e-déchets.

## 4. Dispositions et stratégies institutionnelles

Le présent chapitre présente une synthèse des informations collectées sur les rôles et actions actuels des différentes parties prenantes rencontrées au cours de l'étude.

### 4.1. Cadre politique et légal

Il y a au Bénin un manque de dispositions législatives et réglementaires claires et spécifiques à la gestion des e-déchets (et ceux PV). Ce constat est fait et confirmé par toutes les institutions étatiques et PTFs rencontrés. Toutefois, cela ne signifie pas qu'aucune action n'est menée par les différentes parties prenantes institutionnelles pour la gestion des e-déchets sur le plan national. Il existe des dispositions générales et initiatives pour la gestion environnementale (incluant implicitement la gestion des e-déchets) en général. Ci-dessous sont listées quelques-uns des textes, arrêtés, et conventions internationales ratifiées par le Bénin :

- [loi n° 90-032](#) du 11 décembre 1990 portant constitution de la République du Bénin (révisée ; [loi n° 2019 - 40 du 07 novembre 2019 portant révision de la loi n° 90-032](#))

Dans son article 27, la constitution stipule que « toute personne a droit à un environnement sain, satisfaisant et durable et a le devoir de le défendre ; l'État veille à la protection de l'environnement ». De plus, l'article 29 se préoccupe des relations bilatérales et multilatérales sur le plan du transit, de l'importation, du stockage, de l'enfouissement et du déversement sur le territoire national, des déchets toxiques ou polluants étrangers.

- [décret n° 96-115](#) du 2 avril 1996, actualisé par le décret 2001-096 du 9 février 2001 portant création de la police environnementale

Ce texte réglementaire statue sur la police environnementale, institution habilitée à faire respecter et à sensibiliser sur les normes environnementales au Bénin.

- [loi-cadre n° 98-030](#) sur l'environnement, du 12 février 1999

La loi-cadre sur l'environnement régit les installations et établissements classés, les déchets et autres substances chimiques nocives ou dangereuses sans pour autant spécifier les e-déchets. La production de déchets par les activités industrielles y a occupé une place de choix. Dans son article 89, cette loi prévoit que tout projet devrait obtenir préalablement un certificat de conformité environnementale ou une exonération de ce dernier après les évaluations requises. Chaque projet devrait avoir un Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES) clair, approuvé au démarrage et suivi dans la réalisation par l'ABE.

- [décret n° 2003-332](#) du 27 août 2003 portant gestion des déchets solides en République du Bénin

Ce décret a statué sur les déchets ménagers, industrielles et hospitaliers produits sur le plan national sans spécifier les e-déchets qui sont également, en grande partie, des déchets solides.

- [arrêté interministériel n°136/MISAT/MEPN/MSP/DC/DE/DAT/DHAB](#) portant gestion des déchets dangereux

Cet arrêté traite de tous les types de déchets dangereux, même si les e-déchets n'ont pas été clairement cités. Les dispositions de ce texte exigent de tout promoteur devant établir ou exploiter un site d'élimination, d'entreposage ou de traitement de déchets nocifs ou dangereux l'obtention d'un permis spécial dont les conditions sont spécifiées par les lois et règlements.

- [code de l'électricité en République du Bénin](#),

Dans son article 60.8, la loi N°2020-05 du 1<sup>er</sup> avril 2020 portant code de l'électricité stipule que « tout producteur d'électricité à partir des énergies renouvelables est tenu de procéder, à ses frais, au démantèlement, à l'enlèvement des éléments des ouvrages de production d'électricité à partir de sources d'énergies renouvelables et à la remise en l'état du site de production à la fin de l'exploitation ou en cas de nécessité ». Le code de l'électricité rend donc déjà le producteur (importateur/installateur) responsable de la gestion de la fin de vie des équipements d'EHR. Par ailleurs, le même article précise que les modalités de ce décommissionnement sont à préciser dans un arrêté des ministères en charge de l'Energie et de l'Environnement.

- [loi N°2022-04 du 16 février 2022](#) sur l'hygiène publique en république du Bénin

Le code de l'hygiène publique a statué sur la manipulation de tout type de déchets sur les voies publiques et en dehors des maisons en y apportant des pénalités en cas d'infraction. Dans ce texte législatif, aucune mention spécifique n'a été faite concernant les e-déchets, mais fait mention des déchets solides, liquides et industriels, qui pourraient inclure des e-déchets.

- [Convention de Bâle](#)

Ratifiée par le Bénin à travers la loi n° 97-035 du 4 septembre 1997, cette convention porte sur le contrôle des mouvements transfrontaliers de déchets dangereux et de leur élimination. Elle exige les notifications et accords de transferts de déchets entre les pays adhérents et surtout l'élimination desdits déchets selon les normes environnementales et sanitaires requises.

- [Convention de Bamako](#)

La convention de Bamako a été ratifiée par le Bénin à travers la loi n° 97-023 du 20 juin 1997. Elle statue également sur la prévention du trafic ou de l'importation illicite des déchets dangereux à travers et en Afrique. Ladite convention exige l'élimination des déchets dangereux selon des technologies écologiquement rationnelles.

- [Convention de Rotterdam](#)

Ratifiée par le Bénin à travers le décret n° 2003-269 du 31 juillet 2003, la convention de Rotterdam porte sur la procédure de consentement préalable en connaissance de cause, applicable à certains produits susceptibles de générer des substances chimiques dangereuses. Elle promeut le partage des responsabilités entre toutes les parties du commerce international en vue de la préservation de la santé humaine et de la protection de l'environnement. Cette convention recommande l'utilisation rationnelle desdits produits chimiques dangereux.

- [Convention de Stockholm](#)

La convention de Stockholm a été ratifiée par le Bénin à travers le décret n° 2002-011 du 24 janvier 2002. Ayant pour problématique principale les polluants organiques persistants (POP, aussi présents dans certains e-déchets PV), la convention de Stockholm vise la protection de la santé humaine et des écosystèmes, du fait du caractère non biodégradable et de la bioaccumulation des POP.

Une difficulté majeure reste dans le manque d'application stricte de ces textes, qui ne sont d'ailleurs pas spécifiques aux e-déchets PV. Ainsi, la préoccupation du suivi de la conformité environnementale de l'ensemble des projets d'installation d'équipements solaire PV subsiste, d'autant plus que le marché du solaire au Bénin reste émergent et les objectifs premiers des entreprises du secteur pourraient être commerciaux avec peu ou pas de dispositions en faveur de la sauvegarde environnementale et sociale. Pour pallier cette contrainte, le MCVDD à travers la DGEC propose l'élaboration d'un programme national de gestion intégrée des produits chimiques et déchets d'équipements (Déchets d'Equipements Electriques, Electroniques et Electroménagers D3E, panneaux solaires, etc.). Une étude de faisabilité dudit programme a été récemment réalisée sous l'égide de la DGEC et débouchera sur l'élaboration d'un document de stratégie de gestion des e-déchets. Les discussions avec les responsables du projet laissent entrevoir que cette stratégie prendra en compte les e-déchets PV, objet de la présente étude.

Par ailleurs, la DGEC a annoncé un projet de texte réglementaire (décret) fixant les conditions et normes d'importations d'EEE et de traitement des équipements en fin de vie au Bénin. Ledit



document de normes en matière de gestion de e-déchets serait en revue avant validation et promulgation. Il préconiserait une Responsabilité Elargie du Producteur (REP). Ainsi tout importateur d'EEE (EEE solaire PV inclus) au Bénin sera responsable de la récupération et de la gestion écologique des équipements en fin de vie. En effet, la REP, inspirée du principe du pollueur-payeur contraint le producteur à prévoir en amont les coûts liés à la gestion adéquate des équipements en fin de vie (produits). Ceci incite également le producteur à être écoresponsable dans la conception du produit afin de réduire les coûts de la gestion. Il est à noter qu'au niveau sous-régional, l'UEMOA et la CEDEAO poursuivent l'élaboration de la stratégie de gestion des produits chimiques et des déchets dangereux incluant les e-déchets

## **4.2. Cadre institutionnel**

La plupart de ces structures consultées n'ont pas d'action directe en lien avec la gestion des e-déchets PV. Toutefois, leurs actions en lien direct ou indirect avec la question ont été documentées. En plus de la DGEC et l'ABE cités plus hauts, La DGRE et l'ABERME se concentrent sur la définition et la mise en œuvre de la politique énergétique nationale. La DGRE s'occupe de l'élaboration des différents documents de politiques pendant que l'ABERME est au niveau opérationnel. Pendant que la DGRE, l'ABERME et leurs PTFs associés développent les projets d'énergie, l'ABE se charge de la veille environnementale et sociale au niveau de ces projets à travers le suivi de toutes les études d'évaluations environnementales et sociales impliquées et la délivrance du Certificat de Conformité Environnementale et Sociale (CCES), assujetti à l'élaboration de Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES). Aussi, les projets de distribution d'énergie solaire sont régis par des dispositions permettant d'assurer la qualité des produits. Dans ce sens l'ABERME et les PTFs exigent aux entreprises importatrices les normes de qualité telles que [VeraSol](#) ou [IEC](#), et disposent de moyens (généralement à travers des missions de contrôle des installations) de s'assurer du respect de ces normes. Par ailleurs, l'Agence Nationale de Normalisation, de Métrologie et du Contrôle Qualité (ANM) a pu acquérir, à travers le projet Renforcement des Capacités des Acteurs du Secteur de l'Energie au Bénin (RECASEB) des équipements pour le contrôle des performances techniques des équipements lumineux et des panneaux solaires. Le centre de contrôle, une fois fonctionnel, permettra de vérifier la véracité dans la publicité de ces équipements. Toutefois, même si ces dispositions permettent de garantir la qualité des équipements et d'assurer les services après-vente (SAV), la gestion de la fin de vie (collecte-traitement-élimination) reste sans disposition précise au niveau institutionnel. Il faut noter que les centrales solaires sont sous le contrôle de l'ABERME, ce qui garantit qu'en fin de vie, la collecte des équipements pourrait être aisée et systématisée. En revanche, pour les projets de distribution de kits solaires PV, aucune disposition n'est prise, ni pour la collecte, ni pour le traitement.

Par ailleurs, la SGDS, après un appel à projet du fonds d'étude et d'aide au secteur privé (FASEP) a bénéficié d'un financement pour la mise en place d'une solution innovante de gestion des e-déchets dénommée OSIRX C-A avec l'appui de l'entreprise Technologie de France (TDF). Ce projet vise à installer un démonstrateur technologique sur le centre de transfert de Gbégamey à Cotonou, afin d'évaluer la valeur des e-déchets en vue de concevoir et mettre en place une filière intelligente de recyclage. Après un essai de 24 mois sur ce site, la filière de recyclage des e-déchets sera organisée et les infrastructures testées seront rétrocédées à la SGDS pendant que le partenaire TDF pourra obtenir une licence afin de vendre la technologie développée à l'échelle internationale. Cette initiative pourrait constituer un tremplin pour un recyclage local des e-déchets solaires PV ou non.

## 5. Les entreprises solaires dans la gestion des e-déchets PV

Cette section présente les résultats issus des discussions avec l'ensemble des entreprises promotrices de la technologie solaire photovoltaïque. Plus de 90 % des 30 entreprises rencontrées ont commencé leurs activités d'importation et d'installation d'équipements solaires PV après l'année 2007 pendant que les 10 % ont commencé plus tôt, avant l'an 2000. Cette jeunesse des entreprises pourrait s'expliquer par le caractère émergent du marché solaire au Bénin.

### 5.1. Responsabilité sociétale des entreprises

La Responsabilité Sociétale des Entreprises (RSE) des entreprises promotrices de la technologie solaire PV se matérialise à travers plusieurs actions qui sont présentées dans la figure 6.

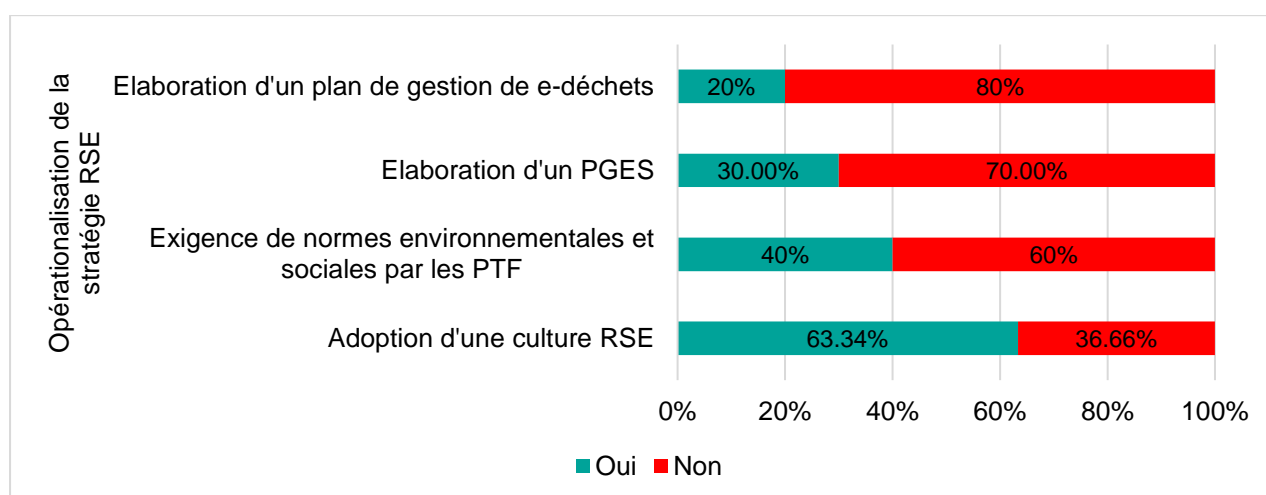


Figure 6: Responsabilité sociale et gestion des déchets chez les entreprises

Selon l'Union Européenne, la Responsabilité Sociétale des Entreprises (RSE) est définie comme l'intégration volontaire par les entreprises de préoccupations sociales et environnementales à leurs activités commerciales et leurs relations avec les parties prenantes. En d'autres termes, la RSE c'est la contribution des entreprises aux enjeux du développement durable<sup>18</sup>, au niveau social comme économique et environnemental. La prise en compte des questions environnementales dans le contexte des entreprises solaires inclut, sans s'y limiter, la gestion des déchets afin d'éviter que les équipements en fin de vie constituent une source de nuisances environnementales. La figure 6 montre que 19 des 30

<sup>18</sup> <https://www.economie.gouv.fr/entreprises/responsabilite-societale-entreprises-rse>

entreprises entretenues disposent d'une RSE et évoquent une sensibilité à la pollution que pourraient engendrer les e-déchets issus de leurs activités. Les raisons d'une telle absence de culture de RSE pourraient résider dans l'importance que ces entreprises accordent aux activités commerciales au détriment de la sauvegarde environnementale et sociale et aussi de l'inexistence d'une réglementation en la matière. Le caractère volontaire de la RSE elle-même est une raison de plus. Le Bénin dispose d'ailleurs d'une charte RSE<sup>19</sup> à laquelle les entreprises sont appelées à adhérer de façon volontaire. Par ailleurs, même parmi les entreprises disposant de cette RSE, seulement trois (03) ont mis en place un département (ou tout au moins un responsable spécialisé) en charge des questions d'hygiène, de sécurité, et environnementales. Pour d'autres, elles ont été contraintes à se conformer à certaines normes, exigences, ou pratiques de prise en compte des questions environnementales dans le cadre de la collaboration (ou le financement) avec des PTF. Les exigences les plus courantes des PTFs sont les suivantes :

- Le respect des normes de qualité ;
- Le service après-vente ;
- La conformité aux normes environnementales et sociales au niveau national et international ;
- L'inclusion sociale et du genre.

Ces exigences amènent certaines entreprises à élaborer et mettre en œuvre des Plans de Gestion Environnementale et Sociale (PGES) dans leurs projets de distribution d'énergie solaire, pour une considération des questions environnementales et sociales pour l'atténuation des impacts desdits projets sur l'environnement. La majorité (21/30) des entreprises, n'a élaboré de PGES pour ni des projets antérieurs, ni pour ceux en cours (figure 6). Par ricochet, ces entreprises ne font pas les études d'impact environnemental et social requises. Ces entreprises ont exprimé le besoin en renforcement de capacités afin de pouvoir réaliser les éventuelles études d'évaluations environnementales et mettre en œuvre adéquatement des PGES pour les projets futurs. Paradoxalement, plusieurs des entreprises évoquant leur culture RSE n'ont pas mis en œuvre de PGES. Cette culture RSE réside donc plus dans la conscience que les activités du secteur solaire peuvent être source de pollution environnementale surtout par le biais des e-déchets. Toutefois, ces entreprises n'ont pas les moyens (financiers et techniques) requis pour la sauvegarde environnementale et sociale.

---

<sup>19</sup> [Charte RSE Bénin](#)

Plus spécifiquement à la gestion des déchets, on note une quasi-absence de plan au niveau des entreprises. Seulement 6 entreprises sur 30 estiment avoir eu un tel plan, même s'il est, pour la plupart, contenus dans des documents pas clairs, pas précis, ou non finalisés. On note dans ces documents des initiatives de négociations pour des clauses de reprise des e-déchets PV par les fournisseurs ou de recycleurs étrangers. Mais les entreprises estiment avoir besoin d'appui technique et financier pour l'effectivité de ces plans. Une des difficultés évoquées est relative à la quantité (un seuil minimal) requise pour une exportation des équipements en fin de vie. En plus du fait que les entreprises (prises individuellement) n'ont pas pu atteindre ce seuil, il existerait des dispositions réglementaires au niveau des services d'exportation qui empêcherait ces mouvements transfrontaliers de e-déchets.

## 5.2. Pratiques de gestion des e-déchets PV

Les pratiques de gestion des e-déchets PV identifiées par la présente étude sont diverses et suivent un processus comme le présente la figure 7 ci-après.

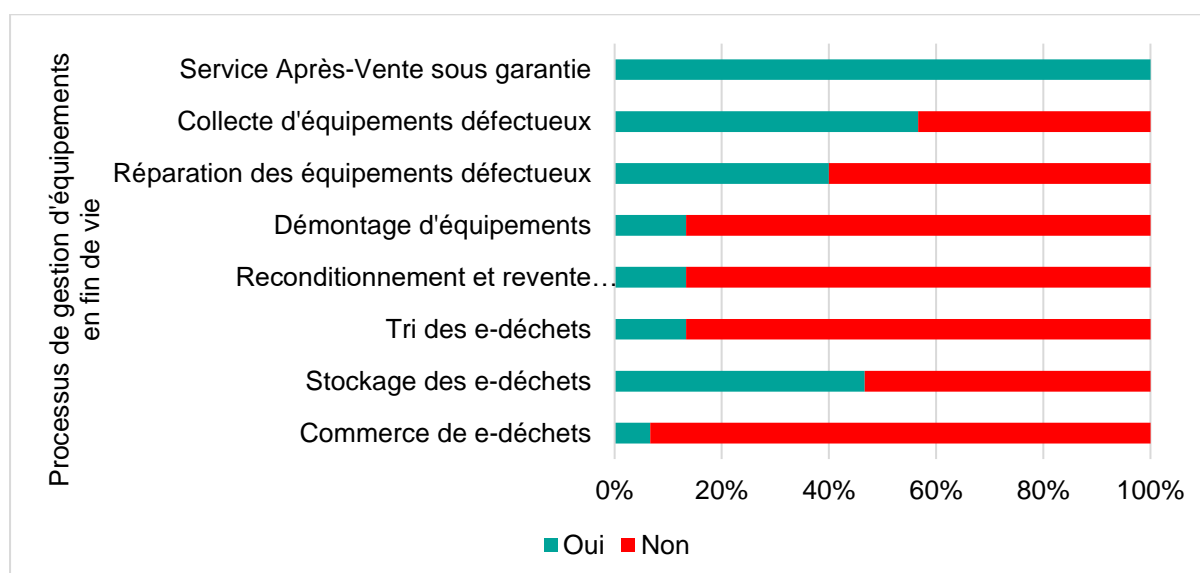


Figure 7: Pratiques de gestion des e-déchets PV par les entreprises

Pendant la période contractuelle (couvrant généralement la durée de garantie) entre les entreprises et les utilisateurs, le SAV est assuré pour tous les systèmes. Le SAV permet aux entreprises de réparer et remplacer les équipements défectueux. Pour ce faire, dans la plupart des cas, des agents de proximité sont disposés dans les zones d'interventions des entreprises. Ces agents se chargent de la maintenance et de la réparation, ou procèdent au remplacement de l'équipement en cas de non-réparabilité. Certaines entreprises (4/30) récupèrent et reconditionnent les équipements n'ayant pas pu être réparés au cours du SAV. Le reconditionnement consiste à démonter, récupérer les composants/parties de plusieurs équipements endommagés, puis d'en former un nouveau, dit de deuxième main. Ainsi, un kit

reconditionné, formé à partir de plusieurs kits défectueux, est revendu à prix réduit sur le marché. Les parties ne pouvant pas être remises en état sont alors triés puis stockés. Ces parties comprennent généralement les circuits imprimés, les coffrets endommagés physiquement, les LED dysfonctionnels, etc. Une fois la période de SAV passée, il n'existe généralement plus de termes contractuels entre entreprises et utilisateurs. Les négociations de maintenance, de réparation et de récupération en fin de vie ressortent alors de l'initiative de l'une ou l'autre de ces deux parties. En effet, à la fin des contrats, les équipements deviennent la propriété desdits acquéreurs qui sont libres dans leur manière de gérer la fin de vie. Cette situation demande alors une sensibilisation auprès des bénéficiaires d'équipements solaires sur les risques liés aux e-déchets et à leur mauvaise gestion et une incitation de ces derniers à rendre les équipements hors service aux entreprises pour une gestion appropriée. L'étude n'a pas pu évaluer le taux de collecte des e-déchets par les entreprises, mais il est certain qu'il est loin d'être 100%, puisque les entreprises avouent ne pas toujours avoir la collaboration (ni les moyens techniques et financiers) pour faire une collecte exhaustive. D'ailleurs, 13/30 des entreprises entretenues n'ont pas une culture de collecte, soit parce qu'elles n'ont pas les moyens ou la volonté de le faire, ou encore sont assez jeunes sur le marché et n'ont pas encore reçu des e-déchets de leurs clients.

La fin de vie des équipements solaires est plus critique et difficile à gérer, du moins, en ce qui concerne les entreprises solaires au Bénin. Lorsqu'aucune réparation ou qu'aucun reconditionnement n'est possible, les entreprises ayant récupéré les e-déchets se contentent juste de les démanteler et/ou de les entreposer. Là aussi, les règles de sécurité ne sont pas toujours respectées par lesdites entreprises dans l'entreposage des e-déchets, surtout en ce qui concerne les batteries Lithium-ion qui sont connues pour leur inflammabilité en cas d'absence de dispositions adéquates. Il n'est pas rare de constater que des équipes travaillent même dans les magasins de stockage de ces e-déchets. La photo 1 illustre les conditions de stockage des e-déchets de quelques entreprises visitées.



Panneaux solaires défectueux



Circuits imprimés démontés d'équipements solaires défectueux



Stock de batteries au Plomb en fin de vie



Stock de batteries Lithium en fin de vie

### Photo 1: Entreposage de e-déchets PV

Source : AEC, juin 2022

Il est alors évident que les entreprises ont des stocks de e-déchets et sont contraintes de trouver des solutions pour la gestion. Les solutions envisagées ou même déjà essayées varient d'un type d'équipement à l'autre. La figure 8 présente les pratiques de gestion de différents équipements solaires par les entreprises interviewées. Cette figure montre que les batteries et les lampes (kits) sont collectées en majorité, et stockées. Le stockage est donc le moyen le plus retrouvé chez les entreprises qui prennent la peine de collecter les e-déchets. Certaines entreprises, tel que présenté plus haut, disposent d'équipes de réparation et de remise en état des équipements. D'autres les font recycler par des tierces parties. Pour la plupart, ces dernières sont des réparateurs d'électroniques, ou des structures informelles de gestion de déchets électroniques. Mais il s'agit aussi parfois de partenariats de retour en usine d'équipements défectueux. Cependant ces partenariats ont du mal à marcher car ils ne couvrent que quelques équipements (batteries, unités de contrôles, panneaux, etc.), qui sont généralement très peu représentatifs par rapport aux stocks réels de e-déchets. D'autre part certains types de déchets (papiers, plastiques, verres) issus des activités des entreprises sont convoyés vers des structures locales spécialisées dans le recyclage de ces types de déchets. Même si ces pratiques sont insignifiantes par rapport au problème entier de la gestion durable des e-déchets PV, elles dénotent une bonne volonté des entreprises à minimiser l'impact de leurs activités sur l'environnement.



La gestion de plusieurs équipements en fin de vie est laissée à la guise de l'utilisateur. Ainsi, « Aucune action » sur la figure 8 signifie que l'entreprise n'importe pas ou ne distribue pas l'équipement concerné, ou laisse le choix au client pour la gestion de la fin de vie. Le sort des équipements non collectés est inconnu. Toutefois, dans un contexte où le marché informel de recyclage de e-déchets propose aux populations l'achat de tout type de déchets solides, il pourrait être imaginé que les e-déchets non récupérés se retrouvent dans le recyclage non écologique ou dans la nature avec tous les risques y afférents, aussi bien sur l'environnement que sur la santé<sup>20</sup>.

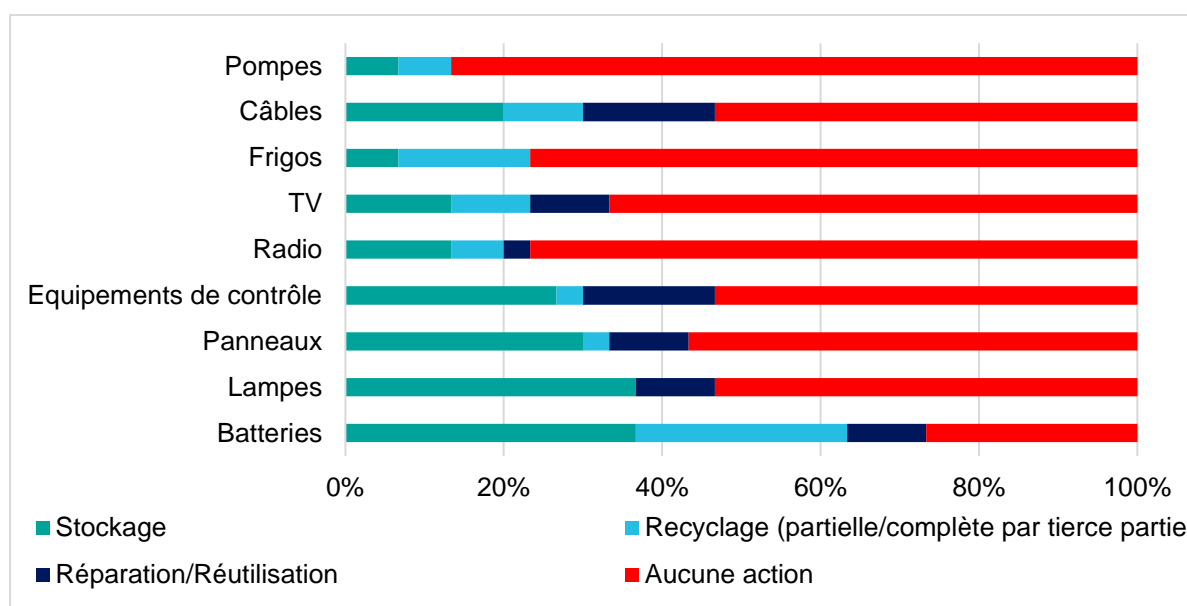


Figure 8 : Pratiques de gestion des types d'équipements par les entreprises

### 5.3. Analyse de la gestion des e-déchets PV

Les entreprises solaires sont bien conscientes, les unes plus que les autres, de l'enjeu de la gestion des e-déchets dans un contexte d'économie circulaire et de développement. En important des produits certifiés de bonne qualité, et en assurant le SAV, les entreprises agissent sur le cycle de vie des produits solaires PV afin d'éviter/réduire la génération de e-déchets PV (figure 9). Toutefois, ces actions sont entreprises individuellement, et sont pour la plupart limitées à la durée de garantie. La gestion de la fin de vie des équipements reste alors la grande question à laquelle les entreprises n'ont pas pu trouver de solution durable, du moins, pas à ce jour. Cette absence de solution durable donne un pas d'avance au secteur

<sup>20</sup> Houessionon, M.G.K., Basu, N., Bouland, C., Kedote, N.M., Fayomi, B., Fobil, N.J., et al. (2021) Knowledge, Practices, and Environmental and Occupational Health Risks Associated with Electronic Waste Recycling in Cotonou, Benin. *Occupational Diseases and Environmental Medicine*. 9, 33-48.



de recyclage informel. L'annexe 1, récapitule les rôles et actions des parties prenantes dans la gestion des e-déchets, ainsi que leurs limites.

Le processus actuel de gestion ne parvient pas encore à capitaliser les e-déchets finaux en les réutilisant comme matières premières secondaires afin de constituer un cycle des équipements solaires, de la matière première au e-déchet en passant par la fabrication, la distribution et l'utilisation. Les actions à entreprendre devraient donc se concentrer sur un dispositif qui permettra une utilisation des e-déchets comme matières premières, mais sans s'y limiter. Le tableau 2 résume l'état des lieux de la gestion des e-déchets PV au Bénin, suivant les étapes décrites en figure 3. La figure 10 présente une analyse des forces, des faiblesses, des opportunités et des menaces (SWOT) des initiatives de gestion des e-déchets par les entreprises promotrices de la technologie solaire photovoltaïque.

A la suite de l'atelier de concertation avec l'ensemble des parties prenantes, des propositions d'idées pour l'élaboration d'un plan national de gestion desdits déchets ont été faites. Ces propositions sont transcrites en annexe 2.

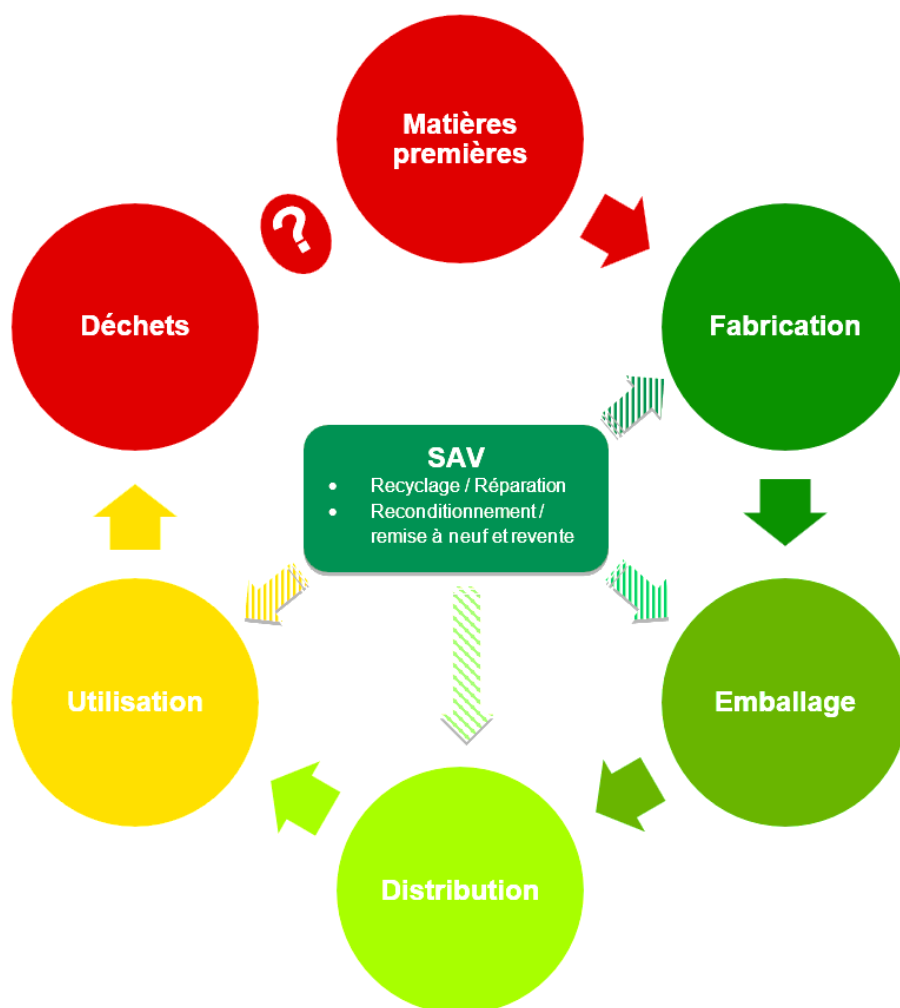
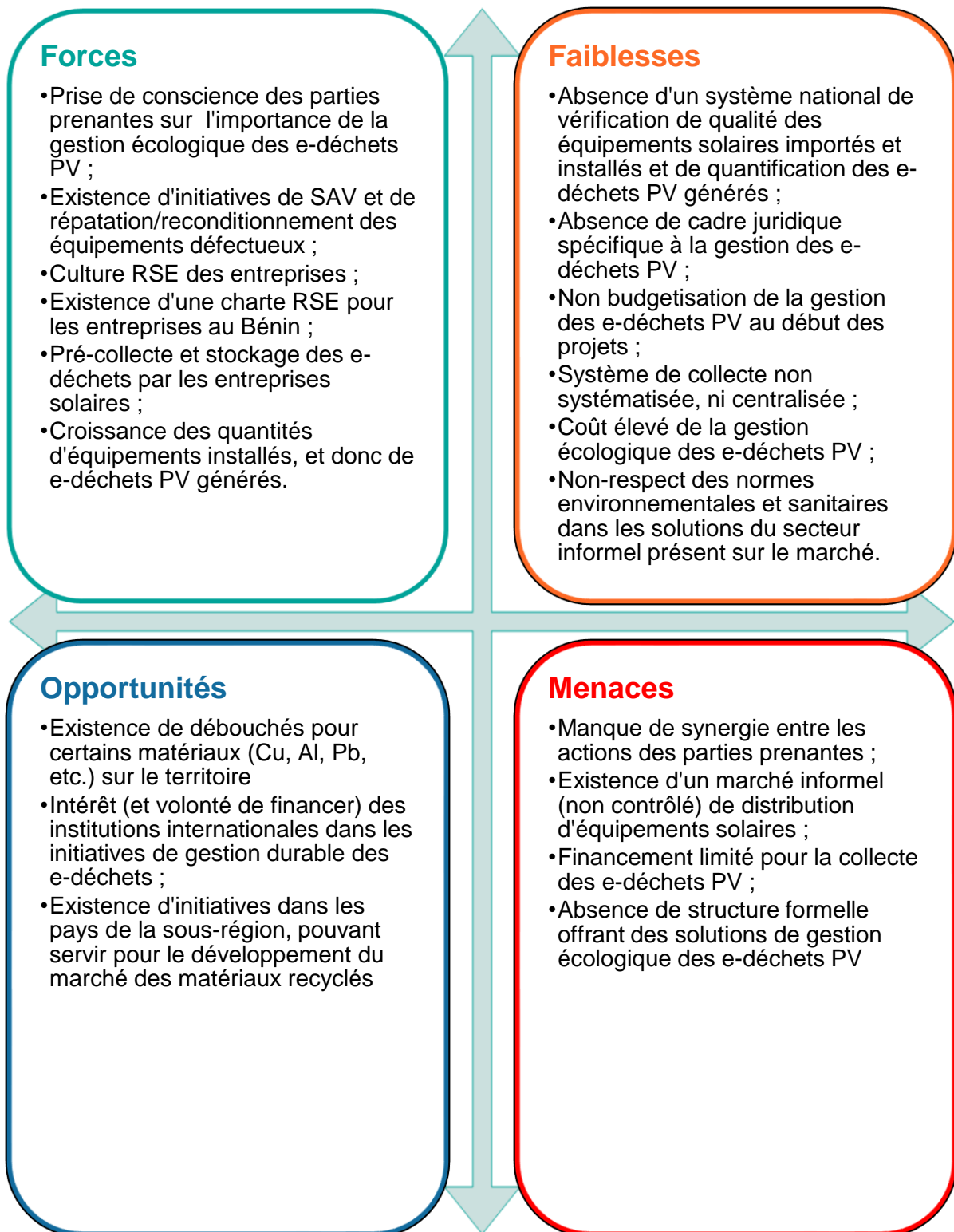


Figure 9: Processus de gestion des e-déchets avec une conscience d'économie circulaire

**Tableau 2: Etat des lieux de la gestion des e-déchets PV au Bénin**

Etape		Etat des lieux
Collecte	Pré-collecte	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Il n'existe pas de système centralisé (national ou régional) de collecte ;</li> <li>– Les équipements défectueux sont récupérés chez les utilisateurs à travers le SAV ;</li> <li>– Au-delà de la période du SAV, la collecte se fait sur entendement entre les entreprises et les utilisateurs.</li> </ul>
	Transport	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Le transport est assuré par les entreprises distributrices elles-mêmes ;</li> <li>– Le coût élevé du transport et l'inexistence de facilité de recyclage approprié font du transport des e-déchets PV un secteur pas dûment organisé.</li> </ul>
	Entreposage	<ul style="list-style-type: none"> <li>– L'entreposage se fait dans les locaux des entreprises, mais dans la plupart des cas, pas dans des conditions appropriées.</li> </ul>
Traitement	Réparation / Reconditionnement	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Il n'existe pas de structure national/régional de réparation/remise à neuf des équipements PV ;</li> <li>– Certaines entreprises disposent de compétences pour la réparation des équipements défectueux ;</li> <li>– Des composantes d'équipements en fin de vie sont réutilisées pour la formation d'équipements « deuxième main » par les entreprises.</li> </ul>
	Démantèlement / Tri	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Les équipements en fin de vie sont démantelés et triés par certaines entreprises ;</li> <li>– Mais les parties démantelées sont simplement stockées.</li> </ul>
Elimination	Recyclage	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Le recyclage des e-déchets PV n'est pas encore formellement effectué au Bénin ;</li> <li>– Cependant, le secteur informel de gestion des e-déchets offre une alternative non durable.</li> </ul>
	Incinération / Enfouissement	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Aucune activité d'enfouissement ou d'incinération des e-déchets PV n'a été répertoriée.</li> </ul>



**Figure 10: Forces, faiblesses, opportunités et menaces des initiatives de gestion des e-déchets par les entreprises promotrices de la technologie solaire PV**

## 5.4. Le secteur informel dans la gestion des e-déchets PV

Au Bénin, il s'est développé sur des décennies un marché de récupération et de reventes de métaux des équipements électriques et électroniques. Au cours de cette étude, des entrevues/visites ont été tenues avec quelques-unes des entreprises animant ce marché, pour comprendre le rôle qu'elles jouent dans la gestion des e-déchets en général, et leur implication dans la gestion des e-déchets PV en particulier. La description complète du processus de gestion des e-déchets faite par ces entreprises (informelles) est disponible dans le rapport de la mission de Öko-Institut, disponible à EnDev Benin. Ces entreprises informelles procèdent à la collecte des e-déchets, avec les collecteurs munis de chariots et sillonnant les bureaux, maisons et dépotoirs d'ordures pour récupérer les e-déchets moyennant une rémunération du détenteur du déchet (sur la base de la masse de l'équipement). Une fois collectés, les e-déchets sont soumis à une tentative de réparation pour la revente. Les équipements ne pouvant pas être réparés sont alors démantelés, pour l'extraction de matériaux à valeur monétaire. Les matériaux d'intérêts sont le plomb (contenu dans les batteries au Plomb, aussi bien des systèmes solaires qu'automobiles), le cuivre (contenu dans les câbles et moteurs électriques), les plaquettes électroniques, l'aluminium, etc. Le démantèlement se fait par les travailleurs de e-déchets sans protection individuelle et sans des dispositions de protection de l'environnement. La photo 2 montre un travailleur de e-déchets ouvrant un moteur électrique (à gauche) et un autre ouvrant une batterie au plomb avec une barre de fer avant de renverser l'acide au sol (à droite).



**Photo 2: Démantèlement des e-déchets par les recycleurs informels**

**Source :** AEC, juin 2022

Tous les matériaux récupérés sont triés et revendus aux exportateurs vers les usines de recyclage/transformation (généralement en Asie), alors que les matériaux sans grande valeur (revêtement de câbles, plastique, verres, etc.) sont laissés pour compte dans les rues des villes, comme l'illustre la photo 3.



Résidus de câbles électriques

Résidus de réfrigérateurs

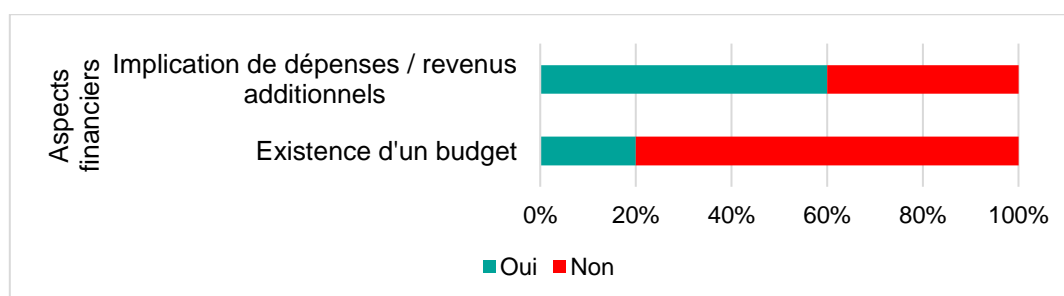
**Photo 3: Résidus de e-déchets abandonnés dans la nature**

**Source :** AEC, juin 2022

Des entretiens avec ces acteurs, il ressort que leurs activités ont longtemps été concentrées sur les e-déchets en général. Mais depuis quelques années, de rares équipements solaires commencent à échouer dans leurs ateliers de démantèlement. Considérant le fait que la collecte des e-déchets par ces acteurs est bien organisée et financée (à leur propre frais sous forme de fonds de roulement), ce secteur attirerait bien de plus en plus les e-déchets PV n'ayant pas pu être collectés par les entreprises solaires. De la même manière, ce secteur, assez expérimenté, quoique rudimentaire, pourrait être régularisé et formalisé pour procéder à une amélioration de la gestion des e-déchets en général, et ceux issus du solaire PV en particulier.

### 5.5. Financement de la gestion des e-déchets PV par les entreprises

La gestion des e-déchets allant de la collecte au traitement implique des ressources financières qui devraient être budgétisées et faire partie intégrante du plan d'affaires des entreprises. Ces coûts devraient même être budgétisés dans les subventions et/ou financements de projets dont les entreprises du secteur du solaire PV bénéficient. Cependant, il n'y a que 6/30 entreprises qui ont prévu tout au moins les coûts de la collecte d'équipements défectueux dans leurs budgets initiaux. Ainsi, la quasi-totalité des actions de gestion de e-déchets PV est financée sur fonds propres des entreprises, ce qui constitue aussi un obstacle majeur à ces dernières dans l'exercice de leur RSE, y compris la gestion des e-déchets (figure 11).



**Figure 11: Implication financière de la gestion des e-déchets**



## 6. Inventaire des importations/installations solaires et estimation des volumes de e-déchets

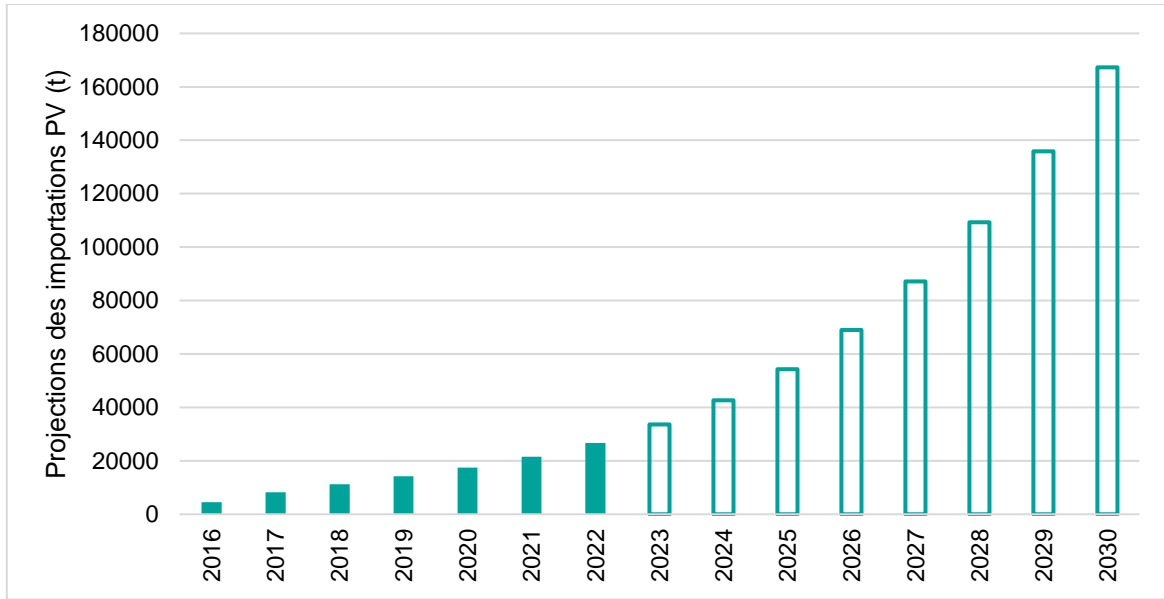
### 6.1. Inventaire des importations d'équipements PV

Dans le but d'estimer les quantités de e-déchets PV déjà générés et ceux en prévision à l'horizon 2030, les données relatives aux volumes des différentes composantes des systèmes solaires PV introduits sur le marché du Bénin ont été obtenus auprès des services de douanes béninoises. Le tableau 2 présente les données d'importations annuelles de différents équipements solaires PV. En raison de la restructuration des systèmes informatiques des services statistiques de la douane, les données depuis 1993 n'ont pas pu être obtenues. Seulement celles depuis 2016 étaient disponibles. Les panneaux solaires sont les équipements importés en plus grands volumes (~11.400 t en 2022), suivi des kits pico-PV et SSD (~4.200 t). Aussi, depuis 2016, une quantité cumulée de 3.700 t environ de batteries solaires a été importée. A ce chiffre s'ajoute la part de batteries Li-ion incorporées (non documentée dans le Tableau 2) dans les kits pico-PV et SSD. Au total, environ 26.600 tonnes d'équipements solaires ont été importés (et enregistrés aux services de douane) sur le marché béninois depuis 2016. Une projection (suivant la tendance sur les dernières années) de ces chiffres montre qu'environ 167.300 tonnes de ces équipements seraient importées sur le marché d'ici 2030, soit environ 6 fois plus d'équipements qu'en 2022 (figure 12).

**Tableau 3: Données d'importations annuelles d'équipements PV au Bénin**

Année	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Equipements	<b>Volumes cumulés d'importations annuelles (tonnes)</b>						
Kits (pico+SSD)	1.063,31	2.232,36	2.938,01	3.189,05	3.457,04	4.053,84	4.238,38
Panneaux	1.293,16	2.330,67	3.258,81	4.106,86	6.160,82	8.601,17	11.388,88
Batteries	1.349,64	2.385,14	2.508,34	2.853,79	3.200,20	3.336,84	3.688,90
Régulateurs	24,82	95,31	224,71	405,02	633,98	791,31	950,40
Convertisseurs	279,28	391,30	536,35	627,98	691,37	790,02	1.006,06
Câbles	89,84	186,99	232,51	317,44	496,74	562,60	1.092,53
Radio	15,36	16,50	20,78	22,11	68,04	99,95	101,69
TV	318,56	684,40	1.756,44	2.335,78	2.747,99	3.532,00	4.131,43

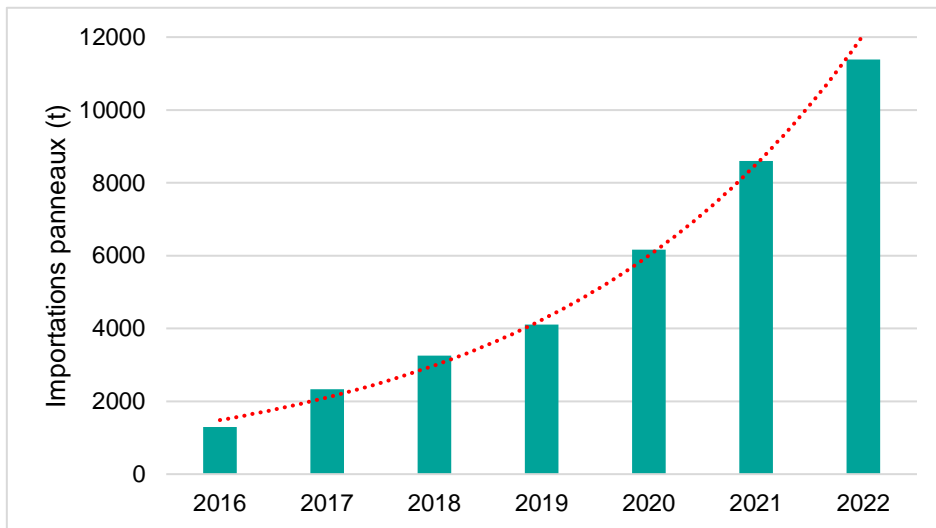
Source : DGD/BSC/SVSTD, octobre 2022.



**Figure 12: Projections de volumes d'importations d'équipements PV**

## 6.2. Estimation des volumes de e-déchets PV

Une méthode basée sur les volumes installés et les probabilités de pertes, développée par l'Agence Internationale pour les Energies Renouvelables (IRENA, International Renewable Energy Agency)<sup>21</sup>, a été appliquée pour estimer les quantités de déchets de panneaux solaires générés. La figure 13 montre l'évolution de la capacité cumulée d'énergie solaire PV installée depuis 2016.



**Figure 13: Importations panneaux**

<sup>21</sup> [IRENA, 2016, End-of-life management Solar Photovoltaic Panels](#)

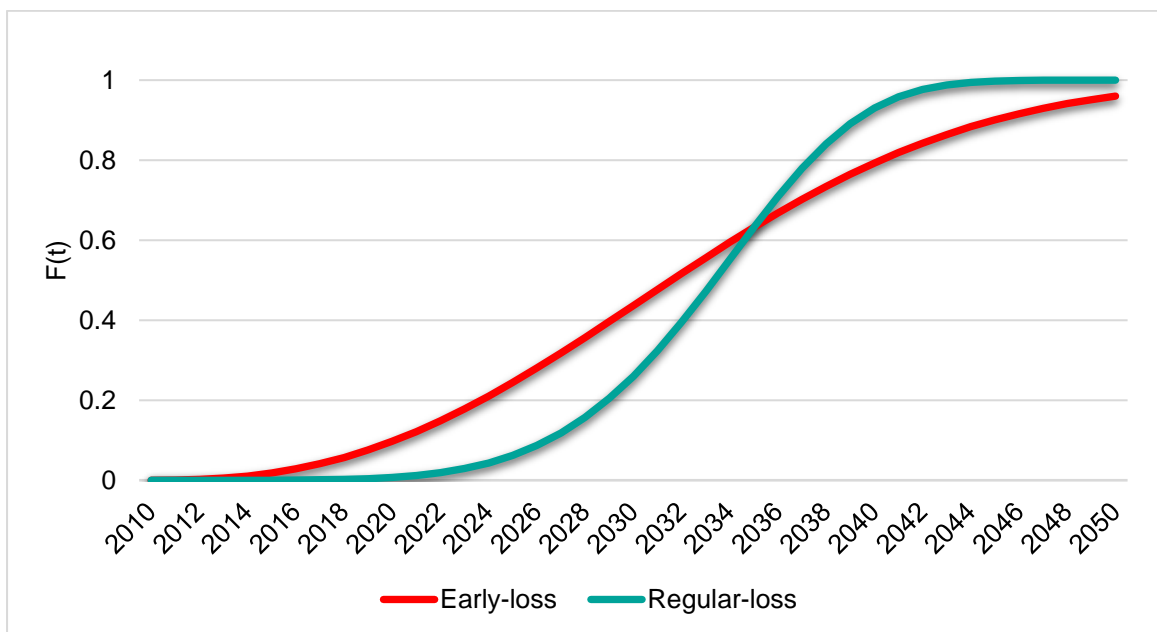
L'estimation des volumes de déchets générés se fait alors en considérant deux scénarii, et en se basant sur une durée de vie théorique de  $T = 25 \text{ ans}$  pour les panneaux :

- la perte régulière (RL, ou Regular loss) considérant que les panneaux se dégradent effectivement sur 25 ans, sans aucune faute prématurée ;
- la perte prématurée (EL, ou Early loss) considérant que des paramètres tels que les dommages au cours du transport, la mauvaise qualité du produit ou de l'installation, etc. réduisent la durée de vie du panneau.

Ces deux scénarii sont décrits par la formule de distribution de Weibull (Eq. 1), avec des facteurs de forme  $\alpha$  différents d'un scénario à l'autre. Pour le RL,  $\alpha = 5.3759$ , et pour le EL,  $\alpha = 2.4928$  et le  $t$  représentant l'année<sup>22</sup>.

$$F(t) = 1 - e^{-(t/T)^\alpha} \quad (1)$$

La figure 14 illustre la distribution de la fonction de Weibull pour les deux scénarii.



**Figure 14: Probabilité de perte cumulée (Weibull) pour les deux scénarii**

La quantité cumulée  $Q_c$  de déchets de panneaux solaires générés est alors obtenue dans chacun des deux scénarii selon l'équation suivante :

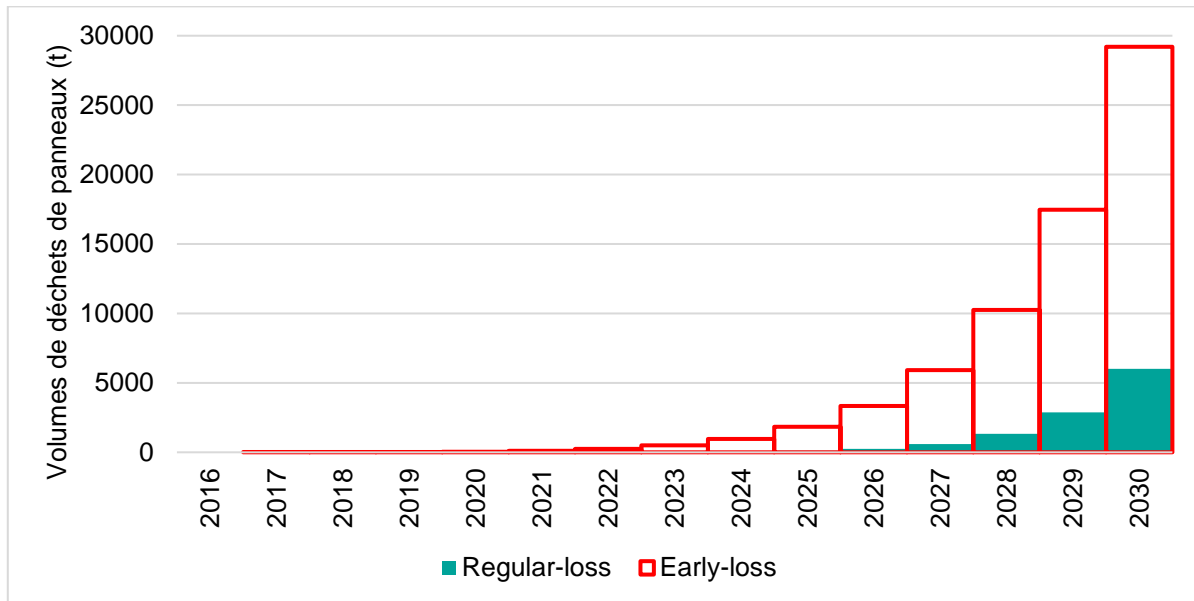
$$Q_c = P * F(t) \quad (2)$$

avec  $P$  la quantité (t) installée à l'année t.

<sup>22</sup> Kuitsche, J. (2010), "Statistical Lifetime Predictions for PV Panneaux," presentation, [https://www1.eere.energy.gov/solar/pdfs/pvrv2010\\_kuitsche.pdf](https://www1.eere.energy.gov/solar/pdfs/pvrv2010_kuitsche.pdf)



La figure 15 montre que d'ici 2024, la quantité de déchets de panneaux est estimée à 38 tonnes suivant le scénario de perte régulière (RL). Ce chiffre grimpera très vite à l'ordre de 6.000 tonnes en 2030, soit 150 fois plus de e-déchets. De plus, l'utilisation de panneaux de mauvaise qualité (EL) entrainerait plus de déchets (jusqu'à 30.000 t, soit 5 fois plus que dans le scénario RL) en 2030. Cette projection montre que rien qu'en considérant les panneaux solaires (et les fractions en figure 2), 4.500 t de verres (et de semi-conducteurs), 600 t d'Aluminium, et 900 t de matériaux mixtes (plastiques et cuivre) seront générés d'ici 2030.



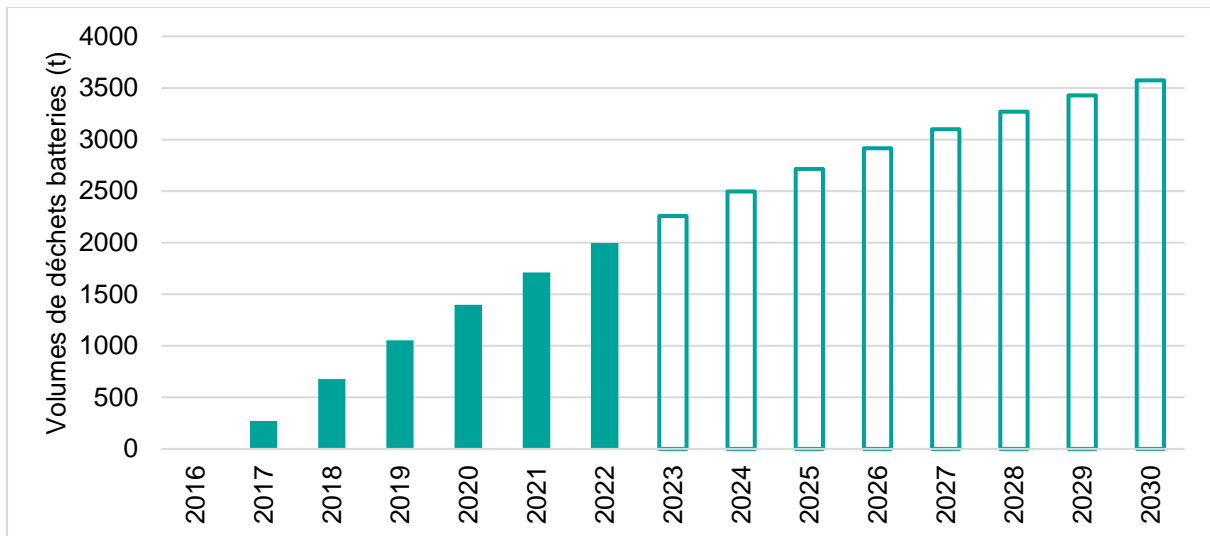
**Figure 15: Estimation de volumes de déchets de panneaux PV**

La même méthodologie de calcul a été appliquée aux batteries, avec  $\alpha = 0.789$  pour le RL<sup>23</sup> et montre qu'environ 2.000 t de déchets de batteries (au Plomb) seraient déjà générés en 2022, et que ce chiffre sera à 2.500 t en 2024 et à de plus de 3.500 t en 2030 (figure 16). Aussi, en considérant les fractions de la figure 2, il y aurait ~2.000 t de Plomb, ~1.000 t d'acide, et 360 t de plastiques générés à partir des batteries solaires. A ces quantités s'ajoutent les volumes de batteries Li-ion.

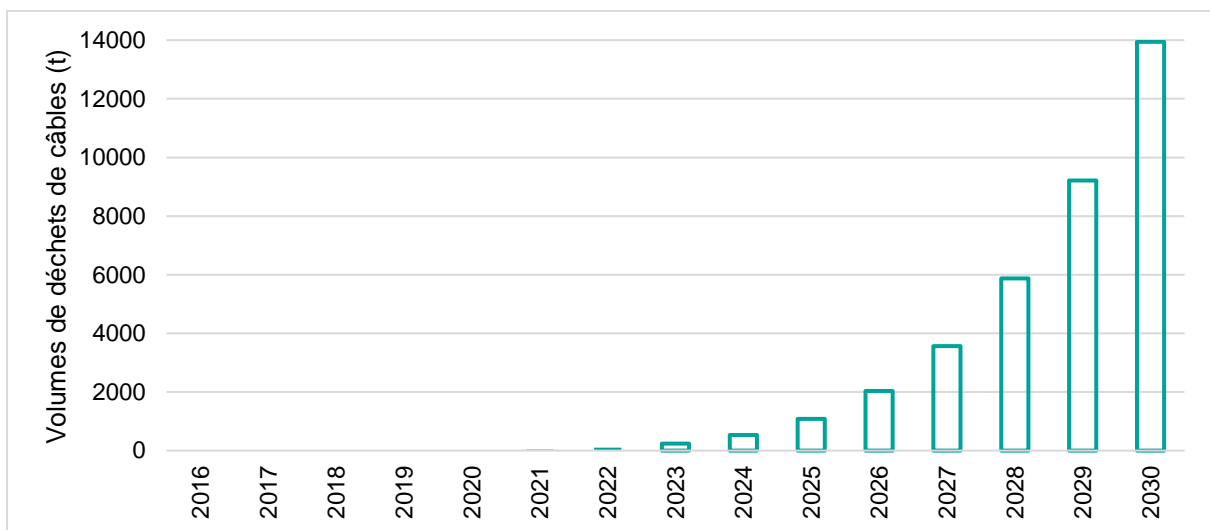
De même, pour les câbles, avec  $\alpha = 3.8$  pour le RL<sup>24</sup>, on estime à 96 t la quantité de câbles d'équipements solaires déjà générés en 2022, et des prévisions à 530 t et 14.000 t, respectivement en 2024 et 2030 (figure 17). Ces chiffres correspondraient à 12.000 t de cuivre et 2.000 t de plastique.

<sup>23</sup> Mekonnen, Y., Aburba, H. and Sarwat, A., 2018. Life cycle prediction of Sealed Lead Acid batteries based on a Weibull model. Journal of energy storage, 18, pp.467-475.

<sup>24</sup> Chauvet, C., & Laurent, C. (1993). Weibull statistics in short-term dielectric breakdown of thin polyethylene films. IEEE transactions on Electrical Insulation, 28(1), 18-29.



**Figure 16: Estimation des volumes de déchets de batteries solaires**



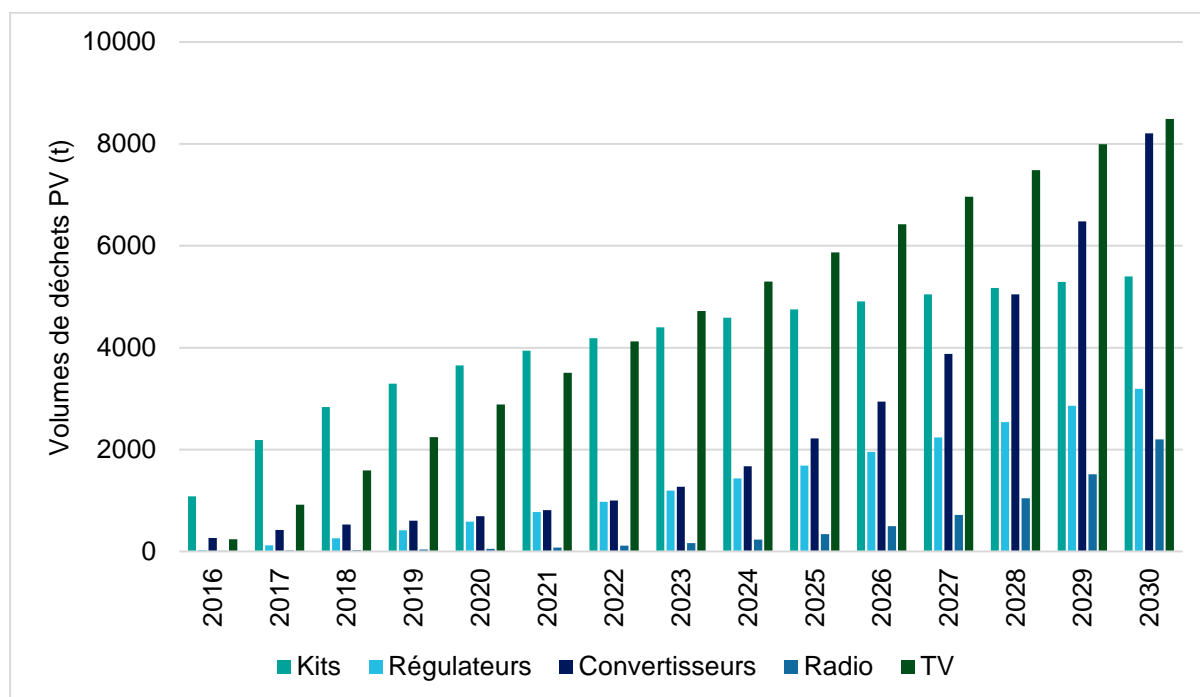
**Figure 17: Estimation des volumes de déchets de câbles d'équipements solaires**

La même méthode n'a pas pu être appliquée aux autres équipements, par manque de données sur le paramètre  $\alpha$ . Ce paramètre est estimé pour chaque type d'équipement par méthode expérimentale, et n'est pas disponible dans la littérature pour les autres équipements concernés dans cette étude. En substitution, la méthode d'approximation, développée par le PNUE<sup>25</sup> (Programme des Nations Unies pour l'Environnement) a été appliquée pour estimer la quantité de déchets mis sur le marché. Cette méthode reste limitée à l'hypothèse que le marché est saturé, c'est-à-dire une quantité d'importation d'un équipement entraîne la génération d'une même quantité de déchets de cet équipement. La formule est telle que :

$$Q_c = P \tag{3}$$

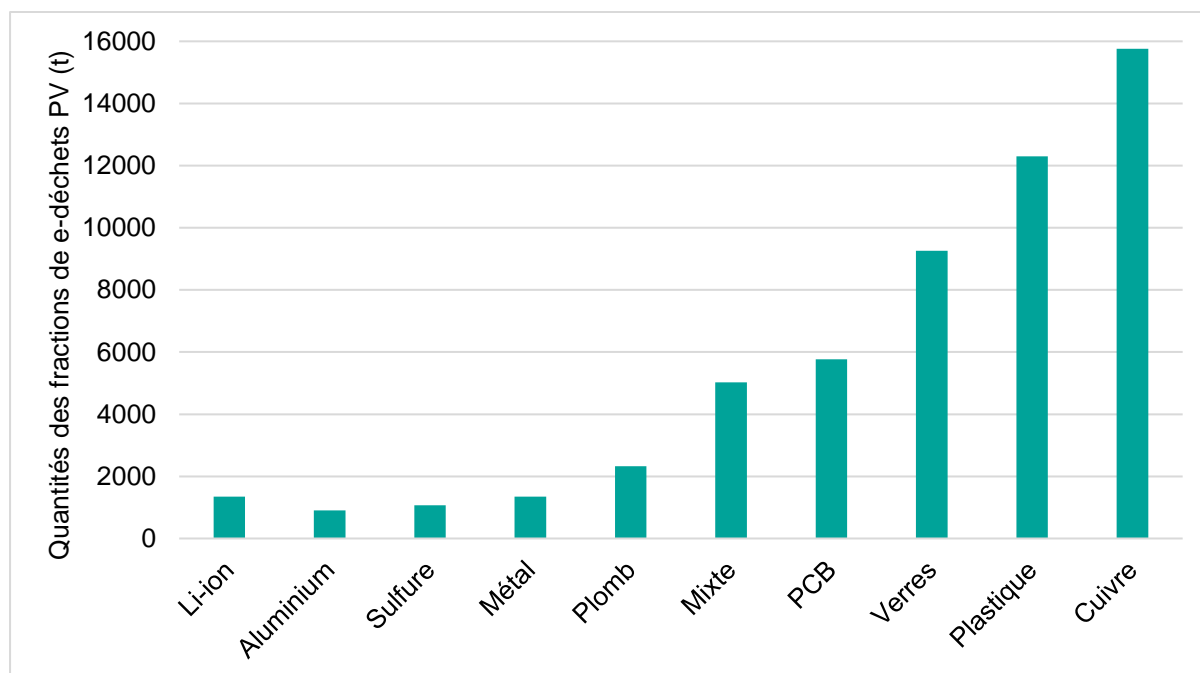
<sup>25</sup> [UNEP, 2007, E-waste inventory assessment manual, volume 1](#)

La figure 18 présente les prédictions de volumes de déchets des autres équipements PV.



**Figure 18: Volumes de e-déchets des autres équipements PV**

Considérant les fractions des e-déchets, on estime à plus de 55.000 t la quantité totale de déchets issus de la technologie solaire à l'horizon 2030 (figure 19). Le cuivre, le plastique, les verres (y compris les semi-conducteurs pour le cas des panneaux), et les circuits imprimés (PCB) sont les parties les plus importantes de ces volumes.



**Figure 19: Volumes des fractions de e-déchets PV à l'horizon 2030**

## 7. Rôle de la femme dans la gestion des e-déchets PV

Tout comme le processus de gestion des e-déchets, le rôle des femmes est à divers niveaux selon la position de ces dernières dans les entreprises du secteur solaire. Ainsi, selon qu'elles interviennent dans les entreprises promotrices de la technologie photovoltaïque, en administrations publiques ou dans les structures de gestion des e-déchets, leurs rôles sont variés. Mais il n'a pas été identifié dans le cadre de cette étude un cadre réglementaire national incitant l'implication des femmes dans les activités de gestion des e-déchets. Toutefois, il existe au sein même des institutions et entreprises des approches d'intégration de la femme particulièrement dans ces activités. Bien que le concept genre aille au-delà de l'intégration de la femme (enfants, personnes âgées ou handicap, etc.), la présente étude s'est focalisée sur l'inclusion de la main-d'œuvre féminine dans les activités relatives à la gestion des équipements solaires PV et de leurs déchets.

### **7.1. Implication et rôles des femmes au sein des entreprises promotrices de la technologie solaire photovoltaïque**

Toutes les entreprises promotrices de la technologie photovoltaïque rencontrées ont exprimé leur sensibilité aux questions d'intégration du genre (et de la femme) dans leurs activités en général et plus particulièrement dans la gestion des équipements en fin de vie. En effet, les femmes interviennent non seulement dans les activités de distribution (vente et installation) des systèmes solaires, dans le SAV, mais aussi dans la collecte et la réparation des équipements défectueux et en fin de vie mais en nombre limité. Au niveau des entreprises solaires, les femmes sont impliquées à titre de techniciennes (électriciennes, énergéticiennes) et commerciales. Aussi, il n'est pas rare de constater que les femmes occupent des postes de responsables logistiques ou autres postes de responsabilité équivalente. Pour illustration, la photo 4 montre les responsables logistiques de quelques entreprises locales visitées au cours de la mission de Öko-Institut au Bénin. Bien que certaines femmes soient impliquées, les effectifs du personnel féminin du secteur solaire (aussi bien dans les entreprises que dans les administrations) restent très bas.



**Photo 4: Discussions avec les responsables logistiques (femmes) de quelques entreprises**

**Source :** AEC, juin 2022

## **7.2. Structures de gestion de e-déchets au Bénin**

Au niveau des structures de gestion de e-déchets, il n'y a quasiment pas de femmes impliquées dans les activités de pré-collecte. Toutefois, même si l'équipe de consultation ne les a pas spécifiquement rencontrées, il y aurait, selon l'Association des Revendeurs de Ferrailles du Bénin (ARFEB), des femmes qui, de plus en plus, s'impliquent dans les activités informelles de recyclage de e-déchets en tant que responsables d'ateliers de recyclage (informel).

## **7.3. Contraintes et perspectives de l'intégration des femmes dans la gestion de e-déchets au Bénin**

Les contraintes de l'intégration des femmes dans la gestion des e-déchets évoquées par les entreprises promotrices de la technologie solaire photovoltaïque sont relatives aux faibles candidatures féminines pour des postes techniques. Toutefois, ces entreprises estiment encourager les candidatures féminines pour tous les postes en général et pour les postes de responsabilité et de technicité en particulier.

Au niveau des structures de gestion des e-déchets, la contrainte citée à l'unanimité concerne la sollicitation de l'effort physique dans les activités de récupération et de recyclage de composants de valeur des e-déchets. Ainsi, selon les interviewés, il est plus aisé aux femmes d'investir dans le secteur et d'exercer en tant que responsables de structures de gestion de déchets plutôt que d'être « recycleuses et/ou collecteurs » de e-déchets. Toutefois, ils expriment leur ouverture à accepter des femmes dans des fonctions de « recycleuses et/ou collecteurs » si elles sont intéressées par le métier.

En ce qui concerne les institutions publiques, PTFs, et universités/centres de formation, on note un fort encouragement à l'implication des femmes dans la chaîne de valeur du solaire PV. Même si les activités de promotion de la femme ne sont pas directement liées à la gestion des équipements en fin de vie, elles y contribuent indirectement. Ainsi, l'inclusion des femmes

et la hausse du niveau de la formation sur les énergies renouvelables dans les universités et centres de formation permettent d'avoir des installations de qualité (faites par les femmes techniciennes formées).

## 8. Initiatives et besoins de formation et de sensibilisation sur la gestion des e-déchets

### 8.1. Initiatives de formations et de sensibilisations

Les professionnels des énergies renouvelables en général et plus particulièrement du solaire PV ont reçu leurs formations dans divers lycées et universités au Bénin. Ainsi, les lycées techniques proposent des curricula de formation des techniciens en électricité. Les techniciens supérieurs et ingénieurs quant à eux, ont eu leurs diplômes d'électriciens ou d'énergéticiens dans les universités publiques ou privées telles que (i) l'Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC), (ii) l'Institut Universitaire de Technologie (IUT) et (iii) l'Ecole Supérieure des Métiers des Energies Renouvelables (ESMER), pour ne citer que celles-là. Il est à noter qu'à l'endroit des techniciens et ingénieurs, le fournisseur d'équipements solaires « *Victron Energy* » offre des renforcements de capacités en ligne et en présentiel sur le fonctionnement des équipements fournis. L'ensemble de ces formations permettent aux professionnels du solaire PV d'assurer le SAV et les reconditionnements des équipements défectueux. Cependant, il manque des compétences pour le recyclage des composants chimiques des équipements solaires.

Plusieurs Organisations de la Société Civile (OSC) mènent des actions de sensibilisation sur les questions de protection de l'environnement et du climat au Bénin. Toutefois, très peu de sensibilisations spécifiques à la gestion des e-déchets PV et les risques écologiques et sanitaires y afférents ont été menées. En 2015, dans le cadre du Programme Global Ecology Management les sociétés ERICSON et MTN Bénin ont réalisé une campagne de sensibilisation des populations sur les dangers environnementaux et sanitaires liés à la gestion inappropriée des e-déchets<sup>26</sup>. Cette campagne, la seule spécifique aux e-déchets, a également permis de récupérer 23,5 tonnes des e-déchets, qui ont été envoyées en Afrique du Sud pour le recyclage. Toutes les autres campagnes de sensibilisation au Bénin ont concerné les déchets ménagers, solides et ont été menées par la SGDS et par plusieurs Organisations Non Gouvernementales (ONG) à l'instar des Jeunes Volontaires pour l'Environnement (JVE), SACHET HELOUE, la Brigade Verte, Educ'Eco, etc. Il devient alors judicieux que les OSC soient incluses et accompagnées dans la prise de conscience communautaire des enjeux de gestion appropriée des e-déchets à travers des campagnes de sensibilisations.

---

<sup>26</sup> <https://www.scidev.net/afrique-sub-saharienne/news/vaste-operation-de-recyclage-des-dechets-lectroniques-au-benin/>

## **8.2. Besoins de formations et de sensibilisation**

A la suite des rencontres avec l'ensemble des parties prenantes de la gestion des e-déchets, les besoins de formations et de sensibilisation ont été mieux appréhendés. Ainsi, pour les entreprises promotrices de la technologie solaire PV, il faudra prendre en compte des accompagnements techniques dans la formation du personnel afin d'élever le standard de réparation des équipements. En effet, les techniciens et ingénieurs du solaire PV n'arrivent pas encore à réparer tous les composants des équipements. Le renforcement de leurs capacités permettra de donner le plus possible une seconde vie aux équipements défectueux.

En outre, il est important de faire des campagnes de sensibilisation à l'endroit de la population en général et des bénéficiaires des installations solaires sur les risques que présentent la mauvaise gestion des équipements solaires en fin de vie. Ces sensibilisations devront intégrer les méthodes de communication pour un changement de comportements afin de réduire le risque de ventes des e-déchets aux recycleurs informels par la population.

Concernant les structures de gestion des e-déchets, il serait judicieux de sensibiliser les entreprises informelles de gestion des e-déchets sur les risques écologiques et sanitaires liés au recyclage traditionnel des e-déchets et sur les mesures requises.



## 9. Difficultés et limites de l'étude

La présente étude sur l'état des lieux de la gestion des e-déchets PV a identifié, décrit, et analysé les mécanismes existants et les initiatives des différentes parties prenantes de ladite gestion. La consultation et la concertation de ces parties prenantes ont permis de comprendre les enjeux de la question et de formuler les recommandations pour une amélioration de la situation actuelle. Cependant, quelques difficultés et limites de l'étude nécessitent d'être relevées :

- L'entièreté des parties prenantes identifiées n'a pas été consultée. En effet, l'étude s'est focalisée majoritairement sur trois groupes de parties prenantes : les institutions étatiques et PTFs, les entreprises solaires, et les structures de gestion des e-déchets. Aussi, les structures de formation universitaires ont été consultées au cours des différents ateliers. Les utilisateurs qui constituent un groupe de parties prenantes très importante de la gestion des e-déchets n'a pas été consultée aussi, vu que les termes de références n'ont pas prévu cela. Par ailleurs, juste un échantillon représentatif d'entreprises a été consulté, avec le risque de n'avoir pas eu toutes les vues sur la question.
- L'influence du marché informel de distribution des produits solaires n'a pas été pris en compte de façon explicite dans cette étude. Additionnellement au fait que les termes de références n'ont pas prévu une consultation de ce segment du marché, il existe peu de données précises sur ce dernier. Mais tant est-il que l'informel a une influence non négligeable sur le développement de la technologie, notamment à cause de la qualité (non vérifiée) des produits offerts à coût réduit, et une absence de garantie. Cela laisse alors à l'utilisateur les risques de fin de vie précipitée des équipements, et la liberté de choix de quoi faire de ces e-déchets.
- Il existe au niveau des entreprises un manque (ou une incomplétude) de registre des installations solaires, car ces dernières n'ont pas pu fournir des données statistiques sur les quantités d'équipements solaires installés, et celles en prévision. Cela a limité le caractère exhaustif de l'inventaire des installations des équipements solaires et les projections à l'horizon 2030. Cela implique aussi que les entreprises n'ont pas forcément un contrôle sur tous les projets qu'ils ont implémentés.
- Les données statistiques sur les importations d'équipements solaires obtenus des services de douane sont limitées à 2016, dû à une restructuration du système d'enregistrement des entrées douanières. L'étude a donc fait usage des données depuis 2016, contre 1993 tel que demandé par les termes de références. Toutefois, ces données n'étaient pas désagrégées afin de permettre une estimation complète. Par exemple, pour les batteries solaires il est compliqué de savoir la part de chaque type (Pb ou Li-ion).

## Conclusion et perspectives

La présente étude a décrit et analysé les rôles des parties prenantes de la gestion des e-déchets PV au Bénin. Des consultations et concertations, il ressort que le Bénin ne dispose pas à ce jour de mécanisme de gestion complète et durable des e-déchets PV. Toutes les parties prenantes sont plus ou moins sensibles aux questions environnementales et sanitaires liées au développement du solaire PV au Bénin, mais expriment clairement des limites dans leurs initiatives. L'inexistence d'un cadre politique et réglementaire spécifique à la gestion des e-déchets semble être la plus grande question au niveau institutionnel. Il faudra une concertation des ministères (notamment de l'énergie et de l'environnement) et agences nationales concernées par la question. Les projets d'énergie solaire sont développés sans une prévision spécifique de la gestion de la fin de vie, qui pourtant est un aspect très important dans la durabilité et la protection de l'environnement. Ainsi, la définition d'un cadre réglementaire, suivi de lois et décrets, semble être une piste importante pour la mise en place d'un plan national de gestion des e-déchets PV. Les différentes lois et conventions relatives à l'environnement et à la gestion des déchets dont le Bénin dispose (ou dont il est signataire) devraient servir dans la définition d'un tel plan national.

Sur le plan technique, l'étude a montré qu'un système centralisé de collecte et de traitement des e-déchets serait une piste prioritaire à explorer. Les entreprises solaires, prises individuellement, investissent des efforts considérables pour la gestion des équipements défectueux. Mais ces efforts, à cause des exigences des PTFs (et parfois du bon vouloir des entreprises), se limitent à la période de garantie de l'équipement. La collecte, le transport et le traitement des équipements en fin de vie se fait par quelques entreprises seulement, et ces dernières les stockent, faute de structure de gestion propre. L'inexistence de structure formelle (pratiquant en respect des normes environnementales et sanitaires) constitue un frein important aux initiatives des entreprises qui, pour certaines, ont même mis en place des halls de reconditionnement et des entrepôts de e-déchets PV. Cette même inexistence de structure formelle de gestion des e-déchets laisse une opportunité d'exercice au marché informel de traitement de déchets, qui commencent à s'occuper de quelques e-déchets PV.

Une estimation a montré que des volumes grandissants de e-déchets PV seront générés au Bénin dans les années à venir. L'organisation d'une procédure de gestion des e-déchets PV devient donc urgente. En outre, il faudra penser un mécanisme de financement de la gestion des e-déchets afin d'assurer la durabilité des initiatives. En effet, les entreprises auto-financent leurs initiatives de collecte et de traitement (et de stockage) des e-déchets PV, alors que très peu d'entre elles budgétisent ces aspects de leurs activités. Il n'existe pas au niveau national de fonds nationaux dédiés à la gestion des e-déchets PV. Les projets solaires devront

alors être revus en intégrant des activités (et le financement correspondant) de gestion de la fin de vie des équipements à installer. Toutefois, une telle résolution dans le futur ne résoudrait pas le problème des déchets déjà générés depuis 1993 à ce jour. Pour tacler ces derniers, les acteurs (ministères, PTFs, entreprises solaires, ONGs, Start-ups, etc.) pourraient développer et financer des projets pilotes de recyclage ou revalorisation de ces e-déchets PV. Une centralisation d'un tel système serait bénéfique pour toutes les parties prenantes, vu que des initiatives individuelles reviendraient assez coûteuses et pas viables. Les limites des différentes initiatives devraient donc être intégrées pour définir des solutions tenant compte de tous les aspects et acteurs. La participation et l'engagement de ces derniers devient à partir de ce moment, une condition nécessaire à la réussite d'un plan national de gestion efficace et durable des e-déchets PV.

# Annexe

## Annexe 1 : Initiatives et contraintes des parties prenantes dans la gestion des e-déchets PV

Partie prenante	Actions/initiatives	Contraintes
<b>Institutions étatiques / PTF</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exigences de normes de qualité des produits,</li> <li>- Exigences de SAV,</li> <li>- Exigences de prise en charge des équipements défectueux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Difficultés d'applications,</li> <li>- Inexistence d'un cadre réglementaire, incluant la gestion des e-déchets PV, systématiquement applicable à tous les projets.</li> </ul>
<b>Importateurs / installateurs</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Respect de normes de qualité,</li> <li>- SAV (collecte et réparation d'équipements défectueux),</li> <li>- Reconditionnement (remise à neuf et revente),</li> <li>- Entreposage d'équipements / résidus en fin de vie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Activité à petite échelle (entreprise),</li> <li>- Difficultés des relations avec clients en période post-SAV,</li> <li>- Inexistence de structures de recyclage conformes aux normes environnementales exigées par les PTF,</li> <li>- Difficultés financières de gestion des e-déchets (collecte, gestion des résidus),</li> <li>- Difficultés à atteindre les volumes minimaux pour exportation,</li> <li>- Besoin grandissant en espace de stockage,</li> <li>- Exposition aux risques liés au stockage prolongé.</li> </ul>
<b>Structures de gestion des déchets</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Collecte de e-déchets (en général),</li> <li>- Démantèlement,</li> <li>- Récupération de métaux de valeur (Cu, Al, Fe, etc.),</li> <li>- Tri des matériaux récupérés et des résidus,</li> <li>- Brûlage et enlèvement de revêtements de câbles électriques (Cu, Al, ...).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Activités peu industrialisées,</li> <li>- Absence de compétences avérées dans le traitement des déchets ;</li> <li>- Limitations dans les capacités de gestion de tous les types de déchets,</li> <li>- Non-respect des normes environnementales et sanitaires,</li> <li>- Exposition aux risques sanitaires.</li> </ul>

## Annexe 2 : Besoins, limites, et recommandations des parties prenantes pour la gestion des e-déchets PV

Besoins/limites	Recommandations d'actions
<b>1. Cadre réglementaire (textes, lois, etc.)</b>	
Centraliser la gestion des e-déchets	Emettre les lois
Non-existence d'une structure de contrôle de qualité des équipements	Emettre une loi réglementant la norme en matière d'importation, et la mettre en application
Inexistence de textes (décrets) et de normes de gestion des e-déchets PV	Elaborer des textes (décrets) appliqués à la gestion des e-déchets PV
Absence d'arrêté interministériel qui encadre la gestion des e-déchets PV	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaborer des arrêtés interministériels qui encadrent la gestion des e-déchets PV,</li> <li>- Respecter les accords et directives régionaux auxquels le Bénin aurait adhéré en matière de gestion des e-déchets PV,</li> <li>- Partager avec les acteurs du secteur et les consultants les documents relatifs au cadre juridique des DEEE.</li> </ul>
Absence de stratégie de gestion des DEEE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaborer et adopter une stratégie de gestion des DEEE,</li> <li>- Elaborer un décret spécifique à la gestion des DEEE, en particulier les e-déchets PV.</li> </ul>
	Fixer des normes pour l'importation des produits solaires
	Créer un cadre réglementaire qui indique les conditions de : <ul style="list-style-type: none"> <li>- création de points de collecte des e-déchets,</li> <li>- d'usine d'utilisation,</li> <li>- mise en place de mesures et de facilitation.</li> </ul>
Identifier et formaliser les collecteurs de DEEE en points de collecte	Prendre un arrêté obligeant les entreprises ou promoteurs de solutions PV à se référer aux points de collecte référencés.
<b>2. Utilisation (clients finaux)</b>	
Inexistence de points de collecte des e-déchets	Créer des points de collecte des e-déchets contre une rémunération Sensibiliser les clients à retourner leurs équipements en fin de vie aux points de collecte
Absence de filière de gestion des e-déchets	Créer : <ul style="list-style-type: none"> <li>- une filière de pré-collecte/collecte auprès des ménages/entreprises</li> </ul>

Besoins/limites	Recommandations d'actions
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– des points de regroupement</li> <li>– des centres de transfert</li> <li>– des sites de valorisation</li> </ul>
Besoin de sensibilisation / communication / financement	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Organiser des campagnes de sensibilisation à l'endroit des populations</li> <li>– Prévoir des incitations financières pour les fournisseurs de déchets</li> </ul>
Créer une application mobile pour permettre à l'utilisateur de signaler et se débarrasser de ses e-déchets	Créer des mesures incitatives pour le retour des équipements en fin de vie
Prise de conscience écologique vis-à-vis des e-déchets	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Demander un dimensionnement par un technicien/ingénieur qualifié</li> <li>– S'informer et s'assurer de la qualité des produits solaires</li> </ul>
Inclusion et prise de responsabilité des acteurs de l'éducation à divers niveaux	<p>Introduire :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– au niveau du primaire, des leçons sur la notion de déchets, tri, et importance du tri ;</li> <li>– au niveau du secondaire, des panneaux de formation sur la gestion (réparation, recyclage, et revalorisation) des e-déchets ;</li> <li>– au niveau du tertiaire (précisément au niveau des STIM), des spécialisations et des technologies précises pour la gestion des e-déchets.</li> </ul>
<b>3. Commercialisation des produits solaires PV (entreprises solaires)</b>	
Réglementer les créations d'entreprises	Créer des ordres professionnels
Réglementer les importations des équipements solaires	S'assurer de la qualité des produits importés et installés
Difficulté du pouvoir d'achat	Subventionner l'achat
Non-conformité des coûts en termes de puissance	Réglementer les coûts
Renforcement des capacités	Identifier les besoins et former les acteurs
Organiser la filière (des acteurs)	Accompagner les entreprises à s'organiser en associations enregistrées
<b>4. Réparation/Réemploi/Remise à niveau</b>	
Manque ou pénurie de composants/outils de travail	Installer un grand centre de vente de pièces/outils électroniques pour la réparation des équipements défectueux
Revalorisation des équipements	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Former les acteurs</li> <li>– Apporter le financement adéquat</li> </ul>

Besoins/limites	Recommandations d'actions
Inclusion des écoles de métiers	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Développer des technologies précises pour la gestion des e-déchets (par exemple réutiliser les e-déchets pour former des poubelles de collecte).</li> <li>- Introduire dans les panneaux de certification de qualification professionnel (CQP) des panneaux de gestion des e-déchets PV.</li> </ul>
<b>5. Recyclage (en fin de cycle)</b>	
Réglementer l'importation des équipements solaires pour obtenir uniquement des articles recyclables	Exiger des articles recyclables
Besoin de structure nationale	Promouvoir les unités de traitement des e-déchets
	Inciter à la création des usines d'utilisation des matières premières issus du traitement des e-déchets.
	Former les collecteurs des e-déchets sur le traitement des e-déchets en respect des normes exigées.
	Mettre en place une usine de recyclage des e-déchets, à la charge de l'Etat, avec des poubelles adéquates
Besoin de structuration sous-régionale	Coopérer avec les autres états pour une organisation sous-régionale sur la gestion (la revalorisation) des e-déchets.
<b>6. Mécanismes de financement des activités de gestion des e-déchets</b>	
Besoin de financement	Accompagner les entreprises dans le financement des activités de gestion des e-déchets
Garantir un fonds de gestion des e-déchets	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Appui des PTF à travers des micro-projets pour renforcer les capacités des acteurs et accompagner les entreprises pour l'accès au financement</li> <li>- Appui du gouvernement pour la création de taxes, pour nourrir un fonds national de gestion des équipements électroniques (PV en particulier)</li> <li>- Imposer une implication financière aux entreprises par un projet de loi</li> <li>- Imposer un système de taxes pour nourrir un fonds national de gestion des e-déchets</li> </ul>
<b>7. La prise en compte du genre dans les activités de gestion des e-déchets</b>	
Encourager beaucoup plus les femmes	Accorder plus de priorité à l'aspect genre dans les activités/projets de gestion des e-déchets

## Financé par:



Ministry of Foreign Affairs of the  
Netherlands



Norad



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Swiss Agency for Development  
and Cooperation SDC

## Mis en œuvre et coordonné par:



Netherlands Enterprise Agency

### Publié par:

Deutsche Gesellschaft für  
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH  
Registered offices Bonn and Eschborn,  
Germany  
Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5  
65760 Eschborn, Germany  
E [info@giz.de](mailto:info@giz.de)  
I [www.giz.de](http://www.giz.de)

### Contact:

Energising Development (EnDev) Benin  
E [ende.v.benin@giz.de](mailto:ende.v.benin@giz.de)  
I [www.ende.v.info](http://www.ende.v.info)

Mise à jour en : Décembre 2022

### Photos:

© GIZ  
**Auteurs :**  
Africa Ecology Consulting  
Josué Rock SEGNON

Imprimé sur papier 100% recyclé