

ATELIER *LES DECHETS*

1^{er} semestre - Année 2013-2014



La gestion des déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E)

DOREL Mathurin

La gestion des Déchets d'Équipements Électriques et Électroniques (D3E)

Mathurin Dorel

2 Janvier 2013

Les Déchets d'Équipements Électriques et Électroniques ou D3E sont les déchets issus des appareils utilisant l'électricité pour fonctionner. Ces déchets se multiplient depuis la fin du XX^{ème} siècle et le début de l'ère numérique. Leur complexité et le prix toujours croissant des matières, parfois toxiques, qui les composent font de leur gestion un enjeu majeur du XXI^{ème} siècle, à la fois technique, économique et écologique.

Table des matières

1	Le gisement des D3E	2
2	La législation concernant les D3E	2
2.1	Qu'est-ce que les D3E ?	2
2.2	La réglementation Européenne concernant la gestion les D3E	2
3	La valorisation des D3E	4
3.1	La collecte des D3E	4
3.1.1	Les éco-organismes et l'éco-contribution	4
3.2	Les techniques de recyclage des D3E	5
3.2.1	Les méthodes de tri automatisées	5
3.2.2	Le raffinage	5
3.2.3	Le traitement des cartes électroniques	6
3.2.4	L'impact du recyclage	7
3.3	Le réemploi comme alternative au recyclage	7
4	Problèmes posés par la gestion actuelle des D3E	7
4.1	L'obsolescence programmée des EEE	7
4.2	Le détournement des D3E et les décharges du Sud	8
5	Conclusion	9

1 Le gisement des D3E

Les D3E représentent en Europe 8 kg/habitant/an en moyenne et jusqu'à 24 kg/habitant/an dans les pays les mieux équipés comme la France ou l'Allemagne. Les D3E ménagers représentent 80 % de cette masse [1]. Les D3E connaissent une hausse de leur production de 2 à 3 % par an en France, ce qui en fait le flux de déchets ménagers qui croît le plus rapidement. Le traitement de ces déchets est donc un problème de plus en plus important [2].

2 La législation concernant les D3E

2.1 Qu'est-ce que les D3E ?

Les D3E sont définis en Europe par les directives européennes relatives à ces déchets.

Les «équipements électriques et électroniques» ou «EEE» sont les équipements fonctionnant grâce à des courants électriques ou à des champs électromagnétiques et les équipements de production, de transfert et de mesure de ces courants et champs, conçus pour être utilisés à une tension ne dépassant pas 1 000 volts en courant alternatif et 1 500 volts en courant continu [3].

Les «déchets d'équipements électriques et électroniques» ou «DEEE» sont les équipements électriques et électroniques constituant des déchets au sens de l'article 3, paragraphe 1, de la directive 2008/98/CE, y compris tous les composants, sous-ensembles et produits consommables faisant partie intégrante du produit au moment de la mise au rebut [3].

Les 3E sont repartis par la directive Européenne 2012/19/UE en dix catégories [1] :

- Catégorie 1 : Gros appareils ménagers (GEM)
- Catégorie 2 : Petits appareils ménagers (PAM)
- Catégorie 3 : Équipements informatiques et de télécommunications
- Catégorie 4 : Matériel grand public et panneaux photovoltaïques
- Catégorie 5 : Matériel d'éclairage
- Catégorie 6 : Outils électriques et électroniques (à l'exception des gros outils industriels fixes)
- Catégorie 7 : Jouets, équipements de loisir et de sport
- Catégorie 8 : Dispositifs médicaux (à l'exception de tous les produits implantés ou infectés)
- Catégorie 9 : Instruments de surveillance et de contrôle
- Catégorie 10 : Distributeurs automatiques

Les catégories 8 à 10 ne sont prises en charge que par les filières professionnelles de traitement, les autres sont prises en charge à la fois par les filières ménagères et professionnelles.

2.2 La réglementation Européenne concernant la gestion les D3E

La directive 2012/19/UE [3] oblige les états membres de l'Union Européenne à développer des infrastructure de tri et de retraitement des DEEE. Elle fixe également dans l'article 7 des taux de collecte minimaux, qui passeront de 45 % de la masse mise sur le marché dans l'état en 2016 à 65 % après 2019. Cette directive contient également des conseils concernant la gestion de DEEE, notamment de favoriser d'abord le réemploi puis le recyclage.

Article 4 : Les États membres, sans préjudice des exigences fixées par la législation de l'Union sur le bon fonctionnement du marché intérieur et en matière de conception des produits, y compris la directive 2009/125/CE, encouragent la coopération entre les producteurs et les recycleurs et les mesures promouvant la conception et la production des EEE, en vue notamment de faciliter le réemploi, le démantèlement, ainsi que la valorisation des DEEE et de leurs composants et matériaux. Dans ce contexte, les États membres prennent les mesures appropriées pour que s'appliquent les exigences en matière d'écoconception, établies dans le cadre de la directive 2009/125/CE, qui facilitent le réemploi et le traitement des DEEE et que les producteurs n'empêchent pas le réemploi des DEEE par des caractéristiques de conception particulières ou des procédés de fabrication particuliers, à moins que ces caractéristiques de conception particulières ou ces procédés de fabrication particuliers ne présentent des avantages déterminants, par exemple en ce qui concerne la protection de l'environnement et/ou les exigences en matière de sécurité.

Article 5 : Les États membres prennent les mesures appropriées pour réduire au minimum l'élimination des DEEE sous la forme de déchets municipaux non triés, pour assurer le traitement adéquat de tous les DEEE collectés et atteindre un niveau élevé de collecte séparée des DEEE, notamment, et en priorité, pour les équipements d'échange thermique qui contiennent des substances appauvrissant la couche d'ozone et des gaz fluorés à effet de serre, les lampes fluorescentes contenant du mercure, les panneaux photovoltaïques et les petits équipements.

Article 6 : Afin d'optimiser la préparation en vue du réemploi, les États membres encouragent, avant tout autre transfert, les systèmes ou centres de collecte à prévoir, le cas échéant, que les DEEE à préparer en vue d'un réemploi soient séparés au point de collecte des autres DEEE collectés séparément, notamment en donnant accès au personnel des centres de réemploi.

L'article 8 oblige les états membres à vérifier que les D3E sont traités de manière appropriée afin de réduire leur impact environnemental et sanitaire. Ces traitements, comme la collecte séparée des piles, sont définis dans l'annexe VII, dont l'article 8 précise qu'elle peut être modifiée afin d'inclure les technologies de retraitement les plus récentes (également précisé dans l'article 19). Cette annexe précise par ailleurs que les traitements ne concernant qu'une partie des appareils doit se faire de manière à ne pas entraver le réemploi ou le recyclage du reste.

Cette directive fixe également des objectifs de valorisation des D3E par le recyclage ou le réemploi dans l'article 11 ; et impose aux producteurs de financer la collecte, le traitement et la valorisation (cf. 3.1.1).

L'article 15 impose de plus aux producteurs de fournir gratuitement et pour chacun de leurs produits « les différents composants et matériaux présents dans les EEE ainsi que l'emplacement des substances et mélanges dangereux dans les EEE » aux centres de traitements, recyclage et réemploi. Cette mesure vise à faciliter la réparation de ces produits en cas de défection, mais également à permettre le traitement des D3E qu'ils génèrent de manière efficace et respectueuse de l'environnement.

3 La valorisation des D3E

3.1 La collecte des D3E

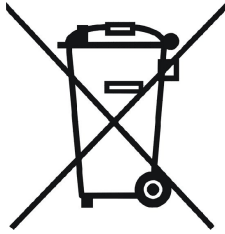


FIGURE 1 – Logo obligatoire indiquant que les D3E ne doivent pas être jetés à la poubelle

La collecte des déchets ménagers se fait en France selon 5 flux de collecte [4] :

1. Gros électroménagers hors froid (Catégories 1 et 4)
2. Gros électroménagers froid (Catégorie 1)
3. Petits appareils en mélange (PAM) (Catégories 2, 3, 6 et 7)
4. Écrans (Catégories 3, 4 et 7)
5. Lampes (Catégorie 5)

3.1.1 Les éco-organismes et l'éco-contribution

Les D3E ne doivent pas être jetés à la poubelle car ils sont une source potentielle de pollution, mais également de matière premières. En France, les producteurs de 3E sont d'ailleurs tenus d'informer les consommateurs de la voie de recyclage des appareils par un marquage adéquat ou s'exposent à une amende de 450 € par appareil produit. Ce marquage consiste en un logo de poubelle barrée qui indique que ces déchets doivent transiter par des filières spécifiques (figure 1)

Les D3E sont soumis à une responsabilité élargie du producteur (REP), c'est à dire que les producteurs sont responsables de la collecte, de la dépollution et de la valorisation des D3E. Les distributeurs sont également responsables, et s'exposent à une amende de 450 € par EEE vendu s'ils n'assurent pas la reprise « 1 pour 1 » des EEE usagés [4]. Les producteurs ont ainsi formé des éco-organismes pour réaliser ces missions.

En France, 4 éco-organismes sont agréés pour l'enlèvement des D3E ménagers aux points de collecte chez les distributeurs et dans les décharges [4]. Ce sont Eco-systèmes [5], Ecologic [6] et European Recycling Platform [7] pour les catégories 1 à 4, 6 et 7, et Recylum [8] pour la catégorie 5 (lampes). Ces éco-organismes dirigent ensuite les D3E collectés vers les filières de réemploi et de recyclage afin qu'ils soient traités.

Ces éco-organismes sont financés depuis novembre 2006 par l'éco-contribution, qui est un surcoût fixé pour chaque catégorie d'appareil et payé par le producteur puis répercuté jusqu'au consommateur [9]. Elle représente en moyenne 0,52 €/kg d'appareil avec des variations en fonction de l'éco-organisme et du produit [10]. À titre indicatif, cela représente 10 centimes pour un réveil, 6 € pour un lave-vaisselle et 13 € pour un réfrigérateur [11]. L'éco-contribution est répartie à 76 % pour le traitement, 14 % pour le transport et 12 % pour les frais d'administration et d'information [10].

Cependant, malgré quelques politiques incitatives des distributeurs, à l'image de Bouygues qui proposait une réduction de 10 € aux consommateurs qui rapportaient leurs anciens téléphones portables, les taux de collectes des D3E restent faibles, avec en 2010 seulement 5 kg/habitant soit moins de 50 % [1].

3.2 Les techniques de recyclage des D3E

Les D3E sont des déchets complexes, qui comportent à la fois de nombreux métaux, des plastiques et d'autres composés parfois toxiques, comme des composés bromés. Cette composition complexe impose de multiples traitements lors du recyclage afin de séparer tous les composants.

En France, les producteurs risquent depuis 2012 une amende de 450 € par appareil s'ils ne communiquent pas les informations relatives aux 3E qu'ils mettent sur le marché aux organismes de réutilisation et de recyclage [4].

Après la collecte, les déchets sont démantelés afin de séparer les principaux éléments des D3E, comme les circuits imprimés et les transformateurs dans les ordinateurs, ou les composants dangereux. Ce démantèlement est nécessairement manuel en raison du caractère hautement aléatoire de la composition en appareils des flux entrants de D3E, en particulier les PAM [12], et de la toxicité potentielle de certains composants. Cela augmente cependant le coût du recyclage et diminue sa compétitivité vis à vis de la mise en décharge. Un tri plus spécifique lors de la collecte faciliterait ce démantèlement et permettrait de réduire les coûts.

Ces différents éléments sont ensuite pour la plupart déchetés, ce qui permet un tri automatisé puis un raffinage qui sépare avec les méthodes modernes plusieurs dizaines de fractions purifiées.

3.2.1 Les méthodes de tri automatisées

Les cribles vibrants, constitués d'un ensemble de tamis vibrants (figure 2a), séparent les composants en fonction de leur taille, ils peuvent être mis en oeuvre avant les broyages afin de séparer de gros composants.

Le tri optique identifie les catégories de déchets en fonction du spectre de diffusion sous un éclairage halogène. C'est une méthode applicable à des déchets de taille moyenne suffisamment précise pour séparer différents types de plastiques, et qui permet également d'isoler les cartes électroniques.

Le tri électrostatique permet quant à lui de séparer, après broyage, les métaux ferreux, non-ferreux et les autres éléments. Ceci est réalisé dans un séparateur à courants de Foucault, qui génère un champ magnétique intense qui induit une aimantation des métaux, attractive dans le cas des métaux ferreux et répulsive pour les métaux non ferreux (paramagnétiques) 2b.

Enfin, le tri par flottaison isole les plastiques des déchets restants, comme le verre des écrans.

3.2.2 Le raffinage

Après les tris grossiers en grandes catégories, les éléments sont séparés par des méthodes métallurgiques. Les processus pyro-métallurgiques consistent en l'extraction par fusion des métaux, et les processus hydro-métallurgiques en la dissolution des métaux dans des acides suivie d'une extraction par différents solvants.

Ces méthodes de pointe permettent ainsi de raffiner les métaux avec une grande efficacité, jusqu'à 95 % pour les métaux précieux et le cuivre [15]. Les plastiques également peuvent être recyclés de manière très efficace [16]. Néanmoins le taux global de récupération des métaux ne dépasse pas 50 % à cause de l'inefficacité des étapes précédant le raffinage.

De plus, ces performances ne peuvent être atteintes que par quelques usines dans le monde et un tel recyclage coûte encore très cher par rapport à l'abandon en décharge [15].

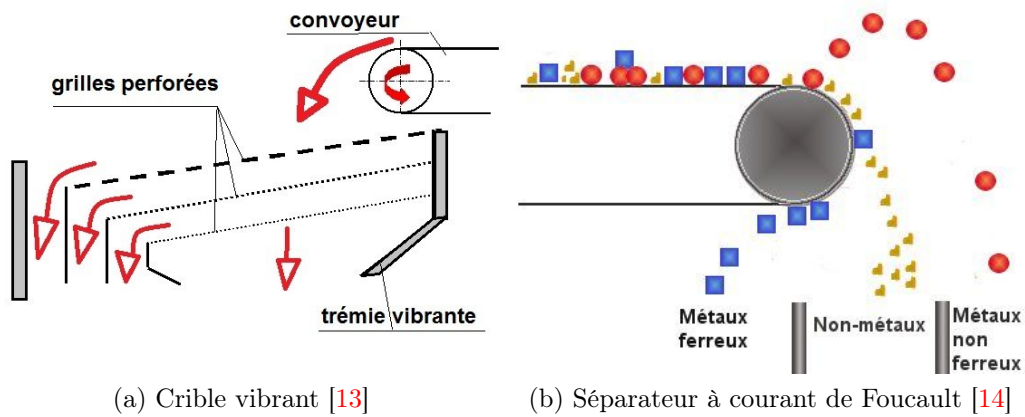


FIGURE 2 – Les méthodes de tri automatisé

3.2.3 Le traitement des cartes électroniques

Les cartes électroniques (PCB) sont présentes dans la plupart des D3E et concentrent de nombreux éléments différents. Elles ne sont pas collectées spécifiquement mais sont extraites des D3E qui en contiennent lors du tri. Elles sont broyées puis les métaux sont extraits et séparés par pyrométallurgie. Les résines époxy, qui constituent l'essentiel de ces cartes, sont brûlées lors de l'extraction des métaux et ne sont donc pas recyclées [15].

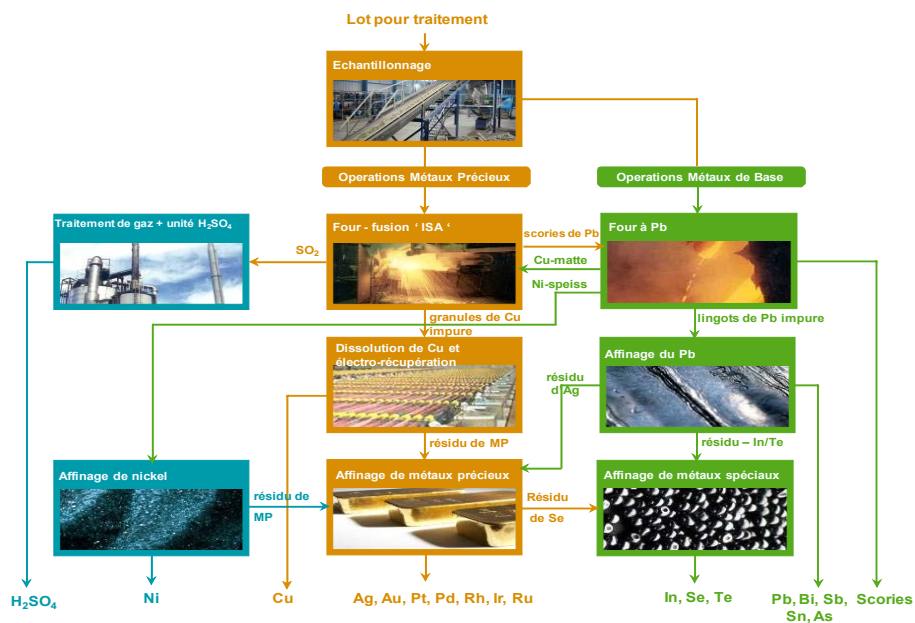


FIGURE 3 – Traitement des cartes électroniques par la société « Umicore Precious Metals Refining »

3.2.4 L'impact du recyclage

Le recyclage des métaux provenant des D3E consomme 5 à 10 % d'énergie de moins que leur extraction [1], ce qui économise d'autant les dépenses énergétiques et les pollutions liées à la production de métaux. Ainsi, l'extraction d'une tonne de terre rare à partir des minerais naturels entraîne la production d'une tonne de résidus radioactifs, l'émission de poussières radioactives et de gaz toxiques, et la libération d'une grande quantité d'eaux usées acides [17]. Le recyclage permet également de limiter la montée du prix des métaux et l'utilisation de pétrole pour les plastiques.

Cependant, le recyclage des D3E fait également intervenir des produits chimiques. De plus, une part importante de l'impact environnemental et énergétique des 3E ne provient pas de l'extraction des matières premières mais de la fabrication du produit, les terres rares représentent ainsi moins de 1 % de la masse d'un ordinateur et l'assemblage est très énergivore [18]. Ainsi le recyclage est intéressant du point de vue des ressources et des prix, mais l'est beaucoup moins du point de vue environnemental puisque la fabrication des 3E de remplacement consomme et pollue autant que si les matières premières provenaient de l'extraction. Or la fabrication d'un ordinateur entraîne l'émission de près d'une tonne de CO_2 , en grande partie à cause de la nature des centrales dans les pays où les pièces sont fabriquées [19].

3.3 Le réemploi comme alternative au recyclage

La plupart des D3E sont susceptibles d'être réparés à condition de disposer de la main d'oeuvre qualifiée pour le faire. C'est le cas au Pérou, où 87 % des vieux ordinateurs importés sont restaurés [20].

En France, les réseaux Emmaüs [21] et Envie [22] collectent, réparent et revendent toutes les catégories de D3E. Ce sont également des réseaux de réinsertion qui forment et emploient plusieurs milliers de personnes dans les domaines du transport, de la gestion et de la réparation. Emmaüs a également un accord avec l'éco-organisme Éco-systèmes qui lui livre des D3E susceptibles d'être réparés¹. Emmaüs remet ensuite les D3E non réparables à l'éco-organisme qui le dirige vers les filières de recyclage.

Ces deux réseaux remettent ainsi en l'état plusieurs milliers de tonnes de D3E par an, ce qui représente plusieurs centaines de milliers d'appareils réutilisés [23].

4 Problèmes posés par la gestion actuelle des D3E

4.1 L'obsolescence programmée des EEE

L'obsolescence programmée technique, qui correspond à la mise hors service après une durée programmée lors de la construction des appareils, touche particulièrement les D3E. En effet, les entreprises ont besoin pour prospérer de vendre régulièrement leurs produits. Hors les 3E sont censés être des appareils robustes susceptibles de servir plusieurs années. Ils ont d'ailleurs été les premiers affectés par l'obsolescence programmée avec les lampes à incandescence dont la durée de vie a été limitée par les producteurs à 1 000 heures en 1925 [24].

Certaines firmes font ainsi en sorte qu'un composant sensible ait une durée de vie limitée, et ne proposent pas de solution de remplacement de ce composant ou le font à un coup prohibitif,

1. La filière des DEEE, http://d3e.emmaus-forbach.fr/?page_name=DEEE

c'est le cas des batteries des produits Apple [25]. Certaines limitations dans la programmation des appareils génèrent également des pannes qui poussent au remplacement de tout ou partie de l'appareil, c'est le cas des imprimantes qui sont très touchées par ce problème [26]. Cela force les ménages à racheter régulièrement des 3E mais l'appareil usagé finit bien souvent mis au rebut. L'obsolescence programmée participe ainsi à l'augmentation du volume de déchets électriques et électroniques.

De même, le fait de souder les pièces au lieu de les visser ou d'utiliser des vis non standards participe à l'obsolescence programmée, donc à l'augmentation de la quantité de D3E puisqu'elle complique toute réparation par l'utilisateur [27].

La sortie constante de nouveaux appareils, en particulier pour les équipement d'information et de communication entraîne quant à elle une obsolescence « esthétique » qui pousse les consommateurs à remplacer leurs appareils et augmente encore la quantité de D3E produits [25]. Cette obsolescence est poussée par les consommateurs qui, en remplaçant rapidement leurs appareils pourtant fonctionnels, encouragent les producteurs à introduire toujours plus d'appareils sur le marché.

4.2 Le détournement des D3E et les décharges du Sud



FIGURE 4 – Décharge de D3E au Ghana [28]

40 millions de tonnes de D3E sont produits par an dans le monde, avec une croissance de 3 à 5 % par an pour les pays industrialisés, voire 200 à 400 % pour les pays en développement [20]. Abandonner ces déchets dans des décharges à ciel ouvert dans les pays du Tiers-monde est beaucoup moins coûteux que de les recycler et une solution mise en œuvre dans la plupart des pays, à l'exception des plus avancés comme le Japon. L'Agence européenne de l'environnement estime ainsi que 550 000 à 1 300 000 t de D3E européens sont exportés chaque année hors de l'Europe (soit 16 à 38 % des D3E collectés) [29] et le CNIID estime que près de la moitié des 40 millions de tonnes mondiale finit dans ces décharges du Sud [2]. Initialement situées en Asie, comme en Chine, au Cambodge ou au Viet-nam, ces décharges sont apparues au début des années 2000 en Afrique de l'Ouest, comme au Ghana ou au Togo [30] (figure 4). Les D3E

représentent ainsi jusqu'à 30 % de la valeur importée par certains pays Africains [31].

Les entreprises qui acheminent les D3E vers ces décharges le font en violant la convention de Bâle, car les D3E sont susceptibles de contenir de nombreux produits toxiques [32], et ne peuvent donc pas être exportés vers des pays non membres de l'OCDE. En Europe ce commerce viole également la directive 2012/19/UE [3]. Ce statut de déchet est camouflé en faisant passer les cargaisons pour des équipements fonctionnels usagés, dont le commerce est autorisé, destinés à équiper ces pays, alors qu'une fraction importante de la cargaison ne fonctionne plus et entre donc dans la catégorie des D3E [29].

Ce détournement est généralement réalisé par des immigrants provenant des pays de destination des D3E. Ils récupèrent les D3E ou les 3E en fin de vie en tant que revendeurs et les chargent dans des conteneurs pour être expédiés. Les D3E sont alors rachetés dans le port d'arrivée pour être exploités [31]. Ce détournement en dehors des filières officielles mises en place par les distributeurs est le principal frein à un retraitement efficace de ces déchets dans le monde entier.

Les revendeurs de véhicules d'occasion sont également très impliqués dans ce trafic. En effet ces véhicules sont très souvent utilisés comme conteneurs de D3E dans les navires de transport de fret, les douanes belges estiment ainsi que 90 % des flux illégaux de déchets empruntent cette filière des voitures d'occasion. Ce trafic implique l'ensemble des ports européens et de nombreux ports africains [31]. Certains métaux, en particulier le cuivre, sont récupérés dans des filières informelles en brûlant les D3E ou en les dissolvant à l'acide puis sont revendus à des acheteurs indiens, nigériens ou européens [30] [29]. Cette méthode de récupération libère de nombreux composés toxiques dans l'environnement, comme le plomb, le mercure, le cadmium ou des composés organiques [33] [34] et exploite de nombreuses personnes sous-payées et qui meurent rapidement empoisonnés [28] [30]. De plus, les métaux minoritaires, beaucoup plus précieux et difficiles à extraire comme les terres rares ou l'or, ne sont pas récupérés avec ces méthodes alors que ce sont les plus intéressants à recycler [20]. C'est un commerce très lucratif pour les exportateurs et les propriétaires de ces décharges, en particulier lorsque les cours des métaux sont hauts [31].

5 Conclusion

On peut aujourd'hui recycler efficacement les D3E, mais peu d'usines dans le monde ont une telle efficacité. Il existe également de nombreuses filières de réemploi qui sont préférables au recyclage, qui n'est pas vraiment avantageux du point de vue énergétique ni environnemental. L'Union Européenne l'a bien compris et le préconise dans la dernière directive les concernant.

Les D3E souffrent cependant de nombreux problèmes en amont des filières de retraitement limitent l'efficacité de ces filières. Un commerce illégal important accompagne notamment les D3E, et le problème de l'obsolescence programmée les touche particulièrement. Cependant les institutions gouvernementales, constamment sollicitées par les ONG particulièrement en Europe, commencent à s'en préoccuper.

Références

- [1] F. Flipo, M. Dobré, and M. Michot, *La face cachée du numérique*. Éditions L'échappée, 2013.
- [2] CNIID et Les Amis de la Terre, *L'obsolescence programmée, symbole de la société du gaspillage. Le cas des produits électriques et électroniques*, 2010.
- [3] Parlement Européen, *DIRECTIVE 2012/19/UE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 4 juillet 2012 relative aux déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE)*, 2012.
- [4] eco3e, "Deee – directive deee." <http://eco3e.eu/reglementations/deee/>.
- [5] Éco systemes. <http://www.eco-systemes.fr/>.
- [6] Ecologic. <http://www.e-dechet.com/>.
- [7] E. R. Platform. <http://www.erp-recycling.fr/>.
- [8] Recylum. <http://www.recylum.com/>.
- [9] Ecologic, "A quoi sert l'éco-contribution deee." <http://www.ecologic-france.com/presse-environnement-dechet-deee/communiqués-ecologic-deee/548-cp-eco-contribution.html>.
- [10] "L'éco-participation." <http://www.tmp-net.com/1-%C3%A9co-participation-deee.html>.
- [11] "Respect de l'environnement et recyclage." <http://www.homecinesolutions.fr/developpement-durable>.
- [12] ADEME, *Etat de l'art des technologies de recyclage de certains DEEE : PAM, tubes cathodiques, cartes et composants électroniques*, 2008.
- [13] "Crible vibrant." <http://www.xiazhou2.com/2012/0711/398.html>.
- [14] "Séparateurs à courants de foucault (r-spm)." http://www.regulator-cetrisa.com/fr/products.php?section=r_spm.
- [15] F. Berthoud, "valorisation matière ou énergie." <http://ecoinfo.cnrs.fr/article185.html>.
- [16] "Les matières plastiques des deee confiés à veolia propreté sont désormais recyclées avec une pureté de 98%." <http://www.recyblog.com/les-matieres-plastiques-des-deee-confies-a-veolia-proprete-sont-desormais-recyclees> 2012.
- [17] E. Drezet, "Quels impacts?." <http://ecoinfo.cnrs.fr/article172.html>, 2010.
- [18] UNEP/GRID-Arendal, *Kick the Habit : A UN Guide to Climate Neutrality*. Harry Forster, Interrelate Grenoble, 2009.
- [19] F. Bordage, "24 fois plus de CO_2 lors de la fabrication d'un ordinateur que lors de son utilisation." <http://www.greenit.fr/article/materiel/24-fois-plus-de-co2-lors-de-la-fabrication-dun-ordinateur-que-lors-de-son-utilisation> 2010.
- [20] F. Berthoud, "Les déchets électroniques, peut être une mine pour demain mais sûrement une catastrophe écologique et sociale aujourd'hui!" <http://ecoinfo.cnrs.fr/article193.html>.
- [21] Emmaus. <http://www.emmaus-france.org/>.

- [22] R. Envie. <http://www.envie.org>.
- [23] “La garantie d’une filière deee maîtrisée.” http://www.envie.org/index.php?option=com_content&view=article&id=260&Itemid=87.
- [24] “Le cartel phoebus et les lampes à incandescence.” <http://obsolescence-programmee.fr/exemples-symboliques/le-cartel-phoebus-et-les-lampes-a-incandescence/>.
- [25] “iphone, ipad, ipod et mac d’apple.” <http://obsolescence-programmee.fr/exemples-symboliques/iphone-ipad-ipod-et-mac-dapple/>.
- [26] “Les imprimantes à jet d’encre.” <http://obsolescence-programmee.fr/exemples-symboliques/imprimantes-a-jet-d-encre-epson-canon-et-kodak/>.
- [27] “Is apple guilty of planned obsolescence?.” <http://www.cultofmac.com/77814/is-apple-guilty-of-planned-obsolescence/>.
- [28] N. Ouedraogo, “Ghana : là où finissent nos écrans plats.” <http://www.geo.fr/photos/vos-reportages-photo/ghana-la-ou-finissent-nos-ecrans-plats>, 2009.
- [29] European Environment Agency, *Movements of waste across the EU’s internal and external borders*, 2012.
- [30] B. Mao, “Le ghana : poubelle pour les e-déchets.” <http://www.geo.fr/environnement/actualite-durable/le-ghana-poubelle-pour-les-e-dechets-25740>, 2009.
- [31] Oko institute for applied ecology, *Building local capacity to address the flow of e-wastes and electrical and electronic products destined for reuse in selected African countries and augment the sustainable management of resources through the recovery of materials in e-wastes*, 2010.
- [32] F. Berthoud, “Que contiennent les deee?.” <http://ecoinfo.cnrs.fr/article183.html>.
- [33] GreenPeace, *Chemical contamination at e-waste recycling and disposal sites in Accra and Korforidua, Ghana*, 2008.
- [34] F. Berthoud, “Filière informelle.” <http://ecoinfo.cnrs.fr/article189.html>.