



HAL
open science

Les DEEE numériques en France

Marion Ficher, Tom Bauer, Anne-Laure Ligozat

► **To cite this version:**

Marion Ficher, Tom Bauer, Anne-Laure Ligozat. Les DEEE numériques en France. Saclay, CNAM. 2023. hal-04098638

HAL Id: hal-04098638

<https://hal.science/hal-04098638>

Submitted on 16 May 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Les DEEE numériques en France

Marion Ficher¹, Tom Bauer^{2,3}, and Anne-Laure Ligozat⁴

¹Université Paris-Saclay, CNRS, Laboratoire Interdisciplinaire des Sciences du Numérique, 91400, Orsay, France

²Univ. Bordeaux, CNRS, Bordeaux INP, I2M, UMR 5295, F-33400, Talence, France

³Arts et Metiers Institute of Technology, CNRS, Bordeaux INP, Hesam Université, I2M, UMR 5295, F-73375, Chambéry, France

⁴Université Paris-Saclay, CNRS, ENSIIE, Laboratoire Interdisciplinaire des Sciences du Numérique, 91400, Orsay, France

mai 2023

Table des matières

1	Fin de vie des équipements électriques et électroniques : définitions	2
1.1	DEEE	2
1.1.1	Déchet	2
1.1.2	DEEE	2
1.1.3	DEEE ménagers	3
1.1.4	DEEE professionnels	3
1.1.5	DEEE numériques	3
1.2	Acteurs des traitements des DEEE	3
1.2.1	Les acteurs publics	4
1.2.2	Producteurs	4
1.2.3	Éco-organismes	4
1.2.4	Organisme coordinateur de la filière	4
1.2.5	Opérateurs de traitements	5
1.2.6	Détenteurs de déchets ou consommateurs	5
1.2.7	Distributeurs	5
1.3	La collecte et les traitements des DEEE	5
1.3.1	La collecte	5
1.3.2	La préparation en vue de la réutilisation	6
1.3.3	Le recyclage	6
1.3.4	La valorisation énergétique	6
1.3.5	L'élimination	8
1.3.6	Quantification des traitements	8
2	Situation des DEEE numériques en France	8
2.1	Données globales sur les DEEE	8
2.2	Portion numérique dans les DEEE	9
2.3	Collecte	9
2.4	Traitement	10

Ce document fait le point sur le traitement des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) numériques en France. La première partie donne des définitions autour des DEEE et des traitements en fin de vie. La seconde partie propose une synthèse des DEEE en France, à partir des données 2020 de l'ADEME (Jover, Borie et Moriceau, 2020), avec une attention particulière pour les DEEE numériques.

1 Fin de vie des équipements électriques et électroniques : définitions

1.1 DEEE

1.1.1 Déchet

Selon la loi du 15 juillet 1975, est considéré comme constituant un déchet : «Tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit, ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que le détenteur destine à l'abandon» (article L.541-1-1 du Code de l'environnement). On distingue plusieurs termes concernant le déchet, il peut être en fin d'usage ou en fin de vie ; la figure 1 explicite cette distinction. Un équipement encore fonctionnel mais qui n'est plus utilisé est considéré comme étant en fin d'usage. S'il a un statut de déchet, il peut passer par une phase dite de réutilisation ; sinon il peut passer par une phase dite de réemploi. Dans les autres cas, il est considéré comme étant en fin de vie.

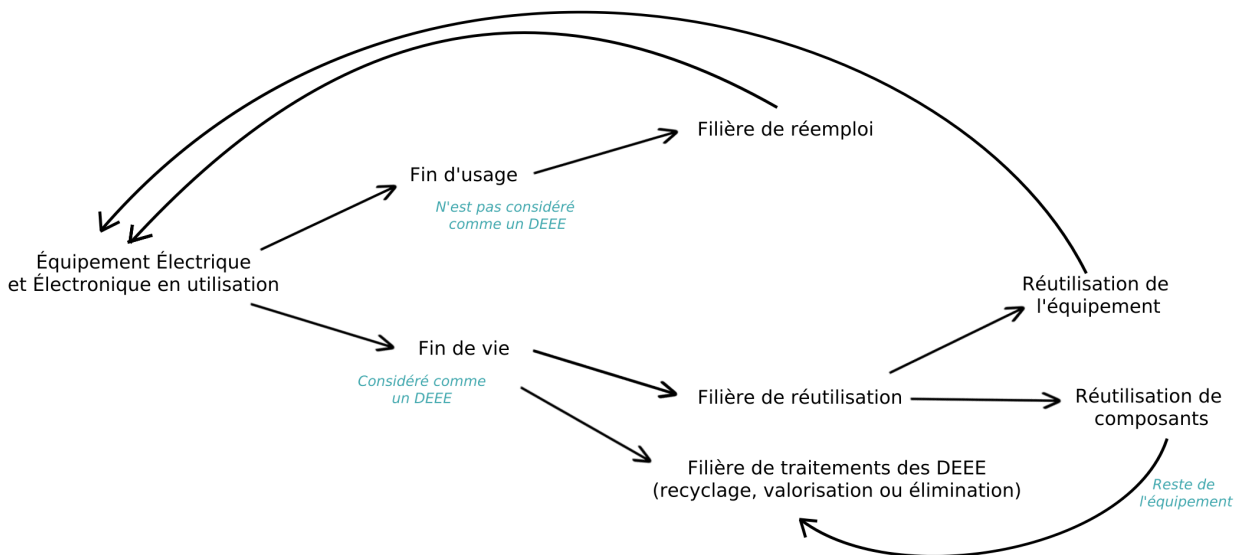


FIGURE 1 – Fin d'usage VS fin de vie

1.1.2 DEEE

La directive 2012/19/UE du Parlement européen et du Conseil du 4 juillet 2012 relative aux déchets d'équipements électriques et électroniques ("directive DEEE")¹ définit les Équipements Électriques et Électroniques (EEE) comme des « 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 1000 volts en courant alternatif et 1500 volts en courant continu ». « [D]'autres équipements de caractéristiques proches mais n'utilisant pas les courants électriques ou champs électromagnétiques » font également partie des EEE. Par exemple, les réfrigérateurs, les micro-ondes, les sèche-cheveux, les ordinateurs, les trottinettes électriques, les câbles électriques, les ampoules LED, les panneaux photovoltaïques, les fours, les serveurs, les échographes, les radiateurs, les imprimantes, comme de nombreux autres équipements électriques et électroniques sont des EEE.

Les DEEE sont des déchets d'Équipements Électriques et Électroniques. Ces déchets peuvent être hors d'usage ou seulement obsolètes ; les DEEE peuvent être réparables ou réutilisables, en tout ou partie.

La réglementation européenne classe les EEE en différentes catégories (appelées EU-8 dans la suite) :

1. Équipement d'échange thermique
2. Écrans, moniteurs et équipements comprenant des écrans d'une surface supérieure à 100 cm²

1. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32012L0019&from=fr>, suivie de l'article R. 543-172. du Code de l'environnement, https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000029390371/2014-08-23, visionné en décembre 2022

3. Lampes
4. Gros équipements
5. Petits équipements
6. Petits équipements informatiques et de télécommunications
7. Panneaux photovoltaïques
8. Cycles à pédalage assisté et engins de déplacement personnel motorisés

Les éco-organismes (voir définition en 1.2.3) ont une vision opérationnelle des flux de DEEE, selon leurs traitements en fin de vie. Les flux de DEEE sont les suivants :

1. Gros électroménager froid (GEM froid) (correspondant à la catégorie de DEEE n°1)
2. Gros électroménager hors froid (GEM hors froid) (correspondant à la catégorie de DEEE n°4)
3. Écrans (correspondant à la catégorie de DEEE n°2)
4. Petits appareils en mélange (PAM) (correspondant aux catégories de DEEE n°5 et 6)
5. Lampes (correspondant à la catégorie de DEEE n°3)
6. Panneaux photovoltaïques (correspondant à la catégorie de DEEE n°7)

Les DEEE sont des déchets dangereux c'est-à-dire qu'ils contiennent, en quantité variable, des éléments toxiques ou dangereux présentant des risques pour la santé humaine et l'environnement (article R. 541-8 du code de l'environnement).

La directive DEEE les répartit en 2 catégories ayant des scénarios et des traitements de fin de vie différents : DEEE ménagers et DEEE professionnels.

1.1.3 DEEE ménagers

Les DEEE ménagers sont les déchets issus de EEE susceptibles d'être utilisés par des ménages, qu'ils aient en effet été utilisés par des particuliers ou par d'autres types d'utilisateurs². Cela comprendra donc par exemple un smartphone utilisé par un particulier, mais aussi un ordinateur portable utilisé professionnellement, puisque c'est un équipement qui pourrait être utilisé par un ménage.

1.1.4 DEEE professionnels

L'article R543-173 du Code de l'environnement³ définit les DEEE professionnels comme «les autres déchets de ces [EEE]».

1.1.5 DEEE numériques

Nous reprendrons dans la suite le périmètre des TIC (Technologies de l'Information et de la Communication) proposé par (Malmodin et Lundén, 2018) pour préciser ce qui rentre dans le cadre des équipements numérique. Cela comprend les équipements informatiques et de télécommunication : terminaux utilisateurs, les réseaux d'accès, les opérateurs réseaux et des centres de données.

La figure 2 représente le secteur des TIC de leur étude.

Nous proposons donc la définition suivante pour les DEEE numériques : «Tout DEEE qui correspond à un équipement dont l'utilisation nécessite un système informatique pour fonctionner tels que les équipements des TIC. Un système informatique est un système automatisé de stockage, de traitement et de récupération de données utilisant des outils informatiques ou électroniques pour réaliser des séries complexes de processus et d'opérations. Nous pouvons citer comme exemples les smartphones, les ordinateurs, les serveurs, les routeurs, etc.».

1.2 Acteurs des traitements des DEEE

Les acteurs des traitements jouent un rôle essentiel à la gestion des DEEE. Nous allons définir le rôle de chacun.

2. <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000457195>, visionné en novembre 2022

3. https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000042962326, visionné en février 2023

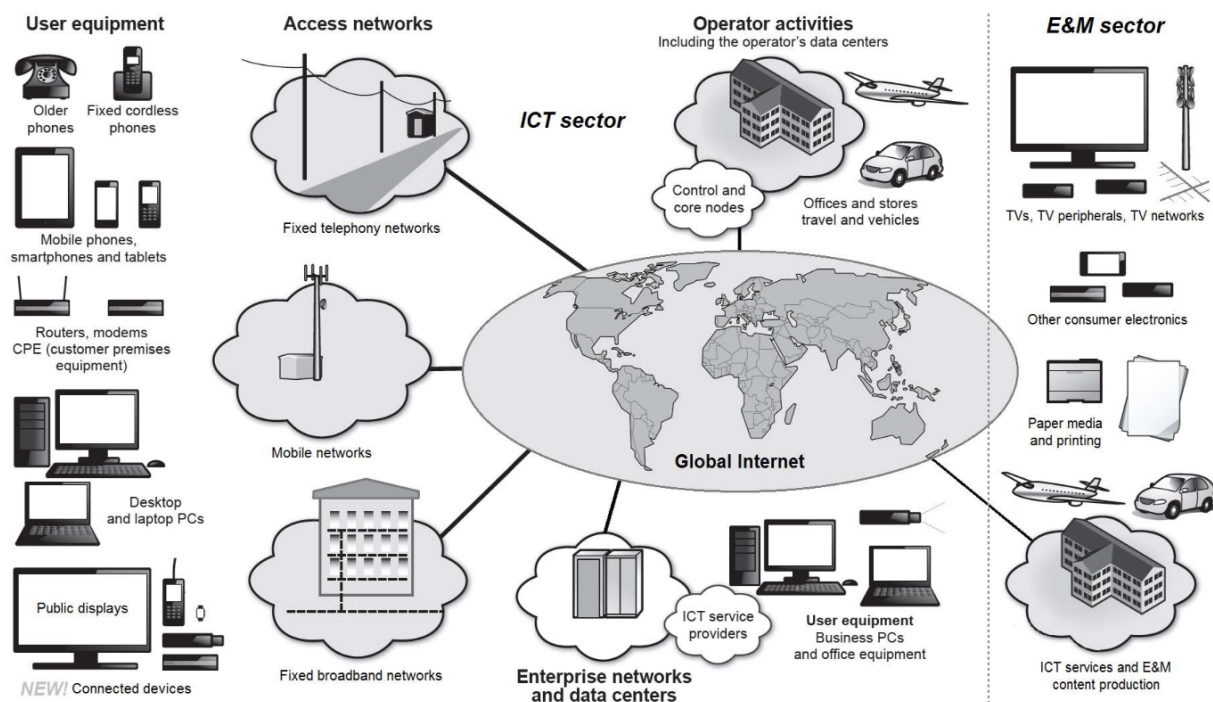


Figure 3. The scope of the study: The ICT and E&M sectors globally. New connected devices in the ICT sector have been considered.

FIGURE 2 – Secteur des TIC (Malmodin et Lundén, 2018)

1.2.1 Les acteurs publics

Les acteurs publics définissent le cadre réglementaire (objectifs, répartition des responsabilités entre les acteurs, etc.), s'assurent de la bonne mise en oeuvre du dispositif, contrôlent la conformité des actions des éco-organismes avec leur agrément et sanctionnent le cas échéant (ADEME, 2015). Parmi eux, on trouve les acteurs gouvernementaux, nationaux et européens, qui participent à l'élaboration des politiques et à la mise en place du système, l'Agence de la Transition Écologique (ADEME) qui pilote et assure le suivi des chaînes de responsabilité élargie du producteur (REP) et les collectivités qui sensibilisent, mettent en place des dispositifs de l'économie sociale et solidaire (ESS) et peuvent développer des partenariats entre des associations et des entreprises.

1.2.2 Producteurs

Selon l'article L541-10 - Code de l'environnement, version en vigueur au 6 février 2023, un producteur est « toute personne physique ou morale qui élabore, fabrique, manipule, traite, vend ou importe des produits générateurs de déchets ou des éléments et matériaux entrant dans leur fabrication ». Dans le cadre de la REP, ils sont tenus de participer à la gestion de la filière, soit individuellement (par un système de collecte individuel) soit collectivement (au travers des éco-organismes).

1.2.3 Éco-organismes

Selon l'article L. 541-10 - Code de l'environnement, version en vigueur au 6 février 2013, un éco-organisme est une société de droit privé agréée par l'État et mis en place par les producteurs afin de prendre en charge, dans le cadre de la REP, la fin de vie des équipements qu'ils mettent sur le marché. Il est chargé d'une mission d'intérêt général à but non lucratif pour une durée maximale de six ans. Il doit répondre à un cahier des charges dont les objectifs portent sur la réduction des déchets, le réemploi, la réutilisation, la réparation, l'intégration de matière recyclée, la recyclabilité et le recyclage.

1.2.4 Organisme coordinateur de la filière

L'organisme coordinateur de la filière est « agréé par les pouvoirs publics et à but non lucratif, il garantit des conditions de concurrence équitables et des niveaux de service uniformes pour tous les éco-organismes » (Arduin, 2019). En France, c'est l'OCAD3E qui est responsable de la filière des DEEE.

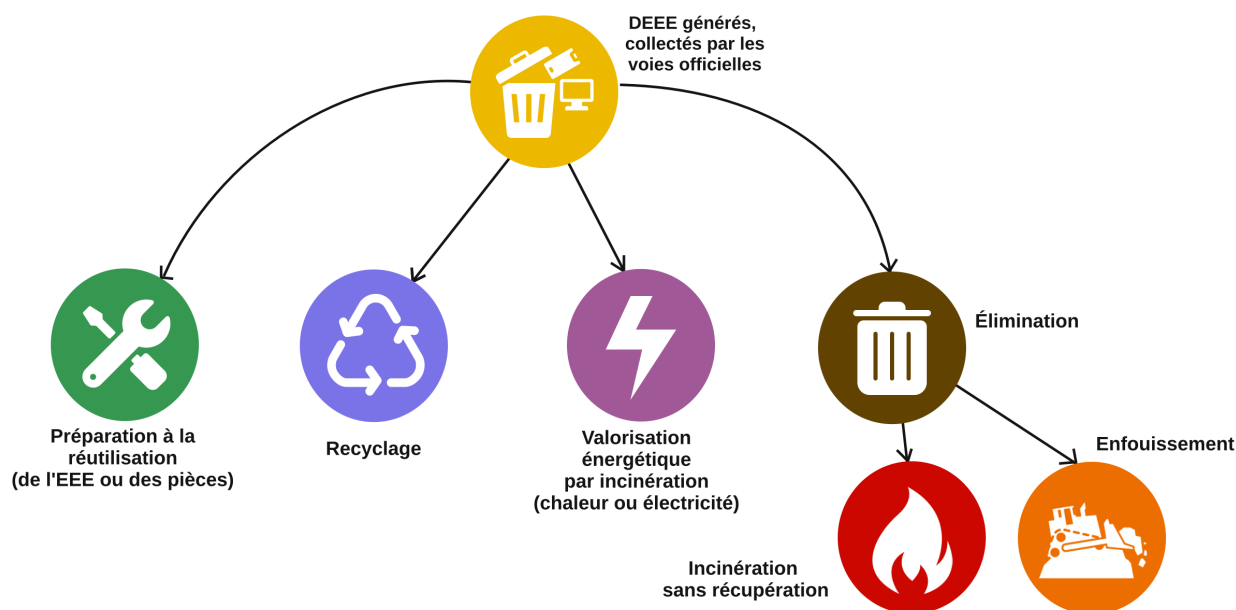


FIGURE 3 – Traitements des DEEE

1.2.5 Opérateurs de traitements

Les opérateurs de traitements « travaillent sous contrat pour fournir des services de gestion des déchets, y compris la collecte, le transport, le stockage, la préparation en vue de la réutilisation, la récupération des matériaux et l'élimination finale » (Arduin, 2019).

1.2.6 Détenteurs de déchets ou consommateurs

« Les détenteurs de déchets doivent trier leurs déchets afin qu'ils soient pris en charge dans le cadre d'un dispositif adapté » (Arduin, 2019), que ce soient des détenteurs de DEEE ménagers ou professionnels.

1.2.7 Distributeurs

Les distributeurs mettent en vente les EEE des producteurs. Dans le cadre de la REP, ils sont soumis à l'obligation de reprise sans frais ou de faire reprendre sans frais pour leur compte, les produits usagés dont l'utilisateur final se défait (article L. 541-10-8 - Code de l'environnement, version en vigueur au 6 février 2023).

1.3 La collecte et les traitements des DEEE

Comme tout déchet, les DEEE doivent être collectés puis traités par flux. La figure 3 illustre les différents types de traitements possibles pour les DEEE. Le code de l'environnement⁴ définit l'ordre de priorité des traitements suivant :

1. La préparation en vue de la réutilisation
2. Le recyclage
3. Toute autre valorisation, notamment la valorisation énergétique
4. L'élimination

1.3.1 La collecte

Le code de l'environnement⁵ définit la collecte comme « toute opération de ramassage des déchets en vue de leur transport vers une installation de traitement des déchets ».

Les DEEE ménagers collectés par les éco-organismes peuvent l'être par différents canaux (Jover, Borie et Moriceau, 2020) :

- Les collectivités locales via les déchèteries ou les collectes de proximité ;

4. Article L. 541-1 II 2 du Code de l'environnement https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000043974936?isSuggest=true, visionné en février 2023

5. Article L541-1-1 du Code de l'environnement https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000023248311/2010-12-19, visionné en mars 2023

- Les distributeurs, en retour en magasin ou en reprise à la livraison ;
- Les acteurs de l'économie sociale et solidaire en charge du réemploi (associations, etc.) ;
- Les autres canaux de collecte et d'enlèvement développés par les éco-organismes via les entreprises, les opérateurs de recyclage, etc.
- Les systèmes individuels propres aux producteurs.

Concernant la collecte des DEEE professionnels, ils peuvent également être collectés directement via les éco-organismes tels que Ecologic, Ecosystem, Screlec.

1.3.2 La préparation en vue de la réutilisation

Le code de l'environnement ⁵ définit la préparation en vue de la réutilisation comme « toute opération par laquelle des substances, matières ou produits qui sont devenus des déchets sont utilisés de nouveau ». La réutilisation peut s'appliquer sur l'équipement en entier ou sur les pièces fonctionnelles de l'équipement. Elle permet de prolonger la durée de vie de l'équipement, de participer à l'économie circulaire et de réduire la production de déchets. La réutilisation est distinguée du réemploi. La réutilisation entend que l'équipement réutilisé est passé par la phase de déchet et a subi des opérations pour être de nouveau utilisé. Tandis que le réemploi ne considère pas que l'équipement soit devenu un déchet.

La réutilisation de pièces consiste à extraire des composants, pièces ou sous-ensembles de l'équipement pour que ceux-ci soient utilisés de nouveau dans la réparation ou la réutilisation d'autres équipements. Ce qui n'est pas réutilisé passe par les autres voies de traitements des DEEE.

1.3.3 Le recyclage

Le code de l'environnement ⁵ définit le recyclage comme « toute opération de valorisation par laquelle les déchets, y compris les déchets organiques, sont retraités en substances, matières ou produits aux fins de leur fonction initiale ou à d'autres fins. Les opérations de valorisation énergétique des déchets, celles relatives à la conversion des déchets en combustible et les opérations de remblayage ne peuvent pas être qualifiées d'opérations de recyclage ».

Chaque opérateur de recyclage a ses propres processus en fonction des flux de DEEE qu'il traite. La figure 4 illustre et détaille les opérations les plus courantes préparant au recyclage de la matière. La première étape de la figure est le **démantèlement** manuel ou mécanique, qui consiste à séparer les différents composants. Celle-ci est suivie de la **dépollution**, qui consiste à extraire des substances polluantes. Ces opérations sont nécessaires afin de procéder au recyclage ⁶. La section ?? détaille les substances et les composants à extraire avant recyclage. L'étape suivante est la **réduction**, qui consiste à broyer les DEEE en fractions de faible taille. Une fois les DEEE réduits en petites fractions, il y a l'étape de **séparation physique**. Celle-ci peut être faite en différentes opérations (non exhaustives) :

- La séparation magnétique qui trie les éléments ferreux à l'aide d'aimants ;
- La séparation par courants de Foucault qui trie les éléments métalliques non ferreux ;
- La séparation par gravité et densité ;
- Le tri optique.

Une fois les matériaux séparés, le **raffinage des matériaux** est l'étape suivante. Celle-ci peut être faite par plusieurs procédés (non exhaustifs) :

- Le procédé pyrométallurgique ;
- Le procédé hydrométallurgique ;
- Les différentes techniques de fonte.

À la suite de ces opérations de recyclage, des **matières recyclées** provenant des DEEE pourront être de nouveau réinjectées dans le circuit de fabrication d'équipements neufs. Lorsque l'usage est équivalent à celui d'origine, le recyclage est dit en boucle fermée, s'il est différent il est dit en boucle ouverte.

1.3.4 La valorisation énergétique

Le code de l'environnement ⁷ définit la valorisation énergétique comme « toute opération dont le résultat principal est que des déchets servent à des fins utiles en substitution à d'autres substances, matières ou produits qui auraient été utilisés à une fin particulière, ou que des déchets soient préparés pour être utilisés à cette fin, y compris par le producteur de déchets ». Ce traitement consiste ainsi à récupérer l'énergie produite, sous forme de chaleur ou d'électricité, lors de l'incinération des déchets.

6. Arrêté du 23 novembre 2005 relatif aux modalités de traitement des DEEE prévues à l'article 21 du décret n° 2005-829 du 20 juillet 2005 relatif à la composition des EEE et à l'élimination des déchets issus de ces équipements, Article 2-1, <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/LEGITEXT000029588931>, visionné en février 2023

7. Article L541-1-1 du Code de l'environnement https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000023248311/2010-12-19, visionné en février 2023

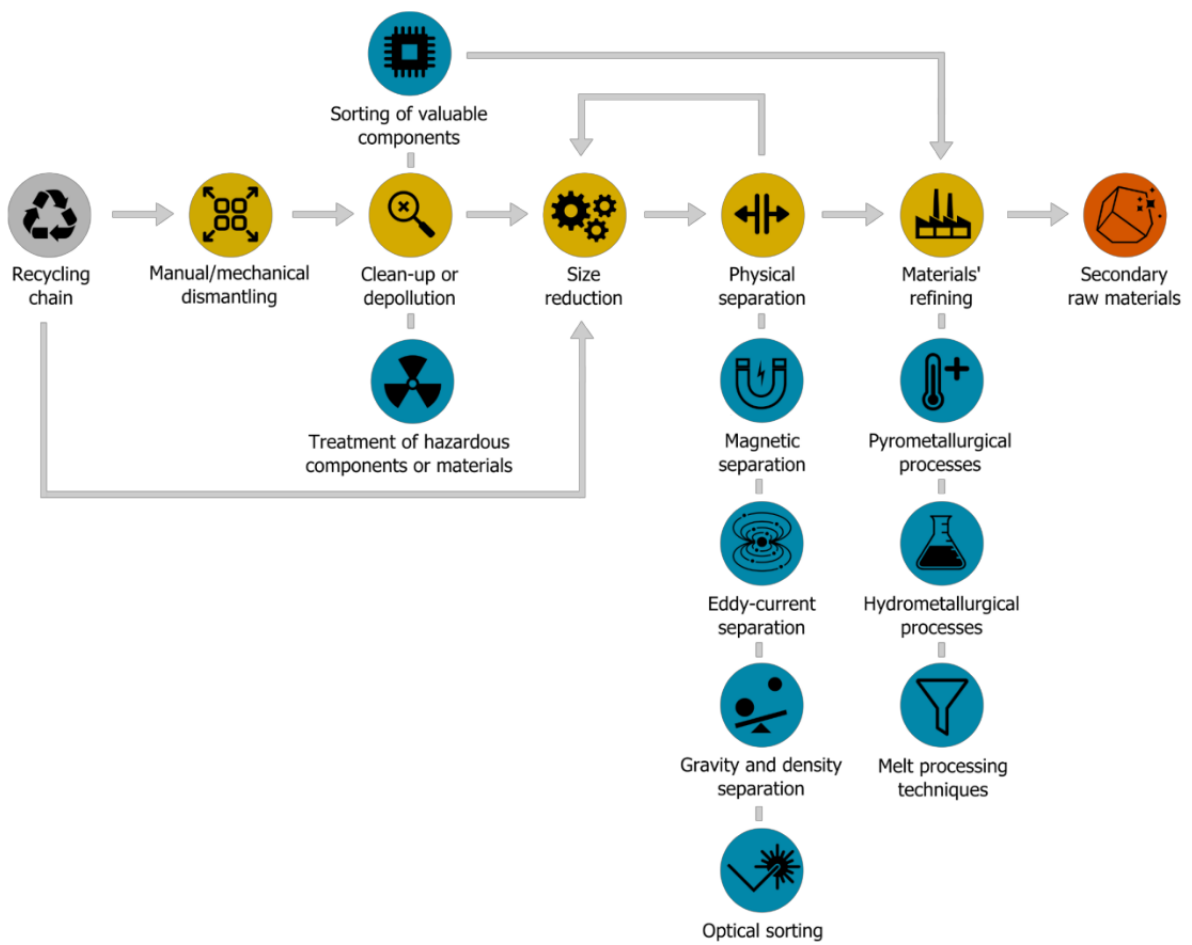


FIGURE 4 – Opérations de recyclage (source : (Arduin, 2019))

1.3.5 L'élimination

Le code de l'environnement ⁷ définit l'élimination comme « toute opération qui n'est pas de la valorisation même lorsque ladite opération a comme conséquence secondaire la récupération de substances, matières ou produits ou d'énergie ». Plusieurs options d'élimination sans valorisation sont possibles : l'enfouissement (ou la mise en décharge) et l'incinération sans récupération d'énergie.

L'**enfouissement** (ou la mise en décharge) consiste à stocker les DEEE dans des espaces dédiés, au sol, à la surface ou en profondeur. Les DEEE sont alors dans des centres d'enfouissement techniques (CET) de classe I pour les déchets industriels dangereux. D'après le CNIID (Centre National d'Information Indépendante sur les Déchets), il existe 14 CET de classe 1 en France ⁸.

L'**incinération sans récupération d'énergie** indique que les DEEE vont être amenés dans des fours d'incinération afin d'être brûlés, sans que l'énergie produite ne soit valorisée.

1.3.6 Quantification des traitements

Les définitions suivantes permettent de situer les termes employés autour des DEEE dans la directive DEEE ⁹ et le rapport de l'ADEME (Jover, Borie et Moriceau, 2020).

- **EEE mis sur le marché** : correspond à la masse d'EEE mis à disposition pour la première fois sur le territoire français, qu'ils soient fabriqués en France ou qu'ils proviennent de l'étranger. Cette donnée peut être exprimée en tonnages ou en unités.
- **DEEE collectés** : correspond à la masse de DEEE récupérés par les voies de collecte. Cette donnée est exprimée en tonnages.
- **Taux de collecte** : correspond à la masse de DEEE collectés sur une année divisée par la moyenne des 3 années précédentes de masse de EEE mis sur le marché. Cette donnée est exprimée en %.

$$\text{Taux de collecte à l'année N} = \frac{\text{masse de DEEE collectés sur l'année N}}{\text{moyenne des masses de EEE mis sur le marché en années N, N-1, N-2}} \quad (1)$$

- **DEEE traités** : correspond à la masse de DEEE allant dans les voies de traitements. Cette donnée est exprimée en tonnages.

$$\begin{aligned} \text{DEEE traités} = & \text{DEEE préparés pour réutilisation} + \text{DEEE recyclés} \\ & + \text{DEEE valorisés} + \text{DEEE éliminés} \quad (2) \end{aligned}$$

- **Taux de valorisation** : correspond au pourcentage du poids de DEEE allant dans des voies de traitements permettant de valoriser sa fin de vie c'est-à-dire la préparation en vue de la réutilisation, la préparation au recyclage et la valorisation énergétique. Cette donnée est exprimée en %.

$$\text{Taux de valorisation} = \frac{\text{DEEE préparés pour réutilisation} + \text{DEEE recyclés} + \text{DEEE valorisés}}{\text{DEEE traités}} \quad (3)$$

- **Taux de réutilisation et de préparation au recyclage** : correspond au pourcentage du poids de DEEE allant dans des voies de traitements permettant la réutilisation et le recyclage des équipements. Cette donnée est exprimée en %.

$$\text{Taux de réutilisation et de recyclage} = \frac{\text{DEEE préparés pour réutilisation} + \text{DEEE recyclés}}{\text{DEEE traités}} \quad (4)$$

2 Situation des DEEE numériques en France

Cette section fait un état de l'art de la situation pour les DEEE numériques en France, en commençant par présenter les données de l'ensemble des DEEE, puis la portion du numérique dans les DEEE, la collecte, les traitements pour finir par la composition des DEEE numériques.

2.1 Données globales sur les DEEE

La France a généré 1 451 928 de tonnes de DEEE en 2020 d'après la plateforme Urban Mine, ce qui la place en troisième position quant à la production DEEE au niveau européen ¹⁰. Au niveau mondial, la France était le 9ème producteur de DEEE dans le monde en 2016 et en 2019 (Forti et al., 2020 ; Ismail et Hanafiah, 2020).

8. <https://www.cniid.org/Les-differents-types-de-decharges,19>, visionné en décembre 2022

9. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0019&from=LV>, visionné en février 2023

10. <http://www.urbanmineplatform.eu/urbanmine/eee/weightpercountry>, visionné en décembre 2022

N° catégorie EU-8	Nom catégorie EU-8	Flux de DEEE	Équipements numériques	Équipements du numérique étendu
2	Écrans, moniteurs et équipements comprenant des écrans d'une surface supérieure à 100 cm ² , etc.	Écrans	Ordinateurs portables, écrans moniteurs LCD et cathodiques, terminal numérique avec écran > 7", tablettes	TV
4	Gros équipements	GEM hors froid	Serveurs > 50 cm, routeurs > 50 cm, baie de stockage, équipements réseau > 50 cm	Photocopieurs et imprimantes > 50 cm
5	Petits équipements	PAM	Liseuses	Enceintes, GPS, MP3, caméras de surveillance, projecteurs
6	Petits équipements informatiques	PAM	Ordinateurs de bureaux, routeurs < 50 cm, serveurs < 50 cm, équipements réseau < 50 cm, smartphones, disques durs, claviers, souris, etc.	Imprimantes < 50 cm, consoles de jeux vidéo

TABLE 1 – Répartition des équipements numériques dans les différentes classifications de DEEE

Pour l'année 2020, les chiffres concernant la mise sur le marché des EEE et ceux concernant les DEEE en France sont (Jover, Borie et Moriceau, 2020) :

- 2 179 743 tonnes de EEE toutes catégories confondues mises sur le marché, correspondant à 1,2 milliard d'EEE mis sur le marché ;
- 849 097 tonnes de DEEE toutes catégories confondues ont été collectées, soit un taux de collecte toutes catégories confondues de 44,3% pour un objectif de 65% ;
- 832 651 tonnes de DEEE toutes catégories confondues ont été traités, soit des taux de valorisation des DEEE traités (tous traitements sauf élimination) de 87% et de réutilisation et préparation au recyclage de 76%.

Ce sont les chiffres les plus récents que nous pouvons trouver au niveau français.

2.2 Portion numérique dans les DEEE

Les catégorisations des DEEE ne permettent pas toujours de séparer les déchets d'équipements numériques des autres DEEE. Entre 2018 et 2021, les DEEE étaient séparés en 7 catégories ; une 8e catégorie a été ajoutée en 2021 (Jover, Borie et Moriceau, 2020, p. 8). Le tableau 1 expose les différentes catégories de DEEE où sont intégrés les DEEE numériques. Seule la catégorie 6 est entièrement composée d'équipements numériques.

Afin d'estimer la proportion d'équipements numériques dans chaque catégorie, on peut notamment s'appuyer sur la catégorisation plus fine des équipements mis sur le marché (codes douaniers SH4), et projeter les proportions de mise sur le marché sur les catégories de DEEE. Un tel travail a été mené par Juliette Chabassier pour EcoInfo. Les résultats sont visibles dans la figure 5, qui montre la proportion de numérique dans les six premières catégories de DEEE (les deux autres catégories n'en contiennent pas). (Rochat, Haarman et Raverdy, 2021, p. 38) indiquent que les équipements numériques sont une zone grise dans les études actuelles des DEEE.

2.3 Collecte

Deux éco-organismes sont agréés pour la collecte des DEEE numériques : Ecologic et ecosystem. Les DEEE ménagers sont majoritaires : ils représentent 91% des tonnages collectés en 2020 en France (Jover, Borie et Moriceau, 2020, p. 26). Depuis 2006, les tonnages des DEEE ménagers collectés sont en augmentation. Seule l'année 2020 voit un recul, la filière ayant été impactée par la crise sanitaire. L'année 2006 correspond à la mise en oeuvre opérationnelle de la filière REP pour les EEE, encadrée par la réglementation européenne¹¹. Avant cela, il n'y avait aucune obligation de collecte et de responsabilités des producteurs des DEEE. Le cahier

11. <https://expertises.ademe.fr/economie-circulaire/filieres-a-responsabilite-elargie-producteurs-rep/fonctionnement-filiere-rep>, visionné en avril 2023

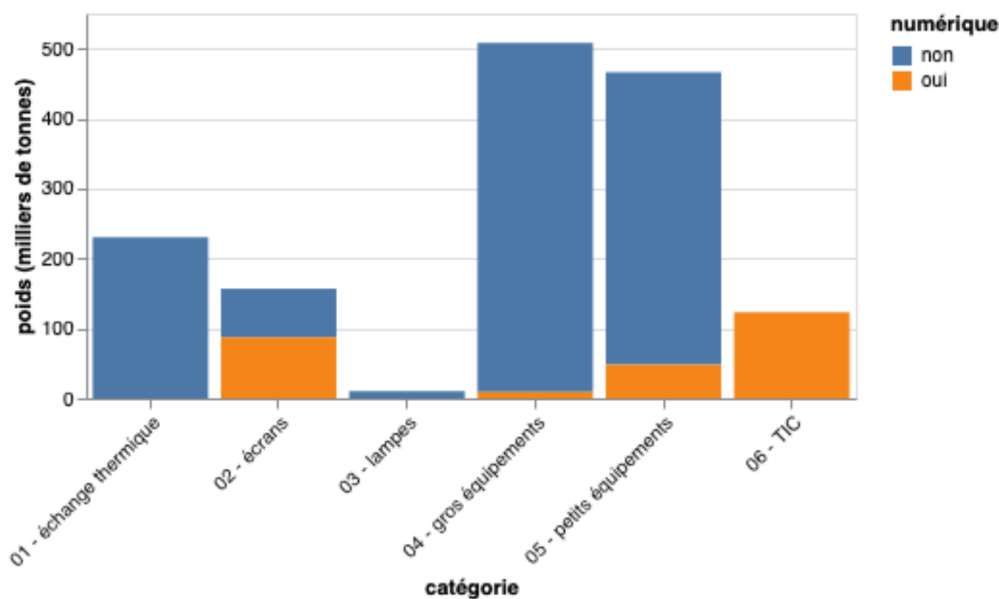


FIGURE 5 – Proportion du numérique dans les 6 premières catégories de DEEE (source : <https://www.fun-mooc.fr/fr/cours/impacts-environnementaux-du-numerique/>, visionné en mars 2023)

des charges des éco-organismes est de plus en plus exigeant (modifié par différents arrêtés) pour répondre à la réglementation avec un objectif de collecte toujours plus important, ce qui génère une augmentation des tonnages de DEEE collectés. Les objectifs de collecte français pour les DEEE ne sont pas atteints à ce jour ; le taux de collecte de 2020 est de 44,3% et de 47,5% en 2019 (Jover, Borie et Moriceau, 2020, p. 25), pour un objectif de 65 %¹².

Une grande partie des DEEE n'est donc pas encore collectée. D'après (Rochat, Haarman et Raverdy, 2021), les destinations de ces DEEE non collectés sont la filière des déchets métalliques (c'est-à-dire le recyclage des déchets métalliques non dangereux tels que les déchets de construction ou des ménages), l'export d'EEE usagés et de DEEE (ce qui est également appelé flux informels) et les erreurs de tri. (Heacock et al., 2016) exposent les risques environnementaux potentiels possibles lors de l'exportation illégale de DEEE avec des traitements de fin de vie non régulés : risques sévères sur la santé humaine liés à la contamination des sols, de l'air et de l'eau proches des sites de traitements ou stockage.

L'enjeu de la collecte des DEEE est encore plus essentiel au niveau mondial puisque seuls 17% des DEEE mondiaux (en tonnes) sont collectés Forti et al., 2020. Un des enjeux des gouvernements est donc d'amplifier la collecte des DEEE afin d'éviter les flux informels de DEEE et d'améliorer la valorisation de ceux-ci.

Les graphiques 6 et 7 présentent la répartition des collectes des DEEE ménagers et professionnels en France, dans les catégories où il y a les DEEE numériques, en fonction des éco-organismes. ecosystem collecte la majorité des DEEE ménagers des catégories 2, 4 et 5, ainsi que la majorité des DEEE professionnels des catégories 4 et 5 mais ce n'est pas le cas pour la catégorie 2. Concernant la catégorie 6, avec 100% d'équipements numériques, Ecologic collecte la majorité des DEEE ménagers (55%) et professionnels (63%). La collecte par un système individuel est largement employée pour la catégorie 2 (83%) et pour une partie importante (37%) de la catégorie 6. Les systèmes individuels sont mis en place quasi-exclusivement pour la collecte de DEEE professionnels. L'éco-organisme Screlec collecte 6% des DEEE de la catégorie 5.

2.4 Traitement

Après avoir été collectés, les DEEE passent par les voies de traitement exposées dans la partie 1.3. La figure 8 met en lumière les parts de DEEE collectés et la répartition des traitements. Ce diagramme de Sankey se base sur les chiffres de l'année 2020 du rapport de l'ADEME (Jover, Borie et Moriceau, 2020). Nous observons que le recyclage est la part la plus importante des traitements en tonnage, suivie de l'élimination, de la valorisation énergétique puis de la préparation à la réutilisation. La préparation pour la réutilisation ne concerne ainsi qu'une très faible part des stratégies mises en œuvre.

12. Arrêté du 27 octobre 2021 portant cahiers des charges des éco-organismes, des systèmes individuels et des organismes coordonnateurs de la filière à responsabilité élargie du producteur des équipements électriques et électroniques <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/LEGIARTI000044281357/2021-11-01/>, visionné en avril 2023

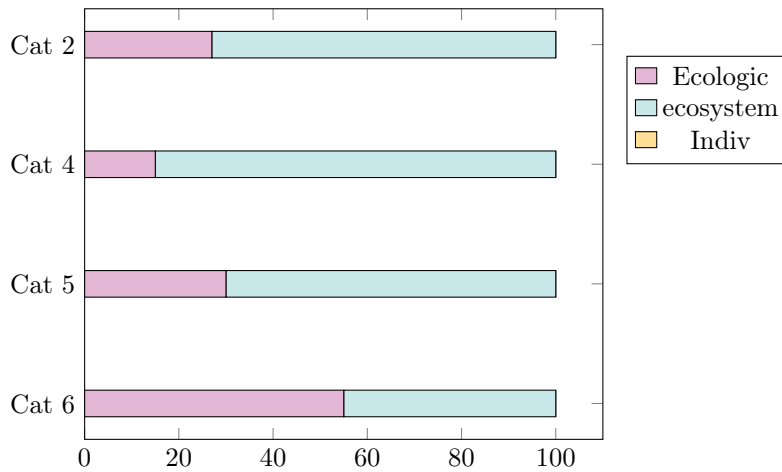


FIGURE 6 – Répartition (%) de la collecte des DEEE ménagers

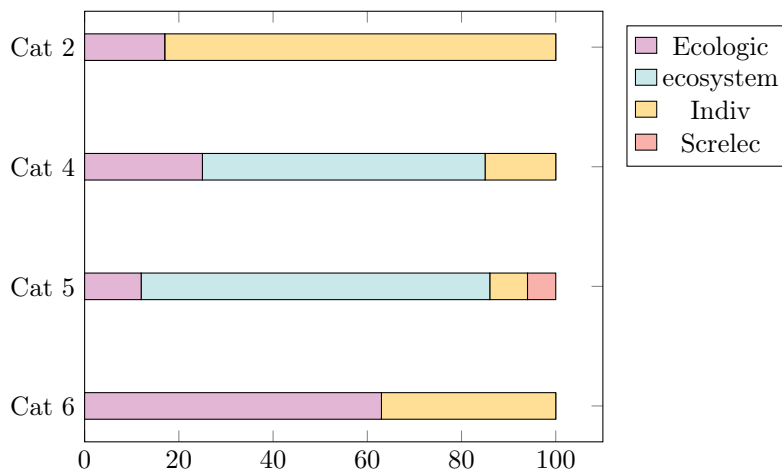


FIGURE 7 – Répartition (%) de la collecte des DEEE professionnels

Concernant le recyclage, le rapport indique que le recyclage matière est fait à 75% en tonnage et que les objectifs de valorisation sont largement atteints. Cependant, ces chiffres sont à mettre en exergue par rapport à l'ensemble de la chaîne de valeur de fin de vie, incluant la collecte. En outre, le recyclage d'un équipement n'implique pas que la totalité de ses matériaux soit recyclée : concernant les smartphones, Umicore indique recycler jusqu'à 17 métaux précieux alors que ceux-ci comptent plus de 70 matériaux¹³. La qualité des matériaux recyclés peut également être pointée du doigt. Bien que le recyclage de certains matériaux permette de recouvrir théoriquement la totalité de leurs caractéristiques initiales (acier ou alliages d'aluminium par exemple), la qualité initiale du gisement (et donc les similitudes de composition chimique entre les matériaux) est prépondérante pour la qualité finale. Enfin, il faut garder à l'esprit que les opérations de recyclage ont un coût environnemental qui varie fortement en fonction du matériau.

13. <https://www.unicore.com/en/newsroom/when-your-phone-stops-ringing-/>, visionné en mai 2023

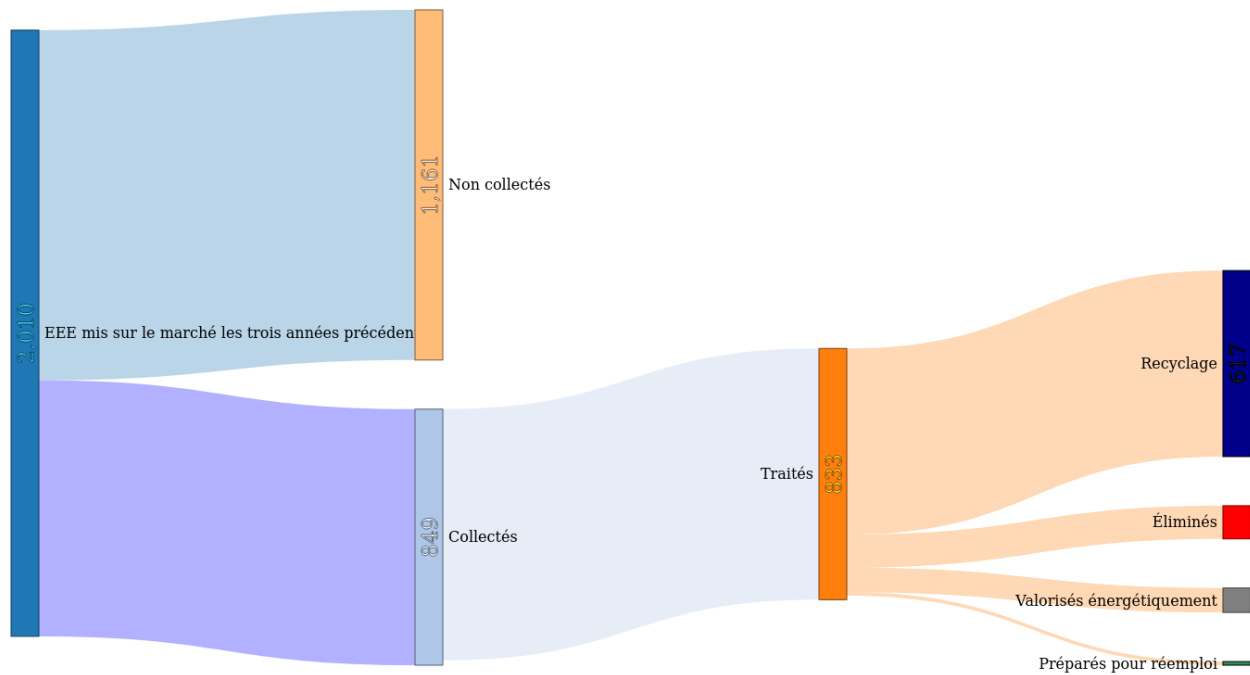


FIGURE 8 – Répartition des traitements des DEEE en France en 2020 (en milliers de tonnes)

Références

- ADEME (2015). *Synthèse Réemploi, réparation et réutilisation*. Rapp. tech. ADEME. URL : http://multimedia.ademe.fr/catalogues/guide_reemploi_reparation_reutilisation/common/data/catalogue.pdf.
- Arduin, R. H. (2019). “From waste management to supplier of secondary raw materials : development of indicators to support WEEE chain management - focus on the French system”. en. In : Publisher : Unpublished. DOI : [10.13140/RG.2.2.35426.35521](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35426.35521). URL : <http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.2.35426.35521> (visité le 07/01/2023).
- Forti, V. et al. (2020). *The Global E-waste Monitor 2020*. en-US. URL : <https://ewastemonitor.info/> (visité le 13/10/2022).
- Heacock, M. et al. (mai 2016). “E-Waste and Harm to Vulnerable Populations : A Growing Global Problem”. en. In : *Environmental Health Perspectives* 124.5, p. 550-555. ISSN : 0091-6765, 1552-9924. DOI : [10.1289/ehp.1509699](https://doi.org/10.1289/ehp.1509699). URL : <https://ehp.niehs.nih.gov/doi/10.1289/ehp.1509699> (visité le 27/02/2023).
- Ismail, H. et M. M. Hanafiah (juin 2020). “A review of sustainable e-waste generation and management : Present and future perspectives”. en. In : *Journal of Environmental Management* 264, p. 110495. ISSN : 03014797. DOI : [10.1016/j.jenvman.2020.110495](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110495). URL : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301479720304291> (visité le 27/02/2023).
- Jover, M., M. Borie et S. Moriceau (2020). *Équipements électriques et électroniques : données 2020*. fr-fr. URL : <https://librairie.ademe.fr/dechets-economie-circulaire/5191-equipements-electriques-et-electroniques-donnees-2020.html> (visité le 24/10/2022).
- Malmodin, J. et D. Lundén (août 2018). “The Energy and Carbon Footprint of the Global ICT and E&M Sectors 2010–2015”. en. In : *Sustainability* 10.9, p. 3027. ISSN : 2071-1050. DOI : [10.3390/su10093027](https://doi.org/10.3390/su10093027). URL : <http://www.mdpi.com/2071-1050/10/9/3027> (visité le 27/02/2023).
- Rochat, D., A. Haarman et E. Raverdy (2021). *Étude gisement DEEE - Rapport de phase 2 – Modélisations et plan d’action (DEEE ménagers)*. Rapp. tech. Sofies. URL : <https://www.ecosystem.eco/upload/media/download/0001/02/843c4e4bf0564beea5eadf711b7866f7433b9145.pdf>.