

Rapport technique  
2019

Swico, SENS et SLRS  
L'actualité sur le recyclage  
d'appareils électriques  
et électroniques

# AVENIR PENSÉ POUR

POUR UN RECYCLAGE  
SYSTÉMATIQUE

## Download



Le développement durable nous tient à cœur. C'est pourquoi nous mettons désormais notre rapport technique à votre disposition en format numérique. Si vous voulez également le lire ou l'activer hors ligne, vous pouvez télécharger ici un PDF interactif. Toutefois, si vous avez besoin d'une version imprimée, vous pouvez imprimer la totalité du rapport ou n'en sélectionner que quelques articles. Merci pour votre compréhension!

# Contenu

<b>1</b>	<a href="#"><u>Avant-propos</u></a>	5
<b>2</b>	<a href="#"><u>Portrait du système de recyclage</u></a>	6
<b>3</b>	<a href="#"><u>CT Swico/SENS</u></a>	10
<b>4</b>	<a href="#"><u>Traitement manuel des DEEE</u></a>	12
<b>5</b>	<a href="#"><u>Quantités</u></a>	14
<b>6</b>	<a href="#"><u>Exigences relatives à la saisie des flux de matières</u></a>	20
<b>7</b>	<a href="#"><u>Étude des condensateurs</u></a>	23
<b>8</b>	<a href="#"><u>Substances polluantes des appareils E+E usagés</u></a>	28
<b>9</b>	<a href="#"><u>Extraction des FPD</u></a>	30
<b>10</b>	<a href="#"><u>Plastiques</u></a>	33
<b>11</b>	<a href="#"><u>Potentiel de matières de valeur et TRV</u></a>	38
<b>12</b>	<a href="#"><u>Analyse des matériaux entrants</u></a>	43
<b>13</b>	<a href="#"><u>Ampoules – débris d’ampoules</u></a>	46
<b>14</b>	<a href="#"><u>Patrick Wäger</u></a>	48
<b>15</b>	<a href="#"><u>Le photovoltaïque se recycle</u></a>	50
<b>16</b>	<a href="#"><u>Réfrigérateurs</u></a>	52
	<a href="#"><u>Auteurs</u></a>	
	<a href="#"><u>Liens</u></a>	
	<a href="#"><u>Contacts et mentions légales</u></a>	



# Parfois, la Suisse est vraiment une île

Ce rapport technique présente une partie très importante de notre communication: celle qui est scientifique et orientée vers l'avenir. Et nous en sommes très fiers.

Mais comment concilier le fait que, deux fois par an en moyenne, les médias clament que nos déchets électroniques sont incinérés et recyclés à grande échelle en Afrique dans des circonstances atroces?

Tous ces articles ont la particularité qu'ils parlent d'appareils usagés provenant «d'Europe», là où il devrait en fait être écrit «Union européenne» – en d'autres termes, qu'ils dissimulent le fait que la Suisse n'est absolument pas concernée. Même des médias réputés ont des failles dans leur travail: l'année passée, il a fallu aller jusqu'à solliciter l'aide du médiateur TV afin que l'émission d'information *10 vor 10* daigne au moins procéder aux clarifications nécessaires sur internet.

Évidemment, il est plus captivant pour les médias de faire un reportage sur ce qui est en rapport avec son propre pays. Et la différenciation entre l'UE et l'Europe (ou encore le Conseil de l'Europe) est très complexe. Pourtant, nous devons régulièrement nous préserver, en tant que système de reprise suisse, d'être mis dans le même sac que le «reste de l'Europe».

Il faut dire que la Suisse a réussi à instituer sur une base volontaire un système qui permet d'obtenir des taux de retour très élevés – ils sont nettement supérieurs à la moyenne des États voisins. Pour une fois, nous bénéficions tout simplement de l'«insularité» de la Suisse. Pour les marchandises, nous avons encore des frontières contrôlées qui permettent une surveillance des flux de biens, et donc des déchets.

Le point essentiel est que l'obligation de reprise a été réglementée en Suisse de manière ingénieuse: chaque détaillant doit reprendre tous les appareils usagés, mais uniquement les catégories de produits qu'il vend lui-même sur place. Cela est doublement judicieux car le consommateur vient à lui uniquement avec ces appareils. Et c'est uniquement pour ces appareils que le détaillant a déjà en interne une logistique de reprise qui fonctionne. Le nombre très élevé de centres de reprise et l'ancrage du recyclage dans le quotidien des Suisses contribuent au fort taux de reprise.

Soyons donc fiers d'opérer dans le système de reprise suisse qui est reconnu comme un modèle en Europe (et dans l'Union européenne). Et cela n'est pas uniquement dû à la qualité de notre rapport technique annuel...



Judith Bellaiche  
Swico



Heidi Luck  
SENS



Silvia Schaller  
SLRS

# Swico, Fondation SENS et SLRS: compétence et durabilité

Depuis plus de 20 ans, les trois systèmes de reprise SENS eRecycling, Swico et SLRS assurent la reprise et la valorisation respectueuses des ressources des appareils électriques et électroniques ainsi que leur élimination professionnelle.

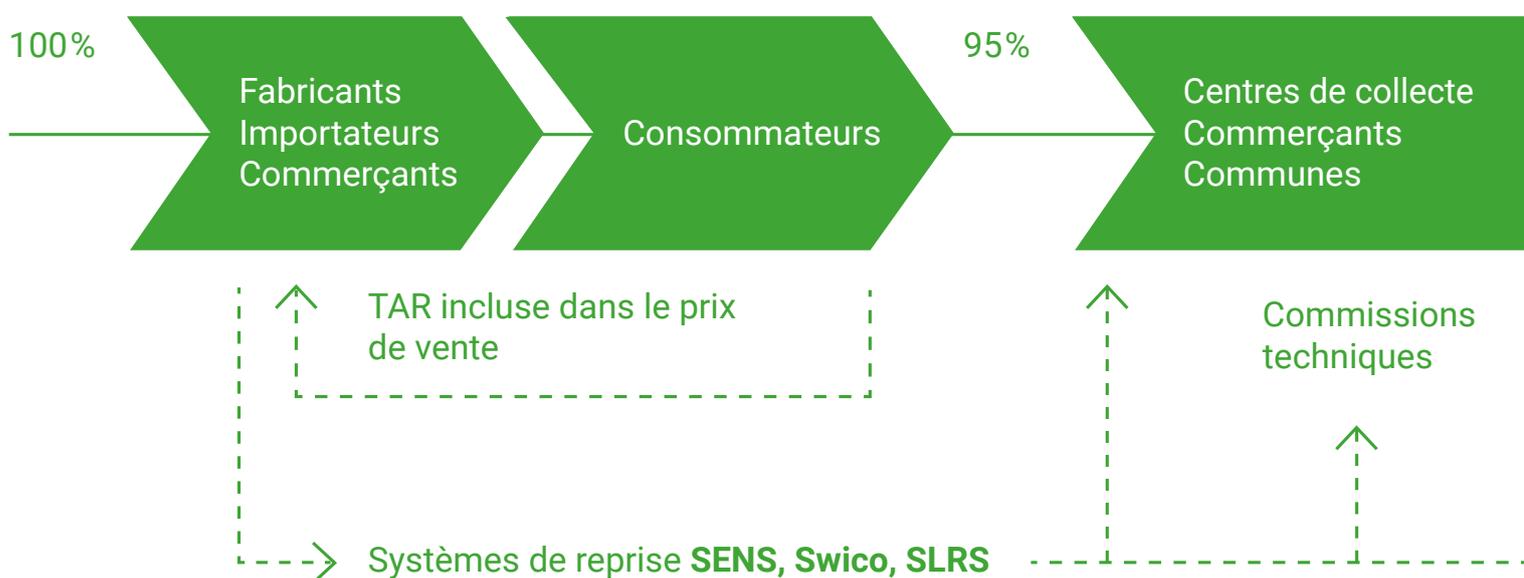
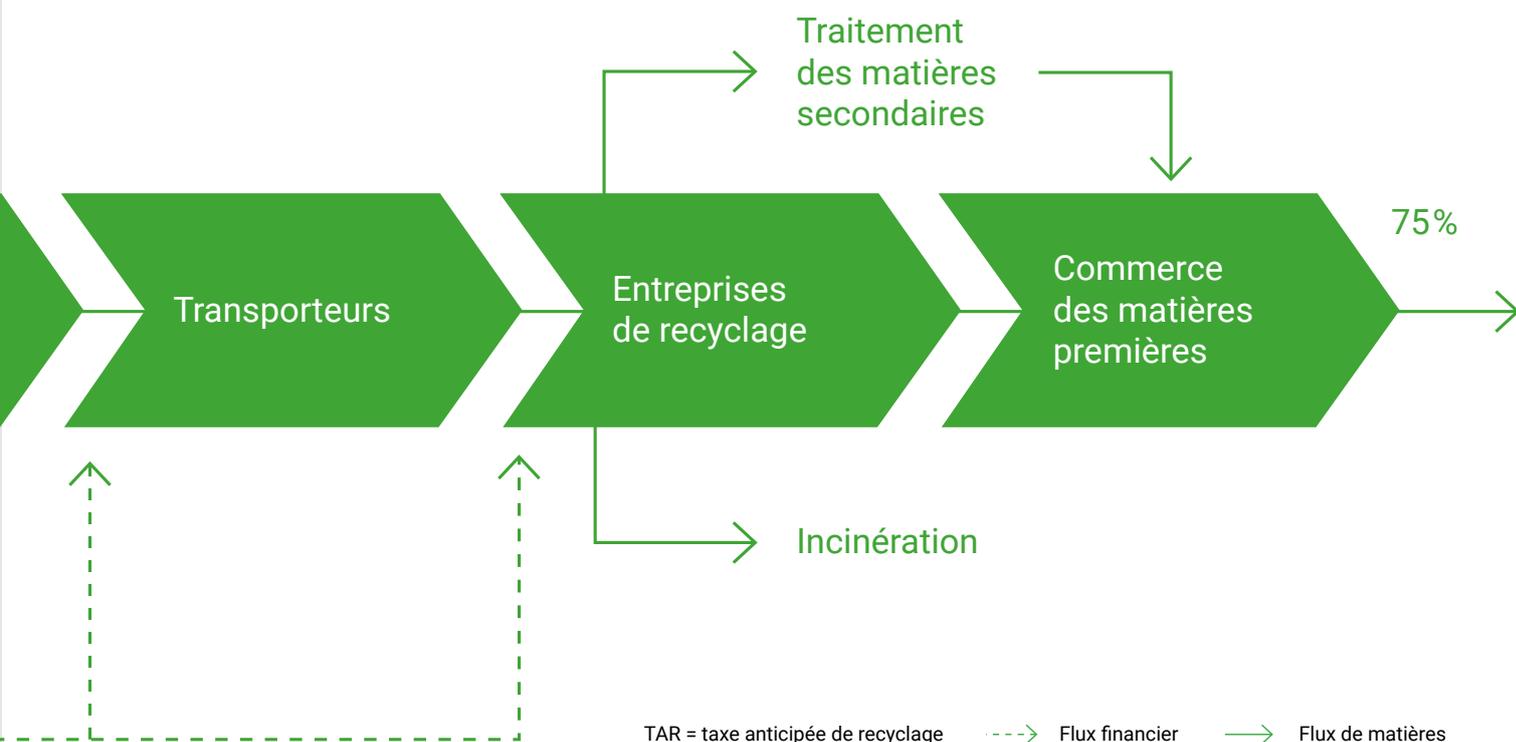


Figure 1: Vue d'ensemble des systèmes de reprise

Cette répartition sur trois systèmes s'explique par des raisons historiques, des systèmes propres à chaque secteur ayant en effet été mis en place aux premières heures du recyclage institutionnalisé. Ces systèmes avaient pour objectif de garantir la proximité avec le secteur concerné afin de pouvoir réagir à ses besoins spécifiques. Il a ainsi été possible de vaincre les réserves par rapport à une participation volontaire à un système de reprise. En fonction du type d'appareil électrique ou électronique concerné, la reprise est aujourd'hui effectuée par Swico, par SENS ou par la Fondation suisse pour le recyclage des sources lumineuses et lumineuses (SLRS).

En 2018, près de 122 800 tonnes d'appareils électriques et électroniques usagés ont été éliminées par ces trois systèmes. Swico, SENS eRecycling et SLRS ont ainsi fortement contribué à ce que de précieuses ressources puissent repartir dans le circuit économique. L'interconnexion internationale de ces trois organisations au niveau européen, par exemple en tant que membres du WEEE Forum (Forum for Waste Electrical and Electronic Equipment), leur permet de poser des jalons au-delà des frontières en matière de recyclage des appareils électriques et électroniques.



L'ordonnance sur la restitution, la reprise et l'élimination des appareils électriques et électroniques (OREA) oblige les commerçants, les fabricants et les importateurs à reprendre gratuitement les appareils faisant partie de leur assortiment. Une taxe anticipée de recyclage (TAR) est déjà prélevée lors de l'achat de ces appareils afin de pouvoir financer de manière compétitive un recyclage durable et écoresponsable des appareils électriques et électroniques. La TAR est un instrument de financement efficace permettant à Swico, à SENS et à SLRS de se charger du traitement professionnel du secteur des appareils qui leur est propre et de relever les défis de l'avenir.

## 2 Portrait du système de recyclage

### **Swico**

Swico Recycling est un fonds spécial au sein de l'Association économique Swico, qui s'occupe exclusivement du recyclage des appareils usagés. Les activités de Swico consistent à récupérer des matières premières et à éliminer les polluants tout en respectant l'environnement. Swico se concentre avant tout sur les appareils des secteurs suivants: informatique, électronique de divertissement, bureau, télécommunication, industrie graphique, technique de mesure et technologie médicale (par exemple photocopieurs, imprimantes, téléviseurs, lecteurs MP3, portables, appareils photo, etc.). L'étroite collaboration avec l'Empa, une institution de recherche et de services consacrée à la science des matériaux et au développement technologique au sein du secteur des EPF, contribue de façon déterminante à ce que Swico puisse imposer des standards de qualité élevés et homogènes dans toute la Suisse auprès de tous les services d'élimination.

### **SENS**

SENS eRecycling est une fondation à but non lucratif, indépendante et neutre, représentée par sa marque SENS eRecycling. Elle met l'accent sur la reprise, la valorisation durable et l'élimination des appareils électriques et électroniques des secteurs suivants: petits et gros appareils électroménagers, outils et appareils de bricolage, de jardinage et de loisirs et jouets. De plus, la Fondation SENS collabore étroitement avec des réseaux spécialisés dans lesquels sont représentées les parties concernées par le recyclage des appareils électriques et électroniques. En coopération avec ses partenaires, SENS s'engage à ce que le recyclage de ces appareils respecte les principes économiques et écologiques.

### **SLRS**

La SLRS se charge du système de reprise et de recyclage des sources lumineuses et luminaires. La SLRS s'occupe de l'organisation de l'élimination généralisée des sources lumineuses et des luminaires dans toute la Suisse. Pour financer ces activités, la SLRS gère deux fonds respectifs pour les sources lumineuses et les luminaires. Ces fonds sont alimentés par la TAR. Cette fondation se charge également de former et de sensibiliser les acteurs du marché au recyclage des sources lumineuses et des luminaires et d'informer toutes les parties prenantes sur le domaine d'activité de la SLRS. La SLRS entretient dans tous les domaines un étroit partenariat avec la Fondation SENS. En tant que partenaire contractuel de la SLRS, la Fondation SENS peut ainsi réaliser de façon opérationnelle, avec son système de reprise et de recyclage, non seulement la collecte et le transport mais également le recyclage, le contrôle et le reporting des luminaires et des sources lumineuses.

**DROIT**

**AU**

**PAS DE DÉTOUR, PAS DE  
COMPROMIS: LE RECYCLAGE EST  
LA PLUS GRANDE PRIORITÉ DE  
LA POLITIQUE ET DE LA SOCIÉTÉ.**



# La Commission technique Swico/ SENS dans l'ombre des débats OREA

Heinz Böni

**Depuis la consultation relative au projet de révision de l'ordonnance sur la restitution, la reprise et l'élimination des appareils électriques et électroniques (OREA), plus de cinq années se sont écoulées. Malgré un avenir incertain, le travail technique continue de se dérouler en arrière-plan avec une forte intensité. La Commission technique commune de Swico et SENS a notamment élaboré en 2018 le manuel complet relatif à la réalisation d'un audit selon la série de normes suisses SN EN 50625 et s'est occupée des questions les plus diverses en rapport avec les substances polluantes.**

En parallèle à l'évolution technique des appareils électroniques du quotidien, leur complexité matérielle s'est de plus en plus renforcée ces dernières années en raison des fonctionnalités d'un nouvel ordre. Les substances polluantes contenues dans les très anciens appareils, tout comme l'arrivée de nouvelles substances polluantes et les risques présentés par les batteries lithium constituent des exigences élevées pour le recyclage – et par conséquent pour le contrôle réalisé par les auditeurs. Les métaux lourds et les retardateurs de flamme bromés contenus dans les plastiques, les PCB et les substances préoccupantes contenus dans les condensateurs, l'amiante présente dans certains appareils et le mercure dans le rétroéclairage des écrans plats ne sont que quelques exemples.

Avant le traitement mécanique des appareils, des substances de ce type doivent être retirées des appareils dans une large mesure et éliminées de façon distincte. Cet objectif principal est actuellement suivi par plus de 120 ateliers de démantèlement qui collaborent avec les partenaires de recyclage. Outre l'extraction de substances, ils contribuent de façon notable au maintien de la valeur des matériaux. Malgré tous les efforts, des substances polluantes se trouvent encore

dans les fractions issues du traitement mécanique. Jusqu'ici, on les cherchait et les trouvait avant tout dans les fractions fines provenant du broyage des déchets où elles s'accumulent au niveau des particules fines. Si cette fraction fine entre dans un processus thermique, ces substances polluantes peuvent en règle générale être détruites de manière contrôlée. Toutefois, que se passe-t-il si des substances polluantes à des concentrations sensiblement faibles arrivent sur des fractions valorisables dans des processus de traitement en aval qui ne font plus l'objet de la même attention? Cette question est un point essentiel des travaux et des discussions abordés dans la Commission technique de Swico et SENS. Lors de l'étude des liquides contenus dans les condensateurs, il a été identifié des substances préoccupantes qui se trouvent dans les liquides de divers condensateurs. Reste à savoir l'ampleur des risques d'un retrait de ces substances polluantes dans le processus de traitement et l'endroit où elles peuvent éventuellement s'accumuler. La série de normes SN EN 50625 réclame à juste titre que les substances polluantes soient obtenues dans un flux distinct et donc contrôlables à la fin d'un processus de recyclage, pour que le traitement écoresponsable soit sous surveillance.

Afin que les auditeurs interprètent les exigences normatives de manière cohérente et qu'ils les vérifient dans les audits, il a été élaboré un manuel qui est accessible au public de manière générale, et aux entreprises de recyclage en particulier.

En outre, 2018 était l'année du lancement d'un projet qui nécessite probablement encore deux à trois ans de retouches: la toute nouvelle version de la saisie des flux de matières qui commence à prendre de l'âge. Elle doit être couplée à la réa-

lisation d'un audit informatisé des entreprises de démantèlement et de recyclage. Le nouvel instrument permettra une réalisation d'audits efficaces, ciblés et conviviaux qui diminueront sensiblement la charge de travail des entreprises et des auditeurs. La saisie des flux de matières doit être adaptée aux exigences des lois et ordonnances existantes, notamment à celles de l'OLED, de la nomenclature relative à la circulation des déchets et de l'OREA en ce qui concerne la codification des matériaux et les obligations de déclaration.



d.g.à.d. Rolf Widmer, Geri Hug, Heinz Böni, Roman Eppenberger, Anahide Bondolfi, Michael Gasser, Flora Conte, Niklaus Renner, Daniel Savi, Arthur Haarman, Roger Gnos



# Le traitement manuel, élément clé du recyclage

Anahide Bondolfi et Flora Conte

**Les recycleurs possèdent des installations mécaniques de plus en plus efficaces pour le traitement des déchets électriques et électroniques. Toutefois, la majorité des étapes de dépollution des appareils et une partie des étapes de séparation des matières valorisables se font à la main. Tour d'horizon du traitement manuel dans les ateliers de démontage et chez les recycleurs.**

## Objectif des installations mécaniques

Depuis une trentaine d'années, plusieurs entreprises ont ouvert en Suisse des installations de traitement mécanique des déchets électriques et électroniques (DEEE). La plupart de ces installations ont pour principal objectif la séparation des matières valorisables: le matériel est broyé, puis les métaux ferreux sont extraits magnétiquement



Tri à la main des matières valorisables et polluants à partir du convoyeur après broyage des appareils électroménagers chez Metabader SA.

et l'aluminium est séparé par courant de Foucault. Pour le tri des autres métaux et du plastique, le niveau de mécanisation est variable. Mais pour les polluants, la séparation est majoritairement effectuée manuellement. Les polluants sont le plus souvent retirés avant le traitement mécanique, soit dans un des 120 ateliers de démontage affiliés à SENS et Swico, soit dans une zone de démontage manuel chez le recycleur. La dépollution est parfois également effectuée durant le traitement mécanique, suite à un contrôle visuel du matériel sur les tapis convoyeurs des installations. Cette pratique n'est toutefois autorisée que si les composants contenant des polluants ne sont pas endommagés, afin d'éviter une contamination des autres fractions.

## Tri manuel des polluants

Comme tous les appareils peuvent contenir des polluants, l'étape manuelle est essentielle pour assurer la qualité de dépollution, importante d'un point de vue environnemental et santé. Au moins à une étape durant le traitement, chaque appareil doit être contrôlé par une personne formée à reconnaître les potentiels polluants du large catalogue d'appareils SENS et Swico. Ce contrôle permet aussi d'identifier d'éventuels nouveaux polluants – les appareils évoluent avec le temps –, ou de repérer de très vieux appareils, susceptibles de contenir plus de polluants (par ex. PCB). En pratique, c'est parfois l'appareil entier qui est retiré du flux de DEEE pour être acheminé vers la filière adéquate, comme c'est le cas pour les détecteurs de fumée et réveille-matin radioactifs, ou pour les sèche-linge à pompe à chaleur avec

gaz réfrigérants fluorés. Mais le plus souvent, seul un composant de l'appareil est extrait, à la main ou avec des outils simples (pinces, tournevis, etc.), notamment :

- Les batteries au lithium des ordinateurs portables, outils de jardin, etc.
- Les condensateurs, entre autres dans l'électroménager et sur les cartes électroniques
- Les sources lumineuses des lampes, des écrans plats ou de certains scanners ou photocopieurs
- L'amiante de certains vieux fours, sèche cheveux, etc.

### Tri manuel des matières valorisables

Le traitement manuel permet aussi d'extraire des matières valorisables. Certains ateliers de démontage effectuent un travail de démantèlement plus fin, qui va au-delà de la dépollution. Du moment que les appareils ont été ouverts pour retirer les polluants, il est en effet relativement facile d'extraire certaines fractions valorisables «propres» comme les métaux ou certains plastiques, ou «composites» comme les cartes électroniques, les disques durs ou les moteurs. En Suisse, contrairement à d'autres pays où les salaires sont moins élevés, le démontage fin des fractions composites comme les disques durs ou les moteurs n'est pas viable dans l'économie classique. Une fois retirées des DEEE, toutes ces fractions, qu'elles soient propres ou composites,



Anne-Claude Imhoff  
Ingénieure EPFL – co-directrice,  
↗ [www.lebird.ch](http://www.lebird.ch)

sont directement traitées par une installation spécifique sans passer par un broyeur de DEEE classique. Cela permet d'éviter les étapes inutiles (p. ex. déferrailage et courant de Foucault), et donc d'économiser des coûts de traitement et de réduire l'impact environnemental. En triant les matières valorisables en amont du broyage, on évite aussi leur mélange et leur destruction partielle. On obtient ainsi des fractions de meilleure qualité, par exemple pour le recyclage du plastique ou des cartes électroniques. De plus, en séparant manuellement les cartes électroniques avant broyage, on limite le risque de pertes de métaux précieux.

L'extraction manuelle des matières valorisables est aussi effectuée chez certains recycleurs, principalement ceux qui utilisent des broyeurs non spécifiques pour les DEEE: après broyage, les employés retirent à la main certaines fractions comme les moteurs, les cartes électroniques ou encore le béton (présent dans les machines à laver) du tapis convoyeur. Cette opération ne peut être réalisée efficacement que si le tapis de tri avance à une vitesse adaptée. Étant donné la diversité, la complexité et la taille souvent petite des matières valorisables et des polluants, et malgré le fait que les recycleurs possèdent des installations mécaniques de plus en plus efficaces, le démontage manuel reste et restera sans doute encore longtemps un élément clé du recyclage des DEEE.

Quel avenir voyez-vous pour le traitement manuel par rapport au traitement mécanique?

«Particulièrement efficace pour le traitement des écrans plats, le démontage manuel facilite la récupération des matériaux recyclables et la séparation des substances dangereuses. Il offre aussi des activités pleines de sens pour des centaines de bénéficiaires sociaux, tout en concurrençant peu le traitement mécanique. Son avenir est cependant assujéti à plusieurs conditions comme l'engagement des associations à vocation sociale et leur appui par les pouvoirs publics, une rétribution suffisante, ainsi que la livraison de matériel conforme et correctement conditionné.»



# Quantités stables avec une composition modifiée

Michael Gasser

**Après une diminution des quantités traitées d'appareils électriques et électroniques en 2017, les quantités ont de nouveau légèrement augmenté en 2018. Tandis que les volumes continuent de baisser pour les appareils électroniques, cette diminution a été compensée par des chiffres en hausse pour les gros appareils électriques, les petits appareils électriques et les réfrigérateurs. Toutefois, la composition dans les différentes catégories s'est de nouveau modifiée.**

En 2018, les recycleurs Swico et SENS ont traité environ 125 900 tonnes d'appareils électriques et électroniques (appareils E+E). Cela correspond à une hausse de 3% par rapport à l'année précédente (tableau 1 et figure 1). La baisse la plus marquée est enregistrée dans le traitement des appareils hors OREA, c'est-à-dire les appareils qui ne figurent pas dans la nomenclature de l'ordonnance sur la restitution, la reprise et l'élimination des appareils électriques et électroniques (OREA). En ce qui concerne les appareils électroniques,

la quantité traitée a également connu une baisse (-9%). Les volumes suivent dans ce contexte une tendance à long terme qui se présente en raison de la baisse du nombre de écrans lourds et de téléviseurs. Après une modification de la méthode de saisie en 2017 et un recul des quantités qui y a fait suite en 2018, ce n'est que maintenant que l'on assiste à une remontée pour les gros appareils électriques. Une légère hausse a également pu être observée dans le volume de petits appareils électriques et de réfrigérateurs.

Année	Gros appareils électriques	Réfrigérateurs, congélateurs et climatiseurs	Petits appareils électriques	Appareils électroniques	Sources lumineuses	Photovoltaïque	Appareils hors OREA	Total tonnes/an
2009	30'400	15'300	14'900	47'300	1'100		1'200	110'200
2010	30'700	15'900	15'400	50'700	1'130		3'500	117'400
2011	27'800	16'800	16'300	51'300	1'110		5'200	118'500
2012	30'300	17'500	18'800	55'500	960		6'000	129'100
2013	30'600	16'700	22'300	53'200	1'100		4'000	127'900
2014	29'400	17'200	23'900	52'000	1'100		3'000	126'600
2015	32'900	18'100	25'000	51'900	1'100	100	3'000	132'100
2016	32'500	19'200	27'900	49'000	1'100	100	1'900	131'800
2017	28'100	19'400	26'700	46'000	970	300	1'300	122'800
2018	34'200	19'900	27'600	41'900	1'100	300	1'000	125'900
<b>Variation par rapport à l'année précédente</b>	<b>22%</b>	<b>3%</b>	<b>3%</b>	<b>-9%</b>	<b>13%</b>	<b>0%</b>	<b>-23%</b>	<b>3%</b>

Tableau 1: Quantité totale en tonnes des appareils électriques et électroniques traités en Suisse, déterminée à partir de l'étude sur le flux de matières

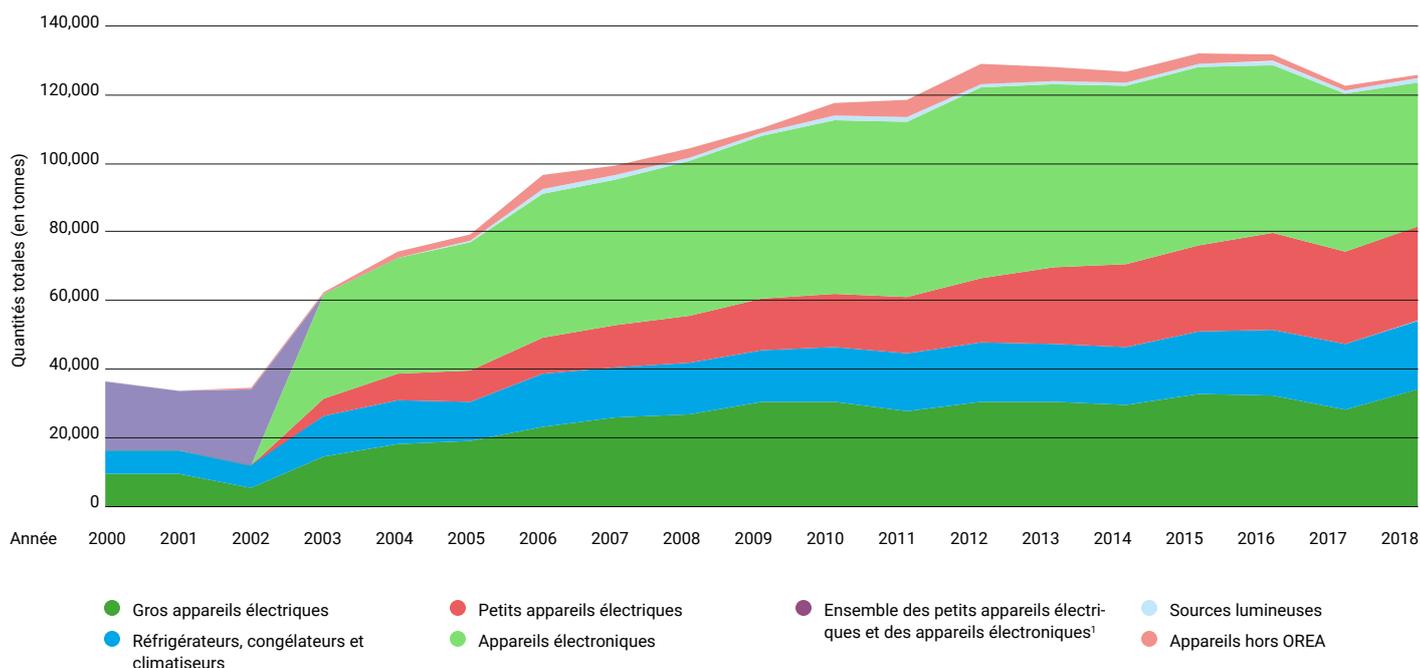


Figure 1: Évolution des quantités d'appareils traités en Suisse exprimée en tonnes

La quantité d'équipements photovoltaïques traités est encore faible par rapport à N-1, avec un total de 300 tonnes.

### Récupération de matières valorisables

Un traitement manuel et mécanique permet de récupérer des matières valorisables dans les appareils électriques usagés traités et de séparer les substances polluantes (figure 2). Les métaux constituent la plus grande fraction de matières valorisables avec 61 %. Les mélanges matière plastique/métal (17 %) et les matières plastiques (9 %) arrivent en deuxième et troisième places dans le classement des fractions. Les circuits imprimés particulièrement précieux ne représentent que 1,1 % de la quantité globale. Il est souvent avantageux d'extraire manuellement ces composants avant de les soumettre à un traitement mécanique, afin de les récupérer dans un état aussi complet que possible. La part de verre issue du traitement des tubes cathodiques a été réduite d'un tiers par rapport à l'année précédente mais s'élève encore à 1,4 %.

Les fractions de matériaux recyclables obtenues sont transformées dans des entreprises en aval et, dans la mesure du possible, recyclées ou soumises à une valorisation thermique. Pour le traitement ultérieur, les entreprises de recyclage doivent fournir des justificatifs de flux de matières qui décrivent et documentent le traitement ultérieur de ces fractions. Les fractions contenant du fer sont traitées dans des fonderies suisses, et les matériaux non ferreux dans les fonderies européennes. Les mélanges matière plastique/métal sont encore séparés. Les métaux ainsi que les matières plastiques de la même nature et contenant peu de substances polluantes sont récupérés dans ces procédés de séparation. Certaines fractions mélangées continuent à intégrer directement la valorisation énergétique, cette part ayant toutefois fortement baissé ces dernières années du fait des nouvelles possibilités de traitement, comme par exemple pour les cartouches de toner et grâce aux installations de tri pour les mélanges matière plastique/métal. Les fractions dédiées aux différents types de verre (verre d'écran, verre plat et verre de recyclage de sources lumineuses) ainsi que les câbles, les cartes de circuits imprimés et les piles font également l'objet de procédures de valorisation particulières.

<sup>1</sup> Jusqu'en 2002, les petits appareils électriques et les appareils électroniques étaient saisis ensemble.

### Extraction des substances toxiques

La part de fractions de substances polluantes générées a légèrement diminué et représente à présent 1% (figure 2). Cela est dû à une légère diminution des batteries et des condensateurs. Outre le recyclage des matières valorisables, la dépollution fait partie des tâches principales des entreprises de recyclage. Les substances polluantes sont pour la plupart éliminées manuellement dans des ateliers de démantèlement. Il s'agit par exemple d'extraire des piles et de très grands condensateurs des appareils électroménagers ou de démonter le rétroéclairage des écrans plats, des scanners et des photocopieurs. Ce faisant, il faut constamment adapter l'extraction et la gestion des substances polluantes aux technologies modifiées et aux nouveaux acquis. Cependant, les entreprises doivent également continuer à être en mesure d'extraire et d'éliminer dans les règles de l'art les polluants issus des appareils de plus anciennes générations, ce qui constitue des exigences élevées pour les entreprises de recyclage et implique des systèmes d'assurance qualité très performants.

### Reprise et composition d'appareils électroniques

Swico Recycling examine régulièrement les quantités récupérées et la composition des appareils électroniques. Pour ce faire, Swico Recycling procède à des analyses de paniers types et à des essais de traitement de certains groupes de produits (tableau 2). En 2018, Swico Recycling a repris 45 760 tonnes<sup>1</sup> d'appareils électroniques, soit 5,7% de moins que l'année précédente. Les poids et le nombre des unités reprises de moniteurs et de téléviseurs CRT continuent à baisser et s'inscrivent ainsi dans la tendance à long terme. En ce qui concerne les écrans plats, la tendance aux quantités élevées et aux faibles poids des années précédentes semble s'inverser: le nombre d'appareils repris diminue, tandis que le poids moyen augmente. Quant aux téléphones portables, le nombre d'unités continue d'augmenter.

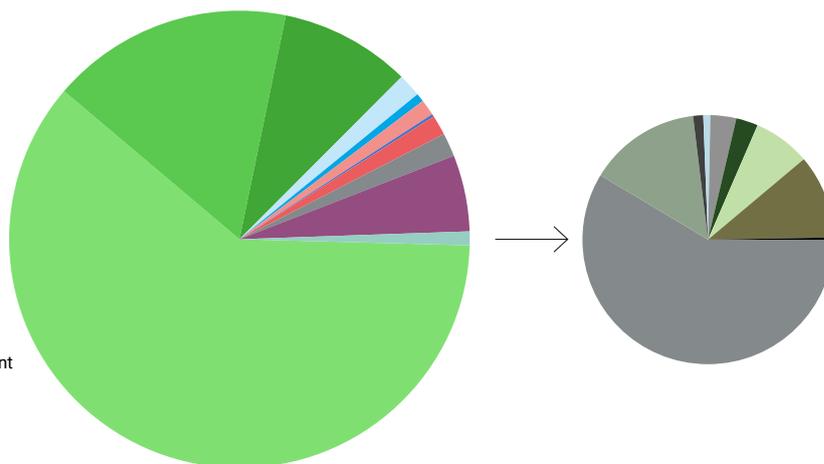
La composition des différentes catégories d'appareils est déterminée par des essais de traitement menés auprès des recycleurs Swico et suivis par l'Empa. En l'occurrence, on collecte une quantité d'appareils définie auparavant et on documente les fractions qui en résultent. Sur la base de ces informations de composition et de celles d'un traitement ultérieur, il est déterminé qu'environ 60 à 65% des fractions issues du traitement des appareils électroniques font l'objet d'un traitement final en Suisse.

Les quantités détaillées d'appareils électroniques repris et leur composition sont listées dans le tableau 2.

<sup>1</sup> Ce chiffre est supérieur aux 41 900 tonnes d'appareils électroniques du tableau 1 car il comprend également les appareils que les signataires A ont éliminés via des contrats directs.

## Matériaux recyclables

- 61% Métaux
- 17% Mélange matière plastique/métal
- 9% Matières plastiques
- 2% Câbles
- 1% Cartouches de toner
- 1.1% Circuits imprimés
- 0% LCD
- 1.4% Tubes cathodiques
- 2% Verre
- 0% Mélange matières plastiques/verre du domaine de la photovoltaïque
- 0% Électronique (boîtes de raccordement du domaine de la photovoltaïque)
- 5% Autres matériaux
- 1% Polluants



## Polluants

- 0.560% Batteries
- 0.138% Condensateurs
- 0.012% Composants contenant du mercure
- 0.009% Débris de verre
- 0.032% Substances lumineuses
- 0.000% Pastilles de getter
- 0.000% Tambour photoconducteur avec couche de sélénium
- 0.027% Parties d'appareils contenant de l'amiant
- 0.070% CFC
- 0.104% Huile
- 0.003% Ammoniac (NH<sub>3</sub>)

Figure 2: Composition des fractions générées en % en 2018  
Les polluants ne représentant que 1% des fractions générées sont représentés séparément. Source: Toocy

Type d'appareil	Nombre <sup>3</sup>	Poids moyen	Métaux	Matières plastiques	Mélanges de métaux/matières plastiques	Câbles	Verre et/ou modules LCD	Circuits imprimés	Polluants	Autres <sup>5</sup>	Total	Augmentation/diminution par rapport à 2017
	en milliers	en kg	en tonnes	en tonnes	en tonnes	en tonnes	en tonnes	en tonnes	en tonnes	en tonnes	en tonnes	
Moniteur CRT de PC	36	18	92	125	60	16	276	58	0.0	3	630	-32%
Moniteur FPD de PC <sup>1</sup>	558	6.3	1'373	1'107	67	43	547	247	32.1	87	3'503	-4%
PC/serveur	382	12	3'785	265	12	141	-	383	15	-	4'601	1%
Ordinateur portable	502	2.6	396	368	133	6.6	115	190	90	5.4	1'305	2%
Imprimante	460	12	1'874	2'845	325	29	36	93	1.6	86	5'290	-7%
Gros photocopieur/gros appareil	47	138	3'530	242	2'318	117	4.3	52	56	166	6'486	-10%
IT mixte <sup>2</sup>	614	3.2	1'071	71	710	36	1.0	15	17	50	1'971	0%
Téléviseur CRT	140	28	385	799	130	14	2'525	48	4	2.1	3'906	-33%
Téléviseur FDP <sup>1</sup>	222	18	1'975	735	430	56	358	343	46	142	4'085	0%
UE mixte <sup>3</sup>	3'241	3.4	5'920	393	3'921	197	5.6	85	93	275	10'890	2%
Téléphone portable	780		19	42	-	-	6.1	26	24	-	117	5%
Téléphone autre	1'350		1'468	97	972	49	1.4	21	23	68	2'700	15%
Photo/vidéo	200		88	5.8	58	2.9	0.1	1.3	1.4	4.1	162	1%
Dentaire											115	24%
<b>Total en tonnes</b>			<b>21'977</b>	<b>7'094</b>	<b>9'138</b>	<b>708</b>	<b>3'876</b>	<b>1'563</b>	<b>403</b>	<b>888</b>	<b>45'760<sup>6</sup></b>	<b>-5.7%</b>
<b>Total en pour cent</b>			<b>48%</b>	<b>16%</b>	<b>20%</b>	<b>2%</b>	<b>8%</b>	<b>3%</b>	<b>1%</b>	<b>2%</b>	<b>100%</b>	

<sup>1</sup> FPD: FPD: écrans plats, différentes technologies (LCD, plasma, OLED, etc.).

<sup>2</sup> Appareils IT, mixtes, sans moniteurs, PC/serveurs, ordinateurs portables, imprimantes, gros photocopieurs/gros appareils.

<sup>3</sup> Électronique grand public, mixte, sans téléviseurs.

<sup>4</sup> Extrapolation.

<sup>5</sup> Emballages et autres déchets, cartouches de toner

<sup>6</sup> Ce chiffre est supérieur aux 41 900 tonnes d'appareils électroniques du tableau 1, car il comprend également les appareils que les signataires A ont éliminés via des contrats directs.

Tableau 2: Quantités collectées par Swico et composition par type d'appareil  
Source: Michael Gasser, Empa, sur la base d'analyses de traitement et de paniers types Swico, 21 Mars, Saint-Gall.



MEMOIRE

R

AVEC DES MÉTHODES DE RECYCLAGE  
ÉGALEMENT UNE PERSPECTIVE À L

# LE FUTURE MINDS

À LA CROISÉE DE LA TECHNOLOGIE DE POINTE, NOUS OFFRONS  
LA GÉNÉRATION À VENIR.



# Exigences relatives à la future saisie des flux de matières

Michael Gasser et Anahide Bondolfi

**Les partenaires de recyclage de Swico, SENS et SLRS saisissent chaque année les quantités d'appareils traités et les fractions qui en résultent. Ces données constituent le cœur des contrôles d'exploitation annuels et du rapport public. C'est notamment en raison du renforcement des obligations de documentation en rapport avec la série de normes SN EN 50625 que la saisie des flux de matière doit être remaniée et les processus actualisés.**

En février de chaque année, c'est un nouveau départ: après les rapports annuels relatifs à la circulation des déchets soumis à un contrôle fin janvier sur [VeVa-Online](#), les partenaires de recyclage de Swico, SENS et SLRS établissent la comptabilité annuelle des matières des appareils entrés et des fractions générées. Le logiciel

Toocy (Tool Recyclage) est utilisé depuis 12 ans pour la saisie. Malgré un perfectionnement constant, ce logiciel ne répond plus aux attentes actuelles en ce qui concerne la facilité d'utilisation. Les frustrations sont très répandues – le logiciel ne permet par exemple aucun transfert de données depuis Veva-online et la saisie manuelle est source d'erreurs fréquentes.

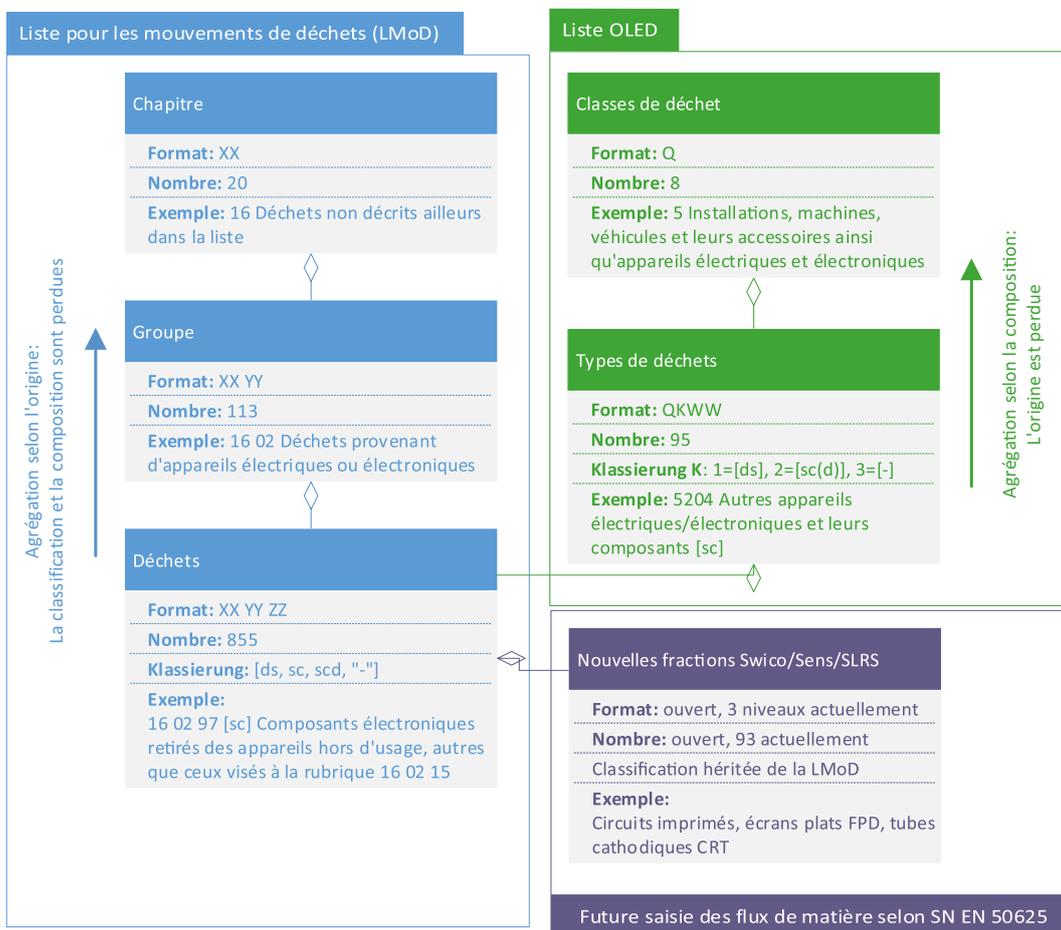
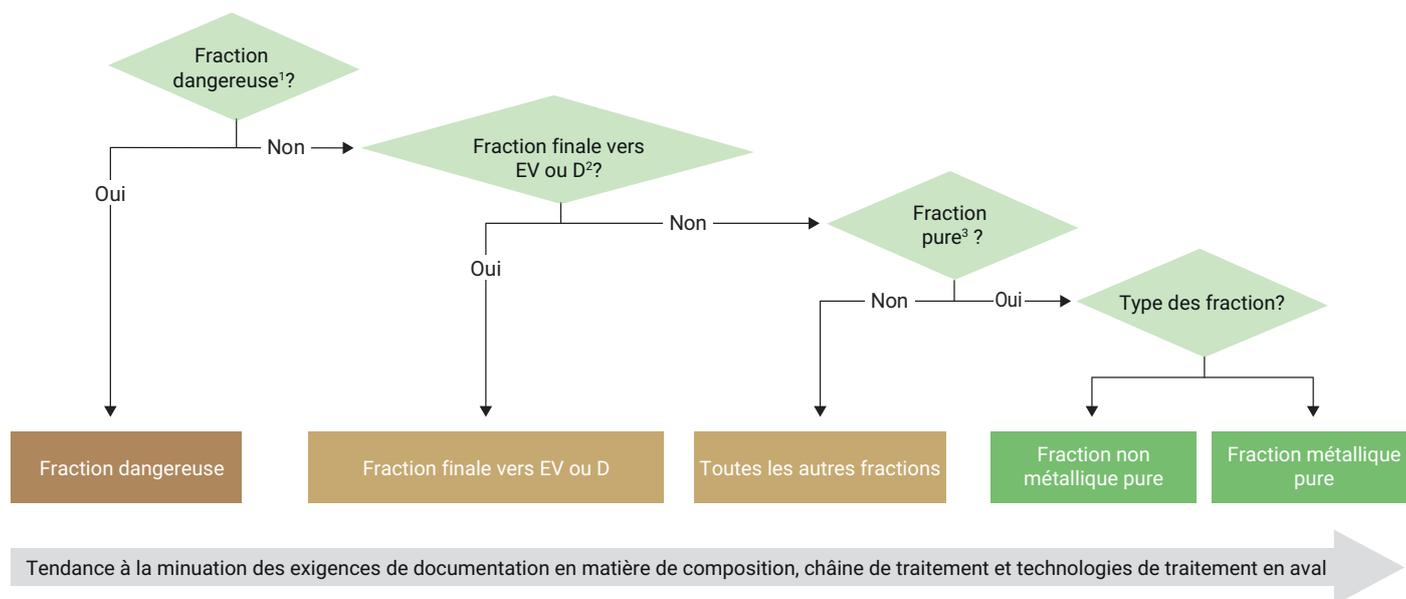


Figure 1: Systèmes de catégorisation des déchets de la nomenclature relative à la circulation des déchets et de l'OLED et une saisie des flux de matières Swico/ SENS/SLRS compatible avec l'avenir



<sup>1</sup> Selon LMoV, listes européennes de déchets ou mentionnées dans SN EN 50625-1 Annex F

<sup>2</sup> EV: valorisation énergétique, D: élimination

<sup>3</sup> Part d'impuretés < 2% (par ex. aluminium dans fraction cuivre, circuits imprimés dans fraction plastiques, PS dans fraction ABS)

Figure 2: Catégorisation des fractions de matériaux sortants conformément aux obligations de documentation SN EN 50625

### Exigences de documentation accrues pour les entreprises de recyclage

Avec le remplacement de l'ordonnance sur le traitement des déchets (OTD) par l'ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (OLED) en 2016, une nouvelle obligation de reporting sur les déchets a été introduite. En plus des quantités de déchets transportés et soumis à un contrôle conformément à l'ordonnance sur les mouvements de déchets (OMoD) et aux listes pour les mouvements de déchets (LMoD), une saisie des déchets non soumis à contrôle sera également requise au 1<sup>er</sup> janvier 2021 selon les catégories OLED nouvellement introduites.

Le rapport OLED sert principalement aux cantons et à la Confédération pour la gestion des déchets. En conséquence, les déchets sont groupés en codes OLED selon les caractéristiques des déchets (composition et niveau de risque), contrairement au groupement connu dans le transport (OMoD et LMoD) en fonction de l'origine des déchets (industrie et processus de production). Les codes de déchets à six chiffres connus dans l'industrie et découlant des LMoD (figure 1) constituent la base des deux principes de groupement. [L'aide à l'exécution pour l'établissement de rapports de l'OLED](#) affecte les codes de déchets LMoD aux codes OLED. La série de normes SN EN 50625 pose de nouveaux défis

à l'industrie du recyclage en ce qui concerne la documentation de la composition des déchets et de leurs méthodes de recyclage. En fonction des caractéristiques et de la composition des fractions générées, une entreprise conforme aux normes SN EN 50625 doit présenter différentes informations (figure 2). La codification actuellement utilisée dans Toocy pour les flux de matières n'est compatible ni avec les codes de déchets LMoD à six chiffres, ni avec les exigences imposées par la série de normes SN EN 50625. De même, la saisie dans Toocy s'arrête au niveau des partenaires de recyclage, c'est-à-dire que les flux entre les divers sites d'exploitation d'un même partenaire de recyclage (ateliers de démantèlement et divers sites de traitement mécanique) ne sont pas enregistrés. Or, la série de normes tout comme l'OLED requièrent une saisie des flux de matières au niveau de chaque exploitation.

### Couvrir différents besoins avec une base harmonisée des données

Pour répondre aux exigences croissantes, la saisie des flux de matières doit être remaniée. Dans la mesure du possible, une nouvelle solution devrait avoir recours aux données déjà existantes et créer une base harmonisée des données, avec laquelle les divers besoins pourraient être couverts:



## 6 Exigences relatives à la saisie des flux de matières

- L'industrie doit disposer d'un outil harmonisé, qui réduit les doublons, pour la déclaration des données de flux de matières.
- Des fonctions de contrôle automatiques doivent simplifier la surveillance de la conformité en ce qui concerne le mouvement et le traitement des appareils E+E usagés et des fractions.
- Les données de base utilisées pour le reporting selon l'ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets doivent être vérifiées de façon détaillée afin d'augmenter la qualité et la cohérence des données disponibles pour la gestion des déchets.

La condition requise pour créer une base harmonisée des données est une affectation sans ambiguïté des catégories de fractions qui seront utilisées à l'avenir pour la saisie des flux de matières aux codes de déchets LMoD à six chiffres (figure 1). Pour évaluer la conformité selon la série de normes SN EN 50625, il est nécessaire d'avoir une résolution des données supérieure à celle prescrite par les listes LMoD. Ainsi, des circuits imprimés sans composants toxiques et des écrans plats devraient par exemple être enregistrés séparément lors de la saisie des flux de matières en raison d'autres directives de traitement, bien que les deux fractions entrent dans

le même code de déchets LMoD (↗ [16 02 97 \[sc\]](#) Composants électroniques retirés d'appareils usagés, à l'exception de ceux qui entrent dans la catégorie 16 02 15). Une affectation directe permettrait l'agrégation automatique des données à d'autres fins.

Avec le projet d'associer plus étroitement diverses données et fonctions sur une plate-forme commune, des questions importantes se posent en ce qui concerne la protection des données, du fait que l'évaluation de la conformité est basée en partie sur des données confidentielles. Les autorisations d'accès doivent par conséquent être clairement formulées pour contribuer à la transparence et à la confiance entre les acteurs concernés.

### Perspectives

Les méthodes de saisie possibles des données et les exigences détaillées qui s'y rapportent seront élaborées sur la base de la définition générale des exigences. Ainsi, les entreprises seront informées rapidement des ajustements auxquelles elles doivent éventuellement procéder. La solution de saisie des flux de matières qui doit encore être développée doit être combinée à d'autres outils pour l'assistance des auditeurs de Swico et SENS.



Sandra Wessels  
E-Waste Manager,  
Thévenaz-Leduc SA

SENS et Swico planifient de développer une nouvelle solution pour Toocy. La nouvelle solution devrait avoir recours aux données déjà existantes et créer une base harmonisée des données. Qu'en pensez-vous?

«Les contrôles prévus par la loi devraient nous simplifier le controlling quotidien de l'exploitation pour identifier plus rapidement d'éventuelles dérogations. Par conséquent, l'objectif est d'avoir un contrôle dynamique des données existantes. Enfin, il s'agit de protéger l'environnement et de veiller aux matières premières et cela devrait être la priorité numéro un pour chacun de nous.»

# Quels sont les liquides contenus dans les condensateurs?

Daniel Savi

Les condensateurs sont aujourd'hui retirés manuellement, dans une large mesure, des appareils électriques et électroniques usagés (appareils E+E usagés) s'ils ont une dimension supérieure à 25mm. Ce faisant, les condensateurs pouvant contenir des PCB doivent être séparés des appareils E+E usagés et faire l'objet d'une élimination contrôlée. Pour les condensateurs ne contenant pas de PCB et d'une taille supérieure à 25mm, une élimination est proposée dans la mesure où ils contiennent des substances préoccupantes. Plus de 30 ans après l'interdiction des PCB dans les condensateurs, les condensateurs contenant des PCB représentent une part de plus en plus faible des condensateurs retirés. Le problème est donc actuellement de savoir comment les substances préoccupantes doivent être définies et quelles sont les substances qui se trouvent dans les liquides de ces condensateurs ne contenant pas de PCB. Pour répondre à ces questions, SENS et Swico ont fait réaliser ces deux dernières années une très vaste étude sur les condensateurs.

## Composants des condensateurs ne contenant pas de PCB

L'étude éclairait sur deux points la question des liquides préoccupants dans les condensateurs ne contenant pas de PCB. D'une part, la documentation disponible a été exploitée et, d'autre part, les composants des condensateurs issus des appareils E+E usagés ont été étudiés en laboratoire. Les types de condensateurs qui contiennent toujours des liquides sont les condensateurs aluminium-électrolyte polarisés et les

condensateurs non polarisés issus des appareils à micro-ondes. Les condensateurs cylindriques non polarisés qui sont par exemple utilisés dans des gros appareils électroménagers ou des réfrigérateurs peuvent contenir des liquides. Toutefois, il existe également des modèles qui sont totalement secs. Dans l'étude réalisée, il a été déterminé qu'environ 55% des condensateurs cylindriques non polarisés contenaient des liquides. L'étude des condensateurs a révélé plus de 60 liquides contenant des produits toxiques qui peuvent être contenus dans des condensateurs. Les mélanges se différencient en fonction de leur construction, mais aussi de leur modèle.



Condensateurs à électrolyte triés

## 7 Étude des condensateurs

### Substances préoccupantes dans des condensateurs ne contenant pas de PCB

Pour évaluer les éléments représentant des risques pour la santé et l'environnement qui sont dus aux liquides trouvés, la notion de substances préoccupantes doit tout d'abord être définie. La notion de substances préoccupantes provient de la directive de l'UE sur les appareils E+E usagés; toutefois, elle n'y est pas définie, ni même dans la législation. L'étude a défini la notion à l'aide des mentions H des substances, conformément à l'ordonnance sur la classification et l'étiquetage des substances. Nous recommandons une liste de mentions H qui qualifient une substance de «préoccupante» dans les condensateurs. La liste a été créée selon une série de principes: des substances ayant des effets chroniques sur les organismes, même à de faibles concentrations, et évidemment des substances ayant un effet nocif sont classées en tant que substances préoccupantes. Tous les substances «toxiques» ou «très toxiques» pour les organismes aquatiques sont considérées comme substances préoccupantes. Ces principes aboutissent à la liste des mentions H conformément au tableau 1. En complément des mentions H, la classification a pris en compte la stabilité d'une substance dans l'environnement.

Part des condensateurs contenant des liquides par catégorie de condensateurs (% de pièces)



Condensateurs cylindriques non polarisés



Condensateurs à électrolyte



Condensateurs à micro-ondes

Mention H	Danger
H300	Mortel en cas d'ingestion
H310	Mortel par contact cutané
H330	Mortel par inhalation
H340	Peut induire des anomalies génétiques
H341	Susceptible d'induire des anomalies génétiques
H350	Peut provoquer le cancer
H351	Susceptible de provoquer le cancer
H360D	Peut nuire au fœtus
H360FD	Peut nuire à la fertilité / Peut nuire au fœtus.
H360Df	Peut nuire au fœtus / Susceptible de nuire à la fertilité
H361	Susceptible de nuire à la fertilité ou au fœtus
H361d	Susceptible de nuire au fœtus
H370	Risque avéré d'effets graves pour les organes
H372	Risque avéré d'effets graves pour les organes à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée
H400	Très toxique pour les organismes aquatiques
H410	Très toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme
H411	Toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme

### Condensateurs contenant des substances préoccupantes

Des substances préoccupantes ont pu être détectées dans tous les types de condensateurs. Par conséquent, un retrait des condensateurs dans le traitement est encore nécessaire. Dans la pratique du recyclage, des condensateurs contenant des substances préoccupantes ne peuvent pas être différenciés de ceux n'en contenant pas. C'est la raison pour laquelle les auteurs de l'étude recommandent d'instaurer la règle selon laquelle tous les condensateurs allant au-delà du critère de taille existant de 2,5cm soient retirés des appareils électriques. Les organismes d'évaluation de la conformité de SENS et Swico vérifieront dans des études ultérieures si d'autres méthodes que l'extraction manuelle correspondent aussi à l'obligation de retrait dans un flux distinct, comme cela est exigé dans la série de normes suisses SN EN 50625. Jusque là, rien ne devrait changer en ce qui concerne l'obligation de retrait manuel des condensateurs.



Condensateurs à électrolyte

## 7 Étude des condensateurs

### Autres résultats de l'étude

Le rapport relatif à l'étude sera publié cette année par SENS et Swico. Il contient d'autres conclusions sur les condensateurs contenus dans des appareils E+E usagés. Par exemple, la part de condensateurs contenant des PCB a également été définie pour de gros appareils électroménagers, des réfrigérateurs, des climatiseurs et des congélateurs. Pour certains appareils informatiques et pour l'électronique grand public dans le système Swico, l'étude fait notamment état de l'étendue de la fraction massique de condensateurs à électrolyte dans la masse d'appareils concernée (de 0,6 % à 7%). De surcroît, la fraction massique des condensateurs à électrolyte qui sont plus petits que 2,5 cm a été déterminée sur la masse totale de condensateurs à électrolyte (en moyenne environ 50%).



Échantillonnage pour l'analyse en laboratoire des liquides



Un modèle de condensateurs provenant des ballasts électroniques



Fonctionnement interne d'un condensateur à micro-ondes

# IL EST L'HEURE D'Y REPRENDRE

RÉFLÉCHIR, PRENDRE PART  
ET PARTICIPER: LE RECYCLAGE  
FONCTIONNE UNIQUEMENT  
SI TOUT LE MONDE UNIT SES  
FORCES.



# Contrôle des substances polluantes : Fraction massique vs charge

EEE Haarman et Anahide Bondolfi

**Les indicateurs actuellement utilisés pour surveiller la performance de la dépollution incluent la fraction massique (mg/kg) de polychlorobiphényles (PCB) et de cadmium dans certaines fractions sélectionnées en sortie du traitement mécanique. Cependant, ces indicateurs souffrent d'une importante limitation: ils ne prennent pas en compte les charges absolues (kg) de substances dangereuses.**

La gestion des DEEE a deux objectifs principaux: la dépollution et la valorisation. Tout d'abord, la gestion des DEEE doit garantir que les substances dangereuses sont traitées d'une manière appropriée (voir également le point 4). Ensuite, elle doit maximiser la conservation des ressources en redirigeant les substances valorisables vers les filières de valorisation appropriées (voir également les points 11 & 12).

La série de normes de traitement des DEEE SN EN 50625 ainsi que les spécifications techniques Swico/SENS introduisent des indicateurs quantitatifs, souvent accompagnés de valeurs limites ou cibles, afin de surveiller la performance des opérations de traitement des DEEE. Pour la valorisation, ces indicateurs incluent les taux de recyclage et de valorisation. Pour la dépollution, deux de ces indicateurs sont les fractions massiques de PCB et de cadmium présentes dans les fines fractions non métalliques récupérées pendant le traitement mécanique (p. ex. fraction légère du broyeur, poussière ou fine fraction de plastiques). Les fractions massiques de PCB et de cadmium dans les fines fractions non métalliques sont considérées comme des indicateurs de la performance de la dépollution, en partant du principe que les fractions massiques les plus élevées sont dues à une dépollution manuelle insuffisante.

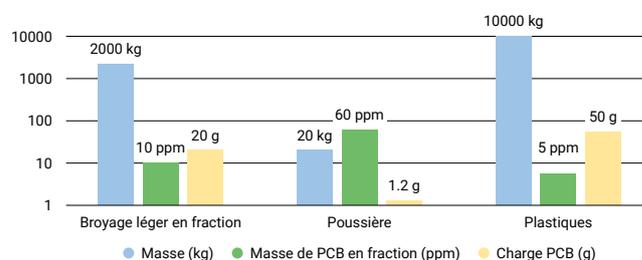


Figure 1

Cependant, ces indicateurs souffrent d'une importante limitation: les indicateurs basés sur la fraction massique ne prennent pas en compte les charges absolues (en kg) de substances dangereuses circulant à travers les systèmes de traitement des DEEE. Ils se concentrent sur des niveaux relatifs (en % ou en ppm<sup>1</sup>). De ce point de vue, une fraction de poussière avec une masse de 20 kg et une fraction massique de PCB de 60 ppm pourraient «sembler pire» qu'une fraction légère du broyeur (SLF, Shedder Light Fraction, également connue comme RESH) d'une masse de 2000 kg et une fraction massique de PCB de 10 ppm. Cependant, en valeurs absolues, la fraction de poussière contient 1,2 grammes de PCB tandis que la fraction légère du broyeur contient 10 grammes de PCB (voir la figure 1). Un cas encore plus problématique est celui des PCB résiduels dans les fractions de plastiques envoyés au recyclage: même en n'ayant que de faibles

<sup>1</sup> Souvent appelé de manière incorrecte «concentration» qui se rapporte à une masse par unité de volume (p. ex. en kg/m<sup>3</sup>). Une fraction massique peut être exprimée en ppm. 1 ppm = 1 partie par million = 1 mg/kg = 0,0001%

fractions massiques de PCB, les charges totales peuvent être élevées en raison de la masse totale des plastiques envoyés au recyclage. De plus, le sort des PCB dans les opérations de recyclage de plastique n'est pas bien documenté. Un risque existe ainsi que ces substances dangereuses soient «gardées dans la boucle» et recyclées avec les polymères.

Dans ce contexte, un groupe de travail de la Commission technique Swico/SENS a été créé fin 2018 afin de revoir l'ensemble des indicateurs utilisés pour la surveillance de l'élimination des substances dangereuses lors du traitement des DEEE.

Le travail initial basé sur les résultats des analyses chimiques et des tests par lot, mené entre 2015 et 2017, a fourni des informations intéressantes concernant les charges de substances dangereuses circulant à travers le système de traitement des DEEE en Suisse. Les résultats indiquent que, en ce qui concerne les PCB, même si les fractions massiques sont en moyenne dix fois plus élevées dans les fractions de SLF/poussière que dans les fractions de plastiques, les charges absolues peuvent être du même ordre de grandeur. Par conséquent, une quantité inquiétante de PCB peut être présente dans les fractions de plastiques transférées aux recycleurs de plastiques, avec un sort incertain. En ce qui concerne le cadmium, les résultats indiquent

également que des quantités importantes sont présentes dans les fractions de plastiques. Cette charge de cadmium peut être expliquée en partie par le fait que le cadmium était auparavant utilisé comme additif au plastique. Par contre, le PCB présent dans les fractions de plastiques résulte le plus probablement d'une contamination croisée. Ces constatations doivent être considérées comme indicatives uniquement, car les données recueillies jusqu'à maintenant ne sont pas exhaustives.

Dans le futur, le groupe de travail développera un nouvel ensemble d'indicateurs plus pertinent qui prendra en compte non seulement les fractions massiques, mais aussi les charges et le sort en aval. Il devrait également permettre d'avoir des comparaisons plus significatives entre les recycleurs, ainsi que dans la durée pour un même recycleur. En outre, la gamme des substances prises en compte pourrait être étendue pour inclure des substances dangereuses supplémentaires. Les coûts liés aux analyses chimiques seront également pris en compte, car l'objectif n'est pas d'ajouter une charge financière supplémentaire aux partenaires de recyclage. Il est possible que des analyses soient requises par campagne d'échantillonnage à l'avenir (plus de fractions, plus de substances analysées), mais que la fréquence de ces campagnes d'échantillonnage diminue.



Roman Eppenberger  
Technologie & qualité,  
Fondation SENS

«Actuellement, la fraction massique maximale admissible de cuivre dans les résidus de broyage est définie à 1%, avec une tolérance de 4%. Cependant, la réflexion sur les charges pourrait également être appliquée au cuivre dans les résidus. En effet, en calculant la charge de cuivre, nous obtenons une meilleure estimation de la quantité réelle de métal «perdu» - et par conséquent de l'efficacité du processus de récupération du métal -, qu'en prenant en compte le pourcentage de cuivre dans les résidus de broyage. Les seuils actuellement utilisés pourraient par conséquent être remis en cause.»



# Limitation des émissions de mercure lors du démontage manuel des écrans plats

Heinz Böni

**Les anciens écrans plats LCD comprennent des tubes fluorescents contenant du mercure et servant à l'éclairage de la surface qui transmet les images. Ces tubes doivent être retirés des appareils et éliminés de manière spéciale. Comme ils sont très fins, des collaborateurs bien formés doivent se charger de l'extraction. La série de normes SN EN 50625 définit que 95% des tubes doivent rester intacts lors du démontage manuel. En 2018, la Commission technique de Swico a réalisé un test d'extraction en collaboration avec cinq entreprises de recyclage pour vérifier si cette exigence pouvait être respectée.**

La technologie des écrans plats a connu une évolution extrêmement rapide au cours des dix dernières années. Après la propagation des écrans plats avec rétroéclairage LED, les écrans OLED fins sans rétroéclairage ont été de plus en plus proposés dans les secteurs des ordinateurs portables et des téléviseurs. Toutefois, les anciens écrans plats disposent encore de rétroéclairages contenant du mercure qui posent des défis particuliers en ce qui concerne leur élimination. Leur démontage doit être effectué manuellement, avec beaucoup de précaution, pour éviter une casse et donc une fuite de mercure. Une fois le retrait effectué, ils doivent être éliminés dans des installations spéciales. Pour réaliser l'extraction d'une manière respectueuse de la santé et de l'environnement, la série de normes SN EN 50625

exige dans ses spécifications techniques que 95% des tubes restent intacts. Pour contrôler la satisfaction à cette exigence normative, la Commission technique de Swico a demandé en 2018 à toutes les entreprises de recyclage d'effectuer un test d'extraction avec au moins 3 tonnes ou 150 appareils.

Au total, près de 10 tonnes ou 1400 appareils ont été démontés dans 5 entreprises: 40% étaient des ordinateurs portables, 30% des moniteurs et 40% des téléviseurs à écran plat. Parmi ces appareils, 28% en moyenne disposaient d'un rétroéclairage LED qui était exclu de l'étude, environ 15 à 30% des ordinateurs portables, 15 à 40% des téléviseurs et 10 à 30% des moniteurs. La part d'appareils LED a ainsi sensiblement augmenté

Études citées:

- ➔ [«Disposal of Flat Panel Display Monitors in Switzerland - Final Report», Swico Recycling, 3.2011](#)
- ➔ [«Anforderungen an die Behandlung spezifischer Elektroaltgeräte unter Ressourcen- und Schadstoffaspekten», Umweltbundesamt, DE, ISSN 1862-4359, 2016](#)
- ➔ [S. 391-398, Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft, Fachmagazin Deutschland, Nr. 10 10/2018](#)

Exploitation	Appareils FPD démontés (nombre)								Rétroéclairages CCFL			Qualité de l'extraction (% CCFL intacts)
	Laptop- FPD		PC- FPD		TV- FPD		TOTAL		Total prélevé	Casse avant démontage	Casse avant démontage	
	CCFL	LED	CCFL	LED	CCFL	LED	CCFL	LED	(g)	(g)	(g)	
Exploitation 1	0	0	75	8	83	16	158	24	8'999	557	18	99.79 %
				10%		16%		13%		6.18%	0.21 %	
Exploitation 2	337	161	127	52	83	48	547	261	8'650	1'261	292	96.05 %
		32%		29%		37%		32%		14.58%	3.95%	
Exploitation 3	0	0	0	0	176	83	176	83	19'001	2'549	850	94.83 %
						32%		32%		13.42%	5.17%	
Exploitation 4	2	0	108	0	22	11	0	0	2'328	144	70	96.82 %
		0%				33%				6.16%	3.18%	
Exploitation 5	50	0	54	7	30	20	134	27	5'710	156	156	97.19 %
		0%		11%		40%		17%		2.73%	2.81%	
<b>TOTAL</b>	389	161	364	67	394	178	1015	395	44'688	4'666	1'385	96.54 %
		29%		16%		31%		28%		10.44%	3.46%	
		env. 30%		10-30%		15-40%		15-30%				
		550		431		572		1410				
		39%		31%		41%						

**FPD** Flat Panel Displays (écrans plats)  
**CCFL** Cold Cathode Fluorescent Lamp (rétroéclairage contenant du mercure)

Tableau: Comparaison de la qualité de la dépollution de rétroéclairages provenant d'écrans plats dans différentes entreprises (2018)

par rapport à 2016 (voir rapport technique 2017: téléviseurs 11 à 26 %, moniteurs 0 à 12 %) (voir tableau). Les tests d'extraction ont révélé qu'en moyenne 3 à 15% des rétroéclairages contenant du mercure étaient déjà cassés lors du démontage, malgré un transport sur des palettes et dans des cadres. Ces résultats concordent avec les conclusions en provenance d'Allemagne (Office fédéral de l'environnement 2017) qui avançaient que près de 20% des tubes retirés dans les téléviseurs et 13% dans les moniteurs étaient déjà endommagés.

Lors du démantèlement manuel effectué dans le cadre de l'essai, des collaborateurs bien formés ont cassé 0 à 5,17% des rétroéclairages encore intacts. Les entreprises participantes ont ainsi pu respecter toutes les exigences normatives. Toutefois, il ne faut pas perdre de vue le fait que les conditions d'essai ne sont pas obligatoirement à l'image du quotidien. Dans l'activité quotidienne, cette exigence stricte est généralement très difficile à respecter.

Le mercure est le seul métal fluide à température ambiante. Il s'évapore déjà à température ambiante, et c'est pourquoi l'exposition du lieu de travail présente



Démontage manuel d'un moniteur informatique



Rétroéclairage contenant du mercure



## 9 Extraction des FPD

un intérêt particulier lors du démontage manuel de rétroéclairages contenant du mercure. Pour évaluer les éventuels risques d'exposition, certaines entreprises ont réalisé des mesures en milieu professionnel en collaboration avec SUVA ou en mandatant des sociétés spécialisées. Un bon exemple est la société Altola AG qui a fait réaliser les mesures par Carbotech AG. En 2017 et 2018, des mesures fixes et des mesures effectuées sur des personnes ont été réalisées. Lors du démontage d'écrans LCD, la valeur CMA (CMA = concentration maximale admissible sur le lieu de travail) pour le mercure métallique de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  était de plus de 30 fois inférieure à la norme, avec une concentration de  $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , tandis que la mesure fixe de la valeur était 20 fois inférieure, avec  $2,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . En guise de recommandation générale du point de vue de la sécurité au travail et de la protection de la santé, les auteurs préconisent, au-delà de la thématique du mercure, le nettoyage humide des surfaces de travail ainsi que le nettoyage des sols des halls avec des aspirateurs industriels à poussières avec filtre à particules (classe de filtration H). Pour éviter des tourbillonnements de poussière, il faut renoncer de manière générale à un essuyage à sec.

Les mesures prises en Allemagne ont donné des valeurs légèrement supérieures. Sur un lieu de travail avec aspiration de l'établi, une concentration moyenne de  $1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (le maximum étant de  $6,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a été trouvée à hauteur de tête d'un collaborateur. Dans un lieu de travail non protégé,

la valeur s'élevait, selon le nombre de tubes déjà cassés, entre  $6,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et  $17,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , et à  $20,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour une destruction totale de tous les tubes (Office fédéral de l'environnement 2017). Une étude récemment publiée a donné des valeurs de l'ordre des résultats de Carbotech AG (Wegscheider 2018), pour des lieux de démontage avec et sans aspiration du poste de travail.

Comme il a déjà été constaté précédemment, les plus grandes sources d'émission sont les bacs de récupération contenant les tubes cassés (Swico 2011 et Wegscheider 2018). Dans le bac, des valeurs supérieures à  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ont été mesurées, juste au dessus du bac elles s'élevaient à  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , bien que Wegscheider ait enregistré des pointes de concentration de plus de  $800 \mu\text{g}/\text{m}^3$  au-dessus du bac. Un bac avec une très petite ouverture ronde avait toujours pour résultat  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  à 30 cm au-dessus du bac; dans la zone de respiration, la valeur se situait en dessous de la limite de mesure de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Même dans des conteneurs ouverts contenant des produits intacts, des concentrations en mercure ont été mesurées à des valeurs comprises entre 10 et  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ce qui indique que les ampoules ont été cassées pendant le stockage. Dans la zone de respiration, la concentration était inférieure à  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . C'est pourquoi les entreprises doivent faire preuve d'une attention particulière lors de la manipulation de tubes intacts ou défectueux.



**Thaddäus Steinmann**  
Responsable déchets solides broyés  
et membre de la direction,  
➤ [www.altola.ch](http://www.altola.ch)

Quelles sont les conclusions les plus importantes/surprenantes découlant des mesures du mercure?

«Les campagnes de mesure ont confirmé nos attentes. Le démontage de rétroéclairages contenant du mercure révèle l'importance de mesures de protection techniques, organisationnelles et personnelles correctement harmonisées. Pour obtenir de bons résultats sur le long terme, les travaux doivent être suivis de près.»

# Plastiques des DEEE – état des lieux

Arthur Haarman et Michael Gasser

**L'industrie du recyclage des plastiques des DEEE a fait face à de nombreux défis dans le passé, et l'année 2018 n'y a pas échappé. Le recyclage des plastiques des DEEE rencontre actuellement des défis d'ordre technique, réglementaire et économique, bien qu'il fasse l'objet d'une large promotion pour ses avantages environnementaux et ses objectifs d'économie circulaire.**

## **Le recyclage des plastiques des DEEE en un mot**

Les plastiques des DEEE représentent en moyenne environ un quart des DEEE en poids et se composent d'un mélange complexe de polymères contenant une grande diversité d'additifs: retardateurs de flamme, mastics, pigments et stabilisateurs (figure 1). HIPS, ABS, PC-ABS et PP sont les polymères les plus souvent présents dans les DEEE. Ils peuvent être séparés mécaniquement les uns des autres avec un haut degré de pureté grâce à une combinaison de technologies dont la séparation par densité, le tri par transmission infrarouge et rayons X et la séparation tribo-électrostatique. Les granulés de HIPS, ABS, PC-ABS et PP recyclés produites dans les usines de recyclage de pointe peuvent conserver des propriétés techniques suffisamment bonnes pour remplacer des matériaux vierges dans des produits neufs. Les autres polymères présents dans les DEEE ne sont généralement pas récupérés, sauf s'ils sont particulièrement précieux et s'ils peuvent être facilement retirés lors du démontage manuel (p. ex. le PMMA des écrans plats).

Cependant, la complexité des mélanges plastiques résultant du prétraitement des DEEE et les limitations des technologies actuelles de tri du plastique entraînent des pertes de matière relativement élevées. Le contenu d'additif peut avoir un effet néfaste sur la sélectivité du tri par densité, les technologies par infrarouge sont souvent incapables de trier des plastiques de couleur sombre, et la séparation tribo-électrique est très sensible à l'humidité. Ainsi, moins de la moitié de l'apport aux recycleurs des plastiques des DEEE est effectivement recyclé. Ce qui n'est pas recyclé doit être envoyé pour en récupérer l'énergie (dans

des incinérateurs de déchets avec récupération de l'énergie ou comme substitut de carburant dans des fours de cimenterie). La séparation manuelle des plastiques des DEEE avant un traitement mécanique a souvent des rendements plus élevés, mais elle est généralement trop onéreuse à cause des hauts coûts de main-d'œuvre.

## **Retardateurs de flamme bromés – niveaux actuels et limites futures**

Une famille importante d'additifs aux plastiques des DEEE est formée par les retardateurs de flamme bromés (BFR, Brominated Flame Retardants), souvent utilisés dans les plastiques des appareils pour réduire leur inflammabilité, surtout dans les boîtiers, les mousses isolantes, les cartes de circuit imprimé, les câbles et les connecteurs. La preuve de la persistance, du potentiel de bioaccumulation et de la toxicité de certains composés BFR a conduit à leur classification comme polluants organiques persistants (POP, Persistent Organic Pollutants) selon la Convention internationale de Stockholm. Les POP-BFR sont les PBDE (pentaBDE, octaBDE et décaBDE), le HBCDD et le hexaBB. Leur fabrication et leur utilisation sont interdites avec des exemptions dans certaines applications.

Les déchets contenant des POP au-dessus d'une certaine valeur limite («faible taux de POP») doivent être traités pour détruire ces substances. Les plastiques des DEEE contenant des POP-BFR au-dessus du «faible taux de POP» ne peuvent donc pas être recyclés, sauf s'ils passent par un processus de séparation produisant une fraction riche en BFR qui doit être éliminée et une fraction pauvre en BFR sous le «faible taux de POP» qui peut être recyclée (figure 2). Les POP étant



## 10 Plastiques

difficiles à mesurer, le brome est utilisé comme traceur opérationnel dans les opérations de recyclage. Les plastiques des DEEE peuvent être recyclés uniquement si leur taux total de brome est inférieur à 2000 ppm comme défini par la série de normes SN EN 50625.

Les BFR ne sont pas présents à des niveaux uniformes selon les catégories de DEEE (figure 3). Les concentrations les plus élevées se trouvent dans les plastiques des tubes cathodiques (CRT, Cathode Ray tubes) et, dans une moindre mesure, des écrans plats (FPD, Flat Panel Displays). Les niveaux sont plus faibles dans le petit électroménager (SHA, Small Household Appliances) et le gros électroménager (LHA, Large Household Appliances), et minimaux dans les appareils de réfrigération et de congélation (CFA, Cooling and Freezing Appliances). Le règlement POP de l'UE, qui met en œuvre la Convention de Stockholm au niveau de l'UE, est en cours de refonte. Des discussions animées ont eu lieu depuis qu'une première liste de propositions d'amendements a été publiée par le Parlement européen en mai 2018. La controverse porte notamment sur les valeurs limites pour les substances, les mélanges et les articles contenant du décaBDE. Le décaBDE est le dernier ajout à la liste des POP-BFR et est toujours largement présent dans les flux de plastiques de DEEE, et ce, malgré les restrictions mises en place depuis plus de dix ans.

Tant que le processus législatif est toujours en cours, une valeur limite de 500 ppm pour la somme des PBDE semble être acceptée à la fois par le Parlement et par le Conseil européens. La valeur limite couvre les décaBDE, pentaBDE et octaBDE et est valide à la fois pour les déchets (annexe IV) et les produits (annexe I). Si elle est confirmée, les mélanges de plastiques de DEEE contenant plus de 500 ppm de PBDE devront être considérés comme «déchets POP» et la séparation en aval du contenu de POP devra être documentée. De plus, le produit (granulés recyclés) devra contenir moins de 500 ppm de PBDE. Les valeurs limites nouvellement proposées sont donc bien inférieures à celles actuellement applicables<sup>1</sup>. Le seuil opérationnel de 2000 ppm pour le recyclage des plastiques des DEEE défini dans les séries de normes SN EN 50625 peut avoir besoin d'être revu et éventuellement réduit, ce qui pourrait nécessiter des investissements supplémentaires pour les opérateurs d'usine. De plus, une charge administrative plus élevée pour le transport et le traitement des plastiques de DEEE pourrait entraîner des coûts plus élevés, et les taux de recyclage pourraient baisser à cause des quantités plus importantes à éliminer.

### Marché des déchets plastiques en profonde restructuration

La décision soudaine de la Chine de fermer ses portes à l'importation de déchets en 2018 a eu l'effet d'un choc sismique et a transformé les

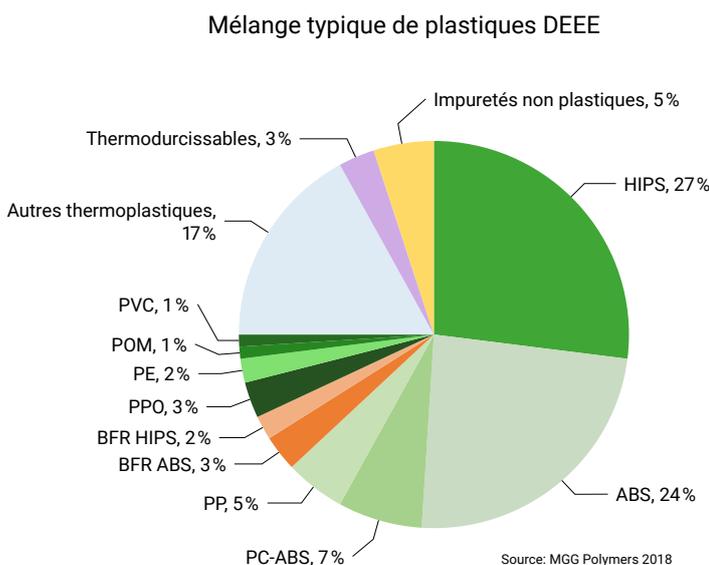


Figure 1: Slijkhuis, C., 2018. Recyclage de plastiques provenant de WEEE et nécessitant une approche intelligente et pratique sur les POP, dans: Going Green Care Innovation 2018.

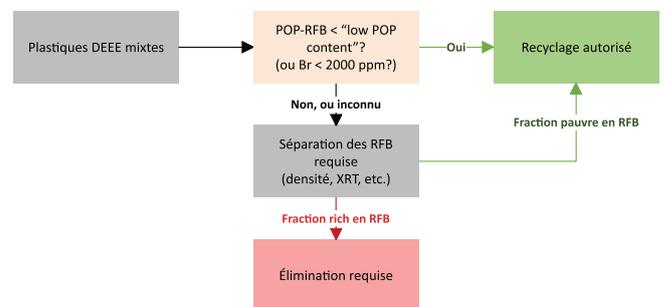


Figure 2: Traitement des WEEE plastiques selon SN EN 50625

<sup>1</sup> Dans les déchets (règlement POP): 1000 ppm pour la somme des pentaBDE et octaBDE. Dans les produits (directive RoHS): 1000 ppm pour la somme des pentaBDE, octaBDE et décaBDE.

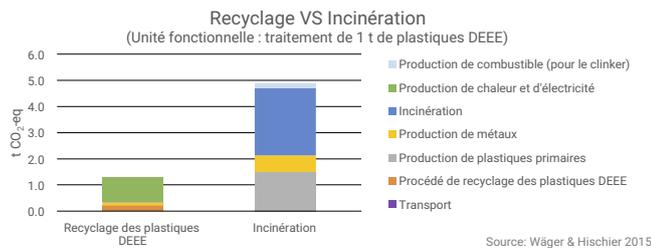


Figure 3: Taux de retardateurs de flamme bromés dans différents flux de DEEE (source: Wäger & Hirschier 2015)

modèles commerciaux mondiaux des déchets plastiques (WasteDive, 2018). L'Europe, les États-Unis et diverses nations en développement ont eu longtemps recours à la Chine pour absorber leurs déchets plastiques. Suite à l'interdiction d'importation, les exportations vers d'autres pays asiatiques comme la Malaisie, le Vietnam et la Thaïlande se sont accrues. Ces pays ont rapidement introduit des mesures pour limiter les importations de déchets plastiques ; les marchés des déchets plastiques en Europe ont été submergés et les prix des déchets restent bas à ce jour. Les granulés de plastique recyclé sont cependant fortement demandés et les prix sont restés stables au cours de l'année passée, malgré une chute des prix des polymères vierges. La situation actuelle, caractérisée par une grande disponibilité et un faible prix des déchets associés à des prix stables des matériaux recyclés, est actuellement bénéfique pour l'industrie européenne du recyclage du plastique. Des investissements sont en cours et la capacité de traitement semble augmenter (Bundesverband Sekundärrohstoffe, 2018).

Même si les récents développements du marché peuvent être une bonne nouvelle pour l'industrie européenne du recyclage du plastique, la baisse du prix des déchets plastiques est un fardeau pour les recycleurs de DEEE. Souvent, le coût du transport vers une usine de recyclage du plastique peut être plus élevé que le prix de vente obtenu. Indépendamment, le recyclage reste économiquement avantageux car il est moins coûteux que l'incinération.

#### Références

- Bundesverband Sekundärrohstoffe, 2018. bvse market report on plastics, December 2018.
- EERA, 2018. Responsible recycling of WEEE plastics containing Brominated Flame Retardants.
- Haarman, A., Gasser, M., Böni, H., Rösslein, M., Wäger, P., 2018. Brominated Flame Retardants in Large Household Appliances. St. Gallen.
- Hennebert, P., Filella, M., 2018. WEEE plastic sorting for bromine essential to enforce EU regulation. Waste Manag. 71, 390-399.
- Slijkhuis, C., 2018. Recycling plastics from WEEE requiring a sensible and practical approach on POPs, in: Going Green Care Innovation 2018.
- Wäger, P. a., Hirschier, R., 2015. Life cycle assessment of post-consumer plastics production from waste electrical and electronic equipment (WEEE) treatment residues in a Central European plastics recycling plant. Sci. Total Environ. 529, 158-167.
- [WasteDive, 2018. 5 charts that show the trade flow effects of China's import policies.](#)

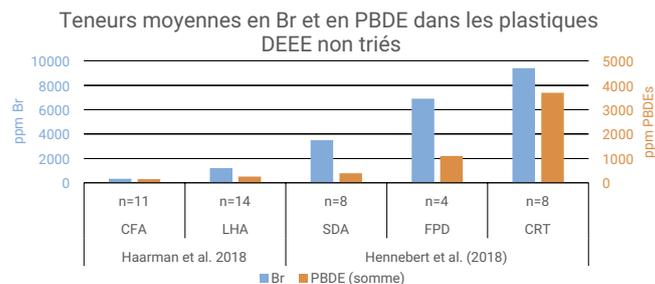


Figure 4: Résultats d'une étude LCA menée par Empa en 2015

### Conséquences de la réduction du recyclage des plastiques de DEEE

Des restrictions réglementaires plus strictes et des conditions instables du marché mettent en danger la viabilité du recyclage des plastiques des DEEE en Europe. Des conditions défavorables peuvent entraîner une baisse du recyclage des plastiques de DEEE, provoquant une augmentation de l'incinération, et peuvent augmenter les exportations vers les pays où la surveillance réglementaire du traitement des déchets est très faible. Cela pourrait impacter directement les taux de recyclage globaux, les coûts de traitement et les impacts environnementaux. D'un point de vue environnemental, le recyclage des plastiques de DEEE est clairement préférable à leur incinération dans une usine MSWI (avec récupération de l'énergie, valeur R1 de 64 % supposée) (Wäger et Hirschier, 2015). Concernant le potentiel de réchauffement de la planète («empreinte carbone»), les impacts de l'incinération sont presque quatre fois plus élevés que ceux du recyclage (figure 3). La principale différence est le processus d'incinération en lui-même, qui génère des émissions de CO<sub>2</sub>, tandis que l'impact du transport du plastique vers une usine de recyclage est négligeable même pour de longues distances (1000 km). Une réduction des taux de recyclage peut ainsi compromettre l'engagement de l'Europe pour réduire son empreinte carbone. En l'absence d'une étude complète prenant aussi en compte les risques pour la santé, les aspects économiques et les aspects sociaux, il reste à préciser si une telle stratégie est un compromis viable.



PAR

TV

EN COMPARAISON INTERNATIONALE  
A DÉJÀ UN PAS D'AVANCE.

LE CHA

1 AVIUS

LE, LA SUISSE



# Utilise-t-on bien le potentiel de recyclage des déchets électroniques aujourd'hui ?

Roger Gnos et Rolf Widmer

L'analyse du panier type 2.0 menée par Swico Recycling sert à déterminer de manière différenciée le retour des appareils électriques usagés (appareils E+E usagés), ce qui permet d'actualiser entre autres les taxes anticipées de recyclage (TAR) collectées sur les appareils. La rémunération des quantités traitées est indexée dans le système de recyclage Swico, c'est-à-dire associée à un mix d'appareils qui est également déterminé avec l'analyse du panier type. Actuellement, une analyse combinée du panier type et une analyse de la composition des matériaux des entrants sont réalisées en complément dans un essai étendu par lots, pour étudier le potentiel de recyclage et de valorisation du Mix Swico de flux de traitement.



Figure 1: Poste à radio-cassettes démantelé en finesse

### Sources de données importantes: analyse du panier type et essais par lots

Un instrument central permettant de déterminer le retour différencié des appareils électriques et électroniques (appareils E+E usagés) est l'analyse du panier type 2.0 mobile et fixe développée par Swico Recycling. Les données ainsi obtenues servent notamment de base au calcul ou à l'actualisation de la taxe anticipée de recyclage (TAR) qui est collectée sur les appareils neufs. Pour la détermination des données, les appareils E+E usagés sont divisés en environ 35 catégories différentes, pondérés et décrits – par exemple si un appareil a été privé de matières valorisables ou s'il contient encore des batteries au lithium.

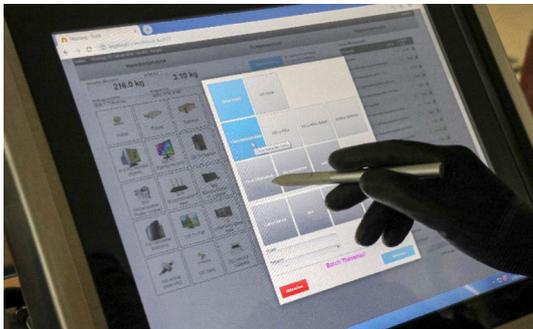


Figure 2: Écran tactile WKA 2.0

La rémunération de la prestation de recyclage est indexée dans le système de recyclage Swico, à savoir qu'elle est notamment associée au mix d'appareils individuel qui est également déterminé à partir des données de l'analyse du panier type. Actuellement, le potentiel de recyclage et de valorisation du flux de traitement du Mix Swico est examiné dans un coûteux essai par lots, au moyen d'une analyse des entrants en lots, en plus de l'analyse habituelle des fractions de sortants (petits appareils Swico hors appareils à écrans plats).

Le premier essai par lots des flux de traitement du Mix Swico a été réalisé entre 2015 et 2016 auprès de six partenaires de recyclage Swico procédant à des traitements mécaniques différents, avec des compositions des entrants les plus identiques possibles (voir ↗ [Rapport technique 2017](#)). L'objectif de l'essai était d'obtenir une comparaison des prestations entre ces entreprises, en plus de la définition ordinaire des extractions de substances polluantes et des taux de recyclage et de valorisation obtenus à part.

### Détermination du potentiel de recyclage

L'essai par lots actuel du Mix Swico 2018/19 consiste à examiner avec soin la performance du traitement et la qualité d'une entreprise de recyclage. Ce processus (voir figure 3) commence avec une évacuation «aveugle» des récipients (palettes avec trois cadres) à partir d'un mix de petits appareils dans le flux des matériaux entrants de l'entreprise de recyclage. Ces récipients évacués sont transportés en l'état depuis le point de collecte vers l'atelier de démantèlement spécialisé, y sont stockés temporairement et sont analysés par l'équipe chargée de l'analyse du panier type (voir figure 2). En d'autres termes, chaque appareil est pesé, attribué à l'une des 35 catégories d'appareils Swico et spécifié avec d'autres indications. Le logiciel d'analyse du panier type ordonne alors à l'équipe soit de retirer l'appareil en tant que «hors Mix Swico», soit de l'autoriser pour un essai par lots. Un appareil autorisé sur dix est sélectionné par le logiciel pour une analyse détaillée de la composition des matériaux, est doté d'un numéro d'identification (code-barres) et fait ensuite l'objet d'un démantèlement en finesse (voir figure 1).

# 11 Potentiel des matières valorisables et TRV

## Essai batch Swico-mix (flux de matières exprimés en tonnes)

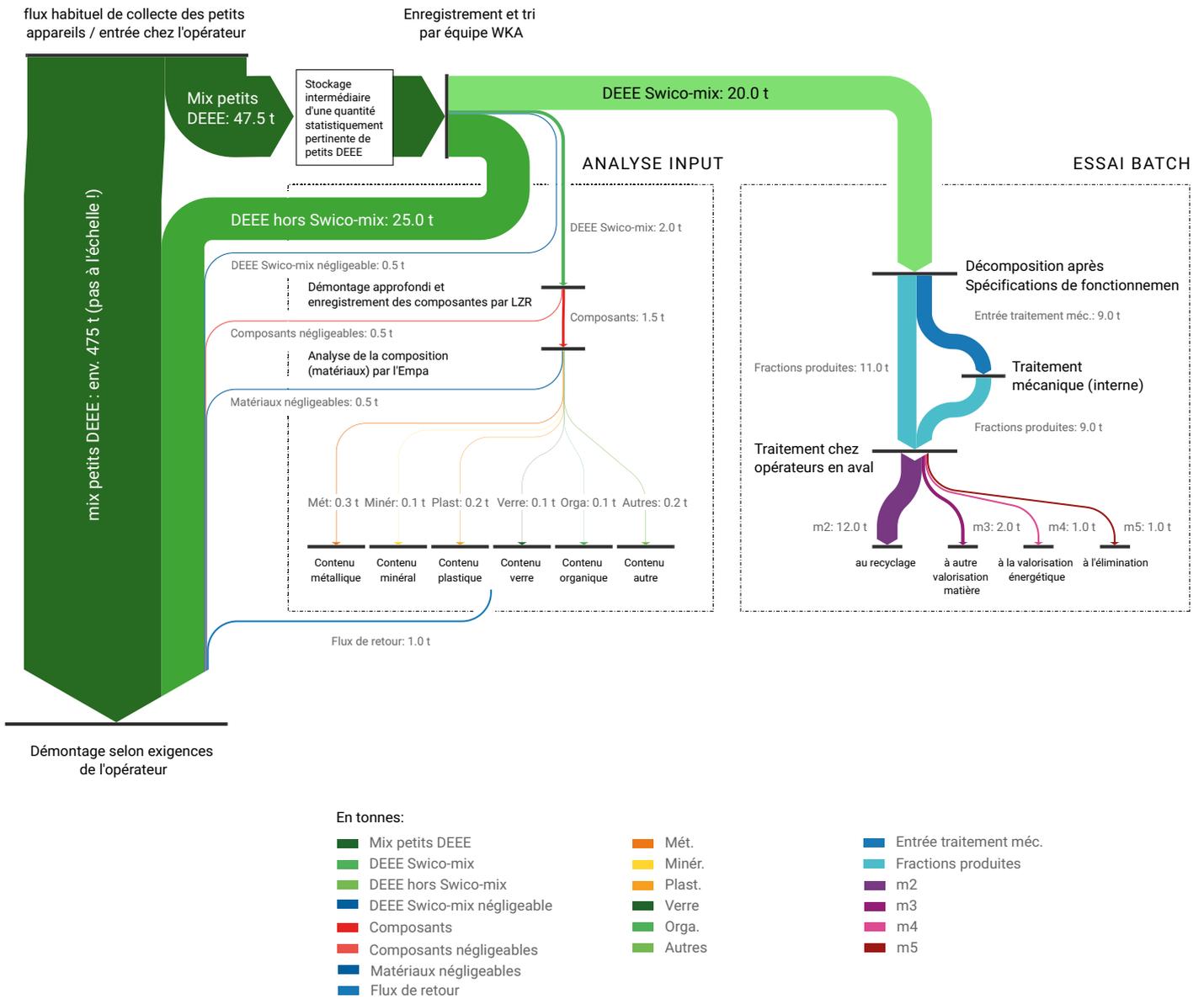


Figure 3: Schéma Sankey des flux de matières de l'essai par lot du Mix Swico. Les valeurs indiquées sont celles des flux évalués pour la gestion des essais.



Figure 4: Appareils triés et enregistrés selon l'analyse du panier type pour l'essai par lots

Après cette procédure, tous les appareils E+E usagés sont répartis en trois groupes: les appareils E+E usagés «hors Mix Swico» qui sont destinés au traitement normal, les appareils E+E usagés «Mix Swico» qui sont destinés à l'essai par lots, ainsi que les appareils E+E usagés destinés à un «démantèlement en finesse» (voir figure 4).

Les appareils E+E usagés sélectionnés pour l'essai par lots d'une masse cible prescrite d'un total de 20 tonnes sont traités mécaniquement dans le processus ordinaire pour être dépollués, et les fractions générées font l'objet d'une utilisation finale dans les traitements établis en aval. Toutefois, l'analyse des fractions de matériaux sortants issus du traitement initial est étendue par rapport à la routine pour examiner par exemple les substances polluantes issues des condensateurs à électrolyte ou la répartition des substances polluantes soumises à justification parmi les différentes fractions. Les masses

des matériaux faisant l'objet d'une valorisation énergétique ou de leur nature sont converties avec le logiciel «RepTool» en taux de recyclage et de valorisation obtenus. Les appareils E+E usagés destinés à un démantèlement en finesse (11,1% = 1:9 de la masse du lot) sont démantelés si possible à la main en pièces détachées. Des composants, comme par exemple des circuits imprimés, continuent d'être ajoutés avec les méthodes de décontamination habituelles de laboratoire pour définir ensuite leur teneur en divers matériaux, notamment certains métaux et les polymères. Ces teneurs sont extrapolées aux entrants totaux, avec une prise en compte des incertitudes. Ainsi, le rendement des matériaux étudiés peut finalement être défini sur toute la chaîne de traitement. Cette définition va au-delà des exigences de la série de normes SN EN 50625 qui définit les rendements à prouver dans les fonderies uniquement pour l'or, l'argent, le palladium et le cuivre à un minimum de 90%.

## 11 Potentiel des matières valorisables et TRV

### Premiers résultats

Le tableau suivant présente les données entrantes dans l'essai par lots. Les résultats définitifs de cet essai sont attendus aux environs de la fin du premier semestre 2019.

Affectation	Nombre	Masse/kg	Description
«Hors Mix Swico»	1 659	12 974,32	Matériel éliminé qui n'appartient pas au «Mix Swico»
«Mix Swico»	8 261	22 473,02	Matériel «Mix Swico» qui est traité dans l'essai par lots
«Analyse des matériaux entrants»	1 096	4 397,85	Matériel «Mix Swico» qui fait l'objet d'un démantèlement en finesse
«Autres»	110	282,03	Il s'agit de 110 appareils E+E usagés issus des tests d'exploitation de l'analyse du panier-type qui sont négligés
<b>Total</b>	<b>11 126</b>	<b>40 127,22</b>	<b>Quantité totale de tous les appareils E+E usagés examinés</b>

Tableau 1: Les résultats du tri de l'analyse du panier type indiquent que

- La masse de lot ciblée de 20 000 kg qui doit être traitée dans l'essai a été surpassée d'env. 2 500 kg (env. +10%).
- La quantité d'appareils E+E usagés qui a été prélevée pour un démantèlement en finesse (11,1%) a été surpassée de +13% en nombre d'unités et de +21% en volume.



«Notre plus grand intérêt est d'obtenir des connaissances approfondies du potentiel de recyclage de nos entrants et, par la même occasion, de la sélectivité de notre processus de traitement concernant les matières recyclables et polluantes. Les avancées dans cette thématique correspondent à notre ADN!»

Markus Stengele  
SOREC AG, Gossau  
➤ [www.sorec.ch](http://www.sorec.ch)

# Taux de recyclage des gros appareils électroménagers

Geri Hug et Anahide Bondolfi

**La valeur cible du taux de recyclage (TR) pour les gros appareils électroménagers en Suisse s'élève à 75 %. Or, il s'est avéré que certains recycleurs ont eu des problèmes pour atteindre cette valeur ces dernières années. Cela est entre autre lié au fait que le TR dépend de la composition des différents appareils et du mix d'appareils. La CT Sens a donc décidé de collecter des données détaillées sur la composition par type d'appareil et recherche de nouvelles méthodes pour pouvoir définir les objectifs de TR de manière appropriée.**

## Situation de départ

La réalisation d'essais par lots sert à déterminer de façon standardisée les taux de recyclage et de valorisation (TRV) par flux de traitement d'une même entreprise de recyclage. La prestation de valorisation des entreprises de recyclage doit être évaluée avec le TRV. Pour l'évaluation, des exigences minimales applicables au TRV et spécifiques à la valorisation énergétique et à celle des matériaux sont définies en s'inspirant de la directive DEEE. Le taux de recyclage (TR) quantifie la part de matériaux issus du traitement d'appareils qui font l'objet d'une valorisation matière, alors que le taux de valorisation (TV) quantifie la somme du TR et de la part de matériaux qui fait l'objet d'une valorisation énergétique.

L'exigence minimale pour les TRV des gros appareils électroménagers s'élève à 75% (TR) et 80% (TV). Depuis 2014, des entreprises de recyclage suisses rencontrent des problèmes pour atteindre l'exigence minimale de 75% concernant le TR. Un TR inférieur peut avoir différentes raisons.

Raisons liées aux entreprises de recyclage:

- Aucune récupération ou faible récupération des plastiques recyclables, ainsi que du verre ou du béton
- Faible efficacité de la récupération du métal avec des pertes de métaux élevées, notamment dans la fraction de broyage fine (en grande partie) non métallique (FNS ou RESH)

Raisons non liées aux entreprises de recyclage:

- Faible poids des appareils récents, avec des parts de plastiques plus élevées et moins de métaux
- Modification du mix d'appareils à traiter, avec moins d'appareils riches en métaux

## Analyse de la composition des entrants et du rendement des matières valorisables

Comme aucune donnée fiable n'était jusqu'à présent disponible sur la composition de ces appareils, SENS a lancé un projet pour déterminer les parts de métaux (fer, cuivre et aluminium), de plastique, de verre et de béton par type de gros appareil électro-ménager. Pour cela, environ dix tonnes d'appareils par catégorie (lave-vaisselle, sèche-linge, lave-linge et cuisinière/four) ont été traitées mécaniquement dans des campagnes distinctes auprès d'une entreprise de recyclage mécanique. En complément, environ 50 tonnes d'appareils par type d'appareils ont été manuellement démontées par un atelier de démantèlement.



## 12 Analyse des matériaux entrants

Un poids moyen par type d'appareils a été calculé (voir figure 1). De plus, les poids des entrants et de toutes les fractions de sortants ont été déterminés par type d'appareil.

Ensuite, la composition de chaque fraction a été estimée, soit par des étapes de séparation complémentaires, soit par des analyses. Avec les données saisies dans WF-RepTool, les TRV obtenus ont été calculés pour chaque type d'appareils. Les premiers résultats sont présentés à la figure 2. La composition des appareils en métal indique la quantité de métal qui aurait pu être théoriquement valorisée s'il n'y avait eu aucune perte dans le processus de traitement. D'autres campagnes similaires seront menées en 2019 pour obtenir des données plus fiables et plus complètes.

### Perspectives

Indépendamment des exigences de la directive DEEE, la performance de la technique de recyclage étudiée peut être évaluée en comparaison avec les valeurs théoriques. Pour l'avenir, la CT SENS envisage notamment de procéder selon les principes suivants:

- Définition des valeurs cibles des TR par rapport aux valeurs théoriques de composition des appareils, en fonction du poids:  
p. ex. 98 ou 100 % de la part théorique de métal avant la fonderie doit être atteint
- Définition des valeurs cibles des TR par rapport à la qualité écologique, p. e. pour les circuits imprimés (métaux précieux et métaux rares)
- Vérification de la plausibilité des TR atteints par une analyse des fractions fines de broyage non métalliques (FNS et RESH) et par une comparaison avec des TR théoriquement atteignables par type d'appareils (voir figure 2), selon le mix d'appareils dans les matériaux entrants

Poids moyen par type d'appareil (kg)

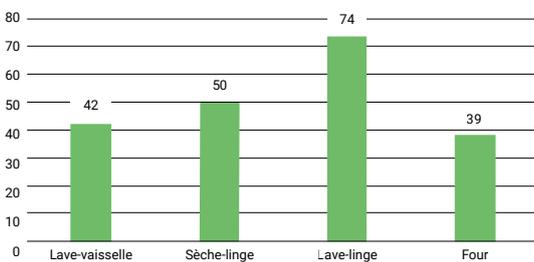


Figure 1

Composition des appareils:  
Part de métal par type d'appareil

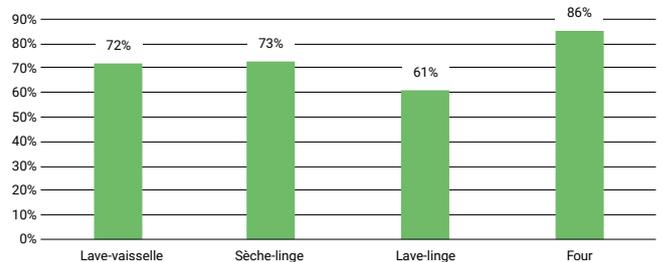


Figure 2

Le taux de recyclage (TR) atteignable est lié à la composition du mix d'appareils pour le lot étudié. Par conséquent, l'applicabilité des exigences minimales des TR selon la directive DEEE est fortement remise en question, notamment aussi en raison du fait que l'exigence a été augmentée de 5 %, passant ainsi à 80 %, à compter du 15.8.2015 dans de la directive DEEE révisée 2012/19/UE a été augmentée de 5 %, passant ainsi à 80 % à compter du 15.8.2015. Au niveau européen, il en résulte des imprécisions supplémentaires qui n'ont pas été examinées plus en détail, par exemple liées à la question de quand la qualité de déchet prend fin et à quels niveaux les TR doivent être définis: avant ou après le processus définitif de recyclage (en règle générale à la fonderie)? En raison de ces diverses questions ouvertes, la CT Swico/SENS a décidé de conserver les valeurs qui étaient utilisées jusqu'ici.

DIRECTION  
DANS LA BONNE  
NOUS AVANÇONS

INNOVANT DURABLEMENT –  
POUR QUE CELA CONTINUE.



# Brisures de sources lumineuses et des châssis conformes à l'ADR

Roman Eppenberger

**Le recyclage correct des sources lumineuses contenant du mercure reste un aspect important de SENS et SLRS. À cela s'ajoutent aujourd'hui les brisures.**

Les quantités de sources lumineuses récupérées restent à un niveau élevées et constantes en 2018. On observe une légère transisiton des sources lumineuses rectlignes vers les non-rectlignes. Même si de plus en plus de LED sont utilisées dans les nouvelles installations, SENS eRecycling et SLRS partent du principe que les quantités de sources lumineuses récupérées pour le recyclage auront le même ordre de grandeur qu'aujourd'hui pour encore de nombreuses années. Il ne faut donc pas s'attendre à un recul marqué de la quantité récupérée. Par conséquent, le recyclage des ampoules contenant du mercure reste un élément important du recyclage sur le plan écologique.

Un sujet qui a fait l'objet de peu d'attention pendant longtemps concerne les sources lumineuses cassées, appelées brisures. Les sources lumineuses contenant du mercure se composent majoritairement de verre et sont par conséquent susceptibles d'être cassées. Que se passe-t-il avec les lampes cassées? Les brisures sont soit collectées et amenées aux recycleurs de sources lumineuses, soit jetés à la poubelle – et donc dans l'usine d'incinération. Jusqu'à présent, il n'existe pas de solution uniforme en Suisse.



Brisures de sources lumineuses

On nous demande régulièrement abordés sur ce qui doit se passer avec les brisures de sources lumineuses. Par conséquent, SENS eRecycling et SLRS ont décidé d'établir une réglementation uniforme pour brisures de sources lumineuses: au sens d'une vision écologique d'ensemble, nous estimons qu'une collecte séparée en cas de brisures est la solution la plus judicieuse et la meilleure. Même s'il s'agit d'une quantité modeste (SENS eRecycling suppose moins de 5 % de la quantité globale), les brisures de sources lumineuses ne doivent pas atterrir dans l'usine d'incinération: elles doivent être recyclées.

Concrètement, cela signifie que tous les points de collecte soient équipés d'un bac de collecte pour brisures de sources lumineuses. Le bac de collecte doit avoir un couvercle et une contenance de 30 litres. Il convient de résoudre un autre problème avant la distribution de ces bacs: en raison de la pression négative dans le bac de collecte, de la poudre ou du mercure gazeux peut tourbillonner lors de l'ouverture du couvercle et le personnel de service peut être exposé à des concentrations élevées de mercure. SENS eRecycling a pris contact avec la SUVA pour élaborer des solutions adéquates. L'approche consiste à ce que le couvercle ne soit pas fermé de façon étanche mais uniquement posé sur le bac, afin qu'il reste une petite ouverture. Lors de l'ouverture, le couvercle n'est pas soulevé mais glissé sur le côté. Avec cette solution, nous espérons prévenir les risques. Dès que les clarifications sont terminées et qu'une solution commune a été trouvée avec la SUVA, l'acquisition des bacs peut commencer et la distribution être lancée sur le marché.

L'utilisation des inserts conformes à l'ADR pour les palettes à montants a commencé début 2018. Roman Eppenberger, responsable des points de collecte depuis le printemps 2018, est régulièrement sur le terrain et assiste les points de collecte avec des informations et des instructions. La mise en œuvre n'est pas encore achevée mais elle est bien avancée. C'est surtout dans les très petits points de collecte qu'il faut beaucoup de temps pour qu'une palette à montants soit remplie et qu'elle puisse être enlevée. Ce n'est qu'avec une palette à montants vide qu'il est possible de commencer avec une palette à montants vide et un sac intérieur conforme à l'ADR. Pour l'installation de ce sac, une vidéo est disponible sur les sites Web de SENS eRecycling et SLRS.

Il convient ici de rappeler que le remettant du matériel est responsable d'effectuer un transport conforme à l'ADR. Toutefois, le transporteur est coresponsable, étant donné qu'il est évident pour lui qu'une palette à montants sans sac intérieur n'est pas emballée de manière conforme à l'ADR.



Palette à montants avec insert



Palette à montants sans insert, interdite

# Auditeur depuis 25 ans chez Swico et SENS: Patrick Wäger se consacre à de nouvelles tâches

Heinz Böni

**Un homme de la toute première heure: son nom apparaissait déjà dans le premier rapport d'activité de Swico Recycling en 1994. Depuis l'introduction de la garantie Swico Recycling le 1<sup>er</sup> avril 1994, Patrick Wäger travaille comme auditeur. Son départ officiel a eu lieu le 31 mars 2019 – soit exactement 25 ans plus tard.**

Avec 3700 tonnes annuelles d'appareils électroniques usagés traités, tout a commencé sur l'exercice sous revue 1994/1995: au lancement du système de recyclage, Swico comptait 46 signataires de la convention et 12 entreprises de recyclage licenciées. Dès le début, l'Empa s'est vu confier le mandat d'auditer les entreprises de recyclage et de démantèlement en tant qu'organisme indépendant. L'équipe d'auditeurs sous la direction de Kurt Mürger se composait de sept personnes, dont Patrick Wäger.

## **De la phase de pionnier vers la norme européenne**

Patrick incarne comme nul autre le développement des activités d'audit pour Swico, puis ultérieurement pour SENS également: de la phase de pionnier dans laquelle un système d'audit – y compris les directives de traitement pour les appareils électroniques usagés – devait être entièrement revu pour le compte de Swico, en passant par l'extension du champ d'application notamment à l'électronique grand public et par la collaboration renforcée avec SENS au niveau de l'activité de contrôle, jusqu'à l'élaboration de la série de normes SN EN 50625 pour une nouvelle norme d'évaluation des activités des

entreprises de recyclage, en tant qu'auditeur, il a assisté de près à tout. Au cours des 25 années de collaboration, il a eu l'occasion de collaborer avec tous les gérants de SENS (Robbie Hediger, Corina Schneider, Patrick Lampert et Heidi Luck) et de Swico (Jakob Hildebrand, Peter Bornand, Paul Brändli et Jean-Marc Hensch), mais aussi avec plus de 20 auditeurs de SENS et Swico qui sont intervenus sur cette période.

## **Nombre record d'audits**

Pendant la période où il était membre et un temps vice-responsable de l'équipe d'audit de l'Empa, Patrick a certainement réalisé 150 audits, dont beaucoup en tant qu'auditeur dirigeant, avec des auditeurs de SENS ou Swico. Ses activités d'audit l'ont conduit dans toute la Suisse – évidemment en train – et lui ont offert des aperçus sur de nombreuses entreprises de recyclage et de démantèlement. Par conséquent, la liste des entreprises de recyclage qu'il a auditées se lit comme un «qui est qui» de la scène suisse du recyclage des produits électriques et électroniques des 25 dernières années, dont celles qui n'existent plus aujourd'hui telles quelles, comme par exemple Compaq, Drisa ou UGE.



**Patrick Wäger**

Responsable du service

Technologie et société, Empa

«Être depuis le début dans ce projet précurseur et coécrire avec les acteurs concernés l'histoire de la réussite des systèmes de reprise suisse pour les appareils électriques et électroniques était un privilège et m'a donné beaucoup de joie et même un peu de fierté. Je me souviendrai toujours de cette époque très passionnante et instructive et des personnes avec qui j'ai eu l'occasion de parcourir ce chemin!»

### **La recherche comme épine dorsale**

En raison de ses très bonnes connaissances du français (Patrick a passé son enfance et son adolescence entre autres en France, en tant que «Suisse à l'étranger»), le point central de son activité d'audit n'a pas tardé à s'implanter en Suisse romande. Des audits de structures chargées du traitement successif des entreprises de recyclage suisses l'ont régulièrement mené en Allemagne, en France, aux Pays-Bas et en Autriche. En plus de son activité d'audit, Patrick, en sa fonction de membre de l'équipe d'auditeurs de l'Empa, a participé de plus en plus à des projets de développement des systèmes de reprise pour les appareils électriques et électroniques de SENS et de Swico Recycling. Pour le compte du WEEE Forum et avec l'assistance de SENS et de Swico Recycling, il a donc mené une étude européenne pour déterminer les retardateurs de flamme bromés dans les plastiques issus du traitement des appareils électriques et électroniques. Cette étude a fait l'objet d'une publication dans le magazine renommé *Environmental Science & Technology*, qui a reçu en 2012 la distinction «Best Policy Analysis Paper 2011».

### **Nomination au poste de chef de service**

Depuis sa nomination au poste de chef de service Technologie et société de l'Empa en mai 2016, Patrick a assumé de nouvelles fonctions et a dû par conséquent fortement restreindre son engagement dans l'équipe d'auditeurs de l'Empa. À sa demande, il a officiellement quitté l'équipe d'audit au 31 mars 2019. Nous le remercions pour son investissement inépuisable depuis 25 ans au service de SENS et Swico Recycling et lui souhaitons nos meilleurs vœux pour l'avenir!

# Sensibiliser le public aux nouvelles technologies

Roman Eppenberger

**Le recyclage du photovoltaïque est un sujet européen. Certes, les quantités récupérées sont encore faibles, mais le potentiel est énorme.**

Les quantités récupérées en photovoltaïque (PV) sont encore très faibles. La quantité installée par an est bien plus élevée. Cela dénote un élément positif: la longue durée de vie des modules PV installés. En 2018, la quantité récupérée est même inférieure au chiffre de 2017 car un rappel d'un fabricant avait alors augmenté la quantité. La quantité récupérée de PV est en augmentation, mais de façon très modérée.

Toutefois, le thème du PV intéresse clairement le public: environnemental d'expositions Umwelt Arena à Spreitenbach a dédié un espace aux énergies renouvelables – et donc aussi au PV – sa propre zone. Les visiteurs y demandent

souvent aux guides de l'Umwelt Arena si les modules PV sont recyclés ou affirment que les modules PV ne seraient pas recyclés. C'est pourquoi l'Umwelt Arena a contacté SENS eRecycling pour créer une exposition sur le thème du recyclage du photovoltaïque et pour informer correctement le public. Deux espaces d'expositions furent créés.

Dans la zone d'exposition Recyclingcity, un circuit de boules a été installé pour expliquer de manière ludique le recyclage des modules PV dans les différentes fractions métal, verre et plastique. Cet objet de l'exposition destiné à tous les publics est très fréquenté, confirme l'Umwelt Arena.



Exposition OG2



Max Chopard-Acklin  
Chef de projet Expositions,  
Umwelt Arena Schweiz

## Déclaration sur les expositions sur le thème du recyclage PV, Fondation SENS

«Les expositions conçues de manière intéressante par la Fondation SENS sur le thème du recyclage du photovoltaïque rencontrent un écho favorable auprès des visiteurs de l’Umwelt Arena. Elles présentent de manière facilement compréhensible les éléments dont les modules PV se composent et montrent que la grande partie des matériaux utilisés peut être recyclée et réintroduite dans le cycle des matières.»

La deuxième exposition se trouve au deuxième étage et porte sur les énergies renouvelables. Lors des visites guidées sur les thèmes des énergies renouvelables et donc évidemment du PV, il y a toujours des questions sur le recyclage. Situé à la sortie dans la cage d’escalier, le thème du recyclage des modules PV peut être bien intégré à la visite. En quelques phrases, le public acquiert une vue d’ensemble des fractions existantes.

Une question revient de plus en plus: où les modules PV sont-ils recyclés? La réponse est simple: comme tous les autres verres plats, les modules PV sont transportés et traités dans des pays de l’UE. SENS eRecycling fait traiter les modules PV en Allemagne. La Suisse ne compte en effet aucun recycleur de verre plat.

### Pourquoi cela ne serait-il pas avantageux?

Les raisons sont avant tout économiques: le verre est un matériau qui n’a qu’une faible valeur. Les parts de métaux dans un module PV sont en baisse constante et le recyclage des plastiques n’est pas rentable d’un point de vue économique. Jusqu’à présent, aucun recycleur ne s’en est occupé. SENS eRecycling est impatient de savoir si l’industrie suisse du recyclage s’emparera de ce sujet.



Exposition EG



# Récupération contrôlée des gaz ayant un effet sur le climat et provenant des réfrigérateurs

Geri Hug et Niklaus Renner

**Le nombre de réfrigérateurs qui arrivent au recyclage a augmenté de 6 % en 2018. Ainsi, environ 370 000 appareils ont été traités dans les trois plus grandes installations suisses. Alors que les parts en appareils VHC (volatiles hydrocarbures) respectueux de l'environnement avaient tendance à toujours augmenter au cours des années précédentes, elles ont pratiquement stagné l'année passée: 65 % des appareils contenant des compresseurs VHC et 70 % ayant une isolation en mousse VHC ont ainsi été recyclés dans le cycle des matières. Les appareils à absorption fonctionnant à l'ammoniac sont en recul depuis plusieurs années, avec une part actuelle de 2,5 %. Les substances nocives pour l'environnement issues du recyclage de réfrigérateurs sont coûteuses à recycler et font l'objet d'une destruction sous contrôle.**

## Importance du traitement des réfrigérateurs

Les taux de récupération de 90 % à atteindre selon les directives techniques de Swico/SENS tout comme selon les normes CENELEC<sup>1</sup>, aussi bien pour les agents réfrigérants que pour les agents propulseurs, sont significatifs à double titre: les VFC (Volatiles Fluorinés Carbone) contenus dans les compresseurs et les mousses d'isolation PU doivent être retirés du recyclage en raison de leur impact sur la couche d'ozone et détruits de manière contrôlée. Parallèlement, ces substances disposent d'un potentiel de contribution à l'effet de serre qui dépassent des milliers voire des dizaines de milliers de fois celle du CO<sub>2</sub>. C'est aussi pour cette raison que la récupération et la combustion à haute température qui s'ensuit des agents réfrigérants et propulseurs ainsi que leur transformation en CO<sub>2</sub>, avec un bien moindre effet sur le climat, dans l'eau et les acides ou les sels, contribuent de manière importante à la protection de l'environnement.

La quantité de gaz à effet de serre non rejeté grâce au recyclage des réfrigérateurs s'élève ainsi, pour 2018, à environ 300 000 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub>. Une telle quantité de dioxyde de carbone correspond à l'émission de véhicules de tourisme modernes sur une distance totale de 2,3 milliards de kilomètres!

## Parts élevées des compresseurs VHC et des mousses d'isolation VHC

Le recul qui peut être observé depuis 2003 de la part de compresseurs fonctionnant aux VFC et l'augmentation qui se produit simultanément de la part des compresseurs VHC qui arrivent au recyclage suit une avancée linéaire depuis longtemps. Depuis 2013, la tendance s'est fortement accélérée: si au cours de l'année de référence 2012, les systèmes de réfrigération de type VFC destinés au recyclage représentaient encore 60 %, ils n'étaient plus que 41 % en 2015 et 33 % en 2017. Cette part est restée inchangée en 2018. De la même manière, la part des compresseurs VHC a augmenté constamment et s'élevait en 2018 à 64,5 %. La part des systèmes à absorption contenant de l'ammoniac a légèrement diminué et est passée de 3 % à 2,5 %.

<sup>1</sup> Norme CENELEC SN EN 50625-2-3 et les spécifications techniques 50625-3-4

La courbe descendante de la tendance des mousses d'isolation contenant des VFC, qui est plus ou moins parallèle à celle des compresseurs, a également essuyé un «aplatissement» l'année passée: la part s'élevait à 31% en 2018. La part des bâtis avec isolation VHC représentait à peine 70%. Dans ce domaine aussi, les chiffres sont pratiquement inchangés par rapport à l'année précédente (voir figure 1).

### Baisse des quantités de récupération

La quantité d'agents réfrigérants recyclée par appareil est passée de 70 g en 2017 à 57 g sur la période de rapport actuelle, et l'huile de compresseur de 168 g à 138 g aujourd'hui, ce qui représente une diminution de 18%. En ce qui concerne les agents propulseurs, les quantités ont diminué sur la même période, passant de 39 à 37g/kg de mousse PU (-5%) (voir figure 2). Ces quantités de récupération en recul ne sont pas cohérentes avec les rapports constants des appareils VFC et VHC. Les fortes parts d'appa-

reils VHC auraient expliqué les baisses des quantités d'agents réfrigérants ou d'agents propulseurs, étant donné que leurs quantités de remplissage ou les concentrations en mousse PU sont nettement inférieures à celles des appareils VFC. Comme une stagnation a toutefois été constatée dans les rapports entre les deux valeurs, la contradiction ne peut pas être expliquée de manière tangible. Des raisons, comme une saisie partiellement erronée de la catégorie d'appareil, ne peuvent pas être avancées du fait que les quantités de récupération se rapportent au nombre total d'appareils traités. Il reste à voir comment les chiffres évolueront au cours de l'année 2019.

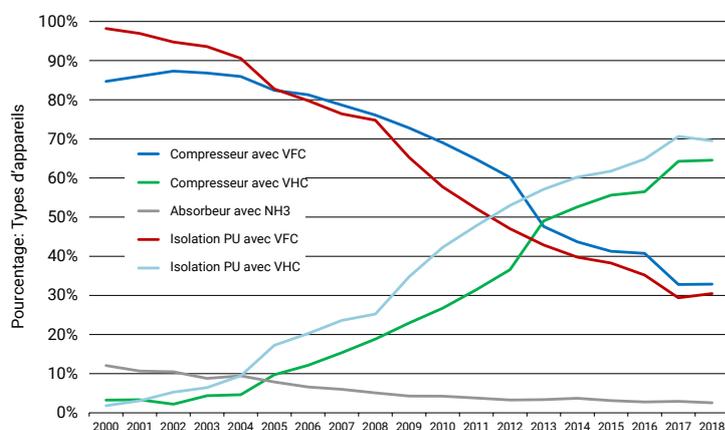


Figure 1: Parts de chaque type de réfrigérateurs dans les niveaux de traitement 1 et 2 (en pourcentage)



Vue sur une installation de traitement de réfrigérateurs

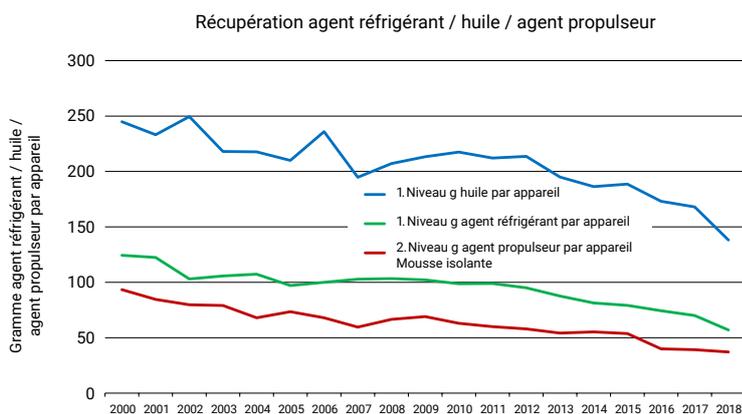


Figure 2: Récupération agent réfrigérant/huile de compresseur/agent propulseur (en gramme par appareil)





**Anahide Bondolfi**  
**CT Sens, Abeco Sàrl**

Anahide Bondolfi est titulaire d'un Bachelor en biologie et d'un Master en sciences de l'environnement de l'Université de Lausanne. Elle débute son activité dans le domaine des déchets électroniques en 2006, lors de son travail de master effectué en

Afrique du sud, en collaboration avec l'EMPA. Elle travaille ensuite durant près de dix ans comme consultante en environnement et cheffe de projet dans deux entreprises suisses de conseil en environnement, leBird à Prilly, puis Sofies à Genève. En janvier 2017, elle fonde Abeco Sàrl. Depuis 2015, elle est membre de la Commission technique Swico/SENS. Elle réalise près de la moitié des audits des ateliers de démontage Swico et SENS. Depuis 2016, Anahide Bondolfi audite également pour SENS certains recycleurs et centres de collecte.



**Heinz Böni**  
**Responsable de l'organisme d'évaluation de la conformité de Swico série de normes EN 50625, Empa**

Après avoir obtenu son diplôme d'ingénieur en génie rural à l'EPF de Zurich et terminé ses études post-grade en aménagement des cours

d'eau et protection des eaux (EAWAG/EPF), Heinz Böni devient collaborateur scientifique de l'EAWAG Dübendorf. Chef de projet à l'institut ORL de l'EPF de Zurich et à l'UNICEF au Népal, Heinz Böni reprend plus tard la direction de la société Büro für Kies und Abfall AG à Saint-Gall. Il est ensuite pendant plusieurs années copropriétaire et directeur de la société Ecopartner GmbH à Saint-Gall. Depuis 2001, il travaille à l'Empa, où il dirige le groupe CARE (Critical Materials and Resource Efficiency). Depuis 2009, il est directeur de la CT de Swico Recycling et, depuis 2007, expert de l'organe de contrôle de Swico.



**Flora Conte**  
**CT Sens, Carbotech AG**

Flora Conte est titulaire d'un master en sciences de l'environnement à l'EPF de Zurich (avec une spécialisation en biogéochimie et en dynamique des polluants). Depuis 2013, elle travaille au département de conseil environnemental de

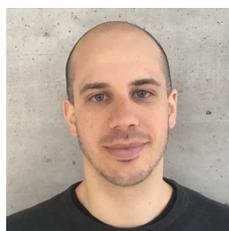
l'entreprise Carbotech AG. Elle mène différents projets sur un plan national et international dans les domaines des énergies renouvelables, du recyclage ou de l'entrepreneuriat. Depuis 2015, elle est membre de la CT SENS/Swico et auditrice pour les ateliers de démontage et les centres de collecte de SENS et de Swico. Flora Conte audite les SENS-recycleurs depuis 2016. Outre son activité de conseillère environnementale, elle est également engagée dans la mise en place et dans la direction de petites entreprises à l'étranger et en Suisse.



**Roman Eppenberger**  
**Responsable Contrôle technique SENS, responsable Technologie et qualité chez SENS**

Roman Eppenberger est titulaire d'un diplôme d'ingénieur électricien à l'EPF de Zurich. Tout en travaillant, il suit une formation post-grade pour obtenir un diplôme d'Executive

MBA à la Haute École spécialisée de la Suisse orientale. Il fait ses premières expériences dans l'industrie en tant qu'ingénieur et chef de projet dans la robotique médicale et pharmaceutique. En tant que chef de produit, il passe au secteur Contactless de la société Legic (Kaba), où il est responsable des achats à l'international des produits semi-conducteurs. Depuis 2012, Roman Eppenberger est membre de la direction de la Fondation SENS et dirige le secteur Technologie et qualité. C'est dans cette fonction qu'il coordonne la CT SENS/Swico en collaboration avec Heinz Böni.



**Michael Gasser**  
**Organisme d'évaluation de la conformité de Swico série de normes EN 50625, Empa**

Michael Gasser est titulaire d'un master en sciences de l'environnement à l'EPF de Zurich. Depuis 2014, il travaille comme collaborateur scientifique au département

Technologie et société de l'Empa, où il assiste et dirige différents projets dans le domaine du recyclage. Son expertise englobe en particulier la mise en place et la surveillance de systèmes de recyclage en Suisse et dans les pays émergents et en développement, ainsi que la valorisation des matières plastiques. Depuis 2017, il est membre de la CT SENS/Swico. Il saisit les flux de matières annuels et audite les recycleurs Swico depuis 2018.



**Roger Gnos**  
**Contrôle technique, responsable des marchandises dangereuses Swico et membre de la CT**

Depuis 1991, Roger Gnos s'est investi dans le recyclage, a été témoin du développement dans le domaine du recyclage des appareils électriques usagés et y a participé

activement. Pendant presque 20 ans, il a été directeur dans une entreprise qui traite les déchets électriques et électroniques. Depuis près de huit ans, il travaille chez Swico Recycling pour le conseil des points de collecte et comme responsable des marchandises dangereuses. La technique le fascine, tout comme les gens qui se cachent derrière le recyclage.



**Arthur Haarman**  
**Organisme d'évaluation**  
**de la conformité de Swico série**  
**de normes EN 50625, Empa**

Arthur Haarman est titulaire d'un Master en écologie industrielle de l'Université de technologie de Delft et de l'Université de Leyde. Depuis 2015, il travaille comme collaborateur

scientifique à l'Empa au département Technologie et société. Son expertise englobe le développement d'instruments quantitatifs tels que l'analyse des flux de matières et le bilan écologique pour l'optimisation des systèmes de gestion des déchets (électroniques), ainsi que la conception et l'évaluation de campagnes de prélèvements d'échantillons de déchets et de campagnes d'essai. Il est membre de la CT SENS/Swico et réalise l'audit des recycleurs Swico depuis 2017.



**Daniel Savi**  
**CT Sens, Büro für Umweltchemie**

Daniel Savi a obtenu son diplôme d'ingénieur en environnement à l'EPF de Zurich. Après ses études, il a travaillé chez SENS en tant que responsable de la division Centres de collecte puis en tant que responsable de l'assurance qualité.

Sept années plus tard, il a intégré le Büro für Umweltchemie (bureau pour la chimie environnementale) en qualité de collaborateur scientifique. Depuis 2015, il est copropriétaire et directeur de la société Büro für Umweltchemie GmbH. Il s'occupe des risques sanitaires et des effets des activités de construction et de la valorisation des déchets sur l'environnement.



**Dr Geri Hug**  
**CT SENS, IPSO ECO AG**

Après des études de chimie qui se sont terminées par une thèse à l'Institut de chimie organique de l'Université de Zurich, Geri Hug est devenu collaborateur scientifique et chef de projet auprès de l'IPSO ECO AG à Rothenburg (anciennement

Roos+Partner AG Lucerne). Il a été partenaire de 1994 à 2011 et également gérant de IPSO ECO AG de 1997 à 2016. Il a travaillé comme conseiller environnemental dans diverses branches, a encadré des audits environnementaux et a rédigé des rapports d'impact sur l'environnement conformément à l'OEIE. Geri Hug a également établi des rapports courts et des évaluations des risques selon l'OPAM ainsi que des bilans écologiques d'entreprises et de produits et il a validé des rapports environnementaux. Geri Hug a été chargé de contrôle pour SENS eRecycling dans le secteur de l'élimination des produits électriques et électroniques et a été auditeur en chef pour des systèmes de gestion de l'environnement conformément à la norme ISO 14001 auprès de SGS. Il a été membre du groupe de travail CENELEC pour le développement de normes relatives au recyclage éco-responsable de réfrigérateurs. Depuis mars 2019, il est à la disposition du CT SENS/Swico pour des activités de projet.



**Rolf Widmer**  
**Organisme d'évaluation de la**  
**conformité de Swico série de**  
**normes EN 50625, Empa**

Rolf Widmer a terminé ses études en obtenant un diplôme d'ingénieur en électronique EPF (MSc ETH EE) ainsi qu'un diplôme de troisième cycle NADEL (MAS) à l'École poly-

technique fédérale de Zurich. Pendant plusieurs années, il a fait des recherches à l'Institut d'électronique quantique sur de nouveaux processus de fabrication pour des composants à semi-conducteurs. Il travaille aujourd'hui dans le laboratoire Technologie et société de l'Empa, l'institut d'études de marché du domaine des EPF. Actuellement, Rolf Widmer dirige quelques projets dans le domaine de la gestion des déchets électroniques et fait dans ce contexte des recherches sur des cycles fermés de matériaux, par exemple pour des métaux rares, des substances problématiques et du verre. Les déchets électroniques englobent de plus en plus des appareils électroniques embarqués pour l'électromobilité, les systèmes énergétiques et les constructions. Il est membre de longue date de la CT Swico.



**Niklaus Renner**  
**CT Sens, IPSO ECO AG**

Niklaus Renner a suivi des études de sciences de l'environnement à l'EPF de Zurich. Depuis 2007, il est collaborateur scientifique et chef de projet chez IPSO ECO AG à Rothenburg (anciennement Roos + Partner AG, Lucerne). Dans le cadre de

différentes études, il s'intéresse à la compatibilité du recyclage des métaux usagés et des appareils usagés avec l'environnement. Pour les fondations SENS et SLRS, il a participé entre autres à une enquête sur la teneur en mercure des fractions du traitement des sources lumineuses. Il se consacre également au suivi du droit environnemental, à la gestion du Legal Compliance Tool LCS ainsi qu'à des activités d'expertise relatives au droit des sols pollués et de la protection des sols.



### Liens internationaux

➤ [www.weee-forum.org](http://www.weee-forum.org)

Le WEEE Forum (Forum for Waste Electrical and Electronic Equipment) est la fédération européenne de 41 systèmes de collecte et de recyclage d'appareils électriques et électroniques.

➤ [www.step-initiative.org](http://www.step-initiative.org)

Solving the E-waste Problem (StEP) est une initiative internationale sous la direction de l'Université des Nations unies (UNU). Elle ne regroupe pas seulement les principaux acteurs des secteurs de la fabrication, de la réutilisation et du recyclage des appareils électriques et électroniques mais également des organisations gouvernementales et internationales. Trois autres organisations des Nations unies sont membres de cette initiative.

➤ [www.basel.int](http://www.basel.int)

La Convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontaliers de déchets dangereux et de leur élimination (Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal), signée le 22 mars 1989, est également connue sous le nom de Convention de Bâle.

➤ [www.weee-europe.com](http://www.weee-europe.com)

WEEE Europe AG est une fusion de 15 systèmes de reprise européens et, depuis janvier 2015, l'interlocuteur privilégié des fabricants et autres acteurs du marché concernant l'ensemble de leurs obligations nationales.

### Liens nationaux

➤ [www.eRecycling.ch](http://www.eRecycling.ch)

➤ [www.swicorecycling.ch](http://www.swicorecycling.ch)

➤ [www.slrs.ch](http://www.slrs.ch)

➤ [www.swissrecycling.ch](http://www.swissrecycling.ch)

En tant qu'organisation faîtière, Swiss Recycling est chargée de promouvoir les intérêts de toutes les organisations de recyclage participant à la collecte sélective en Suisse.

➤ [www.empa.ch](http://www.empa.ch)

Le centre de recherche du domaine des Écoles polytechniques fédérales pour la science des matériaux et la technologie, Empa, est chargé de l'audit des partenaires de recyclage depuis le début des activités de recyclage de Swico en 1994 – en tant qu'organisme d'évaluation de la conformité des partenaires de recyclage Swico. Le groupe «CARE – Matériaux critiques et efficacité des ressources» en est responsable, sous la direction de Heinz Böni.

➤ [www.bafu.admin.ch](http://www.bafu.admin.ch)

L'Office fédéral de l'environnement (OFEV) donne sur son site Internet, à la rubrique «Déchets», une série d'informations et de communiqués permettant d'approfondir le thème du recyclage des appareils électriques et électroniques.

### Cantons avec exécution déléguée

➤ [www.awel.zh.ch](http://www.awel.zh.ch)

Le site Internet de l'Office pour les déchets, les eaux, l'énergie et l'air (ODEEA) donne, à la rubrique «Abfall, Rohstoffe & Altlasten» (déchets, matières premières & terrains pollués), toute une série d'informations concernant directement le recyclage des appareils électriques et électroniques.

➤ [www.ag.ch/bvu](http://www.ag.ch/bvu)

Le site Internet du Département de la construction, du trafic et de l'environnement du canton d'Argovie donne, à la rubrique «Umwelt, Natur & Landschaft» (environnement, nature et paysage), des informations permettant d'approfondir les thèmes du recyclage et de la valorisation des matières premières.

➤ [www.umwelt.tg.ch](http://www.umwelt.tg.ch)

Le site Internet de l'Office de l'environnement du canton de Thurgovie donne, à la rubrique «Abfall» (déchets), des informations régionales sur le recyclage des appareils électriques et électroniques.

➤ [www.afu.sg.ch](http://www.afu.sg.ch)

Le site Internet de l'Office de l'environnement et de l'énergie de Saint-Gall fournit des informations générales et des notices sur différents thèmes et donne, à la rubrique «Umwelt-Infos» (informations concernant l'environnement) et «UmweltFacts» (faits concernant l'environnement), des informations sur des thèmes actuels.

➤ [www.ar.ch/afu](http://www.ar.ch/afu)

Le site Internet de l'Office de l'environnement du canton d'Appenzell Rhodes-Extérieures fournit des informations générales ainsi que des publications sur différents sujets ayant trait à l'environnement.

➤ [www.interkantlab.ch](http://www.interkantlab.ch)

Le site Internet du laboratoire intercantonal du canton de Schaffhouse fournit à la rubrique «Informationen zu bestimmten Abfällen» (informations concernant certains déchets) des renseignements complets sur le recyclage des appareils électriques et électroniques.

➤ [www.umwelt.bl.ch](http://www.umwelt.bl.ch)

Le site Internet de l'Office pour la protection de l'environnement et l'énergie (AUE) du canton de Bâle-Campagne fournit à la rubrique «Abfall/Kontrollpflichtige Abfälle/Elektroschrott» (déchets/déchets soumis à des contrôles/déchets électriques et électroniques) des informations sur le recyclage et la valorisation des matières premières issues des appareils électriques et électroniques.

➤ [www.zg.ch/afu](http://www.zg.ch/afu)

Le site Internet de l'Office pour la protection de l'environnement du canton de Zoug fournit à la rubrique «Abfall-wirtschaft» (gestion des déchets) des informations générales ainsi que des notices sur les déchets. L'Association des communes zougaises pour la gestion des déchets (ZEBÄ) fournit sur son site Internet [www.zebazug.ch](http://www.zebazug.ch) des informations détaillées sur la collecte des fractions de matériaux recyclables.

## Contacts

### Swico

Josefstrasse 218  
8005 Zurich  
Téléphone +41 44 446 90 94  
✉ [info@swicorecycling.ch](mailto:info@swicorecycling.ch)  
↗ [www.swicorecycling.ch](http://www.swicorecycling.ch)

### Fondation SENS

Obstgartenstrasse 28  
8006 Zurich  
Téléphone +41 43 255 20 00  
✉ [info@eRecycling.ch](mailto:info@eRecycling.ch)  
↗ [www.eRecycling.ch](http://www.eRecycling.ch)

### Fondation suisse pour le recyclage des sources lumineuses et luminaires (SLRS)

Altenbergstrasse 29  
Postfach 686  
3000 Bern 8  
Téléphone +41 31 313 88 12  
✉ [info@slrs.ch](mailto:info@slrs.ch)  
↗ [www.slrs.ch](http://www.slrs.ch)

### Organisme d'évaluation de la conformité Série de normes Swico EN SN 50625

Coordination CT SENS  
Roman Eppenberger  
Obstgartenstrasse 28  
8006 Zurich  
Téléphone +41 43 255 20 09  
✉ [roman.eppenberger@sens.ch](mailto:roman.eppenberger@sens.ch)

### Commission technique Swico

c/o Empa  
Heinz Böni  
Service Technologie et société  
Lerchenfeldstrasse 5  
9014 Saint-Gall  
Téléphone +41 58 765 78 58  
✉ [heinz.boeni@empa.ch](mailto:heinz.boeni@empa.ch)

## Mentions légales

### Éditeur

Swico,  
Fondation SENS,  
Fondation Suisse pour le recyclage des sources lumineuses et luminaires (SLRS)

Ce rapport technique est publié en allemand, anglais et français et est téléchargeable sur ↗ [www.swicorecycling.ch](http://www.swicorecycling.ch), ↗ [www.erecycling.ch/fr/](http://www.erecycling.ch/fr/) et ↗ [www.slrs.ch](http://www.slrs.ch) en tant que publication en ligne et au format PDF.

### Concept, graphisme:

Lovey Wymann et Laura Baier, Swico  
↗ [Tabea Guhl](#), ↗ [Thomas Schicker](#)

© 2019 Swico, SENS, SLRS

Parties (même partielles) expressément souhaitées avec indication de la source et copie à Swico, SENS, 2019

Rapport technique  
2019

Swico, SENS et SLRS  
L'actualité sur le recyclage  
d'appareils électriques  
et électroniques

# TOUJOURS FORCÉMENT UNE FIN

NOS FORCES SE SITUENT  
DANS LE CYCLE

→ [Début](#)