



RAPPORT  
TECHNIQUE  
**2020**

**SENS**  
**Swico**  
**SLRS**

# Rapport technique

## 2020

<b>01</b>	Avant-propos	5
<b>02</b>	Projet avec la poste	6-7
<b>03</b>	Portrait – systèmes de recyclage	8-9
<b>04</b>	Commission technique et CENELEC	10-11
<b>05</b>	Quantités – SENS/Swico/SLRS	12-15
<b>06</b>	Échangeurs thermiques	16-19
<b>07</b>	L'ACV clairement expliquée	20-23
<b>08</b>	Essai par lots LZR/Sorec avec analyse des matériaux entrants/sortants	24-29
<b>09</b>	Formation de recycleur/euse	30-31
<b>10</b>	Le taux de recyclage basé sur les matériaux entrants, une nouvelle approche	32-33
<b>11</b>	Considérations sur la quantité de PCB	34-35
<b>12</b>	Le recyclage des sources lumineuses en changement	36-39
<b>13</b>	Économie circulaire pour le recyclage des DEEE	40-41
<b>14</b>	StEP/SRI Plastic Guide et SRI II	42-43
<b>15</b>	Convention cantonale – l'histoire d'une réussite	44-45
<b>16</b>	Auteurs	46-47
<b>17</b>	Liens	48
<b>18</b>	Contact et mentions légales	49

## De nouvelles normes d'avenir

Le principal sujet en Europe et en Suisse est celui de l'économie circulaire. La Suisse, en particulier, consomme beaucoup de ressources. En revanche, elle possède peu de matières premières, d'où l'importance de la récupération des matières premières secondaires.

Dans l'intérêt commun de la société, de l'économie et de l'environnement, des solutions pouvant être adoptées par la majorité sont recherchées. Des solutions possibles qui, dans notre pays hautement développé, contribuent à minimiser l'emploi d'énergie et de matériaux dans la fabrication de produits et de services, à prolonger la durée de vie des produits et à éviter ou à valoriser les déchets dans la mesure du possible. Grâce aux systèmes de reprise, la boucle est bouclée.

Le système de recyclage des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) en vigueur en Suisse est l'un des plus performants au monde. Les taux de retour sont deux, voire trois fois plus élevés que dans la plupart des autres pays européens. Le bénéfice pour l'environnement est énorme. Depuis plusieurs décennies, les taux de reprise en Suisse avoisinent les 65%, alors que les pays de l'UE enregistrent des taux compris entre 25 et 50%. Nous établissons de nouvelles normes d'avenir en la matière dans le monde entier.

En parallèle, les exigences des processus de recyclage augmentent avec les rapides avancées technologiques. Le recyclage des DEEE est particulièrement complexe et en constante évolution. Par exemple, ces appareils contiennent une part croissante de composants électroniques variés, ainsi que différentes batteries et matières plastiques. Pour leur extraction ou leur récupération, les technologies de recyclage établies aujourd'hui ne sont plus nécessairement la solution optimale. Il faut le reconnaître pour finalement optimiser les processus. Ainsi, l'impact environnemental des condensateurs contenant des PCB a fait l'objet d'une étude s'étendant sur plus de deux années. Quelle quantité de PCB est mise au recyclage avec les condensateurs? Cette quantité a-t-elle un impact sur l'environnement? Quelles règles doivent être appliquées à l'avenir pour l'élimination des condensateurs?

Dans notre branche, justement, une règle s'applique: pas d'avancée sans solide savoir-faire – par exemple celui de recycleuses et recycleurs bien formés. Une formation ainsi qu'une formation continue de qualité dans l'industrie du recyclage constituent un moteur de l'innovation. Nous sommes ravis de vous présenter, dans le rapport technique de cette année, les toutes dernières avancées de notre branche.

Nous vous souhaitons une bonne lecture.



Judith Bellaiche  
Swico



Heidi Luck  
SENS



Silvia Schaller  
SLRS

# Une idée audacieuse: éliminer les jouets électroniques directement à domicile

Roman Eppenberger

À l'occasion de l'International E-Waste Day, le 14 octobre 2019, la poste et SENS eRecycling ont testé la collecte à domicile de jouets électroniques dans les deux quartiers de Seefeld et Schwamendingen à Zurich. Pendant deux mois, les appareils défectueux ont pu être mis dans un sac de recyclage et déposés dans la boîte aux lettres du domicile concerné, la poste se chargeant de les enlever pour les emmener au recyclage.

Cela fait 30 ans que les jouets électroniques sont collectés et recyclés dans les règles de l'art via SENS eRecycling. Jusqu'à présent, les citoyennes et citoyens suisses devaient se rendre dans un centre de collecte ou un commerce de détail pour rapporter gratuitement leur appareil défectueux. Comment faciliter cette remise, comment la rendre encore plus pratique? Comment récupérer encore davantage de matériaux recyclables et éviter qu'ils ne restent dans les caves des habitations, sans être utilisés? Ne serait-il pas formidable de pouvoir éliminer les appareils non utilisés et défectueux directement à domicile? C'est l'idée audacieuse que SENS a mise à l'épreuve, en collaboration avec la poste. Après avoir décidé que la campagne porterait sur les jouets électroniques, des collectes à domicile ont été effectuées pour une période de deux mois à compter du 14 octobre 2019 dans deux quartiers de Zurich (Schwamendingen et Seefeld). Près de 30'000 foyers ont été contactés par un courrier adressé aux héros du recyclage et contenant directement le sac de collecte. Les appareils défectueux ont pu être mis dans le sac fourni et déposés dans la boîte à lait du domicile en question, puis enlevés par la poste dans le cadre de son service régulier de distribution. Les héros du recyclage ayant participé à ce projet pilote ont été récompensés par un super porte-clés réservé aux héros du recyclage.

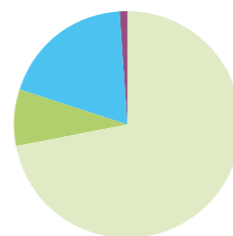
## Pourquoi les jouets électroniques?

Parce qu'il est fort probable que toute famille ayant des enfants a encore une vieille voiture électrique ou un drone cassé, qui traînent quelque part dans la maison et auraient dû avoir été éliminés depuis longtemps déjà. Il s'agissait-là d'un moyen idéal de nous faire une première idée de l'accueil réservé par la population à ce nouveau canal d'élimination et de voir si nous pourrions ainsi récupérer des matériaux recyclables supplémentaires.

## Quel a été le résultat de cette campagne?

Et y aura-t-il une suite? En deux mois, nous avons collecté 300 sacs de recyclage. L'objectif visé en termes de remise du groupe cible, les familles, était de 180 sacs – un chiffre largement dépassé. Sur les 207 kilogrammes de déchets collectés, on trouve 89% d'appareils électriques avec taxe anticipée de recyclage (TAR), 10% de déchets électriques sans TAR et seulement 1% de substances étrangères. Le contenu des sacs de recyclage était d'une qualité très satisfaisante. En outre, pendant ces deux mois, nous avons reçu un grand nombre de retours positifs émanant directement de la population, ainsi que des commandes de sacs de recyclage supplémentaires et des demandes d'écoles nous sollicitant pour des interventions et du matériel exploitable en classe.

Nous profiterons à nouveau du prochain International E-Waste Day 2020 pour voir encore plus loin, concrétiser nos visions et faire avancer le recyclage des appareils électriques et électroniques. Nous allons donc étendre cet essai pilote à un plus grand groupe cible et à d'autres quartiers. Le prochain International E-Waste Day aura lieu le 14 octobre 2020. Cette journée a été initiée par le WEEE Forum (International Association of Electronic Waste), dans le but de sensibiliser le public au recyclage des déchets électriques et d'inciter les consommateurs à recycler également ce type de déchets.



- 72% Appareils électriques avec TAR
- 8% Appareils électriques sans TAR
- 19% Jouets
- 1% Substances étrangères



# Fondation SENS, Swico et SLRS

## Compétence et durabilité

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

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 SENS, par Swico ou par SLRS.

En 2019, près de 127'600 tonnes<sup>1</sup> d'appareils électriques et électroniques usagés ont été éliminés 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 SENS, à Swico 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.

**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: petit et gros électroménager, outils et appareils de bricolage, de jardinage et de loisirs et jouets. De plus, 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.

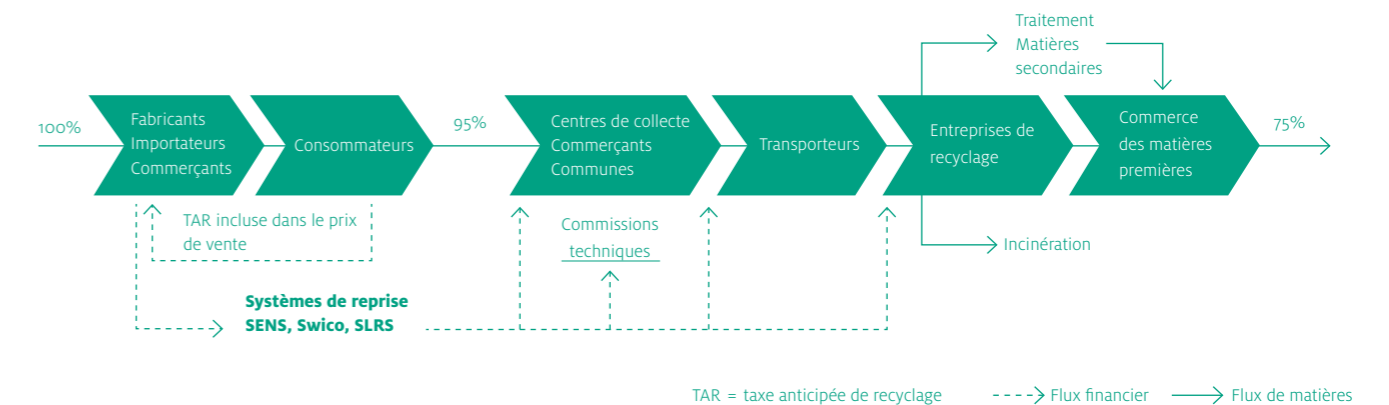
### Swico

Swico Recycling est un fonds spécial au sein de l'Association économique Swico, qui s'occupe exclusivement de la question de couverture des coûts dans le domaine 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 le Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherche 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.

### SLRS

SLRS se charge du système des sources lumineuses et lumineuses. SLRS s'occupe de l'organisation de l'élimination généralisée des sources lumineuses et des luminaires dans toute la Suisse. Pour financer ces activités, 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 SLRS. SLRS entretient dans tous les domaines un étroit partenariat avec la Fondation SENS. En tant que partenaire contractuel de 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.

Figure 1: vue d'ensemble des systèmes de reprise.



<sup>1</sup> Il s'agit de la quantité basée sur les déclarations de flux de matières des entreprises de recyclage. Cette quantité ne correspond pas à la quantité indiquée dans les rapports d'activités et les rapports annuels de SENS eRecycling et de Swico Recycling.

## Recyclage des DEEE et économie circulaire

Heinz Böni et Roman Eppenberger

Depuis 2018, la commission technique Swico/SENS (CT) se consacre intensivement à la question suivante: jusqu'à quel point les indicateurs de performance utilisés depuis des années pour le recyclage des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) suffisent-ils encore pour déduire les mesures appropriées permettant de répondre aux exigences d'une économie circulaire des déchets? Cette question est l'une de celles qui ont encore occupé la CT en 2019.

Ces cinq dernières années, la demande pour une économie circulaire s'est nettement renforcée en Europe et en Suisse. Dans le cadre d'une économie circulaire, les matières premières restent dans des circuits de recyclage et les polluants sont extraits et éliminés dans le respect de l'environnement. En 2015, un paquet économie circulaire est entré en vigueur dans l'Union européenne, s'accompagnant de 10 milliards d'euros d'investissements entre 2016 et 2020 dans le plan d'action qui en résulte. En Suisse, la Confédération a déjà entrepris depuis de nombreuses années des efforts visant à promouvoir l'économie circulaire. Ces dernières années, les initiatives d'acteurs privés de l'économie se sont multipliées, notamment par le biais de Swiss Recycling, d'Öbu ou de Circular Economy Switzerland.

Des valeurs de mesure et d'orientation (indicateurs) adaptées sont nécessaires pour piloter les circuits de recyclage de matériaux de manière à ce que les matériaux recyclables soient complètement récupérés et valorisés sous la forme la plus pure possible, tout en séparant et en éliminant les polluants dans le respect de l'environnement. Sur le plan des matériaux recyclables, il s'agit des taux de recyclage et de valorisation, qu'il est par exemple possible de calculer grâce à des essais par lots (batches). Sur le plan des polluants, ce sont les données relatives à leur présence dans les fractions du recyclage.

Une révision critique de ces indicateurs a mis au jour des points faibles présentés dans le rapport technique 2019, ainsi que dans le présent rapport. L'année dernière, cette thématique a été comme un fil rouge pour les travaux de la commission technique Swico/SENS et de différents groupes de

travail spécialisés. Les résultats issus du développement d'un ensemble d'indicateurs cohérents et adaptés aux exigences d'une économie circulaire des déchets vont être testés cette année dans le cadre de différents essais pilotes et devraient être mis en œuvre progressivement à partir de 2021. Cela aura également des effets sur les prescriptions techniques sur lesquelles se basent les audits. Les partenaires de recyclage seront impliqués de façon appropriée.

En outre, la commission technique Swico/SENS a continué de s'occuper du développement des bases de l'audit et a donc actualisé les prescriptions techniques complémentaires à la série de normes SN EN 50625.

La série de normes SN EN 50625 sera soumise à un processus de révision entre 2020 et 2022. L'objectif est notamment d'intégrer également certaines spécifications techniques aux normes, ainsi que de simplifier et d'harmoniser l'ensemble. La Suisse dispose d'un siège au comité CENELEC TC 111X/WG 6 par l'intermédiaire d'Electrosuisse et prendra donc part au processus de révision. SENS sera représenté au comité par l'intermédiaire du Büro für Umweltchemie (bureau de chimie environnementale) et Swico par le biais du Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherche (Empa).

Par ailleurs, un changement est à annoncer du côté des auditeurs: Arthur Haarman a quitté l'équipe d'audit de Swico fin 2019. Andreas Bill le remplacera. Il a suivi une introduction à l'activité d'audit en 2019 et est auditeur depuis 2020.



Photo 1: les membres de la Commission technique Swico/SENS ainsi que leur hôte.

# Quantité constante et autre changement de la composition

Michael Gasser

La quantité d'appareils électriques et électroniques usagés traitée est restée à un niveau tout aussi élevé. La composition des différentes catégories continue de changer. Les quantités d'appareils électroniques ont à nouveau diminué, mais cette baisse a été compensée par un nombre plus élevé de gros et de petits appareils électriques.

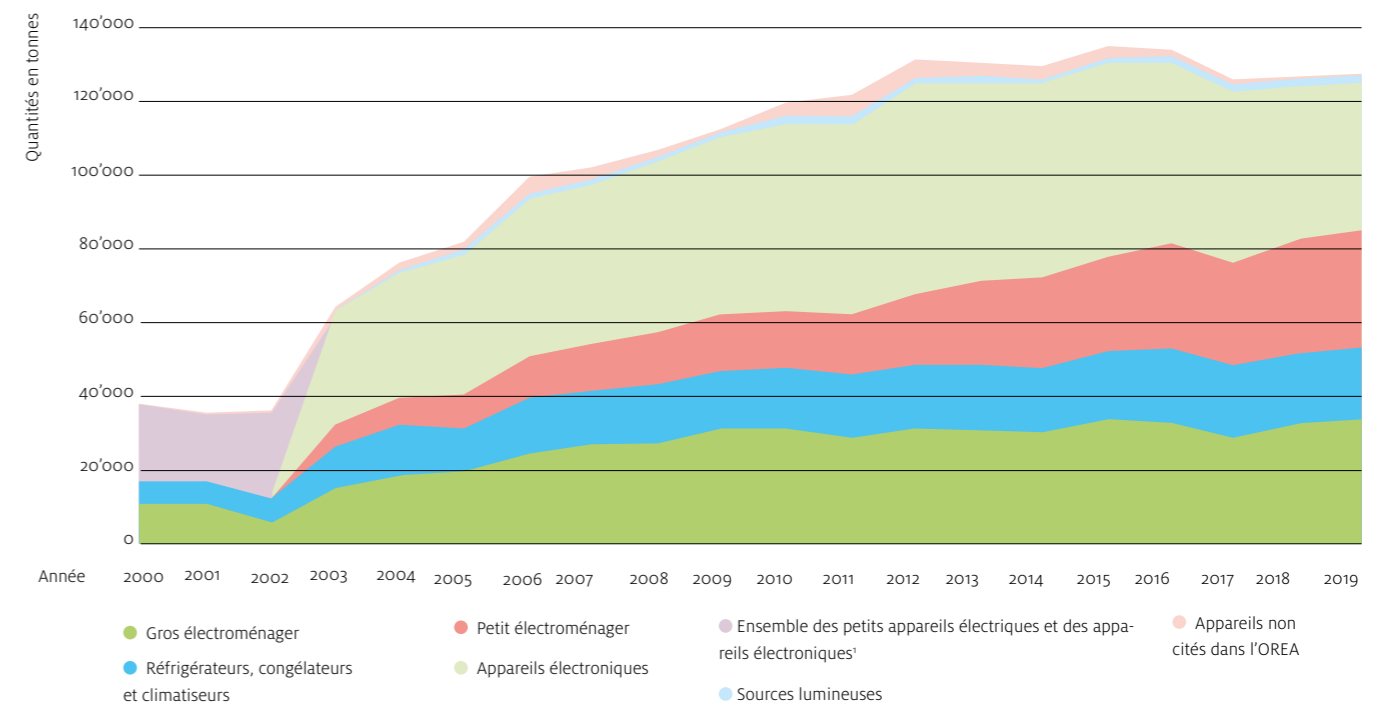
En 2019, les recycleurs SENS et Swico ont traité près de 127'600 tonnes d'appareils électriques et électroniques (appareils E+E). Par rapport à l'année précédente, cette quantité est restée constante (voir tableau 1 et figure 1). Des changements ont toutefois encore été observés dans les différentes catégories. La quantité d'appareils hors OREA, qui ne figurent pas sur les listes de l'ordonnance sur la restitution, la reprise et l'élimination d'appareils électriques et électroniques (OREA), ainsi que d'appareils de réfrigération, est restée constante. La quantité d'appareils électroniques (-2%) a continué à diminuer en suivant la tendance observée ces dernières années, notamment en raison d'un recul des

écrans à tubes cathodiques lourds de moniteurs d'ordinateurs et de téléviseurs. La disparition presque totale de ces écrans semble cependant avoir ralenti cette baisse. Concernant le gros électroménager, une hausse (+5%) a été observée pour la deuxième année consécutive à la suite d'une modification de la méthode de saisie en 2017. Comme l'année précédente, une nouvelle augmentation a également été enregistrée pour le petit électroménager (+4%). La quantité d'équipement photovoltaïque traitée est restée semblable à l'année précédente et représentait encore une faible part avec 300 tonnes au total.

Tableau 1: quantité totale en tonnes des appareils électriques et électroniques traités en Suisse, issue de la saisie des flux de matières.

Année	Gros électroménager	Réfrigérateurs, congélateurs et climatiseurs	Petit électroménager	Appareils électriques	Sources lumineuses	Photovoltaïque	Appareils non cités dans l'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
2019	35'800	19'900	28'700	41'000	1'000	300	1'000	127'600
<b>Variation par rapport à l'année précédente</b>	<b>5%</b>	<b>0%</b>	<b>4%</b>	<b>-2%</b>	<b>-9%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>

Figure 1: évolution des quantités d'appareils traités en Suisse en tonnes.



## Valorisation des matériaux

Des fractions de matériaux recyclables et de polluants sont récupérées à partir du traitement manuel et mécanique d'appareils E+E usagés (voir figure 2). En 2019, la part des métaux, qui s'élevait à 59%, constituait la plus grande fraction de matériaux recyclables. Les mélanges matière plastique/métal (19%) et les matières plastiques (9%) représentaient ensuite les principales fractions. La part de verre issue du traitement des tubes cathodiques a été environ réduite d'un quart par rapport à l'année précédente, s'élevant encore à 1%. Les très précieux circuits imprimés constituaient seulement 1.3% de la quantité totale. Cependant, il est souvent plus avantageux d'extraire manuellement ces matériaux avant de les soumettre à un traitement mécanique, afin de les récupérer dans un état aussi complet que possible. 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. Les fractions de matériaux recyclables des recycleurs SENS et Swico sont encore soumises à un autre traitement. Les recycleurs SENS et Swico doivent fournir des justificatifs de flux de matières qui décrivent le traitement ultérieur de ces fractions. Les métaux ferreux sont par principe définitivement traités dans des fonderies suisses, et les matériaux non ferreux, dans les fonderies européennes. Les mélanges matière plastique/métal sont encore séparés; selon le procédé de séparation et la composition, les métaux, mais aussi les matières plastiques, sont ici récupérés. Certaines fractions mélangées continuent à intégrer directement la valorisation énergétique, cette part ayant toutefois fortement baissé ces dernières années du

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

fait des nouvelles possibilités de traitement, par exemple pour les cartouches de toner et avec les 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, souvent à l'étranger.

**Extraction des polluants**

La part de fractions de polluants produites s'élevait en 2019 à environ 1% de la quantité totale (voir figure 2). Outre le recyclage des matériaux recyclables, l'extraction des polluants fait partie des tâches principales des recycleurs suisses. Les polluants sont pour la plupart éliminés manuellement dans des ateliers de démontage. Il s'agit par exemple d'extraire les condensateurs des gros appareils électroménagers, les piles des appareils électroniques ou de démonter les rétro-éclairages contenant du mercure des écrans plats, des scanners et des photocopieurs. Ce faisant, il faut constamment adapter l'extraction et la gestion des polluants aux technologies modifiées et aux nouveaux acquis. Toutefois, les entreprises doivent aussi être encore capables d'extraire et d'éliminer dans les règles de l'art les polluants des vieilles générations d'appareils. Cela entraîne de fortes exigences vis-à-vis du travail des entreprises de recyclage et présuppose des systèmes d'assurance qualité de haut niveau.

**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 de la ménagère et à des essais de traitement de certains groupes de produits (voir tableau 2). En 2019, Swico Recycling a repris

46'900 tonnes<sup>1</sup> d'appareils électroniques, soit 2.4% de plus que l'année précédente. Les poids et les unités repris de moniteurs et de téléviseurs CRT ont continué à baisser, s'inscrivant ainsi dans la tendance à long terme. Le nombre de moniteurs et de téléviseurs à écran plat repris a continué à augmenter. Le poids moyen a également connu une hausse. Le nombre d'unités a également augmenté pour les téléphones mobiles, la quantité totale a cependant légèrement diminué en raison d'une nouvelle baisse du poids moyen. On a observé une tendance similaire, quoiqu'un peu moins prononcée, dans la catégorie électronique de divertissement, mixte.

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

**Page de droite**

<sup>1</sup> 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 de divertissement, 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 41'000 tonnes d'appareils électroniques du tableau 1, car il comprend également les appareils que les signataires A ont éliminés via des contrats directs.

Source: Michael Gasser, Empa, sur la base d'analyses de traitement et de paniers types Swico.

Figure 2: composition des fractions générées en % en 2019. Les polluants ne représentant que 1% des fractions générées sont représentés séparément (Source: Toocy).

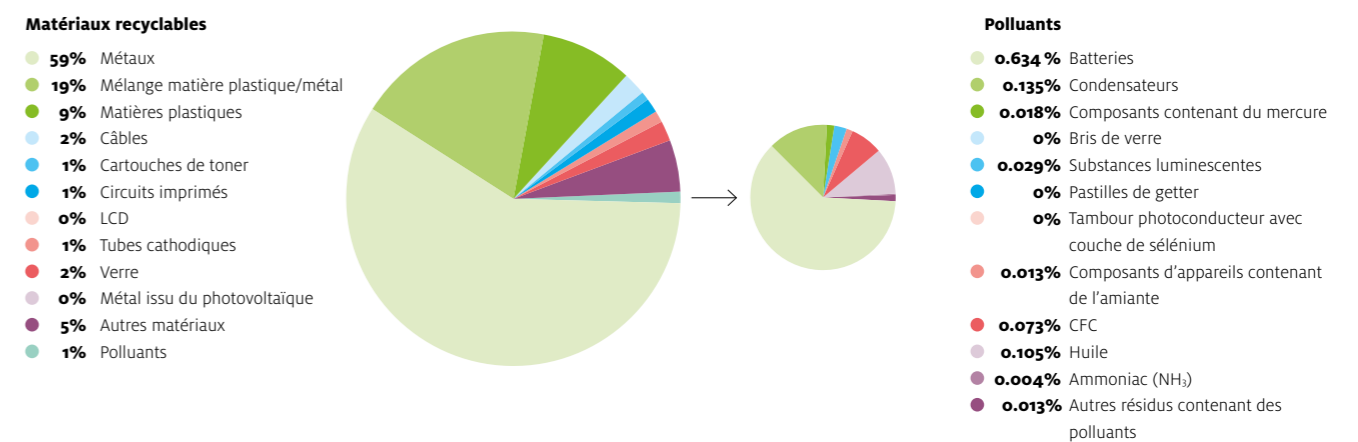


Tableau 2: quantités Swico collectées et composition par type d'appareil.

Type d'appareil	Nombre <sup>1</sup> (en milliers)	Poids moyen (en kg)	Métaux (en tonnes)	Matières plastiques (en tonnes)	Mélanges de métaux/matières plastiques (en tonnes)	Câbles (en tonnes)	Verre et/ou modules LCD (en tonnes)	Circuits imprimés (en tonnes)	Polluants (en tonnes)	Autres <sup>5</sup> (en tonnes)	Total (en tonnes)	Augmentation/diminution par rapport à 2016
Moniteur CRT de PC	34	17.7	89	121	58	16	266	56	0	3	608	-3%
Moniteur CRT de PC <sup>1</sup>	561	7.2	1'584	1'277	77	50	631	285	37	100	4'041	15%
PC/serveurs	389	12.1	3'856	270	13	144	-	390	15	-	4'687	2%
Ordinateur portable	493	2.5	374	348	126	6	109	179	85	5	1'233	-6%
Imprimantes	456	11.4	1'834	2'784	318	28	36	91	2	84	5'176	-2%
Gros photocopieurs/gros appareils	52	121.8	3'422	235	2'248	114	4	50	54	161	6'288	-3%
IT mixte <sup>2</sup>	716	3.1	1'212	80	803	40	1	17	19	56	2'229	13%
Téléviseurs CRT	102	27.7	279	579	94	10	1'830	35	3	2	2'830	-28%
Téléviseurs FPD <sup>1</sup>	297	20.4	2'932	1'091	639	84	532	510	68	211	6'065	48%
UE mixte <sup>3</sup>	3'441	3.2	5'969	396	3'954	199	6	85	94	277	10'980	1%
Téléphone, portable	873		20	44	-	-	6	28	25	-	124	6%
Téléphone, autre	1'216		1'329	88	880	44	1	19	21	62	2'444	-9%
Photo/vidéo	214		91	6	60	3	0	1	1	4	167	3%
Dentaire											63	
<b>Total en tonnes</b>			<b>22'991</b>	<b>7'318</b>	<b>9'269</b>	<b>737</b>	<b>3'421</b>	<b>1'747</b>	<b>424</b>	<b>964</b>	<b>46'935<sup>6</sup></b>	<b>2.4%</b>
<b>Total en %</b>			<b>49%</b>	<b>16%</b>	<b>20%</b>	<b>2%</b>	<b>7%</b>	<b>4%</b>	<b>1%</b>	<b>2%</b>	<b>100%</b>	

**Page de gauche**

<sup>1</sup> Ce chiffre est supérieur aux 41'000 tonnes d'appareils électroniques du tableau 1, car il comprend également les appareils que les signataires A ont éliminés via des contrats directs.



# Recyclage des échangeurs thermiques

Geri Hug et Niklaus Renner

La norme CENELEC EN 50625 à la base de la certification SENS depuis 2020 ne parle plus d'appareils de réfrigération, mais plutôt d'échangeurs thermiques («temperature exchange equipment»). Ce terme un peu plus compliqué s'est établi chez les auditeurs et les entreprises de recyclage. En 2019, ces dernières ont démonté dans trois installations hautement spécialisées environ 390'000 appareils pour obtenir des fractions de matériaux recyclables et de polluants (pour un total de 19'900 tonnes).

Il en ressort que la courbe des parts annuelles d'appareils VHC («volatile hydrocarbons») recyclés dans le respect de l'environnement continue de monter: Aujourd'hui, 67% des échangeurs thermiques sont équipés d'un compresseur VHC et déjà 73% d'une mousse d'isolation VHC. La part d'appareils frigorifiques fonctionnant à l'ammoniac s'élève encore à 2%.

**Pourquoi ne pas simplement broyer?  
Quel est l'intérêt d'un traitement coûteux?**

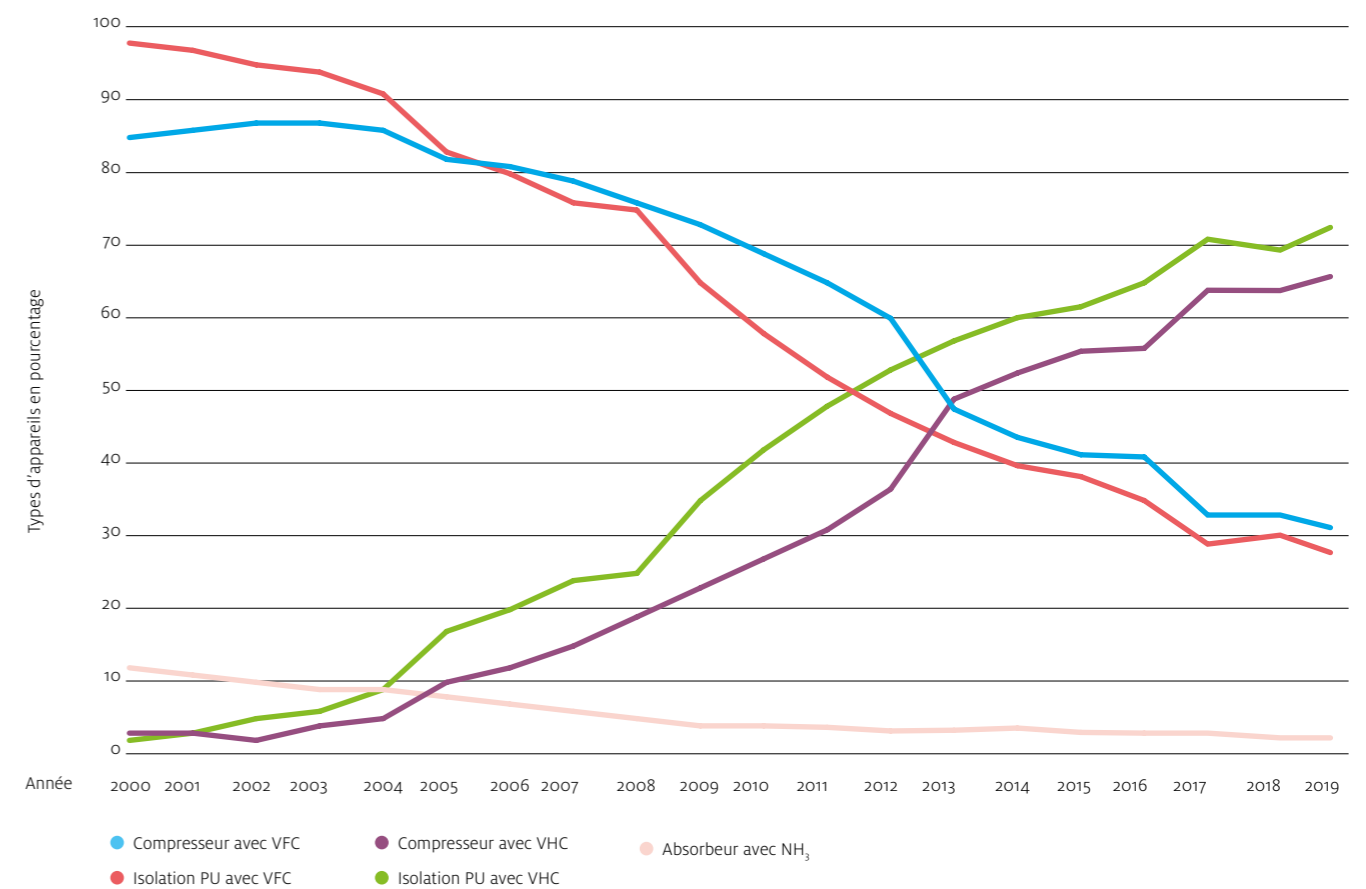
Saviez-vous que dans un vieux réfrigérateur domestique, l'essentiel des gaz fluorés VFC ne se trouve pas dans le compresseur, mais dans l'isolation en mousse de polyuréthane (PU)? Et saviez-vous que la récupération puis l'incinération à haute température de l'agent réfrigérant et du gaz propulseur évitent l'émission d'une grande quantité d'équivalents CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, le même volume qu'un trajet en voiture à énergie fossile émettrait si vous vouliez rouler jusqu'en Asie orientale? Bien qu'environ 90% de la masse des appareils pourraient être considérés comme exempts de polluants et traités en principe avec la technique de recyclage habituelle, la part restante des composants nocifs pour le climat et pour la couche d'ozone nécessite un traitement dans une installation hautement spécialisée. Dans un premier temps, les agents réfrigérants doivent être aspirés hors des compresseurs sans déperdition (niveau de traitement 1). Les compresseurs vidés sont ensuite retirés, puis les bâtis sont démontés en fractions au moyen de cisailles rotatives et de séparateurs magnétiques et à courant de Foucault. Les mousses PU subissent ensuite un traitement thermique grâce à des presses à

granulation ou à d'autres éléments chauffants, ce qui permet un dernier dégazage des gaz propulseurs restants (niveau de traitement 2). Ce dégazage et cette condensation contrôlés des gaz propulseurs au niveau 2 s'effectuent au moyen d'une technique de froid mécanique ou en utilisant de l'azote liquide à basse température jusqu'à -90 °C. Après être passés par divers groupes filtrants, les flux d'échappement d'air des installations sont rejetés dans l'atmosphère. En parallèle, une mesure des VFC de types R11 et R12 est réalisée en continu.

### La part des appareils VFC baisse irrémédiablement

Cette tendance à la baisse pour les échangeurs thermiques recyclés et équipés de compresseurs VFC a commencé en 2003. Entre 2012 et 2013, cette réduction s'est renforcée et continue depuis de façon quasi linéaire. Au cours de l'année 2012, les systèmes de réfrigération valorisés étaient encore de type VFC à 60%. En 2013, ils ne représentaient plus que 48%. Dans le dernier rapport technique, nous avons rendu compte d'une part de 33%. Pour la période sous revue, elle est encore de 31%. En parallèle, la part des compresseurs VHC a augmenté continuellement pour atteindre 67% actuellement. Les systèmes d'absorbeurs à ammoniac sont toujours «sur le déclin», mais représentent encore 2% des appareils. Selon les estimations, la courbe des parts de bâtis à mousses d'isolation contenant des VFC connaît une progression similaire à celle des appareils à compresseur VFC avec une baisse constante (asymptotique?): ainsi, la part des appareils PU VFC s'élevait encore à 27% en 2019 (année précédente: 30%). (Voir fig. 1).

Figure 1: évolution des types d'appareils traités au niveau 1 (compresseurs contenant des VFC ou des VHC, systèmes d'absorbeurs à ammoniac) et au niveau 2 (mousse d'isolation PU contenant des VFC ou des VHC).

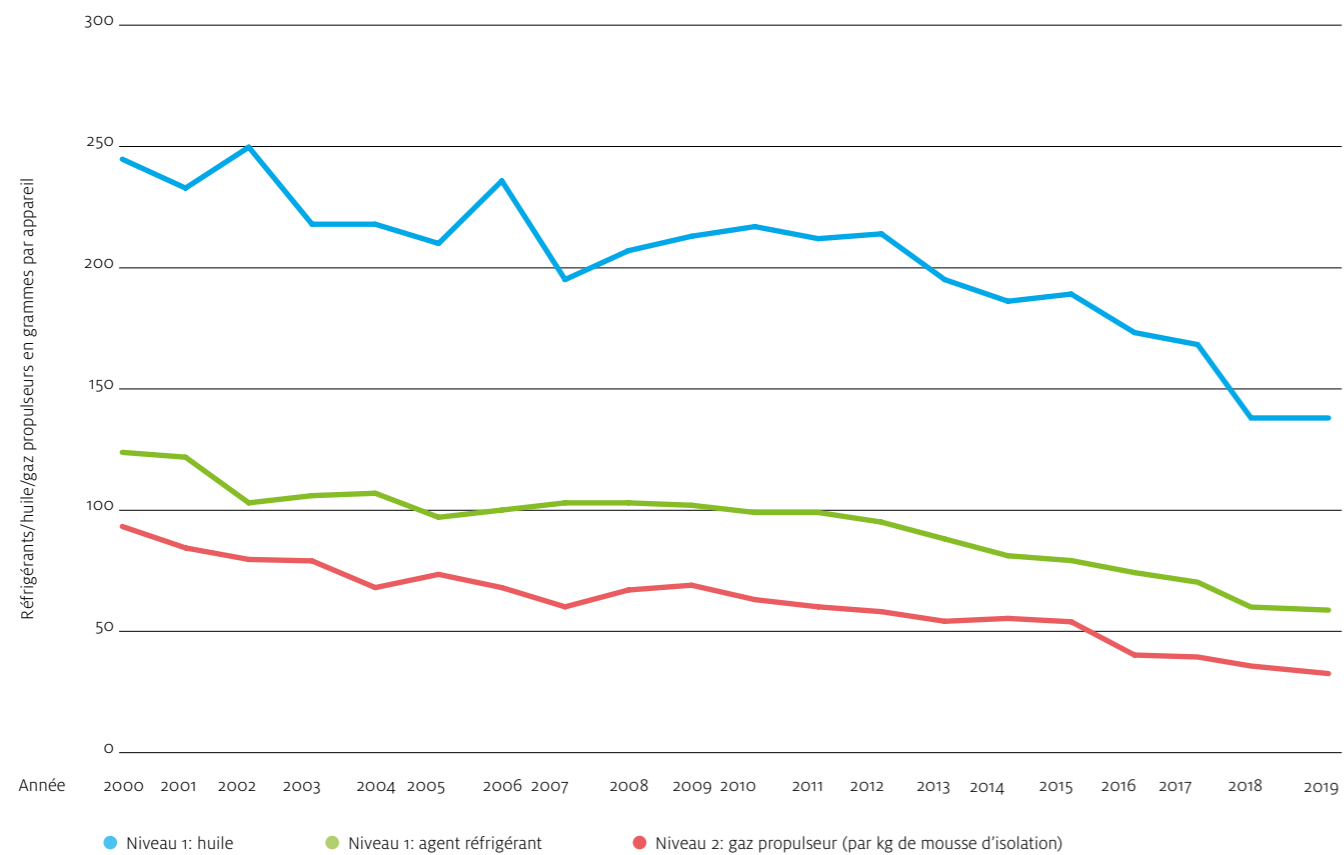


### La baisse constante des quantités récupérées se reflète dans les quantités entrantes

La baisse des appareils VFC entrants sur les deux niveaux de traitement peut être également constatée dans la récupération, avec de plus faibles quantités récupérées d'agents réfrigérants et de gaz propulseurs. Ceci s'explique par deux facteurs: 1.) les poids de remplissage ou les concentrations de VHC bien plus faibles dans les compresseurs ou dans l'isolation PU et 2.) la baisse des poids spécifiques d'isobutane ou de cyclopentane par rapport aux VFC habituels (82 grammes de VFC ou 38 grammes de VHC par kilogramme de mousse PU,

conformément aux essais de performance et aux indications des fabricants). La quantité d'agent réfrigérant récupérée par appareil a chuté de façon constante au cours des dernières années pour atteindre aujourd'hui 54 grammes (année précédente: 57 grammes). Pour l'huile de compresseur, la valeur a presque stagné à 139 grammes (année précédente: 138 grammes). Les quantités de gaz propulseurs ont baissé sur la même période, passant de 37 à 35 grammes par kilogramme de mousse PU. (Voir fig. 2).

Figure 2: évolution des quantités récupérées au niveau 1 (grammes d'agent réfrigérant et d'huile par appareil) ou au niveau 2 (grammes de gaz propulseurs par kilogramme de mousse d'isolation).



### Défi des appareils PIV

Aujourd'hui, de plus en plus d'échangeurs thermiques mis au recyclage ont des parois composées en partie de panneaux isolants sous vide (PIV). Ces panneaux, dont le noyau se compose de fibre de verre ou d'acide silicique pyrogéné, sont depuis quelque temps de plus en plus souvent intégrés aux échangeurs thermiques pour leur conférer une meilleure efficacité énergétique (A+++). Ce type d'appareils mis au recyclage de plus en plus fréquemment représentait au départ un défi pour les installations en raison de la forte génération de poussière (protection contre la poussière

et les explosions). Les adaptations techniques des installations en ce sens ont depuis fait leurs preuves, de telle sorte qu'un traitement de ces bâtis s'effectue sans problème au niveau de traitement 2. De même, du point de vue de la protection de la santé, les appareils PIV sont sans risque, car les fibres ne s'éclatent longitudinalement ni dans le matériau d'origine ni après le traitement (comme c'est par exemple le cas avec les fibres d'amiante). Les présentes déclarations s'appuient sur un rapport de fabricants relatif aux préparations d'essai en Allemagne.



Photo 1: échangeurs thermiques, prêts au traitement.

Photo 2: fractions de matériaux sortants. Poudre de polyuréthane.



Photo 3: bande de déversement des appareils pour le niveau de traitement 2.



# L'analyse du cycle de vie de SENS en un coup d'œil

Flora Conte et Thomas Kägi

Le bilan écologique 2019 de SENS reflète clairement quels défis actuels du recyclage de déchets d'équipements électriques et électroniques sont, dans la pratique, particulièrement pertinents sur le plan écologique. L'avantage environnemental est déterminé par comparaison avec un scénario dans lequel SENS n'existerait pas. Contrairement aux bilans CO<sub>2</sub>, qui sont actuellement au centre de l'attention du public, une analyse du cycle de vie (ACV) tient compte de l'ensemble des effets environnementaux des produits, des entreprises ou des activités.

Pour déterminer quelles mesures, initiatives et changements de comportement ont une influence positive sur le climat ou sur l'environnement, il n'existe pas de règle d'or simple. Si la crise climatique a un impact global, les problèmes environnementaux tels que la pollution de l'air, des sols ou des eaux, ou encore les émissions polluantes ont un effet au niveau local qui est parfois difficile à percevoir.

## Aperçu de nos influences sur l'environnement

L'écobilan (analyse du cycle de vie, ACV) est une méthode scientifiquement fondée qui mesure et évalue les effets des activités humaines sur l'environnement pour en déduire des possibilités d'optimisation. Du fait de la complexité de la nature et du système économique mondial, il n'est pas suffisant de considérer individuellement certaines substances ou effets problématiques. La méthode ACV a ainsi pour but de couvrir les effets environnementaux avec une grande exhaustivité. Cela signifie que tout le cycle de vie d'un produit est inclus dans l'analyse et que les effets environnementaux sont en fin de compte quantifiés et évalués. Le processus qui en découle est ébauché dans la figure 1.

Les résultats des écobilans peuvent être utilisés à des fins très diverses: aide à la décision entre plusieurs alternatives, compréhension des effets pertinents de produits, de services ou d'entreprises, ou encore recherche de possibilités d'amélioration et de recommandations d'actions.

## Recyclage des appareils SENS du point de vue de l'ACV

La Fondation SENS fait calculer chaque année à l'entreprise de conseil environnemental Carbotech AG l'avantage écologique du recyclage des appareils électriques usagés SENS (DEEE SENS) au moyen d'une ACV. À l'occasion des 30 ans de la fondation, les bases de calcul pour l'écobilan du recyclage des DEEE SENS ont été complétées avec les dernières données obtenues sur les polluants et les matériaux recyclables. L'empreinte écologique de la Fondation SENS depuis sa création a également été extrapolée. Pour ce faire, la collecte, le tri, le traitement manuel et mécanique des DEEE, ainsi que l'élimination spécialisée de polluants tels que les chlorofluorocarbures (CFC) ou les polychlorobiphényles (PCB) ont été pris en compte. La transformation ultérieure des matériaux recyclables en matières premières de récupération a aussi été considérée.

Pour pouvoir évaluer l'avantage environnemental du système de recyclage SENS, il est nécessaire de disposer d'un scénario comparatif décrivant l'alternative: une Suisse sans SENS. Ce scénario a été défini de façon aussi réaliste que possible et s'appuie également sur les scénarios proposés dans l'étude Ecodom sur l'avantage climatique du recyclage des DEEE en Italie. L'avantage environnemental du système SENS chiffré dans l'ACV de SENS a donc été calculé à partir de la différence entre l'analyse de l'état réel «SENS» et le scénario de base «sans SENS». Les effets environnementaux ont été pondérés avec la méthode éprouvée en Suisse de la saturation écologique 2013 (Frischknecht & Büsser Knöpfel, 2013) et agrégés en un indicateur: les unités de charge écologique (UCE).

Figure 1: les principales étapes de l'analyse du cycle de vie (Source: Carbotech AG).

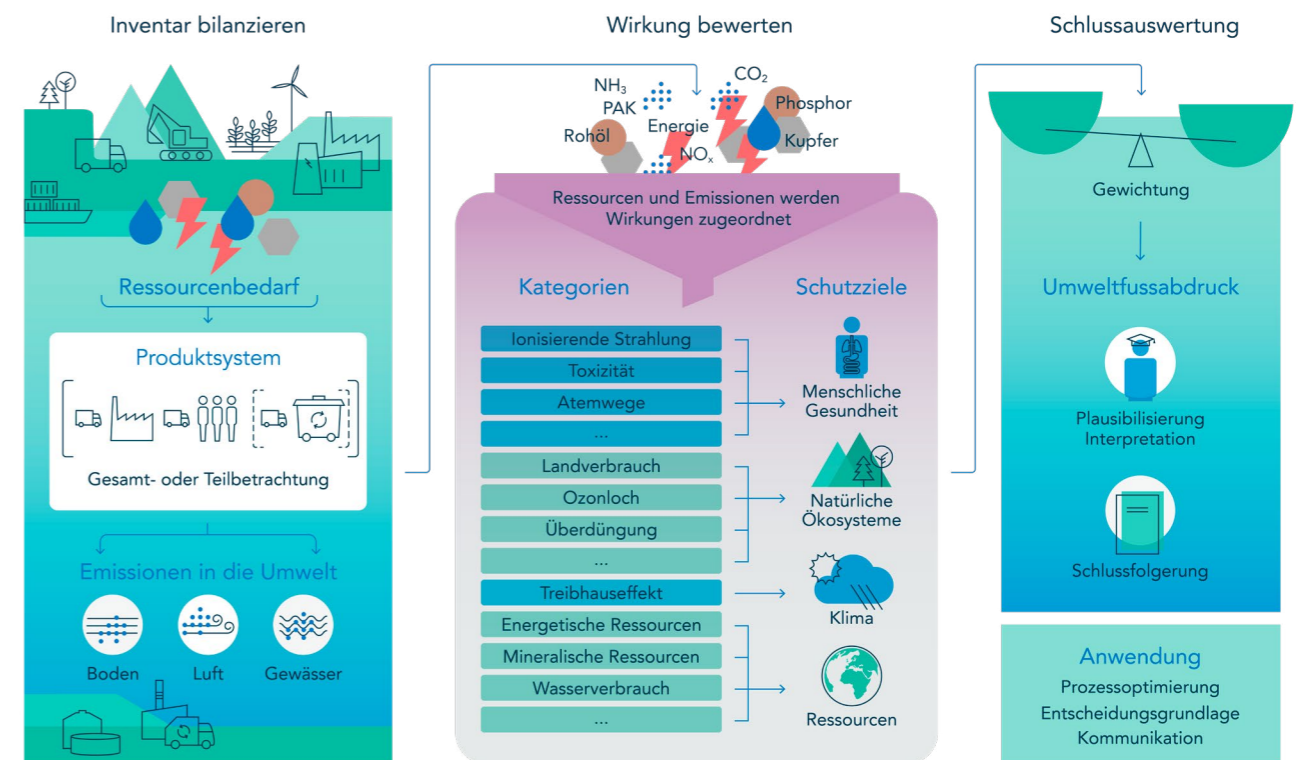
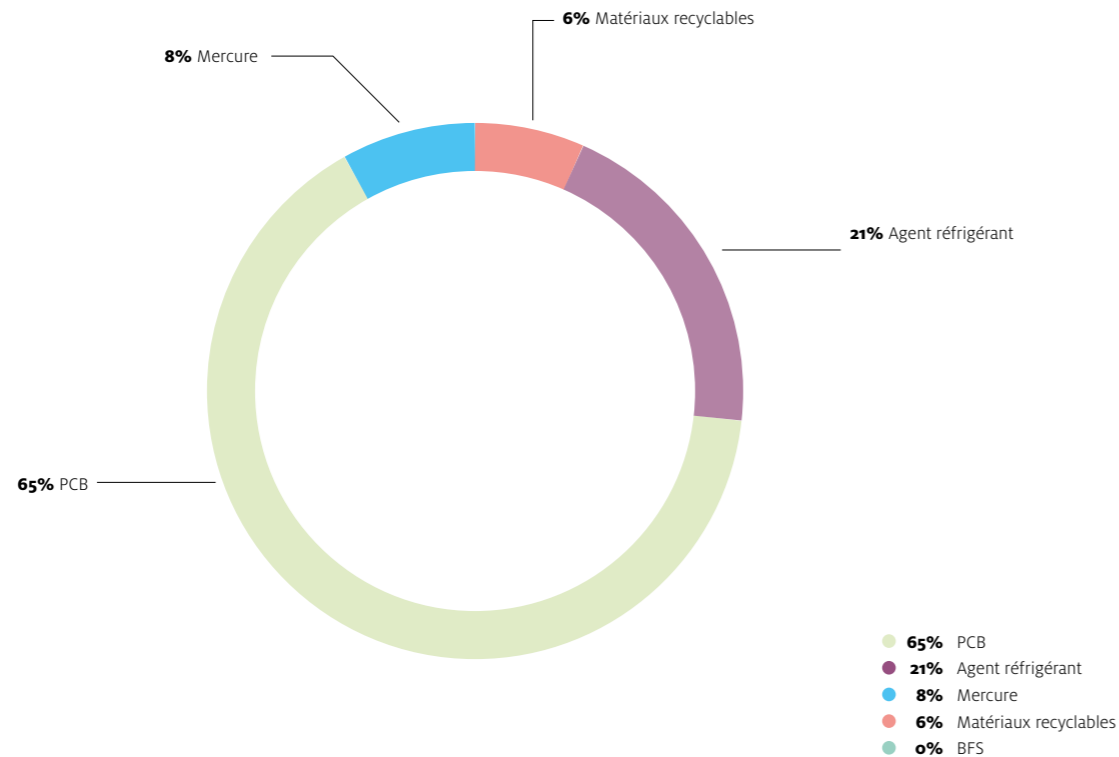


Figure 2: répartition de l'avantage environnemental (UCE) de SENS eRecycling 2019 (Source: Carbotech AG).



#### Avantage environnemental du recyclage SENS en 2019

Au total, le recyclage des DEEE par le biais du système SENS a dégagé en 2019 un avantage environnemental net de 962 milliards d'UCE (voir la figure 2 pour le détail). Deux tiers de cet avantage résultent des émissions de PCB évitées. Cette proportion se réduit chaque année, car la quantité d'appareils usagés contenant encore des PCB est en baisse constante. Un effet conséquent, à savoir 21% de l'avantage environnemental, et pris isolément, 80% de l'avantage climatique, est obtenu en évitant les émissions de gaz réfrigérants et propulseurs fluorés (VFC) comme les CFC ou les HCFC. La prévention des émissions de mercure reste perceptible avec 8% de l'avantage environnemental. Le recyclage de matériaux a quant à lui généré 6% de l'avantage environnemental.

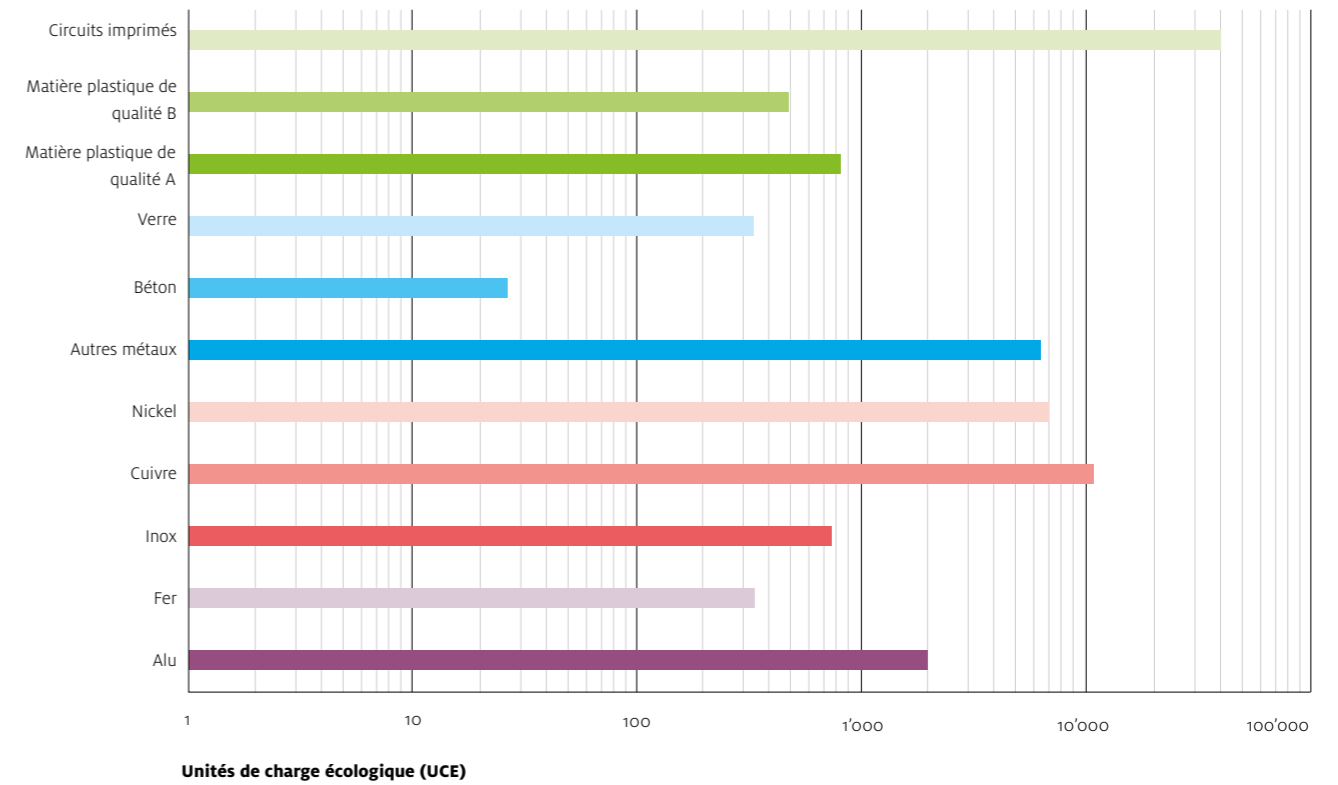
#### La récupération du cuivre est bénéfique pour l'environnement

La contribution des matériaux recyclables à l'avantage environnemental, moindre en comparaison, mais qui connaît une croissance annuelle, s'explique par la prédominance des polluants. Dans l'absolu, le recyclage des matériaux représente

cependant un avantage conséquent. La figure 3 compare l'avantage environnemental des matériaux recyclables les plus fréquents issus des DEEE par kilogramme. Le cuivre recyclé, récupéré en bien moindre quantité que le fer, mais qui permet d'éviter davantage de pollution par kilogramme, correspondait en 2019 à pas moins de 43% de l'avantage environnemental du recyclage de matériaux SENS. Sur ce point, les avantages écologiques et économiques se rejoignent clairement.

La pollution du système SENS lui-même est minimale du point de vue écologique par rapport à l'avantage obtenu en évitant les émissions de polluants et en recyclant des matériaux. Le transport des DEEE, les émissions des entreprises de recyclage, la fabrication de matières premières secondaires et l'élimination des polluants entraînent au total des dommages environnementaux à hauteur de 20 milliards d'UCE par rapport à un avantage de 982 milliards d'UCE grâce à la prévention des émissions de polluants et au recyclage de matériaux.

Figure 3: avantage en UCE/kg de matériaux (Source: Carbotech AG).



#### Défis écologiques dans la pratique

Bien que la quantité de condensateurs collectés contenant des PCB diminue continuellement, l'élimination spécialisée des PCB reste nettement préférable du point de vue écologique. Outre l'extraction quasi systématique des condensateurs des gros appareils électroménagers, l'identification des ballasts de sources lumineuses contenant des PCB représente toujours un défi logistique. Un ballast contenant des PCB peut rapidement passer inaperçu lors de livraisons de grandes quantités de métaux mélangés issues par exemple de démolition de maisons. La sensibilisation des consommatrices et des consommateurs ainsi que des recycleurs est ici essentielle. Les PCB risquent également de se répandre sur des matériaux recyclables, par exemple les matières plastiques.

Concernant les gaz VFC, la quantité collectée diminue certes chaque année, mais en parallèle l'éventail de produits contenant des agents réfrigérants s'élargit à mesure que les DEEE deviennent plus efficaces sur le plan énergétique. Ici aussi, un tri correct est crucial. Un sèche-linge avec pompe à

chaleur contenant des VFC et qui est broyé avec des sèche-linges sans VFC entraîne nettement plus de dommages environnementaux à cause des émissions de VFC que la récupération des matériaux recyclables du sèche-linge ne contribue à l'avantage environnemental.

Ce que l'écobilan SENS ne peut pas refléter, ce sont les dommages occasionnés lors d'un incendie, par exemple dû au stockage inadéquat de piles lithium-ion. La tendance de la composition des DEEE évolue continuellement vers de plus petites quantités de polluants de plus en plus variés et à répartition plus diffuse. D'après l'ACV, un personnel formé au tri des DEEE, la sensibilisation des productrices et des producteurs de déchets, ainsi que le démontage manuel des appareils SENS semblent toujours plus être les moyens les plus sûrs d'éviter les dommages environnementaux.

# Des essais par lots (batchs) étendus sont-ils adaptés pour déterminer le potentiel de recyclage?

Roger Gnos, Rolf Widmer et Lorena Toledo Reyes

L'étude du flux de traitement Swico Mix<sup>1</sup> effectuée sur la base d'essais par lots début 2019 visait à analyser plus précisément la performance de traitement et la qualité de certaines entreprises de recyclage (voir aussi l'article Potentiel de recyclage et de valorisation dans le rapport technique 2019). Une analyse modifiée du panier de la ménagère (APM) a notamment permis de constater la composition du mix d'appareils et de déterminer, dans le cadre d'un démontage fin, la composition des matériaux d'appareils qui n'avaient pas encore été étudiés à ce jour.

Pour les cartes de circuit imprimé et les mélanges de câbles ressortant de ce démontage fin ainsi que pour une sélection de fractions de matériaux sortants issus des étapes de traitement successives (broyage et tri), des échantillons ont été prélevés, préparés et analysés en vue d'en observer la composition chimique. Les résultats de certains aspects de ces études sont présentés et discutés ci-après.

## Catégorisations des appareils

Tous les déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) collectés pour l'essai par lots, au total au nombre de  $\#_{\text{tot}} = 11'065$  et avec une masse de  $m_{\text{tot}} = 40'436$  kilogrammes, ont été répartis en trois groupes<sup>2</sup>: le groupe des DEEE «non Swico Mix» qui sont renvoyés dans le traitement normal, le groupe des DEEE Swico Mix qui sont destinés à l'essai par lots et le groupe des DEEE Swico Mix qui sont destinés au démontage fin.

La répartition des DEEE dans ces groupes est déterminée par le logiciel APM, l'équipe APM<sup>3</sup> enregistrant, pesant et catégorisant chaque appareil à l'aide du logiciel. Dans cette opération, un appareil du Swico Mix sur dix est sélectionné pour le démontage fin. On peut donc se demander si cette sélection à l'aveugle donne un échantillon représentatif du flux de traitement. Le premier test, simple, est de déterminer si le rapport de tri de 1 à 9, à savoir 0.111, se retrouve dans les groupes Essai par lots et Démontage fin. Le calcul donne 0,133 en termes de nombre d'appareils, ce qui est un écart étonnamment élevé dont la cause n'a pas pu être expliquée dans cette

expérience. La méthode de sélection n'est correcte que si les répartitions par poids dans les groupes Démontage fin et Essai par lots sont similaires, ce qu'illustrent les deux exemples de la figure 2. Cette concordance a été analysée au moyen du test de Kolmogorov-Smirnov (test KS).

Les résultats du test KS montrent que sur 22 catégories APM<sup>4</sup> (en gras) étudiées, seules neuf (en vert) ont un

<sup>1</sup> Le Swico Mix comprend des petits appareils Swico, sauf appareils à écran et écrans > 100 cm<sup>2</sup>; c'est-à-dire que les écrans amovibles des notebooks sont écartés du flux de traitement.  
<sup>2</sup> Répartition du flux de traitement en «non Swico Mix» ( $\#_{\text{nonSwicoMix}} = 1'656$  et  $m_{\text{nonSwicoMix}} = 12'976$  kilogrammes) et «Swico-Mix» (pour «Essai par lots» ( $\#_{\text{essaiParLots}} = 8'212$  et  $m_{\text{essaiParLots}} = 22'504$  kilogrammes) et «Démontage fin» ( $\#_{\text{démontageFin}} = 1'087$  et  $m_{\text{démontageFin}} = 4'673$  kilogrammes)).  
<sup>3</sup> L'AMP stationnaire est installée au Leistungszentrum Rheintal (LZR, [www.lz-rheintal.ch](http://www.lz-rheintal.ch)).  
<sup>4</sup> 35 Swico APM, v2.0, catégories d'appareils: 10: moniteurs de PC (tubes), 20: écrans plats de PC, 30: PC/serveurs, 31: composants de PC/serveurs, 40: notebooks, ordinateurs portables, powerbooks, 41: accessoires d'ordinateur portable, 50: imprimantes, fax, scanners, machines à écrire, 60: grandes photocopieuses, traceurs (sur roulettes), 70: bureautique/IT (reste), 80: accessoires de bureautique/IT, 90: consommables/CD, 91: cartouches de toner, 92: cartouches cartouches d'encre, 100: appareils de lecture de caisse, 110: tubes cathodiques de téléviseur, 120: téléviseurs à écran plat, 130: électronique de divertissement (reste) 140: centrales téléphoniques, 150: téléphones fixes, 160: téléphones mobiles, 170: appareils photos, caméras vidéos, 190: articles sans TAR, 191: marchandises de 1 kilogramme, 200: appareils médicaux/de nettoyage, 210: câbles, 230: métaux (pièces métallique/ferreuses en vrac), 300: piles, 310: accumulateurs lithium-ion, 311: accumulateurs lithium-ion (défectueux), 320: accumulateurs plomb.

Figure 1: diagramme de Sankey des flux de matériaux de l'essai par lots Swico Mix. Les valeurs indiquées sont les flux de matériaux estimés pour la prévision.

## Essai par lots Swico Mix (tous les flux de matériaux en tonnes)

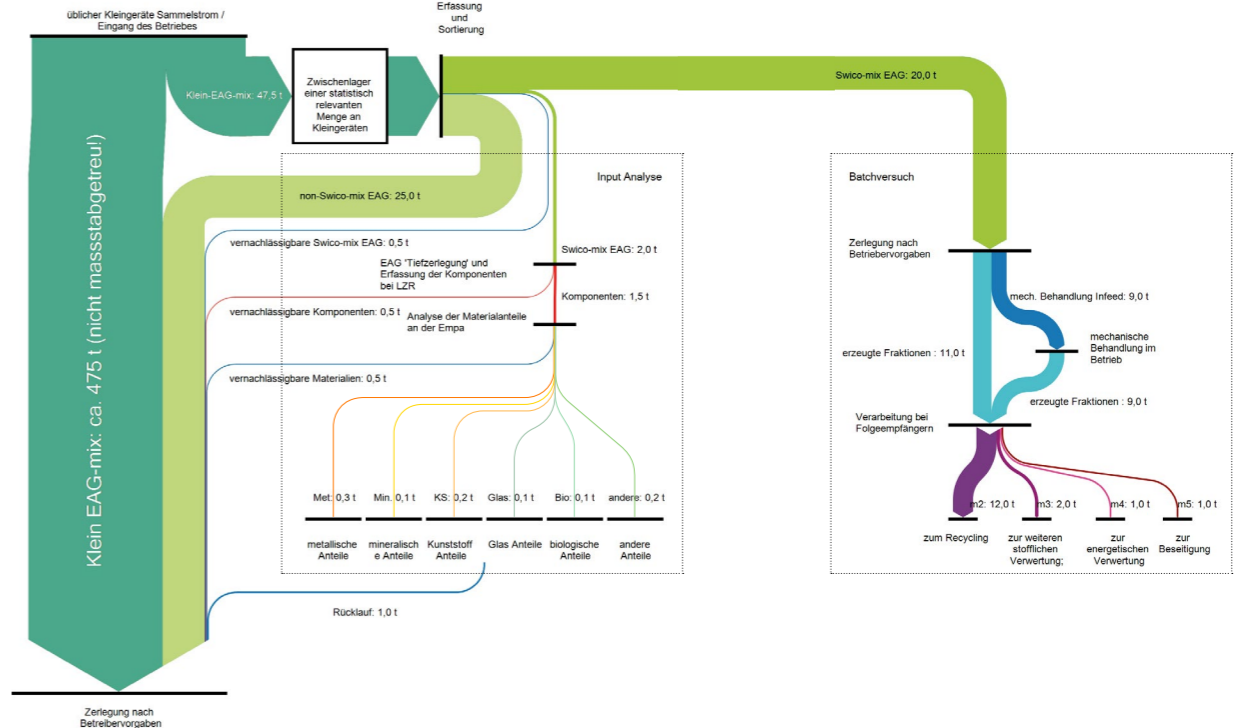
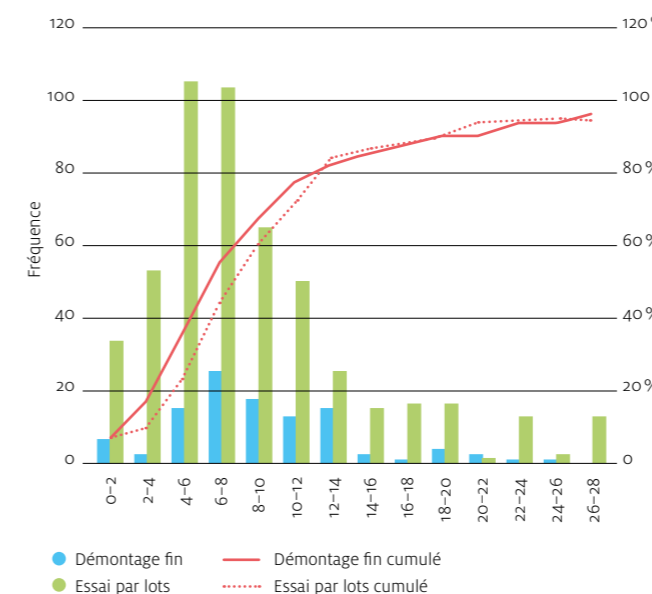


Figure 2: histogramme de la répartition en masse des DEEE de la catégorie 50 (imprimantes, fax, scanners, machines à écrire) et de la catégorie 30 (PC/serveurs). Sont caractérisés en bleu les appareils séparés et destinés au démontage fin: une fois sous forme de fréquence dans les classes de masse de 2 kilogrammes chacune, et une fois sous forme de fréquence cumulée. Sont indiqués en rouge les appareils destinés à l'essai par lots.

## 050 imprimantes, fax, scanners, machines à écrire



## 030 PC/Serveur

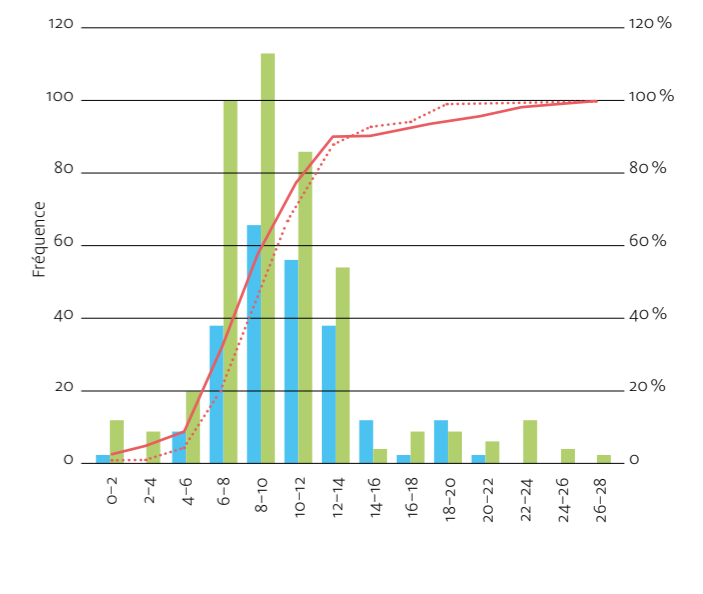




Figure 3: ghettablaster après un démontage fin.

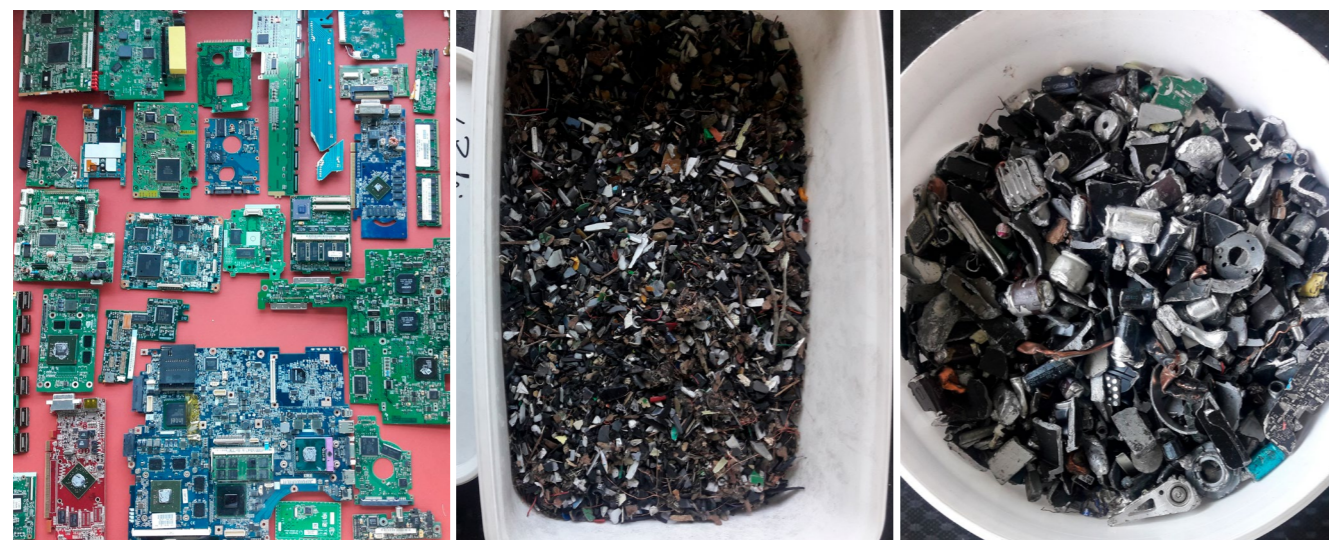


Figure 4: exemples de fractions générées (de gauche à droite): circuits imprimés de la classe 1, après le démontage fin, obtenus à partir d'appareils électroniques modernes; fractions de matières plastiques extraites dans l'essai par lots avec une forte teneur en métaux précieux (importante proportion de circuits imprimés); fraction d'aluminium obtenue dans l'essai par lots avec un séparateur à courants de Foucault. On peut distinguer de nombreux condensateurs électrolytiques qui ont, certes, été un peu abîmés à l'ouverture, mais qui ont été pratiquement tous séparés dans cette fraction.



Figure 5: exemples d'échantillons préparés (de gauche à droite): fractions criblées de différentes tailles de grains de circuits imprimés moulus qui servent à l'étude de la répartition des différents matériaux (notamment des métaux précieux) dans les différentes matrices; fraction de circuit imprimé pyrolysée à partir de laquelle tous les composants volatiles ont été enlevés, séparés dans des solutions et étudiés; fractions moulues générées dans un moulin de laboratoire (de bas en haut: fraction de matières plastiques, scories de dépoussiéreur humide, RESH).

échantillon aléatoire représentatif dans le groupe Démontage fin. Ainsi, cette méthode n'a pas permis d'assurer une répartition satisfaisante des catégories de DEEE, aussi bien en termes de nombre qu'en termes de masse. De ce fait, la comparaison des composants des flux de matériaux entrants et sortants n'est pas fiable.

#### Démontage fin

Les 22 catégories APM Swico Mix correspondent à un total de 240 appareils différents. Ces appareils sont démontés en composants grâce au démontage fin. Une liste de sélection extensible de 50 composants est disponible, comprenant par exemple des vis, des circuits intégrés CPU ou de mémoire, des circuits imprimés et des disques durs. Les composants tels que ce dernier sont encore démontés jusqu'à ce qu'ils ne puissent plus l'être à l'aide d'outils manuels. Les masses des composants restants sont, si possible, réparties selon leurs principaux constituants, par exemple métaux (fer, cuivre, etc.), matières plastiques (polymères fréquents), verre, bois, etc. (une liste de sélection extensible de 27 matériaux est disponible). Une fiche technique est réalisée pour chaque DEEE ayant fait l'objet d'un démontage fin.

#### Prélèvement et préparation des échantillons

Les échantillons destinés à l'analyse chimique ont été préparés de manière mécanique et en partie lors d'une étape de pyrolyse. Concernant l'analyse des matériaux entrants, la sélection des fractions générées lors du démontage se limite

à des circuits imprimés, répartis en deux qualités, ainsi qu'à des câbles de raccordement issus d'appareils IT, avec les connecteurs correspondants. Pour toutes les autres fractions importantes issues du démontage, il existe, au Leistungszentrum Rheintal (LZR), des séries temporelles détaillées issues d'essais de démontage systématiques des principales catégories d'appareils dans le Swico Mix. Concernant l'analyse des matériaux sortants issus du traitement mécanique, une sélection de fractions a été testée en cours d'essai en prélevant à intervalles réguliers des échantillons du flux de matériaux et en les collectant sous la forme d'un échantillon mixte collecté. Ces échantillons ont eux aussi été préparés afin de déterminer une « empreinte digitale » des principaux composants au moyen d'une mesure SFX, au demeurant économique, semi-quantitative et en vue d'effectuer des mesures quantitatives précises (ICP-OES) pour les polluants (PCB et FSM) et pour les métaux précieux (Au, Ag et Pd).

#### Analyses chimiques

L'essai par lots a traité 22'550 kilogrammes de DEEE. À partir de ces déchets, 19 fractions ont été générées manuellement avec une masse totale de 6'750 kilogrammes, et 27 fractions (le reste) mécaniquement. Sept de ces fractions ont été étudiées. N'ont pas fait l'objet de l'étude les fractions métalliques pures (fer [Fe]: 5'671 kilogrammes, aluminium [Al]: 1'263 kilogrammes, cuivre [Cu]: 1'709 kilogrammes; Fe/Al/Cu issus de moteurs électriques: 1'163 kilogrammes), représentant un total de près de 45% de la masse totale de l'essai par lots.

Quatre des six fractions de matières plastiques issues du traitement mécanique ont été étudiées. Dans la mesure où elles contenaient des circuits intégrés, elles ont été amenées dans des fonderies de cuivre et, si elles contenaient des métaux, dans des procédés de séparation externes en vue d'en récupérer les métaux contenus (en particulier le cuivre et les métaux nobles) et les polymères. Les masses de fractions correspondantes représentaient, avec respectivement 2'744 kilogrammes, 2'843 kilogrammes et 1'830 kilogrammes, près de 35% de la masse totale de l'essai par lots.

Trois des fractions légères de broyage, qui sont transportées par un courant d'air, ont été également étudiées. L'analyse chimique montre que les circuits imprimés et les câbles/connecteurs IT restent les principaux supports des métaux précieux, et qu'un traitement mécanique de leur proportion massique dans la fraction de poussières fine peut certes amener un certain enrichissement, mais que d'autres fractions, notamment les fractions de matières plastiques, peuvent recevoir et transporter les plus grandes masses de métaux précieux. Il est important de savoir où se trouvent ces métaux précieux (mais également les autres matériaux cibles telles que les PCB) et de prévoir les chemins de traitement en conséquence.

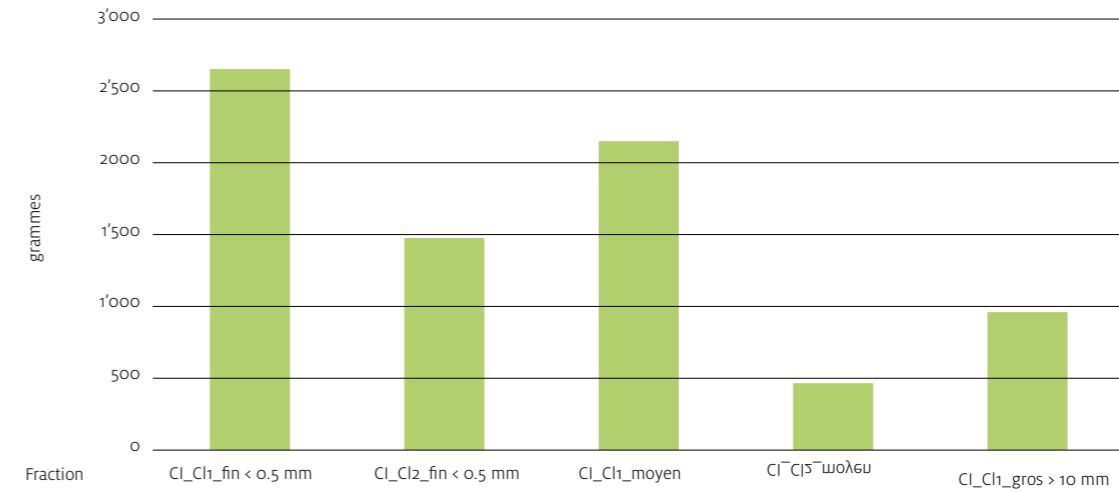
#### Conclusions et perspectives

La composition des matériaux entrants est déterminée dans cet essai par lots en regroupant plus de 50 types d'appareils issus de 22 catégories. Malgré les démontages fins systématiques effectués au LZR au fil de nombreuses années, la composition de plus d'un tiers de la masse de matériaux entrants d'un essai par lots Swico Mix n'est pas déterminée de manière satisfaisante. La génération d'une quantité représentative de DEEE destinés à un montage fin supplémentaire via une méthode de sélection à l'aveugle, l'un des objectifs de cette expérience, ne s'est pas révélée suffisamment solide, ce qui augmente le degré d'incertitude dans les bilans de

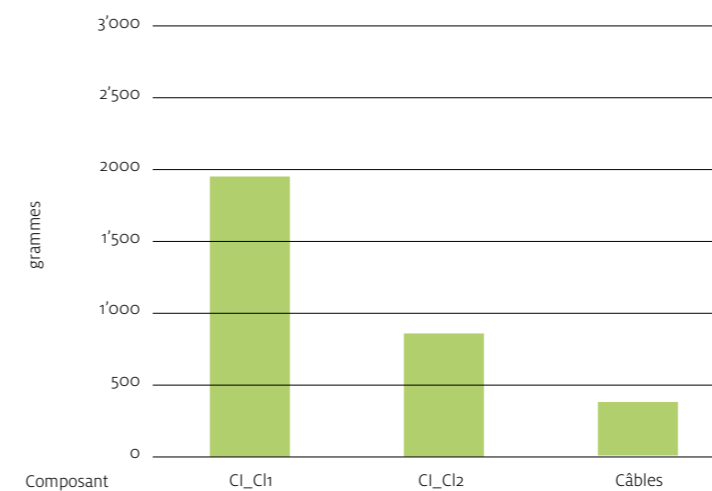
matériaux cibles à plus de 50%. Certaines affirmations ne sont donc pas fondées, par exemple concernant les possibles valorisations des métaux d'un essai par lots Swico. En outre, ce type d'études requiert des efforts considérables disproportionnés, ce qui le rend peu adapté à une mise en œuvre régulière. D'autres approches semblent préférables, par exemple la mesure des pertes de matériaux cibles dans les fractions de départ.

Figure 6: résultat d'analyse (de haut en bas): proportion massique totale des trois métaux précieux or (Au), argent (Ag) et palladium (Pd) en grammes par tonne (ou ppm) dans les circuits imprimés issus du démontage fin qui ont été moulus et criblés. La proportion massique des métaux précieux augmente avec une taille de grain plus petite et atteint, pour les circuits imprimés de la classe 1, des proportions de plus de 2'500 ppm. La proportion massique des métaux précieux est, ce qui n'a rien d'étonnant, la plus élevée dans les circuits imprimés de la classe 1 où elle atteint des valeurs de 2'000 ppm. Ce qui surprend le plus, c'est plutôt la forte teneur en métaux précieux dans les câbles IT ainsi que dans les connecteurs correspondants. La proportion massique des métaux précieux dans les fractions de départ du traitement mécanique est – et cela ne surprendra pas – la plus élevée dans une fraction légère de broyage séparée dans le filtre cyclone. Néanmoins, la fraction de matières plastiques ayant la plus petite proportion massique de métaux précieux est celle qui transporte la plus grande masse de matériaux précieux.

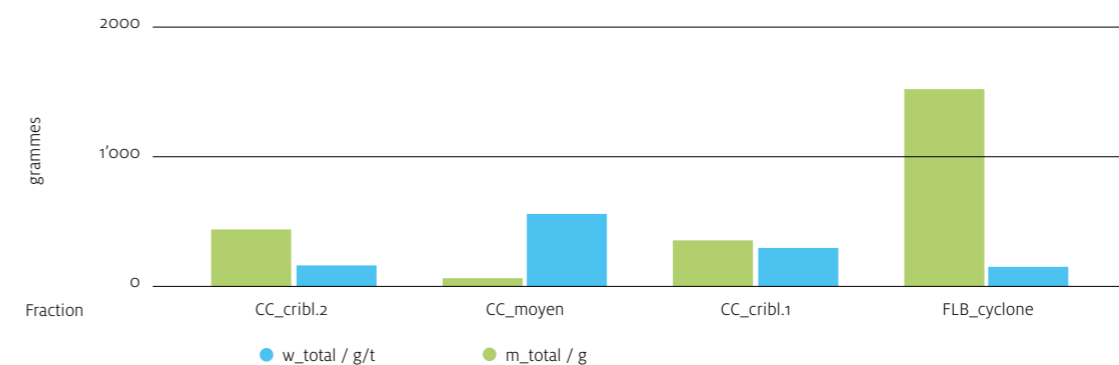
Métaux précieux issu du démontage fin de circuits imprimés



Métaux précieux issu du démontage fin de circuits imprimés



Métaux précieux issus de l'essai par lots pour les câbles et connecteurs ainsi que les fractions légères de broyage



## Secteur en plein essor cherche relève

Flora Conte

Le secteur du recyclage connaît une croissance constante. Le recyclage des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) est toujours plus exigeant. La formation de recycleur/euse permet de préparer une nouvelle génération de professionnels compétents et engagés.

L'économie circulaire et la technique de recyclage font actuellement partie des secteurs économiques connaissant l'essor le plus rapide. En parallèle, les exigences des processus de recyclage augmentent avec les rapides avancées technologiques. Le recyclage des DEEE est particulièrement complexe et en constante évolution. Par exemple, ces appareils contiennent une part croissante de pièces électroniques variées, ainsi que différentes batteries et matières plastiques. Pour leur extraction ou leur récupération, les technologies de recyclage établies aujourd'hui ne sont plus nécessairement la solution optimale. Il faut le reconnaître pour pouvoir finalement optimiser les processus. Il est pour cela nécessaire d'avoir un savoir-faire, par exemple celui de recycleurs et recycleuses correctement formés.

L'apprentissage de recycleur/euse CFC est déjà reconnu en Suisse depuis 2000. Il s'agit aujourd'hui d'une formation unique au monde qui offre aux diplômés de très bonnes perspectives professionnelles, et pas seulement dans le secteur environnemental, en plein essor en Suisse.

Nous avons discuté avec Steve Hörler, qui dirige le centre de collecte SENS/Swico Verwert SA à Au (Saint-Gall), site de Zingg Industrieabfälle AG. Nous lui avons demandé quelle a été l'influence de sa formation sur sa carrière et sur son travail quotidien.

### Qu'est-ce qui vous a poussé à choisir la formation de recycleur?

J'avais déjà fait quelques journées découvertes pour plusieurs apprentissages, mais je n'avais pas encore trouvé ma voie. Ma grand-mère a alors attiré mon attention sur un court-métrage de la SRF au sujet de Thommen SA et du métier de recycleur. J'étais curieux et j'ai fait une journée d'essai. J'ai rapidement remarqué que j'avais trouvé le métier qui me correspondait. En 2009, j'ai donc commencé l'apprentissage.

### Comment votre carrière a-t-elle évolué depuis?

À la fin de mon apprentissage en 2012, je suis d'abord resté dans mon entreprise formatrice. En novembre 2013, j'ai ensuite commencé à travailler comme conducteur d'excavatrice pour Zingg Industrieabfälle SA. Après un accident du travail en 2015, je suis resté longtemps en indisponibilité, mais heureusement, j'avais un supérieur qui a cherché avec moi des possibilités pour pouvoir continuer à m'employer. J'ai commencé à travailler par demi-journées au bureau en étudiant aussi à côté pour le diplôme d'assistant de bureau et pour un diplôme de commerce. Pendant mon année de stage en parallèle de ma formation d'agent technico-commercial, l'entreprise m'a beaucoup apporté. Après l'obtention de mon diplôme en janvier 2019, j'ai pu en apprendre plus sur la vente et apporter une contribution active pendant six mois. En octobre 2019, le poste de responsable de site s'est libéré au sein de Verwert AG, la filiale de Zingg Industrieabfälle SA. Mon supérieur m'a donné la chance de relever ce défi.



Photo 1: Steve Hörler, responsable du centre de collecte et de recyclage Verwert AG (Source: Steve Hörler).

### Dans quelle mesure votre formation vous a-t-elle préparé aux exigences croissantes engendrées par les rapides évolutions de la technique?

La formation m'a donné les connaissances et le bagage nécessaires pour surmonter ces nouveaux défis. Lorsque je vois un appareil pour la première fois, je le démonte déjà dans ma tête, je planifie les différentes étapes de travail et prévois le temps que cela prendra. Cela nécessite de bonnes capacités d'analyse et du bon sens. Deux qualités acquises au cours de ma formation. Les recycleuses et recycleurs bien formés sont recherchés, justement parce qu'ils apportent leurs capacités d'analyse et de résolution des problèmes tout en disposant de vastes connaissances de base en matière de recyclage.

### Qu'est-ce qui vous plaît dans ce métier?

La diversité. D'un côté, il y a les travaux pratiques et la manipulation de machines lourdes, et d'un autre côté, les activités de bureau, mais aussi le tri, la planification et l'analyse. J'ai également la possibilité de beaucoup travailler à l'extérieur et d'être en contact avec les clients.

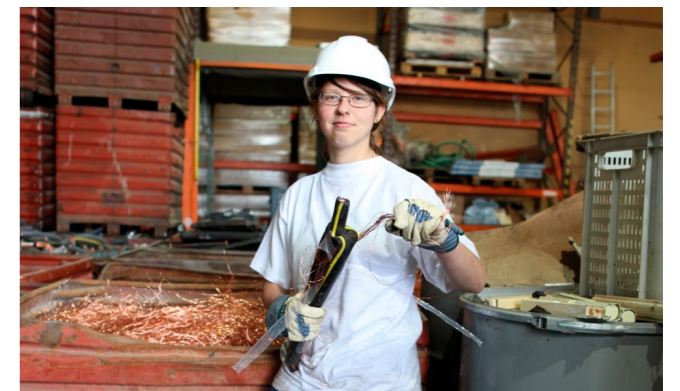


Photo 2: le travail quotidien du recycleur est très varié (Source: R-Suisse).



Photo 3: l'œil entraîné des recycleuses et recycleurs améliore la qualité du tri (Source: Flora Conte).



# Taux de recyclage du gros électroménager – mise à jour

Geri Hug et Anahide Bondolfi

Jusqu'en 2019, la valeur cible du taux de recyclage pour les gros appareils électroménagers en Suisse s'élevait à 75%. Or, ces dernières années, il s'est avéré que certains recycleurs ont eu des problèmes pour atteindre cette valeur. Cela est entre autres lié au fait que le taux de recyclage dépend de la composition des différents appareils et du mix d'appareils. Dans les nouvelles «Directives techniques de Sens et Swico complémentaires à la série de normes SN EN 50625», valables dès le 1<sup>er</sup> janvier 2020, SENS a donc décidé de fixer la valeur indicative pour le taux de recyclage des gros appareils électroménagers en fonction du mix d'appareils entrants.

## Mise à jour des données collectées en 2018

En 2018, la commission technique de Sens a commencé à collecter des données détaillées sur la composition de chaque type de gros électroménager, et à rechercher de nouvelles méthodes pour pouvoir définir de manière adaptée les valeurs cibles des taux de recyclage. Les premières données ont été publiées dans le rapport technique 2019. En 2019, de nouvelles données ont été collectées. Cet article résume les informations présentées dans le rapport 2019, et présente les nouvelles données mises à jour.

## Taux de recyclage influencé par le mix d'appareils entrants

La réalisation d'essais par lots (batches) sert notamment à déterminer de façon standardisée et par flux de traitement le taux de recyclage, à savoir le taux de valorisation matière, de chaque entreprise de recyclage. Jusqu'en 2019, les exigences minimales du taux de recyclage s'inspiraient de la directive DEEE, soit 75% pour les gros appareils électroménagers. Or, depuis 2014, certaines entreprises de recyclage suisses rencontrent des problèmes pour atteindre cette valeur cible. Un taux de recyclage inférieur peut avoir différentes raisons. Certaines sont liées au processus de traitement de l'entreprise, notamment:

- Aucun recyclage ou faible recyclage 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 non métallique la plus fine (RESH)

Toutefois, un faible taux de recyclage peut également provenir d'autres origines non liées au type de traitement de l'entreprise, principalement:

- Faible poids des appareils, surtout pour les 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 comme les fours

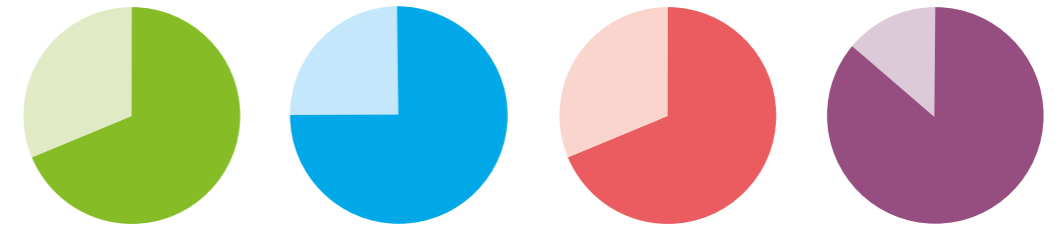
## Méthode pour l'analyse de la composition des appareils par catégorie

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 pour chacune des quatre catégories d'appareils électroménagers (lave-vaisselle, sèche-linge, lave-linge et cuisinière/four). Pour cela, environ dix tonnes d'appareils par catégorie ont été traitées mécaniquement dans des batches distincts auprès de deux entreprises de recyclage mécanique. En complément, environ 2 tonnes d'appareils par catégorie ont été manuellement démontées par un atelier de démantèlement.

Figure 1: composition des appareils.

Part de métaux par catégorie:

- Lave-vaisselle: 69%
- Sèche-linge: 75%
- Lave-linge: 69%
- Four: 86%



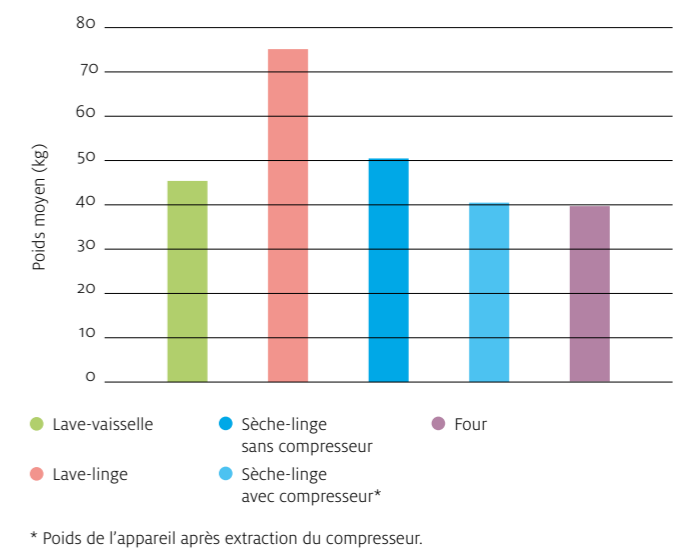
Un poids moyen par catégorie a été calculé (voir figure 2). De plus, les poids de toutes les fractions sortantes ont été déterminés par catégorie. La composition de chaque fraction sortante a ensuite été estimée, soit par des étapes de séparation complémentaires, soit par des analyses. Avec les données saisies dans WF-RepTool, les taux de recyclage obtenus ont été calculés pour chaque catégorie. Les résultats sont présentés à la figure 1. La composition en métal de chaque catégorie indique la quantité de métal qui aurait pu être théoriquement valorisée s'il n'y avait eu aucune perte dans le processus de traitement.

## Perspectives

Les données présentées dans les figures 1 et 2 seront utilisées pour calculer les valeurs indicatives des taux de recyclage pour les batches de gros appareils électroménagers dès 2020. La valeur indicative du taux de recyclage sera donc calculée spécifiquement pour chaque batch, en fonction de la quantité de chaque catégorie d'appareil présent dans le batch en question, et en utilisant le poids moyen présenté en figure 2. Comme défini dans les nouvelles «Directives techniques de Sens et Swico complémentaires à la série de normes SN EN 50625», ces taux de recyclage sont des valeurs indicatives et non plus des objectifs. Etant donné que les écarts entre les taux de recyclage calculés (quantité théorique de métal) chez les trois recycleurs sont importants (écart type de 7%), d'autres campagnes similaires seront menées en 2020

pour obtenir des données plus fiables et plus complètes. En complément, SENS prévoit de renforcer l'analyse du potentiel d'amélioration du taux de recyclage durant les batches, en recherchant les origines des pertes de métaux, à savoir les métaux qui ne suivent pas une filière de valorisation matière. Affaire à suivre ...

Figure 2: poids moyen par catégorie.



## Séchoirs avec pompe à chaleur

Les sèche-linge à pompe à chaleur sont sur le marché depuis une vingtaine d'années. Depuis 2012, seuls des sèche-linge équipés d'une pompe à chaleur sont vendus en Suisse, car c'est la seule technologique qui permet d'atteindre la classe énergétique A (A obligatoire depuis 2012, A+ depuis 2015). Ces sèche-linge sont de plus en plus fréquents parmi les vieux appareils collectés. Les compresseurs sont retirés selon le même procédé que pour les réfrigérateurs («étape 1»). Les sèche-linge dont les compresseurs ont été retirés peuvent ensuite être traités avec les autres gros appareils ménagers. Comme on le voit dans la figure 2, ces appareils sont toutefois plus légers (poids sans compresseurs). De plus, selon le test effectué en 2019, le part de métaux dans ces appareils (après retrait du compresseur) est plus faible. Le part de métaux de 75% dans les sèche-linge présentée en figure 1 correspond à un mix avec environ un tiers de sèche-linge avec pompe à chaleur (après retrait du compresseur), et deux tiers de sèche-linge classiques. La part de métaux dans les tests effectués uniquement avec des sèche-linge classiques est de 78%.

# Le PCB dans les condensateurs, un sujet encore d'actualité

Daniel Savi

Il y a deux ans, la part des condensateurs contenant des PCB dans les déchets d'équipements électriques et électroniques des systèmes de reprise SENS et Swico a été déterminée. Quelle quantité de PCB est mise au recyclage avec les condensateurs? Cette quantité a-t-elle un impact sur l'environnement? Quelles règles doivent être appliquées à l'avenir pour l'élimination des condensateurs?

## Quelle quantité de PCB contiennent les DEEE aujourd'hui?

Auparavant, les grands condensateurs dans les appareils électriques contenaient très souvent des polychlorobiphényles (PCB). Par conséquent, les règles pour l'extraction des polluants avaient pour objectif principal d'éviter l'émission de PCB lors du recyclage. Plus la date de 1986 – l'interdiction d'utilisation des condensateurs contenant des PCB – s'éloigne, plus se pose la question de savoir si les appareils éliminés aujourd'hui sont encore équipés de condensateurs contenant des PCB ou si les règles pour l'extraction des polluants restent appropriées. La part des condensateurs contenant des PCB dans les DEEE en Suisse a été déterminée pour la dernière fois en 2018. Elle atteignait alors entre 1.7 et 2.2% dans le gros électroménager et entre 55 et 76% dans les ballasts de sources lumineuses. Quelle quantité annuelle de PCB représentent les condensateurs des DEEE? Le Büro für Umweltchemie GmbH (bureau de chimie environnementale) s'est penché sur cette question dans le cadre d'une étude de suivi commandée par SENS.

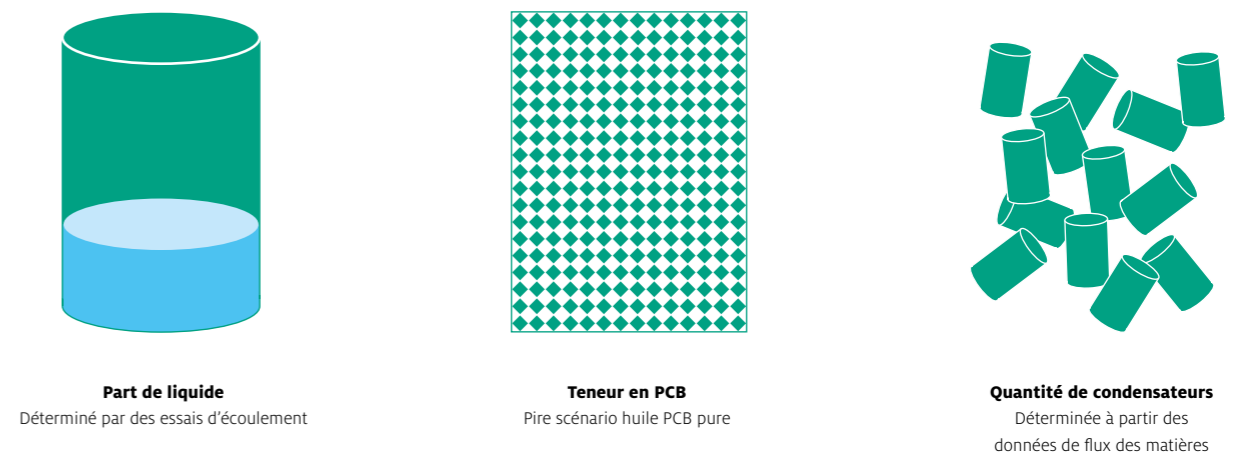
## Quelle quantité de PCB contient un condensateur?

Pour répondre à cette question, il a d'abord fallu déterminer la teneur en liquide dans des condensateurs cylindriques non polarisés. Par cylindriques non polarisés, nous entendons les condensateurs non polarisés supérieurs à 1.5 centimètre et devant aujourd'hui être extraits manuellement. Les condensateurs électrolytiques polarisés n'en font pas partie, car ils ne contiennent pas de PCB. Nous avons vidé 22 condensateurs de leur huile. Après avoir séparé et pesé l'huile s'écoulant spontanément, nous avons laissé s'égoutter le reste du liquide aux deux extrémités ouvertes en haut et en bas des condensateurs pendant quatre mois. Nous avons ensuite déterminé séparément le poids des solides et des liquides. Il en a résulté une masse de liquide s'élevant à 15% du poids total des condensateurs. On sait d'études précédentes que la teneur en PCB dans l'huile de condensateurs contenant des PCB peut dépasser 90%. Pour évaluer la quantité de PCB, nous avons postulé que la part de PCB dans l'huile était de 100%.

## Quelle quantité annuelle de PCB en découle-t-il?

À partir des données de flux des matières relevées chaque année par SENS et Swico auprès des recycleurs, nous connaissons le poids total des condensateurs retirés des DEEE. Ces données ne se rapportent qu'aux appareils soumis à l'OREA. Les appareils du secteur professionnel, par exemple des installations industrielles, ne sont pas compris dans ces flux des matières.

Figure 1: le flux de PCB a été déterminé à partir de la part de liquide dans des condensateurs, d'une teneur en PCB de 100% et des condensateurs éliminés de la quantité annuelle.



D'après la saisie des flux de matières, 38 tonnes de condensateurs sont retirées chaque année des gros appareils électroménagers. À cela s'ajoute 1 tonne retirée des luminaires. Il en ressort que la quantité annuelle de PCB contenue dans les condensateurs des gros appareils électroménagers s'élève à près de 120 kilogrammes. Pour les condensateurs des luminaires, il faut encore compter 100 kilogrammes de PCB par an. La quantité totale de PCB dans les condensateurs des DEEE atteint donc environ 200 à 250 kilogrammes par an.

## Cette quantité de PCB est-elle problématique?

Comment interpréter cette quantité? Représente-t-elle un danger pour l'environnement? Pour répondre à ces questions, nous comparons la quantité dans les condensateurs à la pollution de fond en Suisse. Les données de mesures issues de la surveillance du Rhin près de Bâle permettent de calculer la quantité de PCB que la Suisse déverse annuellement dans le Rhin. Elle s'élevait à environ 30 kilogrammes par an en 2016. Une étude actuelle évalue les émissions atmosphériques de PCB en Suisse à environ 400 kilogrammes par an. La comparaison de ces chiffres indique que les PCB des condensateurs représentent encore une quantité non négligeable. Il faut éviter que ceux-ci ne se retrouvent de façon incontrôlée dans l'environnement. Il faut donc continuer à trier séparément les condensateurs supérieurs à 1.5 centimètre contenant des liquides et à les éliminer dans un incinérateur de déchets spéciaux. Une attention toute particulière doit être apportée aux condensateurs de ballasts. Aujourd'hui, ceux-ci représentent déjà la moitié de la quantité de PCB. Cette part va aller en augmentant, car les luminaires restent en service nettement plus longtemps que les gros appareils électroménagers.



Photo 1: séparation de solides et liquides au bout d'une période d'écoulement de quatre mois.



Photo 2: la majeure partie du liquide s'écoule spontanément après l'ouverture.

## Le recyclage des sources lumineuses en changement

Flora Conte

Plus d'un visiteur de centres de collecte s'est déjà creusé la tête sur la distinction entre une source lumineuse soumise à l'OREA et une ampoule à incandescence. Aujourd'hui, le tri est encore plus complexe pour les recycleurs de sources lumineuses. Les LED aux formes les plus variées ne doivent par exemple pas être confondues avec des lampes à décharge. Qu'est-ce que cela signifie pour les recycleurs de sources lumineuses?

Aujourd'hui, les lampes à décharge contenant du mercure sont encore souvent déposées dans les centres de collecte. En parallèle, de plus en plus de lampes LED de types très différents sont collectées. Le changement continu de nos types de sources lumineuses reflète les tendances décisionnelles générales du secteur de l'environnement et de la santé: malgré leur lumière agréable, il n'est plus possible de vendre des ampoules à incandescence, car elles sont considérées comme inefficaces sur le plan énergétique et que le législateur a interdit leur commercialisation. Le mercure des lampes à décharge n'est plus le bienvenu aujourd'hui pour des raisons toxicologiques. Les lampes LED sont apparues sur le marché comme une solution efficace sur le plan énergétique et émettant peu de polluants. La lumière des LED actuelles n'est toutefois pas indiquée pour toutes les utilisations. On continue donc de chercher, ce qui donne régulièrement lieu à des innovations. Les premières lampes LCC (Laser Crystal Ceramics) affluent déjà sur le marché.

### Nouvelles solutions, nouveaux problèmes

Quelles conséquences à moyen terme pour le recyclage des sources lumineuses? Les sources lumineuses contenant des polluants continuent leur déclin. Malgré tout, l'élimination spécialisée du mercure contenu dans les lampes va rester une priorité à l'avenir. La composition des matériaux recyclables va dans le même temps être modifiée: moins de verre, plus d'électronique. Les formes de lampes vont fortement varier. Des sources lumineuses toujours plus petites et à durée de vie toujours plus longue sont déjà de plus en plus souvent intégrées aux luminaires, de telle sorte que certaines sources lumineuses ne se distinguent pas des luminaires ou ne s'en séparent pas.

### L'avenir du recyclage des sources lumineuses

Il est certain que les sources lumineuses vont continuer de contenir de l'électronique et devront être collectées et valorisées dans des systèmes de recyclage adaptés. Les sources lumineuses contenant des polluants vont encore être utilisées. Une partie du recyclage des sources lumineuses pourrait fusionner avec le recyclage des petits appareils. Une autre partie nécessitera des installations de recyclage spécialisées comme aujourd'hui. Au cours des prochaines années, les recycleurs de sources lumineuses devront probablement faire face à un défi: au sein du système SLRS, les sources lumineuses contenant des polluants et les luminaires sans polluants devront être traités séparément et ne plus être mélangés. La charge de travail en matière de tri va donc augmenter en conséquence. La diversité de l'évolution des sources lumineuses exige des recycleurs un personnel expérimenté, plus de temps et plus d'espace. La nécessité de la collaboration avec SLRS reste également d'actualité, malgré les évolutions technologiques.

Photo 1: les lampes LED triées sont souvent très difficiles à différencier des lampes à économie d'énergie ou des ampoules à incandescence sans personnel expérimenté (Source: Flora Conte).

Photo 2 de la page suivante: la distinction entre les ampoules à incandescence et les sources lumineuses soumises à l'OREA est déjà un défi aujourd'hui (Source: SLRS).



## Correct

Toutes les lampes à vapeur de mercure, lampes à vapeur de sodium, lampes aux halogénures métalliques, lampes à faible consommation d'énergie, lampes à induction et lampes LED

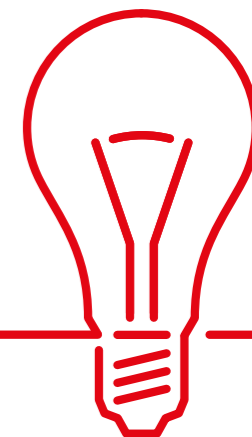


Sans emballage en carton!  
Sans boîte en carton!  
Pas de déchets!



## Incorrect

Tous types d'ampoules



# Économie circulaire

## pour le recyclage des DEEE: sommes-nous sur la bonne voie?

Heinz Böni et Rolf Widmer

Les déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) contiennent un grand nombre de matériaux aux caractéristiques très variées. Pour garantir un vaste éventail de fonctionnalités, les téléphones mobiles comportent par exemple environ 40 métaux différents. La coexistence de matériaux économiquement intéressants, de matériaux rares, mais économiquement inintéressants dans certaines circonstances, et de matériaux présentant des caractéristiques dangereuses, rend le recyclage particulièrement complexe.

Pour l'essentiel, le recyclage des DEEE poursuit aujourd'hui deux objectifs: (1) la récupération de matériaux recyclables et (2) l'extraction et la valorisation ou l'élimination de polluants dans le respect de l'environnement.

En Suisse, les DEEE collectés sont d'abord traités manuellement, c'est-à-dire qu'on retire les éléments et les composants qui contiennent des polluants particulièrement dangereux et une part élevée de matériaux recyclables. Des entreprises en Suisse effectuent ensuite un traitement préalable mécanique des déchets qui en résultent et les fractions sont soit recyclées ou soumises à une valorisation thermique en Suisse, soit envoyées à l'étranger pour des traitements fins spécialisés, directement ou via une chaîne de processus permettant de récupérer les métaux et certains polymères plastiques. Le type et la qualité du prétraitement sont déterminants pour le degré de récupération atteignable lors des processus de traitement final. En d'autres termes: ce sont les premières étapes du processus qui décident si les matériaux terminent au bon endroit et peuvent ensuite être recyclés ou s'ils sont perdus.

La série de normes SN/EN 50625 définit les exigences administratives, organisationnelles et techniques qui régissent toute la chaîne de traitement des DEEE, de la collecte à la valorisation finale ou à l'élimination. Elle précise notamment les indicateurs quantitatifs pour l'évaluation et la surveillance de la performance du traitement des DEEE. Elle fixe aussi des valeurs cibles pour le prélèvement de composants contenant

des polluants comme les condensateurs ou les batteries, des valeurs limites pour les polluants comme les polychlorobiphényles (PCB) ou le cadmium (Cd) dans les fractions non métalliques les plus fines du traitement mécanique, et des exigences de performance pour la valorisation dans les fonderies de cuivre spécialisées grâce à des valeurs cibles pour le taux de recyclage et de valorisation et le rendement pour le cuivre (Cu), l'or (Au), l'argent (Ag) et le palladium (Pd).

Des essais standardisés définissent le taux de recyclage et de valorisation permettant de déterminer le degré de récupération des composants de déchets électriques recyclables ou énergétiquement valorisables. Le taux de recyclage (TR) établit un rapport entre la masse totale de tous les matériaux à base de métal et de matières plastiques récupérés et revalorisables et la masse totale d'appareils traitée. Par rapport au TR, le taux de valorisation (TV) prend également en compte la masse totale des matériaux thermiquement revalorisables, c'est-à-dire qui des matériaux qui n'ont pas pu être recyclés, mais qui présentent une teneur énergétique exploitable capable de se substituer à d'autres sources d'énergie. Dans le contexte des DEEE, ce sont surtout les matières plastiques qui présentent des teneurs en polluants supérieures aux valeurs limites légales et qui doivent donc être soumises à une valorisation thermique.

Les deux taux sont par conséquent des fractions de masse totale qui ne prennent pas en compte des aspects essentiels de la qualité du traitement des appareils E+E usagés:

- Dans le cas du TR, ce sont principalement les métaux à masse élevée tels que le fer (Fe), le cuivre (Cu) et l'aluminium (Al) ainsi que les matières plastiques qui déterminent le taux. En d'autres termes, les matériaux à masse moins élevée, par exemple l'or (Au), le palladium (Pd) ou l'argent (Ag), ne sont pas pris en compte. Le TR ne donne ainsi aucun renseignement sur le degré de récupération des matériaux à masse moins élevée.
- Les taux atteignables dépendent de la composition du matériau entrant, qui varie au cours du temps et selon le lieu indépendamment de la performance de traitement. C'est-à-dire que le TR ne donne aucun renseignement sur le degré de récupération d'une procédure de traitement (rapport entre le matériau cible récupéré et sa présence dans les DEEE traités.)
- Les effets environnementaux de la récupération de certains matériaux cibles sur les DEEE ne sont pas relevés, bien que la récupération des métaux technologiques rares des DEEE entraîne dans la majorité des cas une pollution bien moindre que pour leur production primaire. C'est-à-dire que les taux de recyclage et de valorisation (TRV) ne donnent aucun renseignement sur l'avantage environnemental du traitement.

Pour déterminer si des éléments et composants contenant des polluants ont été enlevés des appareils avant un traitement mécanique, certaines fractions sont analysées dans cette optique et comparées aux valeurs limites:

- La comparaison de la fraction massique d'un matériau cible dans une fraction avec sa valeur limite est indépendante de cette masse de la fraction. Ce principe est applicable pour une mesure individuelle mais ne l'est pas pour garder une vue d'ensemble. Il entraîne une perte d'informations importantes, par exemple la répartition de la masse totale du polluant dans toutes les fractions, en particulier celles dans lesquelles il n'est plus possible de séparer le polluant. Par exemple, à première vue, une fraction de poussière avec une teneur en PCB de 60 ppm est plus problématique qu'une fraction légère de broyage avec une teneur en PCB de 10 ppm. Mais si l'on considère les masses de fractions (par exemple 20 kilogrammes de poussière et

2'000 kilogrammes de RESH, on constate que la fraction de poussière contient «seulement» 1.2 gramme de PCB, et la fraction légère de broyage, en revanche, 10 grammes de PCB. Les deux fractions sont incinérées à l'heure actuelle, ce qui permet d'éliminer la totalité des PCB. Mais ce qui dérange, c'est que, pour une valeur limite de 50 ppm, la surveillance en termes de contribution significative de PCB est aveugle. Cette situation devient inquiétante quand une pollution significative aux PCB inférieure à la valeur limite n'est pas menée à l'incinération, mais au recyclage via des fractions de matières plastiques. Le risque est alors que des substances dangereuses soient intentionnellement ou non recyclées avec les polymères et donc restent dans le circuit.

- L'évaluation s'appuie sur un nombre peu élevé de polluants. Parmi les polluants non surveillés, on compte notamment l'amiante, d'autres substances inquiétantes présentes dans les condensateurs, ainsi que les chloroalcanes, les phtalates, l'antimoine (Sb) ou encore le chrome (Cr), etc.

Les points faibles mentionnés des indicateurs actuels laissent donc entrevoir une image incomplète, déformée voire complètement fautive de la qualité de la récupération des matériaux recyclables et de l'extraction des polluants hors des DEEE, et soulignent que les exigences vis-à-vis d'une économie circulaire des déchets ne suffisent pas. Une telle économie doit assurer que les matériaux cibles gardent la même qualité dans le circuit ou soient séparés et éliminés dans le respect de l'environnement. Pour atteindre cet objectif, il faut des indicateurs qui évaluent tant la circularité des matériaux cibles que leurs impacts sur l'environnement. Ce faisant, il n'est pas nécessairement vrai que la récupération maximale de matériaux recyclables présente la meilleure performance environnementale. Les indicateurs satisfaisant aux exigences mentionnées ont un effet directeur positif vers une économie circulaire durable. L'objectif du développement des indicateurs consiste à améliorer le traitement des DEEE en matière de récupération de matériaux recyclables et d'extraction des polluants en tenant compte des effets environnementaux au moyen d'une méthodologie et d'indicateurs appropriés.

# Le programme SRI

## entre dans sa deuxième phase

Andreas Bill et Heinz Böni

En tant que membres de l'organe de suivi consultatif, SENS eRecycling et Swico ont œuvré entre 2014 et 2018 à la mise en place du programme Sustainable Recycling Industries (SRI), financé par le Secrétariat d'État à l'économie (SECO). Depuis mi-2019, ce programme est entré dans une deuxième phase qui doit se poursuivre pendant quatre ans. En tant que mandataire et centre de compétence technique, le Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherche (Empa) continue de prendre en charge les missions principales.

La longue expérience et la collaboration positives avec les systèmes et les recycleurs suisses constituent ainsi une base essentielle permettant de soutenir efficacement le développement de systèmes nationaux de gestion des déchets électroniques dans les pays partenaires du SRI que sont la Colombie, le Pérou, l'Égypte, le Ghana et l'Afrique du Sud.

La valorisation incontrôlée des déchets électroniques dans le secteur dit informel entraîne dans de nombreux pays émergents et en développement une pollution accrue et des risques pour la santé des personnes impliquées. En parallèle, la valorisation des déchets électroniques dans ces pays reste tout de même un moyen de subsistance pour de nombreuses personnes. En particulier, la collecte est souvent organisée efficacement grâce à la valeur matérielle positive des déchets électroniques et ne présente pas de risques conséquents. De nombreux appareils sont également réparés et les composants intacts des appareils défectueux sont revendus comme pièces de rechange, permettant ainsi de conserver les ressources à un plus haut niveau dans le circuit des matériaux que par le biais d'un recyclage direct. Les structures existantes dans les pays où le secteur informel est le principal acteur du traitement des déchets électroniques peuvent donc être tout à fait évaluées positivement dans de nombreux domaines. Pour toutes ces raisons, les programmes financés par SECO depuis 2003 ont constamment adopté une approche globale et visé un développement commun des capacités des institutions et des acteurs privés de l'économie prenant en compte le secteur informel.

La deuxième phase du programme SRI<sup>1</sup>, dirigée par l'Empa<sup>2</sup> en coopération avec la World Resources Forum Association (WRFA)<sup>3</sup> et d'autres partenaires nationaux et internationaux, continue de s'appuyer sur le modèle éprouvé utilisé jusqu'à présent. La priorité du programme consiste à créer des conditions générales avantageuses pour le développement d'une industrie durable du recyclage des déchets électroniques. Les pays partenaires de la deuxième phase sont le Ghana, l'Égypte, l'Afrique du Sud, la Colombie et le Pérou. En collaboration avec les gouvernements, les organes décisionnels des industries privées, les organismes de normalisation et les partenaires de recyclage, le programme vise à poursuivre, dans le cadre des volets respectifs à chaque pays, les objectifs généraux suivants:

1. Élaboration d'une politique nationale et d'un cadre juridique pour le traitement des déchets électroniques.
2. Définition d'exigences normatives et de critères de conformité pour le recyclage des déchets électroniques comprenant la mise en place d'un système d'audit indépendant et la formation des auditeurs.
3. Optimisation de chaînes de création de valeur durables et professionnalisation de l'industrie du recyclage.
4. Élaboration et mise en œuvre de meilleures pratiques pour le traitement des fractions problématiques.

La structure générale reste ainsi identique pour tous les pays partenaires. Les activités sont cependant planifiées individuellement et les priorités sont adaptées aux besoins respectifs.

Ce faisant, il est possible de tenir compte de façon ciblée des différents stades de développement de la gestion des déchets électroniques dans les pays partenaires.

Pour renforcer la collaboration et les échanges entre les pays partenaires du SRI et la communauté internationale, la deuxième phase du programme comporte également un volet mondial. Cela doit garantir l'utilisation optimale des synergies, aussi bien entre les pays cibles qu'avec les autres programmes et initiatives, et l'exploitation, la communication et la publication ciblées des résultats du programme.

En collaboration avec l'initiative StEP<sup>4</sup>, le premier fruit de ce volet mondial a été l'élaboration d'un manuel sur le tri et le traitement des matières plastiques issues des déchets électroniques<sup>5</sup> au cours de l'année dernière. Le contenu de ce document se base sur les expériences et la connaissance des processus acquise pendant la première phase du programme, en particulier en Inde (voir aussi l'article sur le SRI I dans le rapport technique 2018), et mise en pratique plus tard dans d'autres pays partenaires du SRI sous forme d'ateliers et de formations. Le manuel contient des informations générales relatives aux matières plastiques et aux additifs. Il explique comment reconnaître et trier les déchets électroniques plastiques appropriés avec des méthodes simples, et comment extraire les substances problématiques (voir illustration). Les autres chapitres abordent les possibles processus de valorisation ultérieurs et la commercialisation des matières plastiques recyclées, ainsi que le traitement et les possibilités d'élimination des fractions non commercialisables et/ou contaminées dans le contexte local.

En exploitant de manière ciblée les expériences et les résultats du SRI I dans un manuel structuré pour la mise en pratique et l'accès public, les méthodes développées dans le cadre du SRI en matière de valorisation des matières plastiques doivent dépasser les limites du programme. La collaboration avec l'initiative StEP a également permis de rendre ce document accessible dès le départ à un vaste réseau d'organisations et de parties prenantes actives dans les domaines des déchets plastiques et des déchets électroniques. Dans le cadre du volet mondial du SRI II, d'autres partenariats de ce type doivent continuer à être conclus et utilisés pour diffuser plus largement dans un contexte mondial les stratégies et les méthodes élaborées dans les programmes financés par le SECO.

<sup>1</sup> [www.sustainable-recycling.org](http://www.sustainable-recycling.org) – Sustainable Recycling Industries.

<sup>2</sup> [www.empa.ch/tstl](http://www.empa.ch/tstl) – Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherche/département Technologie et Société.

<sup>3</sup> [www.wrforum.org](http://www.wrforum.org) – World Resources Forum.

<sup>4</sup> [www.step-initiative.org](http://www.step-initiative.org) – L'initiative Solving the E-waste Problem est une plate-forme indépendante aux multiples parties prenantes qui élabore des stratégies abordant toutes les dimensions de l'électronique dans un monde toujours plus numérisé.

<sup>5</sup> [www.sustainable-recycling.org/reports/processing-of-wEEE-plastics-a-practical-handbook](http://www.sustainable-recycling.org/reports/processing-of-wEEE-plastics-a-practical-handbook) – lien vers le PDF.

**Worst Practices:** Combustion de matières plastiques de câbles pour la récupération de cuivre au Ghana. Processus de détection et de tri systématiques de matières plastiques issues de déchets électriques.

**Second Life:** Les appareils défectueux peuvent souvent être réparés et revendus sur le marché des occasions.

# Exécution déléguée des cantons: histoire d'une réussite

Roman Eppenberger et Alois Villiger

La délégation de l'exécution par les cantons à Swico et SENS peut être considérée comme l'histoire d'une réussite. L'étroite collaboration entre les systèmes et les offices de l'environnement des cantons ne présente que des avantages pour tous.

Depuis le 1<sup>er</sup> juillet 1998, les exigences relatives à l'élimination des appareils électriques et électroniques sont régies par l'ordonnance sur la restitution, la reprise et l'élimination des appareils électriques et électroniques (OREA). Différents groupes de travail réunissant des représentants du secteur de la collecte des déchets, des associations et des autorités ont élaboré les réglementations détaillées nécessaires à l'exécution pratique de l'ordonnance, et en particulier les exigences techniques en matière d'élimination dans le respect de l'environnement et des ressources. Ils les ont ensuite réunies dans une aide à l'exécution.

La collaboration établie lors de l'élaboration de l'aide à l'exécution entre Swico et SENS en leur qualité de responsables des systèmes, et les services spécialisés chargés de l'autorisation des cantons de Zurich et d'Argovie a été poursuivie avec succès lors de la mise en œuvre pratique. Elle a même été élargie;

le contrôle des ateliers de démontage a été ajouté à la liste des prestations. Sur la base de ces bonnes expériences, les cantons de Zurich et d'Argovie ont officiellement délégué aux deux organisations Swico et SENS les contrôles des entreprises dans le domaine du recyclage des appareils électriques et électroniques. Les détails des missions de contrôle déléguées et de l'élaboration de rapports à l'attention des services cantonaux spécialisés ont été définis dans un contrat entre Swico, SENS et les cantons de Zurich et d'Argovie.

Depuis 2007, Swico et SENS contrôlent donc aussi bien les aspects relatifs à l'OREA que les domaines liés à la protection de l'eau et à la qualité de l'air. Depuis 2011, SENS et Swico s'occupent plus activement d'élargir l'exécution déléguée à d'autres cantons. Au cours des années qui ont suivi, la liste des délégations s'est étendue aux cantons de Thurgovie, de Saint-Gall, d'Appenzell Rhodes-Extérieures, de Schaffhouse, de Bâle-Campagne et de Zoug.

À partir de 2015, un nouveau sujet a été abordé: la série de normes CENELEC SN/EN 50625 est officiellement disponible, et Swico et SENS la testent comme base des audits dans le cadre d'un projet pilote.

Le succès de la phase de test a conduit Swico à réaliser ses audits uniquement selon la norme SN/EN 50625 à partir de 2017, et à partir de 2020, SENS effectuera également ses audits selon cette série de normes. L'introduction de la série de normes CENELEC SN/EN 50625 a également nécessité l'adaptation des modèles de protocoles pour les audits de contrôle et du manuel des auditeurs aux nouvelles prescriptions. La série de normes européennes contenant également des prescriptions contraires au droit suisse ou n'allant pas assez loin au goût des systèmes, la commission technique (CT) Swico/SENS a élaboré un document supplémentaire (CENELEC-CH) qui précise les différences. Ce document a été retravaillé en 2019 et renommé «prescription technique complémentaire» (eTV). Tous les documents retravaillés ont été également présentés aux offices de l'environnement des cantons pour les informer de la nouvelle orientation alignée sur une norme industrielle internationale.

Récemment, le contrôle des centres de collecte a été ajouté au cahier des charges de la délégation. En tant que responsables des centres de collecte, Roger Gnos de Swico et Roman Eppenberger de SENS participent déjà depuis longtemps aux séances annuelles avec les cantons. La mise en œuvre de cet élargissement a donc été rapide et simple.

Le sujet des piles lithium-ion est régulièrement à l'ordre du jour des séances annuelles. En raison du risque d'incendie et de la manipulation dangereuse de ces puissants types de piles, il est nécessaire de faire preuve de plus de prudence dans leur traitement et d'organiser en parallèle plus de formations pour toutes les entreprises de la chaîne de collecte. Pour résumer, l'étroite collaboration entre les systèmes et les offices de l'environnement des cantons a généré les avantages suivants:

- Charges réduites pour les entreprises contrôlées et les services cantonaux spécialisés
- Contrôle et évaluation systématiques des entreprises sur la base de cycles et de critères de contrôles clairement définis
- Échanges techniques intensifs entre Swico, SENS et les services cantonaux spécialisés, y compris la discussion autour des possibilités d'optimisation

L'utilisation intensive de l'accompagnement pour les audits des entreprises de recyclage par les services spécialisés des cantons prouve que ceux-ci apprécient la compétence de l'activité d'audit des auditeurs de la CT Swico/SENS, et que cette collaboration vécue sur une base volontaire représente une aide totalement viable et moderne pour l'avenir.



**Flora Conte**  
CT Swico/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.



**Anahide Bondolfi**  
CT Swico/SENS, Abeco GmbH

Anahide Bondolfi est titulaire d'un bachelors en biologie et d'un master en sciences de l'environnement de l'Université de Lausanne. Elle débute son activité dans le secteur des déchets électriques en 2006, pendant son travail de master effectué en Afrique du Sud, en collaboration avec l'Empa. Elle travaille ensuite pendant près de dix ans comme conseillère environnementale et cheffe de projet dans deux entreprises suisses de conseil environnemental, tout d'abord chez LeBird à Prilly, puis chez Sofies à Genève. En janvier 2017, elle crée la société Abeco Sàrl. Elle est membre de la commission technique Swico/SENS depuis 2015. Elle réalise quasi la moitié des audits des entreprises de démontage de Swico et SENS. Depuis 2016, Anahide Bondolfi audite également plusieurs recycleurs et centres de collecte SENS.



**Michael Gasser**  
Organisme d'évaluation de la conformité Swico  
SN 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.



**Niklaus Renner**  
CT Swico/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 environnementale du recyclage des métaux usagés et des appareils usagés. 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.



**Heinz Böni**  
Directeur de l'organisme d'évaluation de la conformité Swico  
Série de normes SN 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.



**Daniel Savi**  
CT Swico/SENS, Büro für Umweltchemie

Daniel Savi a obtenu son diplôme d'ingénieur en environnement à l'EPF de Zurich. Après ses études, il travaille 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 intègre 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.



**Roman Eppenberger**  
Responsable du contrôle technique SENS,  
Responsable Technologie et qualité 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.



**Alois Villiger**  
Retraité

Après des études et un doctorat au département de chimie organique de l'EPF de Zurich, Alois Villiger travaille pendant six ans comme chimiste analytique à l'Empa de Saint-Gall. Il dirige ensuite la Société suisse de la gestion des déchets spéciaux (GESO), venant alors juste d'être créée, à Emmenbrücke. De 1988 à 2014, date de sa retraite, il exerce diverses fonctions au sein du service Gestion des déchets de l'Office pour les déchets, les eaux, l'énergie et l'air (ODEEA) du canton de Zurich. Le suivi des entreprises d'élimination des DEEE dans le canton de Zurich figurait parmi ses domaines de compétences. Il a été également représentant des pouvoirs publics dans des instances et groupes de travail divers chargés de la mise en œuvre pratique et du perfectionnement des réglementations légales relatives à l'OREA.



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

Rolf Widmer est titulaire d'un diplôme d'ingénieur électricien (Msc. ETH EE) et suit des études post-grade NADEL (MAS) à l'EPF de Zurich. Il fait de la recherche pendant plusieurs années à l'Institut d'électronique quantique de l'EPF et travaille aujourd'hui au Technology and Society Lab de l'Empa, l'institut de recherche sur les matériaux de l'EPF. Rolf Widmer dirige actuellement différents projets dans le secteur de la gestion des déchets électroniques et, dans ce cadre, s'intéresse aux circuits fermés de matériaux de l'électromobilité. Il est particulièrement intéressé par la récupération des métaux rares qui s'accumulent de plus en plus dans les « mines urbaines ».



**Roger Gnos**  
Contrôle technique, conseiller à la sécurité  
Membre de Swico et de la CT Swico/SENS

L'histoire de Roger Gnos et du recyclage remonte à 1991. Il a donc vécu et participé activement au développement du recyclage des appareils électriques usagés. Pendant près de 20 ans, il est directeur d'une entreprise de traitement des DEEE. Cela fait à peu près huit ans qu'il exerce une activité de conseiller des centres de collecte et de conseiller à la sécurité chez Swico Recycling. Il est fasciné par la technique, mais également par les hommes qui rendent possible l'activité du recyclage.



**Geri Hug**  
CT Swico/SENS, IPSO ECO AG

Après des études de chimie, suivies d'un doctorat à l'Institut de chimie organique de l'Université de Zurich, Geri Hug devient collaborateur scientifique et chef de projet chez IPSO ECO AG à Rothenburg (anciennement Roos + Partner AG, Lucerne). De 1994 à 2011, il est partenaire, puis à partir de 1997 également directeur d'IPSO ECO AG. En plus des conseils environnementaux prodigués dans 15 branches, conformément aux codes EAC, il accompagne également des audits environnementaux et des rapports d'impact sur l'environnement, conformément à l'OEIE. Geri Hug établit également des comptes rendus et des analyses des risques conformément à l'OPAM ainsi que des bilans écologiques des entreprises et des produits, et valide des rapports sur l'environnement. Geri Hug est expert de l'organe de contrôle de la Fondation SENS pour le secteur de l'élimination des appareils électriques et électroniques. Il est également Lead Auditor pour des systèmes de gestion de l'environnement selon la norme ISO 14001 chez SGS. Il est membre du groupe de travail CENELEC qui s'intéresse au développement de standards pour le recyclage écologique des appareils de réfrigération. Depuis mars 2019, il prête main-forte à la CT SENS/Swico dans le cadre d'activités de projet.



**Andreas Bill**  
Organisme d'évaluation de la conformité Swico  
SN EN 50625, Empa

Andreas Bill obtient son master en gestion de l'énergie et durabilité à l'EPF de Lausanne. Il accomplit ensuite son service civil à l'Empa, où il se familiarise avec le secteur des déchets électriques. Depuis 2019, il y travaille comme collaborateur scientifique au département Technologie et Société. Sa mission principale est de soutenir les projets de mise en place de systèmes de recyclage de DEEE dans les pays émergents et en développement. Il est également membre de la CT SENS/Swico et réalise l'audit des recycleurs Swico depuis 2020.



### 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 40 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 placée sous la direction de l'Université des Nations Unies (UNU). Elle regroupe non 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 19 systèmes de reprise européens et, depuis janvier 2015, l'interlocuteur privilégié des fabricants et autres acteurs du marché quant à l'ensemble de leurs obligations.

### 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/care](http://www.empa.ch/care)

L'Empa est un institut de recherche de l'EPF consacré à la science des matériaux et aux applications technologiques. Depuis le début des activités de recyclage de Swico en 1994, l'Empa se charge d'auditer les partenaires de recyclage Swico, en tant qu'organisme d'évaluation de la conformité des partenaires de recyclage Swico, sous la responsabilité du groupe «CARE – Critical Materials and Resource Efficiency», dirigé par 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 messages 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», 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», 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», 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 «UmweltInfos» et «UmweltFacts», 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», 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», 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 «Abfallwirtschaft», des informations générales ainsi que des notices sur les déchets. L'Association des communes zougaises pour la gestion des déchets (ZEBa) fournit des informations détaillées sur la collecte des différentes fractions de matériaux recyclables sur son site Internet [www.zebazug.ch](http://www.zebazug.ch).

### Contact

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)

Swico

Lagerstrasse 33  
8004 Zurich  
Téléphone +41 44 446 90 90  
[info@swicorecycling.ch](mailto:info@swicorecycling.ch)  
[www.swicorecycling.ch](http://www.swicorecycling.ch)

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

Altenbergstrasse 29  
Case postale 686  
3000 Berne 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 Swico

Série de normes 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)

Organisme d'évaluation de la conformité Swico

Série de normes SN EN 50625

c/o Empa  
Heinz Böni  
Département 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

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

Ce rapport technique est publié en allemand, en anglais et en français. Il est disponible sur les sites [www.eRecycling.ch](http://www.eRecycling.ch), [www.swicorecycling.ch](http://www.swicorecycling.ch) et [www.slrs.ch](http://www.slrs.ch) sous forme de publication en ligne et de PDF à télécharger.

Concept, graphisme

SUAN Conceptual Design GmbH  
[www.suan.ch](http://www.suan.ch)

© 2020 SENS, Swico, SLRS

Partage (également sous forme d'extraits) expressément souhaité avec mention de la source et copie à SENS, Swico, SLRS