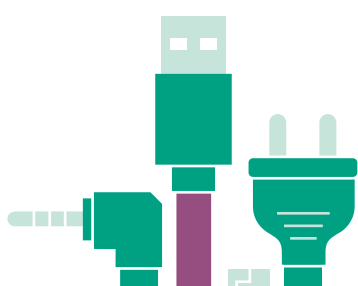


RAPPORT TECHNIQUE 2022



Rapport technique

2022

01	Avant-propos	3
02	Portrait – systèmes de recyclage	4–5
03	Commission technique et CENELEC	6–7
04	Quantités 2021	8–11
05	Appareils frigorifiques	12–15
06	Réutilisation dans le canton de Genève	16–17
07	Révision CENELEC	18–19
08	Ballasts de lampes	20–23
09	Recyclage des LED	24–25
10	Condensateurs dans les blocs d'alimentation	26–29
11	Formation auditeur déchets électroniques au Ghana dans le cadre du programme SRI	30–31
12	Recyclage des matières plastiques issues de DEEE	32–33
13	Fonds Swico pour l'innovation	34–35
14	Cours spécialisé de recyclage pour les bénéficiaires de l'aide sociale	36–37
15	25 ans de la commission technique SENS et Swico	38–41
16	Auteurs et autrices	42–43
17	Liens	44
18	Contact et mentions légales	45

Le vent en poupe, cap sur l'économie circulaire

L'éveil du printemps! Après deux années difficiles, marquées par les incertitudes et des arrêts d'activité intempestifs, le secteur du recyclage suisse peut de nouveau envisager l'avenir avec confiance et optimisme. D'importantes décisions politiques et des restructurations internes lui donnent un nouvel élan et font souffler un vent favorable.

Attendue depuis longtemps, la décision du Conseil fédéral concernant l'OREA est enfin arrivée l'automne dernier. L'approbation de la révision technique de l'ordonnance contribue à renforcer le recyclage des appareils usagés et, par conséquent, à boucler encore plus efficacement la boucle des ressources.

Il est intéressant de noter, surtout, l'élargissement du champ d'application ainsi que la concrétisation du catalogue des équipements, laquelle permet une harmonisation par rapport à la liste des équipements de l'UE.

Nous avons suivi avec grand intérêt les discussions relatives à l'initiative parlementaire de révision de la loi sur la protection de l'environnement – et nous y avons activement participé. Cette révision est l'occasion de définir des conditions cadres adaptées pour une économie circulaire respectueuse de l'environnement en Suisse, de renforcer les accords sectoriels qui ont fait leurs preuves et, en même temps, de créer une base légale pour le financement des solutions d'élimination des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE).

Nous nous activons également à l'intérieur du secteur. Ainsi, SENS eRecycling et SLRS ont décidé d'unir leurs forces. Les

deux organisations œuvrent ensemble avec succès depuis plus de 15 ans déjà. Afin de pérenniser leur existence en tant que systèmes de reprise privés, il est toutefois impératif de simplifier les structures et les processus. C'est également dans ce contexte que les deux fondations ont décidé d'aller au-delà de la simple coopération et de fusionner.

Un appui fiable en politique, une grande solidarité au sein du secteur et une forte acceptation de la population qui ne se dément pas: toutes les conditions sont réunies pour répondre aux évolutions toujours plus rapides de l'eRecycling avec des idées innovantes, et surmonter les difficultés que cela engendre – en nous orientant de plus en plus vers une économie circulaire réelle.



Judith Bellaiche
Swico



Pasqual Zopp
SENS

Swico, SENS 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.

À l'occasion de la révision en cours de l'ordonnance sur la restitution, la reprise et l'élimination des appareils électriques et électroniques (OREA), SLRS et SENS ont décidé d'intensifier leur collaboration déjà étroite.

Les deux fondations ont fusionné et se sont regroupées pour former un réseau commun avec effet rétroactif au 1^{er} janvier 2021. SENS a repris l'ensemble des coopérations de SLRS et les poursuit conformément aux accords avec les partenaires de coopération. La simplification des structures et des processus qui accompagne cette fusion présente de nombreux avantages. Elle permet de créer une «Single Point of Contact» pour les clients et partenaires de service de tous les secteurs. Il s'agit là d'une condition importante que doit remplir un système de reprise privé pour disposer de façon pérenne des moyens nécessaires à la réalisation de ses objectifs et les utiliser avec efficacité et rentabilité.

La répartition sur auparavant trois et désormais deux systèmes a des raisons historiques, des systèmes propres à chaque secteur ayant 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 répondre à ses besoins spécifiques. Il a ainsi été possible de vaincre les réserves par rapport à une participation volontaire à un système de reprise. La reprise est aujourd'hui assurée par Swico ou par SENS selon le type d'appareil électrique ou électronique concerné. En 2021, ces deux systèmes ont permis d'éliminer près de 127'100 tonnes de déchets

d'équipements électriques et électroniques usagés. Swico et SENS ont ainsi largement contribué à ce que de précieuses ressources puissent repartir dans le circuit économique. L'interconnexion internationale des 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 qui font 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 respectueux de l'environnement des appareils électriques et électroniques. La TAR est un instrument de financement efficace permettant à Swico et SENS de se charger du traitement professionnel du secteur des appareils qui leur est propre et de relever les défis de l'avenir.

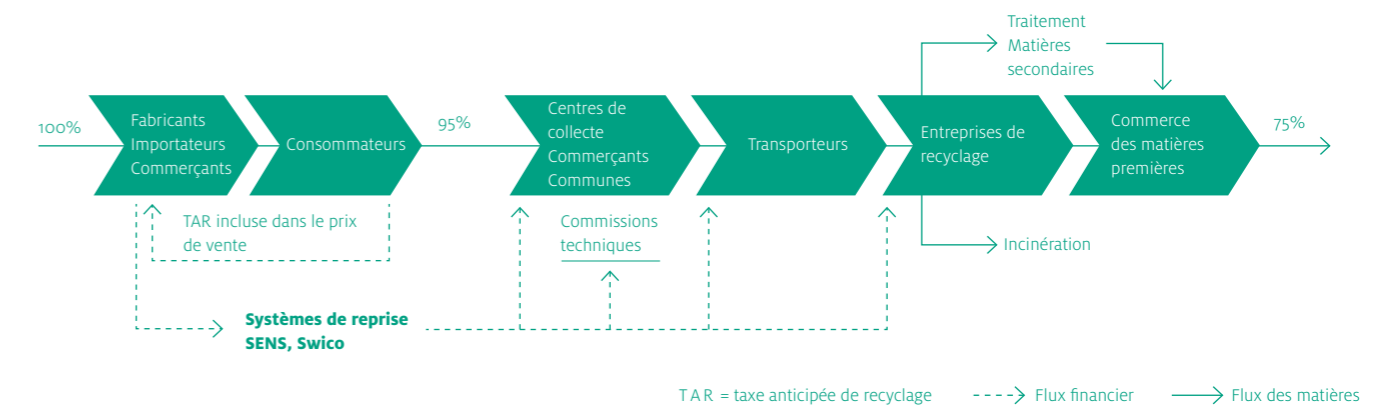
SENS

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: le petit et gros électroménager, les outils et appareils de bricolage, de jardinage et de loisirs ainsi que les jouets et du photovoltaïque. Depuis janvier 2021, elle se charge également d'organiser l'élimination des sources lumineuses et des luminaires, qui était auparavant assurée par SLRS. De plus, la Fondation SENS collabore étroitement avec des réseaux spécialisés dans lesquels sont représentées les parties participant au 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 copieurs, imprimantes, téléviseurs, lecteurs MP3, téléphones 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.

Figure 1: Vue d'ensemble des systèmes de reprise



Commission technique

Swico et SENS: OREA, blocs d'alimentation et batteries lithium-ion

Heinz Böni et Roman Eppenberger

Au cours de la deuxième année de la pandémie de coronavirus, la commission technique commune de Swico et SENS a dû elle aussi composer avec la distanciation puis se retrouver. Elle s'est réunie à trois reprises sous forme virtuelle. Cet automne ont été organisées une formation continue sur le thème des batteries lithium ainsi qu'une réunion en présentiel de la commission.

Concernant la révision très attendue de l'ordonnance sur la restitution, la reprise et l'élimination des appareils électriques et électroniques (OREA), 2021 a été une année riche en suspense. Il a régné pendant longtemps une certaine confusion quant à l'avenir des audits des entreprises de recyclage après l'entrée en vigueur de la nouvelle base juridique. Ce système d'audit en place depuis 25 ans a considérablement influencé les évolutions au niveau européen comme dans divers pays en développement (voir article séparé). Le projet de consultation de mai 2020 prévoyait un financement de la collecte, du transport et du traitement réglementé par l'état ainsi qu'une centralisation du contrôle. Dans ce contexte, la commission technique avait mis de côté quelques activités planifiées dont, entre autres, la conception d'un nouveau système de saisie des flux de matières et le développement de différents documents d'audit. Le nouveau texte de l'ordonnance a enfin été dévoilé à l'automne 2021. Le contrôle des entreprises de recyclage mandatées par les systèmes et de leurs partenaires continuera d'incomber aux systèmes de reprise Swico et SENS eRecycling.

Blocs d'alimentation, possibles porteurs de polluants

En termes de contenu, les activités de la commission technique Swico et SENS ont porté principalement sur les blocs d'alimentation et les batteries lithium-ion. L'étude sur les condensateurs réalisée en 2019 avait montré, entre autres, que les blocs d'alimentation (p. ex. ceux des ordinateurs portables) représentaient une source importante de condensateurs électrolytiques de plus de 25 mm. Ce point n'avait jusqu'à présent pas beaucoup attiré l'attention. Les entreprises de recyclage revendent les blocs d'alimentation la plupart du temps comme marchandises. Ils sont ensuite

traités par les repreneurs. Jusque-là, il n'était pas clairement défini dans quel état les condensateurs sortaient du processus de recyclage et si l'extraction des substances polluantes était conforme aux exigences de la série de normes SN EN 50625. L'année dernière, le traitement consécutif au recyclage des blocs d'alimentation a été donc clarifié pour toutes les entreprises de recyclage. Pour cela des essais batchs (manuels et mécaniques) seront réalisés qui devraient montrer s'il est possible de séparer les condensateurs via la séparation à courants de Foucault, dans un flux identifiable et contrôlable.



Photo 1: Participants à la formation (de gauche à droite) Manuele Capelli, Daniel Savi, Roman Eppenberger, Flora Conte, Roger Gnos, Anahide Bondolfi, Heinz Böni, Niklaus Renner, Stefanie Conrad



Photo 2: Phase 1 – Le «thermal runaway» (réaction en chaîne dans la batterie) dû au court-circuit de cellules individuelles.

Dangers liés à la manipulation des piles au lithium

Les batteries lithium-ion représentant tout au long de la chaîne de recyclage un risque d'incendie extrêmement élevé, une formation a été organisée à ce sujet en automne, menée par Viktor Häfeli. La formation au «Swiss Fire Center» de Zofingue n'était pas purement théorique, bien au contraire. Une démonstration impressionnante a en effet permis aux participantes de voir ce qu'il se passait en cas de court-circuit entre des cellules individuelles. La partie théorique portait, entre autres, sur les questions relatives aux mesures et protections à mettre en œuvre dans le cadre de la prévention incendie, sur les exigences concernant la manipulation correcte de ces types de batteries lors de leur collecte, transport et recyclage.



Photo 3: Phase 2 – La batterie est en feu et dégage une vague de chaleur intense.

Par ailleurs, deux changements ont été annoncés du côté des auditeurs: Charles Marmy a quitté l'équipe d'audit Swico en milieu d'année 2021. Il a été remplacé par Manuele Capelli, qui a suivi une introduction à l'activité d'audit en 2021 et est auditeur depuis cette année. Thekla Scherer, de l'entreprise Ipso Eco AG, a quant à elle rejoint SENS pour. Prendre part elle aussi aux activités d'audit à partir de 2022. L'équipe d'audit compte aujourd'hui neuf auditeurs et auditrices: Anahide Bondolfi, Andreas Bill, Heinz Böni, Manuele Capelli, Stephanie Conrad, Flora Conte, Niklaus Renner, Daniel Savi et Thekla Scherer.



Photo 4: Phase 3 – Les résidus après l'essai d'incendie.

Quantités collectées constantes et légers changements dans la composition

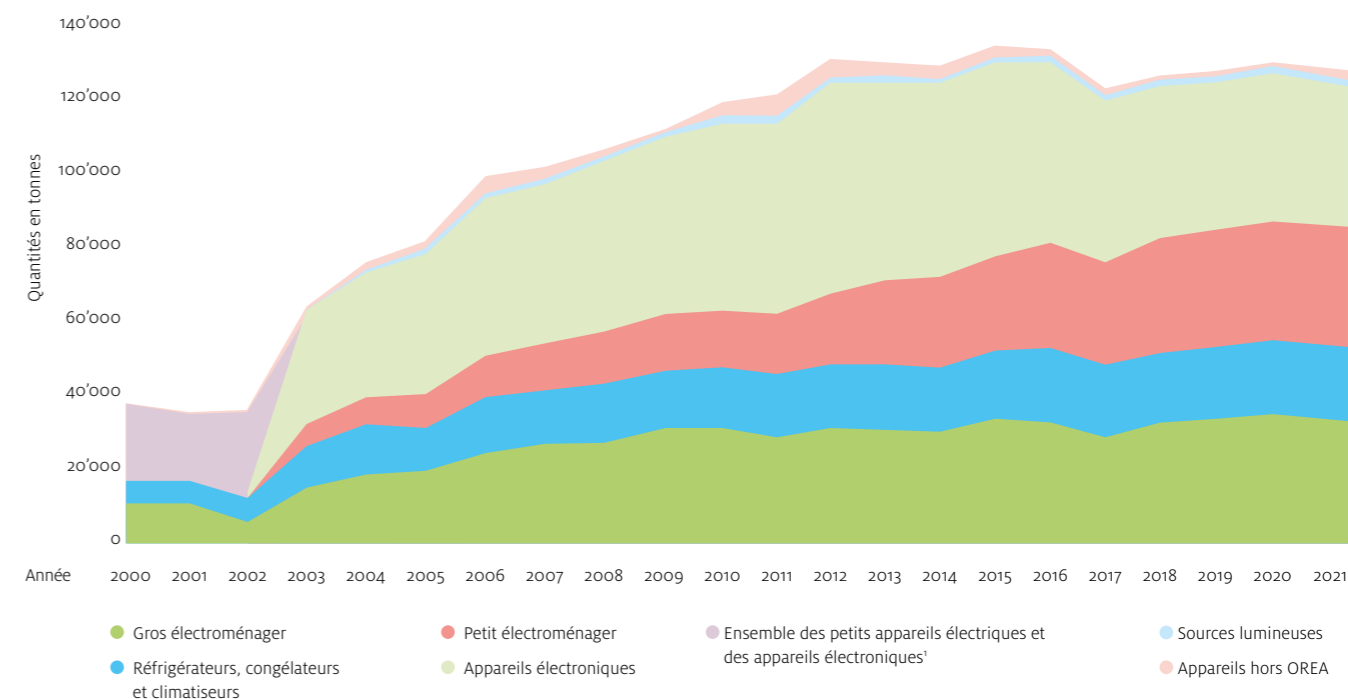
Flora Conte et Fabian Elsener

La quantité de déchets d'appareils électriques et électroniques traités reste dans la moyenne à long terme, mais baisse toutefois légèrement. La composition des différentes catégories continue de changer. Les quantités de gros électroménager et d'appareils électroniques diminuent, mais cette baisse est en partie compensée par l'augmentation des quantités de petits appareils électriques.

En 2021, les entreprises de recyclage Swico et SENS ont traité près de 127'100 tonnes de déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE). Ceci représente un léger recul par rapport à l'année précédente, mais le volume reste conforme

à la moyenne à long terme (tableau 1 et figure 1). Cependant, les changements de longue date dans les différentes catégories se poursuivent. La quantité d'appareils contenant un compresseur (appareils de réfrigération, de congélation et de

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



climatisation) et de sources lumineuses reste inchangée. La quantité d'appareils électroniques (-9%) continue à diminuer en suivant la tendance observée ces dernières années, notamment en raison d'un recul des écrans à tubes cathodiques lourds utilisés pour les ordinateurs et les téléviseurs.

Concernant le gros électroménager, une baisse (-5%) a été constatée pour la première fois depuis une modification de la méthode de saisie en 2017. L'une des explications possibles serait la tendance à la baisse du poids moyen du gros électroménager qui contiendrait davantage de plastique et moins de métal. Comme l'année précédente, on observe que les quantités de petits appareils électriques continuent d'augmenter (+5%). En 2021 a été traitée la plus grande quantité d'équipements photovoltaïques depuis le début du traitement de ces derniers. Ceci pourrait s'expliquer, entre autres, par les nombreux dommages dus à la grêle. La quantité d'appareils qui ne figurent pas dans les listes de l'ordonnance sur la restitution, la reprise et l'élimination d'appareils électriques et électroniques (hors OREA) a quasiment doublé par rapport à l'année précédente.

Valorisation des matériaux

Des fractions de matériaux recyclables et de substances polluantes sont récupérées à partir du traitement manuel et mécanique des DEEE (figure 2). Les métaux constituent la plus grande part de matériaux recyclables (60%). Ils sont suivis par les mélanges matière plastique/métal (20%) et les

matières plastiques (8%). La part de verre issu du traitement des tubes cathodiques a diminué d'environ 10% de plus par rapport à l'année précédente, et atteint encore 0.7%. Les circuits imprimés, particulièrement précieux, constituent seulement 1.2% de la quantité totale. Pourtant, 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 provenant des entreprises de recyclage SENS et Swico sont traitées par des repreneurs qui vont soit les recycler, soit les soumettre à une valorisation thermique. Les entreprises de recyclage Swico et SENS doivent alors fournir des justificatifs de flux de matières qui décrivent le traitement en aval de ces fractions. Certains repreneurs sont audités par les auditeurs et auditrices de la CT SENS Swico.

Le traitement final des métaux ferreux a lieu, en principe dans des fonderies suisses. Les matériaux non ferreux, sont traités dans des fonderies européennes. Les mélanges plastique/métal sont séparés; selon le procédé de séparation et la composition, les métaux, mais aussi les matières plastiques, sont ici récupérés. Certaines fractions mélangées continuent

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

Année	Gros électroménager	Réfrigérateurs, congélateurs et climatiseurs	Petit électroménager	Appareils électriques	Sources lumineuses	Photovoltaïque	Appareils hors OREA	Total tonne/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
2020	37'100	20'100	29'800	40'600	1'000	200	1'000	129'800
2021	35'300	20'200	31'300	36'900	1'000	500	1'900	127'100
Variation par rapport à l'année précédente	-5%	0%	5%	-9%	0%	150%	90%	-2%

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

à intégrer directement la valorisation thermique, cette part ayant toutefois fortement baissé ces dernières années du 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 batteries font également l'objet de procédures de valorisation particulières, souvent à l'étranger.

Extraction des polluants

La part de fractions de polluants produites représente environ 1% de la quantité totale (figure 2). Outre le recyclage des matériaux recyclables, l'extraction des polluants fait partie des tâches principales des entreprises de recyclage suisses. Les polluants sont retirés soit à la main dans des entreprises de démontage, soit mécaniquement suivant des procédés spécifiques. Les condensateurs, par exemple, sont retirés du gros électroménager ou des ballasts, de même que les batteries des appareils électroniques. Ce faisant, l'extraction et la gestion des substances polluantes doivent constamment être adaptées aux changements de technologies et aux nouveaux acquis. Ainsi, les rétro-éclairages contenant du mercure provenant des écrans plats peuvent désormais être éliminés mécaniquement. En mêmes temps, les entreprises doivent continuer d'être en mesure de retirer et d'éliminer dans les règles les polluants d'appareils de générations plus anciennes. Cela entraîne des exigences importantes quant au 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, et procède pour cela à des analyses de paniers types ainsi qu'à des essais de traitement de certains groupes de produits (tableau 2).

Page 10

¹ Ce chiffre est supérieur aux 36'900 tonnes d'appareils électroniques du tableau 1, car il comprend également les appareils que les signataires A ont éliminés via des contrats directs.

En 2021, Swico Recycling a repris 43'200 tonnes¹ d'appareils électroniques, soit 8% de moins que l'année précédente. En raison de la pandémie de COVID-19, moins de grandes photocopieuses ont été éliminées, ce qui explique presque la moitié de la baisse. Les poids et les unités repris de moniteurs et de téléviseurs CRT continuent à baisser, s'inscrivant ainsi dans la tendance à long terme. La quantité de moniteurs à écran plat repris a reculé de 10% par rapport à l'année précédente, alors qu'elle est restée quasiment identique pour les téléviseurs à écran plat. La quantité traitée de PC, ordinateurs portables, imprimantes, photocopieurs et autres équipements informatiques a également baissé, ce qui est dû à une diminution du nombre d'unités. Le nombre d'unités de téléphones mobiles continue d'augmenter et se traduit par un accroissement de la quantité traitée mais un poids inchangé. Dans la catégorie de l'électronique de divertissement, le poids moyen comme le nombre d'unités sont restés relativement constants.

La composition des différentes catégories d'appareils est déterminée au moyen d'essais de traitement réalisés dans les entreprises de recyclage Swico. Pour ces essais, on collecte une quantité d'appareils préalablement définie, puis on documente les fractions obtenues. Les quantités détaillées d'appareils électroniques repris et leur composition sont indiquées dans le tableau 2.

Page 11

² FPD: écrans plats, différentes technologies (LCD, plasma, OLED, etc.).

³ Appareils IT, mixtes, sans moniteurs, PC/serveurs, ordinateurs portables, imprimantes, gros photocopieurs/gros appareils.

⁴ Électronique de divertissement, mixte, sans téléviseurs.

⁵ Extrapolation.

⁶ Emballages et autres déchets, cartouches de toner.

⁷ Ce chiffre est supérieur aux 36'900 tonnes d'appareils électroniques du tableau 1, car il comprend également les appareils que les signataires A ont éliminés via des contrats directs.

Source: Fabian Elsener, Carbotech, sur la base des analyses du traitement et du panier de la ménagère Swico (2021).

Figure 2: Composition des fractions générées en % en 2021. Les polluants ne représentant que 1% des fractions générées sont représentés séparément.

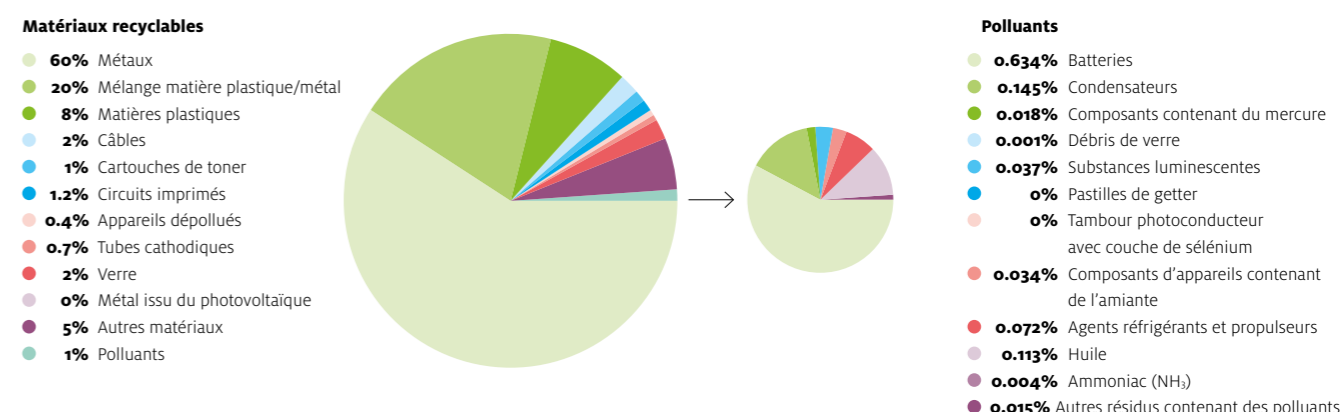


Tableau 2: quantités Swico collectées et composition par type d'appareil

Type d'appareil	Nombre ¹ (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 ² (en tonnes)	Total (en tonnes)	Variation par rapport à 2020
Moniteurs CRT de PC	9	17.6	24	33	15	4	72	15	0	1	164	-23%
Moniteurs CRT de PC ²	558	6.9	1'509	1'217	73	47	601	272	35	95	3'850	-10%
PC/serveurs	328	11.5	3'101	219	10	116	-	314	12	-	3'772	-12%
Ordinateurs portables	460	2.4	325	322	113	6	97	160	76	5	1'103	-8%
Imprimantes	441	11.4	1'781	2'705	309	27	34	88	2	81	5'027	-5%
Gros photocopieurs/ gros appareils	38	125.1	2'587	178	1'699	86	3	38	41	122	4'754	-23%
IT mixte ³	822	2.6	1'162	77	769	38	1	16	18	54	2'136	-16%
Téléviseurs CRT	42	25.7	106	221	36	4	698	13	1	1	1'079	-24%
Téléviseurs FPD ²	357	23.9	4'123	1'545	899	117	748	717	95	298	8'532	2%
UE mixte ⁴	3'596	2.9	5'629	379	3'788	191	5	82	91	265	10'428	-0%
Téléphones, portables	989	0.2	25	53	-	-	8	33	30	-	148	9%
Téléphones, autres	1'121	1.8	1'098	72	726	36	1	16	17	51	2'017	-9%
Photo/vidéo	227	0.7	87	6	58	3	-	1	1	4	159	-2%
Dentaire											65	7%
Total en tonnes			21'561	7'015	8'497	675	2'268	1'766	419	975	43'235⁷	-8%
Total en %			50%	16%	20%	2%	5%	4%	1%	2%	100%	

Recyclage des appareils frigorifiques ménagers et commerciaux: des exigences de performance durables et ambitieuses

Niklaus Renner et Thekla Scherer

Il reste extrêmement important de ne pas faire de concessions quant aux exigences de qualité des procédures de recyclage pour que la part des vieux appareils R11/R12/R13a continue de diminuer, jusqu'à ce que les derniers appareils de réfrigération classiques soient débarrassés de leurs substances nuisibles pour le climat et que celles-ci soient éliminées de manière contrôlée. Pour des raisons de qualité de l'air, les systèmes high-tech resteront indispensables. Le parc installé suisse connaît actuellement des changements importants: entre l'automne 2022 et le printemps 2023, deux nouvelles installations entreront en exploitation.

Les entreprises de recyclage d'appareils de réfrigération suisses ont traité en 2021 plus de 370'000 équipements d'échange thermique aux deux niveaux de traitement et 55'000 unités supplémentaires au premier niveau seulement. Comme prévu, l'écart entre les appareils VHC¹ recyclés plus respectueux du climat et les anciens appareils VFC² continue de s'élargir.

Plus d'appareils VHC en entrée...

Alors qu'en 2013, les deux types d'agent réfrigérant affichaient encore des parts identiques, en 2021, les appareils usagés traités au niveau 1 et dont les compresseurs fonctionnent avec des hydrocarbures plus respectueux de l'environnement (VHC) représentaient déjà une part de 72% (+6% par rapport à l'année précédente). La part actuelle des appareils dont l'isolation PU contient des VHC représente même 78% (+3%). Pour eux, le changement s'est amorcé dès 2011, soit deux ans plus tôt, car aucune substance intermédiaire n'était disponible, comme le HFC pour les agents réfrigérants. La part des

systèmes à absorption d'ammoniac reste à 2%, pratiquement inchangée depuis deux ans (voir la figure 1).

... signifie de plus petites quantités en récupération

La baisse des appareils VFC entrants, sur les deux niveaux de traitement, continue à se refléter également dans la récupération, avec de plus faibles quantités de réfrigérant et de gaz propulseur récupérées. Ceci s'explique par deux facteurs:

- 1) les masses de remplissage ou les concentrations de VHC bien plus faibles dans les compresseurs ou dans l'isolation PU; et
- 2) les masses spécifiques de l'isobutane ou du cyclopentane plus faibles que celles des VFC habituels.

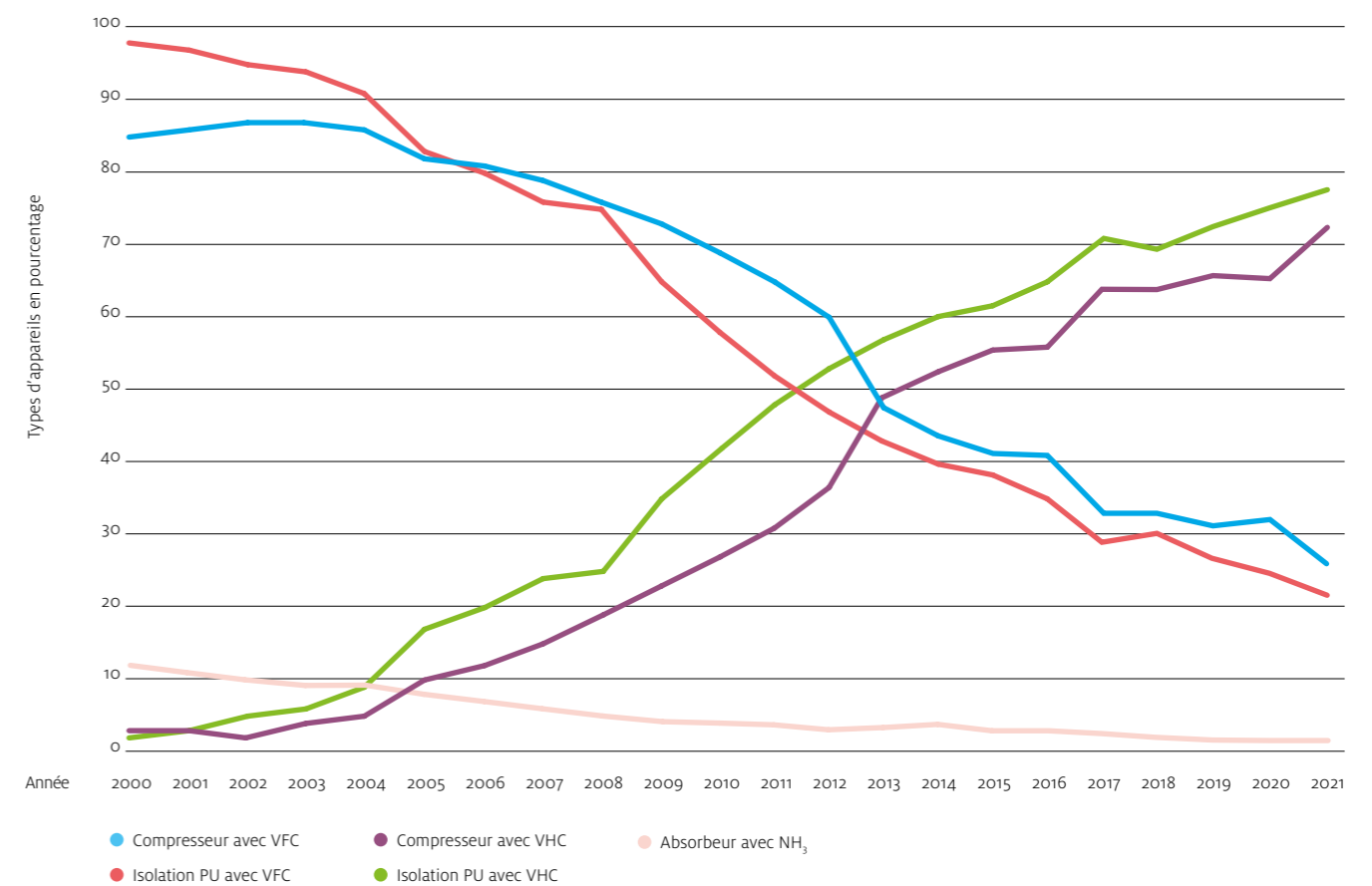
Pour les échangeurs thermiques traités aux deux niveaux, les baisses de quantités suivantes ont été enregistrées (voir figure 2):

- agent réfrigérant: 61 grammes par appareil (-3%)
- huile de compresseur: 124 grammes par appareil (-10%)
- gaz propulseur: 35 grammes par kilo de mousse PU (-6%)

Pourquoi les gaz des appareils VHC doivent-ils aussi être récupérés de manière contrôlée?

Il est exact que tous les appareils contenant des VHC dans leur compresseur et/ou leur isolation PU sont plus

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).



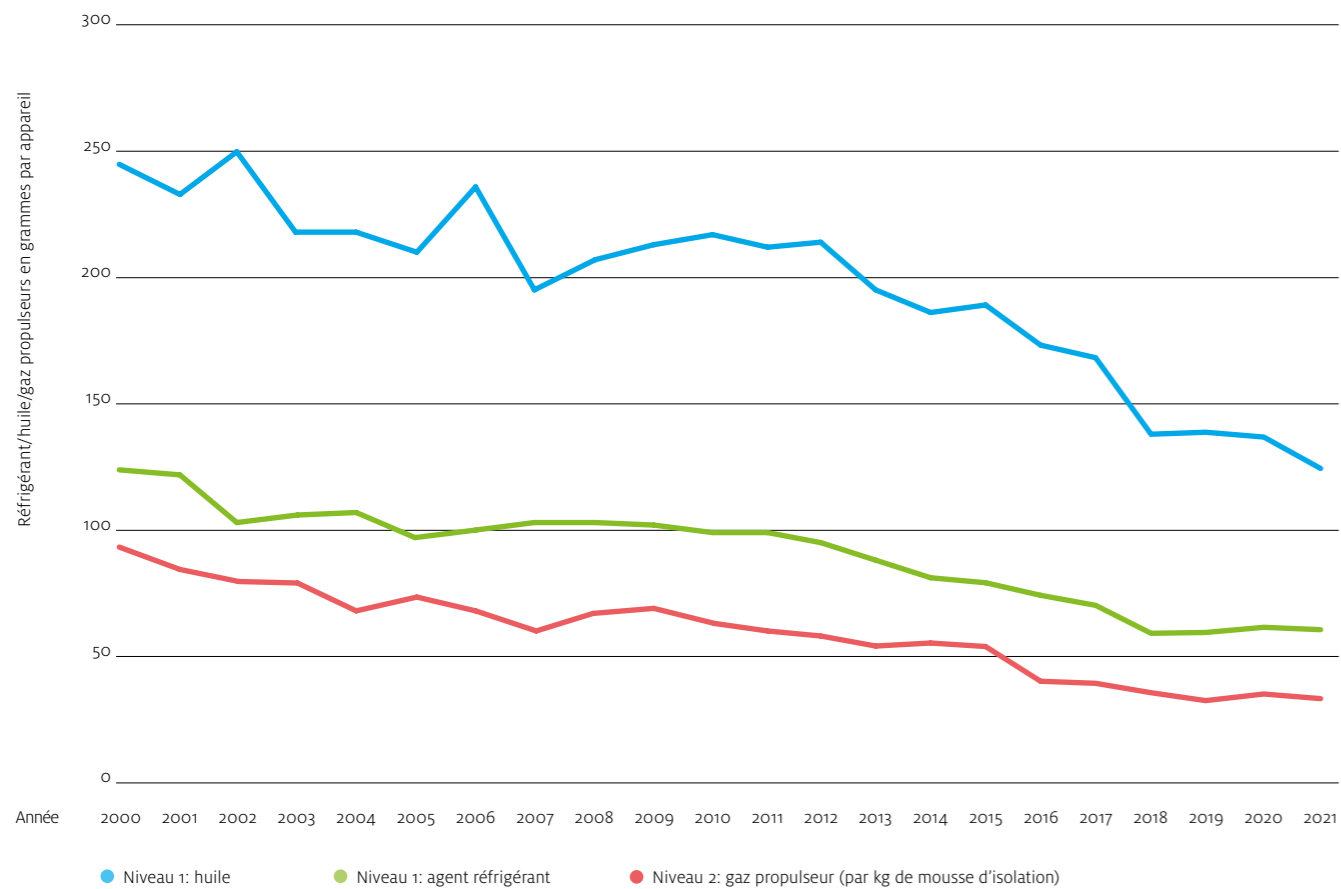
respectueux de l'environnement. Alors que les VFC contenus dans les anciens appareils nuisent à la couche d'ozone (avec PDO, potentiel de déplétion ozonique) et présentent également un haut potentiel de gaz à effet de serre (GWP, Global Warming Potential, jusqu'à 10'000 fois plus élevé que celui du CO₂!), les appareils VHC sont une véritable bénédiction pour le climat. Toutefois, il ne faut pas oublier qu'eux aussi doivent être traités en suivant les processus optimisés dits «mixed mode» des installations de recyclage des appareils de réfrigération, car une libération incontrôlée des VHC peut entraîner

la formation d'ozone au niveau du sol et nuire ainsi à la santé des personnes.

Appareils de niveau 1 encore en progression

Les gros appareils électroménagers équipés d'une pompe à chaleur (p. ex. sèche-linge récents à haute efficacité énergétique, mais également les déshumidificateurs conventionnels et les climatiseurs mobiles) sont des échangeurs thermiques. Ils contiennent des agents réfrigérants qui, comme dans le cas de réfrigérateurs, doivent être aspirés avant que

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).



les châssis (sans mousse PU) puissent passer dans un broyeur «normal» (broyeur de grande capacité, déchiqueteuse à courant transversal, déchireuse, broyeur à marteaux, etc.). Les retours d'appareils dits de «niveau 1» sont de plus en plus nombreux. En 2021, 55'000 unités ont ainsi été aspirées, ce qui représente 12% de tous les appareils traités au niveau 1.

Hautes exigences quant à la performance des installations

La performance des installations de recyclage des équipements d'échange thermique est évaluée lors d'essais de performance réalisés tous les deux ans, dans des conditions bien définies. Les règles d'exécution des essais et les résultats

minimum à atteindre comme les méthodes de calcul et d'évaluation sont conformes à la norme SN EN 50625-2-3 et à la spécification technique TS 50625-3-4.

Au niveau 1, il convient de surmonter les difficultés suivantes (essai sur 100 appareils):

- L'agent réfrigérant doit être séparé de l'huile du compresseur.
- La quantité d'agent réfrigérant aspiré doit correspondre à au moins 90% de la quantité attendue.
- La teneur en halogène de l'huile de compresseur aspirée doit être inférieure à 0.2%.



Photo 1: Équipement d'échange de température prêt pour le traitement.

- La quantité d'huile restant dans le compresseur directement après l'aspiration ne doit pas dépasser 15 g par compresseur.
- Les critères utilisés lors de l'essai de performance du niveau 2 (1'000 appareils) sont les suivants:
- La quantité de gaz propulseur récupéré doit correspondre à au moins 90% de la quantité attendue. Ainsi se vérifient mutuellement la plausibilité des méthodes d'évaluation basées sur les données de fabrication et de récupération..
 - Les adhérences de PU restant dans chacune des fractions de métal ne doivent pas dépasser 0.3%.
 - Les adhérences de PU restant dans la fraction plastique ne doivent pas dépasser 0.5%.
 - La teneur en gaz propulseur dans la fraction de PU doit être inférieure à 0.2%.

Ces conditions ne peuvent être remplies que lorsque les installations sont techniquement en parfait état et que les unités de traitement d'air de processus font l'objet d'une maintenance régulière.

Garantie d'un avantage environnemental toujours élevé

Le recyclage des équipements d'échange thermique a pour objectif déclaré de récupérer un pourcentage maximum des substances qui nuisent à la couche d'ozone et de gaz à effet de serre, puis de procéder à leur élimination contrôlée. Malgré le nombre sans cesse croissant d'appareils respectueux de la couche d'ozone et les quantités seulement marginales

d'appareils pouvant émettre des gaz à effet de serre, rien ne justifie un relâchement des exigences strictes de SENS: il est, et il sera également demain, extrêmement important de maintenir au plus haut le niveau d'exigence en matière de qualité de recyclage, ceci jusqu'à ce que les derniers appareils de réfrigération classiques soient passés dans le processus de recyclage high-tech. Même par la suite, les installations de recyclage d'appareils de réfrigération d'échelle industrielle ne seront en aucun cas obsolètes, car leurs systèmes de broyage et de traitement d'air étanche permettent de respecter les seuils de l'ordonnance sur la protection de l'air.

Évolution des installations en Suisse

À cet égard, le recyclage des appareils de réfrigération en Suisse évolue considérablement. Dès l'automne 2022, le groupe Thommen mettra en service une nouvelle installation sur son site d'Aarwangen (Immark AG Aarwangen). E. Flückiger AG prévoit également la mise en service d'une nouvelle installation sur son site de Rothrist au printemps 2023. Ainsi, la Suisse disposera également à l'avenir de capacités suffisantes et ultramodernes pour le recyclage équipements d'échange thermique. Nous reviendrons plus en détail sur les nouvelles installations dans notre prochain rapport technique.

Electro Bag: pilote à Genève d'une collecte à domicile d'appareils électriques à recycler ou réutiliser

Anahide Bondolfi et Sabrina Björn

Entre janvier et avril 2022, les Genevoises et les Genevois ont la possibilité de faire reprendre gratuitement à leur domicile leurs vieux appareils électriques. Deux filières sont proposées, le recyclage et la réutilisation. Ce projet pilote est mené conjointement par SENS et par la Poste, avec le soutien du Programme éco21 des Services industriels de Genève (SIG) pour la partie réutilisation.

Pilotes à Berne, Zurich, et maintenant à Genève

En 2019 et 2020 SENS a mené deux pilotes de collecte d'appareils électriques à domicile, à Berne et à Zurich. Suite au succès de ces premiers pilotes – 7'000 Electro Bags et plus de 9'000 kg d'appareils électriques ont pu être collectés – SENS a décidé d'étendre le concept. La collecte à Genève a débuté en janvier 2022 et les premiers sacs ont été collectés le même mois. Comme pour les premiers pilotes, les ménages genevois peuvent commander gratuitement un sac de collecte, à remplir avec les vieux appareils et à déposer à proximité de la boîte aux lettres pour un enlèvement par la Poste lors de la tournée habituelle de distribution du courrier.

Première nouveauté: la filière de réutilisation

Cette fois cependant, deux filières sont proposées. Soit le recyclage dans la filière habituelle de SENS, comme dans les éditions précédentes, soit la réutilisation pour les appareils encore fonctionnels. Dans ce cas, les sacs de collecte, signalés par les ménages avec un autocollant «ReUse», sont transmis pour réutilisation aux Établissements Publics pour l'Intégration (EPI), une institution sociale basée à Genève. Ces appareils sont triés, testés et reconditionnés. Tous les appareils réutilisables sont ensuite revendus à un prix avantageux par des commerces genevois de seconde main ou confiés à des associations à but social, afin de leur donner une nouvelle vie. Ces différentes étapes qui permettent la réutilisation sont encadrées par une Convention de partenariat signée entre les SIG et les EPI, afin d'assurer le respect des bonnes pratiques en matière de réutilisation.

Deuxième nouveauté: des sacs réutilisables

Le projet pilote genevois contient également une autre nouveauté en termes de durabilité: les nouveaux sacs de collecte, fournis par «Kickbag», sont des sacs pliables en PET recyclé pouvant être réutilisés jusqu'à 30 fois, avec un impact environnemental plus faible par rapport à des sacs à usage unique et sans matière recyclée.

Soutien à l'économie circulaire

En permettant d'offrir non seulement l'option de recyclage, mais également l'option de réutilisation lorsque celle-ci est pertinente, ce projet a pour but d'apporter un soutien à l'économie circulaire, en offrant une deuxième vie à certains appareils, de manière locale. Ce projet est également l'occasion de collecter des données sur la part d'appareils réellement réutilisables, afin d'apporter des éléments de réflexion pour mieux intégrer cette option à l'avenir. De plus, il permet de soutenir la mise en place de filières de réutilisation qui pourront continuer au-delà de ce pilote, en permettant aux actrices et acteurs de la réutilisation de tester, monter et renforcer des partenariats pour la remise sur le marché de ces appareils de seconde main.

L'économie circulaire au sein de SIG-éco21

Le programme SIG-éco21 Déchets et économie circulaire, lancé en 2019 sous mandat de l'État de Genève, a pour but de contribuer à réduire la quantité de déchets produits dans le canton de Genève. Parmi les axes prioritaires figurent les déchets d'équipements électriques et électroniques. SIG-éco21 a



Photo 1: Electro Bag réutilisable pour un recyclage pratique des appareils électriques usagés.

notamment lancé un projet de soutien à la circularisation des appareils électriques et électroniques, en encourageant leur réutilisation, leur réparation et leur partage. Parmi les mesures mises en œuvre, SIG-éco21 soutient les actrices et acteurs de la réutilisation en leur proposant un partenariat, formalisé par une convention. Cette dernière encadre les actions de circularisation des appareils, en posant les bases des bonnes pratiques dans le domaine: respect des exigences légales en matière de recyclage, effacement des données et nettoyage, information au client concernant les pratiques pour prolonger la durée de vie des appareils, traçabilité, etc. Les partenaires de SIG-éco21 reçoivent une formation pour la mise en œuvre de ces exigences. De plus, ils peuvent bénéficier d'une incitation financière pour chaque appareil de seconde main remis sur le marché (vente d'occasion ou don), réparé ou partagé (location ou prêt) à Genève. Cette convention et les exigences associées ont également pour but de renforcer la crédibilité et la confiance dans ces filières de circularisation, autant auprès de potentiels clients du marché de l'occasion (ménages, entreprises, administrations) qu'auprès de potentiels donateurs d'appareils de seconde main.

Révision de la norme CENELEC

EN 50625

Daniel Savi

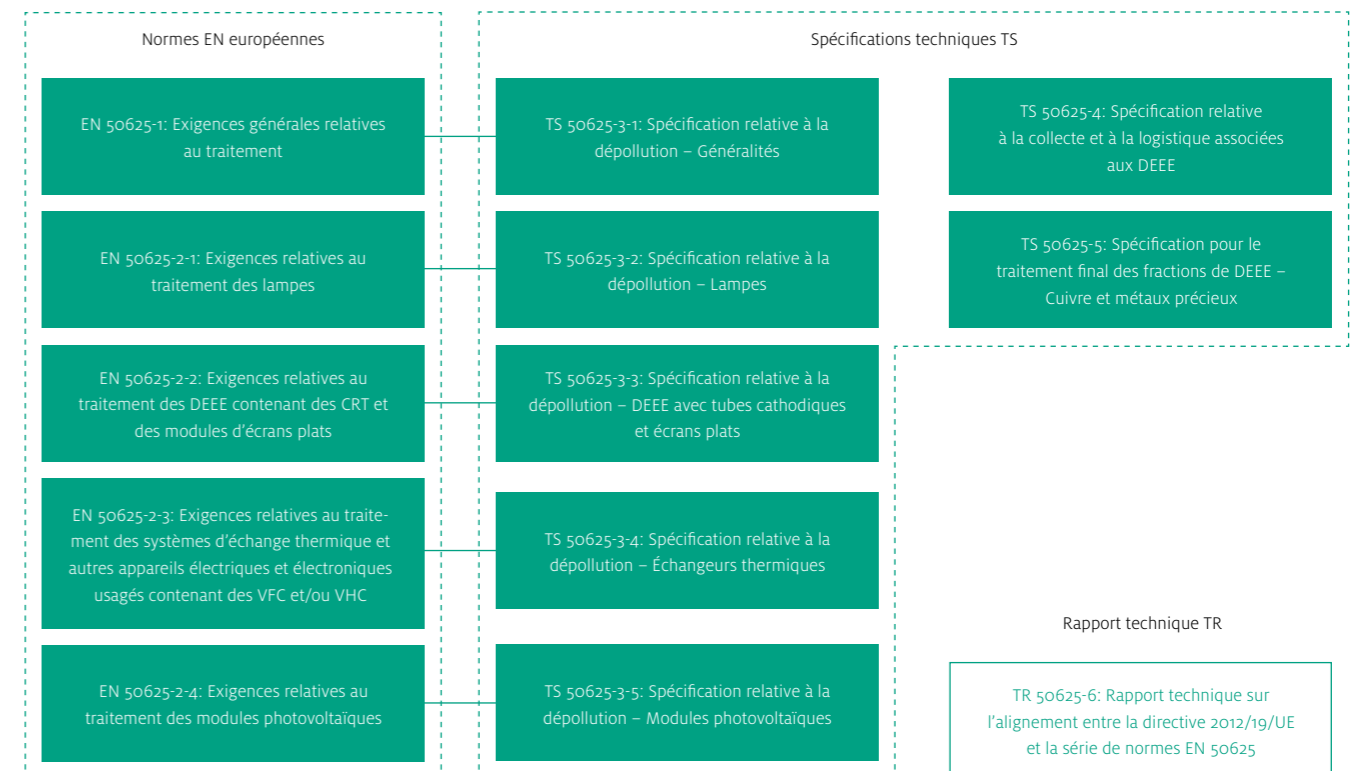
L'année dernière, le groupe de travail CENELEC s'est longuement penché sur la nécessité d'adapter la série de normes de recyclage EN 50625. Le résultat va dans le même sens que les systèmes de reprise suisses: les normes restent stables et leur durée de validité est prolongée.

Les normes CENELEC de la série EN 50625 constituent la base du recyclage des appareils Swico en Suisse depuis cinq ans. Pour les appareils SENS, la norme a été introduite il y a trois ans. Les normes ont une durée de vie de cinq ans. Elle est de trois ans pour les spécifications techniques. C'est pourquoi par le groupe de travail sur la série de normes EN 50625, la question se posait déjà s'il fallait les réviser. Pour les systèmes suisses, il était clair dès le départ que les normes devaient rester stables et qu'il ne devait pas y avoir de modification pour le moment. SENS et Swico ont déjà défini des prescriptions techniques complémentaires aux normes EN 50625. Ces prescriptions sont conçues sur mesure pour les besoins de la Suisse et permettent de clarifier les questions d'interprétation.

Dans le groupe de travail CENELEC, une procédure précise a permis de rassembler tous les souhaits de modification des pays membres et d'en débattre. À l'issue de processus de formation d'opinion, le groupe de travail a présenté à la commission technique du CENELEC la demande de prolongation de toutes les normes de la série. Cette demande a également été soumise pour approbation aux organismes de normalisation des pays membres du CENELEC.

L'approbation a alors clairement montré que les normes EN 50625 étaient jugées bien applicables et à jour. Neuf pays ont approuvé la prolongation, deux ne se sont pas prononcés et un comité de pays l'a refusée. Les documents de la série de normes restent donc valables jusqu'au milieu de l'année 2025 au moins.

Figure 1: Collecte, logistique et traitement des déchets d'équipements électriques et électroniques.



Sur la piste des PCB: manipulation des ballasts

Flora Conte

Alors qu'on ne retrouve quasiment plus de PCB dans le gros électroménager traité aujourd'hui, les analyses de résidus de broyage (RESH) en révèlent régulièrement des quantités importantes dans les petits appareils, et ce depuis des années. La commission technique SENS et Swico examine par conséquent différentes hypothèses sur l'origine de ces polluants interdits déjà depuis plusieurs décennies. La piste la plus importante conduit actuellement aux condensateurs présents dans les ballasts de luminaires. Ceux-ci sont difficiles à reconnaître.

L'utilisation de PCB dans les appareils électriques est interdite depuis 1986. Ces dernières années, pourtant, le traitement des petits appareils révèle une présence importante et inattendue de PCB dans les résidus de broyage et les fractions de matières plastiques. Le principal suspect est le condensateur des ballasts de luminaires, qui contient des PCB. L'oubli d'un seul condensateur contenant des PCB fait exploser les valeurs limites et indicatives. De plus, il n'est pas facile à trouver et il est parfois difficile de l'extraire. Cet article a par conséquent pour objet de montrer ce qui est particulièrement important dans le traitement des ballasts, de façon à trouver le plus possible de condensateurs contenant des PCB dans les ballasts et à les éliminer correctement.

Pas si faciles à identifier

Les tailles et formes des ballasts varient autant que celles des sources lumineuses dans lesquelles ils se trouvent (voir photo 1). Les ballasts ne contiennent pas toujours un condensateur suspect. Mais lorsqu'ils en contiennent un, la présence de PCB est probable à plus de 50%¹. Compte tenu de la haute toxicité

¹ D. Savi, U. Kasser et R. Widmer (2019) Flüssigkeiten in Kondensatoren, Bestimmung von Flüssigkeiten in elektrischen Kondensatoren mit Definition und Zuordnung von bedenklichen Stoffen (Fluides dans les condensateurs, Définition des fluides dans les condensateurs avec définition et classement des substances préoccupantes)

et de la persistance des PCB, il convient de jouer la sécurité au moment du tri.

Il n'existe à ce jour aucune liste de critères définitive indiquant dans quels ballasts se trouvent des condensateurs susceptibles de contenir des PCB. Différentes caractéristiques permettent cependant de repérer les matériaux suspects.

Il existe plusieurs types de ballasts:

- Ballasts magnétiques, composés d'une partie capacitive avec un condensateur et d'une ou plusieurs parties inductives. Les parties inductives contiennent la plupart du temps une bobine de cuivre avec un noyau en fer, et elles sont plus lourdes que la partie capacitive. Certains ballasts sont uniquement inductifs et ne sont donc pas suspects. Un schéma électrique, sur lequel est indiqué le condensateur, est souvent représenté sur les appareils électriques (voir photo 2). Les ballasts magnétiques très anciens et rouillés sont particulièrement suspects.
- Ballasts électroniques: ces ballasts ne contiennent pas de condensateur avec PCB. Ils sont utilisés dans les luminaires plus récents. Ils sont plus légers que les ballasts magnétiques. Ils sont souvent plus clairs ou blancs. Le boîtier peut être en plastique (voir photo 3).



Photo 1: Dans ce luminaire carré, le ballast est constitué de trois parties inductives et d'un condensateur.



Photo 2: Deux ballasts suspects qui ont été trouvés au milieu d'autres ballasts non suspects dans un conteneur, dans le cadre de l'assurance qualité. Le schéma électrique sur le ballast de droite signale le condensateur par un symbole et l'abréviation «kap» (partie capacitive).



Photo 3: Ballast électronique (non soupçonné de contenir des PCB).



Les condensateurs des ballasts magnétiques ne sont pas toujours visibles immédiatement. Ils sont:

- soit directement visibles et accessibles, donc faciles à reconnaître et à retirer;
- soit couverts mais facilement accessibles, dès lors qu'ils sont identifiés;
- soit soudés dans un boîtier donc difficiles à identifier et à retirer. Une forme ronde indique parfois l'emplacement du condensateur, et un coup d'œil sur les deux extrémités peut aider.

4. Retirer les condensateurs des ballasts suspects. Il est important de manipuler les condensateurs avec précaution et d'utiliser un équipement de protection adéquat. S'il est très difficile de retirer les condensateurs, il est conseillé de les éliminer dans leur boîtier avec les autres condensateurs.
5. Les condensateurs et les parties de ballast soudées suspectes doivent être déclarés comme déchets spéciaux et éliminés par incinération à haute température (à partir de 50 ppm de PCB, le transport conforme à l'ADR est obligatoire).
6. Avant d'être traités ou revendus, les luminaires débarrassés de leurs polluants, les ballasts non suspects ou les fractions contenant du cuivre issues des ballasts doivent toujours être examinés par une personne formée, qui vérifie qu'il n'y a pas d'erreur. Il convient d'éviter au maximum les confusions, par exemple avec les blocs d'alimentation.

Compte tenu de ces nombreuses différences, il est important que les centres de collecte et les entreprises de recyclage et les ateliers démontage:

- a) organisent régulièrement des formations;
- b) fassent appel à un personnel qualifié pour le tri des ballasts; et
- c) visualisent clairement et pour l'ensemble des sites où vont les flux des matières des ballasts et à quels niveaux intervient l'assurance qualité requise.

Procédure systématique

Étant donné que l'identification des ballasts est source d'erreurs, ceci malgré un personnel expérimenté, la commission technique SENS recommande de suivre les étapes de travail suivantes:

1. Séparer les luminaires des petits appareils.
2. Retirer tous les ballasts des luminaires dans leur intégralité (ballasts électroniques; pour les ballasts magnétiques, retirer les parties capacitives et inductives) et les rassembler dans un conteneur séparé (voir photo 4).
3. Séparer les ballasts suspectés de contenir des PCB et les ballasts non suspectés.

La commission technique SENS craint qu'une grande partie des condensateurs de ballasts n'arrive pas dans les flux des matières de SENS et Swico. Les luminaires et la ferraille peuvent beaucoup se ressembler, et les ferrailleurs comme ceux qui les fournissent (p. ex. les électriciens) ne sont pas toujours suffisamment sensibilisés à ce sujet. La reconnaissance et le tri des luminaires dans les tals de ferraille doit par conséquent faire l'objet d'une grande attention (voir photo 5).

Pour l'identification des ballasts soupçonnés de contenir des PCB, SENS a publié une fiche technique accessible via [ce lien](#).



Photo 4 (en haut): Il est important de disposer d'un conteneur séparé pour tous les ballasts, afin d'identifier les ballasts soupçonnés de contenir des PCB

Photo 5 (en bas): Il est très probable que des luminaires contenant leur ballast et leur condensateur soient éliminés avec la ferraille mélangée sans être reconnus

Recyclage des LED – repenser les processus et essayer!

Flora Conte

La proportion de LED parmi les sources lumineuses augmente d'année en année. La valorisation des LED devient donc un impératif. Les recycleurs de sources lumineuses cherchent par conséquent des solutions techniques concrètes. La Fondation SENS accompagne cette réflexion – et il y a du suspense.

Le recyclage des LED est un voyage vers l'inconnu

Il n'a jamais été facile de trier les sources lumineuses: il y a des formes différentes, des HID ionisantes ou pas, des films protecteurs, des ampoules à incandescence... et maintenant, de plus en plus de diodes électroluminescentes (LED). Il existe au moins autant de types de LED que de tubes fluorescents ou de lampes à économie d'énergie. Il y a cependant une grande différence: les LED ne contiennent pas de mercure. Lorsqu'elles se cassent, elles ne représentent aucun danger pour les humains et l'environnement. Cela permet d'ouvrir les possibilités de récupération des matériaux recyclables qui se trouvent dans les LED. Le recyclage des LED est à ce jour un domaine encore peu exploré. Les partenaires de recyclage et la commission technique SENS découvrent en même temps ce domaine inconnu.

On pourrait dire que les LED ressemblent assez à déchets d'équipements électriques et électroniques ne contenant pas de polluants. Car outre les diodes, elles contiennent, entre autres, de l'électronique, des matières plastiques, de l'aluminium, du verre. Toutefois, à ce jour, les essais de traitement en commun des LED et des appareils électriques et électroniques usagés ne sont pas satisfaisants. En raison de la taille des LED, déjà, il est difficile de récupérer les matériaux qu'elles contiennent dans les installations des recycleurs d'appareils électriques et électroniques usagés. Les LED présentant des compositions différentes, la séparation des matériaux est un véritable défi. De nouveaux types de LED arrivent constamment sur le marché. Chez un recycleur de sources lumineuses, on a par exemple recensé 13 types de LED (voir photo 1). On y trouvait des boîtiers en plastique ou en verre, avec des

socles en aluminium ou en plastique contenant des retardateurs de flamme. Le matériau le plus précieux (les cartes électroniques) était parfois bien visible, et d'autres fois bien caché car coulé dans un substrat en céramique.

Éviter les confusions

Le fait que les LED pourraient ne pas être triées correctement plaide également en faveur de leur traitement séparé. Tant que les sources lumineuses collectées contiendront en majorité du mercure, il y aura des erreurs de tri. Les ressemblances sont parfois impressionnantes et le tri requiert donc l'œil exercé d'un ou d'une spécialiste, même si les LED ne contiennent pas de polluants majeurs. En effet les erreurs de tri des sources lumineuses sont peu préoccupantes quand celles-ci sont traitées dans une installation où le mercure est aspiré.

L'extraction ciblée des matériaux recyclables des LED requiert des solutions innovantes et un esprit ouvert. Les LED nous obligent à réfléchir. Deux technologies différentes sont actuellement testées en Suisse. Les essais batchs (par lots) de recyclage des LED sont passionnants, car personne ne sait à quoi s'attendre. Nous verrons bientôt plus clairement quelle est la technologie la mieux adaptée pour valoriser les LED.



Photo 1: LED non rectilignes en 13 combinaisons de matériaux différentes



Photo 2: Dans certaines LED, les précieuses cartes électroniques sont coulées dans un autre matériau

Conclusions d'essais batchs spécifiques

Andreas Bill, Anahide Bondolfi et Manuele Capelli

Les appareils qui ne peuvent pas être directement utilisés avec une tension alternative de 230 volts via une prise de courant ont besoin d'un bloc d'alimentation capable de transformer la tension. Beaucoup d'appareils sont donc livrés avec des blocs d'alimentation externes. C'est le cas, par exemple, des ordinateurs portables, des tablettes, de lampes ou de divers appareils électroménagers ou outils fonctionnant avec une batterie. Ces blocs d'alimentation externes contiennent des condensateurs électrolytiques qui doivent être envoyés dans un flux distinct, conformément à la norme de traitement des DEEE.

Les condensateurs sont des éléments essentiels des appareils électroniques et sont présents en tant que tels dans la plupart des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE). Ils sont utilisés pour stocker rapidement une charge électrique. Ils ont de nombreuses applications en électronique et se présentent dans des formats divers, que ce soit en termes de taille et de forme, ou en termes de technologie et d'assemblage. La norme (SN EN 50625-1) prescrit une qualité de dépollution pour deux types de condensateurs. D'une part, les condensateurs soupçonnés de contenir des PCB, substances interdites depuis de nombreuses années, doivent être extraits suivant un processus indépendant avant le broyage¹. D'autre part, les condensateurs électrolytiques (> 25 mm ou volumes de proportions équivalentes), qui contiennent des substances préoccupantes, doivent passer dans un flux distinct (ou une partie distincte du flux) lors de leur traitement.

¹ La commercialisation des PCB a été interdite en 1986. Les condensateurs contenant des PCB qui se trouvent dans les appareils achetés avant 1986 apparaissent aujourd'hui en particulier dans les ballasts des luminaires et, plus rarement, dans le gros électroménager et les petits appareils électroménagers du flux SENS. Voir également: étude des condensateurs et article dans le rapport technique de 2020.

La commission technique (CT) Swico-SENS étudie depuis un certain temps quelles substances préoccupantes se trouvent dans les condensateurs électrolytiques et comment traiter ces derniers. En 2018, le Büro für Umweltchemie (bureau pour la chimie environnementale) a publié l'étude «Flüssigkeiten in Kondensatoren» (Fluides dans les condensateurs), et divers articles sur ce thème sont parus dans le Rapport technique de Swico et SENS en 2019 et 2021. Deux autres aspects spécifiques ont été scrutés à la loupe en février et mars 2022, lors de deux essais batchs spéciaux:

1. **Quantités et répartition des tailles de condensateurs électrolytiques traités par démontage manuel:** des condensateurs électrolytiques sont présents dans tous les blocs d'alimentation. L'étude des condensateurs de 2018 montre en outre qu'au moins les blocs d'alimentation des ordinateurs portables contiennent également des condensateurs électrolytiques de plus de 2,5 cm, qui doivent donc être traités séparément, conformément à la norme. Les études de la CT Swico-SENS ont révélé que les repreneurs ne savaient pas toujours que les blocs d'alimentation pouvaient contenir des condensateurs électrolytiques de plus de 2,5 cm. Un démontage manuel de blocs d'alimentation externes a par conséquent été réalisé en collaboration avec l'entreprise Thévenaz Leduc (THL) afin de déterminer la quantité et la répartition des tailles des condensateurs électrolytiques.

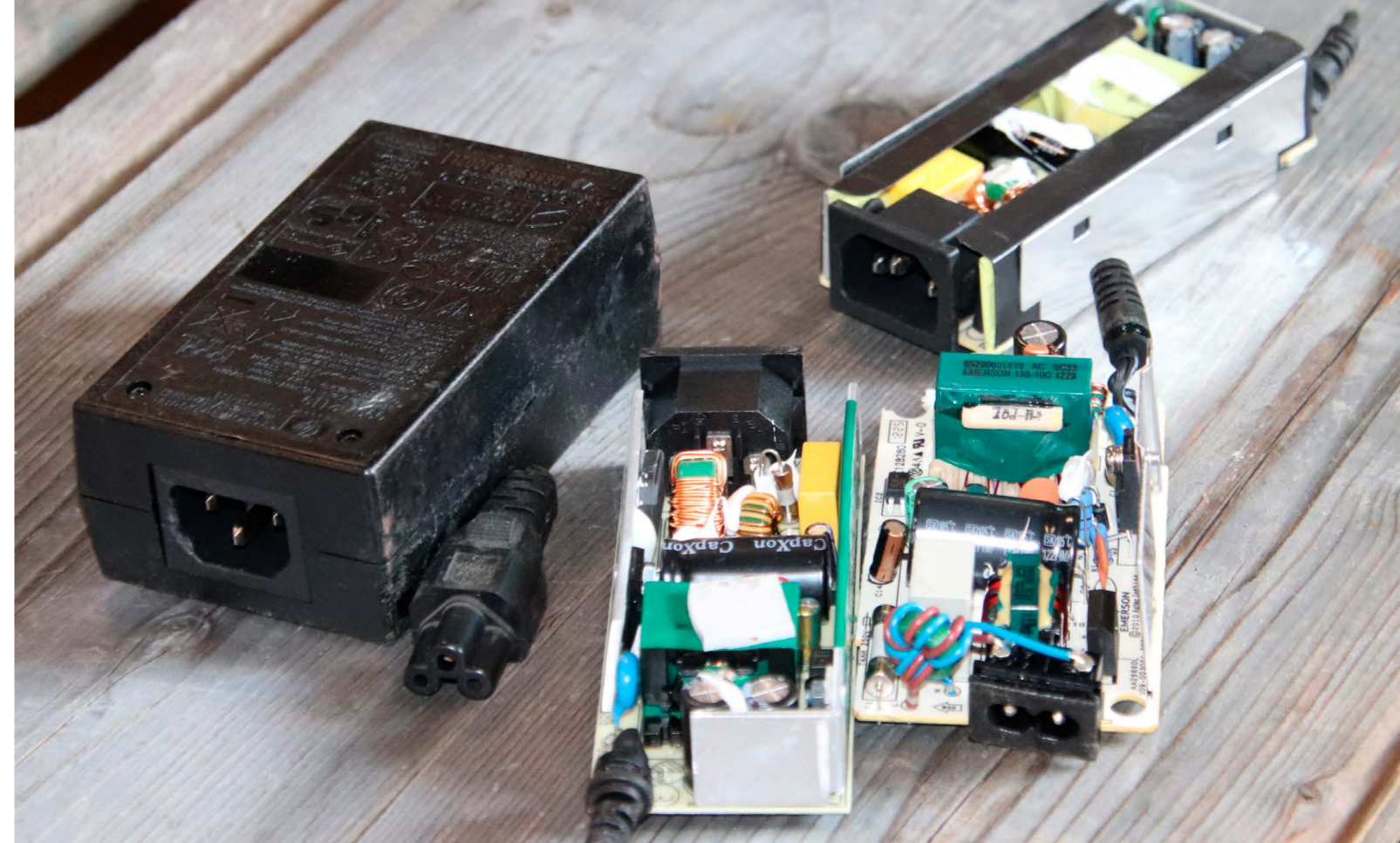


Photo 1: Blocs d'alimentation ouverts, catégorie 2.

2. **Localisation des condensateurs électrolytiques dans les fractions de matériaux sortants et état après traitement mécanique:** les condensateurs électrolytiques de plus de 2,5 cm peuvent aussi être retirés après le traitement mécanique, dans la mesure où ils peuvent passer dans un «flux distinct (ou une partie distincte du flux)» et que le traitement mécanique n'entraîne pas une dispersion incontrôlée des polluants. Deux tonnes de blocs d'alimentation ont été traités sur le site de Solenthaler Recycling (SOREC) afin d'étudier le comportement des condensateurs électrolytiques dans un processus de traitement mécanique spécifique. Les condensateurs ont été ensuite localisés dans les différentes fractions et leur état évalué.

Pour l'essai de démontage (essai batch spécial 1), les blocs d'alimentation ont été séparés en deux catégories selon leur tension de fonctionnement (voir photo 1). Dans chaque catégorie, 150 unités ont été découpées en cinq fractions: matières plastiques, (vieux) transformateurs, électronique, condensateurs électrolytiques > 2,5 cm et condensateurs électrolytiques < 2,5 cm. La composition par catégorie est visible sur la figure 2. Le boîtier en matière plastique représente environ un quart du poids, dans les deux catégories. Beaucoup de vieux blocs d'alimentation semblent encore revenir dans la catégorie 1 (tension de fonctionnement de 5 à 12 V). On les reconnaît à la lourdeur des transformateurs, qui sont remplacés par des pièces beaucoup plus petites et légères dans les

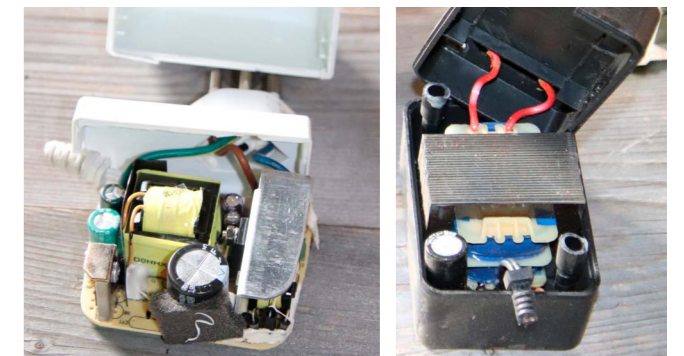


Photo 2-3: Blocs d'alimentation ouverts, catégorie 1.

appareils modernes. L'essai a montré qu'il n'y avait quasiment pas de condensateurs électrolytiques de plus de 2,5 cm dans les blocs d'alimentation de la catégorie 1. Dans cette catégorie, les condensateurs électrolytiques représentent au total 2,5% du poids. Dans la catégorie 2 (tension de fonctionnement de 12 à 32 V), le résultat est très différent. Presque tous les blocs d'alimentation externes contiennent un condensateur électrolytique de plus de 2,5 cm ainsi que plusieurs autres condensateurs plus petits. Les condensateurs électrolytiques représentent ici au total 5,7% du poids.

Figure 1: Catégorie 1

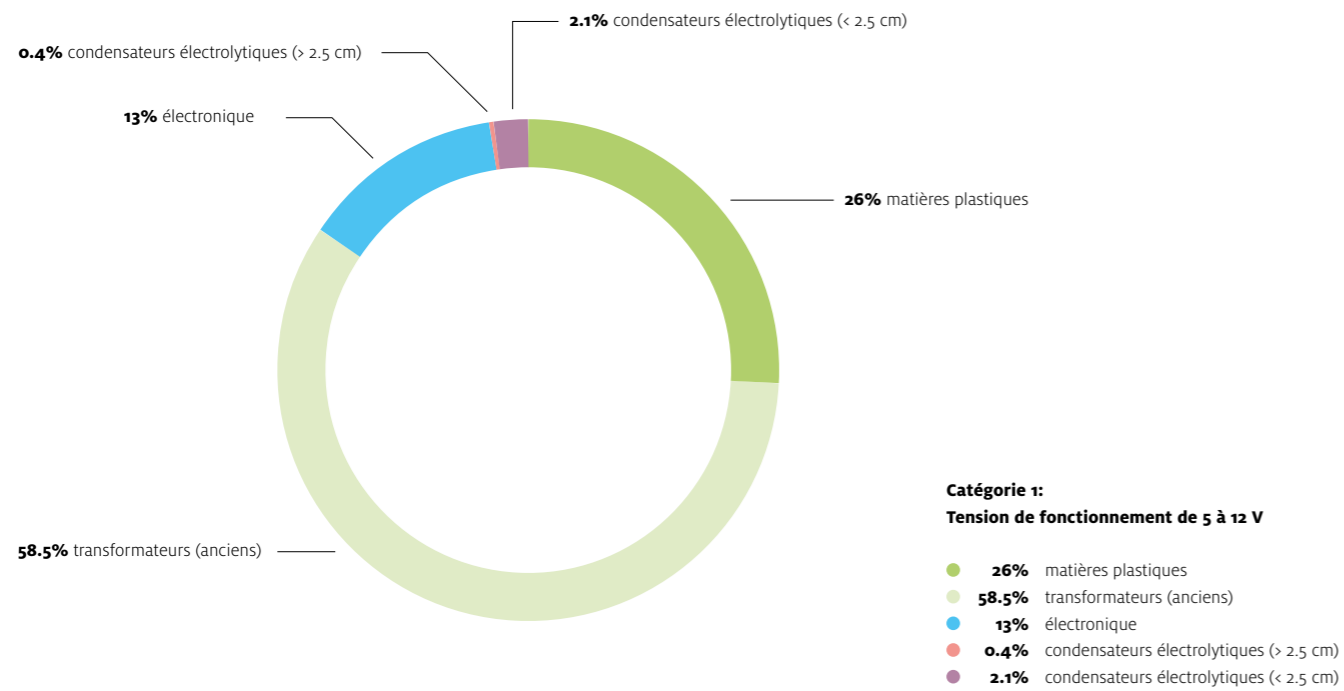
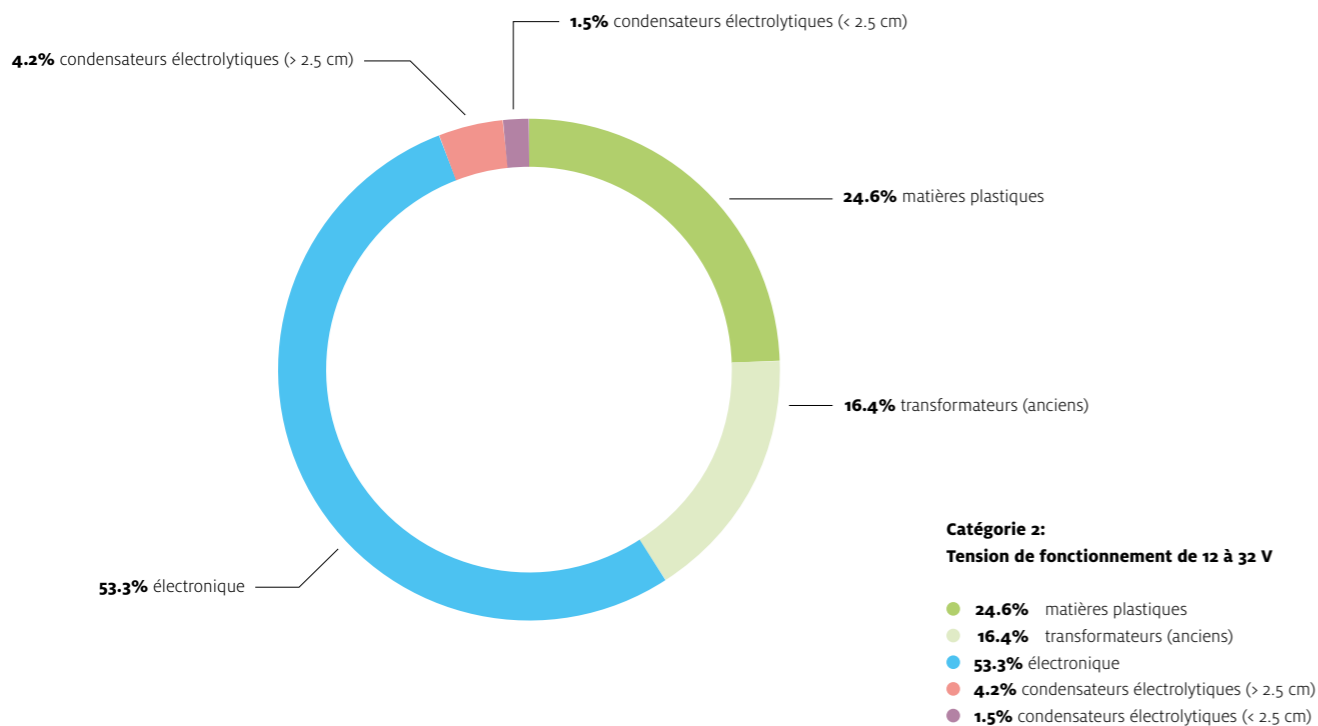


Figure 2: Catégorie 2



En plus de l'essai de démontage chez THL, deux tonnes de blocs d'alimentation externes (mélange des précédentes catégories observées séparément) ont été traitées mécaniquement sur le site de Solenthaler Recycling (essai batch spécial 2). Cet essai avait pour objet de vérifier s'il était possible de séparer proprement les condensateurs et s'il se produisait un écoulement de liquide pendant le traitement. Après l'ouverture du matériel, les gros condensateurs étaient triés dans des conditions normales par des salariés sur un tapis de tri, tandis que les petits condensateurs, selon les déclarations des responsables, passaient séparément via la fraction d'aluminium. L'essai a permis de confirmer que la fraction d'aluminium contient une part importante de petits condensateurs électrolytiques, tandis que les autres fractions ne comptent quasiment aucun condensateur. Au total, l'essai fait apparaître une fraction massique de 3.14% de condensateurs électrolytiques, dont 42% étaient de gros condensateurs (> 2.5 cm) et 58% des petits condensateurs. L'essai a permis de conclure également que les condensateurs étaient légèrement endommagés pendant le traitement mécanique (voir photo 4-5), mais qu'ils n'étaient pas détruits. Aucun écoulement de fluide n'était visible sur les condensateurs légèrement endommagés.

Les essais batchs spéciaux réalisés chez THL et SOREC ont montré que les blocs d'alimentation externes, en particulier ceux dont la tension de sortie est plus élevée, contiennent des condensateurs électrolytiques de plus de 2.5 cm qui doivent être retirés pendant le traitement, conformément à la norme. Il a cependant été possible de démontrer également que les condensateurs électrolytiques pouvaient être concentrés efficacement et sans dommages importants dans une fraction cible lors d'un traitement mécanique respectueux. L'interprétation de ces résultats fait partie des thèmes actuellement étudiés par la commission technique Swico et SENS. Pour cela seront réalisés chez SOREC, entre autres, de nouveaux essais pour déterminer si des écoulements de fluides se produisent sur les condensateurs légèrement endommagés lors du traitement mécanique.

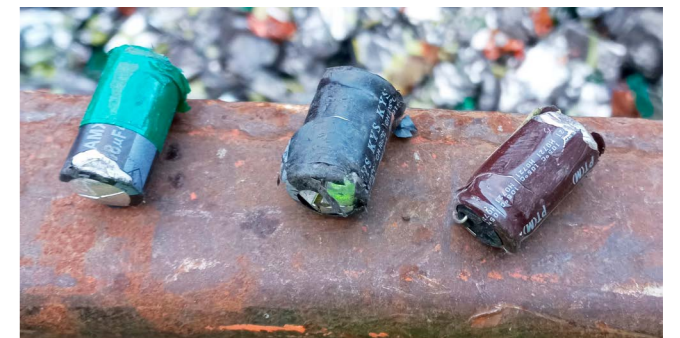


Photo 4-5: Condensateurs endommagés après le traitement mécanique.



Photo 6: Matériaux entrants.

20 ans de coopération au développement en pour la gestion durable des déchets électroniques

Heinz Böni et Andreas Bill

Les pays en développement doivent eux aussi gérer de grandes quantités de déchets électroniques. Avec le soutien financier du Secrétariat d'État à l'économie (SECO) et sous la direction technique de l'Empa, des programmes pour la création de systèmes de recyclage des déchets électroniques sont déployés dans certains pays depuis 2003. Au Ghana, où a été élaborée il y a deux ans une directive technique comme base d'évaluation dans les contrôles réguliers des entreprises, les collaborateurs de l'autorité environnementale nationale ont suivi en janvier et novembre derniers une formation d'audit des entreprises de recyclage de déchets électroniques.

La Suisse est considérée dans le monde entier comme un exemple dans le domaine de la gestion des déchets: depuis plus de 25 ans, les déchets organiques sont soit compostés (déchets verts collectés séparément), soit soumis à une valorisation thermique (ordures ménagères des particuliers et entreprises). En ce qui concerne la collecte des matériaux recyclables, tels que le papier, le verre, les métaux, etc., la population fait preuve d'une conscience environnementale très marquée, ce qui s'est traduit par des taux de recyclage qui atteignent des records. La Suisse dispose également d'une infrastructure de collecte bien établie et orientée clients pour les déchets électroniques, et elle fait partie des pays enregistrant les meilleurs taux de collecte d'Europe. En 2002, cette solide expérience a poussé le Secrétariat d'État à l'économie (SECO) à encourager des programmes de développement internationaux visant à définir, avec d'autres partenaires, le cadre légal et les directives techniques, à soutenir la création de systèmes de reprise et à lancer la mise en œuvre et le développement du secteur du recyclage dans des pays émergents et en développement. Les activités sous la direction de l'Empa, dénommées «Swiss e-waste programme», ont démarré en 2003 en Inde, en Chine et en Afrique du Sud, puis ont été étendues en 2008 à la Colombie et au Pérou.

Depuis 2013, ces activités sont menées dans le cadre du Sustainable Recycling Industries Programme¹. Ce dernier a permis

de lancer des activités également au Ghana et en Égypte. En tant que partenaire de mise en œuvre international, la World Resources Forum Association (WRFA), spin-off de l'Empa, a rejoint le programme en 2013. La WRFA assure la coordination et la surveillance de toutes les activités avec le soutien technique de l'Empa.

Les programmes commencent à porter leurs fruits: plusieurs pays partenaires ont créé une base juridique qui oblige les constructeurs et importateurs d'appareils électriques et électroniques à reprendre ces derniers lorsqu'ils arrivent en fin de vie, ceci dans le but d'accroître la responsabilité du fait des produits. À partir de cette base ont été créés des systèmes de reprise collectifs et de nouvelles entreprises de recyclage, tandis que les structures existantes ont pu élargir leur champ d'activité. Des directives techniques ont permis d'imposer un état de la technique dans toutes les entreprises de recyclage autorisées. Pour contrôler le respect de ces directives, des formations d'auditeurs sont organisées sous la direction de l'Empa depuis 2021 dans tous les pays. Les premières ont eu lieu au Ghana en 2021. La Colombie et l'Égypte suivront en 2022, puis ce sera le tour du Pérou et de l'Afrique du Sud en 2023.

Formation en deux parties

En raison des restrictions liées à la pandémie de coronavirus, la formation au Ghana a été scindée en deux sessions. Lors d'une première session virtuelle organisée en juillet 2021 en

¹ Voir: www.sustainable-recycling.org



Photo 1: Auditeurs de l'EPA lors d'un audit pilote à Tema, au Ghana.

collaboration avec l'autorité environnementale du Ghana (EPA – Environmental Protection Agency), les participants ont suivi une formation de base de trois jours sur les thèmes de la législation et de la gestion des déchets électroniques respectueuse de l'environnement, ainsi que sur la préparation, l'exécution et la technique d'audit. En novembre 2021 s'est tenue la deuxième session pour approfondir les connaissances acquises en juillet et en faire une application pratique dans deux entreprises.

Les quelque 15 participants se sont montrés très intéressés et engagés, et ils ont pu profiter de la grande expérience en audit des deux experts de l'Empa. Les audits pilotes dans les deux entreprises ont mis en lumière quels étaient les points essentiels d'un audit. Un regard critique et une attitude à la fois ouverte, tenace et coopérative vis-à-vis des représentants des entreprises auditées ont permis de montrer à ces derniers des améliorations possibles, sans pour autant les clouer au pilori. Finalement, il ne s'agit pas uniquement du respect des prescriptions, mais également d'un accompagnement dans l'amélioration continue des prestations environnementales et des situations de travail des entreprises. Les check-lists sont conçues pour aider les auditeurs dans leur travail, mais elles ne doivent pas être utilisées de manière trop rigide. Un entretien professionnel doit permettre d'évoquer les lacunes et les potentiels qui ne peuvent pas être approfondis par

des questions avec réponses de type oui/non. Ceci requiert de la part des auditeurs autant de compétence technique que de capacité de communication.

Contribution diversifiée de la Suisse

Avec le soutien de la Suisse, les pays partenaires ont pu, au cours des 20 dernières années, créer des emplois, récupérer des matières précieuses et éliminer des composants contenant des polluants tout en appliquant des méthodes respectueuses de l'environnement. Il est alors clairement apparu que la gestion appropriée des déchets de la société offre des opportunités tant écologiques que sociales et économiques. Les déchets électroniques constituent un excellent exemple car ils contiennent des quantités de matériaux recyclables qui dépassent nettement celles des autres flux de déchets.

Au niveau international, la WRFA dirige depuis l'année dernière la préparation d'une nouvelle norme (ISO 59014) sur la gestion durable des matières premières secondaires, dans laquelle les aspects de l'économie circulaire sont liés à ceux du recyclage équitable et inclusif. Un premier projet est attendu fin 2022.

La Suisse peut être fière de ses 20 ans de collaboration internationale fructueuse dans le domaine de la gestion durable des déchets électroniques.

Recyclage des plastiques des DEEE

– actualisation

Andreas Bill

Les conditions cadres du recyclage des matières plastiques issues déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) continuent d'évoluer. Afin d'encourager l'économie circulaire, la politique et la société se mobilisent dans tous les secteurs pour plus de recyclage des plastiques et un taux de recyclage plus élevé dans les produits. En ce qui concerne les matières plastiques des DEEE, le processus est confronté à des directives d'assurance qualité de plus en plus strictes. Aperçu des évolutions actuelles et de leur influence sur le recyclage des DEEE en Suisse.

Le recyclage des matières plastiques issues des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) est écologiquement pertinent et contribue considérablement à la réalisation des objectifs de taux de recyclage (en volumes). Mais il existe également des obstacles économiques, techniques et réglementaires. Dans le Rapport technique 2019 de Swico et SENS avait été publié un article sur le recyclage des matières plastiques issues des DEEE en Suisse. Depuis, un remaniement du règlement POP de l'Europe est entré en vigueur (milieu d'année 2019) et de nouvelles règles sur les transports transfrontaliers des déchets plastiques ont été créées au sein de la Convention de Bâle (début 2021, voir l'article dans le Rapport technique de 2021).

Le règlement POP donne le ton

Dès l'entrée en vigueur du nouveau règlement POP, il était prévu d'examiner jusqu'en milieu d'année 2021 la nouvelle valeur limite définie pour les éthers diphenyliques polybromés (PBDE, groupe de retardateurs de flamme contenant du brome) et, éventuellement, de la réduire encore davantage. Le processus a repris avec un peu de retard fin 2021. Dans son rapport du 9 février 2022, le rapporteur du Parlement européen propose une nouvelle valeur limite de 200 mg/kg pour les PBDE, puis une nouvelle réduction à 100 mg/kg après cinq ans. Par ailleurs, toutes les fractions de matières plastiques dans lesquelles les limites de POP sont dépassées doivent dorénavant être classées déchets spéciaux.

Au moment de la publication de cet article, ces propositions sont encore débattues au Parlement européen.

Si le règlement POP est révisé pour inclure les propositions ci-dessus, ce changement aura également des répercussions sur le recyclage des matières plastiques issues de DEEE en Suisse. Deux aspects sont au premier plan:

1. La proposition de valeur limite à 200 mg/kg pour les PBDE correspond à la limite de quantification que les laboratoires de normalisation indiquent pour la définition de ces substances dans les échantillons de déchets plastiques mélangés. Pour les mesures inférieures, les incertitudes analytiques sont telles que les valeurs inférieures à 200 mg/kg sont simplement indiquées comme « < 200 mg/kg ». Si l'on tient compte en outre des incertitudes lors de l'échantillonnage, la valeur limite proposée ne peut pas être suffisamment étudiée au moyen de méthodes d'analyse en laboratoire classiques¹. Tant qu'il n'existera pas d'autres

¹ La constitution d'un échantillon représentatif de déchets plastiques mélangés provenant du traitement mécanique des DEEE représente un défi majeur. Une étude récemment publiée par l'Empa examine la question de manière approfondie. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105956>



Photo 1: Fraction de matières plastiques provenant du traitement de gros électroménager.

méthodes pour vérifier cette valeur limite, toutes les fractions de matières plastiques mélangées issues du recyclage de DEEE devraient par conséquent être déclarées comme contenant des POP et soumises à un processus spécialisé d'extraction des plastiques avec retardateur de flamme bromé, ou bien incinérées.

2. Les déchets plastiques mélangés issus du recyclage des DEEE en Suisse sont pour la plupart soit incinérés, soit recyclés dans une entreprise de recyclage spécialisée dans les matières plastiques des DEEE, dans un pays proche. En règle générale, ces entreprises n'ont pas d'autorisation pour prendre en charge des déchets spéciaux. Si les déchets plastiques contenant des POP devaient être par la suite classés en tant que déchets spéciaux en UE, ces derniers ne pourraient plus être acceptés par les recycleurs de plastiques spécialisés, jusqu'à obtention des codes d'acceptation correspondants. Ceci conduirait, tout au moins temporairement, à un arrêt du recyclage et à un accroissement de la valorisation thermique des matières plastiques issues de DEEE.

Les conditions cadres du recyclage des plastiques des DEEE ne cesse d'évoluer en Europe. Les décideurs doivent ainsi trouver l'équilibre entre l'économie circulaire visée et une extraction conséquente des polluants dans les matières recyclées. Cette situation constitue un frein considérable à la poursuite du développement et à la promotion du recyclage des plastiques issus des DEEE, car les changements de loi font naître de grandes incertitudes.

Swico et Immark favorisent la formation de professionnels

Sabine Krattiger et Roger Gnos

Lors du troisième appel à candidatures du fonds pour l'innovation de Swico Recycling, les projets privilégiés étaient ceux concernant les ressources importantes. L'un d'entre eux prépare les personnes du deuxième marché du travail à passer dans le premier. Nous vous en donnons ici quelques détails.

Depuis la fondation de Swico Recycling en 1994, le deuxième marché du travail est devenu un partenaire majeur de l'industrie du recyclage. En raison de la miniaturisation des appareils et de la part croissante d'appareils à piles lithium-ion, un tri préalable manuel et un montage soigné des déchets électroniques seront à l'avenir très importants¹.

De 800 à 1'000 personnes du deuxième marché du travail sont employés dans 120 ateliers de démontage à but social, avec lesquelles coopère, entre autres, Immark AG, une société de recyclage renommée. Compte tenu du développement du marché du travail, les mesures de formation et de qualification deviennent des conditions de plus en plus importantes pour une intégration professionnelle durable dans le cadre dans l'aide sociale. On peut combiner les deux aspects constate le groupe Thommen, société d'Immark AG, qui lance un projet pilote en collaboration avec la Croix-Rouge suisse, canton de Berne, et la Farb AG (Fachstelle Arbeitsintegration Region Bern).

Le comité consultatif du fonds Swico pour l'innovation estime que le projet mérite d'être soutenu: le fonds a accordé CHF 220'000.- pour soutenir un cours spécialisé de recyclage destiné aux bénéficiaires de l'aide sociale.

Accessible à tous, l'offre de promotion à plusieurs niveaux permet aux salariés du deuxième marché du travail d'acquies un diplôme spécialisé et de remplir les conditions requises pour accéder à l'apprentissage de recycleur/euse CFC puis au premier marché du travail, ce qui inclut la promotion de compétences de base et de la vie quotidienne ainsi que des offres de qualification au-dessous du niveau de formation professionnelle. Le groupe Thommen et d'autres entreprises bénéficient en même temps d'une prise en charge du personnel et des apprenants, et peuvent ainsi remédier en partie à la pénurie de main d'œuvre et à l'absence de relève.

Découvrez à la page suivante une présentation détaillée du cours spécialisé.



Photo 1: Bénéficiaires de l'aide sociale participant à des sessions de qualification.

Sabine Krattiger, Directrice Immark AG.

Un projet gagnant-gagnant classique, estime aussi le président du comité consultatif du fonds Swico pour l'innovation, Roger Gnos.

«Le projet pilote n'a pas d'équivalent en Suisse et il contribue considérablement à l'intégration de ces collaborateurs ainsi qu'à la création d'un savoir-faire durable dans le domaine du recyclage des équipements électroniques.»

«Avec ses objectifs et l'utilité visée pour les humains et l'environnement, et par la structure de partenariat avec les deux partenaires sociaux, le projet peut être poursuivi ou étendu dans d'autres cantons.»

¹ Voir également à ce sujet: [Rapport technique 2021, page 34](#)

Cours spécialisé de recyclage: de nouvelles perspectives pour les bénéficiaires de l'aide sociale

Sabine Krattiger et Roger Gnos

La Farb AG (Fachstelle Arbeitsintegration Region Bern) et la Croix-Rouge Suisse (CRS) du canton de Berne ont lancé un projet pilote de deux ans en collaboration avec Immark AG. Ce projet associe pour la première fois deux institutions sociales et une entreprise du secteur privé dans le but d'offrir à des bénéficiaires de l'aide sociale une qualification spécifique ainsi que de nouvelles perspectives d'accès au premier marché du travail.

De quoi s'agit-il?

Avec l'offre Fractio, la Farb AG dirige un atelier de démontage pour Immark AG, lequel est installé sur le site du Groupe Thommen à Köniz, c'est-à-dire au plus près du premier marché du travail. Les ateliers de démontage qui offrent des emplois sur le deuxième marché du travail sont devenus des partenaires importants dans le secteur du recyclage des équipements électroniques: en raison de la miniaturisation des appareils et de la part croissante d'appareils à piles lithium-ion, un tri préalable manuel et un montage soigné des déchets électroniques seront à l'avenir très importants.

Accessible à tous, l'offre de promotion à plusieurs niveaux permet aux salariés du deuxième marché du travail d'acquérir un diplôme spécialisé et leur offre ainsi la possibilité d'accéder à l'apprentissage de recycleur/euse CFC puis au premier marché du travail.

Qu'apporte le projet?

L'ensemble du secteur du recyclage a besoin d'une main d'œuvre qualifiée. Les deux institutions Farb AG et CRS du canton de Berne cherchent à y répondre en mettant en place une qualification spécifique au secteur et destinée aux bénéficiaires de l'aide sociale. Le groupe Thommen ainsi que d'autres entreprises de recyclage, centres de collecte et autres entreprises du même type profitent de la prise en charge du personnel et des apprenantes, et peuvent ainsi remédier en partie à la pénurie de main d'œuvre et à l'absence de relève.

Où en est le projet?

Grâce au soutien du canton de Berne (direction de la santé, des affaires sociales et de l'intégration) ainsi qu'aux contributions financières du fonds pour l'innovation de Swico Recycling, de la Verein für Arbeitsbeschaffung et de la Fondation UBS pour le domaine social et la formation, le projet peut passer à la phase de mise en œuvre. La description du cours a été transmise aux services sociaux et le premier cours a pu démarrer en avril.

Qui peut participer?

Le programme de qualification s'adresse:

- aux bénéficiaires de l'aide sociale capables de travailler;
- aux réfugiées reconnus et accueillis provisoirement, détenteurs d'un permis B/F;
- aux citoyennes étrangères détenteurs d'un permis B/C.

Comment l'offre est-elle construite?

Le cours spécialisé de recyclage est composé de deux modules:

- Module «Basic»: module de six mois comprenant un cours à la CRS du canton de Berne, ainsi que le module spécialisé du groupe Thommen et des sessions de qualification. Les participants suivent en outre un cours interne d'utilisation de chariot élévateur (R1).
- Module «Advanced»: module de trois mois comprenant un cours à la CRS du canton de Berne, ainsi que des modules spécialisés de l'association professionnelle Swiss Recycling et des sessions de qualification.

Qui sont les entreprises participantes?

Farb AG

La Fachstelle Arbeitsintegration Region Bern propose un vaste choix de possibilités pour l'intégration professionnelle des bénéficiaires de l'aide sociale. La Farb AG est le service proposant le plus d'offres d'emploi et d'intégration dans le cadre dans l'aide sociale dans le canton de Berne. Plus de 50 communes et 15 services sociaux régionaux sont associés à l'institution.

CRS du canton de Berne

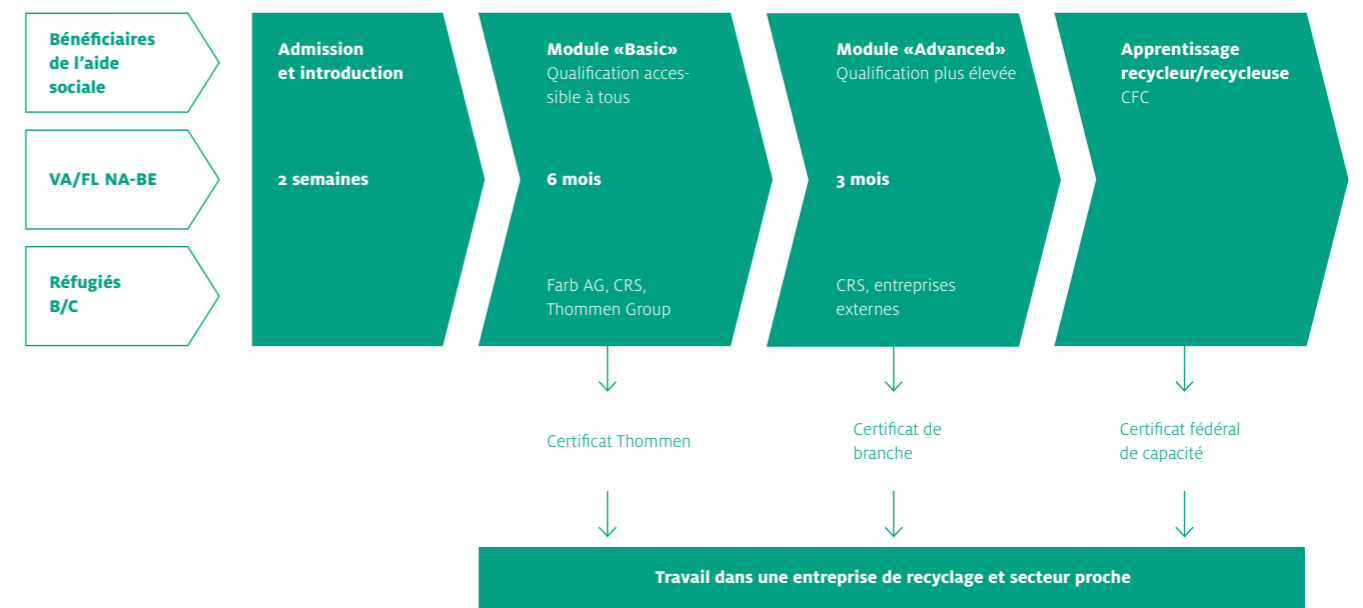
La Croix-Rouge Suisse (CRS) du canton de Berne est une organisation humanitaire qui œuvre pour plus d'humanité dans

l'ensemble du canton. Environ 700 collaborateurs et 2'400 bénévoles s'engagent dans les domaines du soutien, des soins de santé, de la formation et de l'intégration. La CRS du canton de Berne compte environ 80'000 membres.

Le Groupe Thommen

Le Groupe Thommen est une entreprise familiale qui a acquis en 85 ans une solide expérience et une précieuse expertise dans le recyclage des déchets métalliques, ferreux et électroniques. L'activité de recyclage suisse est gérée par la marque Thommen. Le commerce international est géré par la marque Metallum. Les déchets électroniques sont gérés par la marque Immark. Le Groupe Thommen emploie plus de 600 personnes sur 25 sites répartis en Suisse, en Allemagne, en Italie, en Belgique et en Chine.

Figure 1: Concept du cours spécialisé de recyclage.



Les activités de la commission technique depuis 25 ans

Daniel Savi et Heinz Böni

Au cours de sa courte histoire, l'audit technique du recyclage des appareils électriques a connu un développement exponentiel. Ce qui a commencé par des activités isolées assurées par un petit nombre de participantes est aujourd'hui un vaste réseau d'audit et de recyclage présent dans toute l'Europe. Nous revenons sur les événements qui ont marqué les 25 dernières années d'une activité d'experte dans le domaine du recyclage des appareils électriques respectueux de l'environnement.

Personne ne sait plus très bien à quel moment les auditeurs et auditrices de Swico Recycling et SENS sont intervenus pour la première fois. Le Rapport d'activité 1994 de Swico Recycling évoque déjà le travail de l'Empa en tant que commission technique de Swico Recycling. Le rapport le plus ancien de la commission technique SENS disponible au secrétariat date de l'année 1997. Les auditeurs et auditrices de SENS et Swico Recycling sont donc en activité depuis au moins 25 ans. Au début, l'Empa et les deux auditeurs techniques de SENS travaillaient de manière très indépendante. Les audits en commun ont démarré en 1999. Neuf ans plus tard, la collaboration est devenue tellement étroite que les deux commissions techniques se réunissent pour former une instance commune. En 2009, les exigences techniques et environnementales du recyclage sont harmonisées dans les contrats de Swico Recycling et SENS avec les partenaires de recyclage.

Les polluants, cibles prioritaires

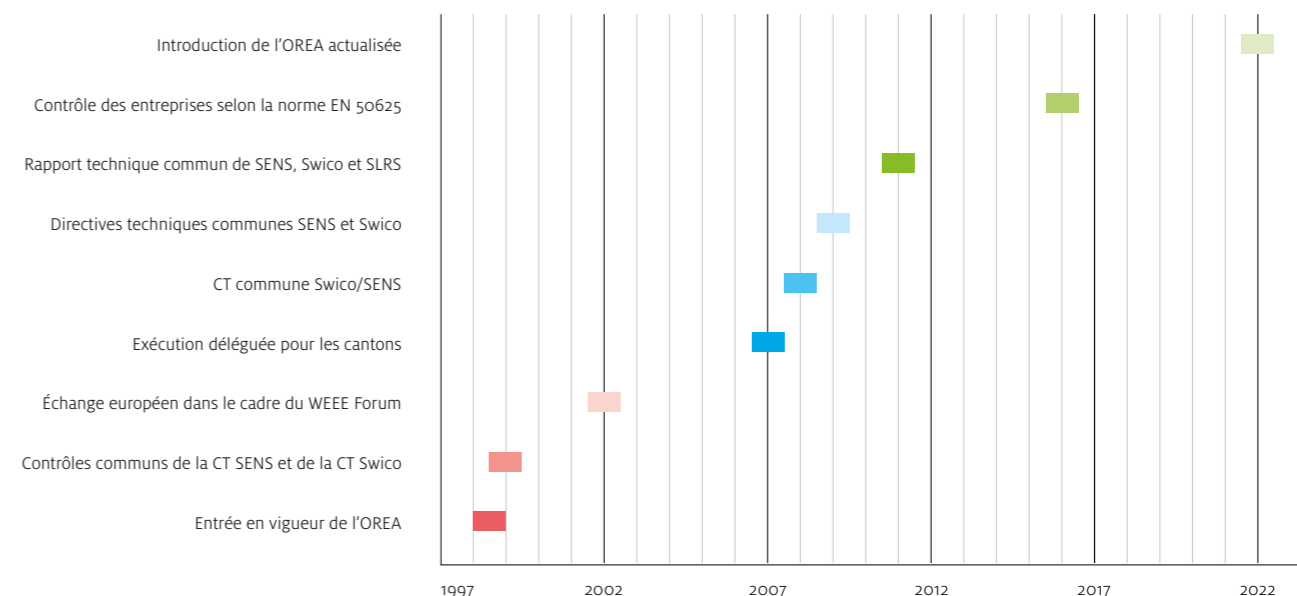
Au début des activités d'audit, les instances veillaient principalement à la séparation et à l'élimination correctes des composants contenant des polluants dans les appareils électriques. Les principales cibles étaient alors les batteries contenant des métaux lourds, les pastilles de getter extraites des écrans et contenant du baryum, les CFC des échangeurs thermiques, les condensateurs contenant des PCB et les huiles contenues dans les appareils. Plus tard sont apparus des nouveaux composants problématiques: d'une part, les batteries au lithium créaient des difficultés dans le processus de recyclage

et d'autre part venaient s'y ajouter de nouveaux appareils contenant des polluants spécifiques, comme les écrans plats, les sources lumineuses ou les appareils médicaux. Avec le temps, la saisie des flux des matières chez les recycleurs ainsi que l'évaluation des modes de traitement et d'élimination auprès des repreneurs sont devenus plus importantes. Ont suivi l'élaboration et l'introduction de procédures permettant de prouver un recyclage le plus complet possible et une élimination respectueuse de l'environnement pour les matériaux issus des appareils. Depuis quelque temps, l'attention se tourne de plus en plus sur la récupération des matériaux recyclables et l'amélioration permanente de la connaissance des éléments contenus dans les appareils.

Influence sur les développements européens

Les commissions techniques se sont développées rapidement, de même que leurs mandats. Les systèmes de reprise de SENS et Swico ont démarré leur activité avant l'entrée en vigueur de l'ordonnance sur la restitution, la reprise et l'élimination des appareils électriques et électroniques (OREA) en 1997. C'est également le cas de l'activité d'audit. Mais c'est l'OREA qui a créé la base légale de l'obligation de reprise et de recyclage des appareils électriques usagés. L'introduction des contrôles communs de SENS et Swico Recycling ont ensuite intensifié l'échange spécialisé entre les commissions techniques des deux organisations. Ceci s'est traduit par une amélioration de la saisie des flux des matières chez les recycleurs et le développement d'indicateurs clés pour

Figure 1: Chronologie du développement de la commission technique.



l'évaluation de la qualité du recyclage. La collaboration renforcée gagne en visibilité auprès du grand public avec la publication d'un rapport technique commun à partir de 2011. Les conclusions du WEEE Forum ont fait l'objet de débats au niveau européen dès 2002. Dès le départ, les experts et expertes suisses ont activement participé au développement de normes européennes de recyclage des appareils électriques et électroniques. Ces activités ont abouti à la norme WeeeLabex et aux normes CENELEC de la série 50625. Les audits selon la WeeeLabex n'ont pas été introduits en Suisse. Mais lorsque la série de normes européennes EN 50625 a été finalisée, elle est devenue la base technique des audits de Swico Recycling en 2017, puis des audits de SENS en 2020.

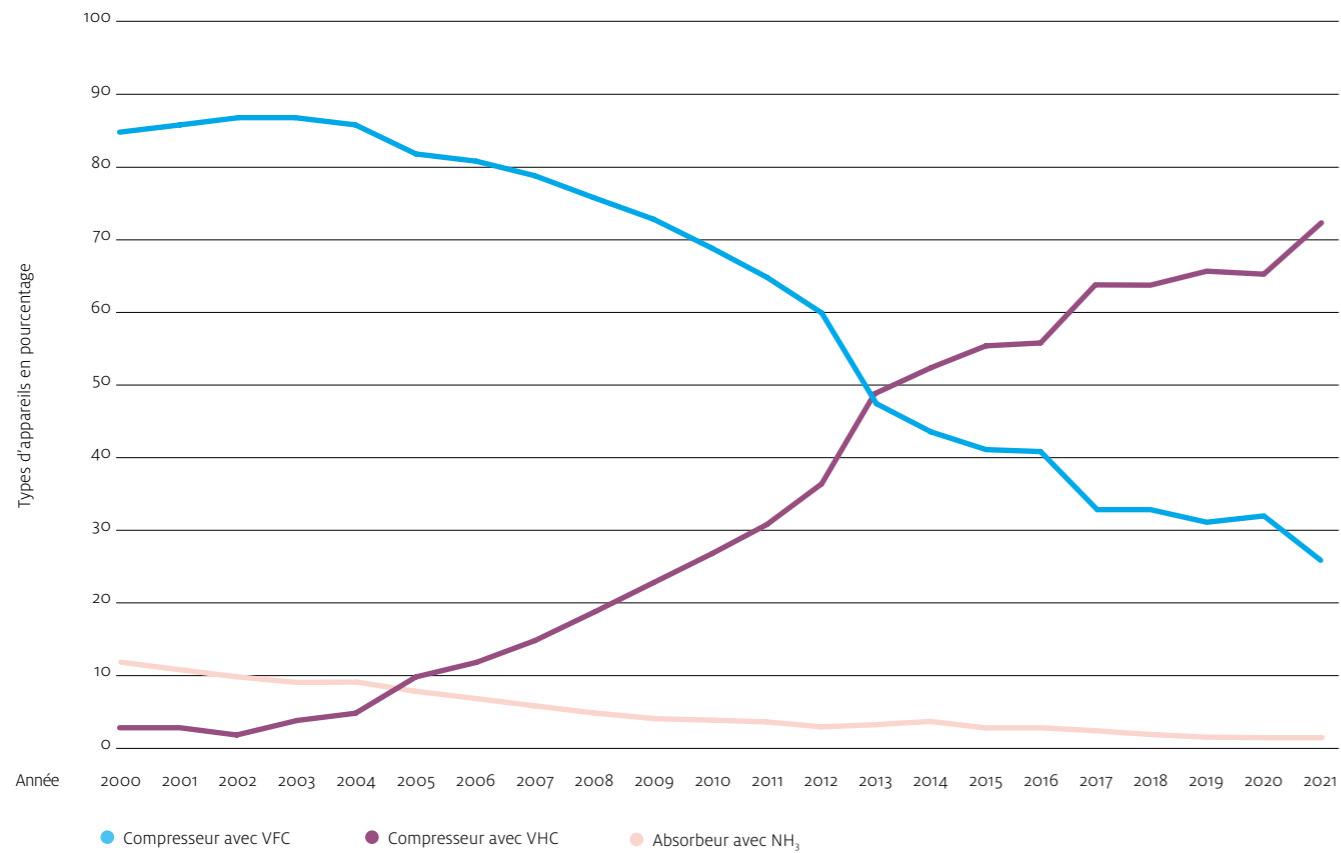
L'expertise acquise par les membres des commissions techniques au fil des années a également fait l'objet d'une demande de soutien croissante à l'étranger. En 2002, par exemple, le Secrétariat d'État à l'économie (SECO) a demandé à l'Empa d'apporter des éclaircissements sur de possibles projets de traitement des déchets électroniques dans le respect l'environnement dans les pays en développement. Des projets ont ainsi vu le jour dans plusieurs pays d'Afrique, d'Amérique latine et d'Asie, sous la direction de l'Empa et avec son soutien technique.

De nombreux experts et expertes sont devenus auditeurs et auditrices au fil des années. La direction de la commission technique Swico a tout d'abord été confiée à Kurt

Münger, auquel ont succédé Johannes Gauglhofer, Martin Eugster et Heinz Böni. La commission technique SENS était constituée à ses débuts d'Ueli Kasser et de Geri Hug. Au cours des premières années, Robert Hediger, en qualité de directeur de la Fondation SENS, a considérablement contribué au développement de la commission technique SENS et à son orientation stratégique. L'instance grandissant, sa direction a été confiée à Ueli Kasser. Avec Daniel Savi, Paul Scherer et Roman Eppenberger, la direction est assurée à partir de 2008 par des collaborateurs de SENS. Tous les experts techniques qui sont passés par la commission ont fortement marqué le développement des pratiques d'audit de SENS. En plus des personnes déjà nommées sont également intervenus Anahide Bondolfi, Anne-Christine Chappot, Flora Conte, Emil Franov, Niklaus Renner et Silvan Rüttimann. Au cours des années, l'Empa a recruté dans l'équipe d'audit différents collaborateurs dont certains ne sont restés auditeurs que peu de temps. Bien qu'il ne soit pas possible d'en donner la liste complète, tous ont apporté une contribution importante à l'évolution de l'audit. Les personnes restées auditeurs ou auditrices pendant plusieurs années, en plus des dirigeants de la commission technique Swico, étaient Esther Thiebaud, Patrick Wäger et Rolf Widmer.

D'un point de vue écologique, les équipements d'échange thermique ont toujours occupé une place spéciale. Étant donné que la plupart des appareils de réfrigération et climatiseurs ont utilisé des CFC comme agents réfrigérants

Figure 2: Développement effectif des appareils VFC et VHC jusqu'en 2021.



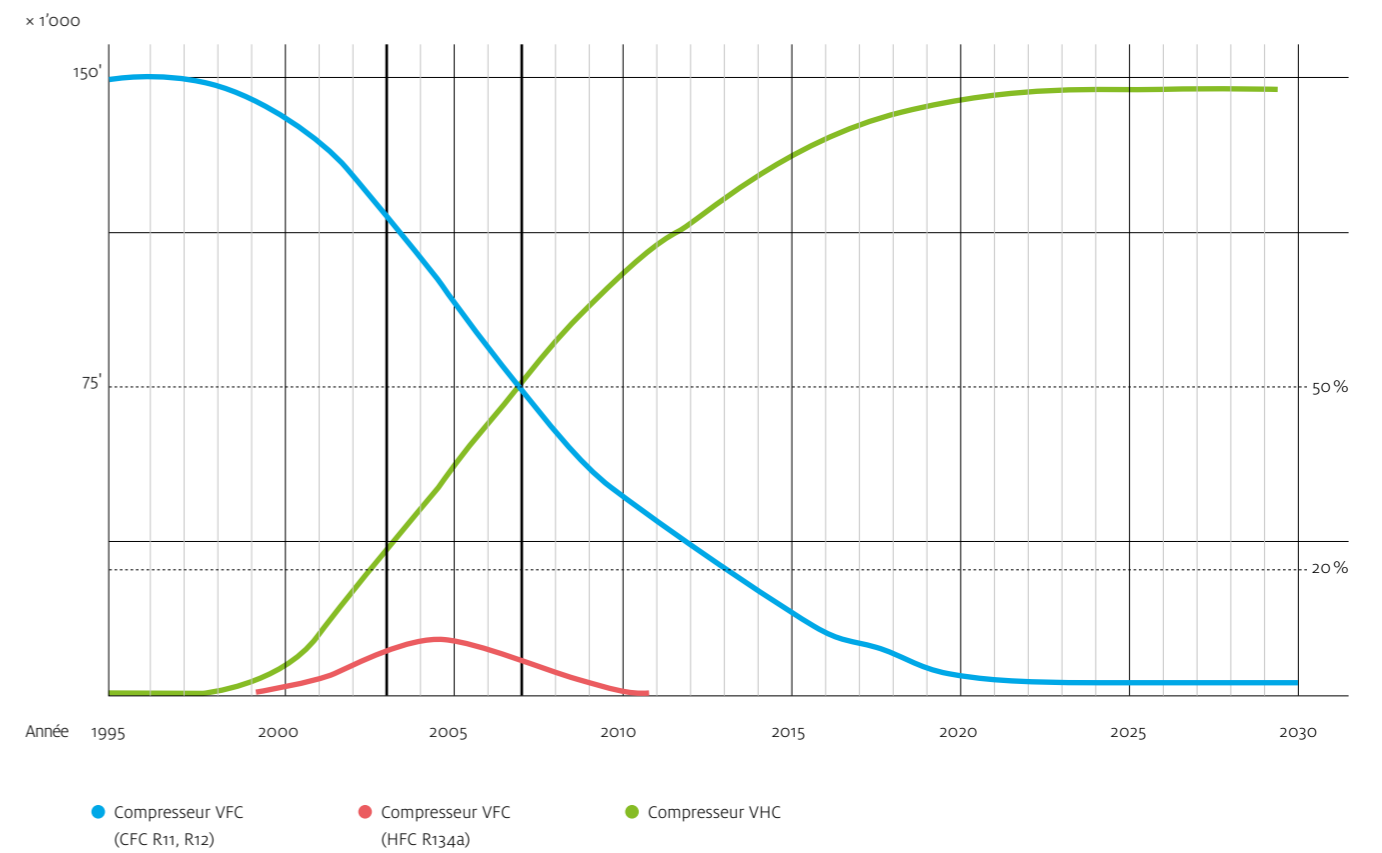
jusqu'en 1990, la récupération et l'élimination sécurisées de ces agents représente une part importante de l'audit depuis le début de l'activité d'expert. Année après année, les recycleurs ont communiqué les proportions d'appareils de réfrigération avec et sans CFC. Les auditeurs et auditrices donnent depuis longtemps des estimations sur le nombre d'années pendant lesquelles il faudra encore éliminer des appareils contenant des CFC. Aujourd'hui, force est de constater que l'élimination complète des CFC dure beaucoup plus longtemps qu'annoncé. Selon des pronostics de 2000, tous les appareils de réfrigération contenant des CFC auraient dû être éliminés en 2022. Or il apparaît qu'un quart des appareils dans le circuit contient encore des CFC.

En ce qui concerne les équipements informatiques et l'électronique de divertissement, les écrans CRT ont pendant longtemps occupé une place prédominante dans l'activité d'audit. Ils représentaient par le passé un part significative du volume d'appareils repris dans le canal Swico et jusqu'à 35% de la quantité totale. La séparation propre du verre contenant du plomb et du verre restant, la séparation des pastilles de getter contenant du baryum, ainsi que l'élimination

professionnelle des matières plastiques contenant des polluants étaient au premier plan. De plus, la couche lumineuse, qui renferme à la fois des polluants et de nombreux éléments rares, doit être extraite et déposée. Cet exemple montre comment l'état actuel de la technique exige que les polluants soient éliminés de manière respectueuse de l'environnement ou soient isolés de ce dernier. Il n'est toutefois pas encore possible de réintroduire dans la boucle de recyclage des matières premières tous les matériaux recyclables utilisés dans des mélanges, tels que les terres rares présentes dans les couches lumineuses.

Le deuxième point important concernant les polluants, notamment dans le gros électroménager, concernait les condensateurs avec PCB. Avant l'introduction du système SENS, ces appareils étaient en grande partie démontés à la main. Lorsqu'ils dans des broyeurs, on ne vérifiait pas au préalable la qualité de la dépollution. Dans les années 1990, le broyage devint la norme pour l'élimination des gros électroménagers. Ceci a conduit en 2000 à imposer à l'élimination des condensateurs contenant des polluants avant tout traitement mécanique. On introduit alors la «règle du

Figure 3: Pronostics de développement des appareils de réfrigération dans le Rapport technique de 2000.



pouce»: tous les condensateurs de la grosseur d'un pouce ou plus grands doivent être retirés manuellement des appareils. Aucun des participants ne s'imaginait à l'époque que cette règle serait reprise dans une ordonnance et une norme européennes. Compte tenu de la baisse du nombre de condensateurs contenant des PCB dans le gros électroménager se pose depuis quelques années la question de savoir à partir de quel moment la règle pourra être supprimée. Il convient pour cela de trouver l'équilibre entre les conséquences de cette suppression sur l'environnement et le travail nécessaire pour l'élimination séparée de quantités de PCB de plus en plus réduites.

Les matières plastiques sont particulièrement présentes dans les appareils électroménagers et l'électronique de divertissement. Depuis 25 ans, leur proportion ne cesse d'ailleurs d'augmenter également dans toutes les autres catégories d'appareils. En raison de la multitude des types de plastiques ainsi que de l'utilisation fréquente de retardateurs de flamme et de plastiques mélangés, le recyclage devient complexe et exigeant. La part des matières plastiques recyclées est encore très loin de ce qui serait nécessaire pour une économie

circulaire. À cela s'ajoute le fait que les nouveaux plastiques sont bon marché. Les incitations économiques en faveur d'un recyclage des plastiques renforcé perdent donc de leur efficacité. Les systèmes de reprise et les auditeuses devront à l'avenir trouver des incitations judicieuses pour encourager le recyclage des matières plastiques.

Avec l'introduction de la révision de l'OREA et la mise à jour de l'aide à l'exécution encore en attente, le recyclage des déchets d'équipements électriques et électroniques en Suisse reposera en 2022 sur une base légale actualisée. La miniaturisation de l'électronique, l'utilisation accrue de matières plastiques et les appareils autonomes génèrent sans cesse de nouvelles exigences en matière de recyclage. Cette dynamique marquera également le travail futur des commissions techniques SENS et Swico.



Flora Conte
CT SENS, Carbotech AG

Flora Conte est titulaire d'un master en sciences de l'environnement à l'EPF de Zurich (avec une spécialisation en biogéochimie et en dynamique des polluants). Depuis 2013, elle travaille au département de conseil environnemental de l'entreprise Carbotech AG. Elle mène différents projets sur un plan national et international dans les domaines des énergies renouvelables, du recyclage ou de l'entrepreneuriat. Elle est membre de la CT SENS/Swico depuis 2015. Elle a été auditrice d'ateliers de démontage de SENS et Swico jusqu'en 2020. Flora Conte audite les recycleurs SENS depuis 2016. En plus d'être conseillère environnementale, elle œuvre dans une organisation à but non lucratif pour l'accès à l'énergie solaire dans les pays en développement.



Anahide Bondolfi
CT SENS, Abeco GmbH

Anahide Bondolfi est titulaire d'un bachelor en biologie et d'un master en sciences de l'environnement de l'Université de Lausanne. Elle débute son activité dans le secteur des déchets électriques en 2006, pendant son travail de master effectué en Afrique du Sud, en collaboration avec l'Empa. Ensuite, elle travaille pendant pratiquement 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 près de la moitié des audits des ateliers de démontage de Swico et SENS. Depuis 2016, Anahide Bondolfi audite également plusieurs recycleurs et centres de collecte SENS.



Manuele Capelli
Organisme d'évaluation de la conformité Swico
SN EN 50625, Empa

Manuele Capelli a étudié les sciences environnementales ainsi que le management, la technologie et l'économie (MTEC) à l'EPF de Zurich. Il a acquis sa première expérience dans le domaine des déchets électroniques lors d'un stage universitaire au World Resources Forum (WRF) en collaboration avec l'Empa. Depuis 2021, il travaille comme collaborateur scientifique au département Technologie et Société de l'Empa. Ses domaines d'activité englobent des projets relatifs à l'économie circulaire et aux systèmes de recyclage en Suisse, ainsi que l'accompagnement de projets relatifs aux systèmes de recyclage des déchets électroniques dans les pays émergents et en développement. Il est membre de la CT Swico et réalise des audits depuis 2022.



Fabian Elsener
Carbotech AG

Fabian Elsener a obtenu son baccalauréat en génie industriel à la Haute école spécialisée de Suisse orientale à Rapperswil. Il est actuellement en master en environnement et ressources naturelles avec une spécialisation en écotechnologie et évaluation du cycle de vie à l'Université des sciences appliquées de Zurich à Wädenswil. Au cours de son stage chez V-ZUG, il a découvert le recyclage de déchets d'équipements électriques et électroniques en accompagnant un test de lot pour V-ZUG. Depuis l'été 2021, il travaille dans le département de conseil environnemental de Carbotech AG et réalise surtout des bilans écologiques de produits et systèmes techniques.



Heinz Böni
Directeur de l'organisme d'évaluation de la conformité Swico 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 pour l'Empa, chez qui il dirige le groupe CARE (Critical Materials and Resource Efficiency). Il est expert de contrôle de Swico depuis 2007 et dirige la commission technique de Swico Recycling depuis 2009.



Daniel Savi
TC 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 se concentre sur les risques sanitaires et des effets sur l'environnement des activités de construction et de valorisation des déchets.



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 consiste à soutenir les projets de mise en place de systèmes de recyclage de DEEE dans les pays émergents et en développement. Il est membre de la CT Swico et audite des recycleurs Swico depuis 2020.



Roger Gnos
Contrôle technique, Swico et membre de la CT

L'histoire de Roger Gnos exerce dans le domaine du recyclage depuis 1991. Il a donc vécu et participé activement au développement du recyclage des DEEE. Il a dirigé pendant 20 ans une entreprise de traitement des déchets électroniques. Il travaille depuis 10 ans chez Swico Recycling pour le conseil des centres de collecte. Il a participé en 2019 au lancement du fonds Swico pour l'innovation, dont il préside depuis le comité consultatif. Il est fasciné par la technique, mais également par les hommes qui rendent possible l'activité du recyclage.



Thekla Scherer
CT SENS, IPSO ECO AG

Thekla Scherer a étudié les sciences environnementales à l'EPF de Zurich. Après ses études, elle a travaillé pendant environ 10 ans dans un bureau d'études où elle avait pour domaine principal la protection de l'air et l'énergie. Elle travaille depuis 2016 chez IPSO ECO AG, à Rothenburg, où elle est chef de projet de rapports d'impact sur l'environnement. En parallèle, elle se rend sur des chantiers pour l'accompagnement de projets environnementaux. Par sa polyvalence et ses intérêts multiples et variés, elle couvre dans son travail un éventail très large de questions environnementales, parmi lesquelles les problèmes liés aux déchets, aux matières dangereuses pour l'environnement et à leur élimination. Thekla Scherer est membre de la commission technique SENS et auditrice spécialisée des entreprises de recyclage des équipements d'échange thermique depuis 2021.



Sabine Krattiger
Partenaire de recyclage Swico, Immark AG

Sabine Krattiger travaille dans le domaine du recyclage électronique depuis 1992. Elle est directrice d'Immark AG depuis 2009. Grâce à son expertise en élimination des équipements électroniques et en qualité de membre du conseil d'administration de l'Association professionnelle pour l'élimination des appareils OREA, elle soutient la formation des recycleurs R-Suisse et l'EE-RA (European Electronics Recyclers Association).



Niklaus Renner
CT SENS, IPSO ECO AG

Après ses études à la Haute-école de musique de Lucerne, Niklaus Renner a étudié les sciences environnementales à l'EPF de Zurich. Il travaille dans l'entreprise IPSO ECO AG à Rothenburg (anciennement Roos + Partner AG, Lucerne) depuis 2007. Il s'occupe des thématiques de pollution et de protection des sols ainsi que de l'impact environnemental de différents procédés techniques de valorisation. Il conseille également les entreprises dans le domaine de la conformité au droit environnemental. Il a développé en collaboration avec Erhard Hug le modèle d'évaluation mathématique de la norme européenne de recyclage équipements d'échange thermique CENELEC EN 50625-2-3. Niklaus Renner est membre de la commission technique SENS et auditeur des entreprises de recyclage depuis 2017. Ses spécialités sont notamment les audits et les essais de performance des installations dans les entreprises de recyclage d'appareils de réfrigération.



Roman Eppenberger
Responsable Contrôle technique SENS,
Responsable Technologie et Qualité chez SENS

Roman Eppenberger est titulaire d'un diplôme d'ingénieur électricien à l'EPF de Zurich. Tout en travaillant, il suit une formation post-grade pour obtenir un diplôme d'Executive MBA à la Haute École spécialisée de la Suisse orientale. Il fait ses premières expériences dans l'industrie en tant qu'ingénieur et chef de projet dans la robotique médicale et pharmaceutique. En tant que chef de produit, il passe au secteur Contactless de la société Legic (Kaba), où il est responsable des achats à l'international des produits semi-conducteurs. Depuis 2012, Roman Eppenberger dirige le secteur Technologie et qualité au sein de la fondation SENS. C'est dans cette fonction qu'il coordonne la CT SENS/Swico en collaboration avec Heinz Böni.

Liens internationaux

www.weee-forum.org

Le WEEE Forum (Forum for Waste Electrical and Electronic Equipment) est la fédération européenne de 46 systèmes de collecte et de recyclage d'appareils électriques et électroniques.

www.step-initiative.org

Solving the E-waste Problem (StEP) est une initiative internationale qui regroupe non seulement des acteurs importants des secteurs de la fabrication, de la réutilisation et du recyclage des appareils électriques et électroniques, mais également des organisations gouvernementales et internationales. Trois organisations des Nations Unies sont membres de cette initiative.

www.basel.int

La Convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontières 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

WEEE Europe AG, fusion de 19 systèmes de reprise européens, et, depuis janvier 2015 l'interlocuteur privilégié des fabricants et d'autres acteurs du marché quant à l'ensemble de leurs obligations nationales.

Liens nationaux

www.eRecycling.ch

www.swicorecycling.ch

www.swissrecycling.ch

En tant qu'organisation faitière, 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

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, du groupe «CARE – Critical Materials and Resource Efficiency), dirigé par Heinz Böni.

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

Le site Internet de l'Office pour les déchets, les eaux, l'énergie et l'air (ODEEA) donne, à la rubrique «Abfall, Rohstoffe & Altlasten», de nombreuses informations concernant directement le recyclage des DEEE.

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

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 DEEE.

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

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

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 DEEE.

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 DEEE.

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 sur son site Internet www.zebazug.ch des informations détaillées sur la collecte des fractions de matériaux recyclables.

Contact

Swico

Lagerstrasse 33
8004 Zurich
Téléphone +41 44 446 90 94
info@swico.ch
www.swico.ch

Fondation SENS

Obstgartenstrasse 28
8006 Zurich
Téléphone +41 43 255 20 00
info@sens.ch
www.eRecycling.ch

Organisme d'évaluation de la conformité Swico

Série de normes SN EN 50625
Coordination CT SENS
Roman Eppenberger
Obstgartenstrasse 28
8006 Zurich
Téléphone +41 43 255 20 09
roman.eppenberger@sens.ch

Organisme d'évaluation de la conformité Swico

Série de normes SN EN 50625
Commission technique Swico
c/o Empa
Heinz Böni
Département Technologie et Société
Lerchenfeldstrasse 5
9014 Saint-Gall
Téléphone +41 58 765 78 58
heinz.boeni@empa.ch

Mentions légales

Éditeur

Fondation SENS, Swico

Ce rapport technique est publié en allemand, en anglais et en français. Il est disponible sur les sites www.eRecycling.ch et www.swicorecycling.ch sous forme de publication en ligne et de PDF à télécharger.

Concept, graphisme

SUAN Conceptual Design GmbH
www.suan.ch

© 2022 SENS, Swico

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

