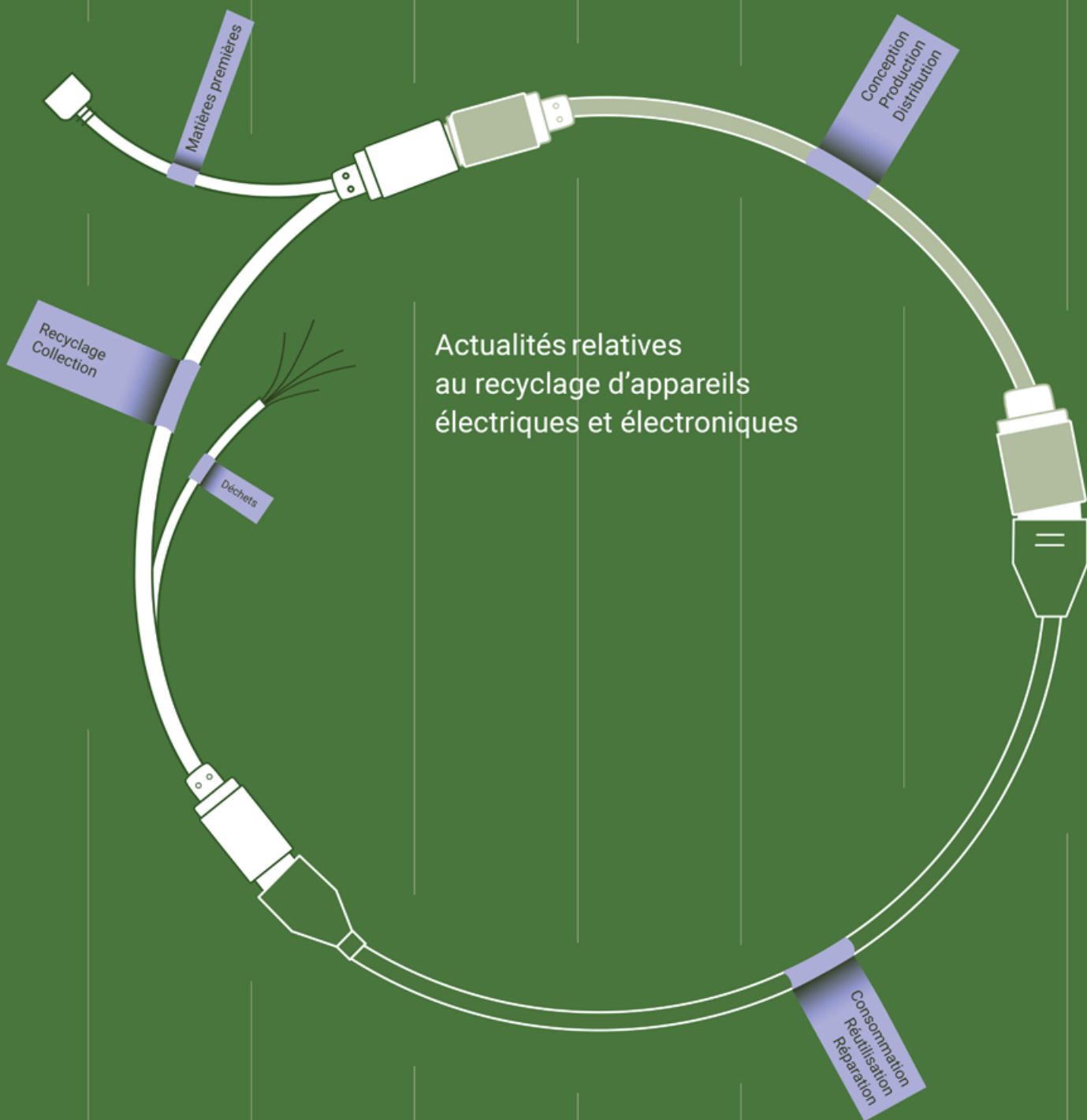


Swico et SENS

RAPPORT TECHNIQUE 2023

Actualités relatives
au recyclage d'appareils
électriques et électroniques



Contenu

1	Avant-propos	5	11	Aide à l'exécution	34
	Le recyclage sur le devant de la scène			L'économie circulaire dans l'élimination des DEEE – l'aide à l'exécution de l'OFEV explicitant l'état de la technique établit de nouvelles normes	
2	Portrait – systèmes de recyclage	6	12	15 ans du forum WEEE	36
	Swico et SENS, compétence et durabilité			EPR Grand Challenge – le WEEE Forum célèbre son vingtième anniversaire	
3	Commission technique Swico/SENS	8	13	e-conseg	40
	Notices et recommandations concernant les ballasts et les batteries au lithium			Pour un traitement des DEEE optimisé et pouvant fonctionner en circuit fermé à l'avenir	
4	Quantités 2022	10	14	Projet EVA: recyclage des composants électroniques des véhicules hors d'usage	42
	Les quantités traitées diminuent légèrement			L'économie circulaire dans le secteur de l'automobile – les résultats du projet EVA II	
5	La performance environnementale de Swico grâce au recyclage	14	15	Batteries au lithium	44
	Le recyclage d'appareils électroniques contribue de manière importante à la protection du climat			Batteries lithium-métal dans les DEEE – différenciation et expériences issues de la pratique	
6	Des taux de recyclage transparents pour les écrans plats	18	16	Les condensateurs dans les petits appareils	48
	Récupération de matériaux et taux de recyclage des écrans plats			L'âge des appareils électriques envoyés au recyclage	
7	Traitement entièrement mécanisé des écrans plats	20	17	L'électronique pervasive	50
	Introduction, optimisation et autorisation d'une nouvelle installation de recyclage			«L'électronique pervasive» – la prolifération croissante des composants électroniques dans nos objets quotidiens	
8	Traitement des appareils frigorifiques	24			
	Un processus de traitement complexe pour la récupération des gaz nocifs pour le climat issus des échangeurs thermiques			Autrices et auteurs	
9	Deux nouvelles installations de recyclage pour appareils frigorifiques	28		Liens	
	Deux toutes nouvelles installations voient le jour dans le paysage du recyclage des appareils frigorifiques			Contacts et mentions légales	
10	Pénurie de main-d'œuvre qualifiée dans les ateliers de démontage	32			
	Pénurie de main-d'œuvre qualifiée et de personnel dans le secteur de l'élimination et du recyclage				

Swico et SENS compétence et durabilité

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 dans le respect de l'environnement. Swico se concentre sur les équipements des secteurs de l'informatique, de l'électronique grand public, de la bureautique, des télécommunications, des arts graphiques, de la mesure et de la technologie médicale, tels que les photocopieurs, les imprimantes, les téléviseurs, les lecteurs MP3, les téléphones portables, les 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 domaine des EPF, contribue de façon déterminante à ce que Swico puisse imposer des normes de qualité élevées et homogènes auprès de tous les services d'élimination de déchets sur tout le territoire suisse.

SENS eRecycling est une fondation à but non lucratif, indépendante et neutre, représentée par sa marque SENS eRecycling. En tant qu'experte de la valorisation durable des appareils électriques et électroniques usagés utilisés dans et autour de la maison, des sources lumineuses et des luminaires, des systèmes photovoltaïques ainsi que des batteries de véhicules et industrielles, la fondation SENS contribue de manière essentielle à établir de nouvelles normes d'avenir pour l'eRecycling.

De plus, elle collabore étroitement avec des réseaux spécialisés dans lesquels sont représentées les parties concernées par le recyclage des appareils électriques et électroniques. En coopération avec ses partenaires, SENS eRecycling s'engage à ce que le recyclage de ces appareils respecte les principes économiques et écologiques.

SWICO

SENS eRecycling

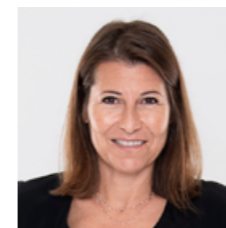
Le recyclage sur le devant de la scène

Alors que le changement climatique figure en tête de liste du baromètre des préoccupations de la population suisse, l'empreinte écologique des produits et des services rencontre toujours plus d'écho auprès du public. L'empreinte écologique de la fabrication des équipements électriques et électroniques étant particulièrement élevée, la fermeture des cycles de matières revêt une importance capitale pour ces produits.

Le recyclage des déchets d'équipements électriques et électroniques se retrouve donc à juste titre, et pour notre plus grand plaisir, sur le devant de la scène sociétale et politique. Les organisations de branche SENS et Swico ont fait état de performances impressionnantes qui n'ont peut-être reçu que trop peu d'attention par le passé. L'intérêt croissant du public nous offre l'opportunité de rendre visibles nos efforts de transparence, le présent rapport technique en étant un exemple, ainsi que nos améliorations et innovations constantes dans le processus de recyclage.

Nous attendons ainsi avec confiance et impatience les développements politiques à venir. Cette année, le Parlement travaille à réviser la loi sur la protection de l'environnement (LPE) pour y intégrer les principes de l'économie circulaire. SENS et Swico soutiennent cette démarche depuis le premier jour et examinent des mesures judicieuses et ciblées qui doivent permettre de mener à bien la fermeture des cycles. Face à des exigences internationales accrues en termes de respect de l'environnement dans la fabrication d'appareils électriques et électroniques, la réutilisation de matériaux recyclés promet de gagner encore en pertinence.

Avec notre rapport technique annuel, nous nous conformons volontairement, en tant qu'organisation privée, à des obligations strictes de diligence et de transparence. Nous souhaitons à toutes les personnes intéressées, qu'elles soient issues de la société, de la politique ou de l'administration, une bonne lecture, riche en découvertes passionnantes!



Judith Bellaiche

Judith Bellaiche
Swico



Pasqual Zopp

Pasqual Zopp
SENS

Swico et SENS compétence et durabilité

Depuis plus de 25 ans, les deux systèmes de reprise Swico et SENS eRecycling assurent la reprise et la valorisation respectueuses des ressources des appareils électriques et électroniques ainsi que leur élimination professionnelle.

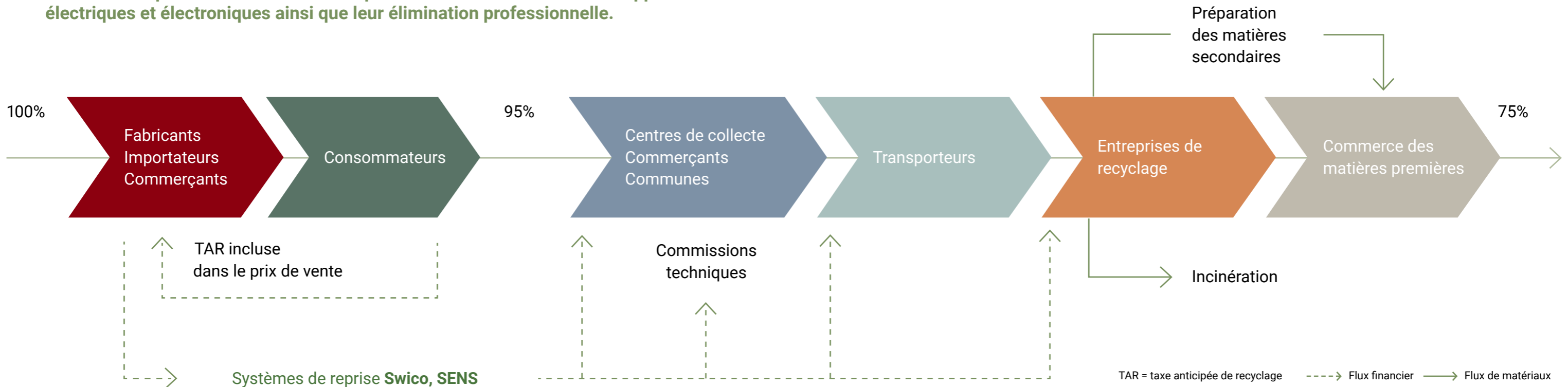


Figure 1: Vue d'ensemble des systèmes de reprise

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

En 2022, près de 121 000 tonnes d'appareils électriques et électroniques usagés ont été éliminées par ces deux systèmes. Swico et SENS ont ainsi fortement contribué à ce que de précieuses ressources puissent repartir dans le circuit économique. L'interconnexion internationale de ces deux organisations au niveau européen, par exemple en tant que membres du WEEE Forum (Forum for Waste Electrical and Electronic Equipment), leur permet de poser des jalons au-delà des frontières en matière de recyclage des appareils électriques et électroniques.

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



Notices et recommandations concernant les ballasts et les batteries au lithium

Heinz Böni et Roman Eppenberger

L'année dernière, nous avons mis au point des recommandations de manipulation pour le démontage de batteries au lithium dans les ateliers de démontage. Elles sont destinées à améliorer la sécurité au travail et à protéger l'environnement contre les atteintes nuisibles. De plus, les polychlorobiphényles (PCB) ont constitué une fois de plus – ou faut-il dire encore et toujours – un sujet important et central pour les travaux. Une fiche séparée a également été rédigée à ce sujet par la CT Sens.

Les PCB dans les ballasts

Les PCB sont des polluants difficilement dégradables, qui représentent un danger pour les êtres humains et les animaux, même en petite quantité. Bien que l'utilisation des PCB soit interdite depuis 1986, des condensateurs contenant des PCB continuent de se retrouver dans les déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE). Les condensateurs contenant des PCB se trouvent aujourd'hui principalement dans les ballasts de luminaires. C'est pourquoi il est très important de retirer ces condensateurs avant de recycler les DEEE.

Des teneurs en PCB élevées sont toujours constatées dans les fractions fines issues du traitement mécanique des DEEE, et l'une des causes les plus probables de ce problème est le retrait inadapté des condensateurs contenant des PCB des ballasts. Cependant, ces condensateurs sont également difficiles à identifier, et c'est pourquoi SENS eRecycling a élaboré une notice pour la manipulation de condensateurs contenant des PCB¹. Celle-ci aide à identifier et à éliminer les ballasts capacitifs, qui renferment des condensateurs susceptibles de contenir des PCB. Les ballasts électroniques ne présentent, eux, pas de condensateurs.

Manipulation des batteries au lithium lors du démontage

Face aux questions répétées et aux incertitudes quant à la manipulation des batteries au lithium (BLI) lors du démontage, des recommandations ont été mises au point par la CT Swico/SENS et récemment publiées²: Les DEEE contenant des BLI doivent être démontés avec précaution. Il convient d'éviter les courts-circuits causés par les chocs, la pression, la déformation, la perforation, etc. Des emplacements de démontage spécifiques pour retirer les BLI des DEEE doivent être prévus. Ces endroits doivent être équipés d'outils appropriés. Pour les BLI qui présentent un risque parce qu'elles sont endommagées ou à haute densité énergétique, les pôles saillants sont à couvrir ou à emballer dans du plastique. Lorsqu'une BLI est gonflée, il convient de la placer dans un récipient contenant du sable ou de la vermiculite pour l'isoler. Lors de la décharge des cellules Pouch endommagées dans de l'eau ou de la saumure, des mesures pour traiter les rejets éventuels de gaz et éliminer le liquide en question comme un déchet spécial doivent être prises (code 16 10 01 (S) LMoD – Listes pour les mouvements de déchets). Ceci s'applique dans le cas où le respect des conditions de déversement dans les canalisations est impossible à prouver au moyen d'analyses.

¹ ↗ ["Manipulation des ballasts contenant des PCB" \(2022\) \(pdf\)](#)

² ↗ ["Recommandations pour la manipulation des batteries au lithium lors du démontage" \(2022\) \(pdf\)](#)

Les instructions fournissent également des recommandations détaillées pour le stockage des batteries retirées.

Solution de remplacement pour l'outil de saisie des flux de matières

Avec l'adoption de la nouvelle OREA, la situation concernant l'avenir des systèmes ainsi que la compétence en matière d'audit a pu être éclaircie, et le projet «remplacement de Toocy» repris.

L'année dernière, un catalogue d'exigences a été élaboré pour la solution de remplacement. L'objectif est de pouvoir effectuer la saisie des données des flux de matières aussi rapidement que possible avec la solution de remplacement.

Du côté des auditeurs, aucun changement n'est à constater l'année passée. L'équipe d'audit comprend actuellement neuf auditeurs et auditrices: Andreas Bill, Anahide Bondolfi, Heinz Böni, Manuele Capelli, Stefanie Conrad, Flora Conte, Niklaus Renner, Daniel Savi et Thekla Scherer.



Batteries au lithium lors du démontage. (Photo: Solenthaler Recycling)

Les quantités traitées diminuent légèrement

Fabian Elsener et Flora Conte

La quantité de déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) traités est en baisse depuis 2020. Ce recul est en grande partie imputable à la miniaturisation des DEEE. Moins de réfrigérateurs, congélateurs et climatiseurs sont également traités. Les quantités de gros appareils électriques ont subi une légère augmentation qui est compensée par le recul des petits appareils électriques.

En 2022, les entreprises de recyclage Swico et SENS ont traité environ 121 000 tonnes de DEEE. Cela représente une baisse de 5% par rapport à l'année précédente (tableau 1 et figure 1). Cette quantité est légèrement inférieure à la moyenne à long terme qui s'élève à environ 125 000 tonnes. La quantité d'appareils électroniques (-15%) continue à diminuer en suivant la tendance observée ces dernières années, notamment en raison d'un recul des écrans à tubes cathodiques lourds de moniteurs d'ordinateurs et de téléviseurs. La quantité de réfrigérateurs, congélateurs et climatiseurs a également reculé d'environ 6% par rapport à l'année précédente. Les gros appareils électriques accusent une légère hausse de 2%. Les quantités de petits appareils électriques ont diminué d'autant.

La quantité d'équipements photovoltaïques traités a à nouveau fortement augmenté cette année. Cela s'explique en partie par le développement des énergies renouvelables, mais également par la grêle ayant endommagé les modules PV en 2021, menant à leur recyclage en 2022. La quantité d'appareils hors OREA qui ne figurent pas sur les listes de l'ordonnance sur la restitution, la reprise et l'élimination d'appareils électriques et électroniques (OREA) a baissé de 5% par rapport à l'année passée.

Valorisation des matériaux

Des fractions de matériaux recyclables et de polluants sont récupérées à partir du traitement manuel et mécanique des DEEE (figure 2). Les métaux constituent la fraction de matières de

Année	Gros électroménager	Réfrigérateurs, congélateurs et climatiseurs	Petit électroménager	Appareils électroniques	Sources lumineuses	Photovoltaïque	Appareils hors OREA	Total Tonnes/an
2009	30 400	15 300	14 900	47 300	1100		1200	110 200
2010	30 700	15 900	15 400	50 700	1130		3500	117 400
2011	27 800	16 800	16 300	51 300	1110		5200	118 500
2012	30 300	17 500	18 800	55 500	960		6000	129 100
2013	30 600	16 700	22 300	53 200	1100		4000	127 900
2014	29 400	17 200	23 900	52 000	1100		3000	126 600
2015	32 900	18 100	25 000	51 900	1100	100	3000	132 100
2016	32 500	19 200	27 900	49 000	1100	100	1900	131 800
2017	28 100	19 400	26 700	46 000	970	300	1300	122 800
2018	34 200	19 900	27 600	41 900	1100	300	1000	125 900
2019	35 800	19 900	28 700	41 000	1000	300	1000	127 600
2020	37 100	20 100	29 800	40 600	1000	200	1000	129 800
2021	35 300	20 200	31 300	36 900	1000	500	1900	127 100
2022	36 100	18 900	30 700	31 500	1000	1000	1800	121 000
Changement par rapport à l'an précédent	2%	-6%	-2%	-15%	0%	100%	-5%	-5%

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

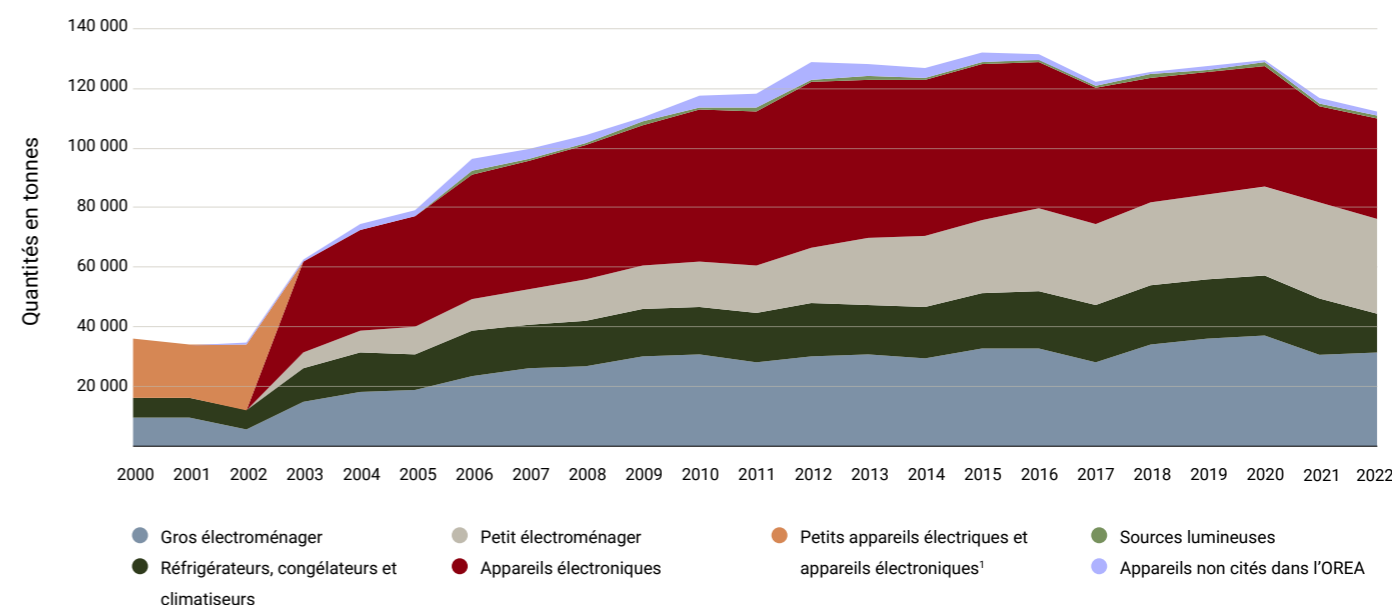


Figure 1: Évolution des quantités d'appareils traités en Suisse exprimée en tonnes

valeur la plus importante en termes de quantité, avec 59%. Ils sont suivis par les mélanges plastique/métal (21%) et les matières plastiques¹ (8%). Les câbles et le verre représentent chacun environ 2% de la quantité totale de matières de valeur. Les circuits imprimés particulièrement précieux représentent près de 1,1% du volume global.

Les fractions issues des entreprises de recyclage font l'objet d'un traitement ultérieur où elles sont recyclées ou soumises à une valorisation thermique. Pour le traitement ultérieur, les entreprises de recyclage doivent fournir des justificatifs de flux de matières qui documentent le traitement supplémentaire de ces fractions. Certaines structures chargées du traitement supplémentaire font l'objet d'audits à intervalles irréguliers menés par les auditeurs et auditrices de la CT SENS/Swico.

Les métaux ferreux sont traités en Suisse ou dans l'UE. Les mélanges matière plastique/métal continuent à être séparés. Différentes fractions mélangées continuent à être soumises directement à une valorisation thermique, mais leur part diminue constamment grâce aux nouvelles possibilités de traitement. Les fractions en verre ainsi que les câbles, les cartes de circuits imprimés et les piles font également l'objet de procédures de valorisation particulières (souvent dans l'UE).

Extraction des polluants

La part de fractions de polluants produites correspond à environ 1% du volume total (figure 2). Outre le recyclage des matières de valeur, la dépollution fait partie des tâches principales des entreprises de recyclage. Les polluants sont éliminés manuellement dans des ateliers de démontage ou séparés mécaniquement à l'aide de procédés spéciaux. Les condensateurs susceptibles de contenir des PCB sont par exemple retirés manuellement des gros appareils électroménagers ou des ballasts, ainsi que des batteries ou des petits DEEE.

Ce faisant, il faut constamment adapter l'extraction et la gestion des substances polluantes aux technologies modifiées et aux nouveaux acquis. Les entreprises doivent toutefois aussi être encore capables d'extraire et d'éliminer dans les règles de l'art les polluants des vieilles générations d'appareils. Cela entraîne de fortes exigences vis-à-vis du travail des entreprises de recyclage et présuppose des systèmes d'assurance qualité fiables.

Tendances dans le démantèlement

Pour rendre visible une tendance dans le démontage manuel, la figure 3 montre l'évolution des quantités représentées par les fractions des batteries, des condensateurs et des circuits imprimés par rapport au volume total au fil des

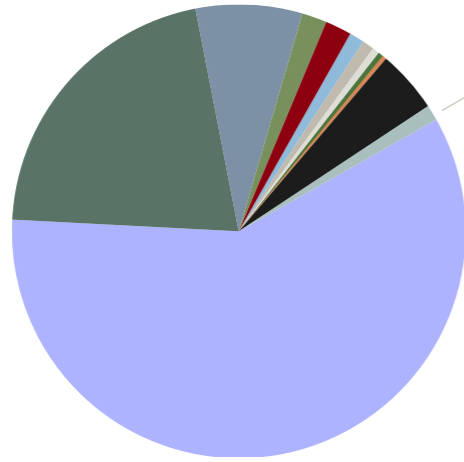
¹ Les matières plastiques contiennent des matières plastiques recyclées et non recyclées, par exemple les fractions légères de broyage.



4 Quantités 2022

Matériaux recyclables

- 59,0% métaux
- 21,0% mélanges matière plastique/métal
- 8,0% matières plastiques
- 2,0% câbles
- 2,0% verre
- 1,1% circuits imprimés
- 0,8% appareils débarrassés de leurs polluants
- 0,5% tubes cathodiques
- 0,0% cartouches de toner
- 0,0% métal issu du photovoltaïque
- 4,0% autres matériaux
- 1,0% polluants



Polluants

- 0,726% piles
- 0,123% condensateurs
- 0,100% huile
- 0,067% mélanges de réfrigérants et d'agents gonflants
- 0,040% substances lumineuses
- 0,030% composants d'appareils contenant de l'amiante
- 0,021% autres résidus contenant des polluants
- 0,008% composants contenant du mercure
- 0,003% ammoniac (NH₃)
- 0,001% bris de verre

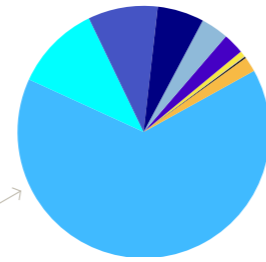


Figure 2: Composition des fractions générées en % du poids en 2022. Le graphique circulaire de droite correspond à la répartition des polluants, qui représentent environ 1% de la composition totale.

années. On observe clairement que la part de circuits imprimés séparés, souvent manuellement, a tendance à diminuer. Cela indique d'une part que les circuits imprimés ont de moins en moins de valeur et, d'autre part, que les appareils ne sont plus démantelés de manière aussi approfondie avant d'être traités mécaniquement. Il convient également de noter que la part de batteries est en hausse. On peut en déduire que le nombre d'appareils alimentés par batterie augmente. Le volume de condensateurs retirés accuse une légère baisse ces trois dernières années.

Évolution des appareils électroniques

Swico examine régulièrement les quantités et le type d'appareils électroniques repris. Pour ce faire, Swico procède à des analyses de paniers types et à des essais de traitement de certains groupes de produits (tableau 2). En 2022, Swico a repris 40 085 tonnes d'appareils électroniques, soit 7% de moins que l'année précédente. La masse et le nombre des unités reprises de moniteurs et de téléviseurs CRT continuent à baisser et s'inscrivent ainsi dans la tendance à long terme. La masse de téléviseurs et moniteurs à écrans plats repris a baissé d'environ 10% par rapport à l'année précédente, bien que leur nombre n'ait reculé que de 3%. Le nombre

de téléphones mobiles et d'appareils électroniques grand public continue à croître. Le poids moyen des téléphones mobiles et des appareils électroniques grand public ayant baissé, on constate toutefois une diminution de la masse de presque 10% pour les premiers et de 6% pour les seconds. Pour les fractions restantes telles que les PC, ordinateurs portables, imprimantes, photocopieurs et autres appareils informatiques, la masse collectée a diminué, ce qui est attribuable à une baisse du nombre d'unités.

La composition des différentes catégories d'appareils est déterminée par des essais de traitement menés auprès des entreprises de recyclage Swico. En l'occurrence, on collecte une quantité d'appareils définie en amont et on documente les fractions qui en résultent. Les quantités détaillées d'appareils électroniques repris et leur composition sont énumérées dans le tableau 2.

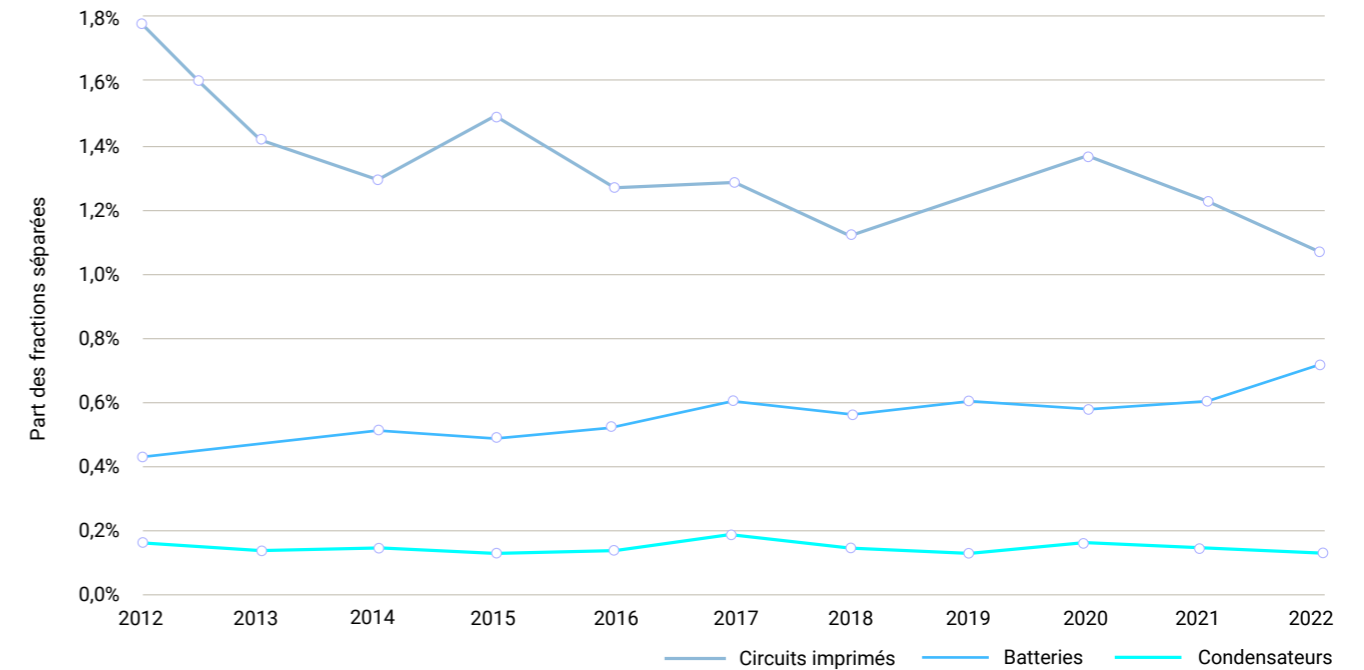


Figure 3: évolution des batteries, condensateurs et circuits imprimés séparés par rapport à la quantité globale

Type d'appareil	Nombre ⁴	Poids moyen	Métaux	Matériaux plastiques	Mélanges métaux/matériaux plastiques	Câbles	Verre et/ou modules LCD	Circuits imprimés	Polluants	Autres ⁵	Total	Augmentation / diminution par rapport à 2021
	en milliers	en kg	en tonnes	en tonnes	en tonnes	en tonnes	en tonnes	en tonnes	en tonnes	en tonnes	en tonnes	
Moniteur CRT de PC	9	17,0	22	30	14	4	65	13	0	1	150	-9%
Moniteur écran plat de PC ¹	521	6,5	1206	1207	73	42	501	239	35	84	3387	-12%
PC/serveurs	325	11,0	2940	207	10	109		298	11		3575	-5%
Ordinateur portable	443	2,2	286	285	100	5	86	142	67	4	975	-12%
Imprimantes	422	10,8	1615	2452	281	25	31	79	1	74	4558	-9%
Gros photocopieurs/gros appareils	32	137,3	2390	164	1570	79	3	36	38	112	4392	-8%
Mélange IT ²	867	2,4	1112	77	767	37	2	16	18	52	2081	-3%
Téléviseurs CRT	38	25,9	97	201	33	3	635	12	1	1	982	-9%
Téléviseurs FPD	350	22,9	3873	1442	845	110	703	673	89	279	8015	-6%
Mélange UE ³	3760	2,6	5271	359	3552	179	5	77	85	249	9776	-6%
Téléphone portable	1015	0,1	22	47			7	29	27		132	-11%
Téléphone, autre	1100	1,7	1017	67	673	34	1	15	16	47	1870	-7%
Photo/vidéo	218	0,7	73	5	53	3	0	1	1	4	142	-11%
Dentaire											52	-20%
Total en tonnes			19 926	6543	7969	630	2039	1630	389	907	40 085⁶	-7%
Total en %			50%	16%	20%	2%	5%	4%	1%	2%	100%	

¹ Écrans plats: écrans plats de différentes technologies (LCD, plasma, OLED, etc.).

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

³ Électronique grand public, mixte, sans téléviseurs.

⁴ Estimation

⁵ Emballages et autres déchets, cartouches de toner

⁶ Ce chiffre est supérieur aux 31 500 tonnes d'appareils électroniques du tableau 1, car il comprend également les appareils que les signataires A ont éliminés via des contrats directs. En outre, le tableau 1 indique les quantités traitées, tandis que l'on parle ici des quantités collectées.

Tableau 2: Quantités collectées par Swico et composition par type d'appareil (2022), Source: Fabian Elsener, Carbotech, sur la base d'analyses de traitement et de paniers types Swico (2022)

Le recyclage d'appareils électroniques contribue de manière importante à la protection du climat

Heinz Böni

L'évolution toujours plus rapide de la société et de la technologie va de pair avec une consommation élevée de matières premières. Notre infrastructure et nos biens de consommation constituent ainsi de véritables gisements de matières premières, elles-mêmes extraites du sol à l'aide de méthodes gourmandes en énergie et nuisibles pour l'environnement lors de la fabrication des produits. Dans ce contexte, la récupération des matières premières et leur réintroduction dans le circuit économique font figure de missions essentielles. Le «minage urbain» est absolument nécessaire pour réduire la consommation de matières premières. Swico, l'association économique du secteur suisse des TIC et d'Internet, recycle les appareils électroniques usagés et contribue ainsi de manière importante à la fermeture des cycles de matières et à atténuer les conséquences du changement climatique.

L'année prochaine, le recyclage des appareils électroniques usagés dans le système de recyclage Swico fêtera ses 30 ans. Avec les systèmes de Swico et SENS, la Suisse fait figure de pionnière en Europe. Le pays a commencé tôt, avant même l'existence d'une obligation légale, à mettre à contribution les fabricants d'appareils électriques et électroniques. Avec la reprise et le recyclage des appareils, ceux-ci ont dû assumer la responsabilité élargie des producteurs. Ce qui commença en 1994 avec quelques entreprises est aujourd'hui devenu un système de reprise réunissant 620 signataires de la convention, 600 centres de collecte officiels, 6000 possibilités de collecte dans le commerce et actuellement environ 43 000 tonnes annuelles d'appareils collectés. Pour le traitement des appareils électroniques, Swico collabore avec huit partenaires de recyclage dans toute la Suisse. Près de 80 ateliers de démontage y sont associés. Ils sont chargés d'extraire des appareils les composants susceptibles de contenir des

polluants ainsi que d'en retirer les éléments de valeur, tels que les circuits imprimés. En tout, le système de reprise entier représente environ 2000 emplois¹, gestion, logistique et audits compris. Il en résulte un réseau de partenaires en filigrane qui exploite la mine urbaine des appareils électroniques. Deux objectifs principaux sont poursuivis: la récupération de matières premières précieuses dans les appareils et l'élimination respectueuse de l'environnement des composants contenant des polluants. Ceux-ci permettent aussi de contribuer significativement à réduire les émissions de CO₂ grâce à la réintégration de différents métaux et plastiques dans le circuit économique.

De grandes quantités de métaux et de matières plastiques récupérées

D'importantes matières premières ont pu être récupérées à partir des 46 000 tonnes d'appareils électroniques collectés en 2021 (voir tableau 1)².

- Plus de 16 000 t de métaux industriels tels que le fer, l'aluminium et le cuivre
- Env. 4700 t de matières plastiques recyclables
- Env. 1 t de métaux précieux tels que l'or, l'argent et le palladium

¹ Estimation approximative

² Données issues d'essais par lots et de statistiques annuelles (voir rapports techniques et rapports annuels de Swico)

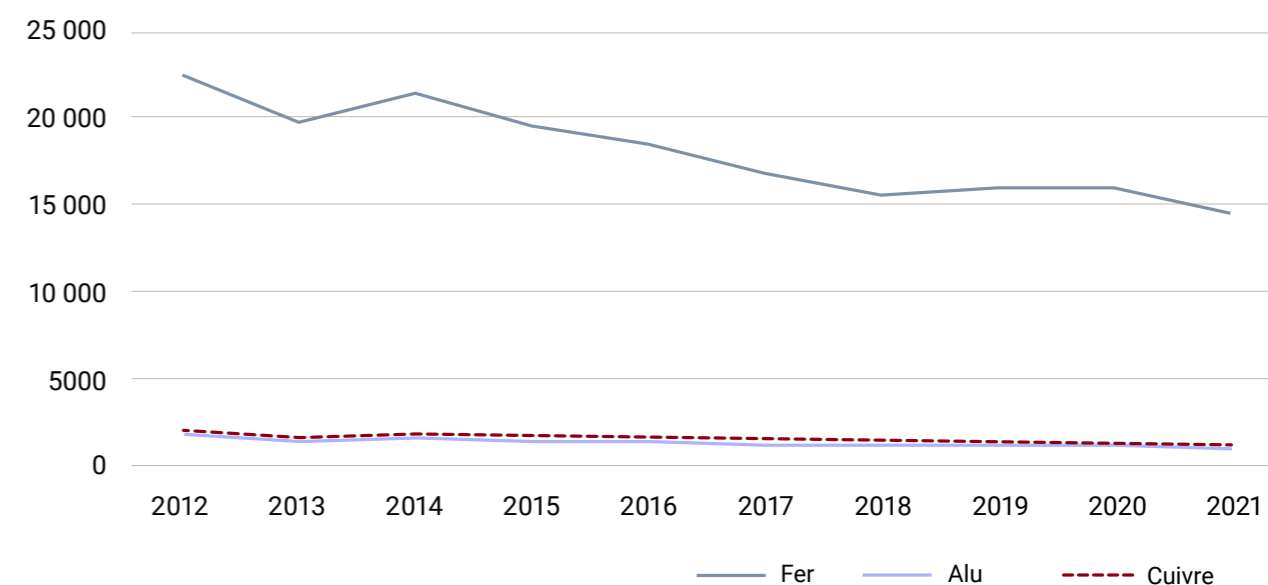
À l'échelle d'une décennie (2012–2021), les quantités de métaux et de plastiques récupérées sont immenses.

- 196 000 t de fer (l'équivalent de 19 tours Eiffel)
- 15 500 t d'aluminium
- 16 600 t de cuivre (l'équivalent de 106 toits du KKL)

- 55 000 t de matières plastiques recyclables
- 1600 kg d'or (l'équivalent de 410 000 alliances)
- 8300 kg d'argent

La figure 1 montre l'évolution des métaux industriels récupérés (fer, aluminium et cuivre) ainsi que celle des métaux précieux les plus importants (or, argent et palladium) sur une période de dix ans.

Quantités de métaux en tonnes Swico 2012-2021



Métaux précieux en kilogrammes Swico 2012-2021

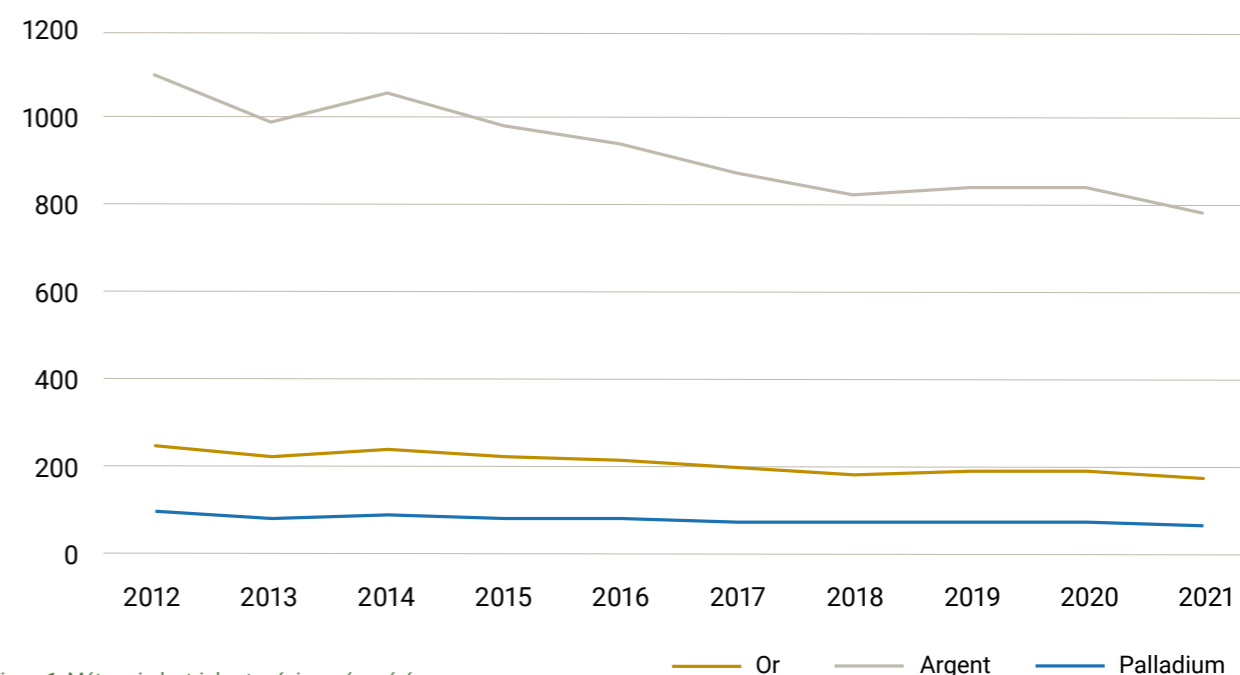


Figure 1: Métaux industriels et précieux récupérés dans le système Swico 2012–2021



5 La performance environnementale de Swico grâce au recyclage d'appareils électroniques usagés, courbe de recyclage incluse

Évacuer les polluants du cycle

Les composants contenant des substances polluantes sont également retirés des appareils. En 2021, cela concernait notamment (voir figure 2)³:

- Env. 263 t de batteries
- Env. 63 t de condensateurs avec des substances potentiellement dangereuses pour l'environnement
- Env. 8 t de composants issus de rétroéclairages contenant du mercure
- Env. 91 t de verre au plomb issu d'anciens écrans à tubes cathodiques

Sur une période de dix ans, cela représente au total près de 2800 t de batteries, 750 t de condensateurs, 6600 t de verre au plomb et 44 t de composants contenant du mercure.

Le recyclage contribue de manière significative à la réduction des émissions de CO₂

La contribution apportée par le recyclage à la réduction des émissions de CO₂ est immense. Grâce à la récupération du fer, de l'aluminium, du cuivre, de l'or, de l'argent et du palladium, qui remplacent ainsi les matières premières primaires, environ 3 millions de tonnes d'émissions de CO₂ ont pu être évitées en 2021, en théorie⁴ (voir tableau 1). Cela correspond à environ un cinquième des émissions de CO₂ des émissions engendrées par les carburants des transports pour la même année⁵. Et cette estimation ne tient même pas compte des autres métaux et des matières plastiques. L'impact environnemental positif du retrait et de l'élimination respectueuse de l'environnement des composants contenant des polluants doit également être pris en compte.

Composants contenant des polluants évacués en tonnes Swico 2012-2021

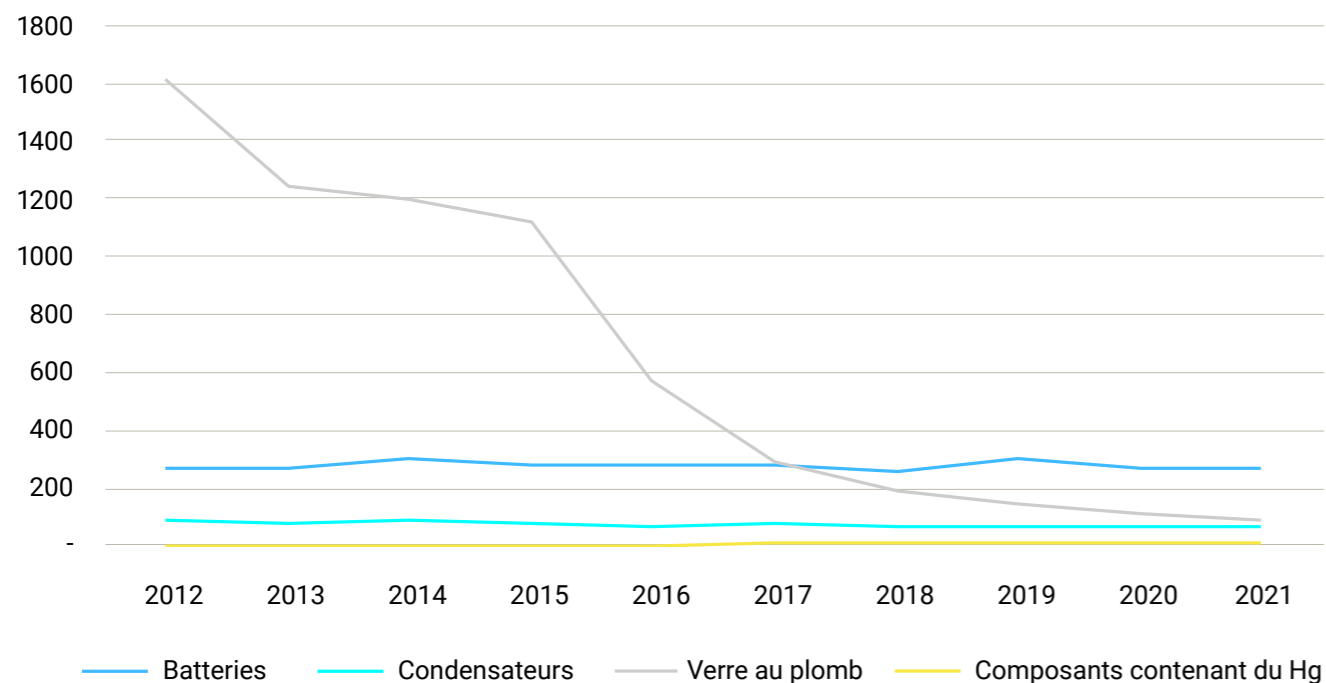


Figure 2: Composants contenant des polluants extraits dans le système Swico 2012–2021

³ La part calculée des composants contenant des polluants correspond à la moyenne suisse (appareils SENS compris).

⁴ Les émissions de CO₂ générées par le recyclage n'ont pas été prises en compte car elles sont négligeables comparées à celles issues de la biodégradation primaire des métaux.

⁵ Source: Office fédéral de l'environnement, en 2021, 14,81 millions de tonnes de CO₂ ont été émises par les transports.

Économies de CO₂ générées par la récupération de métaux 2012–2021 en (t de CO₂-eq), or exclu

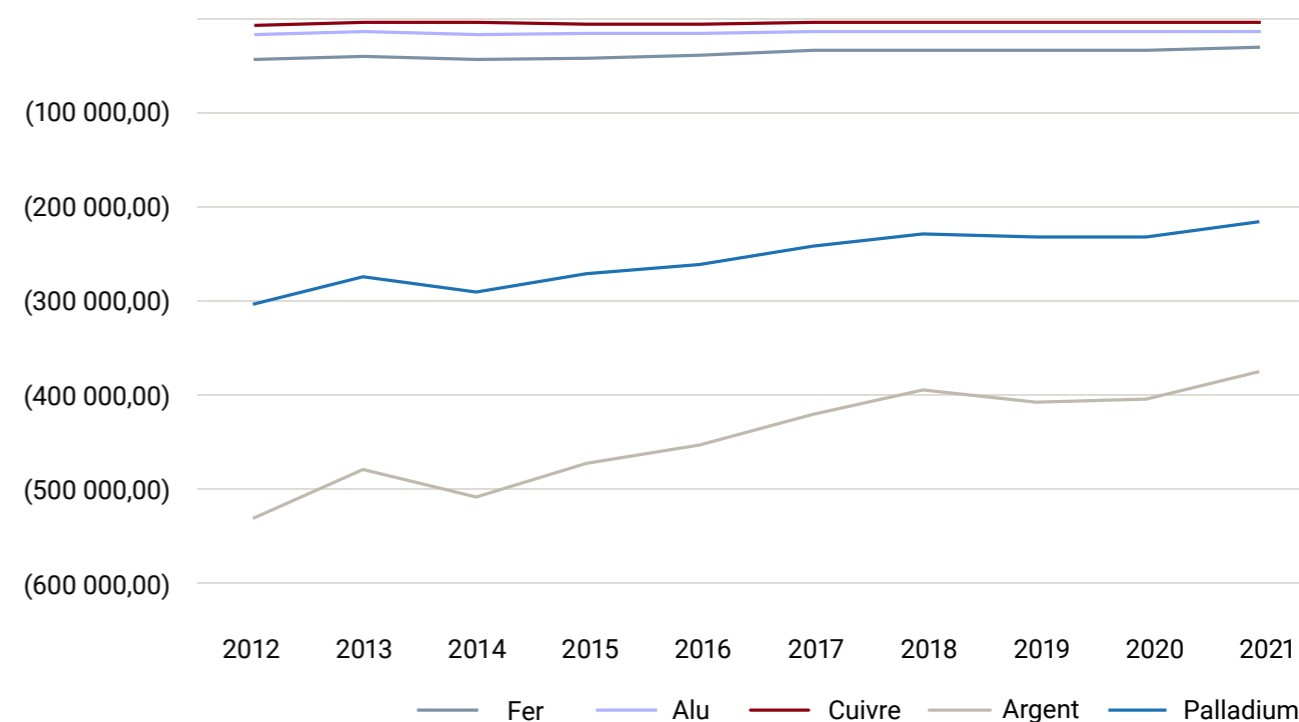


Figure 3: Économies de CO₂ dues à la récupération des matières premières secondaires importantes dans le système Swico 2012–2021 (or exclu; l'or seul représente env. 80% des économies de CO₂)

2021			
Fer	[t CO ₂ -eq]	-30 822,78	1,02%
Alu	[t CO ₂ -eq]	-9320,94	0,31%
Cuivre	[t CO ₂ -eq]	-1882,18	0,06%
Or	[t CO ₂ -eq]	-2 405 249,52	79,26%
Argent	[t CO ₂ -eq]	-373 005,64	12,29%
Palladium	[t CO ₂ -eq]	-214 337,51	7,06%
Économies de CO₂		3 034 619,00	

Tableau 1: Économies de CO₂ dues à la récupération des matières premières secondaires importantes dans le système Swico 2012–2021 (Or compris)

La figure 3 montre l'évolution des économies de CO₂ dans le système Swico ces dix dernières années.

Environ deux tiers des matières premières réintègrent le circuit économique

Dans le système de reprise de Swico, ce sont au total environ 66% des matériaux contenus qui sont réintroduits dans le circuit économique en tant que matériaux secondaires. Cela comprend

notamment le cuivre, l'aluminium et le fer, mais également les métaux précieux tels que l'or et d'autres métaux répartis en petites quantités. Parmi les 34% restants (principalement des matières plastiques), 80% sont utilisés pour produire de l'énergie. Un peu moins de 7% de la quantité totale doivent être éliminés définitivement.

Récupération de matériaux et taux de recyclage des écrans plats

Manuele Capelli et Heinz Böni

En Suisse, les appareils à écran plat sont collectés et recyclés de manière professionnelle depuis bientôt 30 ans. Grâce à cela, les matières premières de valeur peuvent être récupérées et les composants contenant des polluants éliminés. Dans le cadre de la solution de branche Swico pour les entreprises de recyclage, des essais par lots (batches) sont effectués afin de définir la qualité du traitement des appareils électroniques. Ces essais permettent d'apprécier le potentiel de recyclage de ces appareils.

La technologie de l'écran plat n'a cessé d'évoluer depuis le remplacement des écrans à tubes cathodiques par les écrans plats (Flat Panel Display, FPD). Les FPD première génération contiennent des tubes CCFL pour le rétroéclairage. CCFL signifie Cold Cathode Fluorescent Lamp. Il s'agit de longs tubes fins en verre qui émettent une lumière blanche et sont installés à l'arrière de l'écran. Ces appareils ont été remplacés par des FPD qui utilisent des LED, ou Light Emitting Diodes, pour le rétroéclairage. Les appareils OLED, équipés de diodes organiques, sont la dernière technologie en la matière.

Retrait des substances polluantes

Ces éléments ne changent rien pour l'utilisateur d'un moniteur de PC ou d'un téléviseur, mais jouent un rôle capital lors de leur traitement. Les tubes en verre des FPD à CCFL contiennent du mercure, une substance extrêmement toxique. Comme cela a déjà été décrit dans le rapport technique de 2020, on estime que de tels téléviseurs contiennent de 64 à 200 mg de mercure. Pour éviter qu'il ne soit libéré ou répandu sur les autres composants, les tubes en verre doivent être démontés manuellement ou manipulés dans une installation partiellement ou entièrement mécanisée. Le mercure peut ainsi être séparé des autres matériaux de manière contrôlée lors d'un processus fermé. En Suisse, le retrait manuel a lieu dans des ateliers de démontage de DEEE aménagés à cet effet. Les écrans plats à LED ou à OLED ne contiennent pas de mercure. Le retrait de substances polluantes et le traitement respec-

tureux de l'environnement qui en résulte sont responsables d'une part importante des coûts de recyclage. La collecte de la contribution anticipée de recyclage permet d'assurer le financement d'un traitement adapté.

Traitement mécanique

Les écrans FPD débarrassés de leur mercure ainsi que les écrans LED et OLED exempts de mercure peuvent être traités mécaniquement dans une installation de recyclage spécialisée à pression négative: ils sont broyés, avant d'être répartis en différentes fractions de matériaux recyclables grâce à une séparation mécano-optique. Ces fractions sont ensuite transportées jusqu'à des installations de récupération. Une fraction contenant du fer quasiment pur sera par exemple acheminée vers une aciérie afin de récupérer du fer secondaire.

Flux de matières et composants

Comme le montre la figure 2, les écrans contiennent toute une gamme de composants tels que le fer, l'aluminium, le cuivre, les circuits imprimés, sur lesquels on trouve de l'or et de l'argent, ainsi que différentes matières plastiques de qualité, telles qu'une plaque de plexiglas. Tous ces matériaux sont récupérés dans le système Swico. Les matières plastiques contenant des substances polluantes ainsi que les dispositifs d'affichage à cristaux liquides ne sont techniquement pas recyclables et sont brûlés dans une usine d'incinération. Les composants contenant des substances polluantes, tels que

les condensateurs et les tubes CCFL, sont éliminés dans le respect de l'environnement. En tout, 60 à 80% de la masse des écrans est réintégrée dans le circuit. Pour les métaux tels que le fer,

l'aluminium et le cuivre, le taux de récupération s'élève à plus de 90%. Env. 40 à 60% seulement des matières plastiques peuvent être recyclées en raison de l'utilisation d'additifs ignifuges.

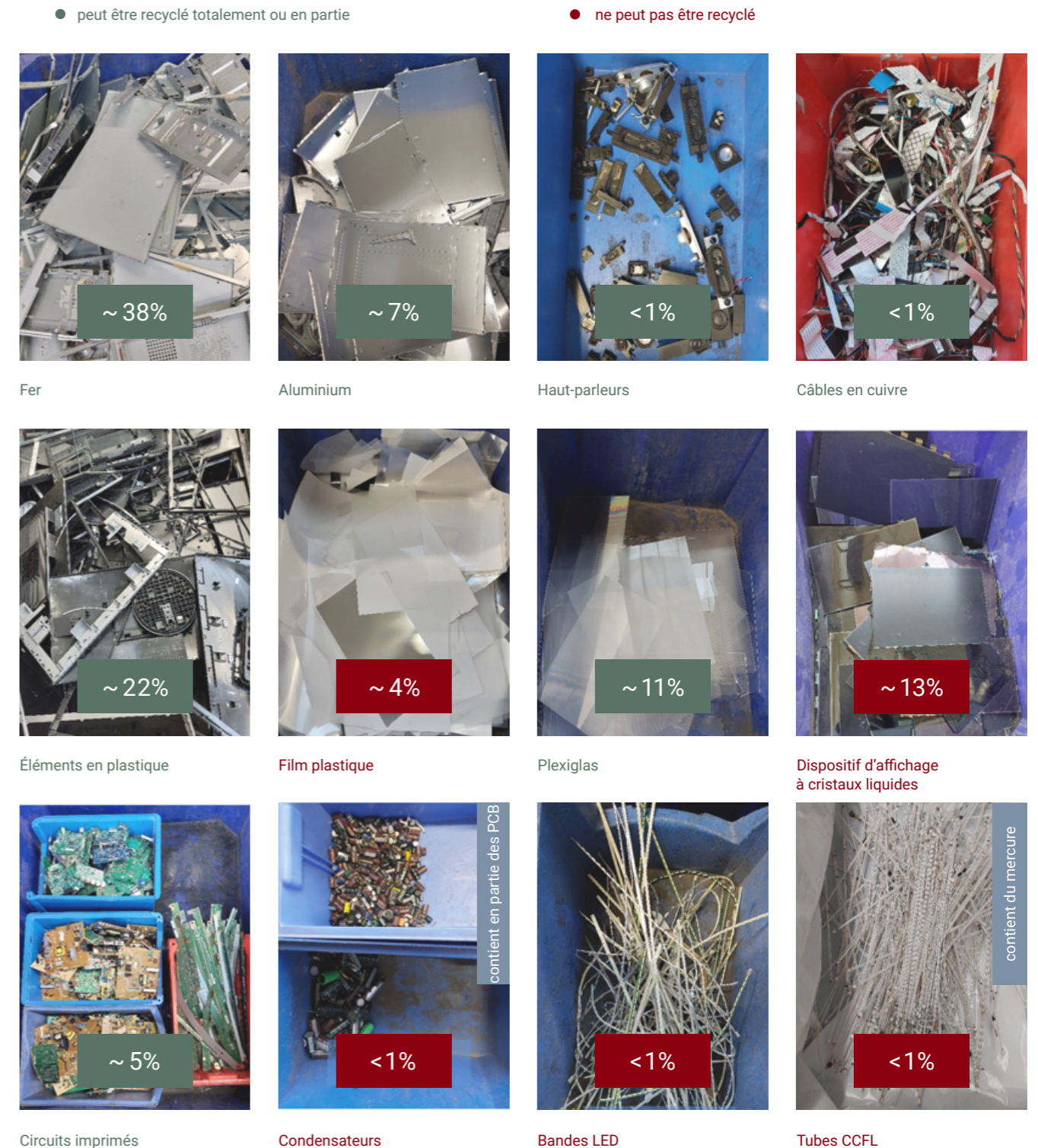


Figure 2: Composition des écrans plats en pourcentage de la masse, valeurs moyennes calculées à partir de 73 appareils à LED et 177 FPD avec appareils CCFL, source: essai par lot 2022 Altola AG

Introduction, optimisation et autorisation d'une nouvelle installation de recyclage

Andreas Bill, Heinz Böni et David Wampfler

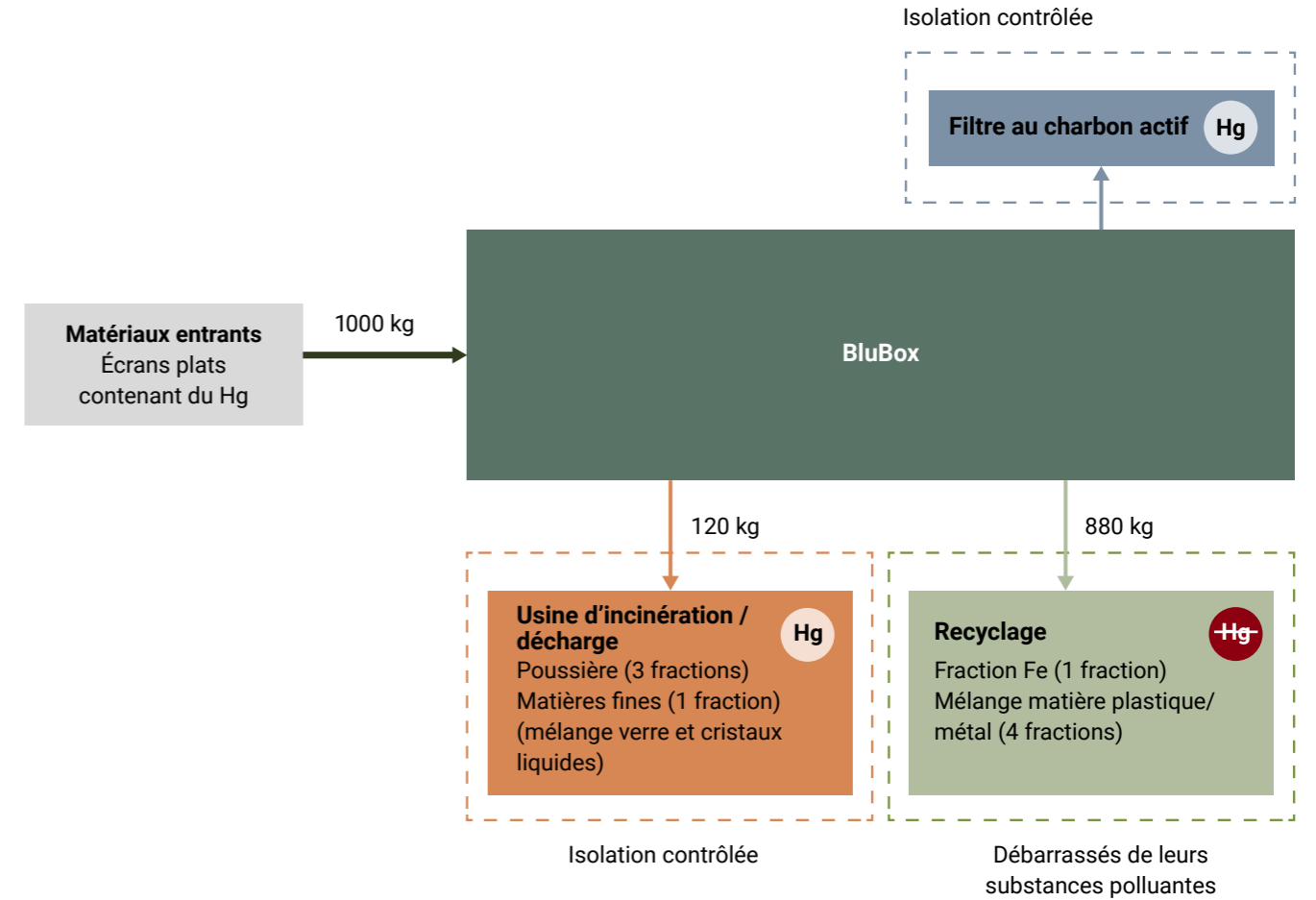
Les rétroéclairages contenant du mercure représentent un défi de taille pour le post-traitement des appareils à écran plat. Le mercure est généralement situé dans des tubes en verre filiformes. Ceux-ci sont retirés à la main dans les ateliers de démontage suisses lors d'un processus fastidieux, puis soumis à une élimination spécialisée en tant que fraction séparée. À la recherche d'un procédé plus efficace, Roger Blesi, le directeur de Thévenaz-Leduc SA, une filiale du groupe BAREC a mis en service une installation BluBox de troisième génération en 2020. Celle-ci permet un traitement entièrement mécanisé.



Figure SEQ Figure * ARABIC 1: L'installation BluBox de THL à Moudon (VD)

Le recyclage des DEEE a lieu conformément à la norme SN EN 50625 en Suisse. Celle-ci stipule qu'aucun élément contenant des substances polluantes ne doit être endommagé ou détruit lors de l'extraction des polluants, à moins que ces derniers ne puissent être isolés dans un flux distinct pendant le traitement. Le traitement entièrement mécanisé des écrans plats engendre des émissions de mercure sous forme de gaz et de poussières. Très mobiles, ces émissions

peuvent se répandre dans l'environnement ou dans les fractions de matériaux recyclables. Pour éviter cela, les écrans sont broyés sous pression négative dans la nouvelle installation, tandis que le flux d'air est nettoyé à l'aide d'un filtre HEPA et d'un filtre au charbon actif. D'après les indications du constructeur, toutes les spécifications de la norme peuvent ainsi être respectées.



La conformité est évaluée de manière indépendante

Pour autoriser l'utilisation d'une nouvelle installation dans le système de recyclage Swico-SENS, les seules indications du constructeur ne suffisent pas. Elle doit également être soumise à un contrôle par l'organisme d'évaluation de la conformité compétent. Le premier audit a eu lieu en septembre 2020 à l'aide d'un essai par lot. Lors de l'audit, la conformité aux directives de l'entreprise a été contrôlée, et la SUVA a notamment été impliquée. L'essai par lot a été effectué en tant qu'épreuve de résistance. Ont été utilisés comme matériaux de départ des écrans contenant du mercure uniquement (pas d'écrans plasma ou LED), les téléviseurs représentant 75% de leur poids. Une situation extrême a ainsi été simulée afin de s'assurer que l'installation pouvait supporter une quantité de polluants entrants supérieure à la moyenne. Pendant le traitement, des échantillons des fractions sortantes ont été prélevés puis envoyés en laboratoire pour analyse. Deux critères ont été utilisés pour évaluer la conformité de l'extraction des substances polluantes:

1. Valeur limite de substances polluantes fixée à 0,5 mg de mercure par kg dans la fraction mélangée la plus fine, broyée et débarrassée de ses substances polluantes. D'après la norme, cette fraction doit faire office de fraction de référence et être échantillonnée pour vérifier l'élimination suffisante des polluants.

2. Isolation rigoureuse du mercure dans les fractions cibles prévues à cet effet, à savoir le filtre au charbon actif, les poussières et la fraction fine (voir figure 2).

Résultats

Critère 1: Les résultats des analyses de laboratoire ont indiqué un dépassement de la valeur limite de Hg de 0,5 mg/kg dans la fraction mélangée la plus fine ainsi que dans deux autres fractions mélangées débarrassées de leurs substances nocives.

Critère 2: L'efficacité du filtre au charbon actif est contrôlée et assurée en continu grâce à des mesures de l'air évacué. Il n'est cependant pas possible de faire une estimation de la performance d'isolation. Pour assurer une isolation



7 Traitement entièrement mécanisé des écrans plats

rigoureuse des substances polluantes, le mercure qui n'est pas absorbé par le filtre au charbon actif doit être concentré dans les fractions fines prévues à cet effet. Une répartition incontrôlée sur les fractions recyclables n'est pas autorisée. La vérification de l'isolation rigoureuse des polluants s'effectue à l'aide d'un comparatif entre les émissions de mercure mesurables dans les fractions débarrassées de leurs substances polluantes et celles des fractions contenant des substances polluantes (sans filtre au charbon actif). Les analyses de laboratoire ont révélé que seulement 33% du mercure qui n'a pas été isolé via le filtre au charbon actif est concentré dans les fractions fines prévues à cet effet, tandis que 67% subsistent dans les fractions recyclables. Taux de recyclage et de valorisation: En plus de la performance d'extraction des substances polluantes, l'essai par lot devait également permettre de calculer les taux de recyclage et de valorisation, et de constater si le processus entièrement mécanisé atteignait les valeurs indicatives correspondantes. Un taux de recyclage de 66,7% et un taux de valorisation de 84% ont été atteints lors de l'essai par lot. Ces valeurs sont supérieures aux valeurs indicatives appliquées dans le système suisse pour les écrans plats (fixées respectivement à 65% et 75%). Les résultats de l'essai par lot ont montré que le processus entièrement mécanisé affichait de bons taux de recyclage et de valorisation, mais que la poussière contenant du mercure, en particulier, n'était pas suffisamment concentrée dans les fractions prévues à cet effet. Etant donné que des pertes non négligeables de mercure vers les fractions de matériaux recyclables ont été constatées, l'installation n'a à ce stade pas pu être jugée conforme.

Travaux d'optimisation

En mars 2021, Thévenaz-Leduc (THL) entame un processus d'optimisation et de développement de l'installation sous la direction de David Wampfler. Trois mois plus tard, l'essai par lot est prêt à être lancé à nouveau. Entre-temps, le flux d'air pour l'entrée et la sortie de matériaux a été optimisé. Les charges électrostatiques ont également pu être neutralisées, ce qui a permis de dissoudre les accumulations de poussière sur les matières plastiques. De plus, des mesures ont été prises pour assurer un meilleur contrôle de l'humidité de l'air et d'autres adaptations ont été apportées au fonctionnement de l'installation. En juillet 2021, une nouvelle épreuve de résistance

est réalisée avec l'installation optimisée. Et les résultats sont au rendez-vous: la valeur limite de mercure est respectée sans problème dans toutes les fractions débarrassées de leurs substances polluantes (0,15 à 0,33 mg/kg) et la performance d'isolation s'améliore de manière significative. Après l'extraction principale via le filtre au charbon actif, 80% du mercure restant est isolé, alors que cette valeur s'élevait à seulement 33% lors du premier essai par lot.

Autorisation et surveillance continue

Sur la base des résultats du deuxième essai par lot, l'exploitation régulière de l'installation est autorisée en août 2021 par l'organisme d'évaluation de la conformité de Swico, sous condition que l'installation soit incluse dans le processus d'audit annuel et que des essais par lots soient régulièrement effectués. Depuis, Swico et SENS réalisent à Moudon un audit commun, car l'installation traite, en plus des écrans plats, des sources lumineuses contenant des LED et du mercure. Lors de l'audit, l'exploitant de l'installation communique également les derniers résultats issus de l'exploitation quotidienne et en discute avec les auditeurs. Des essais réalisés par THL avaient montré qu'un traitement en parallèle des sources lumineuses dans le mélangeur distinct de l'installation, réalisé pendant le broyage des écrans, permettait une amélioration de la performance d'extraction pour les sources lumineuses. Lors de l'audit de 2022, il a été convenu d'étudier ce processus dans sa globalité lors d'un essai par lot commun à Swico et SENS. L'essai par lot a eu lieu en mars 2023, toujours en tant qu'épreuve de résistance. Pendant le broyage des écrans, deux tonnes de sources lumineuses rectilignes sont traitées en plus dans le mélangeur. Le taux de recyclage des écrans plats s'élève alors à 68% tandis que leur taux de valorisation est de 82%. La valeur limite de mercure dans les fractions de matériaux recyclables est toujours respectée, mais les valeurs sont légèrement supérieures à celles de 2021. Pour que le traitement parallèle soit autorisé, une contamination croisée des fractions de matériaux recyclables issues du traitement des écrans plats doit pouvoir être exclue. Les données actuelles ne permettent pas encore de se prononcer définitivement sur ce point. Des vérifications supplémentaires sont donc toujours en cours, en étroite collaboration avec l'organisme d'évaluation de la conformité.



Fractions finales et matières brutes pour traitement ultérieur par l'installation de tri optique

Conclusion

En voulant mettre au point un traitement entièrement mécanisé des écrans plats contenant du mercure, l'entreprise THL s'est confrontée à un défi de taille. Obtenir l'autorisation d'utiliser la nouvelle installation auprès de l'organisme d'évaluation de la conformité de Swico fut long et difficile. En effet, l'installation telle que fournie par le fabricant ne suffisait pas à satisfaire aux exigences de la norme SN EN 50625. Grâce à un fort engagement et de nombreuses optimisations, l'isolation des substances polluantes a pu être améliorée de manière significative, rendant possible la mise en service de la BluBox modifiée au milieu de l'année 2021.

Cela représente une réussite, tant pour THL que pour le système de recyclage Swico-SENS. Grâce aux mécanismes de contrôle de ce dernier, la qualité du traitement a pu être assurée sans entraver l'innovation relative au processus de recyclage.

Un processus de traitement complexe pour la récupération des gaz nocifs pour le climat issus des échangeurs thermiques

Niklaus Renner et Thekla Scherer

En 2022 en Suisse, plus d'un tiers de million d'échangeurs thermiques contenant de la mousse en polyuréthane (PU) ont été traités dans l'une des trois grandes installations de recyclage selon des procédés respectueux de l'environnement. Environ 50 000 appareils de «niveau 1» tels que des déshumidificateurs sans isolation et des sèche-linge avec pompe à chaleur ont également été pris en charge.

Évolution des types d'appareils recyclés

Le nombre d'appareils traités contenant de la mousse en polyuréthane a diminué de 8% en 2022, atteignant 342 000. Le nombre d'appareils de «niveau 1», tels que les sèche-linge, les lave-vaisselle, les déshumidificateurs et les climatiseurs, n'a quant à lui presque pas évolué par rapport à l'année précédente, s'élevant à 53 000. En tout, ce sont 18 800 tonnes d'échangeurs thermiques qui ont été traitées dans le respect de l'environnement.

Un processus de traitement de haute technologie sur deux niveaux

Dans le premier niveau, les huiles qui se situent dans le compresseur et dans le circuit frigorifique des échangeurs thermiques ainsi que les gaz réfrigérants sont aspirés à l'aide d'un système à pinces ou à têtes de forage. Les commutateurs au mercure, de plus en plus rares, ainsi que les condensateurs sont retirés manuellement. Un module d'installation de premier niveau se compose essentiellement de pompes à vide, de machines frigorifiques, d'une unité de dégazage de l'huile ainsi que d'un système de conduite de gaz comprimé pour acheminer le mélange d'agents réfrigérants vers des réservoirs pour gaz sous pression.

Les appareils de «niveau 1» ne contenant pas de mousse font d'abord l'objet d'une extraction des agents réfrigérants, puis leur traitement se poursuit dans des installations qui utilisent des

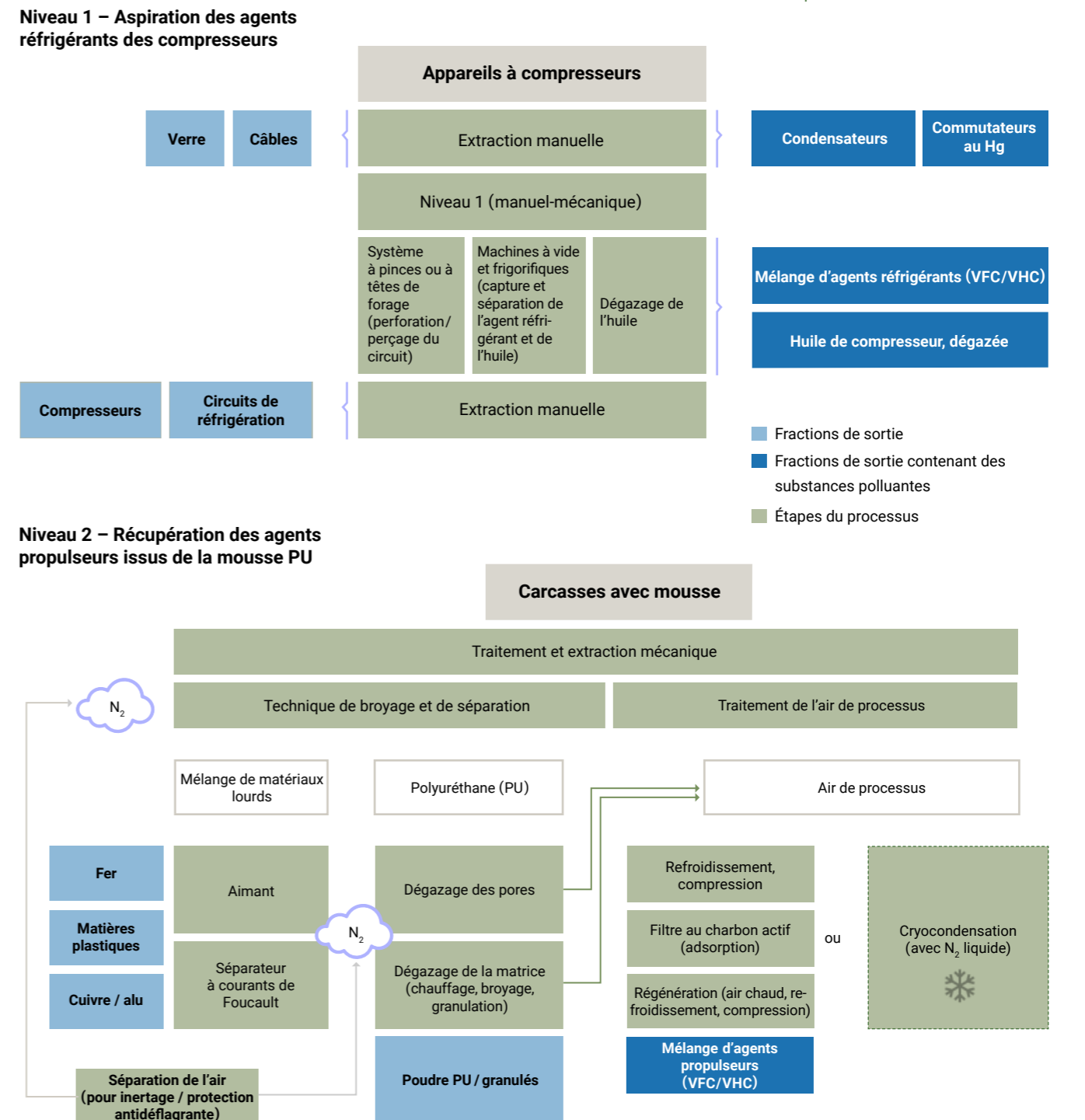
techniques de broyage conventionnelles (broyeur à marteaux, cisailles rotatives, etc.). Après le processus d'aspiration, les carcasses dotées d'une isolation en mousse sont soumises au deuxième niveau de traitement de l'installation de recyclage des appareils frigorifiques: celui-ci commence par un broyage mécanique, le flux de matériaux passant par des broyeurs étanches au gaz. Grâce à des techniques ultramodernes (séparateurs, aimants, séparateurs à courants de Foucault, etc.), les matériaux sont séparés en fractions très pures de métaux ferreux et non ferreux, de matières plastiques et de mousse PU.

Pour les appareils avec isolation en PU, au-delà de la récupération du métal et du plastique, une attention particulière est portée à la récupération contrôlée des agents propulseurs de la mousse. Après la séparation de la mousse PU des autres fractions de broyage décrite plus haut, il est nécessaire de faire subir un processus de traitement extrêmement strict au PU, comprenant un dégazage des pores et de la matrice ainsi qu'un traitement de l'air de processus avec captage et condensation des agents propulseurs. Pour cela, la mousse PU subit un dégazage des pores tout au long du broyage mécanique, grâce auquel les agents propulseurs présents dans les cellules de mousse sont absorbés. La matrice est ensuite dégazée sous l'action de la température, libérant également les molécules d'agents propulseurs piégées dans la structure du polyuréthane. Le mélange de gaz aspiré est adsorbé par des filtres

au charbon actif, régénéré à l'aide de vapeur d'eau puis condensé dans une machine frigorifique. Le mélange d'agents propulseurs liquéfié est ensuite pompé jusque dans des réservoirs pour gaz sous pression afin d'être éliminé dans une installation d'incinération à haute température. Cela est également le cas des agents réfrigérants. Toutes les étapes de traitement mécanique ont lieu dans une atmosphère inerte. L'azote nécessaire à l'établissement de telles conditions est généralement produit sur place par séparation des constituants de l'air

(désoxygénation). Les systèmes cryogéniques constituent une alternative aux filtres à charbon actif décrits ci-dessus. Ils utilisent de l'azote liquide comme fluide frigoporteur pour la cryocondensation, sans passer par l'étape du filtre à charbon actif. L'installation de Kühlteq AG fonctionnait selon ce principe. La représentation schématique (figure 1) présente une vue d'ensemble des principales étapes du processus.

Figure 1: Traitement des échangeurs thermiques Schémas de processus niveau 1 et niveau 2



8 Traitement des appareils frigorifiques

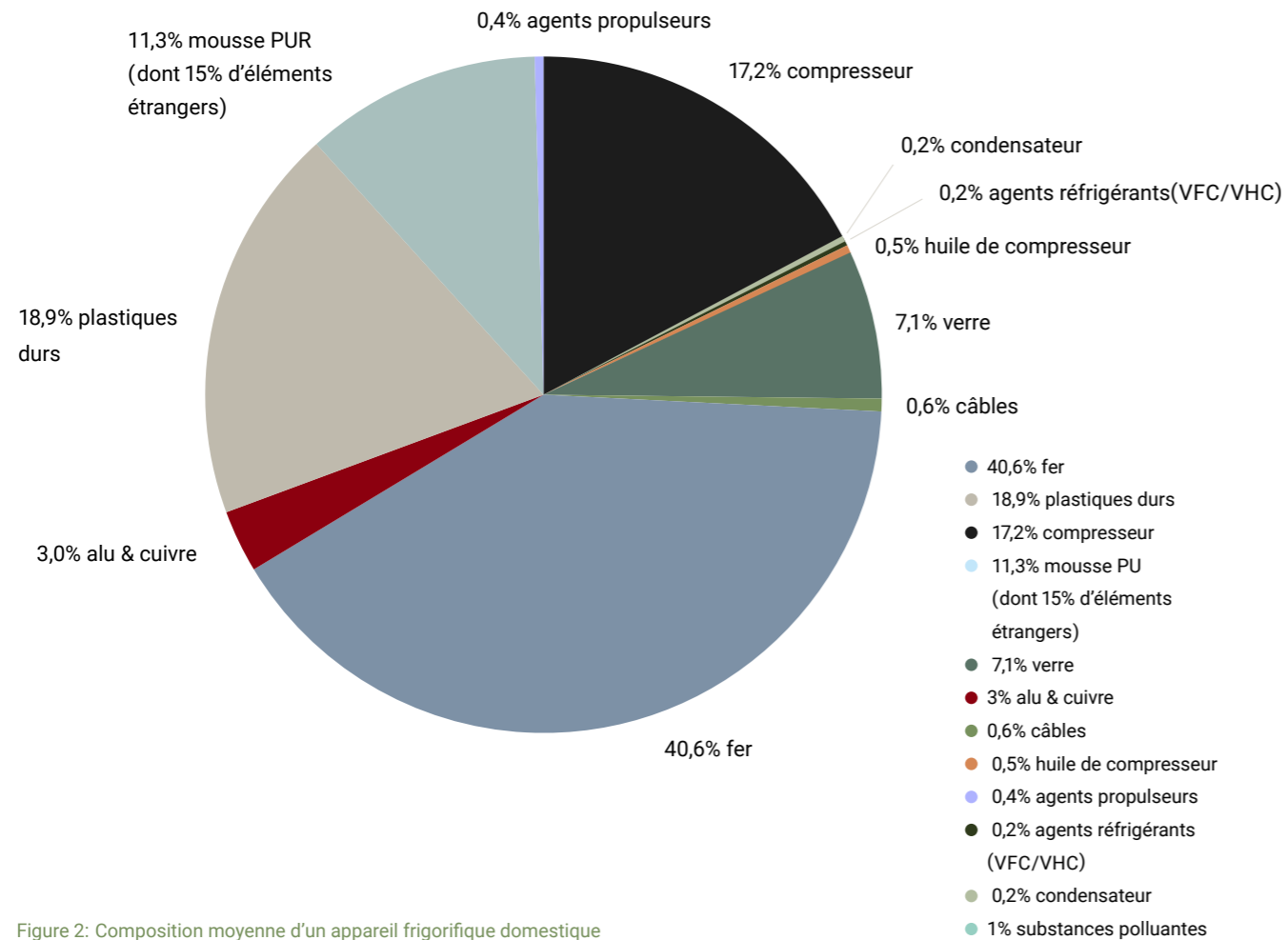


Figure 2: Composition moyenne d'un appareil frigorifique domestique

Composition d'un appareil frigorifique éliminé

La figure 2 montre une vue d'ensemble de la composition moyenne d'un appareil frigorifique éliminé, calculée à partir de données issues de divers tests de performance effectués sur des installations de recyclage ces trois dernières années.

Part des appareils VFC¹ et VHC²

Alors qu'en 2013, les parts des deux types d'agents réfrigérants étaient encore égales, en 2022, parmi les appareils usagés traités au niveau 1, ceux dont les compresseurs fonctionnaient avec des hydrocarbures (VHC), plus respectueux du climat, représentaient 72%. Actuellement, au niveau 2, la part des appareils dont l'isolation PU a été réalisée avec une mousse VHC s'élève déjà à 80%. Ces deux

tendances à la hausse se poursuivent sans discontinuer. Les appareils dotés d'un système d'absorption contenant de l'ammoniac continuent de baisser à un très faible niveau (situé actuellement sous la barre des 2%).

Quantités de gaz récupérées

En 2022, les quantités suivantes ont été récupérées pour les échangeurs thermiques traités sur les deux niveaux de processus.

- Agents réfrigérants: 53 grammes par appareil (-13%)
- Huile de compresseur: 118 grammes par appareil (-5%)
- Agents propulseurs: 35 grammes par kilogramme de mousse PU (-1%)

¹ VFC: fluorocarbures volatiles (p. ex. R-11, R-12, R-134a, entre autres)

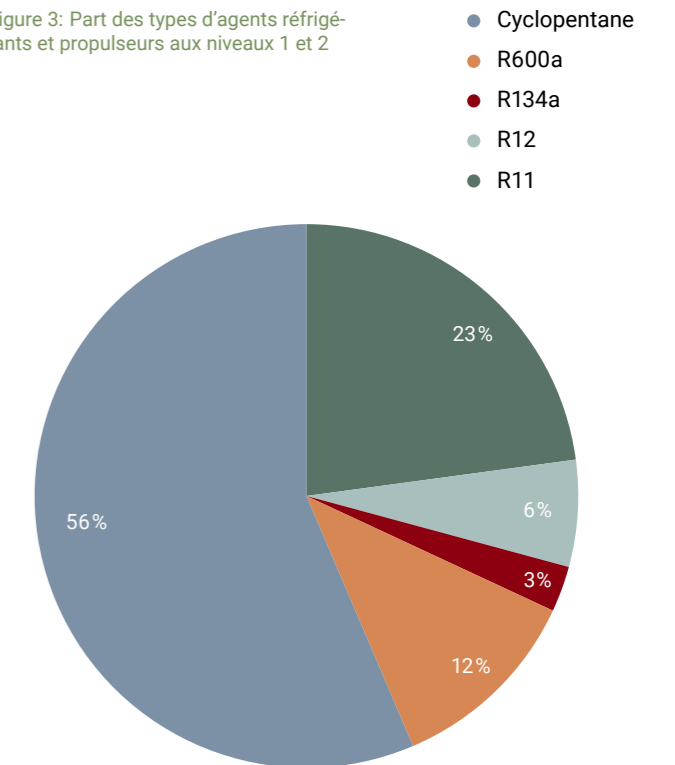
² VHC: hydrocarbures volatils (p. ex. isobutane R-600a ou cyclopentane)

Le recul observé des quantités s'explique d'une part par la densité sans cesse réduite des mélanges d'agents réfrigérants et propulseurs. La chute des performances des deux installations en fin de vie joue également un rôle. Elles seront en effet hors service au moment de la publication du présent rapport technique (voir l'article sur les deux nouvelles installations aux pages 28-31).

Aujourd'hui, les agents réfrigérants et propulseurs (2022: environ 80 tonnes) récupérés à partir des circuits de réfrigération encore intacts et de l'isolation PU de tous les appareils contenant de la mousse sont constitués à plus de deux tiers de gaz respectueux du climat (figure 3).

Cela signifie également qu'environ un tiers des agents réfrigérants et propulseurs récupérés contiennent des substances nocives pour le climat, telles que le R-11 et le R-12. Les installations de recyclage pour appareils frigorifiques continuent donc à contribuer de manière essentielle à la protection de l'environnement et du climat.

Figure 3: Part des types d'agents réfrigérants et propulseurs aux niveaux 1 et 2



Les échangeurs thermiques sont préparés pour le test de performance de l'installation.

Deux toutes nouvelles installations voient le jour dans le paysage du recyclage des appareils frigorifiques

Niklaus Renner

Le rapport technique de l'année dernière était l'occasion pour nous d'informer les lecteurs des changements importants affectant le parc d'installations suisses: entre l'automne 2022 et le printemps 2023, deux nouvelles installations de recyclage pour appareils frigorifiques des entreprises Immark AG et E. Flückiger AG sont entrées ou entreront en service. L'article qui suit décrit l'avancement actuel de ces projets.



Nouveau site de production d'Immark AG à Aarwangen (BE).

Immark AG Aarwangen définit de nouvelles normes à l'échelle de l'Europe

Après une année de travaux de construction, l'entreprise Immark AG a inauguré à l'automne 2022 le nouveau site d'Aarwangen (BE). L'entreprise s'est ainsi spécialisée dans le recyclage d'appareils frigorifiques en mettant en service l'une des installations de recyclage les plus modernes d'Europe.

Leader suisse dans le domaine de l'élimination et du recyclage des déchets électroniques, Immark AG appartient depuis 2010 au Thommen Group. L'entreprise a ouvert à Aarwangen son

quatrième site à l'automne 2022. Celui-ci est avant tout dédié à l'élimination spécialisée et au recyclage d'appareils frigorifiques et d'autres appareils dotés de compresseurs. L'installation a été conçue et construite par l'entreprise bavaroise Erdwich Zerkleinerungs-Systeme GmbH, avec l'aide des spécialistes expérimentés d'Immark.

L'entreprise Immark AG fait figure de pionnière en réalisant en Suisse dès 1991 la première installation de recyclage pour appareils frigorifiques. Sa capacité était à l'époque de 20 appareils par heure. La nouvelle installation a une capacité dix fois plus élevée et peut donc traiter jusqu'à 200 appareils par heure. Cette performance unique en Europe était la condition préalable au remplacement des deux installations de recyclage pour appareils frigorifiques existantes de Rothrist et de Schattdorf. Le travail se fait sur deux lignes complètement autonomes et continue à être effectué par une seule équipe.

Une installation de recyclage conforme à l'état actuel de la technique

Au premier niveau de traitement, le mélange huile/agents réfrigérants est aspiré sous vide. L'huile est séparée des agents réfrigérants puis dégazée. Au deuxième niveau, les appareils sont réduits en petits morceaux de 35 mm à l'aide de prédéchiqueteurs et de broyeurs à marteaux. Lors de cette étape, l'agent propulseur contenu dans l'isolation en mousse polyuréthane (PUR) est libéré et aspiré. La mousse PUR séparée subit un dernier dégazage dans une installation de granulation. Le mélange d'agents propulseurs aspiré est capturé, condensé et rendu inoffensif lors d'une incinération à haute température. L'azote nécessaire à la protection contre les explosions dans l'installation est produit sur place.

Récupération de matières premières

Les matériaux séparés de la mousse PUR sont triés selon qu'il s'agisse de métaux ou non grâce à un système ingénieux comprenant des séparateurs magnétiques, des tamis, des séparateurs à courants de Foucault et des tables densimétriques. Selon les informations du fabricant, cela permet d'atteindre les valeurs minimum définies par la norme SN EN 50625-2-3 et les prescriptions techniques complémentaires de Swico/SENS pour les taux de récupération et de valorisation.

Une nouvelle halle de production qui génère sa propre électricité

La nouvelle halle de traitement dispose d'une surface au sol de presque 3000 m² et d'un volume d'environ 40 000 m³. Immark AG satisfait à une partie de ses besoins en électricité grâce à l'énergie solaire fournie par une installation photovoltaïque de 2400 m² et utilise la chaleur récupérée lors du processus d'exploitation pour le chauffage et la production d'eau chaude.

Un projet phare

La construction du nouveau site d'Immark AG est le plus grand projet jamais réalisé par le Thommen Group, et également l'un des plus importants de l'entreprise familiale bavaroise Erdwich. La création d'emplois en Suisse et, surtout, le maintien de la valeur ajoutée dans le pays sont des préoccupations majeures et font partie intégrante de la philosophie de l'entreprise Thommen. La réalisation de la nouvelle installation de recyclage fait figure de projet phare, explique Sabine Krattiger, directrice d'Immark AG. Elle ajoute: «De nombreuses délégations d'entreprises de recyclage venues de toute l'Europe nous ont déjà contactés car elles aimeraient réaliser un projet de la même ampleur.»

➤ www.immark.ch/fr



Installation de recyclage pour appareils frigorifiques Erdwich d'Immark AG Au centre: étage supérieur de l'installation avec stations d'aspiration. À gauche: sortie des appareils pour le niveau 2 de traitement, avec installation de production de N₂ à l'arrière-plan.



Installation de recyclage pour appareils frigorifiques URT de l'entreprise E. Flückiger AG en cours de construction.
À gauche: séparateur à courants de Foucault, à droite: unité de refroidissement des granulés.

E. Flückiger AG: nouvelle installation sur l'ancien site

En 2020, après environ 22 années d'exploitation, le conseil d'administration de Kühlteq AG doit commencer à envisager la construction d'une nouvelle installation. Le Thommen Group décide de l'ériger sur le site d'Aarwangen (BE). L'entreprise E. Flückiger AG opte pour la poursuite des opérations sur le site de Rothrist, également avec une nouvelle installation et sous sa propre égide.

Des appareils frigorifiques sont recyclés depuis le début des années 90 sur le site de l'entreprise E. Flückiger AG. Après un agrandissement et une modernisation de l'installation d'origine située à Rothrist, l'entreprise fusionne en 2001 avec les entreprises de recyclage Immark AG Regensdorf et Kaufmann AG Thörishaus: c'est ainsi que naît Kühlteq AG. La même année, une installation performante de l'entreprise URT Umwelt- und Recyclingtechnik GmbH est mise en service pour augmenter la capacité et optimiser la récupération des agents réfrigérants et propulseurs. Le Thommen Group reprend Immark AG et Kaufmann AG Thörishaus en 2009 et 2015, devenant ainsi détenteur de la majeure partie des actions

de Kühlteq. L'entreprise E. Flückiger AG reste également copropriétaire à hauteur d'un tiers des actions. En 2020, Flückiger AG se sépare du Thommen Group, et Kühlteq AG disparaît avec lui.

Performance améliorée, technique de l'installation éprouvée

La construction de la nouvelle installation par le fabricant URT Umwelt- und Recyclingtechnik GmbH sur le site de Rothrist sera terminée en avril 2023. Avec une capacité de 100 appareils par heure, elle sera plus performante que l'installation précédente. Grâce aux filtres au charbon actif qui piègent les gaz, elle consomme moins d'énergie que l'installation cryogénique, mise hors service en septembre 2022. L'empreinte carbone de chaque appareil frigorifique usagé éliminé est ainsi fortement améliorée. Avec la nouvelle installation, la sécurité et le niveau d'automatisation sont conformes à l'état actuel de la technique. L'entreprise fabricante dispose d'une longue expérience dans la construction et la maintenance d'installations de recyclage pour appareils frigorifiques, faisant d'elle un leader mondial en la matière.

Des avantages énergétiques générés par une seule étape de broyage

D'après le fabricant, le procédé URT permet une séparation efficace des carcasses d'appareils en des fractions de métaux ferreux et non ferreux, de mousse polyuréthane et de matières plastiques, le tout en une seule étape de broyage.

Toujours selon le fournisseur de l'installation, les exigences relatives à la pureté des différentes fractions de sortie, telles que définies par SENS et par la norme SN EN 50625, peuvent être respectées de manière fiable. La performance de broyage spécifique, c'est-à-dire la consommation d'énergie par appareil frigorifique usagé, est faible, s'élevant à env. 1,8 kW par appareil frigorifique usagé. De plus, grâce à l'utilisation d'un seul agrégat de broyage, les besoins en azote pour l'inertage sont réduits.

Continuité en termes de site et de personnel
L'entreprise E. Flückiger AG poursuit ainsi sa collaboration fructueuse avec l'URT Umwelt- und Recyclingtechnik GmbH. Comme l'indique sa directrice Janine Flückiger, l'équipe attend avec enthousiasme la mise en service de la nouvelle installation et se révèle très heureuse de l'autono-

mie ainsi gagnée, ainsi que de pouvoir assurer son avenir dans le domaine du recyclage d'appareils frigorifiques. Elle ajoute: «Idéalement desservie par les transports – située à seulement 5 minutes de la sortie d'autoroute et disposant de son propre raccordement au réseau ferroviaire – E. Flückiger AG est un partenaire de recyclage idéal. Le personnel, en partie issu de Kühlteq AG, est motivé et fait état d'une longue expérience dans l'élimination d'appareils frigorifiques. Tous ces facteurs réunis créent une valeur sans égal.»

➤ www.flag.ch (en allemand)



Installation de recyclage pour appareils frigorifiques URT de l'entreprise E. Flückiger AG en cours de construction.

À gauche: presse à granulés, à droite: bande de déversement des matières plastiques / de l'aluminium sur l'installation à courants de Foucault.



Pénurie de main-d'œuvre qualifiée et de personnel dans le secteur de l'élimination et du recyclage

Par Stefanie Conrad et Anahide Bondolfi

L'indice de la pénurie de main-d'œuvre qualifiée a atteint un nouveau record en 2022. La forte reprise économique qui a suivi la pandémie de Covid a entraîné une demande non moins élevée en personnel. Avec l'augmentation de la demande, les chiffres du chômage ont baissé de manière significative. Cette évolution place le secteur de l'élimination et du recyclage des déchets face à d'importants défis, ce qui se ressent particulièrement dans les entreprises de recyclage de SENS et Swico. De nombreux recycleurs SENS et Swico travaillent souvent en étroite collaboration avec des ateliers de démontage, qui mettent à disposition des emplois à but social.

Les ateliers de démontage connaissent des difficultés

À cause du – où grâce au – taux de chômage en baisse et aux évolutions socio-économiques, les ateliers souffrent souvent d'un déficit de personnel. Dans le même temps, l'extraction manuelle effectuée dans les ateliers sur les déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) représente un travail considérable. Face à la pénurie actuelle de main-d'œuvre qualifiée et de personnel, les défis et les conséquences qui en découlent pour le recyclage des DEEE sont importants.

Adaptations dans les ateliers de démontage

Comme de nombreux ateliers, DOCK Groupe AG crée des emplois pour des personnes restées longtemps au chômage. Elle propose des conditions proches du marché du travail et de vrais emplois. En tant que partenaire de l'entreprise Solenthaler Recycling AG (SOREC AG), entre autres, Dock Groupe AG démantèle des DEEE dans de nombreux ateliers. Heinz Guntli, responsable du développement stratégique de l'entreprise DOCK Groupe AG, identifie plusieurs raisons qui expliquent les difficultés affectant les capacités de démantèlement: «Les changements sur le marché du travail ont aussi des effets visibles sur les entreprises de DOCK Groupe AG. La pandémie de Covid et la crise en Ukraine ont en particulier révélé de manière impitoyable les défis

auxquels nous devons tous faire face en matière de chaîne d'approvisionnement, d'évolution démographique, de progrès technologiques et de compréhension de nos propres besoins. Un autre facteur important est la miniaturisation des appareils électriques et électroniques, qui fonctionnent maintenant fréquemment à l'aide d'une batterie. L'extraction des substances polluantes de ces appareils est ainsi de plus en plus complexe et exigeante.» Dans les ateliers de SOREC AG, cela a pour conséquence que l'on extrait le plus souvent seulement les polluants pour lesquels cela est absolument nécessaire.

Le démontage manuel est un élément clé du recyclage des DEEE

En raison de la situation économique compliquée et des évolutions de la technique, on observe une nette tendance à l'optimisation et à la mécanisation du tri et du démantèlement des DEEE. Cependant, l'état actuel de la technique ne permet pas de renoncer aux travaux de démantèlement manuels dans le recyclage des DEEE. Le seul triage exige déjà l'intervention d'un œil humain formé. Si la pénurie de main-d'œuvre venait à perdurer ou à s'aggraver, l'optimisation des processus manuels dans le démantèlement des DEEE arriverait également à ses limites.

Anne-Claude Imhoff, codirectrice de leBird Sàrl, une entreprise gérant des ateliers de démontage,



Le travail dans les ateliers de démontage. (Photo: Swico)

le constate: «Notre partenaire principal a dû rationaliser les charges des ateliers et les aligner sur la capacité de démontage des effectifs des programmes PET.» Le démontage manuel facilite la récupération des matériaux recyclables et la séparation des substances dangereuses. Anne-Claude Imhoff ajoute: «Il est d'autant plus important que les conditions-cadres soient assurées, en particulier l'engagement des associations à vocation sociale et leur appui par les pouvoirs publics, une rétribution suffisante par les organismes gérant les contributions anticipées.»

Le triage exige un œil humain formé. (Photo: Swico)



Évolutions possibles

Les structures accueillant des personnes en recherche d'emploi ne sont toutefois pas les seules à offrir des postes de travail dans le domaine du démontage des appareils. D'autres ateliers encadrent des personnes en situation de handicap physique ou mental, des personnes souffrant de dépendance ou des demandeurs d'asile. Dans ces domaines également, des changements importants ont des impacts sur le nombre d'emplois. Un renforcement des partenariats publics-privés pourrait permettre de mieux répondre aux évolutions et au besoin en personnel. Par ailleurs, ces changements de disponibilité du personnel soulèvent la question de l'équilibre à trouver entre le marché du travail primaire et les emplois sociaux.

L'économie circulaire dans l'élimination des DEEE – l'aide à l'exécution de l'OFEV explicitant l'état de la technique définit de nouvelles normes

Heinz Böni

L'ordonnance révisée sur la restitution, la reprise et l'élimination des appareils électriques et électroniques (ou OREA) est entrée en vigueur le 1^{er} janvier 2022. L'article 13 établit que l'Office fédéral de l'environnement élabore une aide à l'exécution explicitant l'état de la technique. Encore à l'état de proposition, celle-ci a fait l'objet d'une consultation auprès des parties intéressées le 3 mars 2023.

Une aide à l'exécution s'adresse d'abord aux autorités exécutives. Elle concrétise les directives de la Confédération en matière d'environnement et doit promouvoir une pratique d'exécution uniforme. Si les autorités chargées de l'exécution prennent en considération cette aide à l'exécution, elles peuvent partir du principe qu'elles se conforment au droit fédéral. D'autres solutions sont également licites dans la mesure où elles se conforment au droit en vigueur.

Conformément à l'article 3 de l'OREA, l'état de la technique désigne le niveau de développement actuel des procédés, des équipements et des méthodes d'exploitation qui a fait ses preuves sur des installations comparables ou dans le cadre d'activités comparables en Suisse ou à l'étranger ou qui a été appliqué avec succès lors d'essais. Selon les règles de la technique, celui-ci peut être transposé à d'autres installations et activités. En outre, il est supportable économiquement pour une entreprise moyenne et économiquement saine de la branche concernée.

C'est l'Empa qui s'est vu chargé de l'élaboration du projet d'aide à l'exécution. Pour cela, il s'est appuyé dans certains domaines sur la série de normes suisses SN EN 50625 de 2014 relatives à la collecte, à la logistique et au traitement des déchets d'équipements électriques et électroniques. Les exigences fixées dans le projet d'aide

à l'exécution vont cependant au-delà de ces normes dans certains domaines.

Les fonctions aussi doivent être récupérées
Dans l'optique d'une économie circulaire durable répondant à des principes d'élimination, l'aide à l'exécution va plus loin que la série de normes SN EN 50625 en établissant trois objectifs de récupération. Les trois objectifs sont la récupération des fonctions contenues grâce à la préparation des DEEE en vue de leur réemploi, la récupération des matériaux via le recyclage ou d'autres types de valorisations ainsi que la récupération des énergies contenues à l'aide d'une valorisation énergétique.

La série de normes SN EN 50625, quant à elle, se concentre sur la récupération de matériaux et des énergies. La préparation en vue du réemploi est comptabilisée dans le taux de recyclage. Les obligations de diligence dans le maniement des appareils incluent également la possibilité d'un réemploi.

Les accumulateurs d'énergie au centre des risques opérationnels
La manipulation inadéquate des accumulateurs d'énergie a déclenché plusieurs incendies dans les entreprises de recyclage. L'aide à l'exécution contient donc des directives claires pour la manipulation des accumulateurs d'énergie en

raison des risques opérationnels qu'ils comportent. La série de normes SN EN 50625 n'établit aucune exigence à ce sujet. En 2014, peu d'importance était accordée au risque d'incendie lié à la manipulation des accumulateurs d'énergie, notamment lors du transport en vrac d'appareils contenant des batteries au lithium.

Pas de transport en vrac des déchets d'appareils électriques et électroniques

Dans la lignée des explications au sujet des accumulateurs d'énergie, le transport en vrac est interdit de manière explicite. Une exception peut être faite si une entreprise d'élimination a préalablement retiré toutes les substances et tous les composants dangereux (par exemple les batteries lithium-ion) conformément à l'état actuel de la technique. La série de normes SN EN 50625 se contente de stipuler que les DEEE doivent être manipulés et stockés avec la diligence requise. Cela permet d'éviter le rejet de substances polluantes dans l'air, l'eau ou le sol à la suite de dommages ou de casse.

Traiter les DEEE de valeur au préalable, avec le moins de casse possible

Lors du traitement des DEEE, l'objectif est, en plus du retrait des composants contenant des polluants, d'atteindre un rendement des matières de valeur aussi élevé que possible. Selon l'aide à l'exécution, les procédés doivent être conçus et mis en œuvre en conséquence. Les composants de valeur tels que les circuits imprimés de qualité, les métaux purs ou les pièces contenant des métaux techniques rares (p. ex. les aimants en néodyme) ou des matières plastiques techniques (p. ex. le PMMA des écrans plats) doivent être séparés entièrement aussi tôt que possible. Ils sont ensuite soumis à la procédure de valorisation finale. Cela peut impliquer un triage par appareils et une manipulation exempte de casse. Un traitement mécanique des DEEE ayant une composition et un comportement similaires dans un seul flux de traitement au sein du même processus de traitement est aussi envisageable. La série de normes SN EN 50625 n'établit également aucune exigence en la matière.

Récupérer les métaux technologiques rares à l'aide de procédés existants

L'aide à l'exécution définit des exigences relatives à la récupération de métaux technologiques rares

et exige la valorisation de leurs matériaux dans la mesure où des procédés correspondants existent. La série de normes SN EN 50625 ne fixe aucune exigence en la matière à part pour l'or, l'argent, le platine, le palladium et le cuivre.

Des obligations de documentation et de communication

L'aide à l'exécution fixe des exigences détaillées aux entreprises d'élimination en ce qui concerne la documentation des flux de matériaux, sur la base d'une classification uniforme des entrées et des sorties. Celles-ci vont plus loin et sont plus approfondies que les exigences de la série de normes SN EN 50625. La saisie de toutes les entrées et les sorties permet une transparence totale concernant les flux de matériaux. Comptabiliser les matières permet de calculer les indicateurs opérationnels, tout en vérifiant que l'extraction de substances polluantes est adéquate et que la réutilisation des ressources est conforme à l'état actuel de la technique. Cela permet également de préparer les audits, de réaliser des études et d'établir des rapports annuels anonymes.

À l'inverse, la série de normes SN EN 50625 fixe des exigences d'ordre plutôt général en matière de documentation, sans définir une classification uniforme des entrées et des sorties.

L'aide à l'exécution sera finalisée après la fin de la consultation et devrait entrer en vigueur le 1^{er} janvier 2024.

EPR Grand Challenge – le WEEE Forum célèbre son vingtième anniversaire

Pascal Leroy

Le 7 décembre 2022, le WEEE Forum a réuni plus de 170 professionnels de la chaîne de valeur des déchets électroniques lors de sa conférence EPR Grand Challenge pour discuter des prochaines étapes de la responsabilité élargie des producteurs (REP). Cet événement a été l'occasion de célébrer deux anniversaires: les vingt ans de la législation sur les DEEE et les vingt ans du WEEE Forum, un réseau qui regroupe les organisations européennes qui s'engagent pour la responsabilité des producteurs de déchets électroniques et qui représente aujourd'hui 49 entreprises à but non lucratif dans le monde entier.



Le discours d'ouverture, axé sur les réalisations en matière de gestion des déchets électroniques dans l'UE, a été prononcé par Virginijus Sinkevičius, commissaire européen à l'Environnement. Il a remercié le WEEE Forum pour ses efforts depuis sa création. Il a également noté qu'il restait encore beaucoup à faire: «À l'heure actuelle, malgré les améliorations, trop d'appareils usagés ne finissent pas dans les installations de traitement ou de réparation. Ils sont oubliés au fond d'un tiroir, exportés illégalement ou récupérés pour en extraire des pièces de valeur, ce qui est souvent

facteur de pollution. Renverser cette tendance est le grand défi que nous devons relever. Nous y parviendrons en œuvrant ensemble à une économie plus circulaire.» La conférence a présenté quatre défis qui se pose à cette filière. Des groupes d'experts se sont penchés sur chacun d'entre eux afin de trouver des solutions.

Mettre en œuvre l'économie circulaire

Le défi sociétal mondial que représentent les déchets électroniques appelle une action collective. De nombreux efforts sont déployés par les

programmes de collecte pour inciter les citoyens à rapporter leurs appareils électriques. Cependant, pour relever le défi de la mise en place d'une économie circulaire et de sociétés circulaires où la réutilisation, la réparation et le recyclage des produits électroniques deviennent des normes sociales, une approche globale de la chaîne de valeur s'impose, avec de nouveaux modèles commerciaux et de nouvelles approches. Valérie Guillard, professeur à l'université Paris-Dauphine, s'est interrogée sur les aspects psychologiques de la transition vers des comportements favorables à l'économie circulaire: «Pourquoi est-il si difficile pour les consommateurs de changer leur façon de consommer? Parce que la consommation donne un sens à notre vie, à nos actions, à nos relations sociales.» Bruno Vermoesen, représentant de BSH Home Appliances, a décrit les efforts réalisés au niveau de la production, notamment l'utilisation de matériaux recyclés et les tentatives d'abandon des matières premières critiques.

Déployer la responsabilité des producteurs à l'échelle internationale

Les déchets électroniques forment le flux de déchets qui connaît la croissance la plus rapide au monde. Ils représentent donc un problème mondial. Jan Vlak, président du WEEE Forum,

a déclaré dans son discours d'ouverture: «Nous avons besoin d'un accord tel que l'Accord de Paris, avec la création d'un régime international, d'un secrétariat mondial, d'une structure de partenariat, d'un traité mondial ou d'une autre initiative des Nations Unies pour couvrir plusieurs domaines critiques de la gestion des déchets électroniques et des programmes de REP connexes.» Vanessa Gray, de l'Union internationale des télécommunications des Nations Unies, a ajouté: «Non seulement les producteurs, mais aussi tous les acteurs concernés, y compris les régulateurs, les consommateurs et les entreprises de recyclage, doivent jouer un rôle dans le système de REP afin d'encourager la collecte des déchets électroniques.»

Transition vers une économie à faibles émissions de carbone

Sans un accès sûr et durable aux matières premières, l'ambition de l'Europe de devenir le premier continent climatiquement neutre est compromise. Guillaume Pitron, journaliste français et auteur du best-seller «La guerre des métaux rares», a répondu aux questions sur la manière dont la filière de la collecte des déchets électroniques peut favoriser l'accès aux matières premières essentielles et réduire la dépendance de l'Europe de pays tiers. Il a également expliqué





les enjeux économiques, politiques et environnementaux liés à l'utilisation des terres rares et a souligné qu'«il n'y a jamais eu de transition énergétique dans l'histoire sans besoin accru de métaux et de minéraux, et [que] la transition vers l'énergie verte ne fait pas exception».

Une nouvelle vision de la REP dans la future législation sur les DEEE

Selon les chiffres officiels, en Europe, 55% des déchets électroniques produits sont collectés et déclarés. D'autres régions du monde affichent des taux de croissance beaucoup plus faibles en matière de collecte, et le taux moyen officiel au niveau mondial n'est que de 17%. Les déchets électroniques collectés en Europe sont également traités selon des normes plus strictes que dans le reste du monde. Cela est en grande partie le résultat de vingt ans de législation sur la REP en Europe. Cependant, la législation doit être repensée afin de l'adapter aux nouvelles réalités du marché et de tenir compte des enseignements tirés de ces vingt dernières années. La nécessité pour tous les acteurs de s'engager dans l'amélioration de la législation a également fait consensus. Certains estiment qu'un règlement, plutôt qu'une directive, permettrait d'imposer les mêmes règles du jeu à tous les États membres et d'éviter les asymétries que peut entraîner la transposition dans les législations nationales. De l'avis des participants, il s'agit là d'une des clés pour garantir que la future législation sur les DEEE ait l'impact souhaité.

Lancement du rapport sur les flux de DEEE

Cet événement a également été l'occasion de présenter une publication, préparée en partenariat entre l'Institut des Nations Unies pour la formation et la recherche et le WEEE Forum et ses membres. Ce document fournit des statistiques clés sur les flux de DEEE et les taux de collecte dans les 27 pays membres de l'UE, en Norvège, au Royaume-Uni, en Suisse et en Islande entre 2010 et 2021. Cette étude révèle notamment que la quantité d'équipements électriques et électroniques mis sur le marché dans ces pays est passée de 9,8 millions de tonnes (Mt) en 2010 à 13,3 Mt en 2019 (25,2 kg/habitant). La production de DEEE affiche également une augmentation de 2,1 Mt, passant de 8,3 Mt en 2010 à 10,4 Mt (19,6 kg/habitant) en 2021. La collecte formelle de DEEE documentée a connu une augmentation de 1,8 Mt, de 3,8 Mt en 2010 à 5,6 Mt en 2021 (10,5 kg/habitant). D'autres statistiques sont disponibles dans la [version intégrale du document](#).

En savoir plus sur l'événement et notre vision. Vous trouverez également tous nos rapports et publications [ici](#), y compris notre [aventure de 20 ans](#) et la [réponse à l'appel à contribution en vue de l'évaluation de la législation sur les DEEE](#).



Pour un traitement des DEEE optimisé et pouvant fonctionner en circuit fermé à l'avenir

Andrea Wehrli, Kirsten Remmen et Heinz Böni

Lorsque les DEEE sont traités au sein d'un circuit fermé, les ressources naturelles sont préservées et l'impact sur l'environnement est réduit. Quels facteurs à intégrer dans une méthode d'évaluation permettent d'encourager et de soutenir un traitement des DEEE au sein d'une économie circulaire qui soit à la fois ciblée, tournée vers l'avenir et réalisable?

Objectifs d'un traitement des DEEE en circuit fermé

Un traitement des DEEE qui puisse être réalisé en circuit fermé demande d'appliquer une stratégie qui poursuit trois objectifs fondamentaux: la création de circuits fermés, la prévention des atteintes à la santé et la maximisation des bénéfices pour l'environnement.

L'Empa réalise le projet e-conseil sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV). Dans ce cadre, il développe une méthode d'évaluation qui fournit les bases pour appréhender au mieux le degré de réussite de ces objectifs. La méthode doit également être aussi proche que possible de la pratique et applicable dans différentes conditions techniques, financières et réglementaires. La méthode d'évaluation se base sur les trois objectifs de traitement et comprend des grandeurs d'évaluation qui diffèrent selon les activités opérationnelles et les niveaux de système pris en considération (entreprise ou national).

Des circuits fermés

Les données relatives aux flux de masse des produits, des composants et des matières constituent la base d'une évaluation complète. Les informations sur les matériaux entrants permettent d'estimer le potentiel de récupération, tandis que les informations sur les matériaux sortants indiquent les pertes réalisées ainsi que les possibilités réelles de récupération. Les données relatives aux teneurs sont importantes car elles permettent de calculer les fractions et les pertes. Les pertes peuvent être causées par plusieurs facteurs: par exemple des erreurs de tri amenant à d'autres flux de déchets, une séparation en des flux

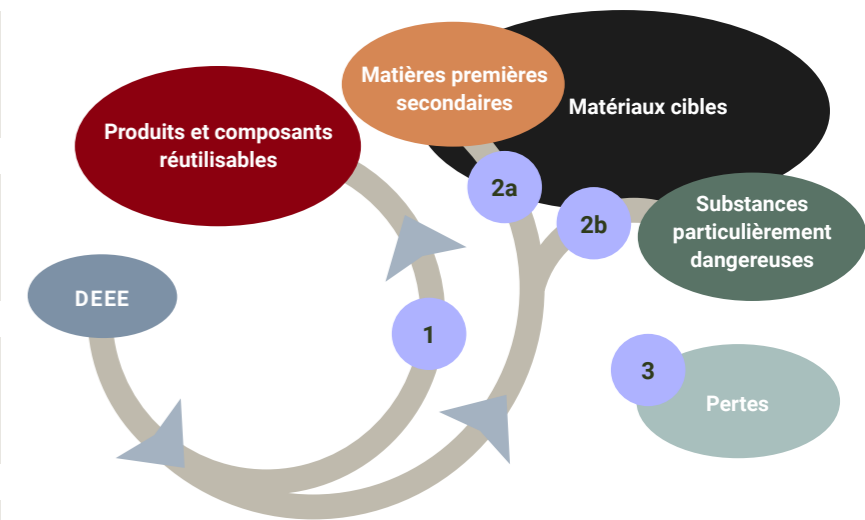
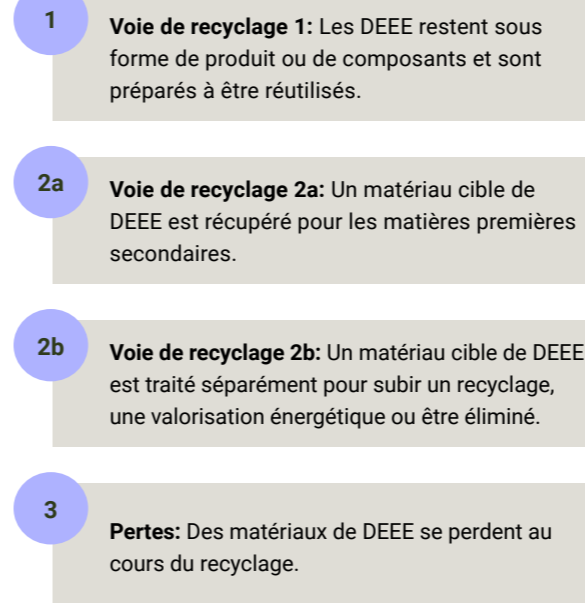
de traitement non optimaux ou des émissions et des pertes dans les processus de traitement. La réussite de la fermeture des circuits doit être évaluée en prenant en compte les deux autres objectifs, à savoir la prévention des dangers pour la santé et la maximisation des bénéfices pour l'environnement.

Les substances polluantes doivent être visées en priorité

La priorité doit être donnée à la séparation et à la concentration des matériaux cibles qui présentent un fort potentiel polluant plutôt qu'aux matériaux de valeur. En plus des valeurs limites légalement prescrites, les pertes de substances polluantes dans des fractions sortantes qui ne sont pas prévues à cet effet doivent être définies et évaluées. Des mesures d'évitement possibles peuvent être mises au point sur la base de ces informations.

Le monde complexe des bénéfices pour l'environnement

Générer des effets bénéfiques pour l'environnement dans le traitement des DEEE est complexe, et dépend de toute la chaîne de création de valeur, y compris la fabrication et la consommation. Dans l'idéal, les produits et les composants sont (ré)utilisés aussi longtemps que possible, et, lors de la récupération, les matériaux sont séparés et concentrés sans pertes dans un système étanche, de sorte à pouvoir être réutilisés en tant que matériaux de qualité dans la fabrication. Afin d'encourager les décisions stratégiques en faveur de bénéfices pour l'environnement, les flux de matériaux, entre autres, sont accompagnés de



données environnementales afin de rendre plus transparents le potentiel et la génération de bénéfices écologiques.

Évaluation au niveau de l'entreprise et du pays

L'optimisation de la capacité de fonctionnement en circuit fermé des DEEE doit être prise en compte dans sa globalité au niveau de l'entreprise et au niveau national. Les aspects techniques, économiques et les autres aspects pertinents doivent également être considérés. Inclure les améliorations continues et les mesures prises par une entreprise constitue une autre approche importante pour une évaluation qui se veut encourageante. Au niveau de l'entreprise, la grandeur d'évaluation dépend des processus et des possibilités, c'est-à-dire des conditions-cadres limitantes et non influençables. L'accent est mis sur l'exploitation du potentiel écologique dans le cadre d'une approche globale de l'entreprise. L'exploitation du potentiel écologique comprend la récupération à haut rendement

énergétique d'autant de matériaux cibles que possible, la désignation de substances importantes sur le plan écologique comme prioritaires et les possibilités de réutilisation des DEEE.

L'évaluation au niveau national se base sur les données issues de chaque processus et entreprise. Il est donc indispensable de consigner tout au long de la chaîne les matériaux entrants, les voies de recyclage, les matériaux sortants et les pertes. Il s'agit là du seul moyen d'obtenir une vue d'ensemble réaliste et de procéder à une évaluation fondée des performances au niveau national.

La nouvelle méthode d'évaluation doit aider les entreprises et les autorités à identifier et à prendre les mesures adaptées pour optimiser en continu les bénéfices pour l'environnement de l'économie circulaire des DEEE. Le projet e-conseil dure jusqu'au milieu de l'année 2024.



$$\text{CFCF récup. mat. (MC)} = \text{C(MC)} * \text{T(MC)} * \text{TPMa(MC)} * \text{TPMe(MC)} * \text{SS(MC)} * \text{R(MC)}$$

La capacité de fonctionnement en circuit fermé d'un matériau cible (MC) pour la récupération de matières (CFCF récup. mat.) se base sur la performance de la collecte (C), du transport (T), du traitement préalable manuel (TPMa), du traitement préalable mécanique (TPMe), de la séparation secondaire (SS) et de la récupération (R).

Économie circulaire dans le secteur de l'automobile – les résultats du projet EVA II

Manuele Capelli et Charles Marmy

Depuis quelques années, l'Empa étudie le recyclage des appareils électroniques intégrés (AEI) dans les véhicules dans le cadre d'un projet de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV). Ces travaux ont lieu dans le contexte de la nouvelle ordonnance sur la restitution, la reprise et l'élimination des appareils électriques et électroniques (OREA). Une partie importante du projet a consisté à étudier les coûts ainsi que les bénéfices pour l'environnement engendrés par un démontage de DEEE et un traitement séparé dans le système de recyclage de déchets électriques et électroniques.

Comme beaucoup de domaines d'activité, le secteur de l'automobile évolue vers des produits de plus en plus connectés et intelligents. Les voitures de tourisme modernes comprennent de nombreux dispositifs d'aide à la conduite ainsi que des options de divertissement et de confort. Il y a quelques années, de telles fonctionnalités n'existaient que dans le segment haut de gamme. Cette tendance est à l'origine d'une hausse continue du nombre d'appareils électroniques intégrés (AEI). De la même manière que d'autres appareils électroniques domestiques, les AEI des véhicules contiennent des composants complexes, tels que des circuits imprimés avec des processeurs ou de petits moteurs électriques assurant diverses fonctions de mouvement. Dans le système de recyclage actuel, une partie des métaux de valeur qu'ils contiennent, comme le cuivre ou l'or, est perdue lors du traitement. En effet, jusqu'ici, les AEI ne relevaient pas du champ d'application de l'OREA et n'étaient donc pas recyclés séparément dans des installations spécialisées dans les déchets électriques et électroniques.

Les objectifs de la nouvelle OREA

Dans le cadre de la révision de l'OREA, le champ d'application a été élargi pour englober également les composants électroniques présents dans les véhicules (AEI). Deux conditions doivent cependant être remplies: l'élimination séparée des AEI doit être possible au prix d'un effort

raisonnable. En outre, la valorisation de leurs matériaux conformément à l'état actuel de la technique doit être supportable économiquement et judicieuse d'un point de vue écologique. Ce sont ces aspects qui ont été étudiés dans le cadre du projet EVA II de l'Empa.

Économiquement supportable?

Les coûts sont répartis en trois catégories: les coûts de démontage, c'est-à-dire les coûts correspondant au démantèlement des AEI issus de véhicules hors d'usage; les coûts de transport ainsi que les coûts de récupération des matières premières. En raison du coût élevé de la main-d'œuvre en Suisse, ce sont les coûts de démontage qui pèsent le plus lourd dans la balance. Cela est notamment dû au fait qu'une personne qualifiée sachant où trouver les AEI dans le véhicule est nécessaire. Il existe des écarts considérables entre les appareils en termes de valeur et de coûts de démontage du fait de leurs différences de composition et de leur position dans le véhicule. Les résultats des modélisations effectuées indiquent des coûts allant de 3 à 20 CHF selon les types d'appareils. Lors du démontage de tous les AEI d'un véhicule hors d'usage, les coûts nets s'élèvent à environ 200 CHF. Ce chiffre prend déjà en compte le produit de la valeur des matériaux de tous les appareils démontés issus des véhicules hors d'usage. En raison du prix fluctuant des matières premières et des évolutions dans le mélange de véhicules hors

d'usage, le rapport entre la valeur des matériaux et les coûts de valorisation est variable. La tendance à la hausse de l'électromobilité pourrait améliorer la viabilité économique, car les véhicules électriques sont construits de manière plus simple, ce qui réduira les coûts de démontage. Ils contiennent en outre certains AEI spécifiques aux voitures électriques qui sont particulièrement précieux.

Une nette réduction des émissions

Les résultats du bilan écologique révèlent que la deuxième condition de l'OREA – être judicieuse d'un point de vue écologique – peut être remplie. Une comparaison de deux scénarios – «pas de démontage des appareils (baseline) et récupération des matières premières» et «séparation des AEI (démontage des AEI) et récupération des matières premières» – en termes d'impact environnemental pour l'ensemble des processus permet d'arriver à cette conclusion. Grâce à une réduction des pertes des différents métaux (comme l'or, le cuivre ou l'aluminium), un taux de récupération élevé est atteint et les matériaux primaires peuvent être remplacés, engendrant ainsi des économies d'émissions de gaz à effet de serre. D'après les données actuelles, l'impact environnemental ainsi évité est quatre à cinq fois

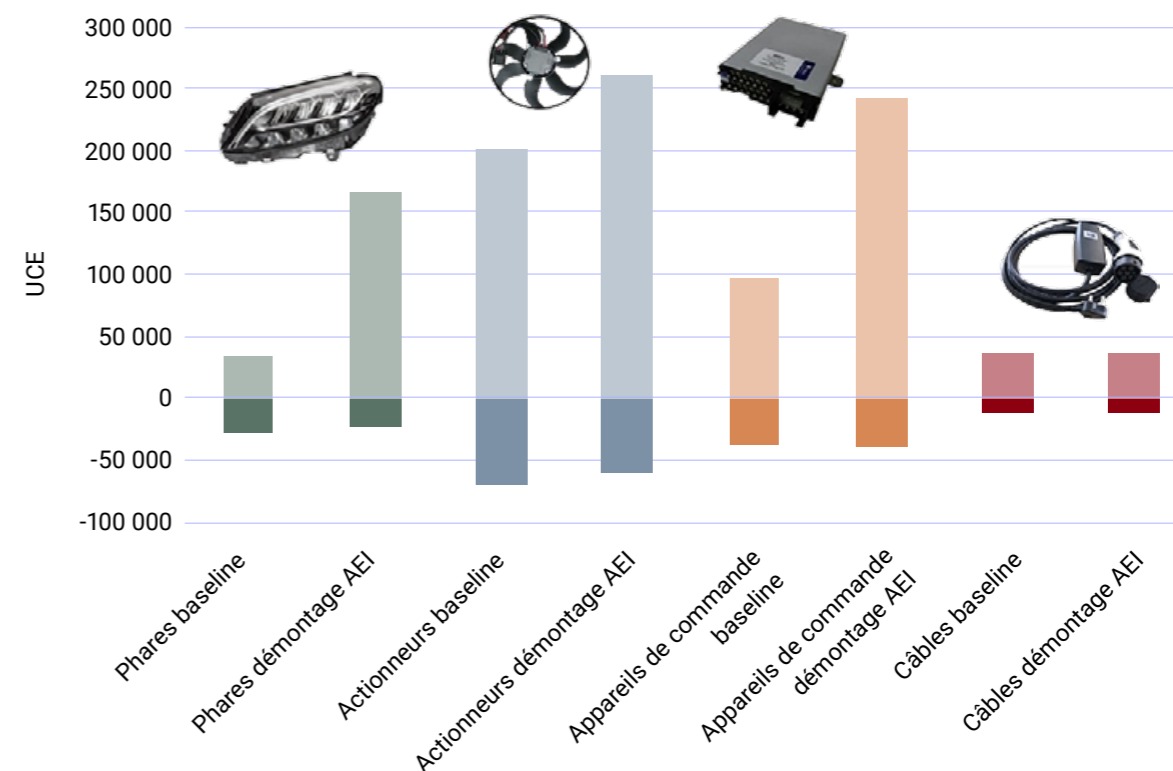
plus élevé que l'effort supplémentaire représenté par le recyclage séparé des AEI (voir figure).

Vers une économie circulaire

Avec l'extension de l'OREA aux appareils électroniques des véhicules, la Suisse ouvre la voie à l'économie circulaire dans le secteur automobile. Les résultats de l'étude montrent que les différents matériaux des AEI sont récupérés de manière plus efficace lorsque les appareils sont traités séparément. Le rapport coût-efficacité, exprimé en bénéfices environnementaux par franc, est du même ordre que pour le PET ou les appareils électroniques domestiques. Ce changement de système ne nécessite aucune nouvelle infrastructure de traitement, car les AEI peuvent être traités dans le système de recyclage des déchets électroniques suisse existant. Le traitement des AEI entraîne une diminution de l'empreinte écologique des véhicules grâce à une meilleure récupération des ressources secondaires de valeur.

Informations complémentaires

- [«Recycling of electric components from passenger vehicles \(EVA\)» \(pdf\) \(en anglais\)](#)
- [«Art. 13 Vollzugshilfe des BAFU» \(en allemand\)](#)



Comparaison du rapport entre les bénéfices pour l'environnement (colonnes claires) et les contraintes liées au recyclage (colonnes foncées) par kg pour les différentes catégories d'AEI, sous l'angle des unités de charge écologique (UCE).

¹ EVA = «Elektronik-Verwertung Altfahrzeuge» en allemand, soit «recyclage de l'électronique des véhicules hors d'usage» en français

Batteries lithium-métal dans les DEEE : différentiation et expériences issues de la pratique

Flora Conte

Les dangers des batteries au lithium dans le recyclage des DEEE sont désormais bien connus. Alors que la manipulation des batteries lithium-ion permet d'acquérir de l'expérience en continu, le sujet des batteries lithium-métal soulève chez les partenaires de recyclage des questions pour lesquelles il n'existe pas toujours de réponse univoque. Il est donc essentiel d'échanger sur les connaissances issues de la pratique afin d'identifier les batteries lithium-métal et de prévenir les risques qui y sont liés.

Les batteries lithium-métal (Li-Me) sont une sous-catégorie des batteries au lithium. Il s'agit de cellules primaires, c'est-à-dire de batteries non rechargeables, ou piles, qui présentent une forte densité énergétique¹ et une durée de vie particulièrement longue. Elles sont donc utilisées lorsqu'il est préférable de ne pas recharger ou changer les batteries. Les propriétés des batteries Li-Me dans le cadre de la collecte, du démontage ou du recyclage diffèrent de celles des batteries lithium-ion et comportent d'autres risques. Il est ainsi important de pouvoir les différencier. En effet, les Li-Me sont très réactives, libèrent des gaz toxiques lorsqu'elles sont endommagées et ne se comportent pas comme les batteries lithium-ion en situation de stress (court-circuit, pression). Le contact avec l'eau est problématique, mais également «l'effet pop-corn», parfois à l'origine de surprises désagréables.

Très rares et très courantes?

Le sujet des batteries Li-Me charrie souvent son lot de questions et d'incertitudes. Les batteries Li-Me sont-elles si rares qu'on n'en rencontre presque jamais, ou bien sont-elles très courantes, mais beaucoup plus inoffensives qu'on ne le dit? Cette question est principalement due au fait que le terme de «batteries Li-Me», bien qu'il désigne

une sous-catégorie des batteries au lithium, regroupe lui aussi plusieurs groupes de batteries aux propriétés diverses. Des fameuses piles boutons au lithium à l'utilisation extrêmement rare dans le domaine médical ou militaire: l'éventail des batteries Li-Me est large, et avec lui le spectre de leurs risques potentiels. Outre la densité énergétique, élevée par rapport à celle des batteries lithium-ion, la quantité d'énergie et les conditions sont également importantes.

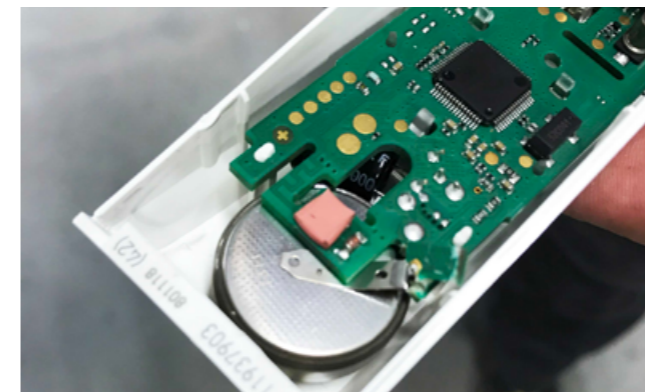
Différence entre LiMnO₂ et LiSOCl₂

Deux catégories de batteries Li-Me sont, en proportion, fréquemment rencontrées et se retrouvent dans les centres de collecte SENS et Swico et chez les partenaires de recyclage: les piles lithium-dioxyde de manganèse (LiMnO₂) et les piles lithium-chlorure de thionyle (LiSOCl₂).

Piles LiMnO₂: on les retrouve sous forme de piles boutons ainsi que dans les piles AA ou AAA. Elles sont utilisées dans les appareils photo, les montres ou comme batteries de secours pour les puces mémoire, et sont aussi souvent présentes dans les défibrillateurs. Les ateliers de démontage et les centres de collecte ont donc quotidiennement affaire à des piles LiMnO₂. Les piles boutons LiMnO₂ sont souvent bien cachées,

mais faciles à reconnaître grâce à leur profil aplati et leur surface argentée. Les piles LiMnO₂ cylindriques sont vendues en Suisse par des marques connues telles que Varta ou Duracell comme alternative aux piles alcalines classiques.

Piles LiSOCl₂: ces piles souvent cylindriques sont utilisées dans les applications industrielles, de commande à distance et médicales. Elles sont présentes dans les détecteurs d'incendies, les affichages de parkings et les compteurs d'eau, de gaz et de chauffage. Ces appareils ne sont pas particulièrement fréquents, mais lorsqu'ils arrivent dans les entreprises de recyclage, ils sont souvent plusieurs à la fois, par exemple lorsqu'un bâtiment entier est rénové. Les entreprises les plus représentées pour les piles LiSOCl₂ sont SAFT (écriture verte sur fond blanc) et Tadiran (pile violette). D'autres marques proposant des LiSOCl₂ en Suisse sont Jauch ou EVE. Les piles LiSOCl₂ sont souvent plus dangereuses que les piles LiMnO₂, car elles contiennent plus de lithium métallique et peuvent libérer rapidement des gaz très inflammables et toxiques².



Batteries Li-Me dans un répartiteur de frais de chauffage à émetteur radio (photo: Carbotech)

D'autres catégories de batteries Li-Me sont les piles lithium-disulfure de fer (LiFeS₂), utilisées dans le domaine de la photographie (marque Energizer p. ex.). Les piles lithium-dioxyde de soufre (LiSO₂), très dangereuses, se cantonnent essentiellement au domaine militaire. La marque SAFT vend également des batteries LiSO₂. Les piles lithium-iodure (Li-I₂) et lithium-monofluorure de carbone (Li(CF)_n) servent, quant à elles, dans le domaine médical.



Les répartiteurs de frais de chauffage sont mis de côté et étiquetés. (Photo: GADPlus)

Dangers des Li-Me lors du démontage

En pratique, pour Sabine Krattiger, directrice d'Immark AG, c'est le démontage des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) qui représente la principale source de danger en rapport avec les batteries Li-Me. Elles peuvent être à l'origine de «monofractions». Une monofraction est constituée par plusieurs batteries Li-Me similaires ou identiques stockées ensemble.

Mme Krattiger évoque un incident survenu dans un atelier de démontage qui l'a marquée, ainsi que ses collaborateurs: «Une grande quantité de répartiteurs de frais de chauffage à émetteurs radio a fait l'objet d'une extraction des substances polluantes dans un atelier de démontage, probablement après des rénovations d'appartements. Les piles cylindriques démontées, d'assez petite taille, ont été stockées ensemble dans un fût pour batteries, dans des couches de vermiculite. Malgré la constitution de couches de vermiculite, des piles ont dû entrer en contact. Le fût est resté fermé au moment de leur réaction, mais est devenu si chaud que la palette en

¹ «Fire Hazard Analysis for Various Lithium Batteries» (pdf) (en anglais)

² «Amerex Lithium/Thionyl Chloride Battery (LiSOCl₂) Safety Data Sheet» (pdf)

³ «BU-106a: Choices of Primary Batteries» (pdf)

15 Batteries au lithium

bois située au-dessous a commencé à brûler. Nous n'avons pas été avertis par le détecteur d'incendies, mais par l'alarme antivol, car le fût a émis des bruits violents. Heureusement, nos collaborateurs avaient bien fermé le couvercle au moment de son stockage, comme cela est prescrit. La propagation de l'incendie due à des étincelles sortant du fût a ainsi pu être évitée.» Pour prévenir de tels incidents, les ateliers de démontage ont commencé à séparer en plusieurs groupes les DEEE contenant du lithium métallique et à les étiqueter clairement.



En présence de grandes quantités, recouvrir de ruban adhésif les piles boutons au lithium évite les courts-circuits (photo: soRec)

Des piles boutons qui volent

Les piles boutons étant omniprésentes dans les appareils électriques et électroniques, elles peuvent aussi se retrouver regroupées en dehors d'ateliers de démontage. Un supermarché relate ainsi que de nombreuses piles boutons ont été jetées ensemble dans un seau après le remplacement des piles des étiquettes électroniques. Très vite, les collaborateurs ont été surpris par «l'effet pop-corn» engendré par des courts-circuits.

«Nous avons pu constater la même chose», rapporte Dieter Offenthaler, ancien directeur de Batrec, aujourd'hui consultant indépendant. «Lorsque des piles boutons au lithium entrent en contact et génèrent des courts-circuits (par exemple lorsqu'elles sont en vrac), elles se mettent à sauter à travers la pièce comme des pétards. Il suffit que des matériaux inflammables se trouvent dans les environs pour que le feu se transforme en incendie important.» Les entreprises de recyclage et les centres de collecte contiennent souvent des matériaux inflammables: matières plastiques, papier, bois, huiles usagées, etc. Bien que la quantité de lithium

par pile bouton soit faible, et donc l'énergie déchargée réduite, les piles boutons qui «explosent» sont brûlantes. Une pile bouton qui saute peut rapidement déclencher un incendie ou blesser une personne.

Évaluer les risques

Lorsque de grandes quantités de piles boutons sont réunies au même endroit, il est unanimement recommandé de couvrir de ruban adhésif les piles boutons ou de les stocker dans des couches épaisses de vermiculite afin d'éviter les courts-circuits. Même dans la vermiculite, le risque subsiste, car les petites piles boutons peuvent glisser et entrer en contact lors du transport. Dans tous les cas, il est essentiel de fermer le fût pour batteries afin de pouvoir contrôler un éventuel «effet pop-corn».

Pour Dieter Offenthaler, il n'est en revanche pas très inquiétant que des piles cylindriques LiMnO_2 se retrouvent mélangées avec des piles alcalines dans un fût pour batteries. En effet, même en cas de court-circuit, aucun matériau extrêmement inflammable ne se trouve à proximité.

Selon lui, il en va tout autrement des piles LiSOCl_2 , également cylindriques, qui sont les plus dangereuses au quotidien pour une entreprise de recyclage. En cas de pression due à des dommages ou lors d'un court-circuit, une grande quantité d'énergie est libérée. On assiste alors à des émanations de gaz toxiques en quantités significatives, notamment du dioxyde de soufre (SO_2). «Il faut être très attentif lors du tri», prévient Markus Stengele (responsable qualité, environnement et sécurité chez soRec AG). «Les symboles présents sur les piles peuvent porter à confusion. On retrouve souvent des piles LiSO_2 dans les défibrillateurs, et leur présence est indiquée par le symbole de la poubelle barrée et les lettres Pb, pour le plomb. Ce marquage est effectué en vertu de la loi sur les piles et les batteries, car la pile contient plus de 0,004% de plomb. Les piles ainsi marquées sont donc parfois regroupées avec les piles au plomb lors du tri. Il en résulte des transports de piles au plomb qui contiennent également des batteries au lithium.» En cas de doute, le poids de la pile peut aussi indiquer s'il peut s'agir d'une pile au plomb ou non, car celles-ci sont généralement bien plus lourdes que les autres piles.



Piles LiSOCl_2 des marques SAFT et Tadiran (photo: Inobat)

Le sécurité avant tout

Les différents types de batteries Li-Me rendent donc la manipulation des batteries au lithium plus complexe et élargissent le spectre des risques et des incidents possibles. Les connaître et savoir les identifier peut prévenir certains dégâts.

Le personnel travaillant à la collecte ou au démontage peut cependant retenir une chose: mieux vaut être certain. Comme Dieter Offenthaler le souligne: «En cas de doute, isoler les batteries Li-Me dans du sable ou beaucoup de vermiculite peut être utile. Recouvrir les pôles libres ou y coller du ruban adhésif permet d'éviter les courts-circuits. Il est également possible d'emballer la pile dans un sachet en plastique individuel. Un contenant bien fermé évite les projectiles incontrôlés. Tout contact avec l'eau doit être évité à proximité de matériaux inflammables ou de personnes, sous peine de formation d'hydrogène inflammable ou explosif. Ce n'est qu'une fois les batteries transportées vers les entreprises de recyclage de batteries, dans un

environnement contrôlé et en présence de personnel spécialisé, que de l'eau peut être utilisée pour noyer les batteries Li-Me et les décharger.»

Les piles LiSOCl_2 , très dangereuses, sont plus courantes qu'on ne le croit. Il est donc important de retenir les utilisations possibles de ces piles et d'identifier les DEEE qui en contiennent avant le démontage afin d'appliquer les mesures de précaution adaptées dès le début de leur traitement.

L'âge des appareils électriques envoyés au recyclage

Daniel Savi

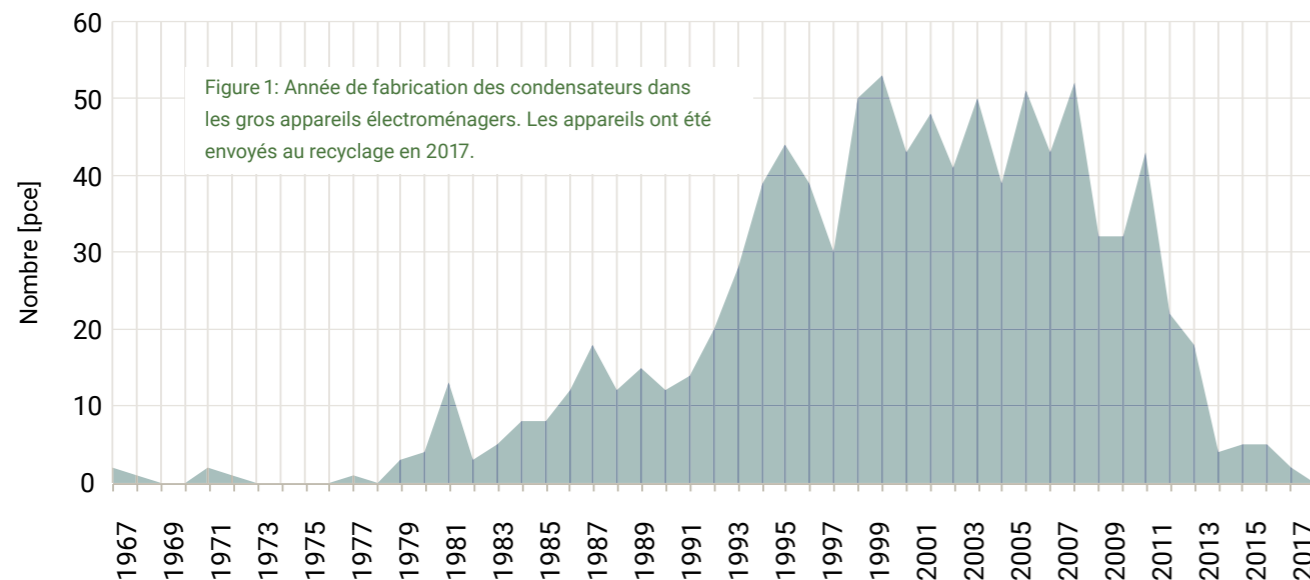
Pour l'étude de grande envergure sur les condensateurs réalisée par SENS et Swico, plus de 3000 condensateurs issus de gros appareils électroménagers, d'échangeurs thermiques et de micro-ondes ont été collectés et classés. Les données ainsi recueillies permettent entre autres de définir l'âge des gros appareils électroménagers et des échangeurs thermiques mis au recyclage.

Les condensateurs permettent d'établir l'âge des appareils Pour la détermination de l'âge des appareils, l'âge de 967 condensateurs issus de gros appareils électroménagers et de 183 condensateurs issus d'échangeurs thermiques a été déterminé grâce à l'année de fabrication qui est souvent imprimée sur ces composants. Cela fait des années que les stocks sont réduits le plus possible dans le cadre de la fabrication des appareils électriques et électroniques. Il est ainsi tout à fait raisonnable de penser que les appareils n'ont pas été produits beaucoup plus tard que les condensateurs qu'ils contiennent. Dans cette étude, l'année de construction de l'appareil a donc été assimilée à celle de ses condensateurs.

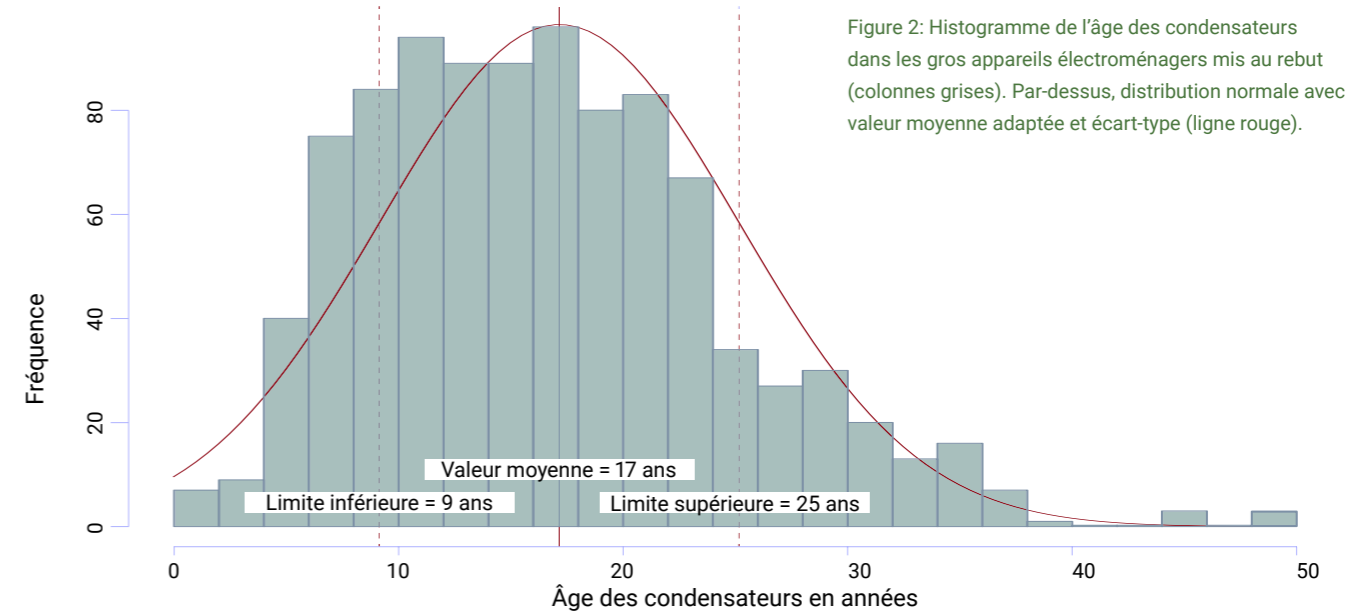
Les gros appareils électroménagers ne sont pas tous utilisés pendant la même durée La catégorie des gros appareils électroménagers englobe les cuisinières, les lave-vaisselle, les machines à laver,

les sèche-linge et les autres appareils de taille comparable. Les condensateurs proviennent essentiellement des premiers types d'appareils cités. La figure 1 indique le nombre de condensateurs trouvés pour chaque année de fabrication. Un pic est visible entre environ 1994 et 2010. 75% des condensateurs évalués datent de cette période. Les données permettent d'établir l'âge moyen des condensateurs à 17 ans. Les échantillons ayant été réalisés en 2017, la date de production moyenne est le mois d'octobre 1999. Le plus ancien condensateur pris en compte dans l'évaluation avait 50 ans. Les données peuvent faire l'objet d'une analyse statistique plus poussée. Sur la figure 2, les données suivent une distribution normale. Cela permet d'estimer le degré d'incertitude de la détermination de l'âge. L'écart-type des données a également été calculé. Celui-ci est d'environ huit ans. D'après ces données, la plupart des gros appareils électroménagers ont entre 9

Nombre de condensateurs issus de gros appareils électroménagers



Répartition des âges des appareils électroménagers SENS



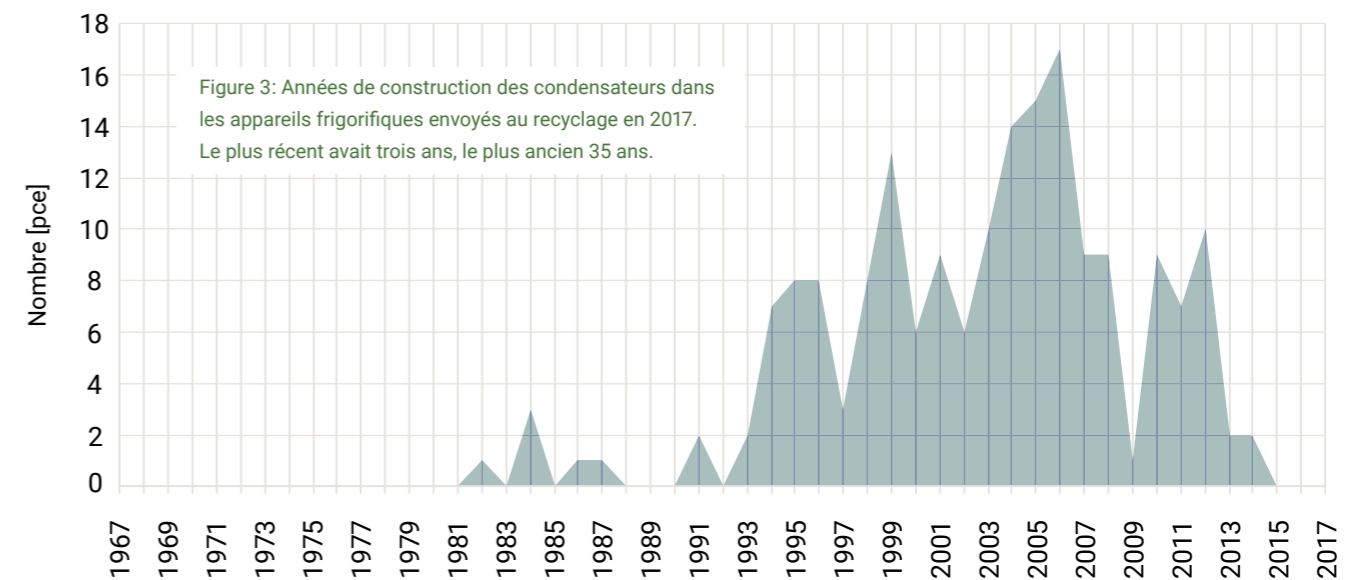
et 25 ans. Pour les personnes intéressées par les statistiques, il est bon de noter que la loi log normale a également été appliquée aux données. La concordance n'était toutefois pas meilleure que pour la distribution normale.

Les appareils frigorifiques vivent moins longtemps que les gros appareils électroménagers

La deuxième évaluation a eu lieu avec les condensateurs intégrés dans les échangeurs thermiques. Les échangeurs thermiques comprennent tous les appareils dotés d'un circuit de réfrigération. Il s'agit pour la majorité de réfrigérateurs et de congélateurs. Les sèche-linge pompe à chaleur en font également partie, ainsi que certains climatiseurs. Les condensateurs pris en compte pour la présente évaluation provenaient cependant presque tous de

réfrigérateurs et de congélateurs. C'est pourquoi nous ne parlons ci-dessous que des appareils frigorifiques. Il apparaît que les appareils frigorifiques vivent moins longtemps que les autres gros appareils électroménagers tels que les machines à laver ou les cuisinières. En moyenne, ils sont mis au rebut après 14 ans d'utilisation. Le calcul de l'écart-type donne une fourchette de huit à 21 ans avant que les appareils ne soient remplacés. La figure 3 indique l'âge des condensateurs retirés. Leur nombre étant nettement inférieur à ceux des gros appareils électroménagers, la fiabilité des résultats est également plus faible. L'appareil frigorifique le plus ancien des appareils usagés collectés était bien plus jeune que chez les gros appareils électroménagers. Il fut amené au centre de collecte SENS après 35 ans d'utilisation.

Nombre de condensateurs issus des appareils frigorifiques



«L'électronique pervasive» – la prolifération croissante de composants électroniques dans nos objets quotidiens

Heinz Böni

Les composants électroniques se diffusent de plus en plus dans notre vie quotidienne, souvent sans être perçus en tant que tels. Les cigarettes électroniques, par exemple, contiennent des batteries. Leur collecte et leur élimination mobilisent actuellement de nombreux systèmes de reprise. Dans le domaine du textile, les «e-textiles» et les «textiles intelligents» commencent à faire leur apparition. Ils contiennent des composants électroniques et conducteurs.

StEP¹, l'initiative internationale «Solving the E-waste Problem», a été créée en 2004. Elle étudie cette problématique au sein d'un groupe de travail sous le nom de «pervasive electronics». Lors de l'élimination, les objets décrits ne rejoignent généralement pas les systèmes de collecte spécifiques aux appareils électriques et électroniques. À la place, ils sont éliminés dans des usines d'incinération des déchets en passant par les ordures ménagères ou les collectes d'encombrants, et les matières premières contenues dans les composants électroniques sont perdues.

Nous connaissons tous des produits contenant des composants électroniques pervasifs: des cartes de vœux qui émettent une mélodie lorsqu'on les ouvre, des chaussures qui s'illuminent sous les pas des enfants, des chaussures de ski pouvant être préchauffées, des meubles massants, et ainsi de suite. Les composants électriques, électroniques ou conducteurs sont le plus souvent intégrés dans les objets pour les améliorer, leur apporter une fonction supplémentaire, ou pour le «confort utilisateur» tant prôné. Ils sont censés permettre au fournisseur de profiter d'avantages sur le marché. Il est

souvent impossible de faire clairement la différence entre des produits dotés d'«électronique pervasive» et des appareils électriques et électroniques.

Généralement, les sources d'énergie et les autres composants électriques sont intégrés de manière permanente dans les nouveaux produits de sorte à ne plus pouvoir être retirés ou remplacés. Ce type de conception peut être défini comme de l'«électronique jetable». L'appareil sera probablement éliminé quand sa fonction cessera d'être assurée. De plus, leur design rend difficile l'identification de ces produits en tant qu'équipements électriques et électroniques usagés, avec pour conséquence une élimination dans le mauvais flux de déchets par les utilisateurs finaux. Ce groupe de produits se situe en outre dans une zone grise en ce qui concerne la législation.

Un mémoire de Master réalisé à l'Universität für Bodenkultur de Vienne (Université des ressources naturelles et des sciences de la vie) avec le soutien de l'Empa en 2022² a permis de définir les premières bases. Les groupes de produits contenant des composants électroniques intégrés ont été identifiés et classés à l'aide d'une recherche

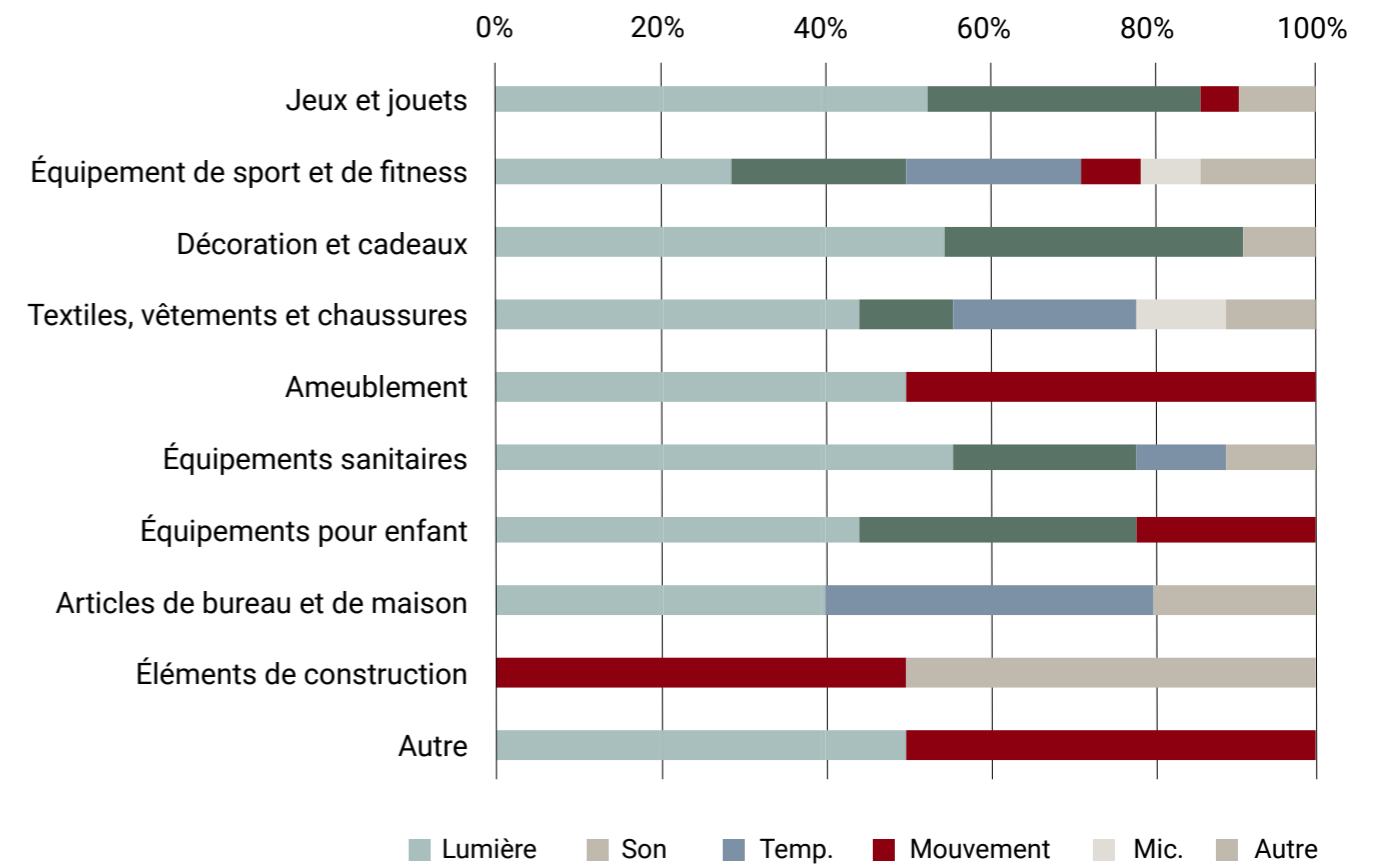


Figure 1: Groupes de produits et fonctionnalités intégrées (issue du mémoire de Master de Helene Steiner)

Internet à grande échelle sur les plateformes de vente en ligne. Grâce à un arbre de décision, il est possible de déterminer si un produit jusqu'ici non classé comme déchet électrique ou électronique entre dans la catégorie «produit électronique pervasive».

Les dix groupes de produits identifiés et les fonctionnalités qui y sont intégrées sont représentés dans la figure 1. La figure 2 met en évidence les voies d'élimination les plus courantes.

Des chaussures pour enfant ont été prises comme exemple pour déterminer la composition d'un produit avec de l'électronique intégrée. Les composants électroniques tels que les fils, les LED, les batteries, les contacts et les prises

représentent environ 8% du poids de la chaussure. Une chaussure seule comprend relativement peu d'électronique. De telles chaussures sont souvent utilisées sur une courte période. Leur chiffre de vente élevé met en évidence leur importance en termes de préservation des ressources limitées.

StEP va continuer à se consacrer à cette thématique³. Un autre mémoire de Master est également prévu. Le sujet de la collecte et de l'élimination des cigarettes électroniques dans le cadre du forum WEEE est actuellement aussi l'objet de vives discussions.

¹ ↗ [StEP - solving the E-waste Problem – StEP Initiative](#)

² Mémoire de master Universität für Bodenkultur: Definition, classification, and mapping of pervasive electronic products; soutenu par Helene Steiner (2023)

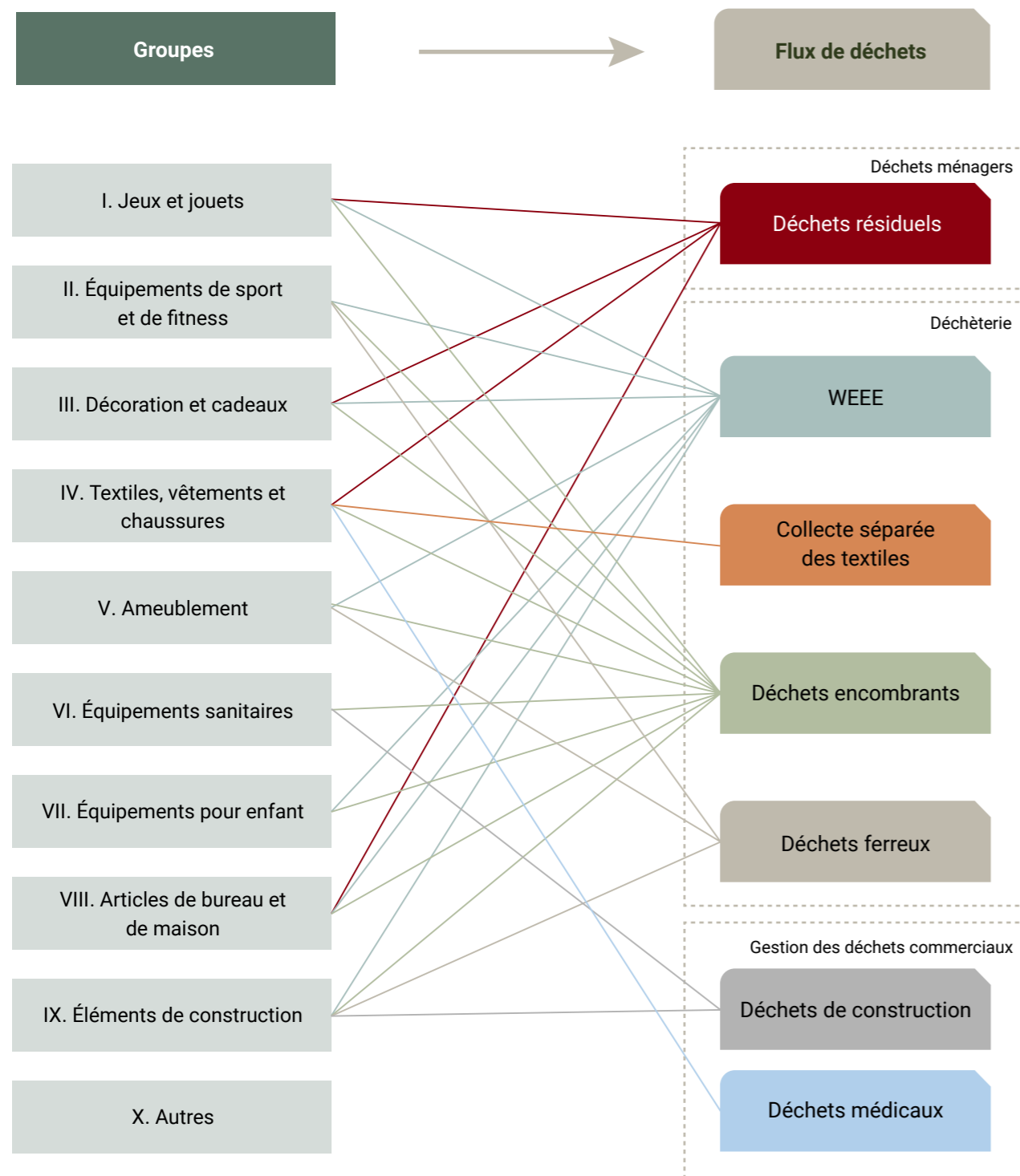


Figure 2: Voies d'élimination des produits avec électronique intégrée (issue du mémoire de Master de Helene Steiner)



Récupération de matériaux et taux de recyclage des écrans plats:
Figure SEQ Figure * ARABIC 1: Moniteurs de PC usagés à destination du post-traitement





Anahide Bondolfi
CT Sens Abeco Sàrl
Anahide Bondolfi est titulaire d'un bachelor en biologie et d'un master en sciences de l'environnement de l'Université de Lausanne. Elle commence son activité dans le secteur des déchets électriques en 2006, pendant son travail de master effectué en Afrique du Sud, en collaboration avec l'Empa. Elle

travaille ensuite pendant près de dix ans comme conseillère environnementale et cheffe de projet dans deux entreprises suisses de conseil environnemental, tout d'abord chez LeBird à Prilly, puis chez Sofies à Genève. En 2017, elle fonde la société Abeco Sàrl. Elle est membre de la commission technique Swico/SENS depuis 2015. Elle réalise près de la moitié des audits des entreprises de démontage de Swico et SENS. Depuis 2016, Anahide Bondolfi audite également plusieurs recycleurs et centres de collecte SENS.



Heinz Böni
Directeur de l'organisme d'évaluation de la conformité Swico Série de normes EN 50625, Empa

Après avoir obtenu son diplôme d'ingénieur en génie rural à l'EPF de Zurich et terminé ses études post-grade en aménagement des cours d'eau et protection des eaux (EAWAG/EPF), Heinz Böni devient collaborateur

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



Stefanie Conrad
CT SENS, Carbotech AG

Stefanie Conrad est titulaire d'un master en sciences de l'environnement à l'EPF de Zurich. Après ses études, elle a travaillé sur des projets environnementaux en se concentrant sur l'assainissement et la décontamination des sites, les contaminants des bâtiments et les audits en matière d'environnement. Stefanie travaille

depuis 2020 au sein de l'entreprise Carbotech AG. Elle se consacre entre autres au sujet du recyclage et de la mobilité dans le domaine des écobilans, conseille les entreprises dans leur stratégie de durabilité et assure des audits relatifs à l'environnement. Depuis 2021, elle est membre de la CT SENS et auditrice pour les ateliers de démontage et les centres de collecte de SENS et de Swico.



David Wampfler
E-Waste Manager et responsable de site Moudon/Groupe BAREC

David Wampfler a grandi dans une famille de recycleurs, grâce à laquelle il a découvert très tôt ce métier. Il travaille depuis 2004 dans le domaine du recyclage et a notamment suivi une formation de recycleur. Il a acquis de l'expérience dans les domaines des

métaux ferreux et non ferreux, des déchets électriques et électroniques, des processus de traitement et de préparation ainsi que dans le commerce. Il a continué à se former continuellement, surtout dans les domaines de la métallurgie et de l'environnement, et a enseigné à des apprentis ainsi qu'à des collaborateurs du secteur du recyclage. Il travaille depuis 2021 pour le Groupe BAREC, où il est responsable des déchets électriques et électroniques (traitement de sources lumineuses et des écrans plats contenant des LED et du mercure).



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 Carbotech AG. Elle mène différents projets sur un plan national et international

dans les domaines des énergies renouvelables, du recyclage ou de l'entrepreneuriat. Depuis 2015, elle est membre de la CT SENS/Swico et auditrice pour les ateliers de démontage et les centres de collecte de SENS et de Swico. Flora Conte audite les recycleurs SENS depuis 2016. En plus d'être consultante en environnement, elle est également impliquée dans une organisation non gouvernementale pour l'accès à l'énergie solaire dans les pays en développement.



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 Ecole spécialisée de la Suisse orientale.

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



Pascal Leroy
Directeur général du WEEE Forum depuis 2007, il supervise la gestion générale de l'association.

Depuis vingt ans, il participe à divers programmes, politiques et projets relatifs aux déchets électroniques. Auparavant, il était responsable des relations publiques pour les DEEE chez APPLIA, l'association européenne des fabricants d'appareils électroménagers. Il a également travaillé pendant cinq ans au

Parlement européen, ainsi que pour Hill and Knowlton, l'une des plus grandes sociétés de relations publiques au monde. À 26 ans, Pascal a obtenu la médaille de bronze de la Fondation du mérite européen en 1994 pour sa contribution à l'avancement vers l'idéal européen. Il parle le néerlandais (langue maternelle), l'anglais, le français, l'espagnol et l'allemand.



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

Manuele Capelli a étudié les sciences de l'environnement ainsi que le management, la technologie et l'économie (MTEC) à l'EPF de Zurich. Il acquiert sa première expérience dans le domaine des déchets électroniques lors d'un stage universitaire au World Resources

Forum (WRF) avec l'Empa. Depuis 2021, il travaille à l'Empa comme collaborateur scientifique au département Technologie et Société. Il se consacre à des projets sur l'économie circulaire et les systèmes de recyclage et soutient des projets d'extension des systèmes de recyclage des déchets électroniques dans les pays émergents et en développement. Il est également membre de la CT Swico et assure des audits depuis 2022.



Daniel Savi
CT SENS, Büro für Umweltchemie

Daniel Savi a obtenu son diplôme d'ingénieur en environnement à l'EPF de Zurich. Après ses études, il 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 sa qualité de collaborateur scientifique. Depuis 2015, il est copropriétaire et directeur de la société Büro für Umweltchemie GmbH. Il s'occupe des risques sanitaires et des effets des activités de construction et de la valorisation des déchets sur l'environnement.



Charles Marmy
Organisme d'évaluation de la conformité Swico SN EN 50625, Empa

Après des études d'ingénieur en environnement à l'EPF de Lausanne, Charles Marmy a commencé sa carrière dans un bureau d'ingénieurs-conseils en Suisse romande en 2016. Il y a travaillé d'abord comme employé, puis comme chef de projet pour des projets dans le domaine

de l'environnement. Il a accordé une attention particulière à la gestion des déchets et aux problèmes d'élimination finale, ainsi qu'aux aspects institutionnels et financiers de la gestion des déchets en Suisse et à l'étranger. Depuis 2020, il travaille au département Technologie et société de l'Empa, où il met en œuvre des projets dans le domaine de la recherche appliquée ou bien y prend part. La gestion des déchets reste son domaine d'expertise, avec un accent sur l'économie circulaire et le recyclage des métaux rares récupérés dans les piles et les déchets électroniques. Il est membre de la CT SENS/Swico et effectue des audits des recycleurs Swico depuis 2021.



Niklaus Renner
CT SENS, IPSO ECO AG

Après avoir terminé ses études à l'école de musique de Lucerne, Niklaus Renner a étudié les sciences de l'environnement à l'EPF de Zurich. Depuis 2007, il travaille chez IPSO ECO AG à Rothenburg (anciennement Roos + Partner AG, Lucerne). Les thématiques auxquelles il se consacre sont les sites

contaminés, la protection des sols et la compatibilité environnementale de divers processus de recyclage. Il conseille également les entreprises sur les questions de leur conformité au droit de l'environnement. Avec Erhard Hug, il a développé le modèle d'évaluation mathématique pour la norme européenne de recyclage des réfrigérateurs CENELEC EN 50625-2-3. Depuis 2017, Niklaus Renner est membre de la commission technique de SENS et auditeur pour les entreprises de recyclage. Son domaine d'expertise comprend les audits et les tests de performance des équipements pour les entreprises de recyclage de réfrigérateurs.



Kirsten Remmen
Collaboratrice scientifique, Empa

Kirsten Remmen travaille en tant que collaboratrice scientifique à l'Empa, dans le département Technologie et Société. Elle se consacre à la disponibilité et à la capacité de recyclage des matières premières secondaires issues des différents flux de déchets dans le

but de permettre une économie circulaire basée sur les faits. Après ses études d'ingénierie mécanique à la RWTH d'Aix-la-Chapelle, elle a développé des membranes destinées à la récupération des ressources issues des différents flux d'eaux usées acides.



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

Andreas Bill obtient son master en gestion de l'énergie et développement durable à l'EPF de Lausanne. Il accomplit ensuite son service civil à l'Empa, où il se familiarise avec le secteur des déchets électroniques. Depuis 2019, il y travaille comme collaborateur scientifique au département

Technologie et Société. Sa mission principale est de soutenir les projets de mise en place de systèmes de recyclage de DEEE dans les pays émergents et en développement. Il est également membre de la CT SENS/Swico et réalise l'audit des recycleurs Swico depuis 2020.



Fabian Elsener
Carbotech AG

Fabian Elsener a suivi un bachelor d'ingénierie économique à la Haute École spécialisée de Suisse orientale à Rapperswil. Il poursuit actuellement ses études de master en environnement et ressources naturelles, avec une spécialisation en écotechnologie et en écobilan, à la Haute École des sciences

appliquées de Zurich, située à Wädenswil. C'est lors de son stage chez V-ZUG qu'il a été confronté pour la première fois au recyclage des déchets d'équipements électriques et électroniques, en accompagnant un essai par lot pour V-ZUG. Il travaille au département de conseil environnemental de Carbotech AG depuis l'été 2021 et réalise principalement des écobilans pour des produits et des systèmes techniques.



Andrea Wehrli
Responsable projet e-conseg, Empa

En tant que collaboratrice scientifique à l'Empa, Dea Wehrli travaille principalement sur l'économie circulaire, notamment sur le projet e-conseg, ainsi qu'au développement des normes ISO 59014 relatives aux matières secondaires. Elle est également cofondatrice d'E[co]work, qui construit un espace de coworking

pour les ateliers informels de démontage de déchets électroniques en Inde ainsi qu'un magasin de vrac à Zurich. Elle est titulaire d'un master en sciences de l'environnement de l'EPF de Zurich et, après son stage chez Swiss Recycling, a travaillé en tant que spécialiste des déchets et du recyclage pour le WEF. Dans le cadre de son travail auprès de l'IETC des Nations Unies, l'ISWA et Sofies, elle a acquis de l'expérience dans les domaines des émissions de CO₂ provenant de la gestion des déchets, des réglementations sur les déchets plastiques à usage unique et des systèmes de 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 10 ans dans un bureau d'ingénieurs spécialisé dans la pollution de l'air et l'énergie. Elle travaille depuis 2016 chez IPSO ECO AG à Rothenburg. En tant que responsable de projets, elle y élabore des rapports

d'impact sur l'environnement et assure également et assure également des fonctions d'accompagnatrice en chantier environnemental. Polyvalente, elle peut couvrir un large éventail de domaines environnementaux, par exemple les déchets, les substances dangereuses pour l'environnement et l'élimination des déchets. Elle est membre de la CT de SENS depuis 2021 et auditrice avec une spécialisation dans les entreprises de recyclage des appareils frigorifiques.

Liens internationaux

➤ www.weee-forum.org

Le WEEE Forum (Forum for Waste Electrical and Electronic Equipment) est la fédération européenne de 36 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 les principaux acteurs des secteurs de la fabrication, de la réutilisation et du recyclage des appareils électriques et électroniques, mais également des organisations gouvernementales et internationales. Trois organisations des Nations Unies sont membres de cette initiative.

➤ www.basel.int

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

➤ www.weee-europe.com

WEEE Europe AG est une association de 19 systèmes de reprise européens et, depuis janvier 2015, l'interlocuteur privilégié des fabricants et autres acteurs du marché en vue de l'accomplissement de leurs diverses obligations nationales.

Liens nationaux

➤ www.eRecycling.ch/fr/

➤ www.swicorecycling.ch

➤ www.swissrecycling.ch/fr/accueil

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

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

➤ www.bafu.admin.ch/fr

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) du canton de Zurich donne, à la rubrique «Abfall, Rohstoffe & Altlasten» (déchets, matières premières et terrains pollués), toute une série d'informations concernant directement le recyclage des appareils électriques et électroniques.

➤ www.ag.ch/bvu

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

➤ www.umwelt.tg.ch

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

➤ 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» (informations concernant l'environnement) et «UmweltFacts» des informations sur des thématiques d'actualité.

➤ 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» (informations sur des types spécifiques de déchets), des renseignements complets sur le recyclage des appareils électriques et électroniques.

➤ www.umwelt.bl.ch

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

➤ 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» (gestion des déchets), 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.

Contacts

Swico

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

Fondation SENS

Obstgartenstrasse 28
8006 Zurich
Téléphone +41 43 255 20 00
✉ info@eRecycling.ch
➤ www.eRecycling.ch/fr/

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

Coordination CT SENS
Roman Eppenberger
Obstgartenstrasse 28
8006 Zurich
Téléphone +41 43 255 20 09
✉ roman.eppenberger@sens.ch

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

➔ [Début](#)

Mentions légales

Éditeur

Swico,
fondation SENS

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

Concept, graphisme:

Franziska von Aesch, Swico

➤ [Tabea Guhl](#), ➤ [Lara Lone](#), ➤ [Elena Cortiula](#)

© 2023 Swico, SENS

Partage (même partiel) expressément souhaité avec mention de la source et copie à Swico, SENS