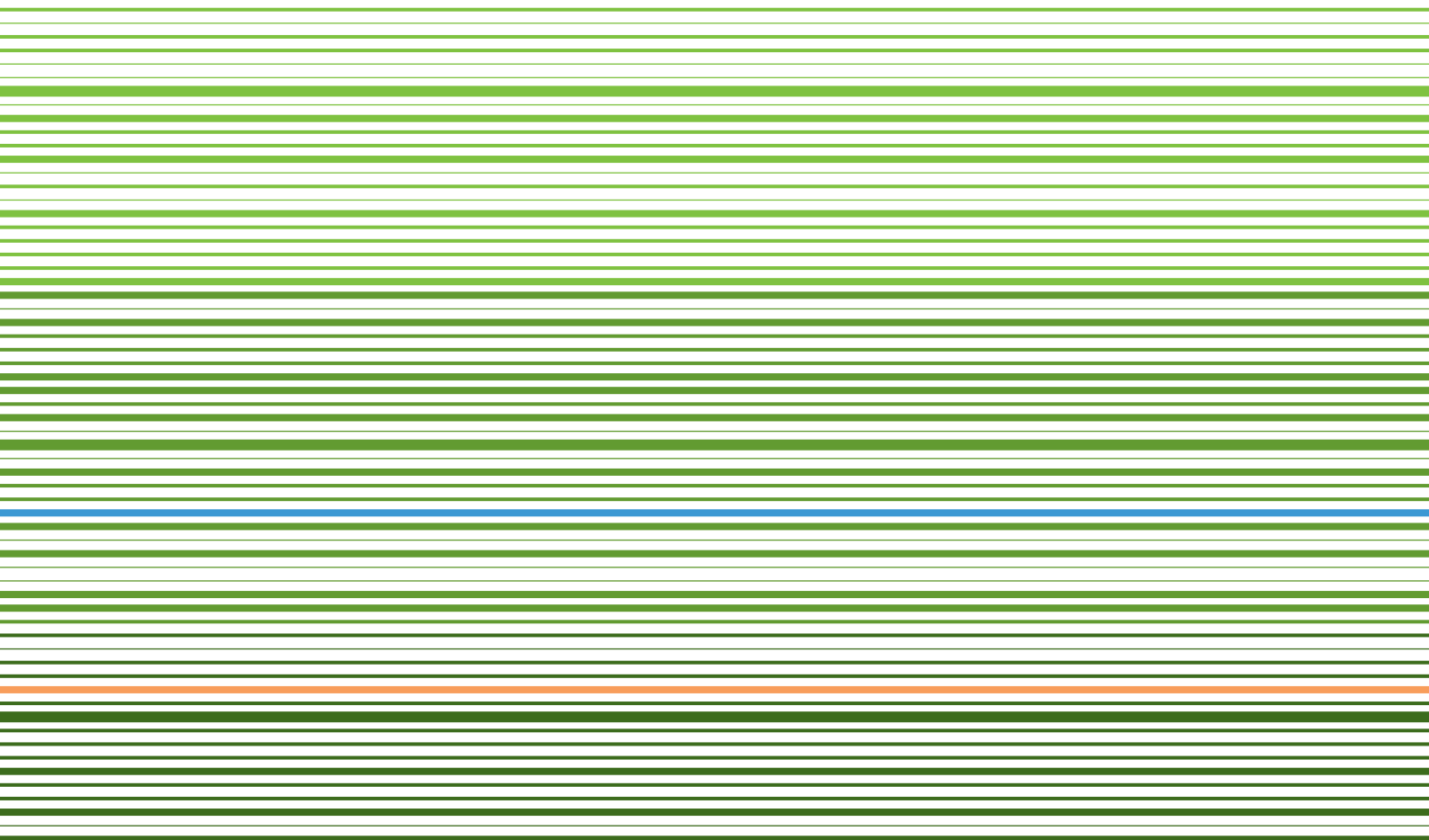


Swico, SENS, SLRS

# Rapport technique 2015





# Un calme trompeur

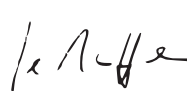
Il y a des années qui semblent tranquilles et dont il faut attendre la fin pour mesurer l'ampleur du travail accompli. L'année écoulée appartient à cette catégorie. Vu de l'extérieur, peu de choses ont changé, tant pour ce qui est des systèmes eux-mêmes que du cadre réglementaire. Et pourtant, beaucoup de choses se sont passées en coulisses.

Nous constatons de manière générale que le suivi des grands projets est de plus en plus gourmand en expertise et en ressources, lesquelles nous font défaut dans le traitement des affaires courantes. Nous avons adopté deux stratégies pour y faire face. D'une part, renforcer la collaboration entre systèmes jusqu'à une représentation commune au sein des commissions et organisations ou la mise en commun des ressources personnelles. D'autre part, faire appel à des conseillers externes qui nous apportent leur expertise et leurs services sur des questions techniques spécifiques.


Cette double approche est parfaitement illustrée par la commission technique (CT) commune de Swico, SENS et SLRS, qui régit tous les aspects environnementaux de notre travail et fait évoluer l'état de la technique. Cette commission technique centralise toute l'expertise en matière de recyclage et d'audit en Suisse. Elle statue également, par un dialogue commun, sur les grandes orientations, le plus souvent acceptées et validées sans changements majeurs par nos partenaires et même par les autorités en matière de protection de l'environnement.

En 2014, outre les nombreux dossiers opérationnels, la CT s'est penchée sur des sujets d'actualité tels que la mise en place du standard CENELEC en Suisse, l'application des nouvelles directives ADR ou le soutien de l'OFEV dans le développement des aides à l'exécution sur l'état de l'art. Vous pourrez constater l'avancement de ces projets majeurs en lisant ce rapport.

La collaboration est également étroite au niveau des organes de direction. Ainsi, nous avons présenté conjointement à l'OFEV nos suggestions quant à la révision de l'OREA. L'avis critique que nous avons émis semble avoir porté ses fruits en contribuant à délester le concept original de mise en œuvre et à réduire sensiblement les effets indésirables. Nous sommes heureux que nos préconisations aient été accueillies avec bienveillance par l'Office fédéral et largement prises en compte. Nous sommes aujourd'hui plus confiants qu'il y a un an sur la possibilité de poursuivre l'élimination des appareils usagés dans le cadre de la nouvelle OREA, dans des conditions praticables et économiquement rentables.



Jean-Marc Hensch  
Swico



Heidi Luck  
SENS



Silvia Schaller  
SLRS

---

## Sommaire

4 Portrait des systèmes de recyclage / 6 Commission technique /  
7 CEN/CENELEC / 11 Quantités / 14 Appareils de réfrigération / 16 Batteries /  
19 e-Recmet / 22 Etude de coûts / 24 Analyse de panier /  
25 Elimination des lampes SHP / 27 Photovoltaïque / 28 Taux de recyclage /  
30 Auteurs / 33 Liens / 34 Contact, mentions légales

# Fondation SENS, Swico et SLRS: compétence et durabilité

Depuis plus de 20 ans, les trois systèmes de reprise SENS, Swico et SLRS assurent la récupération, la réutilisation et l'élimination des appareils électriques et électroniques dans des conditions de préservation des ressources. Les volumes de reprise croissants témoignent du succès des trois systèmes.

La Suisse ne compte pas moins de trois systèmes de reprise pour les appareils électriques et électroniques. La coexistence de ces systèmes a des raisons historiques. En effet, durant les premières années du recyclage institutionnalisé, des systèmes avaient été mis en place par secteur, afin de mieux répondre aux besoins spécifiques à chaque branche et d'assurer une plus grande proximité. Ce choix a également permis de lever les doutes initiaux quant à la participation à un système de reprise, aujourd'hui encore facultative. Selon la nature de l'appareil électrique ou électronique, la responsabilité de la reprise revient à Swico, à la Fondation SENS ou à la Fondation Suisse pour le recyclage des sources lumineuses et luminaires (SLRS).

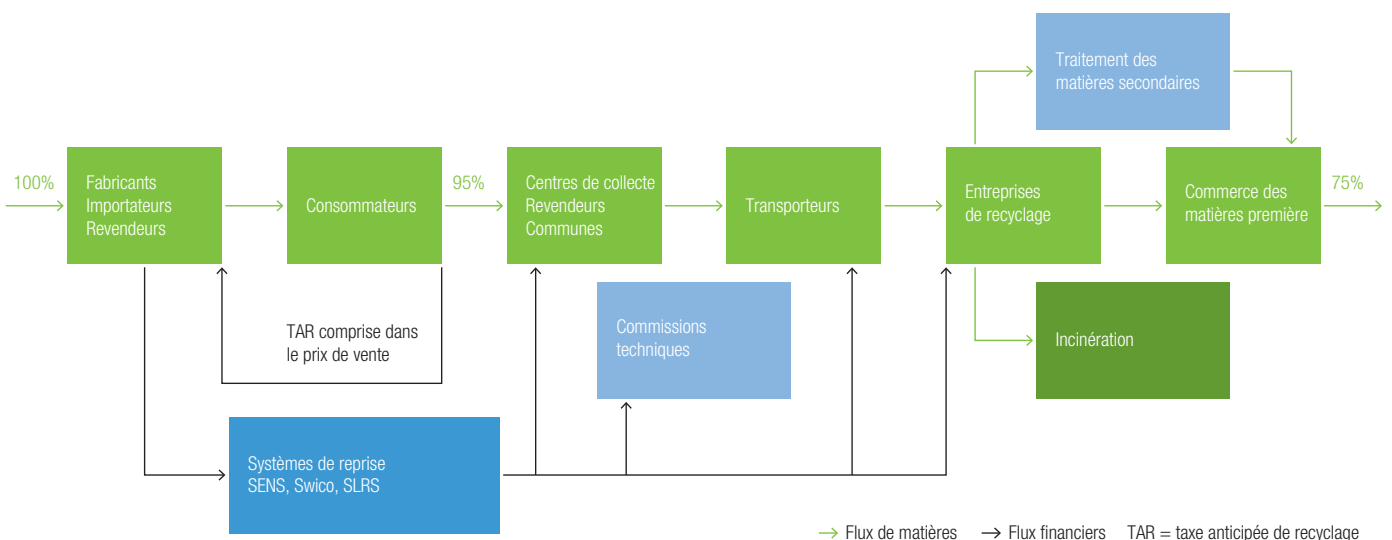
En 2014, plus de 126 600 t d'appareils électriques et électroniques usagés ont été recyclés via ces trois systèmes.<sup>1</sup> Ainsi, Swico, la Fondation SENS et la SLRS ont apporté une contribution majeure au recyclage de ressources précieuses dans le circuit économique. En assurant leur intégration au niveau européen, par exemple comme membres du WEEE Forum (Forum for Waste Electrical and Electronic Equipment), les trois organisations aident à redéfinir le recyclage des appareils électriques et électroniques, y compris à l'échelle internationale.

L'ordonnance sur la remise, la reprise et l'élimination des appareils électriques et électroniques (OREA) oblige les revendeurs, fabricants et importateurs à reprendre les appareils usagés gratuitement

s'ils distribuent le même type d'appareils. Pour pouvoir financer un recyclage durable et écologique des appareils électriques et électroniques dans des conditions de concurrence loyale, une taxe anticipée de recyclage est prélevée à l'achat de ces appareils (TAR). La TAR est un instrument de financement efficace, donnant à la Swico, à la Fondation SENS et à la SLRS les moyens de traiter les appareils de leur secteur et de relever les défis à venir.

<sup>1</sup> Il s'agit du volume correspondant aux flux de matières déclarés par les entreprises de recyclage. Il n'est pas identique au volume décompté selon les rapports d'activité ou les rapports annuels de SENS et de Swico.

## Organigramme des systèmes de reprise



### Swico

Swico Recycling est un fonds spécial qui, au sein de l'association économique pour la Suisse numérique Swico, s'occupe exclusivement de la valorisation des appareils usagés à prix coûtant. L'activité de Swico a pour objet de récupérer les matières premières des appareils usagés et d'éliminer les substances nocives dans des conditions respectueuses de l'environnement. L'accent est mis sur les appareils des secteurs informatique, électronique grand public, bureautique, télécommunications, industrie graphique, métrologie et secteur médical, par ex. photocopieurs, imprimantes, téléviseurs, lecteurs MP3, téléphones portables, appareils photo, etc. La collaboration étroite entretenue avec l'Empa, un institut de recherche en sciences des matériaux et en technologies lié à l'EPF, permet à Swico d'imposer des standards de qualité élevés et uniformes dans toute la Suisse, pour toutes les prestations d'élimination et de recyclage.

### Fondation SENS

La Fondation SENS est une fondation neutre et indépendante à but non lucratif, connue à l'extérieur par la marque SENS eRecycling. Elle se consacre principalement à la reprise, au recyclage et à l'élimination des appareils électriques et électroniques dans les secteurs électroménager, fitness, wellness, loisirs, jouets, animalerie, photovoltaïque et outillage électrique. Pour cela, la Fondation SENS travaille en étroite collaboration avec des réseaux spécialisés au sein desquels sont représentés les acteurs du recyclage des appareils électriques et électroniques. En coopération avec ses partenaires, la Fondation SENS s'engage pour que le recyclage de ces appareils se fasse dans le respect des principes économiques et écologiques.

### Fondation SLRS

Le recyclage des lampes et luminaires est du ressort de la Fondation Suisse pour le recyclage des sources lumineuses et luminaires (SLRS). La SLRS s'occupe d'organiser l'élimination des lampes et des luminaires à travers toute la Suisse. Pour financer ces activités, la SLRS gère un fonds pour les lampes et un autre pour les luminaires, alimentés par la TAR respective. Parmi les attributions de la SLRS figurent également la formation et la sensibilisation des acteurs du marché au recyclage des lampes et des luminaires, ainsi que l'information de tous les groupes d'intérêt. La SLRS entretient un partenariat étroit avec la Fondation SENS dans tous les domaines. En tant que partenaire contractuelle de la SLRS, la Fondation SENS assure ainsi la prise en charge opérationnelle de la collecte et du transport, mais aussi du recyclage, du contrôle et du reporting dans le domaine des lampes et des luminaires.

# Responsabilité matérielle et batteries au lithium

**En 2014, les huit experts externes ont procédé à 31 audits auprès des partenaires de recyclage de Swico, SENS et SLRS ainsi qu'à 39 audits auprès des entreprises de démantèlement manuel (partenaires des entreprises de recyclage). Le volume de travail impliqué par ces contrôles, préparation et bilan compris, est évalué à une centaine de journées. En plus de cette activité de contrôle assurée depuis des années, la Commission technique de Swico, SENS et SLRS traite régulièrement de sujets concernant soit de nouveaux appareils et des risques liés, soit des contraintes qui en découlent dans les directives techniques. Les principaux dossiers sur la table l'an dernier étaient liés à la responsabilité matérielle des entreprises de recyclage mandatées et aux risques entraînés par les batteries au lithium.**

Un courrier a été envoyé fin mai aux partenaires de recyclage afin de leur rappeler une disposition centrale des Directives techniques, stipulant qu'ils sont responsables du respect des exigences impliquées par les Directives techniques dans les travaux des entreprises de démantèlement (suisses), comme pour ceux des repreneurs de deuxième ou de dernier rang (étrangers la plupart du temps). En d'autres termes, ils sont tenus de s'informer des processus de traitement mis en œuvre par les repreneurs de deuxième rang et de la façon dont les fractions sont séparées en fractions contenant des produits toxiques et en fractions valorisables. L'objectif est d'empêcher que les Directives techniques contrôlées et imposées en Suisse soient contournées par des partenaires étrangers qui seraient soumis en partie à des obligations légales moins strictes et

où les contrôles ne seraient pas effectués avec la même intensité, faussant du même coup le jeu de la concurrence. A cet effet, les recycleurs doivent exiger de la part de leurs partenaires un traçage des flux de matières, contenant des informations sur les procédés utilisés, les fractions contenues et les repreneurs. Il appartient ensuite aux contrôleurs de vérifier ces indications, soit par sondages, soit par contrôles chez les repreneurs secondaires. Ces derniers font d'ailleurs l'objet de contrôles spécifiques tous les 3-5 ans, portant sur les fractions critiques telles que les plastiques.

La question des batteries au lithium présentes dans les appareils qui atterrissent dans les filières de reprise de Swico, SENS et SLRS reste un sujet brûlant (voir Rapport 2014). La Commission technique a consacré sa formation annuelle organisée l'automne

dernier à ce sujet. Après la visite de la société Kyburz à Freienstein, le fabricant des triporteurs électriques de la Poste, chez qui le traitement des batteries au lithium impose des contraintes particulières en matière de sécurité, des exposés ont été organisés à l'EMPA (Dübendorf). Ils portaient sur la question fondamentale de la pertinence du lithium comme source d'énergie ainsi que sur le fonctionnement et la composition de ce type de batterie (Donat Adams et Dominik Bachmann, Empa) et sur la collecte et le transport (Reiner Werren, Inobat). La discussion qui a suivi a montré qu'au vu des incidents survenus et du renforcement de la réglementation ADR, ce sujet était d'une actualité brûlante et que la question des batteries au lithium dans les équipements devait être réglée le plus rapidement possible. Un article entier est consacré à ce sujet dans le présent rapport.

# Des différences majeures dans la forme, mineures sur le fond

La partie 1 de la série EN 50625 sur la «Collecte, logistique et traitement pour les déchets d'équipements électriques et électroniques (WEEE)» est en vigueur depuis un an et des parties supplémentaires ont été publiées récemment sur les lampes ainsi que des spécifications techniques sur les seuils et les objectifs. Le temps est venu de comparer les travaux du Comité européen de normalisation avec les directives techniques de Swico/SENS, même si la série n'a pas encore entièrement été publiée. La comparaison est d'autant plus intéressante que le corpus européen est basé sur le standard des systèmes de reprise en Suisse.<sup>2</sup>

Les travaux du Comité européen de normalisation (EN) avancent à grands pas. La norme principale EN 50625-1 a déjà été publiée, de même que la norme EN 50625-2-1 pour les lampes, l'une des quatre normes spécifiques. Déjà publiées elle aussi, la norme EN 50574:2012 et la ST 50574-2:2014 pour le traitement des appareils de réfrigération ménagers ont été remaniées pour la série EN 50625. Sur les sept Spécifications techniques (ST), la ST 50625-3-3 relative à la dépollution des appareils est la plus importante et a déjà été publiée à ce titre (cf. Fig. 1).<sup>3</sup> Le rythme auquel la commission CENELEC élabore et adopte les documents de normalisation est étonnant si l'on pense que les plus de 50 membres représentent tous les acteurs importants du marché. De plus, l'intégralité des documents est soumise pour approbation deux fois aux associations nationales de normalisation.

## Le fruit de l'expérience

Les Spécifications techniques de SENS et Swico en Suisse remontent aux années quatre-vingt-dix, avant l'existence des directives OREA ou WEEE. Le traitement des appareils usagés faisait alors l'objet d'un cahier des charges particulier dans le cadre des contrats passés entre les entreprises de recyclage et SENS ou Swico. Les deux organisations ont réajusté régulièrement les exigences en fonction de l'évolution et de la législation avant de les harmoniser en 2009 et de les publier sous forme de Directives techniques (cf. Fig. 2).<sup>4</sup> Les Directives ont été élaborées, adoptées, puis aménagées au besoin par la Commission technique de Swico, SENS et SLRS, l'organe de contrôle des deux systèmes. L'Office fédéral de l'environnement (OFEV) a stipulé en avril 2012 que les Directives techniques SENS/Swico dressaient un «état de l'art» conformément à l'art. 6 de l'ordonnance sur la restitution, la reprise et l'élimination des appareils électriques et électroniques (OREA). Les Directives techniques des systèmes de reprise suisses ont été traduites en anglais en 2009 et ont servi de première ébauche au projet WEEELABEX, dont l'édition en 2011 a été utilisée comme base de travail par la commission CENELEC.

## Comparaison n'est pas toujours raison

Il est tentant – et intéressant pour les systèmes, l'OFEV et les recycleurs – de vouloir comparer l'enfant européen avec la mère suisse. Ce serait cependant prématuré dans la mesure où on ne trouve pas (encore) dans les documents CENELEC des détails tels que les valeurs limites de mercure dans les fractions de lampe. Comparer deux groupes de documents fondamentalement différents au regard de la structure, de la formulation et du degré de détail est une entreprise ambitieuse. Les normes européennes obéissent à des règles strictes. Ainsi, le texte doit toujours être normatif, c'est-à-dire qu'il doit contenir des formulations fermes. Les recommandations ne sont pas admises; les explications et messages informatifs ne sont autorisés que sous la forme de remarques en petits caractères. Les auteurs des Directives techniques Swico/SENS n'ont, de leur côté, jamais été liés à de quelconques contraintes, ni à aucune approbation extérieure. Les Directives techniques sont fortement marquées par les nombreuses années d'expérience des systèmes et des experts mandatés pour en contrôler le respect.

Fig. 1: Série EN 50625 – Collecte, logistique et traitement pour les déchets d'équipements électriques et électroniques (WEEE)

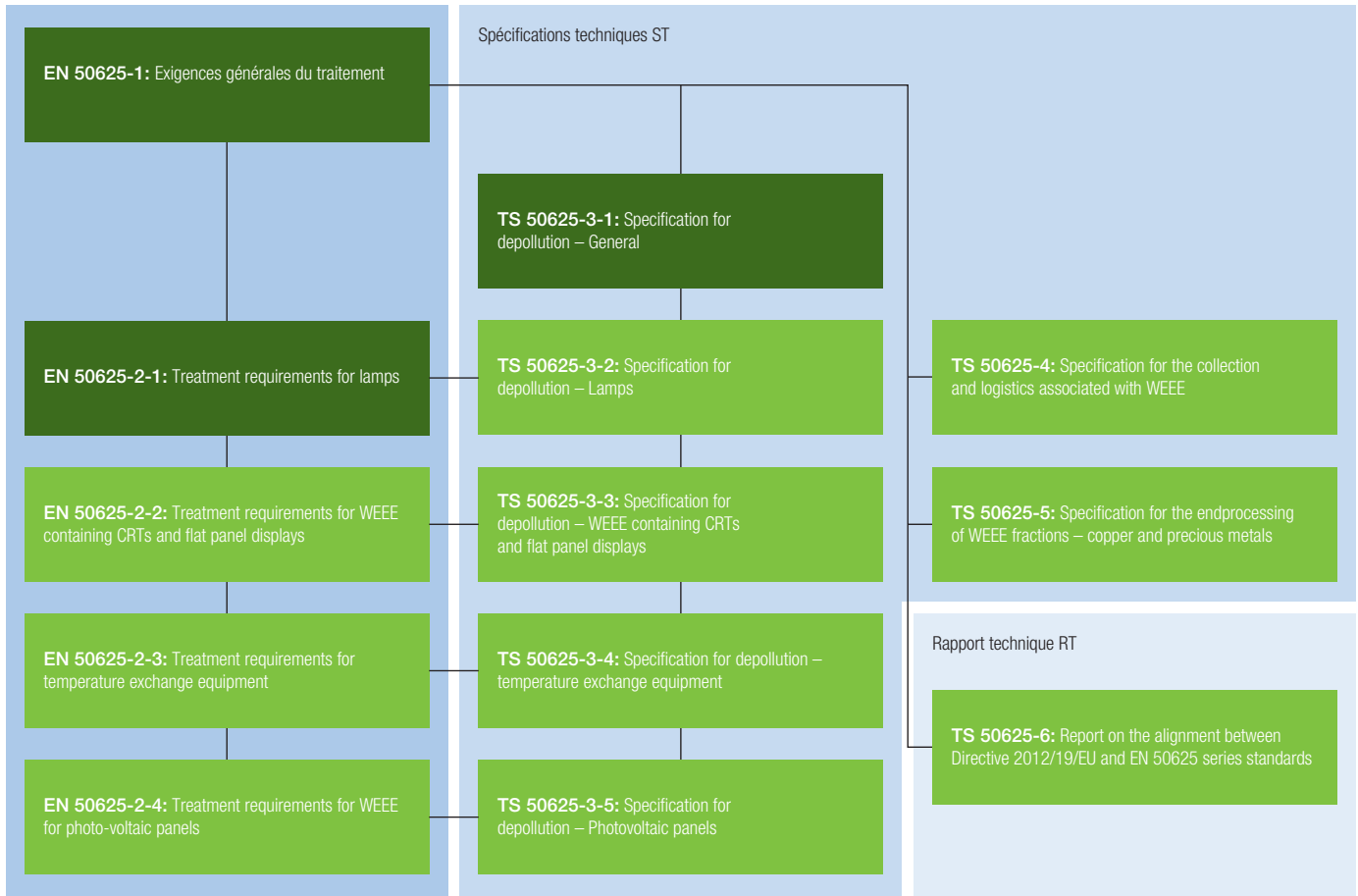
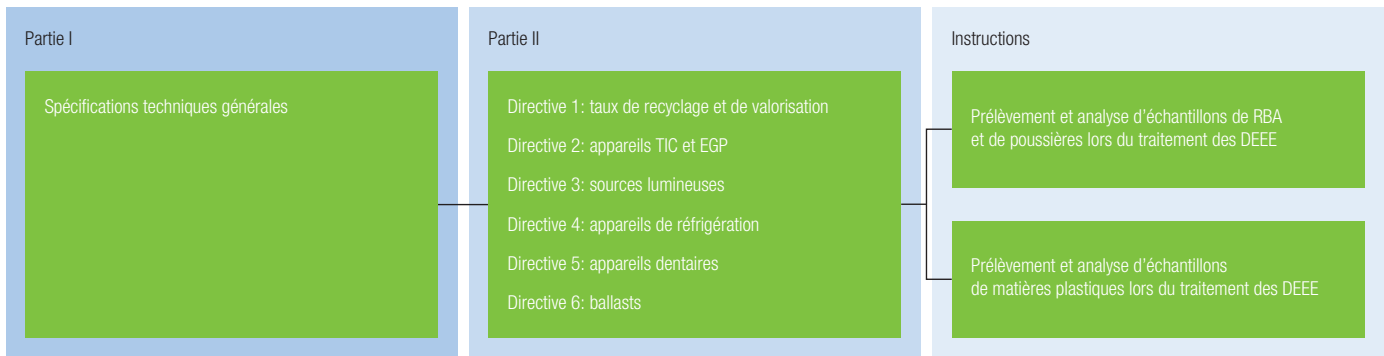


Fig. 2: SWICO/SENS – Directives techniques sur l'élimination des DEEE





### Plus exhaustives et mieux structurées

Le Tableau n° 1 résume les différences «extérieures» entre les standards. La plus spectaculaire est le volume des documents. Alors que les Directives techniques suisses s'étalent sur un peu plus de 50 pages, la série de normes correspondante devrait atteindre les 200 pages une fois achevée. Il convient toutefois de noter que le champ d'application est plus large, incluant les panneaux photovoltaïques, des contraintes relatives au traitement final des

fractions et des exigences envers les centres de collecte.

Les deux corpus de normes s'adressent exclusivement aux exploitants de centres traitant des appareils électriques et électroniques usagés. Au-delà des aspects formels, notamment le volume plus important des normes européennes, il y a également des différences sur le fond. La norme européenne comporte des éléments redondants et va plus dans les détails, sans doute en raison de la taille de la

commission. Les différentes parties prenantes ont toutes leur cheval de bataille et leurs domaines de prédilection qu'elles veulent voir intégrés à la norme. C'est souvent un frein à la mise en place de solutions pragmatiques et simples. En contrepartie, l'appareil normatif européen a gagné en acuité et en précision par rapport au document suisse original.

**Tableau 1: Différences extérieures entre les standards suisse et européen**

Thème	Norme EN 50625	DT SENS/Swico – CH
Volume des documents	1 norme principale (40 pages) 4 normes partielles (env. 70 pages) 7 spécifications techniques (env. 80 pages)	Partie I: Réglementation générale (16 pages) Partie II: 6 directives (29 pages) 2 instructions (9 pages)
Champ d'application	Toutes les catégories de déchets WEEE depuis la collecte jusqu'à la fin du statut de déchet Explicitement: Lampes, écrans, appareils de réfrigération et panneaux photovoltaïques Centres de collecte et exigences à l'égard du traitement final des fractions de cuivre et de métaux précieux	Tous les appareils OREA depuis la reprise jusqu'aux fractions aptes au stockage définitif ou valorisables Explicitement: Lampes, appareils TIC et EGP, appareils de réfrigération, appareils dentaires et ballasts Pas d'exigences concernant les centres de collecte, panneaux photovoltaïques et traitement final des fractions
Destinataire	Exploitant (opérateur), toutes les entreprises qui collectent, trient et traitent les déchets WEEE	Entreprises de recyclage (sans les centres de collecte)
«Philosophie»	Descriptions plus détaillées, en partie plus précises, exigences parfois redondantes	Simplicité et pragmatisme

<sup>2</sup> Voir également le Rapport technique 2014 SENS, SWICO, SLRS, «La norme EN 50625-1, première de son genre en Europe, vient d'être ratifiée» par Ueli Kasser.

<sup>3</sup> Les documents EN 50625-1, EN-50625-2-1, TS 50625-3-1 peuvent être commandés sur: <https://www.electrosuisse.ch/de/meta/shop/normen.html>

<sup>4</sup> SENS / Swico Recycling; Directives techniques sur l'élimination des appareils électriques et électroniques usagés PARTIE I SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES GÉNÉRALES, PARTIE II DIRECTIVES, 8.12.09/erg.02.11.2011.

<sup>5</sup> Voir note de bas de page 2

<sup>6</sup> L'objectif est inclus dans la «Waste framework Directive» de l'UE. Elle autorise des délais transitoires importants pour les membres de l'UE. Les normes n'incluent pas de contraintes légales.

**Tableau 2: Principales différences entre les standards suisse et européen (le cas échéant)**

Thème	Norme EN 50625	DT SENS/Swico – CH
Aménagement de l'installation, mesures de sécurité et de protection	Obligation de mener une analyse de risque pour en déduire la conception de l'installation, ainsi que les mesures de sécurité et de protection	Pas d'exigence explicite d'une analyse des risques
Principes de traitement	Traitement mixte avec d'autres déchets autorisé	Traitement séparé des DEEE obligatoire (dérogations uniquement sur autorisation)
Stockage maximum DEEE	Capacités de traitement de 12 mois (6 pour les lampes)	20 % du chiffre d'affaires annuel moyen
Protection intempéries des emplacements de stockage DEEE	Explicite pour les sources lumineuses, les appareils de réfrigération et les écrans	Explicite pour les sources lumineuses, fond. pour tous les DEEE (exceptions: justification du rejet des eaux usées, appareils dépollués)
Surveillance de la chaîne de traitement en aval	Exigences précises quant au type des fractions, différenciées jusqu'au statut «End-of-waste»	Traçabilité des flux de matières, relativement peu différenciés dans le détail
Valeurs limites de polluant dans les RBA	Pas de valeur limite pour le cuivre Cadmium 100 mg/kg PCB 50 mg/kg	Cuivre 10 000 mg/kg Cadmium 100 mg/kg PCB 50 mg/kg
Valeurs limites de mercure dans les fractions de sources lumineuses	Probablement des valeurs beaucoup plus élevées (10/100 ppm)	Verre 5 mg/kg Métal et autres 10 mg/kg
Élimination de déchets combustibles	L'obligation de combustion est formulée comme objectif dans l'UE, mais pas mise en œuvre dans tous les pays <sup>6</sup>	Obligation d'incinération générale

### Un noyau presque identique

En dépit des différences de nature formelle ou conceptuelle, les standards sont pour l'essentiel assez semblables. La dépollution des appareils ainsi que le recyclage et la valorisation des matières sont au cœur de toutes les technologies de traitement des appareils usagés. Ces deux éléments sont presque identiques dans chaque norme, l'approche suisse ayant été reprise par la commission CENELEC sans modifications majeures, mais avec quelques précisions. Les valeurs limites et cibles en matière de dépollution, ainsi que les taux de recyclage et de valorisation, sont calculées tous les deux ans dans des essais par lots et par catégorie d'appareils. Chaque lot doit être représentatif de la pratique courante en termes d'entrants et de technologie, les volumes d'entrants étant formulés avec un peu plus de précision dans la norme EN.

### Des différences sans grandes conséquences

Les taux de recyclage et de valorisation à atteindre sont identiques, les valeurs cibles formulées en Suisse pour le retrait des batteries et condensateurs hors de certaines catégories d'appareils ont été acceptées (en fonction des pays) et les valeurs européennes (par défaut) ne sont pas moins strictes. Il n'y a que pour les valeurs limites de polluant dans les RBA que la commission CENELEC s'est prononcée contre la teneur en cuivre comme valeur limite (cf. Tabl. 2). Il est probable que les valeurs limites de mercure dans les fractions des lampes seront plus élevées qu'en Suisse. D'autres différences marginales concernent l'obligation d'analyse des risques comme fondement des mesures opérationnelles, le traitement séparé des appareils électriques et électroniques usagés et les spécifications quant à leur stockage.

Un principe important en matière de gestion des déchets a également été ancré dans la norme EN, voire renforcé par rapport à la variante suisse: l'obligation incombant au premier traitant de surveiller la chaîne de traitement en aval.

### Prochain défi: la mise en œuvre

Pour les entreprises de recyclage suisses, la norme EN n'a guère de répercussions sur la pratique actuelle. Il y aura peu de changements dans le contrôle des entreprises. Le premier contrôle sera vraisemblablement plus intensif, tandis que les contrôles suivants devraient conserver leur durée actuelle. Il en va autrement dans de larges parties d'Europe, notamment dans les pays où la dépollution est jugée facultative et où le soin de déterminer les taux de recyclage et de valorisation est laissé au recycleur. L'usage de la norme européenne à l'échelle de toute l'Europe et son contrôle selon des critères uniformes restent donc un défi.

# Stabilisation des quantités de DEEE à haut niveau

Comme l’an dernier, le poids des DEEE traités a diminué de 1%. Alors qu’en 2013, les produits en recul étaient issus du secteur de l’électronique grand public, la baisse concerne les appareils ménagers en 2014, d’où la difficulté d’extrapoler des tendances. La quantité totale dépend non seulement des activités de collecte et de la qualité de traitement, mais aussi d’autres facteurs tels que l’évolution technologique, les préférences des consommateurs, les cycles produits et les schémas d’utilisation. Quoiqu’il en soit, les quantités reprises ne semblent plus pouvoir augmenter de manière significative compte tenu du plateau désormais atteint.

En 2014, les recycleurs Swico et SENS ont traité quelque 126 600 t de DEEE. Comme en 2013, la quantité a reculé de 1% par rapport à l’année précédente (Tableau 1 et Fig. 1). Le traitement du gros électroménager et des appareils électroniques a diminué respectivement de 1200 t (–4% et –2%). En ce qui concerne les appareils ne figurant pas dans les listes de l’ordonnance sur la restitution, la reprise et l’élimination des appareils électriques et électroniques (OREA), ils sont en recul d’environ 1000 t. A l’inverse, le petit électroménager est en constante progression. Sur les six dernières années, les quantités traitées pour le gros électroménager, les appareils de réfrigération et les lampes sont restés

relativement constants. Le petit électroménager, en revanche, a augmenté de 10% en moyenne. Le recyclage des appareils électroniques a constamment augmenté jusqu’en 2012. Depuis cette date, la restitution des écrans cathodiques a décliné, affectant le poids total des appareils électroniques. Mais dans la mesure où les chiffres de vente d’appareils progressent dans la plupart des catégories, alors que le poids individuel des appareils diminue, nous verrons dans les prochaines années comment la quantité à traiter évolue.

## Des exigences élevées en matière de dépollution

Les DEEE sont démontés par traitement manuel et automatique, puis séparés en fractions valorisables et polluantes (Fig. 2). Les fractions valorisables les plus importantes sont les métaux (56%), les plastiques (13%) et les mélanges métal-plastique (11%). Le verre présent dans les écrans cathodiques représente encore 7%. Les circuits imprimés, particulièrement précieux, et les substances nocives ne représentent que 1,5% et 1% de la quantité totale. Cependant, il est souvent préférable de retirer préalablement les matières précieuses de façon manuelle pour pouvoir les traiter mécaniquement. De même, la dépollution est effectuée en grande partie à la main: extraction des condensateurs hors des gros appareils ménagers, retrait des batteries dans les appareils électroniques ou démontage du rétroéclairage dans les écrans plats, les scanners et les photocopieurs. La dépollution et le traitement des substances nocives doivent s’adapter en permanence à l’évolution de la technologie et des connaissances. Pourtant, les entreprises doivent être en mesure d’accepter les appareils de toutes

### Total des appareils électriques et électroniques traités en Suisse issus du recensement des matières (en t)

Année	Gros électroménager	Réfrigérateurs, congélateurs et climatiseurs	Petit électroménager	Appareils électroniques	Lampes	Appareils non OREA	Total tonnes/an
2009	30 400	15 300	14 900	47 300	1 100	1 200	110 200
2010	30 700	15 900	15 400	50 700	1 130	3 500	117 400
2011	27 800	16 800	16 300	51 300	1 110	5 200	118 500
2012	30 300	17 500	18 800	55 500	960	6 000	129 100
2013	30 600	16 700	22 300	53 200	1 100	4 000	127 900
2014	29 400	17 200	23 900	52 000	1 100	3 000	126 600
Evolution par rapport à 2013	–4%	3%	7%	–2%	0%	–25%	–1%

Fig. 1: Evolution de la quantité d'appareils traités en Suisse (en tonnes)

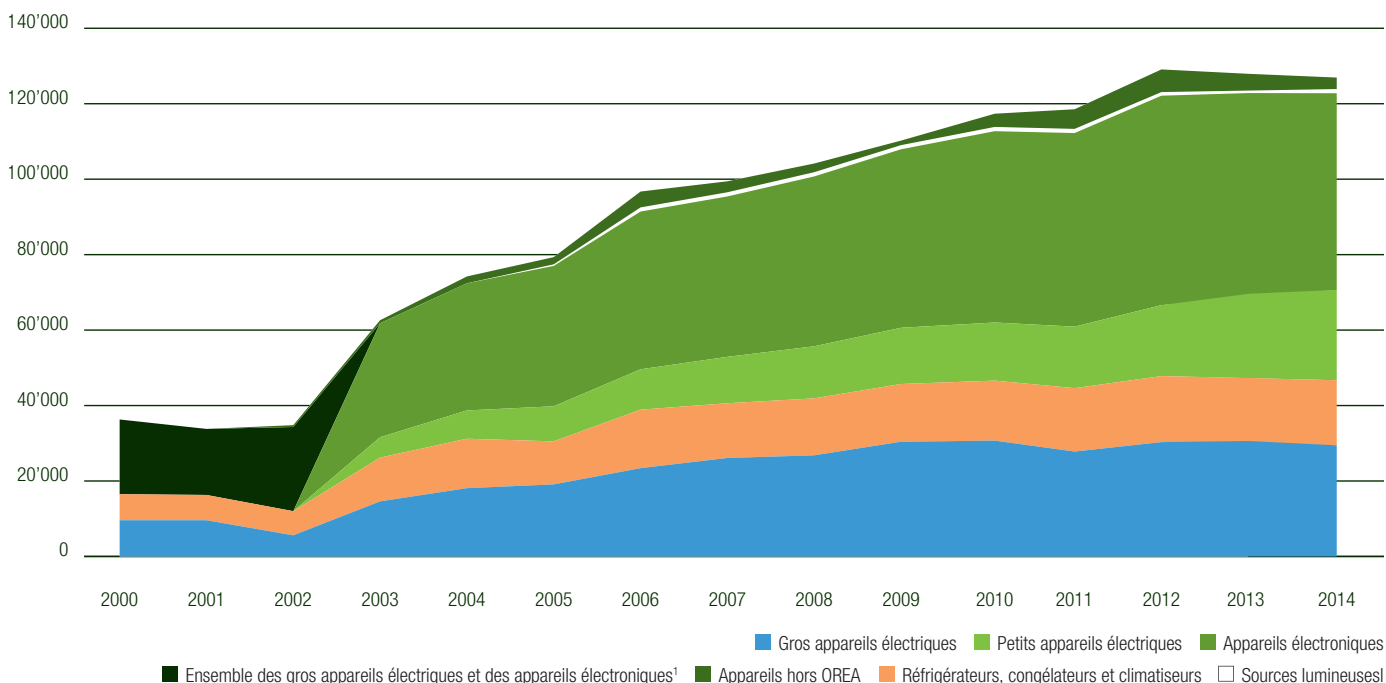
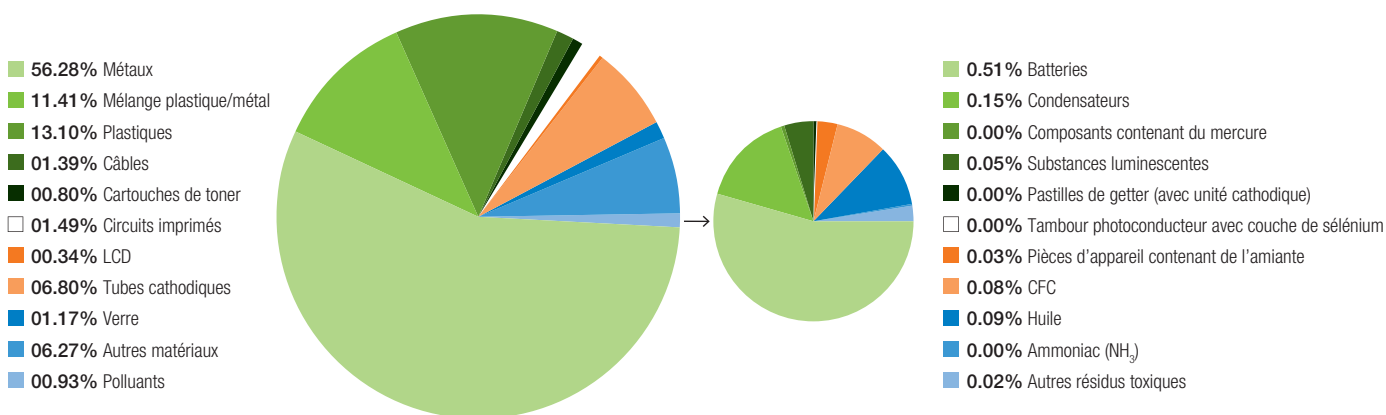


Fig. 2: Composition des fractions générées en % en 2014



Les substances nocives ne représentent que 1% des fractions générées et figurent à part.

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

	Quantité <sup>9</sup>	Poids Ø	Métaux	Plastiques	Mélanges métal-plastique	Câbles	Verre et/ou modules LCD	Circuits imprimés	Pol- luants	Autres <sup>10</sup>	Total	Variation par rapport à 2013
Ecrans PC CRT	138 000	17 kg	340 t	461 t	220 t	60 t	1013 t	212 t	0,1 t	11 t	2316 t	-25%
Ecrans PC LCD	491 000	6,3 kg	1329 t	744 t		12 t	783 t	216 t	10,1 t	14 t	3108 t	16%
PC et serveurs	415 000	13 kg	4350 t	304 t	14 t	162 t		441 t	17 t		5288 t	7,5%
Ordin. portables	395 000	3,1 kg	374 t	348 t	126 t	6,3 t	109 t	179 t	85 t	5,1 t	1232 t	1,1%
Imprimantes	499 000	10 kg	1700 t	2580 t	295 t	26 t	33 t	84 t	1,5 t	78 t	4798 t	-2,6%
Gros appareils/ copieurs	44 000	169 kg	4011 t	245 t	2681 t	134 t	4,4 t	54 t	60 t	179 t	7368 t	7%
TIC, mixte <sup>7</sup>	472 000	8,3 kg	2138 t	126 t	1442 t	72 t	1,7 t	28 t	32 t	94 t	3932 t	6%
TV (cathodique)	467 000	28 kg	1292 t	2681 t	436 t	46 t	8478 t	160 t	13 t	7,1 t	13 112 t	5,2%
TV LCD	156 000	16 kg	1018 t	366 t		49 t	634 t	301 t	23 t	85 t	2476 t	14%
EGP, mixte <sup>8</sup>	2 662 000	4,4 kg	6379 t	375 t	4302 t	214 t	5,1 t	82 t	95 t	281 t	11 733 t	17%
Téléphones port.	685 000	0,16 kg	18 t	39 t			5,7 t	25 t	22 t		110 t	16%
Téléphones autres	1 533 000	1,9 kg	1583 t	93 t	1068 t	53 t	1,3 t	20 t	24 t	70 t	2912 t	1%
Photo/vidéo	279 000	0,6 kg	91 t	5,3 t	61 t	3,0 t	0,1 t	1,2 t	1,3 t	4,0 t	167 t	2,4%
Dentaire											65 t	-7,1%
<b>Total en tonnes</b>			<b>24 622 t</b>	<b>8367 t</b>	<b>10 644 t</b>	<b>837 t</b>	<b>11 067 t</b>	<b>1804 t</b>	<b>383 t</b>	<b>829 t</b>	<b>58 617 t<sup>11</sup></b>	<b>6%</b>
<b>Total en %</b>			<b>42%</b>	<b>14%</b>	<b>18%</b>	<b>1,4%</b>	<b>19%</b>	<b>3,1%</b>	<b>0,7%</b>	<b>1,4%</b>	<b>100%</b>	

générations, de les dépolluer et de les éliminer dans des conditions respectueuses de l'environnement, ce qui entraîne des contraintes élevées à l'égard des entreprises de recyclage et suppose des systèmes d'assurance qualité ambitieux.

### Un taux de valorisation inchangé

Les fractions valorisables subissent une valorisation thermique ou matière selon les possibilités. Les métaux sont récupérés dans de grandes fonderies, la plupart du temps en Europe. Les mélanges métal-plastique sont pour moitié divisés en fractions métalliques et plastiques pures et pour autre moitié valorisés thermiquement en incinérateur. En 2014, les plastiques ont été à 75% soumis à une valorisation matière. Les fractions de verre (verre d'écran, verre plat et verre recyclé des lampes)

sont également valorisées, ainsi que les câbles, les circuits imprimés et les batteries. Au total, le taux de valorisation matière s'élève à environ 75%.

### Reprise et composition des appareils électroniques

A partir des analyses de panier et des essais de traitement ciblés sur des groupes de produits donnés, Swico mène une analyse détaillée quant aux quantités et à la composition des appareils électroniques repris (Tableau 2). En 2014, Swico a repris 58 617 t d'appareils électroniques<sup>11</sup>, soit 6% de plus qu'en 2013.

Par rapport à 2013, la quantité des écrans plats restituées a progressé de 16% (moniteurs) et 14% (téléviseurs). Les restitutions de téléphones portables et de smartphones ont elles aussi augmenté

de 16%. Les retours d'écrans d'ordinateur à tube cathodique continuent de chuter fortement (-25%). En revanche, les reprises de téléviseurs à tube cathodique ont connu une légère hausse, ce qui pourrait s'expliquer par la Coupe du monde de football 2014 et par les ventes de téléviseurs.

La composition des différentes catégories d'appareils est déterminée par des essais de traitement menés auprès des recycleurs suisses et suivis par l'Empa. Pour ce faire, une quantité d'appareils défini au préalable est collecté, puis les fractions résultant du traitement sont pesées et documentées.

<sup>7</sup> Appareils TIC, mixtes, sans moniteurs, PC/serveurs, ordinateurs portables, imprimantes, gros photocopieurs, gros appareils.

<sup>8</sup> Electronique grand public, mixte, sans téléviseurs.

<sup>9</sup> Extrapolation.

<sup>10</sup> Emballages et autres déchets, cartouches de toner.

<sup>11</sup> Ce nombre est supérieur aux 52 000 tonnes d'appareils électroniques du tableau 1 parce qu'il contient des appareils que les signataires de la convention A ont éliminés via des contrats directs.

# Récupération et destruction des agents réfrigérants et propulseurs

La tendance observée depuis quelques temps dans le domaine du recyclage des appareils de réfrigération s'est confirmée l'an dernier: les chlorofluorocarbures (VFC) qui détruisent la couche d'ozone, sont peu à peu remplacés par des appareils contenant des agents réfrigérants ou propulseurs à base d'hydrocarbures (VHC). Ainsi, sur les 350 000 appareils (17 300 t) recyclés en 2014 par les quatre entreprises de recyclage Kühlteg AG, RUAG Environment SA, Oeko-Service Schweiz AG et Solenthaler Recycling AG, 53 % étaient équipés d'un compresseur VHC et 60 % étaient dotés d'une isolation en mousse PU contenant des VHC.

## L'atmosphère s'en ressent

Durant le recyclage des appareils de réfrigération, les agents réfrigérants et les propulseurs contenus dans les vieux appareils ne sont pas libérés, mais détruits sous contrôle. La combustion des gaz à haute température protège l'atmosphère des substances détruisant la couche d'ozone, tout en luttant contre l'effet de serre. En effet, en 2014, la quantité des gaz à effet de serre récupérés, puis brûlés, et donc non rejetés dans l'atmosphère, s'élevait à environ 440 000 t d'équivalent CO<sub>2</sub>. Cela correspond à la quantité de CO<sub>2</sub> rejeté par 75 000 voitures faisant le tour de la terre.

## Les VHC ont supplanté les VFC y compris sur les compresseurs

Depuis l'an 2000, on observe une baisse nette de l'utilisation de boîtiers d'appareils à mousse VFC (fluorocarbures volatiles) et ceux à mousse VHC (hydrocarbures volatiles) au profit de ces appareils à mousse VHC. L'inversion des courbes s'est produite en 2012. Aujourd'hui, 60 % des appareils de réfrigération recyclés ont une isolation en polyuréthane à mousse VHC.

On observe une tendance similaire du côté des compresseurs à VFC ou VHC depuis 2003: alors que les deux variantes étaient pour la première fois à égalité en 2013, la tendance s'est poursuivie depuis. En 2014, 53 % des appareils recyclés au phase 1 étaient dotés d'un compresseur VHC (+ 4%). De ce point de vue, le pronostic effectué dans le rapport de l'an dernier était quelque peu optimiste en tablant sur

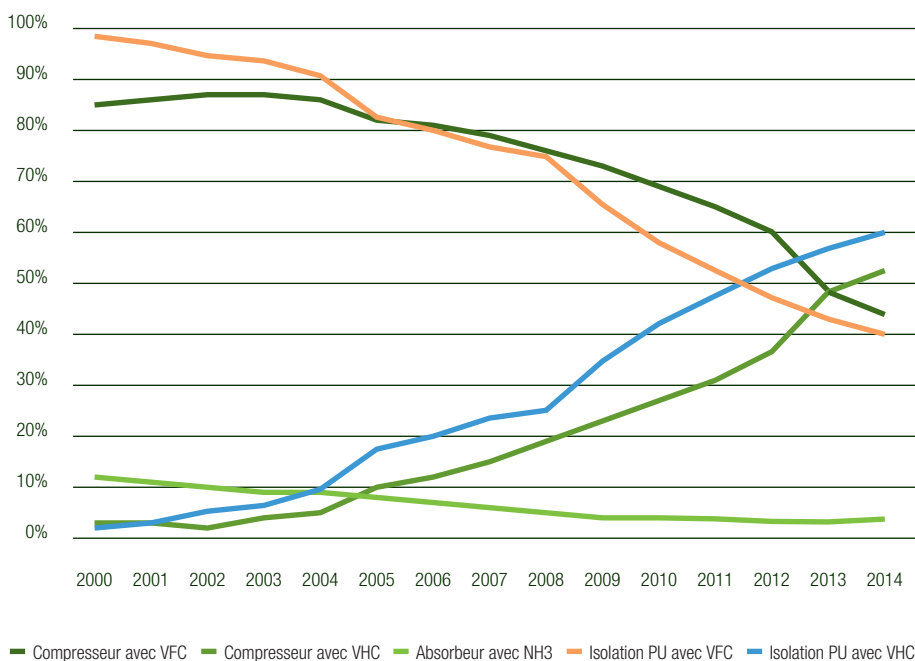
deux tiers des appareils. Ce retard dans l'adoption des mousses isolantes VHC dans les compresseurs VHC tient à l'augmentation temporaire de l'utilisation du R-134a, sans danger pour la couche d'ozone, mais produisant toujours un effet de serre et également rattaché aux VFC.

Les systèmes à absorption contenant de l'ammoniac représentent toujours 4 % des appareils. Cf. Fig. 1

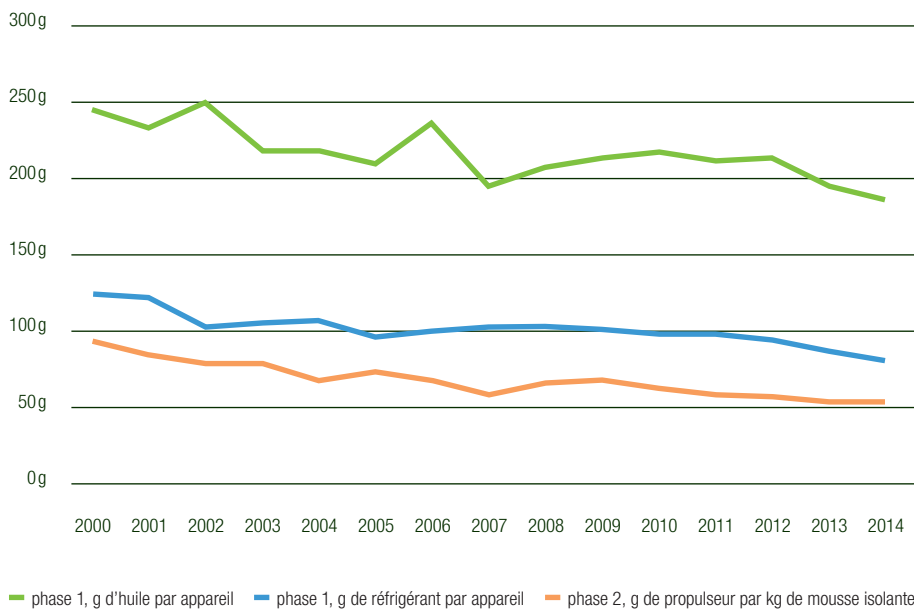
## La baisse des quantités récupérées reflète le mix d'appareils

Le recul des appareils VFC au niveau des entrées, aussi bien au niveau 1 (récupération des agents réfrigérants dans les compresseurs) qu'au niveau 2 (récupération des agents propulseurs dans les mousses isolantes), se ressent logiquement dans les sorties. Le recul des quantités récupérées s'explique également par des masses de remplissage et des concentrations des VHC dans l'isolant étant beaucoup moins élevées reliées au poids spécifique plus faible de l'isobutane resp. du cyclopentane par rapport aux VFC classiques.

Fig. 1: Evolution des types d'appareil traités au phase 1 (compresseurs à VFC et VHC, systèmes à absorption contenant de l'ammoniac) et au phase 2 (mousse de polyuréthane avec VFC et VHC)



**Fig. 2: Evolution des quantités récupérées au phase 1 (grammes de réfrigérant et d'huile par appareil) et au phase 2 (grammes de propulseur par kilogramme de mousse isolante)**



Alors qu'en 2013 on pouvait encore retirer 88 g de réfrigérant de chaque compresseur au phase 1, ce n'était plus que 81 g (-8%) en 2014; pendant ce temps, la quantité d'huile passait de 195 à 186 g (-5%). Cette dernière valeur signifie qu'à l'intérieur des compresseurs VHC, non seulement la quantité de remplissage du réfrigérant a baissé, mais aussi celui de l'huile.

Au phase 2, on récupérait il y a une quinzaine d'années des quantités supérieures à 80 g par kilogramme de polyuréthane. Depuis, ce chiffre n'a cessé de baisser (les augmentations ponctuelles de 2005 et 2009 sont dues à la mise en service de nouvelles installations plus puissantes). La quantité moyenne n'était plus que de 58 g en 2012 et de 54 g en 2013. Elle n'a presque pas bougé en 2014 (55 g, cf. Fig. 2). Les données sont cohérentes avec une hausse modérée du nombre de boîtiers VHC et une baisse simultanée du poids spécifique du mélange d'agents propulseurs (85 g de VFC ou 38 g de VHC par kilogramme de mousse polyuréthane, selon analyses internes et indications du fabricant).

Si on part du principe que les appareils VFC en fin de vie finiront par disparaître du marché de recyclage, on peut tabler sur une réduction continue des quantités récupérées à l'avenir. Mais il s'écoulera encore quelques années avant que le dernier

appareil VFC ait été traité dans les installations suisses conformes à des standards de qualité élevés. D'ici là, le traitement mixte des appareils VFC et VHC reste la référence.

### Respect des exigences formulées par le standard CENELEC

En Suisse également, le remplacement de l'actuelle directive technique selon SENS par le standard CENELEC EN 50625-2-3<sup>12</sup> pour le recyclage des appareils de réfrigération sera bientôt à l'ordre du jour. Cette nouvelle réglementation favorise le traitement commun des appareils VFC et VHC, jugée par SENS comme étant le plus conforme à l'exigence d'une solution écologique ambitieuse. Si les recycleurs devaient envisager un traitement séparé des appareils VHC, les contraintes formulées par le standard CENELEC seraient très lourdes puisqu'il faudrait dans tous les cas récupérer le VHC séparément de la mousse isolante et quantifier les substances récupérées. Sur chaque appareil VHC, il faudrait apposer la mention «sans VFC» par un moyen approprié. De plus, il faudrait également attester l'absence de VFC dans le flux d'air rejeté, ce qui supposerait l'achat d'appareils de mesure précis.

<sup>12</sup> EN 50625-2-3: Collection, logistics & treatment requirements for WEEE – Part 2-3: Treatment requirements for temperature exchange equipment

# Les batteries au lithium dans les DEEE

Entré en vigueur en janvier 2015, l'«**Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route**» (ADR) exige des précautions particulières dans le traitement des batteries au lithium. Il en résulte une série de contraintes en matière de collecte et de transport d'appareils électroniques usagés contenant des batteries au lithium.

L'article intitulé «Les accumulateurs lithium-ion et leur élimination» paru dans le rapport 2014 présentait la structure et le fonctionnement des batteries Li-ion ainsi que les règles de sécurité à respecter:

- prévenir les courts-circuits internes et externes;
- éliminer immédiatement les produits endommagés d'une manière appropriée;
- respecter toutes les prescriptions du fabricant et des fiches de sécurité.

Afin d'éviter tout incident dû à une batterie lithium-ion, il faut traiter les DEEE avec davantage de précautions et notamment:

- éviter de soumettre les appareils récoltés à des sollicitations mécaniques;
- vider les conteneurs en douceur;
- emballer les batteries en respectant les prescriptions de l'ADR.

Dans la perspective de l'entrée en vigueur de l'ADR 2015, cette dernière exigence a été utilisée de manière exemplaire pour vérifier la conformité juridique des pratiques existantes en Suisse. A cet effet, Swico, SENS et Inobat ont créé à l'automne dernier un groupe de travail baptisé «LIB in WEEE» (batteries lithium dans les DEEE). Celui-ci avait pour objectif d'étudier les répercussions de l'ADR révisée sur les systèmes de reprise suisses et d'en livrer les conclusions aux directions des systèmes. Composé de représentants des trois systèmes et des entreprises de recyclage, le groupe de travail conduit par l'Empa a travaillé en étroite partenariat avec l'ASTRA sur ce thème. Il existe actuellement un débat très nourri au plan international, notamment dans l'UE,

pour savoir comment les DEEE contenant du lithium doivent être traités au quotidien. Le groupe de travail participe activement à ce débat. Une expertise a été effectuée par Swiss TS Technical Services SA pour servir de base de réflexion. Les travaux devraient être achevés fin mars. Autrement dit, l'état actuel des travaux (mi-mars) tel qu'il est relaté ici n'est pas encore celui de la version finale.

La version la plus récente de l'ADR ne correspond en aucune façon à la première, qui classait les batteries Li-ion comme des biens potentiellement dangereux, mais leur traitement a été simplifié et amélioré. Les batteries au lithium appartiennent toujours à la classe 9 «Matières et objets dangereux divers» et au groupe d'emballage II «Matières moyennement dangereuses».

L'ADR fait la distinction entre les cellules de batteries au lithium (Li-métal ou Li-ion), les batteries au lithium composées de plusieurs cellules et, en bref, des équipements contenant des BLI. Les cellules au Lithium primaires (non rechargeables) contiennent exclusivement du lithium métallique ou allié (par ex. des piles bouton); actuellement, les cellules au lithium secondaires (rechargeables) fonctionnent exclusivement en lithium-ion afin d'éviter qu'en cas de rupture de l'enveloppe de la cellule, l'oxygène venant de l'air ou de l'eau interagisse violemment avec le lithium élémentaire. La valeur seuil pertinente pour les dispositions en matière de marchandises dangereuses de l'ADR est la masse de lithium présente dans les cellules primaires ou l'énergie nominale stockable dans les cellules secondaires, donc un seuil mesuré en g ou en Wh. On distingue également si les batteries sont en vrac ou intégrées, intactes ou endommagées/défectueuses.

## Bases légales

Tous les acteurs de la chaîne de traitement des matières dangereuses (expéditeur, emballer, chargeur, transporteur, déchargeur et destinataire) sont tenus personnellement de respecter les obligations ADR. C'est particulièrement vrai pour les centres de collecte, responsables de la classification, de l'emballage et du marquage en bonne et due forme ainsi que de l'établissement des documents de transport requis. Le rôle des exploitants de système au regard de l'ADR consiste à aider les parties prenantes à respecter la conformité juridique de toutes les opérations de traitement des marchandises dangereuses.

Les DEEE contenant des batteries Li-ion sont classés comme suit en vertu des dispositions actuelles de l'ADR:

- ONU 3481 BATTERIES AU LITHIUM IONIQUE MONTÉES DANS UN ÉQUIPEMENT;
- ONU 3091 BATTERIES AU LITHIUM MÉTALLIQUE MONTÉES DANS UN ÉQUIPEMENT;
- selon les circonstances, exemptés partiellement des dispositions de l'ADR.

Les batteries lithium en vrac, c'est-à-dire non montées dans un équipement, sont classées en BATTERIES LITHIUM-ION (ONU 3480) et en BATTERIES LITHIUM-MÉTAL (ONU 3090).

Les dispositions spéciales et dispositions relatives à l'emballage sont les DS 188, 230, 310, 348, 360, **376, 377, 636** (Chapitre 3.3 ADR) et P 903, **908, 909**, LP 903, 904; les dispositions relatives aux DEEE contenant du lithium sont en gras.

Le schéma de classification (selon ASTRA) des batteries lithium non endommagées/défectueuses se présente donc comme suit:



**Batteries|cellules lithium-métal ou lithium-ion, montés ou séparés,  
destinés à l'élimination ou au recyclage**



Les cellules et batteries au lithium endommagés/défectueux relèvent de la DS 376<sup>13</sup>, des instructions d'emballage P 908<sup>14</sup> ou LP 904<sup>15</sup>, ainsi que des désignations PILES ET BATTERIES LITHIUM-ION ENDOMMAGÉES/DÉFECTUEUSES et/ou des PILES ET BATTERIES LITHIUM-MÉTAL ENDOMMAGÉES/DÉFECTUEUSES, mais aussi des étiquettes de danger, numéros UN et documents de transport.

Ces obligations légales entraînent les interdictions suivantes pour la collecte et le transport des DEEE contenant du lithium:

- Le transport de DEEE intégrant des batteries lithium en vrac dans des conteneurs n'est pas autorisé étant donné que le transport en vrac n'est pas prévu pour les deux numéros ONU (ONU 3091 et ONU 3481).
- Il est interdit de tasser les DEEE, autrement dit de les transvaser, en raison du risque d'endommagement des boîtiers et, par conséquent, des batteries au lithium.

De ces obligations résultent différentes possibilités pour emballer et transporter les DEEE de manière conforme à la loi:

**Transport selon la disposition spéciale 636**

Si les DEEE à recycler contiennent uniquement des batteries lithium d'un poids inférieur à 500 g ou au contenant moins de 1 g|2 g de lithium (ou 20 Wh|100 Wh) par cellule|batterie,<sup>16</sup> elles sont exemptées sous réserve que les conditions suivantes soient respectées:

- application de l'instruction d'emballage P909 (voir paragraphe suivant);
- mise en place d'un système d'assurance qualité (AQ) garantissant un poids total maximum de 333 kg de batteries lithium par unité de transport;
- marquage de la mention «Batteries au lithium pour élimination» ou «Batteries au lithium pour recyclage» sur l'emballage.

Avantages: il n'est pas nécessaire d'utiliser un véhicule soumis à l'obligation de marquage et donc pas de transport ADR. Il n'y a pas d'obligation de faire appel à un conseiller à la sécurité. Comme il s'agit d'autres déchets soumis à contrôle, aucun document de suivi OMoD n'est requis. Il est recommandé de marquer sur le bon de livraison «Exempté selon DS 636».

Inconvénients: l'application pratique de cette disposition spéciale nécessiterait de créer un catalogue d'appareils pour faciliter la prise de décision des centres de collecte. Ces derniers devraient toutefois trier les appareils usagés en fonction des batteries au lithium et mettre en place un système d'assurance qualité garantissant le respect d'un poids maximum de 333 kg de batteries au lithium par unité de transport. On peut utiliser, à cet effet, la quantité totale calculée comme le montre le calcul approximatif suivant: dans un camion-remorque comportant 32 emplacements, à raison de 250 kg par palette, on obtient un poids d'appareils électriques de 8000 kg maximum. Ce seuil de 333 kg représenterait alors un pourcentage de 4% maximum. Si ce seuil était



**Fig. 1:** Appareils électriques usagés versés sur une grande hauteur dans un conteneur de transport. Il apparaît clairement que les appareils éclatent et que les batteries peuvent même être expulsées et endommagées.



**Fig. 2:** Palettes en bois CFF avec cadre dans un centre de collecte Swico. Afin d'éviter tout endommagement, les DEEE ne doivent pas dépasser des cadres (empilés par trois au maximum).

respecté de façon générale avec la composition actuelle de DEEE, il pourrait alors être validé, ce qui éviterait un processus d'AQ contraignant. Il faudrait toutefois s'en remettre, par exemple, aux analyses de panier des exploitants de système pour prouver que le seuil de 4 % peut être tenu.

### Transport selon la disposition spéciale 377

Dès lors que les DEEE à éliminer ne contiennent pas de batteries au lithium endommagées/défectueuses, on peut les transporter avec la disposition P909, si les conditions suivantes sont réunies:

- non emballées ou en palettes avec cadres sans couvercle, p. ex. palox plastique, grilles métalliques garnies de film plastique ou de big bags. Il faut s'assurer que les produits chargés ne dépassent pas du cadre et qu'ils ne puissent pas glisser au travers de la palette. Les cadres de palette peuvent être empilés, mais de telle manière que même les boîtiers des appareils électriques situés tout en dessous ne soient pas écrasés;
- ou bien utilisation d'un emballage extérieur<sup>17</sup> résistant dans un matériau solide approprié (l'emballage ne doit pas être homologué).

Il convient également de veiller à ce que:

- les batteries soient suffisamment protégées par l'équipement (pas de boîtiers défectueux);
- le matériel chargé ne bouge pas trop (doit être bien calé);
- le texte «Batteries au lithium pour élimination» ou «Batteries au lithium pour recyclage» soit apposé sur la palette/l'emballage ainsi que l'étiquette de danger n° 9 et le/les numéro/s ONU 3091/ONU 3481<sup>18</sup> selon ADR.

Avantages: les capacités des centres de collecte ne sont pas dépassées à cause de l'AQ et des tâches de tri.

Inconvénients: si le respect du seuil des 333 kg ne peut pas être garanti, il convient d'effectuer le transport avec un véhicule soumis à l'obligation de marquage (transport ADR au-dessus du seuil). Dans ce cas, un conseiller à la sécurité devra être mandaté. Quoiqu'il arrive, il faut établir un document de transport pour ONU 3091 et ONU 3481.

### Transport selon la disposition spéciale 376

Les batteries au lithium sur lesquelles un dommage ou une défektivité ont été constatés doivent être emballées et transportées conformément à la DS 376 et à l'instruction d'emballage P 908. Cependant, il est quasiment impossible de vérifier le bon état de la batterie sur un appareil intact et non ouvert. C'est pourquoi cette option n'est pas réalisable dans la pratique. Par conséquent, il faudrait procéder à des essais, par ex., par échantillons prélevés lors d'analyses de paniers des exploitants pour dresser un état des batteries montées et évaluer les risques d'incident.

### Conclusions provisoires

Dans la pratique, cette classification conforme au droit implique un changement dans la collecte des DEEE contenant du lithium, par exemple, dans des cadres de palette comme c'est déjà le cas aujourd'hui pour les écrans. L'utilisation d'unités d'emballage beaucoup plus petites a pour effet de réduire sensiblement la hauteur de chute et la pression sur les boîtiers. Avec cette mesure, les batteries au lithium restent suffisamment protégées par les boîtiers et le risque d'un feu couvant ou d'un incendie est grandement minimisé.

Le grand public n'est pas encore suffisamment conscient du risque émanant des batteries au lithium. Le fait que la plupart d'entre nous utilisent en permanence des appareils mobiles avec des batteries au lithium et que les accidents soient extrêmement rares au quotidien montre à quel point cette technologie est sûre, tout en conduisant à des comportements en partie imprudents. Dans le cadre de l'élimination de ces appareils, les batteries au lithium peuvent être traitées «hors de leurs spécifications» et montrer ce qu'elles sont: des centrales d'une grande densité énergétique et de puissance, capables d'enflammer facilement tout ce qui est combustible. Nous devons apprendre, comme cela fut le cas pour les aérosols, à traiter les batteries avec un soin systématique, notamment au niveau de l'élimination.

<sup>13</sup> DS 376: défaut constaté, tenir compte des autres DS applicables. En cas de réaction dangereuse, conditions de transport des autorités

<sup>14</sup> P 908: fûts, caisses, bidons GE II; séparé dans l'emballage intérieur, si  $\geq 30$  kg, 1 seul/e cellule/batterie par emballage extérieur; emballage intérieur avec protection thermique, éventuellement mise à l'air et protection anti-vibrations; protection contre les courts-circuits

<sup>15</sup> LP 904: grands emballages GE II, séparé dans l'emballage intérieur

<sup>16</sup> Etant donné que les batteries au lithium actuelles atteignent une densité énergétique max. supérieure à 100 Wh/kg, la masse brute maximale autorisée de 500 g par batterie est secondaire. Sur les cellules/batteries Li-métal, en revanche, avec un pourcentage en masse allant jusqu'à 4,5% Li, le seuil est déjà atteint avec des cellules 25 g ou des batteries 50 g!

<sup>17</sup> Emballages avec parois entièrement fermées

<sup>18</sup> Etant donné que les batteries Li-métal peuvent difficilement être exclues, les deux numéros ONU sont requis la plupart du temps.

# Indium et néodyme: est-il judicieux de recycler?

**Financé par l'Office fédéral de l'environnement (OFEJ) dans le cadre de la promotion des technologies de l'environnement innovantes, le projet E-Recmet a été lancé en 2013. Il porte sur la récupération des métaux critiques dans les déchets électroniques (cf. Rapport technique 2013). Deux éléments sont sur la sellette: l'indium et le néodyme. Présents dans les écrans et dans les aimants, ils sont rares et leur approvisionnement futur est jugé critique. La question est la suivante: la récupération de l'indium et du néodyme est-elle techniquement faisable, économiquement viable et écologiquement pertinente, autrement dit ces métaux rares doivent-ils être récupérés lors du recyclage des DEEE?**

La récupération des métaux critiques, en particulier dans les appareils électriques et électroniques usagés est sur toutes les lèvres: le exigée par le législateur, les médias s'emparent régulièrement du sujet et les projets de recherche sur les quantités et l'importance de ces métaux dans les produits, mais aussi sur leur récupération, se multiplient. Dans la mesure où l'afflux croissant d'appareils électriques et électroniques à éliminer peut être comparé à une mine de matières premières, la question se pose inévitablement de savoir s'il faut promouvoir le recyclage des métaux dont la récupération n'est pas (encore) rentable pour le marché. En dépit de la rareté et des prix à la hausse, le coût du recyclage dépasse souvent les recettes issues de la récupération. Résultat: les réserves s'épuiseront et les ressources secondaires seront à peine accessibles pour les futures générations.

Alors que la plupart des projets sont consacrés à la faisabilité technique de la récupération, le projet E-Recmet poursuit une approche plus globale. Certes, l'étude de faisabilité technique concernant la récupération de certains métaux critiques n'a porté que sur le prétraitement des DEEE en Suisse, mais le projet s'est également intéressé à l'équilibre de la production primaire et secondaire, ainsi qu'à la viabilité économique. Dans un premier temps, l'indium et le néodyme ont été retenus parmi 31 métaux rares et critiques présents dans les composants électroniques et l'orientation à donner au projet a fait l'objet d'une analyse en profondeur. Ces deux

métaux ont été choisis à titre exemplaire pour la totalité des 31 métaux. L'objectif était de déterminer, à partir de deux études de cas, si la récupération était techniquement faisable, écologiquement pertinente et économiquement viable.

## Faisabilité technique

En Suisse, les appareils électroniques usagés font l'objet d'un traitement manuel et mécanique préalable. Le traitement en aval, et donc la récupération d'un grand nombre de métaux, a lieu dans le reste de l'Europe (à l'exception du fer). Le prétraitement a pour objet de combiner démantèlement manuel et traitement mécanique selon des critères économiques et techniques, en vue de créer les meilleures conditions possibles pour récupérer les principaux métaux dans les déchets électroniques. Sur les quelque 36 métaux présents dans les déchets électroniques, environ 17 sont récupérés dans des fonderies hautement spécialisées. Ce n'est pas le cas, par ex., de l'indium et du néodyme. Le projet E-Recmet pose donc la question suivante: quel serait pour ces métaux le prétraitement idéal permettant une récupération?

Dans le cas de l'indium, des études ont montré que la mise à nu manuelle des panneaux LCD contenant de l'indium fournissait un meilleur matériau de départ que le traitement mécanique des écrans entiers. En effet, le processus mécanique entraîne la perte d'une partie de l'indium et sa diffusion sur différentes fractions. L'efficacité de la récupération y

est donc déjà beaucoup plus mauvaise au stade du prétraitement, sans compter le fait que le matériau de départ présente une faible teneur en indium, ce qui fait nettement augmenter les coûts des étapes suivantes. La récupération de l'indium devra donc s'appuyer sur des étapes de traitement préalable manuelles ou, au pire, semi-automatiques. Dans la mesure où les écrans plats sont déjà l'objet d'un démantèlement manuel pour retirer le rétroéclairage qui contient du mercure, un prétraitement manuel ne demanderait pas d'investissement supplémentaire.

Lors du prétraitement du néodyme présent dans les composants des DEEE, il est apparu que la mise à nu des aimants dans les lecteurs, les haut-parleurs et les casques audios demande beaucoup de temps. Faute des moyens nécessaires, il n'a pas été possible de mener à bien les essais de prétraitement mécanique dans le cadre du projet E-Recmet. Les recherches menées par l'Umtec à la Haute-Ecole Spécialisée de Rapperswil pour le projet Neorec encore en cours, concluent à la possibilité d'améliorer l'efficacité par des procédés mécaniques simples.

Fondamentalement, la faisabilité technique en matière de récupération technique des métaux indium et néodyme est assurée au niveau du prétraitement. Pour le traitement intermédiaire et final à l'échelle industrielle, il reste quand même quelques questions à régler qui n'ont pas pu être abordées dans le cadre du projet E-Recmet. Différents projets de recherche sont actuellement conduits à ce sujet, notamment en Allemagne et au Japon. Les essais préalables effectués en laboratoire et en phase pilote laissent entrevoir la faisabilité de la récupération de l'indium et du néodyme, sans qu'elle soit encore établie pour autant. Les prochaines années devront montrer si la faisabilité technique peut s'appliquer à l'ensemble de la chaîne de récupération.

## Ecobilan de la production primaire et secondaire

A l'aide d'écobilans, l'impact environnemental provoqué par la récupération d'un kilo d'indium dans les écrans plats et par la récupération d'un kilo de néodyme dans les disques durs a été comparé avec celui provoqué par la production primaire de ces métaux, autrement dit à l'extraction dans les minerais.

Il est apparu que la récupération de l'indium avec démantèlement manuel préalable donnait des résultats légèrement meilleurs que la production primaire actuelle (l'indium est un sous-produit du zinc), tandis que la récupération de l'indium après traitement mécanique a un impact plus fort sur l'environnement que la production primaire. Si à l'avenir, en raison d'une forte hausse de la demande économique, l'indium n'est plus extrait comme sous-produit, mais comme produit principal, la production primaire aurait des résultats bien plus mauvais que les deux processus de récupération (démantèlement manuel ou traitement mécanique des écrans plats avant transformation chimique par voie humide).

Dans le cas du néodyme (oxyde), l'écobilan montre de bien meilleurs résultats tant pour la récupération avec démantèlement manuel des disques durs que pour leur traitement mécanique. L'impact environnemental de la récupération du néodyme équivaut à environ un millième de celui de la récupération de l'indium dans les écrans plats.

## Viabilité économique

L'analyse économique portait sur les questions suivantes: (a) Comment évoluerait la taxe anticipée de recyclage (TAR) si, à l'avenir, Swico récupérait l'indium dans les appareils à écran? (b) Quelle est la quantité d'indium susceptible d'être récupérée dans les écrans? En collaboration avec Swico et l'Empa, la Haute École spécialisée de Berne a procédé à une analyse de rentabilité du recyclage de l'indium dans les écrans plats.

L'analyse distinguait les catégories «écrans TV», «moniteurs PC» et «ordinateurs portables» et a utilisé un modèle de simulation dynamique. Afin de tenir compte de la marge d'erreur concernant les données de récupération de l'indium et d'étudier l'impact d'une modification de certaines hypothèses de modélisation importantes, sept scénarios différents ont été retenus. Le Tableau 1 et la Fig. 1 donnent un aperçu de la sélection des résultats de simulation.

## Modification de la TAR pour la récupération de l'indium

Si l'on voulait couvrir entièrement les frais de recyclage de l'indium par traitement manuel, il faudrait augmenter la TAR d'env. 0.19 CHF/moniteur TV, 0.07 CHF/moniteur PC et 0.08 CHF/ordinateur portable (scénario 1). Le Tableau 1 montre deux autres scénarios et sous-scénarios. Un traitement mécanique des DEEE pour le recyclage de l'indium entraînerait des coûts bien plus élevés qu'un traitement manuel.

**Tableau 1: Modification requise de la TAR pour couvrir les coûts de recyclage de l'indium**

Evolution de la TAR (en CHF)	Ecrans TV	moniteurs PC	Ordinateurs portables
<b>Scénario n° 1: type de traitement pour la récupération de l'indium</b>			
Scénario n° 1a: 100% de traitement manuel	0.19	0.08	0.07
Scénario n° 1b: 100% de traitement mécanique	3.52	1.44	1.28
<b>Scénario n° 2: coût de recyclage de l'indium</b>			
Scénario n° 2a: 50% de réduction des coûts du procédé de concentration	0.06	0.03	0.02
Scénario n° 2b: 200% d'augmentation des coûts du procédé de concentration	0.45	0.18	0.16
<b>Scénario n° 3: évolution du taux de retour</b>			
Scénario n° 3a: taux de retour plus faible (valeur normale *80%)	0.15	0.06	0.06
Scénario n° 3b: taux de retour plus faible (valeur normale *60%)	0.11	0.05	0.04

### Quantité d'indium potentiellement récupérable dans les écrans

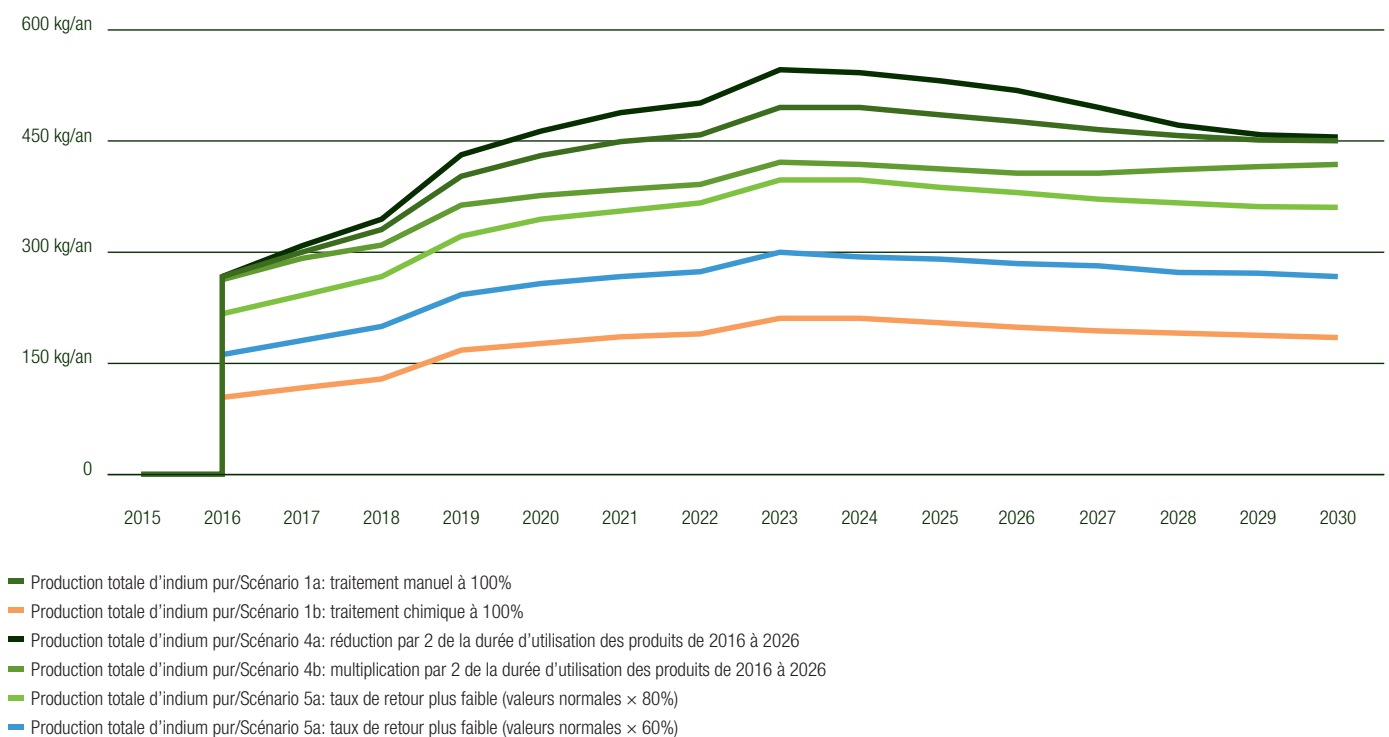
Les analyses de scénario des quantités d'indium pur produites par année se rapportent aux années 2016 à 2030 (Fig. 1). Sur la base d'un traitement entièrement manuel et d'un taux de retour élevé (80% sur les écrans, 90% sur les ordinateurs portables), il serait possible de recycler jusqu'à 475 kg d'indium pur en 2026. Dans les mêmes conditions, un traitement mécanique ne permettrait de récupérer que 200 kg en 2026. Les scénarios envisagés ci-après concernent uniquement le traitement manuel. Il serait possible de récupérer 406 kg d'indium par an en 2026 en cas de multiplication par deux de la durée d'utilisation des appareils à écran (scénario 4) et 518 kg/an en cas de division par deux. Si le taux de retour était respectivement de 20% et 40% inférieur, l'indium récupéré exclusivement en traitement manuel descendrait à 380 kg/an et 280 kg/an resp. en 2026 (scénario 5).

Les analyses de scénarios montrent qu'avec un traitement manuel, une faible augmentation de la TAR (d'environ 0.2 à 0.5 CHF/produit) suffirait pour permettre de récupérer l'indium dans les écrans. La quantité potentielle d'indium récupérable devrait se situer entre 300 et 400 kg à partir de 2016. Ces résultats sont à considérer dans le contexte des hypothèses retenues. Les hypothèses sur le coût réel de récupération de l'indium dans les fractions ne sont pas connues et ont dû faire l'objet d'une estimation. Autre présupposé important pour l'analyse de la viabilité économique: celui de la faisabilité technique.

### Perspectives

Le projet E-Recmet s'achèvera mi-2015. Les résultats positifs confirment le fait qu'un recyclage de l'indium et du néodyme est pertinent écologiquement et viable économiquement. Toutefois, les conditions techniques ne sont pas encore tout à fait réunies. Par conséquent, les résultats du projet E-Recmet n'influenceront pas encore la stratégie de recyclage de Swico. Si la faisabilité technique est avérée, Swico et les signataires de la convention (fabricants, importateurs, revendeurs) devront faire face à moyen terme à la question de savoir quelle contribution les systèmes peuvent apporter à la récupération des métaux critiques qui ne peuvent pas être récupérés sans pertes.

Fig. 1: Evolution des quantités d'indium récupérées dans les scénarios simulés



# La Suisse est-elle un îlot de cherté pour le recyclage des DEEE?

## L'élimination par excellence

Dotée de systèmes établis de longue date en matière de reprise et de recyclage des appareils électriques et électroniques usagés (DEEE), la Suisse a obtenu un taux de collecte de 16,87 kg/habitant en 2013, soit l'un des meilleurs résultats au monde.

Si l'on compare les chiffres actuels à ceux des pays voisins que sont l'Autriche, la France, l'Allemagne et l'Italie, la collecte effectuée en Suisse est de loin la plus compétente. Si l'on se réfère aux Pays-Bas et à la Suède, lesquels disposent tous deux de systèmes aussi anciens, tous les systèmes suisses réunis

recupèrent deux fois plus que les systèmes néerlandais et se placent en deuxième position derrière la Suède avec un taux de recyclage de 17,64 kg/habitant.

	Suisse	Autriche	France	Allemagne	Italie	Pays-Bas	Suède
Population [en millions]	8,03	8,41	65,58	80,33	59,39	16,78	9,55
Total des DEEE éliminés [en milliers de t]	135,57 <sup>1</sup>	77,40 <sup>3</sup>	455,21 <sup>3</sup>	690,71 <sup>3</sup>	497,38 <sup>3</sup>	133,69 <sup>2</sup>	168,61 <sup>3</sup>
Quantités de DEEE éliminés par personne [en kg/habitant]	16,87	9,21	6,94	8,60	8,37	7,96	17,64

Sources:

Populations: Eurostat

La quantité totale de DEEE éliminés couvre les 10 catégories de directives DEEE

<sup>1</sup> Données de l'année 2013. Rapports annuels de Swico, Sens et SLRS 2013

<sup>2</sup> Données pour l'année 2013. Rapport annuel Wecycle (Kengetallen en jaarrekening 2013)

<sup>3</sup> Données pour l'année 2012. Données Eurostat pour la France, la Suède, l'Italie, l'Allemagne et l'Autriche

## Entre les fronts

Quoi qu'il en soit, les organisation de producteurs responsables (OPRs) Swico Recycling, SENS et SLRS sont confrontées de la part des fabricants internationaux au fait que la taxe anticipée de recyclage (TAR) prélevée en Suisse est plus élevée que dans les autres pays européens et sont donc fortement incités à l'abaisser. Alors même que la TAR a diminué continuellement en Suisse au cours des dernières années. Actuellement, la plupart des appareils

électriques et électroniques sont assujettis à une TAR inférieure à 1 CHF et pour plus de 80% des produits, la TAR ne dépasse pas 2 CHF. Et pourtant, la TAR reste beaucoup plus élevée en Suisse pour une majorité de produits. Ainsi, la TAR pour les téléphones mobiles est de seulement 0.1 CHF/mobile (0.095 €) en Suisse, mais elle est encore plus faible en France, où elle varie entre 0.01 € et 0.07 € par mobile. Il en va de même pour les climatisations: 4.51 € en France, 17 € aux Pays-Bas et 24.90 € en Suisse.

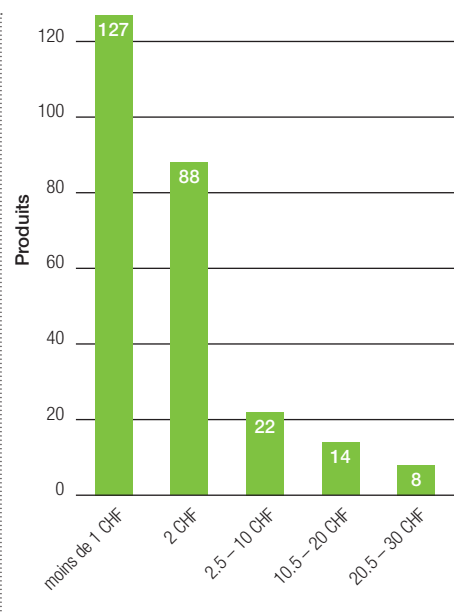


Fig. 1: La TAR en Suisse pour 2015  
[Source: Swico et Sens]

La TAR sert principalement à financer les activités de collecte, logistique, recyclage, contrôle, RP et surveillance, ainsi que l'administration du système. Sur les 70 millions de CHF de TAR collectés en 2013 via les trois OPRs, la plus grande partie (38 %) revient aux recycleurs en vue de garantir un traitement impeccable et un recyclage sûr. Et pourtant, les recycleurs font pression et réclament une compensation appropriée pour pouvoir couvrir leurs coûts. Dans les autres pays, les OPRs ont des coûts de traitement et de recyclage moins élevés, certains parvenant même à gagner de l'argent avec les recycleurs au lieu de leur en verser. Ainsi, en 2013, le système néerlandais PRO Wecycle a enregistré des recettes à hauteur de 43 €/t en provenance des recycleurs (Kengetallen en jaarrekening 2013).

Les OPRs suisses se retrouvent donc prises en étau entre leurs adhérents qui les incitent à réduire la TAR et les recycleurs qui revendiquent une augmentation des paiements en raison de leurs coûts d'exploitations élevés. Parallèlement, l'objectif essentiel reste de continuer à exploiter l'un des systèmes qui fonctionnent le mieux au monde.

### Comparer des pommes avec des pommes

C'est pourquoi Swico, SENS et SLRS ont commandé une étude afin de mieux comprendre la structure des coûts du système suisse et de pouvoir le comparer à d'autres systèmes. L'objectif est de savoir si les coûts de recyclage sont effectivement plus importants en Suisse, auquel cas une TAR plus élevée serait justifiée. Toutefois, mettre en regard les différents systèmes sur la simple base des coûts apparents reviendrait à comparer des pommes et des poires. En effet, cela ne permettrait pas de prendre en compte certains aspects: coûts généraux intégrés au coût de revient (niveau des salaires, fiscalité, etc.), coûts externalisés (subventions publiques, etc.), différences dans les champs d'application et la catégorisation des produits (l'élimination des batteries

est-elle incluse?, etc.) ou contraintes légales en matière de traitement et d'élimination (dépollution manuelle, etc.). C'est pourquoi nous avons élaboré une méthode rigoureuse tenant compte des principales hypothèses susceptibles d'expliquer la structure des coûts en Suisse afin de permettre une comparaison objective au niveau du système.

La première étape consiste à ventiler les coûts tout au long de la chaîne, depuis la collecte jusqu'à l'élimination en passant par le traitement, à la fois pour les systèmes suisses et pour les systèmes européens sélectionnés. Tous les paramètres influant sur les coûts aux différents stades seront analysés. Cela supposera également d'étudier si le coût plus élevé est dû à des collectes plus fréquentes, à des différences dans la composition du matériel collecté ou à des économies d'échelle par une production de masse dont ne profiterait pas la Suisse contrairement à des pays plus grands. Les résultats attendus de cette première étape de l'analyse devront permettre de savoir à quel niveau le système suisse est plus cher que ses équivalents européens et quels sont les facteurs financiers que les OPRs peuvent influencer.

Dans une deuxième étape, l'étude procédera à une analyse coûts-bénéfices détaillée en matière de recyclage afin de mieux connaître les facteurs qui influent sur les coûts et les recettes. Du côté des coûts, cela inclut une estimation des coûts moyens pour les rubriques les plus importantes (capital, travail, énergie, transport et logistique, installations et maintenance, élimination, coûts d'exécution et coûts administratifs). Du côté des recettes, la valeur matérielle potentiellement réalisable est estimée sur la base de la composition des flux de déchets recensés et des prix du marché, en tenant compte des variations tarifaires et monétaires. Les résultats livrés par cette deuxième étape permettront de mieux comprendre comment il est possible d'optimiser le traitement et la valorisation des fractions dans les DEEE.

Les données utilisées pour cette étude comprennent une collecte de données primaires à travers des interviews avec certains acteurs du marché auxquels seront également envoyés des questionnaires, mais aussi des données secondaires disponibles publiquement via les comptes rendus et les publications. Les résultats devraient être publiés dans le courant de l'été 2015.

# Analyse de panier 2.0 – Big Data s'invite dans les paniers

**Quelle est la durée d'utilisation des appareils électriques et électroniques? Quels appareils sont mis à quel moment au recyclage? Y a-t-il des différences d'une région à l'autre? La vente d'appareils neufs influe-t-elle sur les retours d'appareils usagés? Est-ce que certains appareils TIC/EGP ne sont jamais valorisés? Les calculs concernant la taxe anticipée de recyclage sont-ils justes?**

Les réponses à ces questions importantes sont livrées par un système complexe de collecte et d'analyse de données, baptisé analyse de panier. Environ 2% des retours d'appareils sont analysés, ce qui correspond à 1200 t pour un flux d'appareils de 60 000 t/an. A des dates et dans des endroits donnés, des appareils électriques et électroniques sont prélevés dans le mix Swico, puis triés selon 19 catégories d'appareils. Le volume d'appareils retournés pour élimination se trouve donc soigneusement ventilé par types d'appareil, quantités et poids.

Il est d'un intérêt vital pour Swico de savoir quels appareils se trouvent dans la filière d'élimination. Que ce soit pour servir de base de calcul de la taxe anticipée de recyclage (TAR), pour le calcul du prix de recyclage ou en tant qu'indice de référence. Dès lors, il est permis de s'interroger: les enseignements fournis par deux pour cent des appareils sont-ils

suffisamment significatifs? Une chose est sûre: plus la collecte de données est fournie et détaillée, plus les analyses qui en découlent seront fiables et précises.

### Analyse de panier 2.0

A la fin de l'année 2013, Swico a décidé de développer l'analyse de panier pour couvrir un flux de produits plus grand et plus détaillé. L'objectif était de couvrir 20% du flux de produits issus du canal indirect dans l'analyse de panier, à titre d'essai. Tous les appareils devaient être pesés et recensés individuellement par type et par lieu d'origine et les données être mises à disposition dans une base de données centrale pour toutes sortes d'analyses.

Cependant, il n'était pas question d'accomplir une tâche de cette ampleur avec les moyens habituels. Il fallait mettre au point un processus

accompagné d'un réglage entièrement nouveau des installations: ce seraient deux systèmes de pesée assistés par ordinateur et fonctionnant en parallèle, associés à un système de saisie des données en ligne via un écran tactile. Les balances, adossées à un service web dédié, couvrent une plage de 0,001 à 1500 kg.

Le système Analyse de panier 2.0 est en service depuis février 2014. Il a bénéficié d'améliorations continues issues de la pratique. L'amélioration de l'ergonomie sur le poste de travail et du débit Internet a optimisé les temps de passage et au lieu des 19 catégories d'appareils initiales, il existe à présent 36 catégories composées de sous-groupes, accessoires et composants. Après une période d'essai de dix mois, l'analyse de panier 2.0 fonctionne de façon stable et livre de nombreuses informations fiables et détaillées sur les appareils TIC et EGP éliminés.

Désormais, Big Data fait partie intégrante de l'analyse de panier Swico. La collecte et l'analyse des volumes de données remontant de la filière d'élimination sont de plus en plus exigeantes et nécessitent de faire appel aux techniques modernes. Le système Analyse de panier 2.0 assure non seulement une saisie efficace, mais aussi un accès complet aux données, plus faciles à analyser et plus pertinentes.

Les prochaines étapes sont déjà en préparation. Outre l'analyse de panier stationnaire pour la filière indirecte, une analyse de panier mobile (2.1) est mise en place pour la filière directe. Ainsi, les flux de produits pourront être recensés sur place. Le lancement est prévu pour le deuxième trimestre 2015. A l'avenir, les prélèvements de données spécifiques aux clients, p. ex., par fabricants, produits, numéros de série ou état des appareils (le cas échéant, avec photo), ne seront plus de l'ordre du rêve, mais de la réalité.





# Le mercure dans les lampes à vapeur de sodium haute pression (SHP)

Les lampes à vapeur de sodium haute pression (SHP), utilisées, par exemple, dans l'éclairage public, ne représentent pas un volume élevé sur la totalité des sources lumineuses. On estime à 20 t la quantité de lampes SHP éliminées chaque année en Suisse. Et pourtant, l'élimination de ces quantités relativement faibles est un véritable défi. Le problème réside surtout dans le fait que ces lampes SHP ont une forte teneur en mercure sous la forme d'un amalgame de sodium. Une étude menée en partenariat avec Batrec Industrie AG<sup>19</sup> nous permet d'en savoir plus, y compris sur leur élimination correcte.



Fig. 1: 20 échantillons ciblés dans 15 palettes de lampes SHP

Le traitement mécanique conventionnel des lampes à vapeur de sodium haute pression (SHP) a surtout pour effet de contaminer les fractions dans une mesure qui n'est pas conforme aux normes prescrites par SENS<sup>20</sup>. Il est manifestement difficile de maintenir les concentrations de mercure à bas niveau, y compris pour la fraction verre. Il s'agit dès lors, dans le cadre d'un petit projet, de déterminer les causes de la forte teneur en mercure. Conformément à une analyse de panier de 2010<sup>21</sup>, les déchets de lampes (hormis les tubes) comportent env. 6% de lampes HID (High Intensity Discharge), ce qui représente 24 t sur un total de 413 t (2013). Ce chiffre est probablement trop élevé étant donné que la part des lampes basse consommation a fortement augmenté entre 2010 et 2013. Les lampes SHP sont les plus courantes parmi les lampes HID.

## Des échantillons ciblés dans 15 palettes

Sur un groupe de 15 palettes de lampes SHP (cf. Fig. 1), une sélection ciblée a été faite de 20 échantillons de 2 lampes, se distinguant comme suit:

- 6 fabricants différents;
- puissance de 70 à 940 W;
- pays de fabrication (Belgique, Chine, Slovaquie, Etats-Unis, Allemagne);
- types et marquages «Hg-free».

Parmi les 20 échantillons, tous les types d'appareils les plus fréquents de différents pays et fabricants étaient représentés. Un exemple d'échantillon est illustré à la Fig. 2. Pour simplifier l'analyse, les lampes



Fig. 2: Exemple d'un échantillon SHP

SHP ont été ouvertes et la concentration en mercure n'a été mesurée que sur les brûleurs. Ces derniers sont en quartz ou en céramique et ont été broyés à < 0,1 mm, dissous dans de l'acide et analysés par AAS. Le traitement et l'analyse des échantillons ont eu lieu dans le laboratoire de Batrec Industrie AG; deux des duplicata d'échantillons ont été analysés en externe. Le procédé de thermodesorption n'a pas fait ses preuves pour l'amalgame Na-Hg.

## Pas de corrélation identifiable

La teneur en mercure est extrêmement variable et il n'existe aucune corrélation apparente entre la concentration et le fabricant, le type de puissance, le lieu de production ou la forme de la lampe.

Tableau 1: Concentrations Hg dans les brûleurs des lampes SHP (nombre d'échantillons)

Fabricants	Concentrations Hg
Lucalox (4)	25 – 370 ppm
Osram (6)	40 – 4800 ppm
Philips (6)	16 – 2600 ppm
Autres (4)	60 – 2600 ppm

Gammes de puissance	Concentrations Hg
70 W (5)	16 – 2600 ppm
150 W (6)	30 – 4800 ppm
250 – 940 W (6)	16 – 2600 ppm

Si l'on extrapole les valeurs de Hg à partir des concentrations dans les brûleurs, on obtient des valeurs allant de < 1 mg à 28 mg par lampe. Il faut toutefois tenir compte du fait qu'une partie du mercure a déjà été rejetée dans l'environnement lors de la destruction et du broyage des brûleurs. Les quantités réelles de mercure dans les lampes devraient donc être plus élevées.

### Le mercure également très présent dans les nouvelles lampes HID

Les nouvelles lampes à sodium SHP ont des teneurs en mercure qui empêchent quasiment tout traitement purement mécanique. Le Tableau 2 présente une série de nouvelles lampes HDI déclarées conformes REACH et choisies au hasard sur le site d'Osram.

Le mercure joue un rôle important dans la quasi-totalité des technologies HID étant donné qu'il est lié à la formation du plasma dans l'arc. Dans les technologies plus anciennes, le mercure était souvent utilisé pour doser le sodium sous forme d'amalgame dans le processus de fabrication. Les lampes à sodium basse pression ne contiennent pas de mercure, mais elles jouent un rôle négligeable. Les fabricants sont unanimes pour dire que cela ne devrait pas changer à moyen terme dans la mesure où les propriétés caractéristiques du mercure ne sont présentes dans aucune matière de substitution. De même, le remplacement des technologies HID par les technologies LED devrait nécessiter encore beaucoup de temps de développement. Il faut donc s'attendre à une augmentation des quantités de mercure dans les déchets de lampes HID, y compris à plus long terme.



Fig. 3: Les dépôts d'amalgame de sodium dans le brûleur refroidi d'une lampe SHP

### Des résultats plausibles

Les différences relevées dans les mesures du Hg dans les lampes SHP s'expliquent par le refroidissement et par la méthode d'analyse simplifiée qui a été retenue dans le cadre de cette étude. En utilisation, le plasma de sodium et de mercure atteint une température de plusieurs milliers de degrés au sein du brûleur<sup>22</sup>. A l'extinction, l'amalgame de mercure se condense là où le brûleur haute pression est le plus froid. C'est surtout le cas aux extrémités à l'intérieur des brûleurs, sur la céramique ou sur le quartz, juste à côté des électrodes (cf. Fig. 3). C'est pourquoi la quantité de dépôt récupérée au moment de séparer la céramique de l'électrode en tungstène est déterminante. Les différences évoquées ont donc pu apparaître étant donné que l'on ne connaissait pas ces éléments quand la méthode d'analyse simplifiée a été définie. Les électrodes sont essentiellement en tungstène, lequel ne forme pas d'amalgame avec

le mercure. Selon les experts, le mercure ne peut pas pénétrer dans la céramique, ou alors en très faible quantité. La contamination des fractions peut également s'expliquer dans ce contexte. Le verre normal et la céramique des brûleurs ne peuvent pas être séparés par ces procédés. Il en faut peu pour que les fractions des lampes soient contaminées par de l'amalgame de sodium extrêmement concentré.

### Un traitement thermique nécessaire

Les conclusions sont les suivantes au regard de l'élimination des lampes HID et SHP:

- De façon générale, les lampes HID ne peuvent pas être traitées dans les installations de traitement purement mécaniques en étant mélangées avec d'autres sources lumineuses non rectilignes.
- Il n'est pas possible de faire le tri entre les lampes HID contenant du mercure et celles n'en contenant pas. C'est d'ailleurs superflu compte tenu du fait que les lampes sans mercure sont très minoritaires au sein de la technologie HID.
- Pour pouvoir éliminer ces lampes sans émissions de mercure diffuses, il est indispensable de traiter les brûleurs (y compris les électrodes au tungstène) à hautes températures et en séparant le mercure.
- La valorisation des fractions métal est autorisée dès lors que les seuils des Directives techniques sont respectés selon le contrat SENS.
- Les éléments non contaminés par le mercure, comme le filetage métallique, les tiges ou le verre extérieur, peuvent être séparés auparavant, permettant un traitement plus rationnel des brûleurs. Seulement, on ne connaît actuellement que des procédés semi-mécaniques pour séparer le verre extérieur.

### Teneur en Hg déclarées des nouvelles lampes HID

Dénominations de la gamme Osram	Gammes de puissance	mg Hg/unité
Lampes à vapeur de sodium haute pression	50 – 1000 W	18 – 58
Lampes à vapeur de sodium basse pression	18 – 180 W	0
Lampes aux halogénures métalliques, technologie céramique	20 – 250 W	3 – 45
Lampes aux halogénures métalliques, technologie quartz	20 – 250 W	12 – 220
Lampes à vapeur de mercure	50 – 1000 W	12 – 79
Lampes mixtes à vapeur de mercure	150 – 500 W	16 – 41

<sup>19</sup> En collaboration avec D<sup>r</sup> Norbert Dawidowsky et Xavier Ibarz Formatger, Batrec Industrie AG — Wimmis

<sup>20</sup> 5 ppm Hg pour la fraction verre, 10 ppm pour les fractions métal selon les Directives techniques SENS/Swico, ver. 1.1, 2012.

<sup>21</sup> Gasser, D.; Warenkorbanalyse SLRS – Kampagne OeSS 2010, Analyse der Zusammensetzung nicht-stabförmiger Leuchtmittel, SENS Zürich 17.10.2010.

<sup>22</sup> Tóth+, Lovas, H.; Chemistry of materials science phenomena in high-intensity discharge light sources; Pure Appl. Chem. Vol. 79, No10, pp 1771-1778, 2007.

# Le recyclage du photovoltaïque assuré dans toute la Suisse

La reprise des installations photovoltaïques est assurée depuis le début de la coopération entre SENS et Swissolar. Depuis 2015, le réseau de collecte de SENS couvrant toute la Suisse est intégré au processus. Le recyclage des installations photovoltaïques est ainsi assuré et le circuit de recyclage est complet.

### Swissolar et SENS eRecycling

L'association Swissolar défend les intérêts du secteur de l'énergie solaire dans les questions politiques. Parmi les 500 membres se trouvent des fournisseurs d'électricité, des instituts de recherche, des représentants d'autres associations et quelque 120 entreprises.

L'OREA est en vigueur depuis 1998 et fait actuellement l'objet d'une révision complète. L'un des points importants de la révision est la possibilité d'ouvrir la liste des appareils à éliminer à d'autres catégories d'appareils, par ex., au photovoltaïque. Ainsi, le recyclage des installations photovoltaïques sera financé, à l'avenir, par la taxe anticipée de recyclage (TAR).

### SENS eRecycling commence la reprise

SENS eRecycling reprend les modules photovoltaïques depuis 2014. Jusqu'à présent, les restituants envoyaient les demandes de reprise par e-mail ou par fax. Depuis janvier 2015, les processus nécessaires ont été mis en place et de plus petites quantités de modules PV peuvent être restituées.

Les fabricants d'installations ayant de grandes quantités de modules photovoltaïques à éliminer peuvent adresser un ordre de ramassage à SENS. Un container sera alors déposé puis enlevé gratuitement.

Les modules photovoltaïques, collectés via le réseau SENS, sont alors transportés vers des aires de regroupement spécifiques où ils sont entreposés. Dès qu'il y a suffisamment de matériel sur les aires de regroupement, le recycleur est mandaté pour transporter les éléments photovoltaïques vers le transformateur.

### Composition des modules photovoltaïques

Les modules photovoltaïques sont composés à env. 90% de verre (en fonction de la technologie utilisée). Les 10% restants sont composés du cuivre ou de l'aluminium et des plastiques. Les semi-conducteurs, le cœur du module solaire, ne sont présents qu'en très faibles quantités. Sur les modules à base de silicium, les semi-conducteurs représentent environ 2% du poids du module. Sur les modules n'étant pas à base de silicium, la part des semi-conducteurs (poids) évolue entre 0,1 et 1,15%. Selon la tendance observée dans l'industrie solaire, de plus en plus de producteurs vont produire des couches de semi-conducteurs encore plus fines. Les technologies actuelles permettent de récupérer entre 80 et 90% du poids d'un module pour la production de nouveaux matériaux.

### Recyclage des modules

Etant donné que les modules solaires sont composés en grande partie de verre, ils sont traités avec le recyclage du verre plat (comme les vitres de voiture). Or, il n'existe pas de recycleur de verre plat en Suisse.

La principale difficulté concernant le recyclage du verre plat est de retirer le mieux possible le film composite appliqué sur le verre pour assurer la stabilité et la protection du module. En effet, la présence de film composite dans le recyclat diminue le prix de vente. Par conséquent, pour être viable économiquement, la séparation du verre et du film composite requiert des processus mécaniques spécifiques.

### Pas de polluants dans les modules

Les modules photovoltaïques à base de silicium et la plupart des modules sans silicium sont exempts de substances polluantes. Et s'il arrive que des modules contenant des polluants atterrissent dans le processus de reprise, ils sont traités à part à l'aide de procédés chimiques spécifiques avant d'être ré-introduits dans la chaîne de traitement normale des modules photovoltaïques.



# Quid du taux de recyclage?

**Il est impératif que le taux de recyclage des DEEE soit élevé pour que l'impact positif sur l'environnement soit important. Les taux de recyclage minimums définis par SENS, Swico et SLRS évoluent de 50 à 80% en fonction des catégories et correspondent aux exigences de la directive WEEE de l'UE. La décision européenne de relever les taux de 5% pour la quasi-totalité des appareils ne devrait pas poser de problème pour les entreprises suisses puisque la plupart respectent d'ores et déjà des valeurs plus strictes. Etant donné que le métal est de plus en plus souvent remplacé par des plastiques difficiles à recycler dans les appareils électriques et électroniques, les entreprises de recyclage sont contraintes de séparer les plastiques et de les destiner à la valorisation matière.**

La valorisation matière – exprimée par le taux de recyclage – est le critère le plus important quand il s'agit de mesurer l'impact environnemental du recyclage des DEEE. La récupération des métaux, notamment, joue un rôle prédominant compte tenu des effets sur l'environnement entraînés par sa production. Tous les déchets métalliques recyclés sont autant d'émissions en moins qui seraient occasionnées par la fabrication du métal (par ex., émissions de métaux lourds pour l'extraction du minerai, pollution de l'air issue de la production d'énergie nécessaire au traitement du minerai).

Conformément à la directive européenne 2008/98/CE sur les déchets, on désigne par recyclage «toute opération de valorisation par laquelle les déchets sont retraités en produits, matières ou substances aux fins de leur fonction initiale ou à d'autres fins. Cela inclut le retraitement des matières organiques, mais n'inclut pas la valorisation énergétique, la conversion pour l'utilisation comme combustible ou pour des opérations de remblayage.» Après que l'UE a introduit des taux de valorisation et de recyclage en 2003, la Commission technique de SENS, Swico et SLRS a décidé d'affiner sa méthode de calcul du taux de recyclage. Jusqu'alors, le taux de recyclage était calculé par l'intermédiaire des données annuelles sur les flux de matières. Cette méthode est toujours pertinente pour les entreprises de recyclage spécialisées qui

ne traitent qu'une catégorie d'appareil. Pour celles qui traitent différentes catégories d'appareils, cette méthode est trop inexacte dans la mesure où des fractions analogues issues du traitement de différentes catégories d'appareils ne peuvent pas être saisies séparément.

Il s'est avéré très rapidement que les essais par lots effectués pour la première fois en 2004 constituaient une base excellente non seulement pour déterminer plus précisément les données de flux des grosses entreprises de broyage, mais aussi pour calculer le taux de recyclage. Au cours des années suivantes, des essais par lots ont été effectués dans toutes les entreprises travaillant de façon mécanique et les taux de recyclage ont été calculés avec un outil Excel spécialement conçu. Il a été remplacé ultérieurement par le système Reptool, une application web.

Le taux de recyclage des appareils électriques et électroniques reste constant depuis plusieurs années, aux alentours de 75%, quel que soit le type d'appareil. On trouvera ci-dessous les taux minimums actuellement prescrits pour les différentes catégories d'appareils:

Directive WEEE Catégorie	Catégorie d'appareil	Taux de recyclage
1	Gros électroménager, y compris appareils de réfrigération	75%
2	Petit électroménager	50%
3	Informatique et télécommunications	65%
4	Electronique grand public	65%
5a	Matériel d'éclairage, luminaires	50%
5b	Ampoules, lampes à décharge	80%
6	Outilage électrique, appareils de construction, jardinage, loisirs	50%
7	Jouets, appareils de sport et de loisirs	50%
8	Appareils médicaux	non précisé
9	Instruments de contrôle et de surveillance	50%
10	Appareils de distribution automatiques	75%

A partir du 15 août 2015, les taux de recyclage exigés dans l'UE seront relevés de 5% pour toutes les catégories, sauf pour les lampes à décharge. Cette évolution était prévisible dans la mesure où les technologies de recyclage des DEEE ont progressé à tous les niveaux au cours des dix dernières années. La plupart des entreprises de recyclage en Suisse se sont conformées suffisamment tôt à l'état de l'art et satisfont d'ores et déjà aux taux de recyclage plus exigeants.

Il convient toutefois de garder présent à l'esprit le fait que le respect de ces taux de recyclage ne va pas de soi, d'autant plus que plusieurs tendances se dessinent qui compliquent cet objectif. On dénote ainsi depuis quelque temps une tendance à remplacer les pièces en métal par des pièces en plastique sur le gros électroménager, une catégorie d'appareils somme toute importante au regard des volumes. Or les plastiques sont plus difficiles à recycler que les métaux, ne serait-ce qu'en raison des contaminations encore existantes avec les retardateurs de flammes toxiques. Pourtant, plusieurs entreprises de recyclage ont réussi à acheminer une grande partie des plastiques vers la valorisation matière, ce qui prouve que l'innovation est partie prenante du processus.

Compte tenu de ces évolutions, il est clair que, en plus de la récupération la plus intégrale possible de tous les métaux, la valorisation des plastiques va gagner en importance dès lors qu'il s'agit de tenir les taux de recyclage, y compris à long terme.



Le recyclage matière des plastiques présents dans les DEEE est un critère de plus en plus important pour pouvoir, à long terme, continuer à atteindre les taux de recyclage requis.

## AUTEURS



### Heinz Böni

Après une formation d'ingénieur diplômé en génie rural à l'EPF Zurich et des études postgrades en hydrologie urbaine et en protection des cours d'eau (NDS/EAWAG), Heinz Böni devient collaborateur scientifique auprès de l'EAWAG Dübendorf. Chef de projet à l'institut ORL de l'EPF Zurich et à l'UNICEF au Népal, il reprend plus tard la direction de la société Büro für Kies und Abfall AG à St-Gall. Il est ensuite pendant plusieurs années copropriétaire et directeur de la société Ecopartner GmbH à St-Gall. Depuis 2001, il travaille à l'Empa où il dirige le groupe CARE (Critical Materials and Resource Efficiency) ainsi que le département Technologie et Société par intérim. Depuis 2009, il est directeur de la commission technique de Swico Recycling et, depuis 2007, expert de l'organe de contrôle de Swico et de la Fondation SENS.



### Prof. Dr. Marie Brechbühler Pešková

Marie Brechbühler Pešková a étudié l'économie et le management à Prague (République Tchèque) et Stockholm (Suède), puis passé son doctorat à Fribourg (Suisse). Après quelques années dans le secteur du conseil (en économie environnementale chez Ernst Basler und Partner, Zollikon), elle revient dans le monde universitaire en 2007. Depuis, elle enseigne l'économie à la Haute École spécialisée de Berne. Parmi ses thèmes d'intervention figurent notamment les stratégies en matière de développement durable et la durabilité dans la gestion de la chaîne logistique. Elle est responsable du secteur de recherche «Future Economic Shortages» où elle explore notamment le domaine des ressources critiques (par ex., les métaux rares) et les enjeux économiques qui s'y rattachent.



### Dr. Deepali Khatriwal

Deepali Khatriwal a obtenu son doctorat à l'université de St-Gall en présentant une thèse sur les prévisions de flux de déchets pour les biens de consommation en fin de vie. Avant son doctorat, elle avait suivi un master de gestion commerciale en management international à l'université de St-Gall. Elle a commencé ses travaux sur les DEEE à l'EMPA et a participé au programme suisse sur les déchets électriques et électroniques de 2004 à 2009. Depuis, Dipali Khatriwal a collaboré à différents projets dans ce domaine à travers le monde. Sous le patronage de l'«E-waste Academy», elle a notamment joué un rôle déterminant dans le renforcement des capacités de l'initiative StEP, un forum soutenu par l'ONU sur le thème des déchets électriques et électroniques.



### Roman Eppenberger

Roman Eppenberger obtient son diplôme d'ingénieur électricien à l'EPF de Zurich. Tout en travaillant, il suit une formation postgrade pour obtenir un diplôme d'Executive MBA à la Haute École spécialisée de la Suisse orientale. Il fait ses premières expériences dans l'industrie en tant qu'ingénieur et chef de projet dans la robotique médicale et pharmaceutique. En tant que chef de produit, il passe au secteur Contactless de la société Legic (Kaba), où il est responsable des achats à l'international des produits semi-conducteurs. Depuis 2012, Roman Eppenberger est membre de la direction de la Fondation SENS et dirige le secteur Operations. A ce poste, il coordonne la commission technique de Swico/SENS aux côtés de Heinz Böni.



### Prof. Dr. Stefan N. Grösser

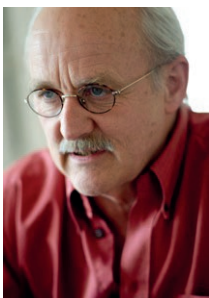
Dr. Stefan N. Grösser est professeur en management stratégique à l'Institut de développement des entreprises de la Haute École spécialisée de Berne. Il y conduit le «Strategy and Simulation Lab», centré sur l'axe de recherche «Strategic Analysis and Decision-Making in Dynamic Systems». Stefan N. Grösser dirige également des projets de recherche orientés application du secteur suisse de l'électricité et du secteur Clean Tech. Depuis 2013, il dirige un sous-projet dans le cadre du projet de recherche de l'UE «Use-it-Wisely» ([www.use-it-wisely.eu](http://www.use-it-wisely.eu)). Il s'agit d'un projet stratégique de gestion de l'innovation qui rassemble 20 partenaires de coopération européens.

Son parcours universitaire l'a mené à l'université de Stuttgart (commerçant dipl. à vocation technique), l'université de Bergen (M.Phil.), Norvège et l'université de St-Gall (Dr. oec. HSG), Suisse. Il a été chercheur invité au System Dynamics Group de la Sloan School of Management, Institute of Technology (MIT), États-Unis. Ses travaux ont été publiés dans des revues à comité de lecture international et chez des éditeurs tels que Wiley, Springer et Gabler ([www.stefan-groesser.com](http://www.stefan-groesser.com)).



### **Dr Geri Hug**

Après des études de chimie, suivies d'un doctorat à l'Institut de chimie organique de l'université de Zurich, Geri Hug devient collaborateur scientifique et chef de projet chez Roos+Partner AG à Lucerne. De 1994 à 2011, il est partenaire puis, à partir de 1997, également directeur de Roos+Partner AG. En plus des conseils environnementaux prodigués dans quinze branches, conformément aux codes EAC, il accompagne des audits environnementaux et rédige des rapports d'impact sur l'environnement conformément à l'OEIE. Geri Hug établit également des comptes rendus et des analyses de risque conformément à l'OPAM, ainsi que des écobilans des entreprises et des produits et il valide des rapports sur l'environnement. Il est expert de l'organe de contrôle de la Fondation SENS pour le secteur de l'élimination des appareils électriques et électroniques. Il est également Lead Auditor pour des systèmes de gestion environnementale selon ISO 14001 chez SGS. Il est membre du groupe de travail CENELEC pour le développement de standards en matière de recyclage des appareils de réfrigération.



### **Ueli Kasser**

Diplômé en chimie/lic. phil. nat. à l'université de Berne et à l'EPF Zurich, il a suivi également des études postgrades (cours postgrade INDEL sur les problèmes des pays en voie de développement). D'abord collaborateur indépendant dans les secteurs de la radioécologie, l'écotoxicologie et l'hygiène du travail, il devient copropriétaire de ökoscience, un bureau de conseil en écologie appliquée à Zurich, ainsi que chef de projet dans les secteurs de l'hygiène de l'air, du conseil environnemental et de l'écotoxicologie. Aujourd'hui encore, Ueli Kasser est propriétaire du Büro für Umweltchemie à Zurich, spécialisé dans le conseil pour les secteurs des déchets, de la sécurité des produits chimiques, de l'écologie des matériaux et de la qualité de l'air intérieur. En plus d'enseigner, il est auditeur pour les systèmes de gestion environnementale ISO 14001. Depuis le milieu des années quatre-vingt-dix, Ueli Kasser est expert de l'organe de contrôle pour les entreprises de recyclage sur mandat de la Fondation SENS et élabore les standards et les directives pour les activités de contrôle. Il est également représentant de la Fondation SENS au sein de la Fédération Européenne et consultant dans le cadre du projet de normes européen WEEELABEX.



### **Emil Franov**

Après des études de sciences de l'environnement à l'EPF de Zurich (spécialisé en chimie environnementale analytique et systèmes aquatiques), Emil Franov reste cinq ans conseiller environnemental dans une société de services internationale. Depuis 2001, il travaille chez Carbotech AG à Bâle en tant que conseiller et chef de projet, ses spécialités étant le conseil environnemental, les écobilans et la conformité avec les exigences environnementales (audits environnementaux, indicateurs environnementaux, droit environnemental, etc.). Il est chargé d'établir des écobilans annuels pour différentes entreprises et de saisir des indicateurs d'ordre environnemental selon différents standards internationaux. Depuis 2002, il est expert de l'organe de contrôle et membre de la commission technique de la Fondation SENS. Emil Franov est directeur de département et membre de la direction de Carbotech AG.



### **Esther Thiébaud**

Après avoir obtenu son diplôme d'ingénieur en environnement (spécialités: gestion des matières et technique d'élimination) à l'EPF de Zurich, Esther Thiébaud est chef de projet dans le secteur des déchets toxiques chez BMG Engineering AG à Schlieren. Depuis 2007, elle travaille comme collaboratrice scientifique dans le groupe CARE (Critical Materials and Resource Efficiency) de l'Empa, et plus précisément dans le secteur de l'analyse et de la modélisation des flux de matières nationales et globales en relation avec des technologies porteuses d'avenir et les matières correspondantes. Depuis 2012, Esther Thiébaud se consacre à sa thèse.



### **Niklaus Renner**

Niklaus Renner a étudié les sciences de l'environnement à l'EPF de Zurich. Depuis 2007, il est collaborateur scientifique chez Roos+Partner AG à Lucerne. Dans le cadre de différentes études, il s'intéresse à l'impact environnemental du recyclage des métaux usagés et des appareils en fin de vie. Pour les Fondations SENS et SLRS, il a participé entre autres à une enquête sur la teneur en mercure des fractions du traitement des sources lumineuses. Il s'occupe également du suivi du droit environnemental, de la gestion du Legal Compliance Tool LCS.pro et des audits internes de conformité avec le droit environnemental. Ses tâches englobent également des contrôles d'entreprise pour l'inspection de l'environnement UPSA (Union professionnelle suisse de l'automobile) et, depuis 2013, le suivi des constructions pédologiques.



### **David Rochat**

David Rochat passe son master en technique de l'environnement à l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL, Suisse) en 2004. Il commence sa carrière de chercheur à l'Industrial Ecology and Life Cycle Group (EPFL), avant de rejoindre l'EMPA (laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherche) en 2005 où il coordonne plusieurs projets dans le domaine de la gestion des déchets électroniques au niveau international. En 2008, il participe à la fondation de l'entreprise Sofies pour laquelle il crée les départements gestion des DEEE, production propre et utilisation rationnelle des ressources, en mettant l'accent sur le secteur informel dans les pays en voie de développement. Depuis, David Rochat travaille dans le domaine des DEEE pour différents clients dans plus de 15 pays, notamment pour le PNUD, l'ONUUDI, la Banque mondiale et de grands fabricants. En plus de son activité d'expert pour Sofies, David Rochat est également Director of Business Development de l'entreprise.



### **Andreas Tonner**

Après une formation commerciale dans l'administration publique et une formation spécialisée supérieure, Andreas Tonner travaille huit ans comme agent de l'administration à différents postes. En 1995, il rejoint le secteur du recyclage, où il travaille jusqu'en 2007 aux directions de Tonner-Altstoff AG, Sereda AG et Texta AG. Il occupe également divers mandats au conseil d'administration. En 2008, il fonde la société Recycling-Coach GmbH, consacrée au conseil et au coaching des entreprises, associations et organismes de droit public. En 2010, Andreas Tonner fonde la société Oekotech Reco AG, axée sur l'optimisation des coûts en matière d'élimination et de vente des matières premières.



### **Dr Patrick Wäger**

Après avoir suivi des études de chimie à l'EPF de Zurich et écrit sa thèse à l'Institut de toxicologie de l'EPF et l'université de Zurich, Patrick Wäger reste deux ans conseiller environnemental chez Elektrowatt Ingenieurunternehmung à Zurich. En tant que collaborateur scientifique et chef de projet à l'Empa, il a participé depuis à de nombreux projets de recherche sur l'élimination des déchets et le recyclage des matières premières à partir de produits en fin de vie. Il est expert de l'organe de contrôle pour la Fondation SENS et Swico Recycling et a été également provisoirement Lead Auditor pour des systèmes de gestion de l'environnement selon la norme ISO 14001. Patrick Wäger est professeur chargé de cours dans le secteur de la gestion de l'environnement et des ressources et il est, entre autres, membre du directoire de la Société Académique Suisse pour la Recherche sur l'Environnement et l'Écologie (SAGUF). Son travail est axé actuellement sur la recherche de stratégies permettant d'utiliser durablement des matières premières non renouvelables, en particulier les métaux rares.



### **Rolf Widmer**

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



### **Hannes Zellweger**

Après avoir suivi une formation d'ingénieur en environnement (spécialités: gestion des matières et technique d'élimination), à l'EPF de Zurich, Hannes Zellweger travaille chez Amstein + Walthert en tant que conseiller dans le secteur des interconnexions innovantes entre l'industrie et les lotissements pour des systèmes de chauffage efficaces et à faible niveau d'émissions. Il travaille ensuite pendant trois ans au service du Secrétariat d'État à l'économie (SECO) et de l'Empa St-Gall au Pérou. Il participe à différents programmes dans ses domaines de compétences: l'utilisation rationnelle des ressources et de l'énergie. Depuis 2013, Hannes Zellweger est employé chez Sofies où il est responsable du développement des affaires dans les pays de langue allemande.



## LIENS

### Liens internationaux

#### [www.ewasteguide.info](http://www.ewasteguide.info)

Ensemble d'informations et de ressources sur le recyclage des appareils électriques et électroniques.

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

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

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

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

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

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

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

WEEE Europe AG est une fusion de 15 systèmes de reprise européens. Depuis janvier 2015, il permet aux fabricants et aux autres acteurs du marché de se conformer à leurs obligations nationales.

### Liens nationaux

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

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

#### [www.slrs.ch](http://www.slrs.ch)

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

En tant qu'organisation 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](http://www.empa.ch)

Le Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherche (Empa) est une institution de recherche suisse consacrée à la science des matériaux et aux applications technologiques.

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

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

### Cantons avec exécution déléguée

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Le site Internet de l'Office de l'environnement d'Appenzell Rhodes extérieures propose des informations générales et des publications sur des thèmes liés à l'environnement.

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

Le site Internet du laboratoire intercantonal du canton de Schaffhouse donne, à la rubrique «Informationen zu bestimmten Abfällen» des informations complémentaires sur le recyclage des appareils électriques et électroniques.

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

Le site Internet de l'Office pour la protection de l'environnement et l'énergie (AUE) donne, à la rubrique «Abfall /Kontrollpflichtige Abfälle/ Elektroschrott», toute une série d'informations sur le recyclage et la valorisation des matières premières dans les appareils électriques et électroniques.

## Contact

### Fondation SENS

Obstgartenstrasse 28  
8006 Zurich  
Téléphone +41 43 255 20 00  
Fax +41 43 255 20 01  
info@eRecycling.ch  
www.eRecycling.ch

### Commission technique SENS

Coordination TK-SENS  
Roman Eppenberger  
Obstgartenstrasse 28  
8006 Zurich  
Téléphone +41 43 255 20 09  
Fax +41 43 255 20 01  
roman.eppenberger@sens.ch

### Swico

Hardturmstrasse 103  
8005 Zurich  
Téléphone +41 44 446 90 94  
Fax +41 44 446 90 91  
info@swicorecycling.ch  
www.swicorecycling.ch

### Commission technique SENS

c/o Empa  
Heinz Böni  
Département Technologie et Société  
Lerchenfeldstrasse 5  
9014 Saint-Gall  
Téléphone +41 58 765 78 58  
Fax +41 58 765 78 62  
heinz.boeni@empa.ch

### Fondation SLRS

Altenbergstrasse 29  
Postfach 686  
3000 Berne 8  
Téléphone +41 31 313 88 12  
Fax +41 43 31 313 88 99  
info@slrs.ch  
www.slrs.ch

## Mentions légales

### Editeur

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

### Photos

Page 18, Fig. 1: Rolf Widmer, Empa  
Page 18, Fig. 2: Roger Gnoss, Swico  
Page 24: Andreas Tonner, Oekotech Reco AG  
Pages 25/26: Batrec Industrie AG  
Page 27: KWB Planreal AG  
Page 29: Immark AG



Imprimé sur Superset Snow Offset, blanc

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

© 2015 Swico / SENS / SLRS

Impression souhaitée avec mention de la source et copie à la Fondation SENS/Swico/SLRS



