

# COMMENT RECYCLER LES DÉCHETS DU NUMÉRIQUE ?



**CHRISTIAN THOMAS (72)**  
fondateur de Terra Nova Développement,  
membre du COMES

Les équipements électroniques et notamment les cartes électroniques qui sont mis au rebut contiennent quantité d'éléments chimiques, notamment des métaux, dont le recyclage est de nature à faire économiser des coûts à l'industrie et des nuisances à l'environnement. Il est donc important de savoir si le recyclage, qui est une politique publique revendiquée en Europe, progresse réellement et comment l'améliorer.

Le recyclage des métaux des « mines urbaines » est efficace sur le plan énergétique, en raison de la concentration des métaux supérieure à celle des mines classiques, qui diminue l'énergie nécessaire à leur extraction. Il faut tout faire pour recycler ces matières ! Aussi nous travaillons sur un projet industriel, nommé *Sanou Koura* (« la renaissance de l'or », en langue bambara), pour la mise en place d'une usine dédiée à l'extraction des métaux des cartes électroniques. Il s'agit de traiter les cartes de tous les appareils numériques (PC, smartphones, etc.). En plus de la production de métaux, le traitement des plastiques par incinération produit une chaleur importante. Une partie de la chaleur est utilisée pour alimenter les procédés de l'usine. L'excédent peut être utilisé pour chauffer quelques hectares de serres agricoles.

## Quels sont les taux de recyclage ?

Le taux de collecte, faible, tourne autour de 25 % dans le monde et de 35 % en Europe. Attention à distinguer

les chiffres de mesure des objets complets (réfrigérateurs et ordinateurs mélangés) et ceux qui mesurent la masse des cartes électroniques seules, pour lesquelles on tourne autour de 2,4 Mt aujourd'hui, dont 600 000 t seulement sont collectés pour le recyclage. Les cartes collectées sont sales, polluées, cassées, mélangées. Une partie est perdue, mais les méthodes de tri progressent grâce au tri optique et aux procédés par flottaison. L'aluminium est récupéré par courants de Foucault et les ferrailles le sont par aimantation. Puis les cartes récupérées deviennent la matière première de la métallurgie extractive. On extrait le cuivre, l'or, l'argent et le palladium, qui relèvent de la métallurgie du cuivre. Le cuivre reste le métal principal dans une carte. D'autres métaux, étain, cobalt, nickel, tantale, sont actuellement perdus malgré leur valeur économique. Ainsi les 2 % d'étain mériteraient d'être récupérés. L'un des enjeux est donc : comment les récupérer ? Le cobalt mérite aussi l'attention, puisqu'on en trouve 30 % dans les batteries lithium-ion, qui pèsent pour 25 % des produits électroniques. Il faut séparer les batteries pour le traitement, mais certains produits très intégrés ne le permettent pas. Quant au silicium des processeurs ? C'est une quantité négligeable, il n'y a presque rien à récupérer. →

## REPÈRES

Les déchets électroniques (DEEE) contiennent de l'or, important en valeur économique et en empreinte CO<sub>2</sub>. Or la concentration des mines d'or du Mali est de 1 g/t, pour les cartes électroniques on est entre 10 et 300 g/t. Pour le palladium, le rapport est de 5 g/t contre 70 g/t. En moyenne, l'extraction à partir de cartes électroniques est 5 à 10 fois moins producteur de CO<sub>2</sub> que l'extraction à partir de mines.

→ Avec le projet Sanou Koura on va industrialiser la collecte de l'ensemble de ces métaux dans une installation dédiée. En effet, neuf fonderies de cuivre dans le monde sont équipées des processus permettant d'incorporer des cartes électroniques, mais elles n'en prennent qu'un flux marginal (10 %). Car les cartes contiennent des halogènes, des plastiques, qui sont évacués sous forme de gaz mais qui perturbent les fours à 1 200 °C au-delà d'une certaine concentration. Trois de ces fonderies sont européennes, Umicore en Belgique, Lünen en Allemagne, Rönsköp en Suède. Les métaux récupérés sont réutilisés par l'industrie, par exemple pour la production de fils électriques. Comme l'Europe est déficitaire en métaux, toute la production est réutilisée en Europe. Plutôt qu'exporter les déchets, l'Europe aurait intérêt à traiter tous ses déchets, voire à en importer.

#### **Quelle est la difficulté du problème chimique de séparation ?**

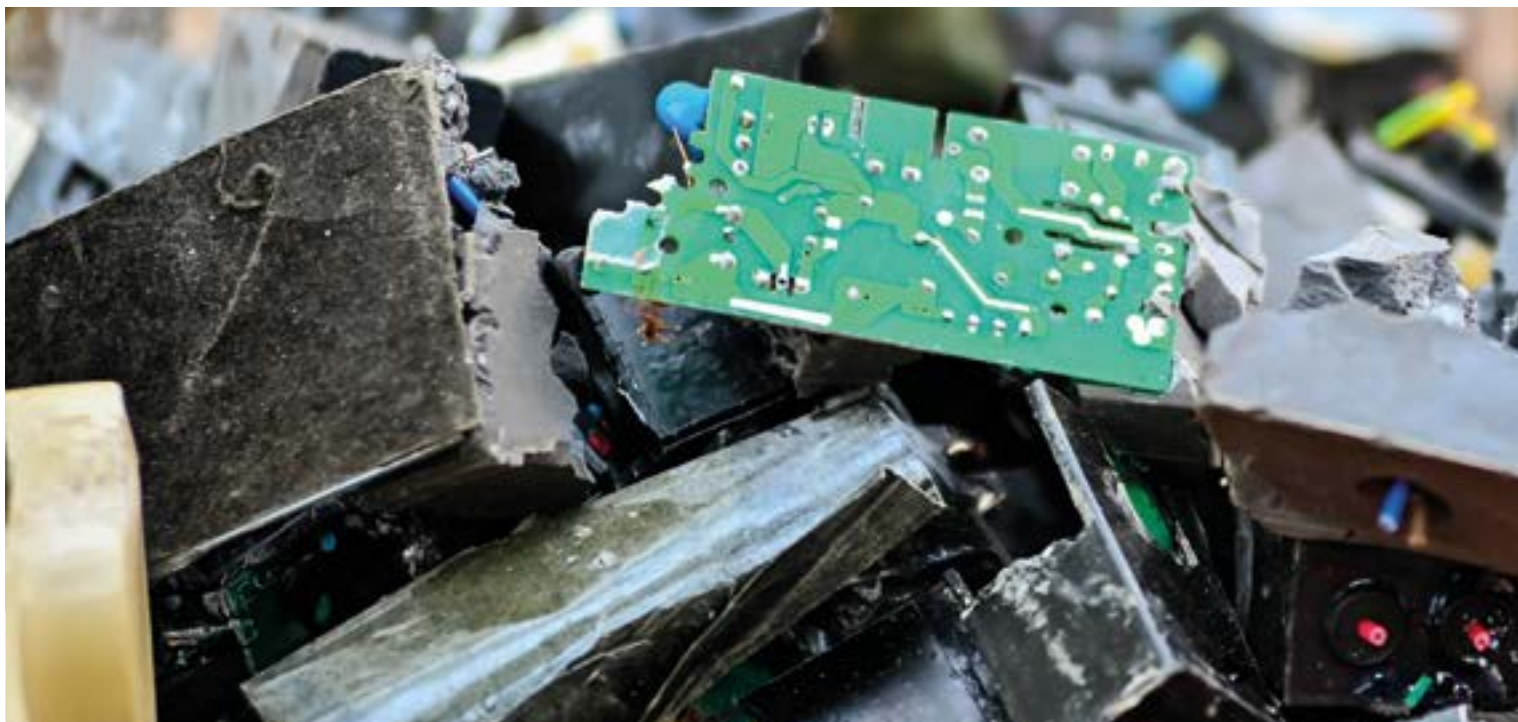
Il y a 50 éléments chimiques présents dans les DEEE. En comparaison, un minerai de cuivre ne contient pas plus de 15 éléments. Le corps humain en contient une vingtaine. Sur ces 50 éléments, on trouve des métaux antagonistes dans les appareils. Le cuivre, le fer, l'aluminium s'oxydent tout de suite dans un four. On obtient des scories visqueuses par exemple avec l'aluminium. Les halogènes compliquent la chose, pas seulement parce qu'ils ont tendance à former des sels avec les nombreux métaux. Ainsi le brome (utilisé dans les retardateurs de flamme) se trouve dans les fumées sous deux formes gazeuses (HBr et Br<sub>2</sub>), mais en

refroidissant on obtient des dioxines de brome avec le carbone, hautement toxiques. On doit concevoir des étapes compliquées de traitement de gaz pour arriver à un gaz propre. Quant aux grandes approches techniques, c'est principalement la pyrométallurgie. La voie de l'hydrométallurgie ne fonctionne toujours pas. La séparation physique après broyage ne suffit pas, même avec un broyage très fin. Il y a encore trop de perte et on crée un déchet toxique bromé. C'est employé en Asie, mais ce n'est pas assez efficace et c'est polluant. Aujourd'hui, on cherche à combiner les méthodes. Trouver la bonne séquence des opérations crée le bon procédé. Chaque métal, parmi les 50 éléments possibles, a son itinéraire dans les étapes des procédés, qu'il faut comprendre.

#### **Quelles sont les opportunités pour le traitement des DEEE ?**

L'Europe est un grand marché de consommation des produits électroniques (25 % de l'électronique mondiale) alors qu'elle n'en produit pas. Le flux de métaux entrants contenus dans ces produits est donc très important. Par exemple 60 % du tantale mondial, métal stratégique, est utilisé par l'industrie électronique. Donc nous pouvons théoriquement récupérer 15 % de la production mondiale, bien plus que la production de nos deux mines européennes, en France et en Espagne. En Europe, le tantale sert à l'aéronautique pour les alliages, il sert aussi pour l'électronique médicale. Son recyclage pourrait satisfaire une bonne partie de nos besoins. Notre future usine Sanou Koura sera capable aussi de traiter à la fois

**“L'Europe  
aurait intérêt  
à traiter tous  
ses déchets,  
voire à en  
importer.”**



le tantale des cartes et celui des minerais. Dans cinq ans on pourrait acquérir l'indépendance européenne.

### **Le marché du recyclage est-il sensible au prix des matières premières ?**

Pas vraiment, car la carte électronique possède une valeur économique en elle-même. Le déchet est acheté en fonction du prix du marché des métaux extractibles (Au, Ag, Pd, Cu). Quand on revend les métaux extraits, c'est également au prix de marché. Si on travaille sur la couverture financière des fluctuations, on peut fonctionner de façon neutre. La sensibilité au prix des métaux est assez faible. Sauf pour les métaux qu'on ne paye pas (notamment pour Sn et Co) mais pour ceux-là ça fonctionne comme un bonus. Le surcoût du processus n'est pas énorme quand on le compare aux coûts d'extraction des mines classiques. Le fait que les grands acteurs (fonderies de cuivre) alimentent leurs usines avec les cartes électroniques tient au fait que leur recyclage est rentable. Une grande partie des cartes reste non traitée. On est en excédent de cartes. Il y a donc un gros gisement encore à exploiter ! Le pari Sanou Koura est de développer une technologie dédiée, qui viendra compléter la filière existante des fonderies de cuivre.

### **Quelles sont les pratiques à l'international ?**

En Inde et en Chine, jusqu'à maintenant ce sont des traitements de fonds de cour. On récupère de l'or avec le cyanure. Le tantale est trop compliqué à traiter en Inde ou en Afrique mais, si c'est correctement trié et collecté sur place, on peut envisager de l'envoyer vers des centres

spécialisés. La convention de Bâle sur l'exportation de déchets exige que, si on exporte des déchets, il faut s'assurer qu'ils puissent être traités selon les normes. D'un côté certains pays, les USA notamment, n'ont pas signé la convention. D'un autre côté, la Chine a arrêté de recevoir les déchets. La Chine a pris conscience du problème et va régler le problème de ses fonds de cour toute seule dans les cinq ans qui viennent. En Afrique et en Inde, les DEEE sont traités de façon partielle, une partie importante est brûlée avec des conséquences environnementales néfastes. Mais il y a une économie des déchets dont vivent les populations. Comment faire pour qu'en Afrique ou en Inde on améliore la situation, en augmentant la valeur produite localement ? L'enjeu est de les accompagner pour que les populations puissent en extraire plus de valeur, dans de meilleures conditions sur le plan sanitaire.

### **Est-ce que le Design for Recycling progresse ?**

Malheureusement non. La conception de produits en vue de favoriser le recyclage s'est plutôt dégradée, en raison de la miniaturisation et de la compactification des composants. Par exemple, on ne peut plus séparer les batteries des appareils nomades. C'est problématique parce que cela a provoqué des incendies dans les premiers centres de traitement de DEEE. De grands acteurs comme Apple communiquent sur leur « verdissement ». On voit un robot qui désosse un iPad ou un iPhone en dix minutes. C'est spectaculaire mais ce n'est pas la solution pratique. Il faut améliorer le design, ce qui n'est pas fait. L'écart de réglementation entre l'Europe (directive RoHS) et l'international non européen pose un problème. Par exemple, le plomb est banni des soudures (RoHS) en raison de sa toxicité mais, à chaque fois qu'on analyse des équipements, on en trouve systématiquement. On n'a pas le gendarme pour vérifier que les sèche-cheveux n'en contiennent pas. Les équipementiers télécom sont conformes, mais pas tous les fabricants de l'électronique grand public ! X

propos recueillis par Francis Charpentier (75)

## **RÉFÉRENCES :**

Christian THOMAS, « Recyclage des cartes électroniques : un aperçu de l'état de l'art », *Annales des Mines, Responsabilité et environnement*, n° 82, avril 2016.

« Recommandations du Comité des métaux stratégiques pour le développement de compétences industrielles françaises dans le recyclage des métaux critiques », *Avis du Comes*, mars 2018.

