

Mines urbaines et caractérisation de déchets d'équipements électriques et électroniques

Alexis Barthet

Les déchets d'équipements électriques et électroniques, abrégés D3E, sont formés d'une large variété d'éléments en teneurs souvent supérieures à celles des minerais classiques. Cela concerne ainsi des métaux de base largement utilisés dans l'industrie tels que le fer, le cuivre ou l'aluminium, des métaux précieux comme l'or, l'argent et le palladium ainsi que des métaux critiques comme certaines terres rares. Ces D3E se retrouvent dispersés dans les aires urbaines, généralement collectés dans des décharges ou détenus par des particuliers et entreprises. Leur recyclage peut présenter un grand intérêt économique d'où la dénomination des D3E en mine urbaine.

Cette thèse se concentre sur leur échantillonnage. Disposer des données fiables sur la teneur d'un lot de déchets électroniques permet de déterminer le traitement le valorisant au mieux et d'estimer les pertes de ce processus. Cela permet également d'établir un prix de vente juste entre les différents acteurs de chaîne de revalorisation des déchets électroniques, qui sont le collecteur, le recycleur et le fondeur. Il existe aujourd'hui des méthodes permettant d'estimer les teneurs moyennes, mais celles-ci peuvent énormément varier d'une mesure à l'autre. Notre objectif est donc d'établir un modèle d'échantillonnage capable de décrire la distribution de l'erreur en fonction de différents paramètres décrivant le lot.

Ce problème d'échantillonnage de la matière morcelée a déjà été étudié par Pierre Gy dans le cadre de l'industrie minière [1][2] et a notamment établi une formule permettant d'estimer la variance de l'erreur en fonction des caractéristiques de la matière. Toutefois, les déchets électroniques ont généralement des propriétés bien plus hétérogènes que celles des minerais. On y observe ainsi une bien plus grande dispersion des tailles, formes et densités, ainsi que des répartitions spécifiques des différents éléments parmi l'ensemble des pièces constituant un lot de D3E, rendant les formules dérivées du modèle de Gy inapplicables aux D3E. Le travail effectué consistera donc en la caractérisation

de D3E afin d'appliquer les modifications nécessaires au modèle de Gy pour qu'il fonctionne sur un lot de D3E broyés.

Pour cela, une analyse granulométrique complète est menée sur les fragments visant à déterminer la distribution des tailles et masses individuelles en fonction d'autres critères tels que la forme, le type de fragment et sa densité. En parallèle, des analyses chimiques sont menées pour déterminer la dispersion des éléments parmi les différents fragments. Ces données sur la granulométrie et les teneurs suffisent à paramétrer le modèle proposé par Pierre Gy, dont les prédictions seront ensuite confrontées à des mesures directes de la variance pour vérifier sa validité.

Il ressort de la base de données ainsi construite une complexité des relations entre taille, teneur, forme et densité propre et D3E et qui nécessite de complètement revoir les modèles d'échantillonnage qui les supposaient généralement indépendantes. En outre, ces travaux devraient permettre d'optimiser certains procédés de tri physique ainsi que les systèmes d'identification automatique de déchet.



Fig. 1. Exemple de fragments échantillonnés

[1] Gy, P. 1967, L'échantillonnage des minerais en vrac, Tome 1, Revue de l'Industrie Minière

[2] Gy, P. 1979, L'échantillonnage des matières particulières; Théorie et pratique