



HAL
open science

Les déchets électroniques, une source de palladium pour la fabrication de catalyseurs

Anne-Gwénaëlle Guezennec, Solène Touzé, Agathe Hubau, Damien Bourgeois

► **To cite this version:**

Anne-Gwénaëlle Guezennec, Solène Touzé, Agathe Hubau, Damien Bourgeois. Les déchets électroniques, une source de palladium pour la fabrication de catalyseurs. 19ème Congrès Français de Génie des Procédés (SFGP 2024), Société Française de Génie des Procédés, Oct 2024, Deauville, France. hal-04633496

HAL Id: hal-04633496

<https://brgm.hal.science/hal-04633496v1>

Submitted on 3 Jul 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Les déchets électroniques, une source de palladium pour la fabrication de catalyseurs

Anne-Gwénaëlle GUEZENNEC¹, Solène TOUZE¹, Agathe HUBAU¹ et Damien BOURGEOIS²

¹DEPA, BRGM, France

²ICSM, France

a.guezennec@brgm.fr

INTRODUCTION

La catalyse est au cœur de nombreux procédés industriels. Parmi les catalyseurs disponibles sur le marché, ceux à base de palladium sont reconnus pour leur très grande efficacité et leur polyvalence. Ils sont utilisés pour la production de composés organiques à haute valeur ajoutée. On les retrouve également dans les pots d'échappement où ils permettent de réduire la nocivité des gaz d'échappement, en accélérant leur transformation en CO₂. Le palladium est un métal rare et extrêmement coûteux. Il fait partie de la liste des métaux et minéraux considérés comme critiques par l'Union Européenne du fait de sa rareté et de risque d'approvisionnement (le palladium est produit majoritairement par la Russie). En dehors des catalyseurs, le palladium est également utilisé dans le domaine de l'électronique. On peut ainsi trouver des teneurs significatives en palladium dans certains déchets électroniques, ainsi que d'autres métaux précieux, tels que l'or, qui peuvent être également utilisés en catalyse. Le projet ANR CAREME (« CATalysis with REcycled METals ») a pour objectif de synthétiser des catalyseurs directement à partir de déchets électroniques en proposant des boucles courtes qui limitent les étapes de purification des métaux. Parmi les déchets étudiés dans le projet, les PLCC (Plastic Leaded Chip Carrier) contiennent des teneurs significatives en Pd (de 50 à plus de 300 mg/kg), mais également d'autres éléments tels que le cuivre ou de la silice. L'un des enjeux du projet consiste à concentrer le palladium pour qu'il atteigne une teneur compatible avec la synthèse du catalyseur, **soit une teneur supérieure à 1000 ppm**. L'étude présentée ici s'inscrit dans le cadre de ce projet et vise à développer un procédé de concentration des PLCC en se basant sur les différences de propriétés électrostatique et magnétique ou les différences de densité des différents éléments qui constituent les PLCC.

METHODOLOGIE

La première étape de l'étude a consisté à broyer l'échantillon de PLCC fourni par le recycleur associé au projet. Différentes opérations de déchiquetage ont été réalisées afin de réduire progressivement la taille des particules. L'échantillon broyé a été homogénéisé, divisé en sous-échantillons représentatifs et analysé par ICP après digestion à l'eau régale selon la méthodologie développée par Touze et al. (2020). Pour faciliter les étapes ultérieures de concentration, le matériau a été tamisé pour produire différentes fractions granulométriques (>800 μm, 500-800 μm, 250-500 μm). Différentes techniques de concentration magnétique, électrostatique et gravimétrique ont ensuite été testées et évaluées à l'échelle du laboratoire. Elles permettent d'obtenir d'une part une fraction enrichie en élément cible, appelé concentré, et un déchet appauvri en élément cible. Enfin, un essai pilote a été réalisé sur un échantillon de PLCC de 6 kg afin de valider le procédé de prétraitement.

RESULTATS

Le Tableau 1 montre les teneurs des principaux éléments non-organiques contenus dans le lot de PLCC utilisé pour cette étude. La teneur en palladium atteint 191 ppm, tandis que le cuivre représente le principal élément métallique avec une teneur de 19%. Les PLCC contiennent également des teneurs non négligeables en or (217 ppm) et en Ag (256 ppm).

Tableau 1. Teneur en éléments principaux de l'échantillon de PLCC utilisé dans cette étude (analyse réalisée par ICP sur trois échantillons de 5g minéralisés à l'eau régale)

Cu	Si	Sn	Ni	Ag	Au	Pd
%	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
19	10	5840	4374	256	217	191

L'observation des échantillons obtenus à l'issue des différentes étapes de déchetage a montré que le palladium contenu dans les PLCC est libéré, et donc accessible au traitement de concentration, lorsque la taille des particules est comprise entre 0,5 et 1 mm. Les différents essais de concentration magnétique et électrostatique n'ont pas permis de concentrer significativement le palladium, contrairement aux essais de concentration gravimétrique. Compte tenu de ces résultats, un essai pilote de traitement d'un échantillon de 6 kg a été mené, incluant une étape de déchetage, une étape de tamisage et une étape de concentration gravimétrique sur table à secousse. La Figure 1 montre les teneurs en palladium et en cuivre atteintes dans les différentes fractions granulométriques à l'issue de cet essai. On observe une augmentation significative de ces teneurs dans les trois fractions granulométriques traitées, le facteur de concentration étant compris entre 3 et 4 pour le palladium et entre 2 et 3 pour le cuivre.

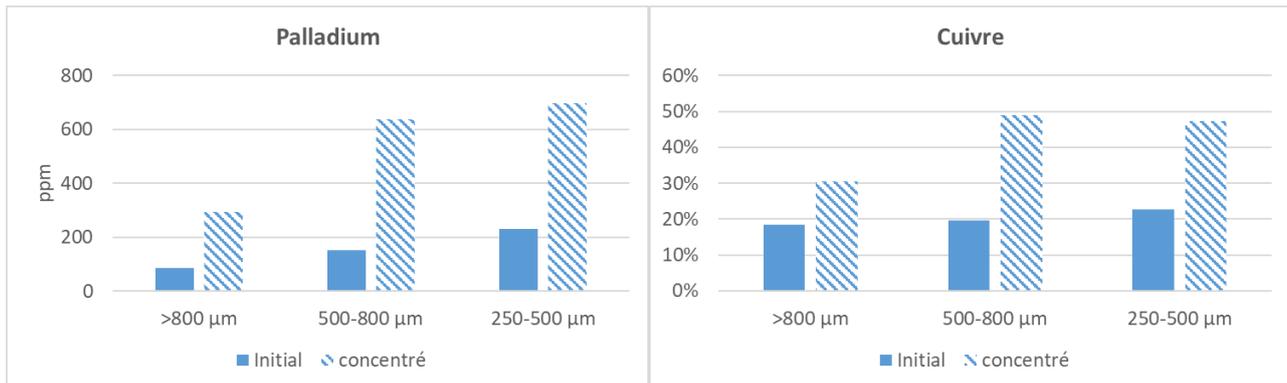


Fig. 1. Comparaison entre les teneurs en palladium et en cuivre dans l'échantillon initial et dans le concentré obtenu après séparation gravimétrique (les teneurs ont été déterminées sur les fractions granulométriques obtenues après tamisage des deux matériaux)

PERSPECTIVES

Pour atteindre la valeur cible de 1000 ppm de palladium, les concentrés vont être soumis à une ultime étape de concentration par biolixiviation. Cette technique a déjà été testée avec succès par le BRGM sur des déchets de circuits imprimés (Hubau et al., 2020). Elle permet de dissoudre les métaux de base tels que le cuivre, et ainsi de concentrer les métaux précieux tels que le palladium dans le résidu solide restant à l'issue de la biolixiviation. En se basant sur un taux d'extraction du cuivre de 100%, cette étape permettra d'atteindre une teneur en palladium de 1251 ppm dans la fraction 500-800μm et de 1322 ppm dans la fraction 250-500μm. Dans la fraction >800 μm, la teneur en palladium initiale est trop faible pour atteindre la valeur cible. Des travaux sont en cours dans la partie aval du projet afin de diversifier les applications en catalyse et synthétiser des catalyseurs moins riches en palladium.

MOTS-CLES DU THEME

Procédés de recyclage, hydrométallurgie

MOTS-CLES LIBRES

Déchets électroniques, catalyseur, palladium.

REFERENCES

- Hubau, A., Minier, M., Chagnes, A., Joulian, C., Silvente, C. and Guezennec, A.-G., 2020, Recovery of Metals in a Double-Stage Continuous Bioreactor for Acidic Bioleaching of Printed Circuit Boards (PCBs), *Separation and Purification Technology* 238, <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2019.116481>
- Touze, S., Guignot, S., Hubau, A., Devau, N. and Chapron, S., 2020. Sampling Waste Printed Circuit Boards: Achieving the Right Combination Between Particle Size and Sample Mass to Measure Metal Content, *Waste Management* 118:380–390, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.08.054>