

Gold leaching in deep eutectic solvents and other chloride-rich media

Oussama Djorf^a, Fousséni Soma^{a,b}, Moussa Bougouma^b, Emmanuel Muragijimana^a, Thomas Doneux^a

^a *Chemistry of Surfaces, Interfaces and Nanomaterials (ChemSIN), Université Libre de Bruxelles (ULB), Boulevard du Triomphe, 2, CP 255, B-1050 Brussels, Belgium.*

^b *Laboratoire de Chimie Analytique, de Physique Spatiale et Energétique (L@CAPSE), UFR/Sciences et Technologies (ST), Avenue Maurice Yameogo, Université Norbert ZONGO, BP 376, Koudougu Burkina Faso.*
Oussama.Djorf@ulb.be

In an era dominated by technological advancements and rapid industrialization, the demand for precious metals has skyrocketed, driven by their indispensable role in electronics, renewable energy technologies, and various other applications. However, this surge in demand has brought with it a pressing need for responsible and sustainable practices in the recycling of precious metals. Electrochemistry plays a significant role in hydrometallurgical processes for recovering precious metals, both in the leaching stages (dissolving metals) and in their selective recovery through electrodeposition. These methods often involve solutions that are corrosive and/or toxic due to the electrolytes and additives they contain such as cyanides posing significant environmental and health hazards.

In the past few years, unconventional solvents such as ionic liquids, deep eutectic solvents (DES), and 'water-in-salt electrolytes (WISE)' have been gaining increasing attention in this regard because of their potentially minor environmental impact. Recent work in our laboratory (1) has demonstrated that the electrochemistry of gold in the choline chloride-oxalic acid dihydrate deep eutectic solvents (DES) allows for the control of gold leaching and electrodeposition.

In the present work, it is demonstrated that various chloride rich DESs and aqueous solutions exhibit similar leaching properties. In order to understand the leaching mechanism, the influence of different parameters (temperature, pH, viscosity, nature of the gold salt) on the electrochemical properties has been investigated using electrochemical (voltammetry, chronopotentiometry, chronoamperometry,...) and spectroscopic (UV-Vis) methods. A particular attention has been paid to the speciation of gold in the different solutions and to the redox potentials of the involved couples.

The gold leaching reaction has strong “green” credentials, as it does not make use of toxic (e.g. cyanide) or hazardous (e.g. aqua regia) chemicals and displays a very good atom economy.

References

- (1) F. Soma, T.V. Nguyen, M. Bougouma, C. Buess-Herman, T. Doneux, Gold electrochemistry in the acidic choline chloride-oxalic acid deep eutectic solvent, *submitted*.

Etude du comportement électrochimique du cobalt en milieux solvants eutectiques profonds

Ouédraogo Achille^{a,b}, Soma Fousséni^{a,b}, Doneux Thomas^a, Bougouma Moussa^b

^a*Chemistry of Surfaces, Interfaces and Nanomaterials (ChemSIN), Université libre de Bruxelles (ULB), Boulevard du Triomphe, 2, CP 255, B-1050, Bruxelles, Belgium.*

^b*Laboratoire de Chimie Analytique, de Physique Spatiale et Energétique (L@CAPSE), UFR/Sciences et Technologies (ST), Avenue Maurice Yameogo, Université Norbert ZONGO, BP 376, Koudougou, Burkina Faso.*
achille.ouedraogo@ulb.be

La croissance de plus en plus rapide de la production et de la consommation d'équipements électriques et électroniques conduit à une forte augmentation des déchets associés (DEEE), qui sont sources de pollution en particulier dans les pays en développement. Parmi ces DEEE, les batteries lithium-ions (LIB) intensivement utilisées dans les appareils électroniques et dans les véhicules électriques. Ces batteries LIB contiennent des quantités importantes de métaux valorisables et/ou stratégiques, tel que le cobalt⁽¹⁾.

Le présent travail s'intéresse au comportement électrochimique du cobalt dans différents solvants eutectiques profonds (SEP), dans la perspective d'une contribution à la chaîne du recyclage de ce métal. Les SEP sont souvent considérés comme des solvants verts, compatibles avec un environnement durable. Ils présentent d'autres avantages tels que leur très large domaine d'électroactivité, leur forte conductivité, leur ininflammabilité et leur grande stabilité thermique. Les propriétés physico-chimiques de ces SEP et la spéciation des éléments dissous dépendent de la nature de leurs constituants, ce qui influence fortement le comportement électrochimique des espèces étudiées.

Avant d'entreprendre les différentes mesures électrochimiques, les SEP utilisés (chlorure de choline (ChCl)-urée, ChCl-glycérol, ChCl-éthylène glycol, ChCl-acide lévulinique et ChCl-acide oxalique) ont été d'abord électrochimiquement étudiés afin de définir les paramètres d'étude (bornes électrochimiques en potentiel) sur les électrodes d'or (Au) et de carbone vitreux (GC).

Les réponses électrochimiques de solutions de $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dissout dans différents SEP ont été étudiées sur chaque électrode Au et GC. Dans les SEP « acides », aucune réponse caractéristique du cobalt n'est observée dans la fenêtre de potentiel accessible, car la réduction du Co(II) ne se produit qu'à des potentiels plus négatifs, comme l'attestent les voltampérogrammes enregistrés dans les SEP « neutres » et « basique ». En milieu ChCl-glycérol sur électrode de GC, il a été constaté que la réduction du Co(II) est irréversible. Des résultats similaires ont été rapportés par certains auteurs⁽²⁾ qui ont montré que la réduction du Co(II) est contrôlée par diffusion.

(1) F. Gu, P. A. Summers.; P. Hall, « Recovering materials from waste mobile phones: Recent technological developments », *J. Clean. Prod.*, **2019**, vol. 237, p. 117657.

(2) M. P. Sakita, R. Della Noce, C. S. Fugivara. ; A. V. Benedetti, « On the cobalt and cobalt oxide electrodeposition from a glyceline deep eutectic solvent », *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **2016**, vol. 18, p. 25048- 25057.

Recyclage des métaux des cellules photovoltaïques par voie ionométallurgique

Agathe Vaché,^{a,b} Romain Duwald,^a Audrey Mandroyan,^b Emmanuel Billy,^a et Jean-Yves Hihn^b

^a CEA-LITEN, 17 avenue des Martyrs 38054, Grenoble Cedex 9, FRANCE

^b Université de Franche-Comté, CNRS, Institut UTINAM UMR 6213 F-25000 Besançon, France

agathe.vache@cea.fr

L'énergie photovoltaïque s'est beaucoup développée ces dernières années en tant qu'alternative aux énergies fossiles pour la production d'électricité. Le développement de cette technologie entraîne la production d'une grande quantité de déchets. Parmi les différentes technologies présentes sur le marché (c-Si, CIGS, CdTe...), 90 % des panneaux en usage sont de type c-Si. Le volume de déchets associés à cette technologie devrait atteindre 78 Mt en 2050, qu'il sera nécessaire de retraiter. [1] L'argent, bien que ne représentant seulement 0,5 % de la masse d'un panneau c-Si, il représente 47 % de sa valeur marchande recyclable. [2] Le recyclage de l'argent est actuellement assuré par des procédés hydrométallurgiques utilisant des acides forts et de hautes températures. Des procédés alternatifs moins énergivores sont à l'étude. Parmi eux, l'ionométallurgie utilise des milieux ioniques tels que les solvants eutectiques profonds (DES), association d'un accepteur et d'un donneur de liaisons hydrogène (Figure 1). [3] Ces milieux présentent une grande stabilité chimique et électrochimique avantageuse pour la récupération des métaux. [4] Nos travaux se concentrent sur la lixiviation puis l'électroraffinage des métaux d'intérêt de cellules c-Si en un minimum d'étapes par voie ionométallurgique. L'utilisation de complexants organiques est une voie envisageable pour optimiser la récupération des métaux. Le comportement électrochimique des ions métalliques en milieu DES est étudié en l'absence et en présence de différents complexants, afin de déterminer les meilleures conditions pour un futur électroraffinage des métaux (Figure 1).

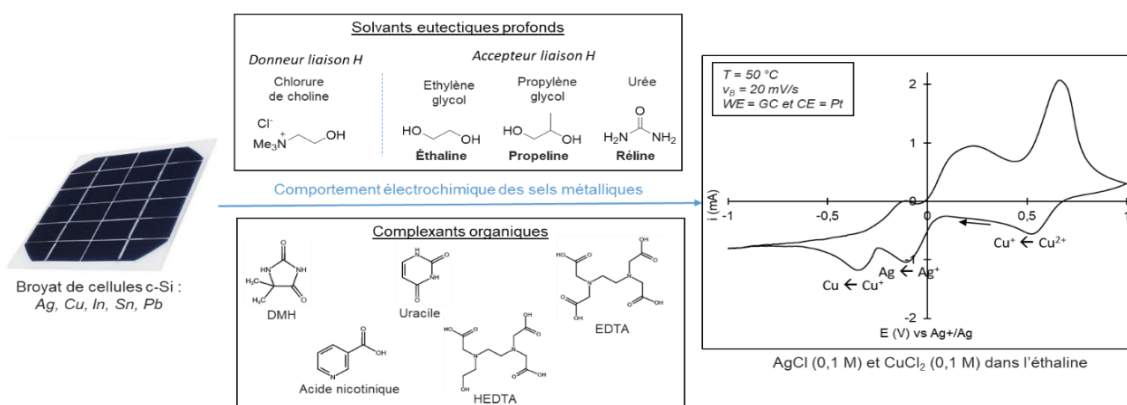


Figure 1 : Électroraffinage des métaux de cellules c-Si en milieu DES

Références

1. Weckend S., Wade A., et Heath G., *END-OF-LIFE management: solar photovoltaic panels* (United-States), 2016.
2. Gahlot R., Mir S., et Dhawan N., *Energy and Fuels*, 2022, **36**, 14554–14572.
3. Abbott A. P. *et al.*, *Green Chem.*, 2015, **17**, 2172–2179.
4. Pateli I. M., Abbott A. P., Jenkin G. R. T., et Hartley J. M., *Green Chem.*, 2020, **22**, 8360–8368.

Towards the UVB photo-assisted electro-Fenton treatment for the enhanced removal of organic contaminants from wastewater

Hauchard, Didier^a Favier, Lidia^a

^a *Institut Sciences Chimiques de Rennes, UMR CNRS 6226, ENSCR, Rennes, France*

Email : didier.hauchard@ensc-rennes.fr

Improved three-dimensional (3D) cathodes, based on densely packed bed of carbon pellets have been successfully used within open, undivided reactors to enhance the Electro-Fenton (EF) treatment of organic contaminants from polluted water and industrial effluents [1-3]. The present work, investigates the efficiency of UV photo-assisted electro-Fenton with these as developed cathodes. For this purpose, two UV lamps were employed within the EF reactor. Batch experiments were conducted under the following conditions: an effluent volume of 2.8 L and a flow rate of 6 L.min⁻¹. A commercial organic dye, named methyl blue (MB) was employed as a model molecule to assess the efficiency of the combined UV-EF treatment, both in the presence or in absence of chlorides. The EF process was carried out under optimal operating conditions based on previous studies [1]. For these tests two types of anodes (a dimensionally stable anodes (DSA) and boron-doped diamond anodes (BDD) were evaluated. The performance of the different treatments was evaluated by UV spectroscopy on the base of discoloration, TOC and COD measurements.

Obtained results showed that the degradation efficiency of the EF treatment, remains limited with only 50% of elimination after 150 minutes. Additionally, it was found that the substitution of the DSA anode with a BDD anode (with the same surface area) conducts only lower improvement in COD reduction (of about 5%). However, significant enhancement in the mineralization of the target molecule was observed when EF treatment was photo-assisted by UV lamps. COD reduction rates of 72% and 82% were achieved for UVC (100-280 nm) and UVB (280-315 nm) after 150-minutes of treatment. Thus, it becomes evident that UVB outperforms UVC in terms of efficiency. Furthermore, it has been demonstrated that UV light radiation primarily affects the degradation of EF by-products rather than the discoloration of MB. In order to limit the energy consumption, the coupling with UVB should only be initiated after the dye has been decolorized by EF treatment. In summary, this study clearly highlights the potential of UVB photo-assisted EF processes for degrading organic contaminants from wastewater.

Bibliography

- [1] Chmayssem A., Taha S., Hauchard D. *Electrochimica Acta*, **2017**, 225, 435-442
- [2] Bakhti H., Ben Hamida N., Hauchard D. *J Pure Appl. Chem. Res.*, **2020**, 9(1), 40-56
- [3] Chmayssem A., Alchoubassi G., Taha S., Hauchard D. *Environmental Science and Pollution Research Journal* **2023**, <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2504059/v1>