

HILPISCH Patrick (2021): Biorecovery of lithium from spent lithium-ion batteries

Le lithium (Li) est une ressource de plus en plus importante à cause de son utilisation dans les batteries aux ions de lithium (lithium-ion batteries, LIBs) et sa demande va augmenter en raison de son importance dans la transition vers des technologies à faible empreinte carbone. Le carbonate de lithium (Li_2CO_3) est la matière première principale utilisée dans la filière industrielle des produits à base de Li et provient principalement de sources primaires, car son recyclage depuis les produits usagés est négligeable. Ces aspects rendent nécessaire l'exploration de nouvelles méthodes de recyclage du Li ayant un faible impact environnemental. Dans cette étude, une route entièrement bio-médiée est proposée, ayant pour but d'obtenir du Li_2CO_3 à partir de LIBs. Deux étapes principales ont été conçues : i) la solubilisation du Li depuis des LIBs (biolixiviation), et ii) sa précipitation sous forme de Li_2CO_3 . Dans l'étape de biolixiviation, la production d'acide oxalique (oxalic acid, OA) par le champignon *Aspergillus niger* a été exploitée en raison de sa capacité à lixivier sélectivement le Li et former des complexes insolubles avec les autres métaux des LIBs. Des conditions de culture propices permettant à *A. niger* de produire préférentiellement de l'OA ont été déterminées expérimentalement. La deuxième étape a été inspirée par la voie oxalate carbonate (oxalate-carbonate path way, OCP), c.à.d., un mécanisme observé dans certains écosystèmes, où la dégradation microbienne d'oxalate de calcium biogénique amène à la précipitation de carbonate de calcium par la formation de carbone inorganique et la hausse du pH. L'idée était d'imiter l'OCP basée sur le Ca avec une OCP basée sur le Li, en utilisant des solutions (lixiviats) produits par biolixiviation. Les bactéries oxalotrophes *Cupriavidus oxalaticus* et *Cupriavidus necator* ont été cultivées en milieux contenant de l'oxalate de lithium (LiOx); les résultats ont montré que les deux consommaient l'oxalate, en augmentant le pH jusqu'à des niveaux qui permettraient la précipitation de Li_2CO_3 , et que l'alcalinisation ne se produisait pas lorsque le pH initial était inférieur à 6. Des solutions obtenues après l'activité d'oxalotrophie ont été évaporées avec le but de déterminer la présence de Li_2CO_3 parmi les précipités formés à l'aide de l'analyse micro-XRD (X-Ray Diffraction). La dégradation de l'urée (uréolyse) est une réaction biochimique déjà exploitée pour la récupération de métaux, car, comme l'oxalotrophie, elle produit du carbone inorganique et augmente le pH, permettant ainsi la précipitation de carbonates. Ceci est une approche intéressante car il est possible de l'appliquer à l'urine, en transformant un déchet en une ressource. La bactérie *Serratia ureilytica* et le champignon *Neurospora sitophila* ont été cultivés en milieux contenant de l'urée industrielle et les deux ont montré la capacité d'augmenter efficacement le pH. Comme les lixiviats obtenus dans l'étape de biolixiviation étaient acides et l'oxalotrophie était inefficace à pH inférieur à 6, ces expériences ont déterminé qu'un milieu uréolysé peut être combiné avec des lixiviats riches en OA avant de commencer l'étape d'oxalotrophie. Les analyses micro-XRD des précipités obtenus dans l'étape d'oxalotrophie n'ont pas été réalisées lors de cette étude, ainsi que la route complète combinant biolixiviation, uréolyse et oxalotrophie. Par conséquent, il n'a pas été possible d'établir si celle-ci pourrait permettre la précipitation de Li_2CO_3 ; toutefois, les résultats intermédiaires sont promettant en vue de la recherche future qui devrait compléter cette étude.

Mots-clés: lithium, batteries aux ions de lithium, carbonate de lithium, géomicrobiologie, bio-récupération, oxalate, voie oxalate-carbonate, urée, uréolyse, *Aspergillus niger*, *Cupriavidus*, *Neurospora sitophila*, *Serratia ureilytica*