

Start-up

Ajelis ouvre une voie compétitive de piégeage des métaux rares

Ajelis est née officiellement il y a quelques jours. Mais sa création a été portée sur les fonds baptismaux un peu en amont par l'Etat, qui a retenu ce projet d'entreprise dans son concours mondial de l'innovation (projet Cyter), illustration de l'intérêt stratégique des développements engagés en matière de récupération et recyclage de ressources rares. Amorcé il y a quelques années avec l'université Paris-Sud et le CEA-Saclay, le projet Cyter visait pourtant dans un premier temps à résoudre une préoccupation nucléaire liée aux rejets de césium. Ce composé radioactif très petit est en effet mal retenu dans le temps par les matrices de verre et par ailleurs présente une affinité très grande avec les composants organiques qui le retiennent très bien, ce qui rend tout risque de pollution dans la nature plus important. Avec l'avènement de l'accident de Fukushima, le problème a été exacerbé et a contribué à une accélération de la réflexion en cours sur des moyens de piéger sélectivement le césium dans les eaux de refroidissement. Assez vite, il est cependant apparu que les travaux menés pour le césium pouvaient être transposés et élargis à de nombreux autres métaux, métaux lourds et terres rares, dans une optique de proposer des moyens nouveaux, efficaces et compétitifs de récupération de ces composés.

Le cœur des développements est la conception de matériaux adsorbants de nouvelle génération capables de piéger et capter sélectivement différents métaux dans des effluents liquides, l'extraction de chaque métal pouvant s'opérer sur un même flux traversant plusieurs couches spécifiques d'adsorbants. Autres défis, disposer d'un moyen de régénération facile et non polluant de ce substrat d'adsorption pour récupérer les métaux et les valoriser, avoir une capacité élevée de piégeage (pour concentrer les métaux et avoir un système compact) sans compter une bonne cinétique de piégeage et une faible perte de charge. Presque la quadrature du cercle...

Le défi a été relevé en concevant une famille de matériaux reposant sur l'utilisation d'un feutre de carbone sur lequel sont greffées (via un pelliculage nanométrique) des molécules cages, spécifiques à chaque métal ou famille de métaux. Une bonne partie du développement académique a porté sur cette capacité de greffage et d'immobilisation des molécules cages, celles-ci devant lors de ce procédé de fixation ne pas être altérées. Pour les molé-

cules cages, les fondateurs d'Ajelis ont pu s'appuyer sur une « chimiothèque » importante, des calixarènes, des éthers-couronnes, des cyclodextrines etc., pour identifier pour les métaux stratégiques et notamment les terres rares, les meilleurs candidats pour le greffage. Il a fallu ensuite optimiser la géométrie du substrat (pour que toute la surface greffée soit accessible aux effluents) ou le niveau de greffage, afin d'obtenir potentiellement un matériau capable de piéger une quantité importante de métaux. Le niveau de développement actuel permet ainsi d'afficher des capacités de capture au moins équivalentes à celles des meilleures résines échangeuses d'ions. Mais avec d'autres atouts différentiels.

Un dispositif totalement régénérable

L'enjeu de l'approche d'adsorption d'Ajelis est en effet de pouvoir récupérer les métaux piégés par les molécules cages pour les valoriser et recycler l'adsorbant sans impact pour l'environnement. Cette démarche permet en effet de pouvoir cibler des applications de récupération de matières premières, même si ces dernières ne sont pas nécessairement coûteuses, donc à un coût d'exploitation faible. Les fondateurs d'Ajelis ont en effet en tête de répondre à des impératifs réglementaires sur certaines substances (on s'attend à des abaissements forts des taux de rejets acceptés pour les métaux lourds à l'avenir, passant de l'ordre du mg/l au µg/l). En outre, l'enjeu de la récupération des terres rares n'est pas simplement économique. Tous les lanthanides (globalement les terres rares) ne sont pas hors de prix : c'est le problème de la disponibilité et de l'accessibilité aux réserves qui est avant tout stratégique pour de nombreuses filières technologiques. Le procédé basé sur les adsorbants d'Ajelis permettra donc cette régénération, par le biais d'une acidification très provisoire du milieu liquide dans lequel baignera l'adsorbant (via l'électrochimie). Concrètement, l'adsorbant subira une sorte de « balayage acide », généré *in situ*, qui provoquera l'ouverture des molécules cages et l'expulsion des métaux. Le petit volume d'eau dans lequel tous les métaux seront solubilisés sera récupéré pour être valorisé. Un des atouts de cette méthode est de récupérer les métaux sous une forme liquide, de sels de lanthanides par exemple, directement utilisable par les

filières industrielles, tandis que l'adsorbant pourrait être réutilisé des dizaines de fois.

Ajelis met en avant les perspectives dans la récupération des terres rares, car de nombreux procédés de recyclage de déchets contenant ces matières premières mettent en œuvre des étapes d'hydrométallurgie qui sont aujourd'hui suivies de nombreux étages d'extraction, complexifiant et renchérissant leur récupération. Il y a donc dans l'approche d'Ajelis un potentiel de compétitivité important pour ces filières en émergence. Ce qui n'empêchera pas par ailleurs Ajelis de s'intéresser au captage d'autres métaux lourds couramment employés dans l'industrie, notamment en traitement de surface, et pour lesquels une récupération compétitive serait bienvenue. Pour ces marchés, l'idée est de venir en complément des filières classiques de récupération (notamment précipitations sélectives, floculations), en affinage de traitement (en dessous de quelques mg/l). A ce jour, la conception du feutre fonctionnalisé pour le piégeage du césium est quasiment finalisée et validée (niveau de maturité TRL 7 - prototype fonctionnel). Pour les terres rares, la preuve de concept laboratoire a été faite (TRL3 à 4), ce qui impose encore sans doute deux ans de développement pour proposer au marché une gamme de matériaux totalement opérationnels.

La vocation de la start-up est avant tout de porter des projets de R&D sur la conception de nouveaux adsorbants et le procédé de mise en œuvre. Assez rapidement, Ajelis devrait être en capacité de répondre aux besoins du marché en adsorbant ciblé sur le césium, et pour d'autres métaux dans un deuxième temps pour des essais clients. Mais le marché potentiel d'applications pour la plupart des métaux et terres rares imposera une autre stratégie de développement industriel pour la production, qui n'est pas arrêtée à ce jour. A court terme, l'objectif est surtout de nouer des accords industriels pour poursuivre la mise au point et les tests de différents nouveaux adsorbants sur des problématiques ciblées. La visibilité obtenue par le concours mondial de l'innovation dont Ajelis est lauréate devrait faciliter cela. Et de fait reporter les besoins d'investissements en capital de l'entreprise à 18 mois environ.

Ajelis

Ekaterina Shilova, Pascal Viel, Vincent Huc

 > shilova@discoverylab.eu