

## Le recyclage des batteries

Depuis près de 10 ans, l'Institut Liten du CEA a engagé un programme de développement des batteries Li-ion de haute énergie, avec pour objectifs majeurs l'émergence d'une nouvelle génération de matériaux actifs présentant à la fois des performances améliorées mais également un faible coût de production. Aujourd'hui, ces défis sont en passe d'être relevés et des matériaux tels que  $\text{LiFePO}_4$  dopé au bore (LFPB) et  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  (LTO) offrent des performances suffisamment élevées pour être transférés à l'échelle industrielle, avec comme champ d'application le véhicule électrique. En vue de ce passage, le recyclage des accumulateurs usagés et la gestion des rebuts de production doivent être considérés.

S'il existe à ce jour de nombreux acteurs industriels du recyclage des accumulateurs de tous types, leurs procédés pour cette technologie Li-ion s'appuient sur la récupération et la valorisation de métaux (Ni, Co, Fe, Cu) obtenus le plus souvent par pyrolyse de la batterie. En effet, pour le moment, les accumulateurs Li-ion à traiter proviennent surtout d'appareils électroniques portatifs usagés (ordinateurs et téléphones) composés majoritairement d'oxydes mixtes de lithium et de cobalt et/ou de nickel. Le lithium n'est pas valorisé. Par conséquent, l'émergence de nouveaux matériaux actifs sans cobalt et sans nickel (LFPB et LTO) remet en question l'équilibre économique des procédés



Lixiviation de composants de batteries Li-ion.



Caractérisation physico-chimique d'un lixiviat obtenu après la mise en solution des matériaux actifs de batteries Li-ion.

de recyclage actuels et nécessite donc une évolution profonde de l'approche des industriels.

### Couvrir l'ensemble de la filière de fabrication

Dans ce contexte, le Liten a démarré en 2010 un programme de R&D portant sur le recyclage des batteries Li-ion de technologie CEA. Il a pour objectif la mise au point d'un procédé global assurant le traitement non seulement des batteries usagées, mais également des rebuts de production non négligeables au stade de la fabrication préindustrielle de batteries. Ce programme permettra à terme au Liten de couvrir l'ensemble de la filière de fabrication des batteries Li-ion, des matières premières jusqu'au traitement du produit en fin de vie, et de confirmer sa place d'acteur majeur.

Ce programme comprend la méthode de mise en sécurité de la batterie usagée qui peut conserver une partie non négligeable de sa capacité électrique et le recyclage proprement dit des accumulateurs. À ce niveau, la récupération et le recyclage des collecteurs de courant en cuivre et en aluminium, représentant à eux seuls la majeure partie du coût de l'accumulateur, sont primordiaux. Ce programme s'intéresse aussi à recycler un nombre plus important de matériaux tels que le liant fluoré des électrodes (PVDF) et l'électrolyte ( $\text{LiPF}_6$ ). Concernant les matériaux actifs (LFPB et LTO), la voie privilégiée en raison de l'absence d'élément à haute valeur ajoutée est la recirculation des matériaux recyclés dans le cycle de

fabrication de nouveaux accumulateurs. Dans ce but, un procédé hydrométallurgique est en cours de développement avec pour vocation la valorisation du lithium. Si ce métal alcalin est bien moins onéreux que le nickel ou le cobalt, son approvisionnement est considéré comme stratégique aujourd'hui, notamment pour les acteurs de la filière du véhicule électrique. La technique visée consiste à mettre en solution acide les matériaux actifs, à séparer les éléments métalliques en solution puis à effectuer la synthèse de nouveaux précurseurs de matériaux actifs sous forme de carbonate de lithium ( $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ) ou de phosphate de lithium ( $\text{Li}_3\text{PO}_4$ ).

La finalité de ce programme doit permettre au Liten d'affiner ses analyses technico-économiques et d'impacts environnementaux de la filière batteries Li-ion, et de déployer prochainement une démarche d'éco-conception. Afin de relever cet ensemble de défis, un réseau de partenaires est en train d'être constitué autour d'acteurs régionaux académiques et industriels déjà très impliqués dans le domaine du recyclage des accumulateurs et de la séparation chimique, avec pour objectifs la récupération et la valorisation de matières premières secondaires.

> **Richard Laucournet, Sophie Mailley et Étienne Bouyer**  
Institut Liten (Laboratoire d'innovation pour les technologies des énergies nouvelles et les nanomatériaux)  
Direction de la recherche technologique  
CEA Centre de Grenoble