



RECYLION - Développement d'un procédé de RECYclage des batteries Lithium-ION à faible empreinte environnementale



Ce projet fait partie des nominés à la première édition des Etoiles de l'Europe en Normandie : retrouvez ci-dessous la candidature en détails !

- **Structure bénéficiaire** : CNRS (laboratoire Groupe de Physique des Matériaux (GPM) UMR 6634)
- **Partenaire(s) du projet** : Laboratoire de Cristallographie et Sciences des Matériaux (CRISMAT) UMR 6508 CNRS
- **Fonds** : FEDER
- **Programmation** : 2014-2020

Résumé du projet

Les batteries lithium-ion connaissent actuellement un fort développement. Elles sont utilisées dans les équipements électroniques dont le nombre ne cesse de croître ces dernières années, mais ces batteries se trouvent également être, dans la plupart des cas, les batteries utilisés dans les véhicules électriques. Dans un contexte de transition énergétique, le nombre de ces véhicules va connaître un fort taux de croissance, et s'accompagnera d'une hausse de la demande en batteries, donc en matières premières pour les fabriquer.

Parmi les éléments qui composent ces batteries, se trouvent le lithium (qui représente 2 à 12% en masse de la batterie, selon le fabricant), le cobalt (5 à 30%) et le nickel (jusqu'à 10%). La hausse de la demande a provoqué une augmentation de la valeur de ces éléments, mais également un engouement des industriels pour leur recyclage, appuyé par une réglementation européenne incitative. Les procédés de recyclage habituellement utilisés pour recycler les métaux sont soit la pyrométallurgie (traitement métallurgique à haute température, en général 1400°C), soit l'hydrométallurgie (dissolution par attaque acide puis séparation des différents éléments par précipitation ou extraction liquide-liquide).

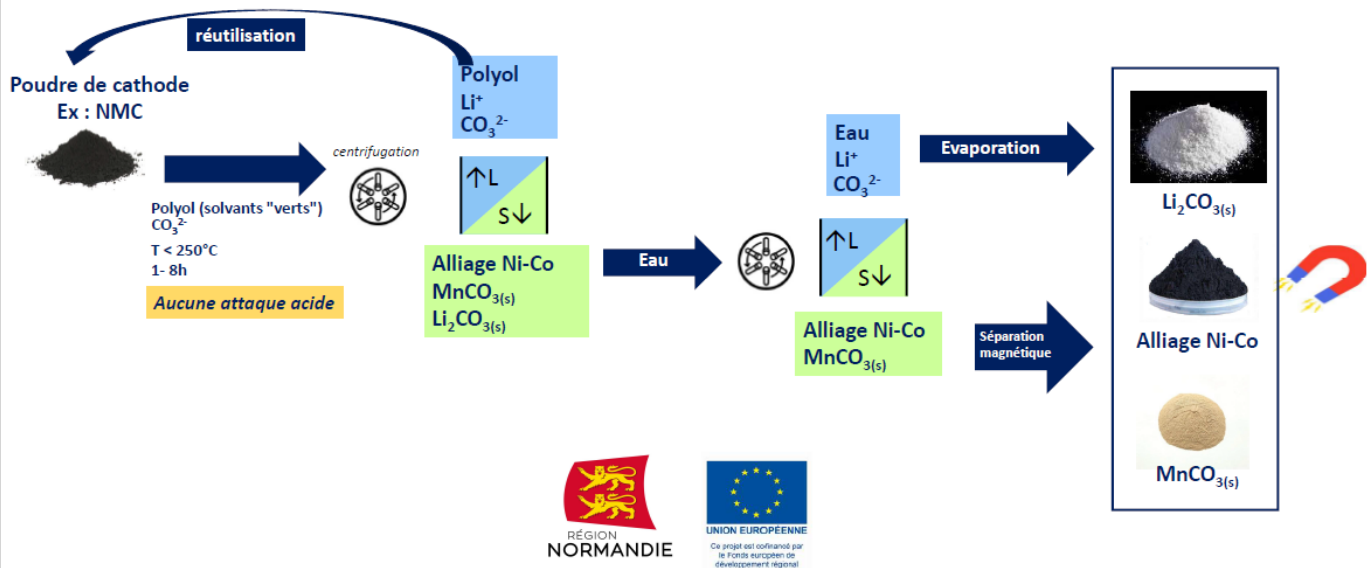
Ces méthodes présentent des inconvénients tels qu'une forte émission de CO₂ et une perte du lithium pour la pyrométallurgie, ou une multiplication des étapes et

une consommation importante de réactifs pour l'hydrométallurgie. C'est la raison pour laquelle de nouvelles méthodes de recyclage doivent être développées, efficaces pour tous les types de batteries et respectueuses de l'environnement. Le procédé développé dans le projet RECYLION est réalisé à basse température (200°C) en présence d'un solvant de faible impact environnemental, ce solvant étant également le réactif permettant la transformation du composé de cathode. Après mise en contact durant quelques heures, les éléments chimiques présents au sein de la cathode de la batterie lithium-ion sont isolés sous forme d'un mélange de poudres séparables les unes des autres grâce à leur différence de propriétés telles que l'attraction par un aimant ou la dissolution dans l'eau suivie de l'évaporation de l'eau.

Le procédé permet ainsi d'isoler, à partir des composés de batteries, trois poudres :

- la première qui contient le nickel et le cobalt,
- la seconde le manganèse,
- la troisième le lithium.

Le solvant étant facilement isolé de la partie solide par filtration, nous avons pu montrer qu'il était réutilisable à plusieurs reprises tout en continuant à jouer son rôle de séparation des éléments. Ce procédé novateur fonctionne sur les différents composés pour cathodes existant (LCO, LMO, NMC), mais également sur les minerais de lithium pour en extraire le lithium. Durant le projet RECYLION, le procédé a fait l'objet d'un dépôt de brevet en gestion par Normandie Valorisation (25/01/2020). A terme, les matériaux produits pourraient être réinjectés dans la filière de production de batteries.



Résultats

Le procédé a été mis au point sur des composés pour batteries sous forme de poudre, car ce sont ces poudres qui sont déposés sur les cathodes des batteries lithium-ion, et ce sont également ces poudres qui contiennent les matériaux critiques d'intérêt : le cobalt, le nickel, le lithium et le manganèse. Ceci a été rendu possible grâce au recrutement d'un chercheur durant 15 mois, mais également grâce à l'achat d'équipements tels qu'un broyeur à couteaux pour extraire la poudre des cathodes ou une centrifugeuse pour séparer le solvant de la poudre obtenue. A l'issue du travail réalisé par le chercheur, les conditions opératoires permettant de traiter 1 g de poudre de cathode, quelle que soit sa nature chimique (LCO, LMO ou NMC) ont été définies.

Innovation, originalité et exemplarité

Le procédé mis au point dans le projet RECYLION est en rupture avec toutes les techniques pré-existantes en matière de recyclage car :

- Il engendre une consommation énergétique moins importante que celle induite lors de l'utilisation de la voie pyrométallurgique, du fait d'une température de traitement beaucoup plus faible,
- Il implique un traitement des effluents moindre que dans la voie hydrométallurgique du fait de la réutilisation du solvant de faible impact environnemental,
- Il est adapté aux mélanges de différents composés pour cathodes,
- Il conduit, en une seule étape réactionnelle, à la formation de produits directement utilisables pour refaire des composés de cathodes.

Impacts et retombées

Le produit développé dans ce projet est un procédé de transformation de composés. Il peut être appliqué sur des déchets de batteries lithium-ion (c'est dans cette optique qu'il a, à l'origine, été pensé), mais nous avons également pu démontrer qu'il peut s'appliquer sur des minerais. Les applications du procédé sont donc le recyclage et l'extraction minière. Concernant le recyclage, on estime actuellement que seulement 5 à 7% du gisement mondial de batteries lithium-ion en fin de vie est recyclé. Ce taux de recyclage, ainsi que les rendements de recyclage par élément, sont désormais encadrés par une directive européenne datant de juillet 2023, et il devra atteindre 65% en 2025. C'est la raison pour laquelle les industriels impliqués dans le recyclage se structurent depuis quelques années. Le projet RECYLION nous a ainsi permis d'être en contact avec une start-up normande spécialisée dans le reconditionnement et la réparation de batteries lithium-ion qui souhaite investir dans un équipement de broyage (Betobo, Le Petit Quevilly), et une société spécialisée dans le broyage de batteries usagées (SNAM, Viviez). Ces entreprises sont intéressées par le procédé développé dans le projet RECYLION, qui permettrait une valorisation directe des rebuts broyés.

Dans le cas où la pureté des produits obtenus en fin de procédé ne serait pas suffisante pour une réincorporation directe dans les composés pour batteries, le procédé peut être néanmoins appliqué dans une étape préalable, afin de simplifier l'hydrométallurgie en diminuant le nombre d'opérations nécessaires puisqu'une première séparation des éléments aura déjà été réalisée en amont.

Avenir du projet

A la suite du projet RECYLION, un projet de prématuration financé par le CNRS a été obtenu (01/03/2021 - 30/09/2022). Ce projet a eu comme objectifs d'augmenter l'échelle du procédé (jusqu'à 30 g de poudre ont pu être traités) et de trouver les conditions opératoires pour traiter des mélanges de composés pour cathodes. Par la suite, un projet a été accepté pour financement par l'Institut Carnot ESP (novembre 2023), ce projet qui devrait débuter prochainement, vise à traiter des déchets industriels de batteries (rebuts de production et Black Mass issues du broyage) qui nous ont été fournis par des sociétés intéressées par le procédé (Gigafactory et usine de recyclage).

En savoir plus sur les Etoiles de l'Europe en Normandie :

Enseignement Supérieur, Recherche, Innovation