

Les systèmes de stockage électrochimiques de l'énergie sont aujourd'hui au cœur d'enjeux sociétaux et technologiques majeurs

Les systèmes de stockage électrochimiques de l'énergie – les batteries – sont aujourd'hui au cœur d'enjeux sociétaux et technologiques majeurs. Ils permettent tout d'abord de répondre à des besoins spécifiques accompagnant le développement de nouvelles technologies comme l'électronique portable (téléphones, ordinateurs, etc). Ils jouent également un rôle majeur dans la lutte contre le réchauffement climatique en proposant des solutions innovantes pour le stockage des énergies renouvelables et surtout, pour la mobilité électrique. Les fabricants asiatiques, qui dominent la production de batteries, s'implantent en Europe pour adresser ce nouveau marché avec la construction de plusieurs giga-usines, capables de produire plusieurs GWh de batteries par an.

De son côté, l'Europe a créé l'Alliance Européenne pour les Batteries (EBA) en 2017 pour soutenir la création d'une chaîne de valeur compétitive pour la fabrication de cellules de batteries en Europe. Cette initiative vise à réduire la dépendance de l'Europe vis-à-vis de l'Asie, tout en soutenant la transition vers une mobilité plus propre. En France, grâce également au soutien de l'état, cinq « gigafactories » ont été créées dont ACC (*Automotive Cells Company*, initiative européenne), Verkor et BlueSolutions.

La très grande majorité des technologies de batteries Li-ion, aujourd'hui commercialisées, utilise des électrolytes liquides. Le nom des batteries est celui du matériau utilisé à l'électrode positive – la cathode – avec deux chimies principales : le phosphate de fer LiFePO₄ (batteries LFP) et les oxydes métalliques à base de Nickel, Manganèse et Cobalt (batteries NMC). Si les batteries NMC ont une densité d'énergie plus importante que les batteries à base de LFP et leurs dérivés (LMFP où un peu de fer est substitué par du manganèse), ces dernières offrent des avantages en termes de coût et de stabilité en température (sécurité). La technologie LFP, historiquement développée par la Chine, est en train de faire une percée auprès des constructeurs automobiles en Europe au détriment de la NMC, chimie majoritairement développée par nos industriels Européens. Il faut cependant se garder de faire des conclusions trop hâtives sur la pertinence de ces choix. En effet, si les batteries LFP sont moins chères et moins sensibles aux effets de température, elles sont difficilement démontables. Le recyclage des batteries LFP pose aussi question quand au modèle économique compte tenu du faible potentiel de valorisation des matériaux récupérés hors Li. A l'inverse, les batteries NMC sont moins compactes mais plus faci-



Professeur Patrice Simon,
Université de Toulouse
Membre de l'Académie
des Sciences

lement démontables. Le recyclage des cathodes NMC est aussi, économiquement parlant, plus rentable. La mise en place d'une filière de recyclage en Europe pourrait donc permettre de sécuriser l'accès à des matières recyclées (Ni, Mn et Co en plus du Li), renforçant ainsi notre indépendance vis-à-vis de l'Asie.

Cette indépendance passe également par un soutien conséquent de nos industriels pour les aider à accélérer la montée en cadence de la fabrication des cellules.

Si la production industrielle de batteries utilise des chimies bien établies, des efforts importants de R&D sont actuellement faits pour développer les futures technologies de batteries. Il y a tout

d'abord la batterie lithium tout solide, où l'électrolyte liquide est remplacé par un électrolyte solide (polymère, oxyde ou sulfure) et qui utilisent du lithium métal à l'électrode négative, améliorant à la fois la sécurité et la densité d'énergie des batteries. Néanmoins, les défis scientifiques et techniques à relever pour la faire fonctionner restent importants.

Une autre technologie émergente qui cristallise beaucoup d'intérêt est la chimie Na-ion - dont la France a été un des précurseurs - basée sur l'échange d'ions sodium, métal moins critique que le lithium et de plus faible empreinte environnementale. Les batteries Na-ion ont des densités d'énergie plus faibles que le Li-ion mais une vitesse de recharge rapide - charge complète en quelques minutes – ce qui en fait un candidat intéressant pour des applications de mobilité électrique mais aussi pour le stockage stationnaire, autre application en forte croissance. Les batteries de véhicules électriques dont les performances ne sont plus compatibles avec la mobilité du fait d'une diminution progressive des performances liée au vieillissement, pourront dans certains cas être également ré-utilisées pour le stockage des énergies renouvelables. Toujours pour cette application de stockage stationnaire, les batteries aqueuses à base de zinc (Zn-air par exemple) ou encore à circulation (batteries « *redox flow* ») représentent également des alternatives crédibles. Si d'autres chimies (Mg-ion ou Ca-ion par exemple) sont également à l'étude, elles restent au niveau de curiosités de laboratoires.

Enfin, même si on ne peut prédire l'avenir, l'histoire du développement de la batterie Li-ion nous rappelle que la découverte de nouvelles chimies pour les batteries de demain passe par le maintien d'une recherche fondamentale compétitive dans ce domaine. ■