

# LE RECYCLAGE DES BATTERIES DE VÉHICULES ÉLECTRIQUES : transformation écologique et préservation des ressources

## Pascal Muller

Directeur du Pôle Hauts de France  
& Grand Est, SARP Industries

## Romain Duboc

Expert développement activité  
Déchets Dangereux, Direction  
Support Métier et Performance,  
Veolia

## Emeric Malefant

Responsable du programme  
Recyclage des Batteries VE,  
Direction Stratégie et Innovation,  
Veolia



Démantèlement d'une batterie - ©Veolia

Veolia développe des modèles innovants de circularité des matières pour ses clients dans divers secteurs : l'agriculture, avec la fertilisation des sols et la bioconversion de résidus agricoles en produits d'alimentation animale, les énergies renouvelables, avec le recyclage de panneaux photovoltaïques et de pales d'éoliennes, ou encore le textile. Le recyclage des batteries de véhicules électriques est un axe fort au sein de l'innovation du groupe.

Emeric Malefant coordonne au niveau de l'Innovation du groupe le développement des activités de recyclage des batteries de véhicules électriques.

Romain Duboc accompagne les Business Units de Veolia dans le développement de l'activité déchets dangereux et en particulier le recyclage des batteries de véhicules électriques.

Pascal Muller est Directeur du Pôle Hauts de France & Grand Est pour SARP/VEOLIA qui intègre les usines de recyclage des batteries de véhicules électriques.

Aujourd'hui, le marché des véhicules électriques connaît une croissance inédite dans de nombreuses régions du monde. Cette expansion est soutenue par des choix de politiques publiques engagés pour la mobilité électrique. En conséquence, les constructeurs automobiles et les producteurs de batteries électriques montent en puissance : une production exponentielle, qui intègre des matériaux souvent critiques et pouvant être dangereux pour l'environnement et la santé humaine.

Dans ce contexte, le recyclage des batteries de véhicules électriques relève d'une nécessité à la fois écologique et stratégique, à laquelle Veolia apporte des réponses en s'appuyant sur son expérience du traitement des déchets dangereux, son savoir-faire en matière de recyclage et ses partenaires, notamment constructeurs et chimistes. L'objectif : préserver les ressources nécessaires à la transformation écologique.

## INTRODUCTION

Les batteries de véhicules électriques deviendront un problème majeur si elles ne sont pas correctement gérées dans les années à venir. Elles contiennent en effet des produits chimiques hautement toxiques qui constituent une menace pour les écosystèmes et les personnes qui les manipulent. Outre le plastique, les solvants et les composants électroniques, des métaux stratégiques comme le cuivre, le nickel, le lithium et le cobalt, entrent dans la composition de la partie active des cellules de batteries. De fait, le recyclage de ces composants est une nécessité environnementale et stratégique.

Le marché du recyclage des batteries de véhicules électriques connaît une croissance exponentielle : de 200 000 tonnes en 2021 à 7 millions de tonnes en 2035 de BVE éligibles au recyclage, soit plus de 15 milliards d'euros de valeur de métal. Particulièrement actif en Chine, ce marché prend de l'ampleur en Europe, tandis que les États-Unis devraient suivre dans quelques années. Ce phénomène est soutenu par une évolution rapide des réglementations visant à imposer l'utilisation de métaux recyclés dans la production de nouvelles batteries : une démarche de transformation écologique au service de la mobilité de demain, à laquelle participe activement Veolia.



« Black mass » extraite du broyage des cellules de batteries, contenant principalement un mélange de carbone, nickel, lithium et cobalt. - ©Veolia

## RECYCLER LES BATTERIES DE VÉHICULES ÉLECTRIQUES : À LA CROISÉE DES ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX, SANITAIRES ET STRATÉGIQUES

### LE VÉHICULE ÉLECTRIQUE : UN MARCHÉ EN PLEIN ESSOR

Le marché des voitures électriques est en plein essor : en 2018, le parc mondial a dépassé les 5,1 millions de véhicules et il devrait atteindre les 130 millions d'ici 2030 selon le Global EV Outlook 2019. Cette tendance naît de la volonté de réduire le parc automobile de voitures diesel et essence au profit de l'électrique, plus écologique. La Chine et l'Europe fixent des objectifs de déploiement des véhicules électriques et d'importantes contraintes réglementaires sur les émissions des véhicules thermiques. Par exemple, la Chine impose aujourd'hui

aux constructeurs actifs sur son marché intérieur de proposer une gamme complète de véhicules électriques. Le Royaume-Uni a annoncé en novembre 2020 l'interdiction de la vente de véhicules thermiques neufs d'ici 2030 sur son territoire. Cette interdiction est envisagée à l'échelle de l'Union Européenne à horizon 2035. Ces politiques ambitieuses visent à la fois :

- à répondre localement à un enjeu sanitaire, celui de la pollution causée par le transport, particulièrement en zone urbaine. Les moteurs thermiques émettent notamment des particules fines et des gaz de la famille des oxydes d'azote (NOx) particulièrement nocifs pour la santé.
- à lutter contre les gaz à effet de serre émis pendant la phase d'usage du véhicule et réduire la dépendance aux énergies fossiles. Selon l'ADEME (analyse de cycle de vie, 2016), les émissions de CO<sub>2</sub> sur l'ensemble de la vie du véhicule électrique sont trois à quatre fois moindres et les pollutions atmosphériques sont très largement réduites par rapport au véhicule thermique.

### EXEMPLES DE PAYS FIXANT DES OBJECTIFS D'INTERDICTION DES VÉHICULES THERMIQUES

Pays	Date cible	Ambition
États-Unis <i>Californie</i>	2030 2025	50 % des véhicules vendus sont électriques ou hybrides <i>Interdiction des voitures thermiques</i>
Canada <i>Québec</i>	2040 2035	Interdiction des voitures thermiques
Norvège	2025	Tous les véhicules vendus sont neutres en carbone
Royaume-Uni	2030	Interdiction de vendre des voitures thermiques
Singapour	2030	Interdiction des voitures thermiques
Israël	2030	Interdiction des voitures thermiques
Europe <i>Suède, Irlande, Pays-Bas</i>	2030 2035 2050	Interdiction de vendre des voitures thermiques et hybrides  Neutralité carbone atteinte
Chine	2025 2035	20 % des véhicules sont électriques ou hybrides >50 % des véhicules sont électriques ou hybrides
Japon	2035	Interdiction de vendre des voitures thermiques
Inde	2035	30 % des véhicules sont électriques

## PRENDRE EN COMPTE LES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DU VÉHICULE ÉLECTRIQUE

La voiture électrique n'est évidemment pas dénuée d'impacts environnementaux : sa production, l'extraction des matériaux qui entrent dans la composition de sa batterie et les émissions liées à la production d'électricité sont à prendre en compte dans son bilan environnemental. Son déploiement doit donc s'accompagner d'un développement de la production d'énergies renouvelables, mais aussi d'un travail d'économie de ressources qui passe par l'écoconception et le recyclage. La transition massive du parc automobile vers l'électrique nécessite d'anticiper la gestion de la fin de vie de ces nouveaux véhicules. Leur composition diffère des véhicules thermiques et comprend des matériaux polluants, contenus en particulier dans les batteries. Le recyclage permet d'éviter que les matériaux dangereux causent, faute de traitement, des dommages écologiques importants.

*Les activités de recyclages permettent de réduire les émissions de carbone d'une tonne équivalent CO<sub>2</sub> par tonne de batteries recyclées et d'éviter l'extraction de métaux vierges, les activités minières ayant des impacts critiques sur la biodiversité et les ressources en eau*

La fin de vie des véhicules, de tout type, fait déjà l'objet d'importantes réglementations à travers la responsabilité élargie du producteur (REP). La directive européenne 2000/53/CE du 18 septembre 2000 fixe des objectifs à atteindre en termes de performances environnementales du véhicule hors d'usage, avec notamment un taux minimum de réutilisation et de recyclage de 85 % en masse du VHU et réutilisation/valorisation à hauteur de 95 % au minimum du poids par véhicule, au titre de la responsabilité élargie du producteur. Le Japon, la Corée et la Chine ont également établi ce type de réglementation. Il faut noter que la batterie représente 30 à 50 % du poids du véhicule, selon les modèles, et que son recyclage est également imposé par des réglementations, à hauteur de 50 % de son poids total depuis 2006 en Europe (directive 2006/66/CE). La Commission Européenne compte augmenter l'obligation de recyclage à 70 % en 2030. Les composants considérés comme cruciaux, car toxiques ou stratégiques, devront être récupérés dans une proportion supérieure à 90 %.

Les activités de recyclage présentent d'importants avantages environnementaux : elles permettent de réduire les émissions de carbone d'une tonne équivalent CO<sub>2</sub> par tonne de batteries recyclées et d'éviter l'extraction de métaux vierges, les activités minières ayant des impacts critiques sur la biodiversité et les ressources en eau.

## LA COMPOSITION DES BATTERIES : DES RESSOURCES STRATÉGIQUES

Au-delà de ces enjeux environnementaux et réglementaires, c'est la disponibilité des matières premières qui est en jeu. Une batterie est constituée d'un assemblage d'une dizaine de modules, eux-mêmes composés de 10 à 15 cellules. Une batterie neuve pèse en moyenne 500 kg pour 50 kWh de capacité et coûte environ 7 500 €. Dans sa composition on distingue trois catégories de matériaux, en fonction de leur valeur :

- Les composants de faible valeur (30 %) : le plastique du boîtier global, l'électronique, les composants volatils et l'acier.

- Les composants de valeur intermédiaire (40 %) : principalement l'emballage en aluminium des modules.
- Les composants de haute valeur (30 %), qui entrent dans la composition des cellules de batterie, tels que le lithium, le cobalt, le nickel et le cuivre.

Les prix de marché de ces métaux peuvent atteindre plusieurs milliers d'euros la tonne et la spéculation sur certains d'entre eux augmente constamment leur valeur.

De plus, certains de ces métaux présentent des risques importants sur leur approvisionnement pour les pays importateurs. L'Union Européenne établit régulièrement depuis 2011 une liste des matières premières critiques. Le lithium y a été ajouté en 2020 et la Commission européenne indique surveiller particulièrement le nickel, compte tenu de la demande croissante de matières premières pour les batteries, même si ce métal n'est pas encore considéré comme "critique". Certains métaux sont extraits dans

des pays particulièrement instables, comme le cobalt qui provient à plus de 60 % de la République Démocratique du Congo. Le recyclage permettra de sécuriser une partie des approvisionnements en matières premières pour les batteries de véhicules électriques (et de nombreuses autres applications industrielles). Il représente un véritable outil d'autonomie stratégique.

## BOUCLER LA BOUCLE : PRODUIRE DES BATTERIES À PARTIR DE MATÉRIAUX RECYCLÉS

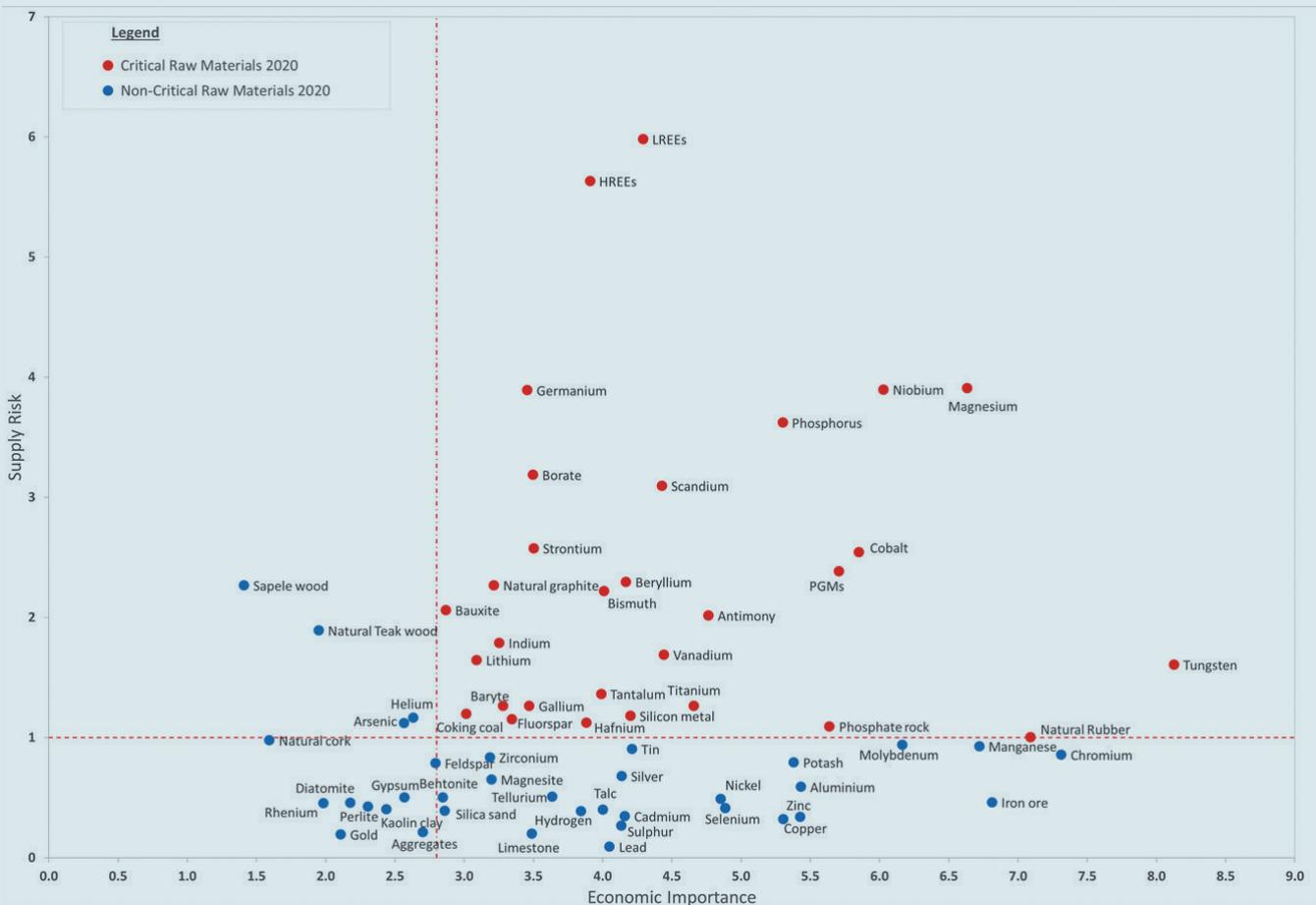
À terme, c'est une véritable économie circulaire de la batterie qui est visée, avec le développement du recyclage en boucle fermée. La Commission Européenne travaille actuellement à l'élaboration d'un règlement qui imposera progressivement l'usage de matière recyclée dans la composition des batteries de véhicules électriques. Ces seuils de teneur en contenus recyclés concerneront toutes les batteries mises sur le marché européen, quel que soit leur lieu de fabrication. Dès 2025, la déclaration des taux de contenus recyclés sera rendue obligatoire. En 2030, les taux imposés seront de 12 % pour le cobalt, 4 % pour le lithium et 4 % pour le nickel. Ils passeront respectivement à 20 %, 10 % et 12 % en 2035. Si ces taux peuvent sembler assez faibles à première vue, ils nécessitent en réalité une augmentation considérable des volumes de production de matière recyclée et une forte réorientation des sous-produits du recyclage vers la production de nouvelles batteries. L'efficacité des taux de recyclage sera également contrôlée par des taux obligatoires (2025 : 90 % pour le cobalt, le cuivre et le nickel et 35 % pour le lithium, et en 2030 : respectivement 95 % et 70 %).

Veolia entend jouer un rôle majeur dans l'émergence de cette filière d'économie circulaire.

## Liste des matières premières critiques établie par l'UE en fonction de leur importance économique et du risque d'approvisionnement

Matières premières critiques en 2020 (en gras : matières premières non critiques en 2017)

Antimoine	Hafnium	Phosphore
Barytine	Terres rares lourdes	Scandium
Béryllium	Terres rares légères	Silicium métal
Bismuth	Indium	Tantale
Borate	Magnésium	Tungstène
Cobalt	Graphite naturel	Vanadium
Charbon à coke	Caoutchouc naturel	<b>Bauxite</b>
Spath fluor	Niobium	<b>Lithium</b>
Gallium	Platinoïdes	<b>Titane</b>
Germanium	Phosphate naturel	<b>Strontium</b>



Source : Commission européenne, Étude sur la liste des matières premières critiques pour l'UE - Rapport final (2020)

Schéma 1

## VEOLIA : ACCOMPAGNER LA TRANSFORMATION ÉCOLOGIQUE DU SECTEUR DE LA MOBILITÉ

### DES SOLUTIONS POUR RECYCLER UN DÉCHET DANGEREUX

Le recyclage des batteries de véhicules électriques est un enjeu majeur auquel Veolia répond, en Europe via SARP Industries et ses filiales Euro Dieuze Industrie (EDI), spécialisée dans la gestion, la mise en sécurité, la décharge électrique et le traitement mécanique (broyage) des piles et accumulateurs,

et CEDILOR, centre de traitement chimique (purification) et de valorisation. En Chine, Veolia vient de démarrer une nouvelle usine de grande capacité (25 000 tonnes), s'appuyant sur une joint-venture avec des acteurs locaux de l'écosystème de la batterie. D'autres projets sont en cours de développement aux États-Unis et en Europe notamment.

### Les étapes du recyclage des batteries de véhicules électriques

Collecte

mise en  
sécurité

démantèlement

recyclage  
mécaniquerecyclage  
chimiqueproduction de  
précurseurs

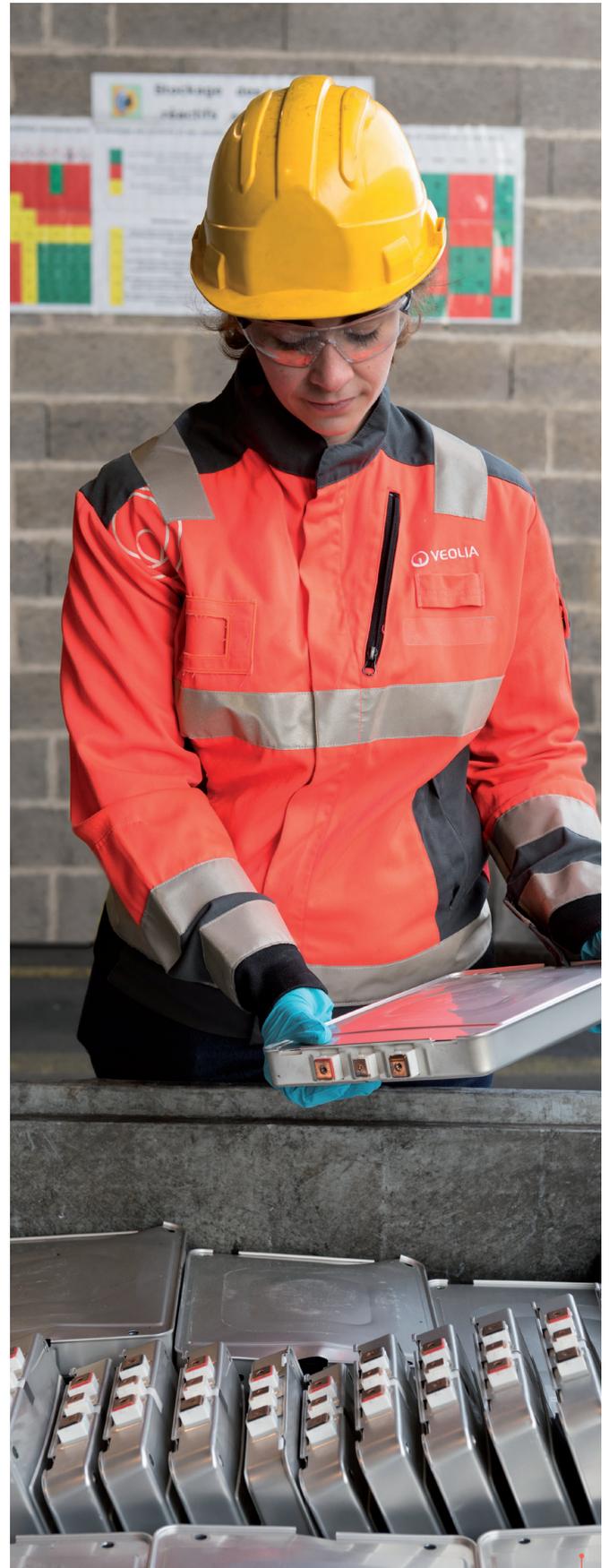
Schéma 2



Composition d'une batterie de véhicule électrique - ©Veolia

Depuis 2013, Veolia s'appuie sur son expertise dans le traitement des déchets dangereux pour développer ses procédés de recyclage des batteries de véhicule électrique. En voici les principales étapes.

- **La collecte et la mise en sécurité.**  
Avant de commencer toute activité de recyclage, les batteries doivent être extraites du véhicule dans lequel elles ont été utilisées. Elles doivent ensuite être déchargées électriquement et sécurisées pour être manipulées sans danger tout au long du processus. Ces étapes sont particulièrement importantes car les batteries peuvent être endommagées. Elles contiennent des matériaux hautement inflammables et des produits chimiques nocifs pour l'homme et l'environnement.
- **Le démantèlement.**  
Le boîtier de protection en aluminium ou en plastique, les composants électroniques, les fils et connecteurs et le système de refroidissement sont retirés pour obtenir des modules de batterie indépendants. Cette partie du processus est effectuée manuellement par des opérateurs formés. Ensuite, la protection en aluminium des modules de batterie est retirée pour libérer les cellules de la batterie.
- **Le recyclage mécanique.**  
Les cellules de la batterie sont ensuite broyées pour séparer les éléments de moindre valeur des éléments précieux. Le broyage des cellules se fait en condition humide pour éviter tout risque d'incendie et d'explosion. Les matériaux broyés passent par un procédé de séparation mécanique pour obtenir 3 matériaux principaux : les papiers/plastiques d'une part, l'aluminium, le cuivre et l'acier d'autre part et enfin la « black mass », une poudre contenant principalement un mélange de carbone, nickel, lithium et cobalt.
- **Le recyclage chimique.**  
La « black mass » est ensuite traitée chimiquement pour séparer et purifier les matériaux qu'elle contient. Il existe deux technologies principales pour effectuer cette purification : l'hydrométallurgie et la pyrométallurgie. Si la pyrométallurgie est plus facile à mettre en œuvre, elle est toutefois très énergivore et ne permet pas de hauts niveaux de purification. Elle doit donc souvent être suivie d'un procédé hydrométallurgique pour une extraction sélective des métaux. Veolia utilise directement un procédé hydrométallurgique, pour séparer et purifier le lithium, le nickel et le cobalt de la « black mass ».
- **La production de précurseurs.**  
Si les sous-produits issus des unités hydrométallurgiques sont suffisamment purs, ils peuvent alors entrer dans la production de précurseurs, matériaux anodiques et cathodiques. Cela ferme la boucle du recyclage en permettant aux lithium, nickel et cobalt recyclés d'entrer dans la production de nouvelles batteries.



Démantèlement d'une batterie - ©Veolia

## SARP INDUSTRIES : L'EXPÉRIENCE OPÉRATIONNELLE DE VEOLIA EN EUROPE

Euro Dieuze Industrie (EDI), filiale de SARP Industries, située près de Metz en France, traite plus de 6 000 tonnes de batteries et piles par an et en recycle jusqu'à 80 %. Le carbone peut être utilisé par l'industrie métallurgique pour désoxyder les métaux. Les métaux récupérés sont revendus pour la production d'alliage ou de sels chimiques. EDI réalise les premières étapes de recyclage, de la collecte des batteries à la production de « black mass ». L'usine traite actuellement 1 000 tonnes de BVE chaque année et portera sa capacité à 2 000 tonnes en 2022 puis à 5 000 tonnes en 2023.

Également basé près de Metz, CEDILOR réalise la purification chimique (hydrométallurgie) de la « black mass » issue d'EDI en sels de nickel et de cobalt. Le procédé est en cours d'amélioration afin de permettre l'utilisation des sels recyclés de cobalt et de nickel dans la production de nouvelles batteries. La capacité de l'usine devrait atteindre 4 000 tonnes de « black mass » d'ici 2023 (équivalent à près de 15 000 tonnes de batteries de véhicules électriques).

## VEOLIA CHINE : DEUX JOINT-VENTURES EN PLEINE CROISSANCE

Les activités de recyclage des batteries de Veolia en Chine reposent sur 2 joint-ventures avec Fang Yuan (producteur local de précurseurs de batteries), Pand (spécialiste de la réutilisation des batteries), BTR (fournisseur mondial de premier plan de matériaux d'anode) et Dele (fournisseur local de services environnementaux).

La première joint-venture est exploitée par Veolia et réalise les premières étapes du recyclage de la collecte des batteries à la production de « black mass ». La capacité de cette unité peut atteindre 20 000 tonnes de batterie par an. La mise en service de cette usine a démarré au quatrième trimestre 2021.

La seconde joint-venture achètera la « black mass » produite par la première joint-venture mais aussi par d'autres recycleurs. La technologie utilisée sera développée et exploitée par Fang Yuan. Le procédé permettra la purification des métaux par un procédé hydrométallurgique puis la production de précurseurs de batteries utilisables pour la production de nouvelles batteries de véhicules électriques. La construction de cette deuxième unité n'a pas encore commencé.

## ACCOMPAGNER UN NOUVEAU MARCHÉ EN CROISSANCE

On estime à 180 000 tonnes le volume d'équivalent batteries disponible pour le recyclage en 2020. Ce chiffre monte à 7 millions de tonnes à horizon 2035. Ces volumes proviendront d'abord de Chine, qui a pris de l'avance dans le déploiement du véhicule électrique. Plus largement, la plupart des producteurs de batteries (LG, Samsung) et les constructeurs de VE sont également historiquement asiatiques (BYD, Toyota). Une seconde vague de matière à recycler proviendra d'Europe, qui accélère fortement la production de batteries actuellement. Enfin, le marché devrait se développer de la même manière en Amérique du Nord autour de 2030. La filière du recyclage des batteries de véhicules électriques doit donc changer d'échelle dès aujourd'hui pour s'adapter à la croissance exponentielle du marché.

Les déchets de batteries à traiter sont de deux types.

- Les rebuts de production de batteries constituent aujourd'hui plus de la moitié des volumes de matière à recycler. Ce sont les déchets provenant de la production de batteries, y compris des matériaux de haute valeur contenant du lithium, nickel et cobalt perdus à différentes étapes du procédé (production de cellules, assemblage de modules, assemblage de batteries, tests...). Le volume global des déchets de production de batteries est actuellement estimé à 5 à 10 % de la capacité totale de production d'une usine standard. Même si ce flux de déchets diminuera probablement avec l'amélioration des processus

de production, il restera la principale matière première des activités de recyclage pour les années à venir, compte tenu de l'augmentation exponentielle de la production.

- Les batteries en fin de vie correspondent au volume global de batteries éligibles au recyclage après 10 ans d'utilisation (fin de première vie) et jusqu'à 15 ans (dans le cas d'une fin de 2<sup>e</sup> vie). Il est donc directement relié au volume de batteries produites il y a 10 ans. Ce flux de déchets de batteries est donc actuellement très faible, car il y avait peu de véhicules électriques vendus en 2011. Cependant il constituera progressivement la majorité de l'offre après 2030.

Veolia travaille sans exclusivité avec les constructeurs automobiles et les producteurs de batteries (« Gigafactories »). Veolia a notamment conclu un accord cadre avec le groupe Renault, comprenant la construction d'une usine de recyclage de batteries en France, basée sur les flux de matières provenant des véhicules du constructeur. Des discussions ont également été engagées avec des gigafactories afin d'établir des partenariats pour le recyclage de leurs rebuts de production.

## LE POTENTIEL DE CRÉATION D'EMPLOI DES ACTIVITÉS DE RECYCLAGE DES BATTERIES

Développer des activités de recyclage des batteries, c'est aussi promouvoir de nouvelles compétences et encourager une transformation écologique créatrice d'emplois. Quelques estimations permettent de saisir le potentiel du recyclage

des batteries en termes d'emploi. Selon l'étude récente de la Fondation Nicolas Hulot pour la Nature et l'Homme sur la transition juste du secteur automobile en France (juin 2021), le recyclage des batteries permettrait la création de 9 000 emplois en 2030-2035. Une étude plus ancienne du think tank européen CEPS (*Prospects for electric vehicle batteries in a circular economy*, Eleanor Drabik and Vasileios Rizos, juillet 2018) estime que pour mille tonnes de déchets de batteries lithium-ion, 15 emplois sont créés pour la collecte, le démantèlement et le recyclage de ces batteries. Chez Veolia, à titre d'exemple, le site Euro Dieuze Industries repris par le groupe comptait 5 employés au début des années 2000 : aujourd'hui, 40 personnes travaillent au recyclage des batteries et piles de tout type (y compris celles de véhicules électriques). Cette dimension est suivie avec attention par les équipes de Veolia, dans le cadre de la performance plurielle de l'entreprise (qui mesure son impact social sur les territoires où elle est active).

### ET DEMAIN : VERS DAVANTAGE DE CIRCULARITÉ

Veolia travaille dès aujourd'hui à l'amélioration constante des procédés de traitement pour obtenir des matières premières secondaires les plus pures possibles. Les avancées technologiques fortes sur l'hydrométallurgie permettront de répondre aux exigences de recyclage en boucle fermées imposées par les réglementations européennes à venir. L'objectif : produire des batteries à partir de métaux issus du recyclage d'autres batteries. Fin 2020, Veolia a lancé un partenariat avec le chimiste Solvay

afin d'évaluer des procédés alternatifs à ceux de Veolia pour la purification des sels métalliques.

Par ailleurs, Veolia s'intéresse au potentiel de réutilisation des batteries de véhicules électriques pour d'autres usages, tels que le stockage d'énergie pour les énergies renouvelables, les bornes de recharge rapide pour voitures électriques ou encore les services de réseaux intelligents, en synergie avec les activités actuelles du groupe. Des projets sont actuellement à l'étude au Royaume-Uni et en France. Cette démarche vise à proposer des solutions qui permettent de réduire l'impact carbone des clients de Veolia, grâce à davantage de circularité.

*Le recyclage permettra de sécuriser une partie des approvisionnements en matières premières pour les batteries de véhicules électriques*

### CONCLUSION

Le recyclage des batteries de véhicules électriques constitue un axe de développement stratégique pour Veolia. Il permet de répondre à un réel besoin de transformation écologique des acteurs sur toute la chaîne de valeur du véhicule électrique. Grâce à ses activités, Veolia contribue directement à l'exploitation de « mines urbaines », à l'accroissement de l'autosuffisance et l'indépendance en minerais des territoires et entreprises dont elle est partenaire. Le développement du recyclage des batteries de véhicules électriques permet également de créer de l'emploi local à long terme pour les techniciens : des emplois verts du XXI<sup>e</sup> siècle !