

Janvier 2026

# Cycle de vie des batteries de traction pour véhicules électriques

La feuille de route mobilité électrique est une plateforme qui met en réseau des acteurs de l'économie, de la recherche et des pouvoirs publics afin qu'ils agissent ensemble pour promouvoir l'électrification des transports en Suisse. Initiée par le Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC), elle est coordonnée par l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) et l'Office fédéral des routes (OFROU).

Dans le cadre de cette feuille de route, l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) a organisé l'atelier « Économie circulaire des batteries de traction ». Les participants à cet atelier (cf. tableau ci-dessous) ont élaboré le présent rapport.

#### **Direction de projet**

Corinne Spillmann, Office fédéral de l'environnement (OFEV)

Isabel Junker, Office fédéral de l'environnement (OFEV)

Avec le soutien du secrétariat de la feuille de route mobilité électrique, Jürgen Schulz

**Tableau 1 : Liste des participants à l'atelier phare « Économie circulaire des batteries de traction »**

<b>Entreprise / Organisation</b>	<b>Prénom et nom</b>
AMAG Import SA	Tobias Lukas
auto-suisse	Thomas Rücker
Batrec Industrie AG	Philipp Rädercker
Batrec Industrie AG	Philippe Zanettin
BloqSens AG	Peter Krummenacher
Electrosuisse / energiebüro AG	Claudio Pfister
EMPA	Andrin Büchel
EMPA	Nora Bartolomé
ESM Foundation	Alessandra Hool
Fondation Auto Recycling Suisse	Daniel Christen
INOBAT	Peter Schär
Libattion	Bertrand Schutz
Renault Trucks	René Krieger
SENS eRecycling	Christian Bollinger
Swiss Battery Technology Center, iBAT	Christian Ochsenbein
TCS	Martin Bolliger
Thommen Group	Fabian Reissler
Union professionnelle suisse de l'automobile (UPSA)	Markus Peter
Voices	Silvia Schönenberger

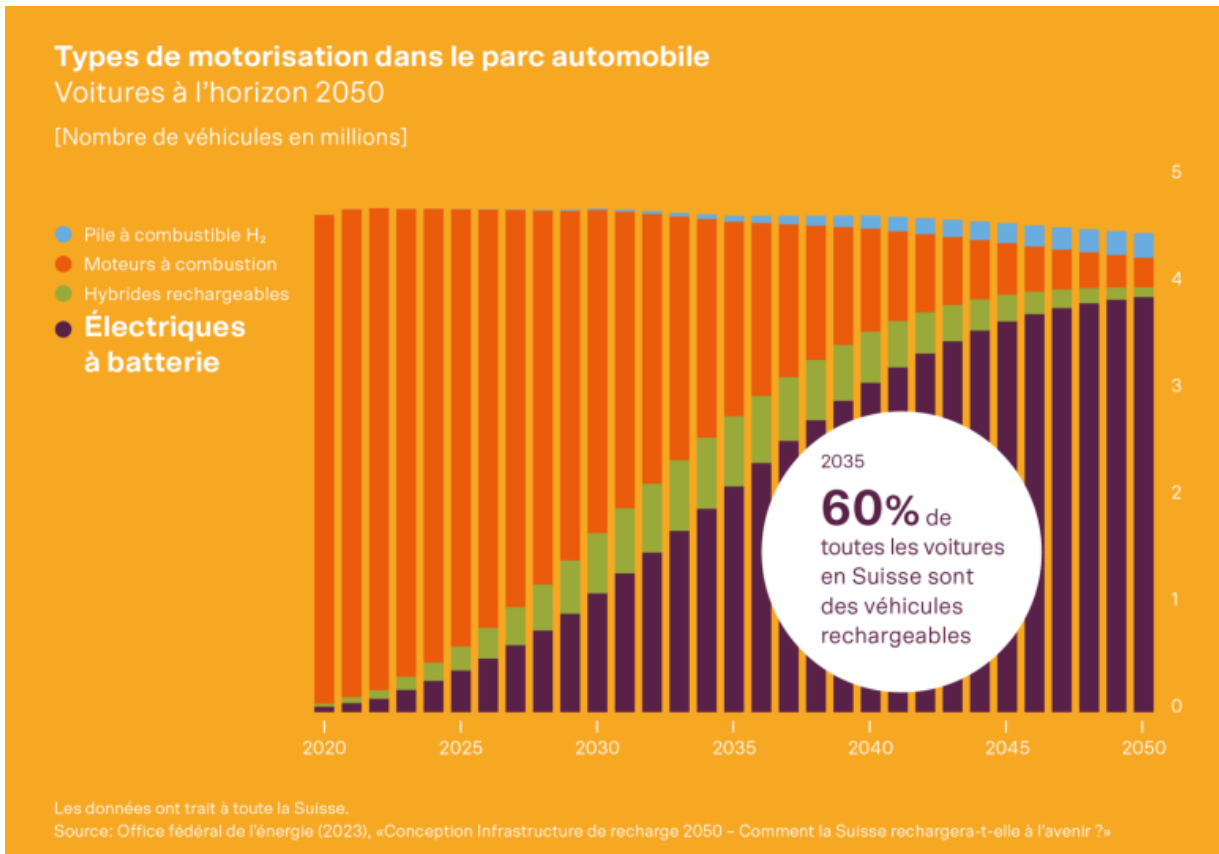
## Table des matières

<b>1.</b>	<b>Introduction .....</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>Importance d'une économie circulaire pour batteries de traction .....</b>	<b>6</b>
2.1	Criticité des matières premières pour batteries de traction .....	6
2.2	Bénéfices environnementaux de l'économie circulaire .....	7
2.3	Opportunités dans le domaine économique .....	10
<b>3.</b>	<b>Production – Fabrication de batteries de traction.....</b>	<b>13</b>
<b>4.</b>	<b>Utilisation – Durée de vie d'une batterie de traction dans un véhicule électrique .....</b>	<b>15</b>
<b>5.</b>	<b>Collecte et reprise d'anciennes batteries – Responsabilité en fin de vie .....</b>	<b>16</b>
<b>6.</b>	<b>Réutilisation et recyclage – L'économie circulaire dans la pratique .....</b>	<b>18</b>
6.1	Réutilisation .....	19
6.2	Recyclage .....	20
<b>7.</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>22</b>
<b>8.</b>	<b>Annexe : Glossaire .....</b>	<b>24</b>

# 1. Introduction

La mobilité électrique a connu un essor considérable ces dernières années. D'après une étude de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN), il faut s'attendre à l'avenir à une augmentation significative des nouvelles immatriculations de véhicules électriques et au recul des voitures de tourisme équipées d'un moteur à combustion interne (cf. Figure 1).

**Figure 1 : Nombre de voitures de tourisme nouvellement immatriculées, par type de motorisation <sup>1</sup>**



Malgré cette évolution positive, la mobilité électrique fait souvent l'objet de critiques ciblant en particulier la production énergivore des batteries et les conséquences pour l'environnement. Le recyclage des batteries usagées est également considéré comme une problématique.

Le présent rapport montre qu'il est à la fois possible et pertinent de mettre en place une économie circulaire pour les batteries de traction, en concentrant les efforts sur les batteries lithium-ion qui dominent actuellement le marché. Les auteurs ont volontairement renoncé à une comparaison directe avec les moteurs à combustion interne ; néanmoins, l'encadré sous 2.2 passe rapidement en revue les principaux points à retenir.

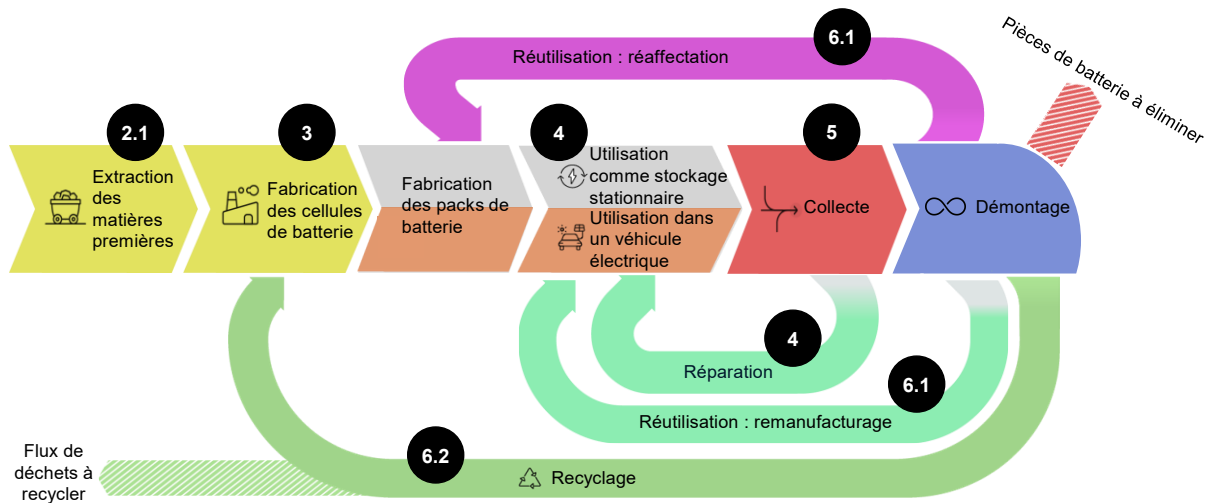
Les matériaux qui composent actuellement les batteries de traction sont économiquement et stratégiquement importants. En veillant à les utiliser de manière efficace et responsable et à les recycler correctement, il est possible d'améliorer encore le bilan écologique de la mobilité électrique.

Au-delà du défi organisationnel et technique qu'il représente, l'établissement d'une économie circulaire pour les batteries de traction est l'occasion d'offrir à la mobilité électrique une base durable et porteuse d'avenir.

<sup>1</sup> OFEN (2023) : Conception Infrastructure de recharge 2050 – Comment la Suisse rechargera-t-elle à l'avenir ?

Le présent rapport parcourt les différentes phases de l'économie circulaire (cf. Figure 2) pour expliquer les étapes du cycle de vie d'une batterie que sont l'extraction des matières premières, la conception du produit, sa fabrication, son utilisation, sa collecte et sa réutilisation ou son recyclage. Les numéros sur la figure correspondent à la numérotation des sections dans le présent rapport.

**Figure 2 : Économie circulaire des batteries de traction <sup>2</sup>**



<sup>2</sup> Communication de l'équipe de projet CircuBAT (04.11.2025), uniquement en anglais

## 2. Importance d'une économie circulaire pour batteries de traction

Les batteries de traction jouent un rôle central dans la mobilité électrique et la transition énergétique. Leur fabrication nécessite des matières premières dont la disponibilité est limitée et en partie associée à des risques (cf. point 2.1) et dont l'extraction peut nuire à l'environnement, comporter des risques sociaux et porter atteinte aux droits humains. Le fait que l'Europe et la Suisse soient fortement dépendantes de l'importation de ces matières premières peut compromettre leur sécurité d'approvisionnement.

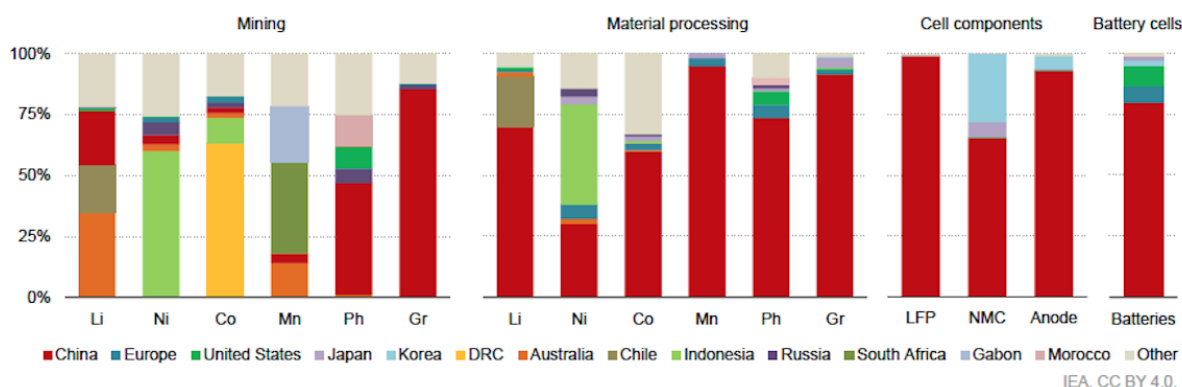
Dans ce contexte, l'économie circulaire est une stratégie essentielle pour garantir à long terme la sécurité de l'approvisionnement. Elle diminue la dépendance vis-à-vis des matières premières primaires, réduit les atteintes à l'environnement (cf. point 2.2) et crée des opportunités pour de nouveaux modèles d'affaires et pour une économie plus durable et plus résiliente (cf. point 2.3).

### 2.1 Criticité des matières premières pour batteries de traction

Les batteries lithium-ion des véhicules électriques contiennent, en plus du lithium, d'autres matières premières critiques comme le graphite, le cuivre, l'aluminium et, pour certaines chimies de cellules, le cobalt et le nickel (cf. encadré à la page 7). Compte tenu de la croissance rapide du nombre de véhicules électriques dans le monde, les besoins en lithium pourraient quadrupler d'ici à 2030<sup>3</sup>.

Les matières premières pour batteries sont extraites et transformées dans différentes régions du monde (cf. Figure 3), la transformation étant généralement concentrée dans un très petit nombre de pays. Ainsi, le cobalt est principalement extrait en République démocratique du Congo, le nickel en Indonésie, le graphite en Chine et le lithium en Australie et dans le « triangle du lithium » (Argentine, Bolivie, Chili). Malgré cette répartition planétaire, la plupart de ces matières premières sont transformées en Chine, où la fabrication des cellules de batterie est aussi majoritairement localisée<sup>4</sup>. Cette concentration est à l'origine d'une forte dépendance et fait courir des risques d'approvisionnement, notamment en cas de tensions géopolitiques.

**Figure 3 : Pays d'origine des matières premières et des composants entrant dans la fabrication des batteries**<sup>5</sup>



En Suisse, les matières premières pour batteries sont principalement importées sous la forme de batteries prêtes à l'emploi ou de produits semi-finis (p. ex. cellules de batterie), souvent en provenance de l'Union européenne (UE). Dans les étapes en amont de la chaîne de création de valeur, le risque de concentration est important puisque la Chine occupe une position de marché dominante dès la première étape de transformation de ces matières premières.

<sup>3</sup> Carbon Credits (2024) : [Lithium is Driving the EV Boom: Demand to Quadruple by 2030](#) (20.8.2025), uniquement en anglais

<sup>4</sup> OFEN (2023) : [Les batteries de véhicules électriques](#)

<sup>5</sup> International Energy Agency (2025) : [Global Critical Minerals Outlook 2025](#) (18.8.2025), uniquement en anglais

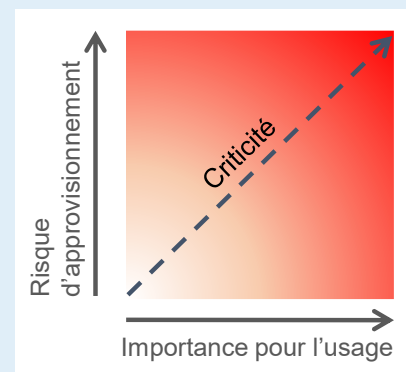
Plusieurs initiatives sont menées à travers le monde afin de sécuriser durablement l’approvisionnement en batteries tout en réduisant la dépendance vis-à-vis de certains pays. Aux États-Unis par exemple, les entreprises qui se procurent des matières premières sur le territoire national ou auprès de pays alliés bénéficient d’avantages fiscaux. L’Europe, quant à elle, envisage de soutenir l’exploitation et la transformation locales de certaines matières premières critiques en fixant des objectifs dans sa législation. L’économie circulaire joue ici un rôle décisif (cf. point 2.2), puisque le recyclage accroît la disponibilité des matières premières et que le prolongement de la durée de vie des produits permet de réduire les besoins en nouvelles matières premières.

**Encadré : une matière première critique, c’est quoi ?**

La criticité évalue l’importance économique et technique d’une matière première (« importance dans l’usage ») et le risque de rupture d’approvisionnement pour un groupe d’intérêt donné pendant une période donnée (« risque d’approvisionnement »). Pour les acteurs de l’industrie et de la politique, cette évaluation est précieuse, car elle peut orienter le choix des matériaux, la conception des produits et des processus ainsi que l’élaboration des mesures visant à améliorer la traçabilité dans les chaînes d’approvisionnement.

Beaucoup de pays réalisent des analyses de criticité pour leur espace économique. Tel n’est pas encore le cas en Suisse. De manière générale, les matières premières pour batteries telles que le lithium, le nickel ou le graphite sont considérées comme critiques du fait que leur demande est en forte augmentation et que leur extraction est concentrée dans un petit nombre de pays. Puisqu’elle importe des matières premières et des produits semi-finis fabriqués à partir de celles-ci depuis l’UE en grand nombre, la Suisse est exposée de manière indirecte à leurs risques d’approvisionnement et s’aligne le plus souvent sur la classification européenne des matières premières critiques.

**Figure 4 : Matrice de criticité <sup>6</sup>**



**2.2 Bénéfices environnementaux de l’économie circulaire**

Dans une économie circulaire, les produits et les matériaux sont maintenus en circulation le plus longtemps possible. Toutes les phases d’un produit sont prises en considération, depuis l’extraction des matières premières jusqu’au recyclage du produit, en passant par sa conception, sa fabrication et son emploi. L’objectif est d’utiliser efficacement les matières premières et les produits aussi longtemps que possible avant de les recycler. Contrairement à l’économie linéaire, dans laquelle les produits sont jetés après consommation, l’économie circulaire contribue à réduire les extractions de matières premières, les atteintes à l’environnement, les risques sociaux, les risques en matière de droits humains ainsi que les volumes de déchets<sup>7</sup>.

La plupart des matériaux essentiels à la fabrication des batteries de traction ne sont disponibles qu’en quantités limitées. L’économie circulaire est une solution prometteuse pour atténuer la dépendance vis-à-vis de ces matières premières et pour favoriser l’utilisation durable des ressources. Un recyclage efficace permet par ailleurs de réduire la consommation d’énergie ainsi que les émissions de CO<sub>2</sub>. Cette approche va au-delà du recyclage et comprend également la limitation des déchets et la préservation des ressources. Des innovations en matière de conception facilitent la réparation, le recyclage et la réutilisation des produits. La durée de vie des batteries peut être prolongée (cf. chap. 4) et la possibilité de récupérer les matériaux qu’elles contiennent est prise en compte dès la phase d’élaboration (cf. chap. 3). Une collecte et une reprise coordonnées (cf. chap. 5) augmentent la quantité de batteries disponibles pour le recyclage et la réutilisation (cf. chap. 6).

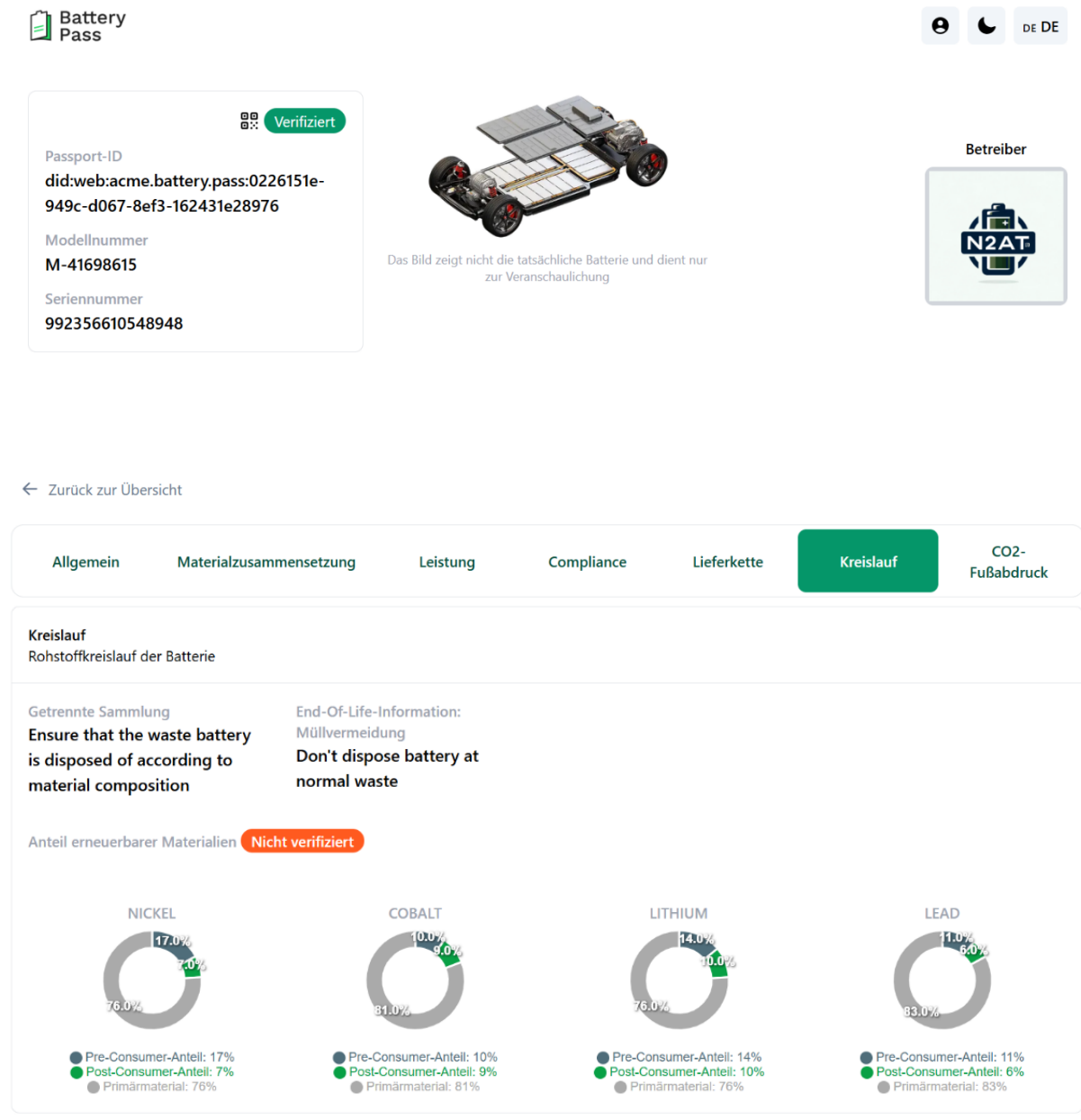
<sup>6</sup> A. Hool, sur la base du rapport « *Minerals, Critical Minerals, and the U.S. Economy* » du National Research Council (2008) (14.8.2025)  
<sup>7</sup> Initiative parlementaire 20.433 « *Développer l’économie circulaire en Suisse* » (FF 2023 13) et site Internet de l’OFEV (2024), *Économie circulaire*

Des méthodes de mesure modernes et une meilleure traçabilité de l'état des batteries permettent de prendre des décisions éclairées quant à la suite de leur utilisation, que ce soit dans le domaine de la mobilité électrique, dans des applications stationnaires ou dans un parcours de recyclage (cf. chap. 6). Une économie circulaire intelligente maintient la sécurité de l'approvisionnement sur le long terme et réduit l'empreinte écologique de la production de batteries.

L'UE encourage cette évolution dans le cadre du règlement européen relatif aux batteries<sup>8</sup>, qui vise à accroître le rendement de recyclage et à améliorer la récupération des matières premières contenues dans les batteries. Le passeport batterie est un élément central de la stratégie européenne. À partir du 18 février 2027, chaque batterie de traction sera associée à un passeport fournissant des informations complètes sur son cycle de vie, depuis l'extraction des matières premières jusqu'à sa réutilisation ou son recyclage, en passant par sa fabrication et son emploi. Ce passeport contient des données de durabilité importantes, concernant entre autres l'empreinte carbone, les conditions de travail, les matériaux, les substances dangereuses, l'utilisation efficace des ressources et la recyclabilité (cf. Figure 5). Il fournit également des informations relatives au démontage et des informations détaillées concernant la composition de la batterie, qui sont essentielles pour les entreprises de réparation, de remanufacturation et de recyclage. Ainsi, les matériaux précieux contenus dans les batteries usagées peuvent être récupérés de manière ciblée et les batteries, être réutilisées et recyclées plus efficacement.

<sup>8</sup> [Règlement \(UE\) 2023/1542](#) du Parlement européen et du Conseil du 12 juillet 2023 relatif aux batteries et aux déchets de batteries, modifiant la directive 2008/98/CE et le règlement (UE) 2019/1020, et abrogeant la directive 2006/66/CE

Figure 5 : Exemple d'un passeport batterie<sup>9</sup>



Malgré les progrès de l'économie circulaire, le potentiel de substitution des matières premières primaires par des matériaux recyclés provenant de batteries usagées ne devrait atteindre, d'ici à la mi-2040, qu'un pourcentage à un chiffre. Cette prévision s'explique par le fait que la demande en batteries neuves va continuer d'augmenter fortement jusqu'à la fin 2030 environ, tandis que les batteries usagées à recycler ne seront pas encore disponibles en quantité suffisante du fait de leur longue durée de vie. Des stratégies prévisionnelles telles que des systèmes de reprise efficaces, des exigences contraignantes en matière de récupération de matières premières et des modèles d'écoconception sont toutefois nécessaires dès aujourd'hui pour se préparer à l'augmentation des quantités de batteries de traction qui seront retournées à l'avenir.

<sup>9</sup> The Battery Pass : [Battery Passport - Viewer](#) (10.6.2025)

## **Comparaison entre l'impact environnemental des véhicules électriques et celui des véhicules à combustion interne : aperçu**

- **Matières premières** : les deux types de véhicules nécessitent des matières premières, mais sous des formes différentes. Pour leurs batteries, les véhicules électriques utilisent des métaux critiques comme le lithium, le cobalt et le nickel. L'extraction de ces métaux présente des risques écologiques et des risques en matière de droits humains. Comme les matières premières pour batteries sont en principe recyclables, elles constituent une ressource à long terme. De leur côté, les véhicules à propulsion conventionnelle sont fortement dépendants des agents énergétiques fossiles, en particulier le pétrole. L'extraction et la transformation du pétrole causent des dommages considérables à l'environnement, portent atteinte aux écosystèmes et engendrent des conflits sociaux. Par ailleurs, ces procédés émettent des gaz à effet de serre (principalement du méthane et du CO<sub>2</sub>) qui accentuent les changements climatiques. Contrairement aux matières premières pour batteries, les matières premières fossiles ne sont pas recyclables au terme du processus de combustion et sont donc définitivement perdues.
- **Production** : par rapport aux véhicules conventionnels, la charge environnementale liée à la production des véhicules électriques est 25 à 50 % plus élevée<sup>10</sup>. Cette différence s'explique principalement par la consommation énergétique nécessaire à la fabrication des batteries, dont l'impact environnemental dépend fortement du mix d'électricité utilisé. Les émissions liées à la carrosserie et au châssis sont en revanche comparables.
- **Utilisation** : les véhicules électriques ne génèrent pas d'émissions directes de CO<sub>2</sub> ou de polluants lors de leur utilisation – à l'exception des résidus d'abrasion de pneus et de freins, qui concernent tout autant les véhicules à combustion interne. Ils sont environ quatre fois plus efficaces sur le plan énergétique que les véhicules équipés d'un moteur à combustion, dans lequel la majeure partie de l'énergie est perdue sous forme de rejets de chaleur. En outre, la charge environnementale liée à la fourniture d'électricité – en particulier pour les mix d'électricité à faibles émissions qui sont disponibles en Suisse – est nettement inférieure à celle liée à la production et à l'utilisation d'essence ou de diesel. Les véhicules électriques contribuent ainsi à réduire les émissions de gaz à effet de serre et donc à protéger le climat. Ils nécessitent également moins de fluides, comme l'huile moteur, ce qui réduit encore leur impact sur l'environnement.
- **Recyclage et économie circulaire** : les véhicules électriques se prêtent à une économie circulaire fonctionnelle, puisque les matériaux qui composent les batteries peuvent être récupérés et réutilisés. Ce modèle réduit la dépendance vis-à-vis des matières premières primaires et diminue durablement les nuisances écologiques. Dans le cas des moteurs à combustion, en revanche, le carburant utilisé est irrémédiablement perdu après son utilisation.

Une voiture électrique commence sa vie avec une charge environnementale plus élevée, due à la fabrication de sa batterie. Mais comme son utilisation est nettement plus respectueuse de l'environnement, ce désavantage diminue à chaque kilomètre parcouru. En fonction du mix d'électricité et du type de véhicule, une voiture électrique ayant parcouru entre 20 000 et 50 000 km présente un meilleur bilan de gaz à effet de serre qu'une voiture conventionnelle équivalente. Cette dernière a certes une empreinte écologique plus faible au début de sa vie, mais elle génère des émissions à chaque utilisation, si bien qu'au final la voiture électrique est l'option la plus écologique sur toute la durée de vie d'un véhicule.

### **2.3 Opportunités dans le domaine économique**

Par nature, l'économie circulaire peut générer de nouvelles activités économiques et de nouveaux emplois en lien avec le recyclage des produits et avec la récupération des matières premières. Dans le domaine particulier de la technologie des batteries, elle peut ouvrir la voie à de nouvelles activités liées par exemple aux techniques de recyclage, au diagnostic des batteries, à l'assemblage des batteries, aux systèmes de surveillance de batterie et aux services de réparation et de maintenance. Des professionnels qualifiés sont en outre nécessaires pour développer des processus innovants de recyclage et de réutilisation. Par ailleurs,

<sup>10</sup> OFEN (2023) : [Les batteries de véhicules électriques](#)

des investissements dans la formation et la recherche peuvent aider la Suisse à s'imposer comme un pôle d'innovation, notamment pour le développement de nouvelles technologies de recyclage ou dans le domaine de la surveillance et de l'assemblage des batteries. Le projet suisse CircuBAT, dont l'ambition est d'établir un modèle économique circulaire pour les batteries lithium-ion, montre comment la collaboration interdisciplinaire entre l'économie et la recherche peut déboucher sur des solutions durables. Une coopération étroite entre les acteurs de l'économie, de la recherche et de la politique est absolument décisive pour accélérer le passage à cette économie circulaire. En encourageant de manière ciblée des projets de recherche et d'innovation, la Suisse peut renforcer sa compétitivité et asseoir sa position de pionnière dans l'utilisation durable des matières premières. Il est particulièrement important que la Suisse développe au plus tôt des planifications stratégiques afin de ne pas perdre le rythme, car les quantités disponibles de batteries usagées et de matières premières collectées ne vont cesser de croître année après année jusqu'à atteindre un volume de récupération rentable sur le plan économique. Une approche prévisionnelle peut empêcher le gaspillage de ressources précieuses et garantir la réutilisation optimale des matériaux existants dans de futures chaînes de création de valeur.

Au-delà des avantages écologiques, l'économie circulaire a la capacité de proposer à long terme de nouveaux modèles d'affaires grâce auxquels les entreprises peuvent améliorer leur efficacité dans l'utilisation des ressources, conquérir de nouveaux marchés, développer des produits et des services innovants et intégrer des aspects de durabilité dans leurs chaînes de création de valeur.

#### **Seconde vie des batteries** (prolongement du cycle de vie) :

- lorsqu'une batterie atteint **la fin de sa durée de vie dans un véhicule électrique**, elle peut encore être utilisée dans d'autres applications telles que des systèmes stationnaires de stockage d'énergie, des installations de stabilisation du réseau ou des systèmes de secours. La vente ou la location de ces solutions crée de nouvelles sources de revenus ;
- **certificat d'économies de CO<sub>2</sub>** : les fabricants de batteries de seconde vie pourraient fournir un certificat témoignant des économies de CO<sub>2</sub> réalisées avec leurs produits, comparativement à la fabrication d'une batterie neuve.

**Recyclage et récupération de matières premières** : le recyclage des batteries de traction permet de récupérer des matières précieuses et de les vendre sur le marché international des matières premières secondaires. Il ouvre également d'autres perspectives :

- **nouer des partenariats avec des fabricants de batteries de seconde vie** : les constructeurs automobiles devraient avoir la possibilité de céder les cellules et modules de batterie encore fonctionnels qui peuvent faire l'objet d'une seconde vie, ce qui permettrait de réserver le recyclage classique aux seuls cellules et modules qui ne sont plus fonctionnels. La fixation de taux de recyclage (comme dans le règlement UE relatif aux batteries) ne se ferait pas au détriment de la réutilisation, car l'idée serait de renforcer les deux approches grâce à des mesures complémentaires. Par ailleurs, des règles et des incitations financières encourageraient les constructeurs à privilégier une approche à deux boucles (réutilisation dans un premier temps, recyclage dans un second temps)<sup>11</sup>. Cette solution permettrait de réduire les coûts de recyclage et de créer de la valeur pour les fabricants de batteries, tout en soutenant le développement d'applications de seconde vie ;
- **restituer les matières premières recyclées aux clients** : les matières premières secondaires récupérées par les entreprises de recyclage pourraient être restituées directement aux clients (p. ex. fabricants de batteries, constructeurs automobiles), afin qu'ils les réintègrent dans leurs processus de production. Cette pratique rendrait le recyclage plus rentable économiquement et contribuerait à la réalisation des objectifs de durabilité ;
- **certifier les matières premières durables** : les entreprises de recyclage pourraient proposer des certificats attestant que leurs matières premières sont durables et ont un effet bénéfique pour l'environnement. Ces certificats pourraient intéresser les fabricants de batteries et les constructeurs automobiles qui souhaitent améliorer leurs objectifs de durabilité et leur bilan d'émissions de CO<sub>2</sub>.

<sup>11</sup> Seika/Kubli (2024) : [Repurpose or recycle? Simulating end-of-life scenarios for electric vehicle batteries under the EU battery regulation \(20.8.2025\)](#), uniquement en anglais

**Modèles « produit en tant que service » (PaaS) :** les entreprises peuvent proposer des services de location ou d'abonnement, au lieu de vendre directement leurs produits :

- **location de batteries pour véhicules électriques :** les batteries de traction pour véhicules électriques peuvent être mises en location au lieu d'être vendues. Les clients s'acquittent d'un loyer mensuel pour l'utilisation de la batterie et peuvent la recharger ou la remplacer à tout moment. Après la fin de vie des batteries, l'entreprise peut les réintégrer dans le circuit et les utiliser dans d'autres applications ou comme batteries secondaires ;
- **services de recharge et de maintenance :** les entreprises peuvent proposer des bornes de recharge et des services de maintenance pour les véhicules électriques ou les systèmes de stockage d'énergie par batterie.

#### **Digression : les batteries usagées ont-elles la cote ?<sup>12</sup>**

Dans le cadre d'une étude menée par l'Université de Saint-Gall, plus de 1500 personnes ont été interrogées sur leurs préférences concernant l'achat d'un système stationnaire de stockage d'énergie pour leur domicile. Les résultats ont montré que les consommateurs préfèrent nettement les batteries neuves aux batteries de seconde vie et que la majorité d'entre eux ne considèrent **pas** les batteries usagées de véhicules électriques comme une option plus durable que les dispositifs de stockage sortis d'usine. Des campagnes stratégiques de promotion du produit et de sensibilisation pourraient améliorer la perception des consommateurs et faire en sorte que la réutilisation de batteries de véhicules électriques bénéficie d'une meilleure acceptation par le marché.

**Conclusion intermédiaire :** les batteries de traction jouent un rôle central dans la transition énergétique et la mobilité électrique. Leur fabrication nécessite des matières premières dont la disponibilité est limitée et en partie associée à des risques. L'Europe dépend fortement de l'importation de ces matières premières, ce qui crée des incertitudes supplémentaires en cas de tensions géopolitiques. L'économie circulaire représente une chance de réduire cette dépendance tout en diminuant les impacts environnementaux. Elle ouvre par ailleurs de nouvelles perspectives économiques grâce au développement de nouveaux modèles d'affaires et de technologies innovantes. Toutefois, comme la demande en matières premières primaires va continuer d'augmenter au cours des prochaines années, des stratégies durables demeurent indispensables à ce jour.

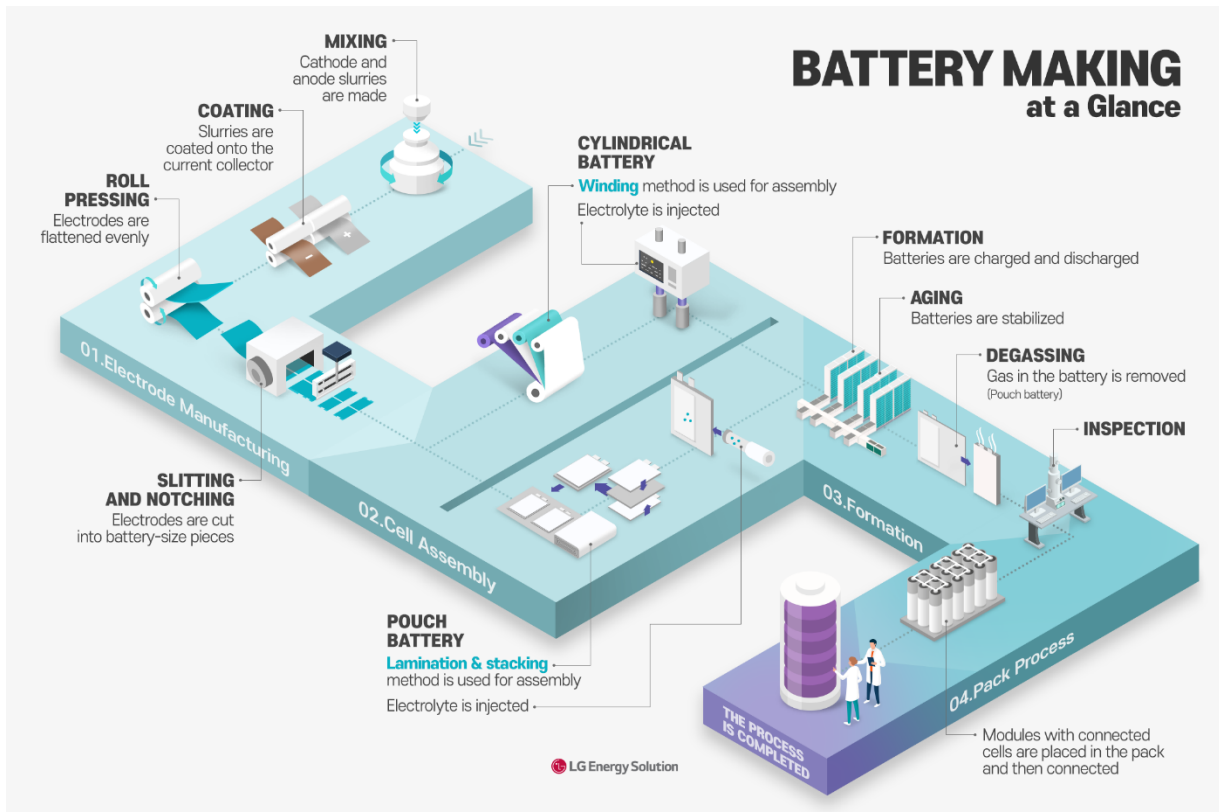
<sup>12</sup> Seika, Juliane : From Road To Home: Are Residential Consumers Willing To Adopt Repurposed Electric Vehicle Batteries? (publication à venir)

### 3. Production – Fabrication de batteries de traction

La fabrication d'une batterie comprend quatre opérations principales :

1. fabrication des électrodes,
2. fabrication des cellules,
3. formation,
4. fabrication du pack.

Figure 6 : Processus de fabrication d'une batterie <sup>13</sup>



La **fabrication des électrodes** consiste à mélanger les matériaux à électrodes de manière à former une pâte, puis à recouvrir d'une couche de pâte les films collecteurs de courant. Afin que la batterie fonctionne avec un maximum d'efficacité, les films ainsi revêtus (électrodes) sont d'abord compressés avant d'être découpés à la taille souhaitée. Les électrodes sont ensuite enroulées ou empilées lors de la **fabrication des cellules**. Une cellule se compose d'une couche d'anode, d'une couche de séparation et d'une couche de cathode (à la manière d'un sandwich). L'électrolyte est le liant qui permet l'échange d'ions entre les deux électrodes à travers le séparateur. Cet assemblage est ensuite placé dans un boîtier de contention et scellé. Il existe différents formats de cellules (à poche, cylindriques, prismatiques), qui présentent chacun des avantages et des inconvénients spécifiques.

L'étape de **formation** consiste à activer l'énergie électrique des cellules en les chargeant et les déchargeant pour la première fois, de manière contrôlée. Cette opération est garante de la stabilité et de la longévité des cellules. Après la formation, les cellules sont soumises à de nombreux contrôles de la qualité visant à vérifier leur parfaite sécurité. Il faut ensuite assembler les cellules pour créer le **pack de batterie**, c'est-à-dire la batterie de traction ; pour cela, les cellules sont généralement regroupées en modules, puis les modules sont connectés à des composants électroniques et à un système de gestion de la température (refroidissement) pour aboutir au produit fini.

<sup>13</sup> LG Energy Solution (2023) : (Infographics #3) Battery Making at a Glance (07.8.2025), uniquement en anglais

La recherche et la production connaissent actuellement une évolution rapide. Les innovations vont bon train, qu'il s'agisse des matériaux, de la conception ou des procédés de fabrication. L'objectif est de rendre les batteries de traction, et donc en fin de compte les voitures électriques, plus abordables, plus respectueuses de l'environnement et plus performantes.

Le revêtement à sec sans solvant est un exemple d'innovation dans le domaine de la production. Associé à un mix d'énergies renouvelables, ce procédé présente des avantages tant écologiques qu'économiques.

Concernant la chimie des cellules, la tendance actuelle privilégie le lithium-fer-phosphate (LFP) au détriment du lithium-nickel-manganèse-cobalt (NMC), du fait que les cellules LFP utilisent des matières premières moins coûteuses et moins critiques. Par ailleurs, il faut s'attendre à l'arrivée sur le marché industriel de batteries sodium-ion qui, parce qu'elles ne contiennent pas de lithium, sont potentiellement plus durables et moins coûteuses, en particulier lorsque les prix du lithium augmentent. L'intégration directe des cellules individuelles dans la batterie de traction, c'est-à-dire sans regroupement en modules (*cell-to-pack*), est une autre évolution de l'architecture classique des batteries. Elle permet d'utiliser moins de matériaux, ce qui réduit les besoins en ressources tout en augmentant la densité énergétique gravimétrique de la batterie de traction.

En outre, l'UE exige que la part de matériaux recyclés présents dans les batteries neuves augmente au cours des prochaines années<sup>14</sup>. Certains fabricants de batteries construisent déjà des installations de recyclage dans lesquelles les déchets de production sont recyclés de manière à réduire les besoins en matières premières primaires<sup>15</sup>. En parallèle, des constructeurs automobiles expérimentent la « conception en vue du recyclage » (*design for recycling*), qui consiste à intégrer la recyclabilité des composants dès les phases de conception et de production. Le défi n'est pas simple, car il faut concilier des exigences de performance élevées avec des coûts de production maîtrisés<sup>16</sup>.

**Conclusion intermédiaire** : le processus de fabrication des batteries comprend plusieurs étapes spécialisées, qui font l'objet d'améliorations continues afin d'accroître l'efficacité, la durabilité et les performances. De nouveaux développements dans le domaine des matériaux, dans les procédés de fabrication et dans la conception des batteries permettent des évolutions positives tant sur le plan écologique qu'économique.

<sup>14</sup> [Règlement \(UE\) 2023/1542](#) du Parlement européen et du Conseil du 12 juillet 2023 relatif aux batteries et aux déchets de batteries, modifiant la directive 2008/98/CE et le règlement (UE) 2019/1020, et abrogeant la directive 2006/66/CE

<sup>15</sup> Fraunhofer ISI (2023) : [Europa baut Recycling von Lithium-Ionen-Batterien aus: Kapazitätsentwicklung, Bedarfsanalyse und Marktakteure im Blickpunkt](#) (20.8.2025), en allemand et en anglais

<sup>16</sup> Mercedes-Benz Group : [Kreislaufwirtschaft von Batteriesystemen: Der Kreis schließt sich](#) (20.8.2025), en allemand et en anglais

## 4. Utilisation – Durée de vie d'une batterie de traction dans un véhicule électrique

Les batteries de traction des voitures de tourisme ont généralement une capacité de 40 à 90 kWh et offrent une autonomie de 300 à 550 km par charge. Sur toute la durée de vie d'un véhicule (200 000 à 500 000 km), la batterie effectue environ 1000 à 2000 cycles de charge. Sur les 300 000 premiers kilomètres, la batterie perd environ 12 % de sa capacité, ce qui correspond à une valeur SoH de 88 % (*state of health*, état de santé), raison pour laquelle elle couvre généralement toute la durée de vie du véhicule. Les batteries peuvent ensuite être retirées du véhicule et préparées en vue de la réutilisation. Elles peuvent alors entamer une seconde vie et servir par exemple de solutions de stockage pour des installations photovoltaïques<sup>17</sup>.

En vue d'optimiser la durée de vie des batteries de traction, les cellules de batterie sont surveillées par un système électronique de gestion de batterie (BMS). Ce système a notamment pour fonctions importantes de réguler la température, de surveiller les cellules, de protéger la batterie contre les décharges excessives et les surcharges et ainsi que compenser les différences de tension entre les cellules. Grâce à la communication entre le BMS et le chargeur embarqué ou l'infrastructure de recharge, la charge ou la décharge peut s'effectuer de la manière la plus douce possible. Une conduite anticipative et l'optimisation du comportement de recharge peuvent aussi prolonger la durée de vie de la batterie.

La batterie est le composant le plus cher d'un véhicule électrique. Les possibilités de réparation, qui varient en fonction du constructeur, consistent notamment à changer des cellules et des composants électroniques ou à remplacer la batterie complète. Le plus souvent, ces réparations sont couvertes par la garantie de la batterie, qui s'étend habituellement sur 8 à 10 ans ou sur 150 000 à 200 000 km. La souscription d'une extension de garantie permet de se prémunir ensuite contre le coût élevé d'une réparation ou d'un remplacement de batterie.

La réparation dépend du type de cellule, de la disposition des cellules dans les modules et dans la batterie complète et de la disponibilité des pièces de rechange. Si certaines évolutions telles que l'intégration directe des cellules dans le pack de batterie (*cell-to-pack*) ou dans le châssis du véhicule (*cell-to-chassis*) présentent des avantages en matière de production ou de contenu énergétique spécifique, elles compliquent toutefois la réparation des cellules et leur utilisation pour un usage autre que l'usage initial. Les réparations doivent être effectuées uniquement par un personnel formé disposant de l'outillage approprié<sup>18</sup>.

Dans le cas d'un dommage causé par un facteur extérieur, comme un accident de la circulation, les mesures de sécurité mises en œuvre (p. ex. évacuation et mise en quarantaine dans un conteneur ignifugé) et l'évaluation précise de l'état de santé de la batterie sont déterminantes pour permettre la réutilisation éventuelle de certaines cellules (cf. point 6.1). Il existe actuellement différentes méthodes de test pour évaluer l'état de santé interne d'une batterie. La standardisation de ces méthodes est souhaitable, car elle permettrait d'améliorer la comparabilité et la classification des batteries et des cellules de batterie.

**Conclusion intermédiaire** : la gestion soignée et consciencieuse d'une batterie de traction permet de prolonger sensiblement sa durée de vie. Dans la plupart des cas, ce travail est effectué automatiquement par un système de gestion de batterie. Ainsi, la batterie de traction n'est pas le facteur limitant de la durée de vie d'un véhicule électrique. Plus les informations sur l'état de santé de la batterie sont nombreuses, plus il est facile d'en garantir une utilisation aussi longue que possible.

<sup>17</sup> P3 (2024) : [Batteriealterung in der Praxis: Analyse von über 7.000 Fahrzeugen gibt tiefe Einblicke in Batterielebensdauer und Fahrzeug-Restwert](#) (20.8.2025), en allemand et en anglais

<sup>18</sup> La brochure « [Sécurité au travail et protection de la santé en cas d'interventions sur véhicules hybrides ou électriques équipés de systèmes haute tension](#) » (n° 6281, édition du 1<sup>er</sup> janvier 2015) publiée par la Commission fédérale de coordination pour la sécurité au travail (CFST) fournit de précieuses informations sur le sujet.

## 5. Collecte et reprise d'anciennes batteries – Responsabilité en fin de vie

Les batteries en fin de vie se retrouvent principalement chez les garagistes et les démonteurs de véhicules hors d'usage. Comme les batteries sont considérées comme des déchets spéciaux, il est très important de les éliminer dans le respect de l'environnement. Il s'agit par ailleurs de marchandises dangereuses, si bien que leur transport doit s'effectuer conformément aux prescriptions de l'Accord du 30 septembre 1957 relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (ADR ; RS 0.741.621) et de l'ordonnance du 29 novembre 2002 relative au transport des marchandises dangereuses par route (RS 741.621). Les batteries critiques<sup>19</sup> présentent un risque élevé d'électrocution et d'incendie et doivent être transportées dans des conteneurs de sécurité<sup>20</sup>.

En Suisse, les piles et batteries sont soumises à une taxe d'élimination anticipée (TEA)<sup>21</sup>. Conformément aux dispositions légales en vigueur, les fabricants et les commerçants sont tenus de reprendre gratuitement les batteries de traction<sup>22</sup>. Toutefois, au motif que ces produits ont une durée de vie particulièrement longue et que le prélèvement de la TEA dès l'achat du véhicule (et donc de la batterie) immobiliserait d'importants volumes de capitaux durant une longue période, les fabricants et les importateurs de véhicules électriques en Suisse ont demandé une exemption de l'assujettissement à la TEA et l'ont obtenue jusqu'à présent. En contrepartie, ils ont l'obligation de garantir que les batteries sont éliminées dans le respect de l'environnement et selon l'état de la technique et de supporter l'intégralité des coûts correspondants.

La Suisse dispose actuellement de trois systèmes de reprise pour les batteries de traction :

- **coopérative sestorec** : la coopérative sestorec regroupe actuellement 45 importateurs et fabricants de véhicules, qui se sont engagés à reprendre et à valoriser gratuitement les batteries. Les processus correspondants doivent être soumis à INOBAT et les futurs coûts d'élimination doivent être couverts par une garantie bancaire ;
- **SENS eRecycling** : SENS regroupe actuellement 82 importateurs directs et parallèles, qui s'acquittent d'une taxe anticipée de recyclage. Les recettes issues de cette taxe sont utilisées par SENS pour couvrir les frais de collecte, de transport et d'élimination qui s'appliquent à ses membres ;
- **INOBAT** : les importateurs et les fabricants de batteries de traction qui ne sont affiliés à aucune solution de branche ne sont pas exemptés de l'assujettissement à la taxe. Ils sont donc tenus de s'acquitter de la TEA. INOBAT perçoit la taxe pour le compte de la Confédération et l'utilise pour financer la collecte, le transport et la valorisation des batteries correspondantes.

Lors du démontage d'une batterie de traction usagée, le numéro d'identification de la batterie permet de savoir lequel des trois systèmes de reprise prendra en charge les frais d'élimination. La batterie doit être démontée uniquement par un personnel formé disposant de l'outillage approprié<sup>23</sup>.

### Défi logistique

La taille et le poids d'une batterie de traction (qui peut atteindre jusqu'à 800 kg dans une voiture de tourisme) constituent un défi logistique. Dans l'idéal, l'état de la batterie doit être évalué avec la batterie encore posée dans le véhicule, puis classé dans l'une de ces trois catégories :

- batterie usagée fonctionnelle ;
- batterie endommagée ou défectueuse mais réparable, état non critique ;
- batterie endommagée ou défectueuse, état critique.

<sup>19</sup> Les batteries de traction sont considérées comme critiques lorsqu'elles ont subi des dommages mécaniques considérables, par exemple à la suite d'un incendie, d'un accident ou d'une inondation ou pour d'autres raisons similaires. Ainsi, une cassure ou une fêlure de l'enveloppe de la batterie ou une déformation apparente de la batterie indique un dommage considérable (voir aussi la disposition spéciale 376 de l'annexe A, chap. 3.3, ADR).

<sup>20</sup> D'autres instructions figurent notamment dans les publications « Sécurité au travail et protection de la santé en cas d'interventions sur véhicules hybrides ou électriques équipés de systèmes haute tension » (CFST), « Guide pour la récupération, le transport, l'entreposage et l'élimination des véhicules à propulsion électrique » (Office fédéral des routes / Auto-Secours-Suisse) et « Guide pour les ateliers sur la manipulation des batteries lithium-ion dans la technique automobile » (auto-suisse / Union professionnelle suisse de l'automobile / Association suisse des transports routiers).

<sup>21</sup> Annexe 2.15, ch. 6.1 ss, de l'ordonnance du 18 mai 2005 sur la réduction des risques liés aux produits chimiques (ORRChim ; RS 814.81)

<sup>22</sup> Annexe 2.15, ch. 5.2, ORRChim

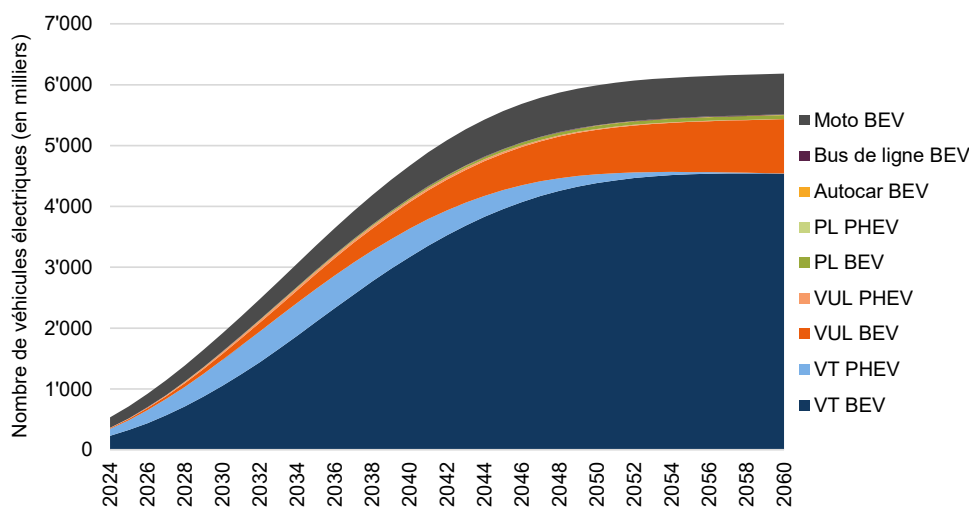
<sup>23</sup> La brochure « Sécurité au travail et protection de la santé en cas d'interventions sur véhicules hybrides ou électriques équipés de systèmes haute tension » (n° 6281, édition du 1<sup>er</sup> janvier 2015) publiée par la CFST fournit de précieuses informations sur le sujet.

**Conclusion intermédiaire** : les batteries de traction pour véhicules électriques sont considérées comme des déchets spéciaux et des marchandises dangereuses. Leur élimination est soumise à des réglementations particulières en raison des risques qu'elle présente (p. ex. incendie). Si les batteries ne sont pas endommagées et qu'elles sont stockées correctement, le risque d'incendie est toutefois minime. Les fabricants et les importateurs sont tenus de reprendre gratuitement les batteries et de les éliminer dans le respect de l'environnement. Il existe trois systèmes de reprise pour les batteries de traction : sestorec, SENS eRecycling et INOBAT.

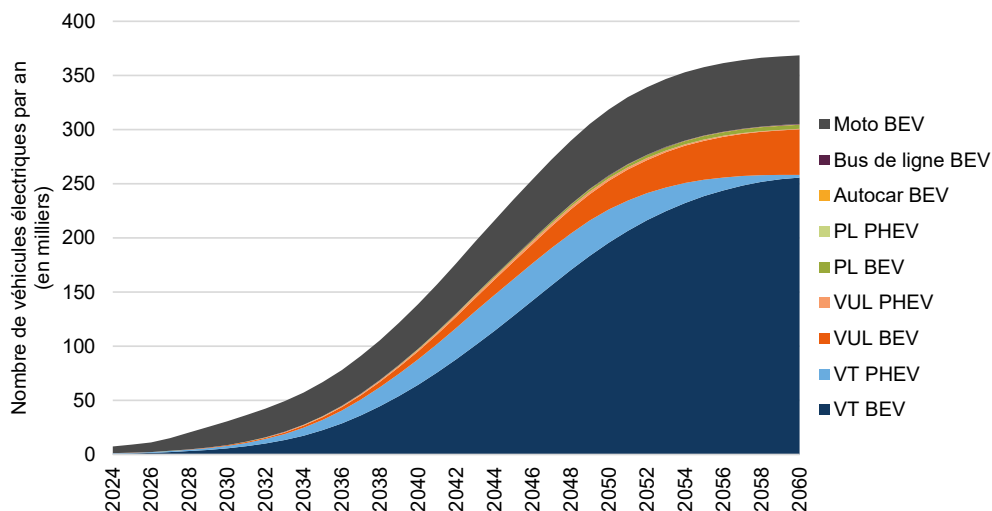
## 6. Réutilisation et recyclage – L'économie circulaire dans la pratique

Les véhicules électriques ont une durée de vie de 10 à 20 ans. D'après les prévisions du bureau d'étude INFRAS, le parc suisse de véhicules électriques augmentera jusqu'en 2050 environ (cf. Figure 7) mais, dans le même temps, un nombre croissant de véhicules arriveront en fin de vie. À partir de 2050 environ, le nombre de nouvelles immatriculations sera équivalent au nombre de véhicules retirés de la circulation. La Figure 8 montre la progression dans le temps du nombre de véhicules électriques mis hors service chaque année.

**Figure 7 : Parc suisse de véhicules électriques, par type de véhicule <sup>24</sup>**



**Figure 8 : Véhicules électriques retirés de la circulation chaque année, par type de véhicule <sup>24</sup>**



À moyen ou long terme, le parc suisse de véhicules électriques offrira un important potentiel de batteries de traction à réutiliser ou à recycler. Afin d'exploiter au mieux ce potentiel, il sera crucial de disposer d'un maximum d'informations et de données sur la batterie usagée au moment où elle devra être retirée de la circulation. C'est en effet le seul moyen de décider de manière ciblée si une batterie usagée peut encore servir dans un véhicule, si elle peut être affectée à un autre usage ou si elle doit être recyclée.

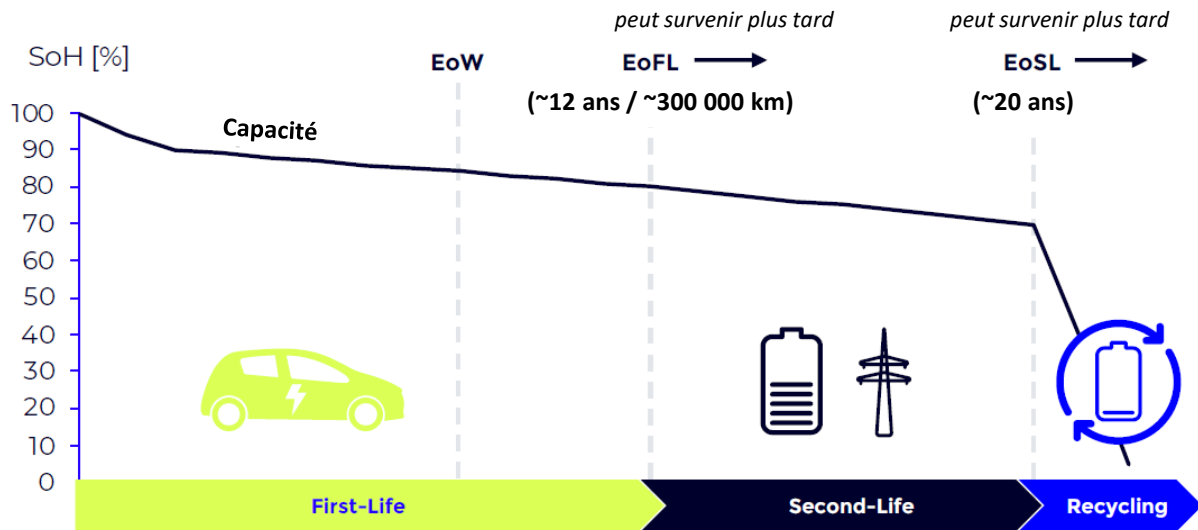
<sup>24</sup> INFRAS (2023). Légende :

PL = poids lourd / VUL = véhicule utilitaire léger / VT = voiture de tourisme

BEV = *battery electric vehicle* (véhicule électrique à batterie [uniquement électrique]) / PHEV = *plug-in hybrid vehicle* (véhicule électrique hybride [électrique et thermique])

La figure suivante montre le cycle de vie d'une batterie de traction utilisée de manière optimale.

**Figure 9 : Cycle de vie d'une batterie de traction**<sup>25</sup>



## 6.1 Réutilisation

Les batteries de traction qui ne remplissent plus les exigences d'un véhicule électrique doivent être contrôlées par un personnel qualifié. Les options envisageables au terme de ce contrôle sont les suivantes :

- réparer la batterie de traction de manière à prolonger sa première vie ;
- réutiliser la batterie de traction en tant que batterie de seconde vie, dans le même domaine d'application ou dans un domaine différent ;
- recycler la batterie de traction (cf. point 6.2).

Dans le premier cas, la batterie peut être réparée et sa durée de vie peut être prolongée, par exemple en remplaçant les pièces endommagées (cf. chap. 4).

Si l'état de la batterie ne suffit plus à alimenter un véhicule électrique, la batterie de traction doit être retirée du véhicule, contrôlée par un personnel qualifié et préparée en vue de la réutilisation. Le potentiel de batteries de seconde vie pouvant être utilisées dans le même domaine d'application ou dans un domaine différent deviendra considérable à l'avenir, à mesure que les batteries atteindront en masse leur fin de vie (cf. Figure 8). Le remanufacturation et la réaffectation sont deux approches prometteuses pour la réutilisation durable des batteries. Le remanufacturation consiste à retirer les composants fonctionnels présents dans les batteries usagées et à les réutiliser pour fabriquer de nouvelles batteries entièrement fonctionnelles ; il s'agit donc d'une réutilisation dans le même domaine d'application. La réaffectation consiste à utiliser les batteries usagées dans de nouveaux domaines d'application, par exemple dans des installations stationnaires de stockage d'énergie. Puisque les stocks actuels de batteries de traction usagées sont encore très limités, seules quelques entreprises suisses en réutilisent actuellement. Citons notamment la société Kyburz, dans le domaine du remanufacturation, et les sociétés Modual et Upvolt, dans le domaine de la réaffectation. La société Libattion, quant à elle, utilise des cellules de catégorie B issues de la production de véhicules électriques – c'est-à-dire des cellules qui ne répondent pas aux normes de qualité les plus élevées – pour fabriquer des systèmes stationnaires de stockage d'énergie par batterie. Certaines de ces entreprises misent sur l'automatisation pour pouvoir concurrencer les batteries conventionnelles.

<sup>25</sup> P3 (2024) : Batteriealterung in der Praxis: Analyse von über 7.000 Fahrzeugen gibt tiefe Einblicke in Batterielebensdauer und Fahrzeug-Restwert (6.8.2025), en allemand et en anglais. Légende :

SoH = state of health (état de santé)

EoW = end of warranty (fin de la période de garantie)

EoFL = end-of-first-life (fin de la première vie)

EoSL = end-of-second-life (fin de la seconde vie)

Dans le troisième cas, c'est-à-dire si la batterie de traction ne peut pas faire l'objet d'une seconde vie, elle doit être démontée et recyclée (cf. point 6.2).

La réutilisation des batteries usagées présente de nombreux avantages : il permet notamment d'économiser de précieuses matières premières, entraînant ainsi une réduction des émissions de CO<sub>2</sub>, et il soutient un circuit économique durable en prolongeant la durée de vie des batteries et en réduisant les quantités de déchets.

## 6.2 Recyclage

À la fin de son cycle de vie, lorsque la batterie de traction ne peut plus être utilisée dans un véhicule ni se prêter à une seconde vie, elle doit être recyclée. Le processus de recyclage comprend la décharge, le désassemblage et la valorisation. Avant de pouvoir désassembler une batterie de traction, il faut la décharger en effectuant par exemple une décharge résistive, une décharge électrolytique ou une injection d'énergie dans un réseau électrique ou dans un autre dispositif de stockage. Cette opération est surveillée par du personnel spécialisé. La batterie peut ensuite être désassemblée au niveau des modules ou des cellules, en fonction du procédé de valorisation qui sera ensuite appliqué. La valorisation peut prendre la forme d'un traitement de pyrométallurgie (fusion) ou d'un traitement mécanique (broyage). Dans le premier cas, la fusion des cellules à base de NMC permet de récupérer des métaux tels que le cuivre, le nickel et le cobalt, tandis que les impuretés telles que le fer, l'aluminium et le lithium se retrouvent dans les mâchefers. Dans le second cas, la pyrolyse ou le broyage prépare les matériaux de manière à pouvoir ensuite les séparer en fractions cibles. Ces fractions cibles sont par exemple la *black mass* (une poudre noire riche en métaux), l'acier, les matières plastiques, l'aluminium, le cuivre, les films séparateurs et l'électrolyte. Les principaux défis sont liés à la valorisation de l'électrolyte et au traitement des eaux usées éventuelles. Les fractions métalliques peuvent être utilisées dans des fonderies en tant que matières premières secondaires, tandis que la *black mass* peut subir un traitement de pyrométallurgie ou d'hydrométallurgie (cette dernière ayant des exigences de qualité plus élevées). La technologie employée doit avoir pour objectifs de produire des fractions métalliques ou une *black mass* aussi pures que possible et de maximiser le rendement de recyclage.

Parce que les batteries n'ont pas toutes la même composition chimique, leur valeur matérielle peut considérablement varier d'un type à l'autre (cf. chap. 3). Un traitement sélectif est essentiel pour pouvoir fabriquer des produits de haute qualité et améliorer la durabilité. Si les batteries NMC et LFP étaient traitées ensemble, le processus pourrait considérer le phosphate de fer comme une impureté présente dans la *black mass*, ce qui nuirait à l'extraction des éléments cibles. Il faut donc veiller à ce que les batteries soient traitées séparément en fonction de leur chimie de cellule.

En Suisse, trois entreprises sont impliquées dans le recyclage des batteries :

- **Kyburz Switzerland AG** traite les cellules LFP. Sa capacité de recyclage atteint actuellement 200 tonnes par an, mais elle peut être étendue à 1000 tonnes par an. L'entreprise mise sur un recyclage direct sans étape de broyage. Le procédé employé permet de récupérer les principaux composants, à savoir le film d'aluminium, le phosphate de fer lithié, le séparateur, le film de cuivre, le graphite et le boîtier en plastique de la cellule, et de réintroduire les matériaux les plus importants dans le circuit économique des batteries ;
- **LIBREC AG**, qui est active depuis la fin 2024, est spécialisée dans les batteries de traction. Son ambition à long terme est d'en recycler jusqu'à 12 000 tonnes par an. Les batteries de traction sont broyées, séchées, puis séparées en différentes fractions de matériaux. Les fractions cibles sont certaines matières premières secondaires ainsi que la *black mass*, qui est ensuite transformée par d'autres entreprises ;
- **Batrec Industrie AG** dispose d'une longue expérience dans le recyclage des piles issues des ménages. Depuis novembre 2023, elle se spécialise également dans la séparation mécanique des batteries lithium-ion. Le processus consiste dans un premier temps à broyer les batteries, puis à séparer les différentes fractions (*black mass*, fraction ferreuse, matières plastiques, films, cuivre, aluminium-plastique) grâce à plusieurs procédés mécaniques de séparation. À l'exception des films, toutes les fractions peuvent être recyclées. La capacité de recyclage de l'entreprise est de 6000 tonnes de batteries lithium-ion par an.

L'utilisation de matières premières secondaires dans la production de batteries présente des avantages tant pour l'écologie que pour l'économie. Du point de vue écologique, elle favorise le développement durable en réduisant l'exploitation des ressources naturelles, la pollution de l'environnement et les émissions de CO<sub>2</sub>. Du point de vue économique, la récupération de certains métaux comme le cuivre est particulièrement intéressante : les fractions de matériaux issues du recyclage ont parfois des concentrations de cuivre nettement plus élevées qu'un minerai de cuivre conventionnel, ce qui rend le traitement plus efficace et plus intéressant financièrement. Cependant, le recyclage ne peut couvrir qu'une partie des besoins en matières premières, raison pour laquelle il est crucial de réaliser des avancées dans les techniques de fabrication et de développer des chimies de cellules innovantes.

**Conclusion intermédiaire :** la réutilisation et le recyclage des batteries de traction offrent des avantages écologiques et économiques. La croissance du parc suisse de véhicules électriques offre un potentiel pour la récupération de matières premières secondaires. Malgré les progrès réalisés dans le domaine du recyclage, des innovations technologiques restent nécessaires pour garantir la qualité des matériaux, accroître le rendement et permettre le traitement des futures chimies de cellules.

## 7. Conclusion

Les batteries sont au cœur du développement durable de la mobilité. Les batteries de traction, en particulier, jouent un rôle clé dans le contexte de la mobilité électrique.

Les atteintes à l'environnement les plus importantes sont causées au début du cycle de vie des batteries, notamment lors de l'extraction des matières premières et pour la fabrication des cellules. En comparaison, l'utilisation des véhicules électriques a un impact environnemental nettement moindre. Il faut donc pouvoir utiliser les véhicules électriques le plus longtemps possible de manière à optimiser leur bilan écologique global.

La mise en œuvre cohérente des principes de l'économie circulaire est un levier d'action déterminant pour améliorer la durabilité de la mobilité électrique. Si la Suisse ne dispose ni de gisements de matières premières pour batteries ni d'une position forte dans le domaine de la production de batteries, elle offre toutefois des opportunités économiques en lien avec l'économie circulaire : grâce au développement d'applications innovantes, de stratégies de réutilisation et de procédés de recyclage, elle peut mettre à profit ses atouts en matière de recherche et de développement.

La réutilisation et le recyclage des batteries de traction sont techniquement réalisables en Suisse et présentent des avantages écologiques considérables. Afin d'orienter les flux des matériaux de batteries vers des circuits fermés, il est essentiel de mettre en place une infrastructure de collecte efficace et de continuer à développer des technologies de recyclage avancées. Ces mesures offrent la possibilité de récupérer les matériaux précieux contenus dans les batteries usagées et de réduire à long terme la dépendance vis-à-vis des matières premières primaires.

Dans cette approche circulaire, la réutilisation est une stratégie concrète permettant de donner une seconde vie aux batteries usagées. Sa mise en œuvre à grande échelle dépend de plusieurs facteurs, notamment de l'évolution des prix des matières premières pour batteries, qui peut avoir une influence décisive sur la rentabilité à long terme des approches de réutilisation.

Le nouveau règlement de l'UE relatif aux batteries, qui consiste en une approche réglementaire globale, promeut l'écoconception de l'ensemble du cycle de vie d'une batterie. Il a pour élément central la mise en place d'un passeport batterie, obligatoire à partir de 2027, qui vise à améliorer la transparence et le traçage tout au long de la chaîne de création de valeur. Comme les attentes liées à ce passeport sont fortes en Suisse également, son développement est observé de près par la Confédération. À ce jour, la Suisse n'a encore fixé aucune prescription contraignante relative au passeport batterie.

Le rôle central des batteries dans la transition écologique ainsi que les fortes attentes qui se font jour sur le plan économique stimulent grandement les développements technologiques dans ce domaine. Pour exploiter ces opportunités tout en atteignant les objectifs écologiques qu'elle s'est fixés, la Suisse doit mettre à contribution ses instituts de recherche et mobiliser la force d'innovation de ses acteurs économiques, de sorte qu'ils identifient au plus tôt les développements technologiques importants et s'emploient activement à en tirer des avantages économiques.

En conclusion, qu'advient-il de la batterie qui se trouve dans une voiture électrique ? Les batteries de traction qui ne remplissent plus les exigences d'un véhicule électrique sont collectées puis contrôlées par du personnel qualifié. En fonction de l'état de la batterie, les options possibles sont les suivantes :

- **réparation visant à prolonger la première vie** : les composants défectueux, comme les cellules individuelles ou les modules, sont remplacés de sorte que la batterie puisse encore être utilisée dans le véhicule ;
- **réutilisation en tant que batterie de seconde vie** : si la batterie ne peut plus être utilisée dans le véhicule, elle est préparée en vue de la réutilisation et peut être remise en circulation en tant que dispositif stationnaire de stockage d'énergie, par exemple ;

– **recyclage à la fin du cycle de vie** : si la batterie ne peut être ni réparée ni réutilisée, elle est recyclée. Des matériaux précieux sont alors récupérés.

**Conclusion** : la réparation, la réutilisation et le recyclage soutiennent l'économie circulaire, stimulent l'innovation et renforcent la place économique suisse.

## 8. Annexe : Glossaire

déchet	Chose meuble dont le détenteur se défait ou dont l'élimination est commandée par l'intérêt public (art. 7, al. 6, LPE). L'aide à l'exécution « Dispositions générales de l'OLED » (OFEV, 2024) fournit des explications sur la distinction entre un produit et un déchet.
traitement	Modification physique, biologique ou chimique des déchets (art. 7, al. 6 <sup>bis</sup> , LPE).
traitement thermique	Traitement des déchets à des températures suffisamment élevées pour détruire les substances dangereuses pour l'environnement ou les lier physiquement ou chimiquement par minéralisation (art. 3, let. l, de l'ordonnance du 4 décembre 2015 sur les déchets [OLED, RS 814.600]).
élimination	Valorisation ou stockage définitif des déchets, ainsi que les étapes préalables que sont la collecte, le transport, le stockage provisoire et le traitement (art. 7, al. 6 <sup>bis</sup> , LPE).
commerçant	Personne physique ou morale qui se procure des substances, des préparations ou des objets en Suisse et les remet à titre commercial sans en changer la composition (art. 2, let. b, ORRChim).
fabricant	Personne physique ou morale qui fabrique, produit ou importe des substances, des préparations ou des objets à titre professionnel ou commercial ; est considérée également comme fabricant toute personne qui se procure des substances, des préparations ou des objets en Suisse et les remet sous un nom commercial propre ou pour un autre usage, à titre professionnel ou commercial, sans en changer la composition ; toute personne qui fait fabriquer une substance, une préparation ou un objet en Suisse par un tiers est considérée comme seul fabricant dans la mesure où elle a un domicile ou un siège social en Suisse (art. 2, let. a, ORRChim).
stockage	Conservation soit en vue du traitement au sein de l'exploitation, soit en vue d'un enlèvement ou de la remise à un opérateur de traitement en aval (OLED).
taux de recyclage	Rapport entre la quantité de masse sortante ayant fait l'objet d'une valorisation matière et l'ensemble de la masse entrante d'un flux de traitement.
poste de collecte	Poste de collecte exploité ou opération de collecte organisée par la collectivité publique ou par des privés mandatés par celle-ci (art. 3, let. f, de l'ordonnance du 20 octobre 2021 sur la restitution, la reprise et l'élimination des appareils électriques et électroniques [RS 814.620]).
black mass	Mélange de matériaux actifs issu du recyclage des batteries de traction, composé en particulier d'oxydes de cobalt, de nickel et de manganèse ainsi que de lithium et de graphite.
matière première secondaire	Matière qui est réutilisée ou recyclée dans d'autres matériaux (IATE <sup>26</sup> ).
valorisation	Processus consistant à récupérer, à partir d'un déchet, les constituants fonctionnels (réutilisation), matière ou énergétiques (voir les trois définitions ci-après).
valorisation fonctionnelle	Valorisation ayant pour objectif la réutilisation des déchets d'équipements électriques et électroniques. Chaque opération est réalisée dans le but de préparer les appareils et les composants qui sont devenus des déchets de telle sorte qu'ils puissent être utilisés de nouveau pour un usage identique à celui pour lequel ils avaient été conçus.
valorisation matière	Mode de traitement des déchets visant à récupérer des matières premières secondaires et à les réintroduire dans le circuit économique.
valorisation énergétique	Utilisation de déchets pour produire de l'électricité et de la chaleur.
préparation en vue de la réutilisation	Opération de contrôle, de nettoyage, de réparation ou de remanufacturation, par laquelle des produits ou des composants de produits qui sont devenus des déchets sont préparés de manière à pouvoir être réutilisés.
réutilisation	Réemploi d'un objet (à considérer comme un déchet) pour son usage initial ou pour un autre usage. L'objet qui, en vue de sa réutilisation, passe par des étapes typiques de l'élimination (collecte, transport, stockage provisoire, traitement) demeure un déchet jusqu'à sa réutilisation.

<sup>26</sup> IATE (Interactive Terminology for Europe) est la base de données terminologique interinstitutionnelle de l'UE.