Vers une économie circulaire des batteries :

RECYCLAGE ET REPRISE DES BATTERIES LITHIUM-ION EN EUROPE

Livre blanc

Instagrid

Sommaire

03 Contexte & Synthèse

05 Introduction

06 Le paysage européen du recyclage des batteries lithium-ion : des capacités suffisantes, mais une montée en puissance des volumes différée

09 Partenariats et logiques de marché dans le recyclage de batteries

10 Recyclabilité et faisabilité de la reprise : pourquoi une bonne recyclabilité ne suffit pas à elle seule

11 Instagrid ONE : aperçu de la recyclabilité en conditions réelles

14 La stratégie de reprise sur le terrain : entre ambition et faisabilité

Contexte

Chez Instagrid, la durabilité ne se limite pas à la performance d'un produit lors de son utilisation. Cette notion est également intégrée dans notre manière de concevoir, de fabriquer, de déployer et de gérer nos produits en fin de vie. À mesure que les cadres règlementaires évoluent et que l'écosystème européen des batteries gagne en maturité, nous estimons qu'il est essentiel d'examiner non seulement les avantages environnementaux d'une alimentation électrique portable sur batterie en phase d'utilisation, mais aussi ce qu'il advient du produit en fin de vie. Une étape déterminante pour boucler la boucle.

Ce livre blanc a été élaboré afin de proposer une analyse factuelle et structurée concernant le recyclage et la reprise des batteries en Europe. Il permet d'expliquer l'approche d'Instagrid sur le sujet de manière transparente et pragmatique.

Synthèse

L'Europe a considérablement investi dans les infrastructures de recyclage ces dernières années. Toutefois, en ce qui concerne le recyclage des batteries, la perception du grand public reste influencée par une statistique trompeuse, encore largement citée : celle selon laquelle seulement 5 % des batteries lithium-ion seraient recyclées à l'échelle mondiale. Souvent utilisé pour illustrer un échec présumé de l'économie circulaire, ce chiffre provient de bases de données obsolètes ou spécifiques à un contexte particulier. Il ne reflète pas les taux réels de récupération des matériaux, les cadres règlementaires, ni les dynamiques actuelles du marché. En réalité, les batteries lithium-ion sont soumises à des exigences règlementaires de plus en plus strictes, ainsi qu'à des restrictions de mise en décharge. De fortes incitations économiques favorisent en outre la récupération des matériaux sur des marchés clés, tels que l'Europe, la Chine et les États-Unis.

Ce décalage entre perception et réalité alimente une compréhension floue et inégale du secteur du recyclage des batteries. Les technologies et les capacités de recyclage installées en Europe dépassent déjà les volumes actuels de batteries en fin de vie, ce qui reflète le décalage temporel entre le développement des infrastructures existantes et la vague à venir de batteries arrivant en fin de vie.

Parallèlement, le marché se caractérise par des partenariats stratégiques entre les équipementiers, les fabricants de cellules et les entreprises de recyclage. Des modèles de « service recyclage clés en main » voient le jour afin de garantir les volumes d'approvisionnement et de permettre des flux de matériaux en circuit fermé. La proximité, l'efficacité logistique et la prévisibilité des flux de retour constituent des facteurs de réussite déterminants. Toutefois, une capacité de recyclage importante ne se traduit pas automatiquement par des volumes de recyclage importants. Le goulot d'étranglement est rarement d'ordre technologique, mais plutôt structurel.

Recyclabilité versus faisabilité de la reprise
L'une des distinctions fondamentales abordées dans ce livre blanc est celle qui existe entre la recyclabilité et la faisabilité de la reprise.

La recyclabilité est une caractéristique intrinsèque au produit qui dépend de sa conception, de sa modularité et de la composition de ses matériaux. La faisabilité de la reprise, en revanche, dépend de la logistique, de la règlementation, de la distribution décentralisée des produits et de la viabilité économique.

Des essais de recyclage en conditions réelles menés avec plusieurs partenaires démontrent qu'Instagrid ONE est, en pratique, hautement recyclable. Sa conception modulaire facilite son démontage et rend possible son intégration dans les processus de recyclage existants. Aucun obstacle significatif n'a été identifié pour la récupération des matériaux utilisés. Cependant, la recyclabilité à elle seule ne garantit pas un cycle des matériaux entièrement fermé.

Pour les équipementiers opérant sur des marchés décentralisés, les facteurs structurels jouent un rôle déterminant : des volumes de retour modestes et décentralisés ; l'absence de réseaux de collecte propres ; les coûts de transport ; et une législation stricte en matière de marchandises dangereuses et de déchets. En vertu de la règlementation en vigueur, les batteries transportées à des fins de recyclage sont classées comme des déchets dangereux, ce qui entraîne des exigences logistiques et règlementaires importantes, tandis que la reprise en vue de la réutilisation peut être traitée différemment. Ces cadres s'appliquent de la même manière à tous les acteurs du marché, indépendamment de leur taille et de leur envergure, et sont conçus pour garantir la sécurité et la protection de l'environnement. Ils mettent en place les garanties nécessaires, mais entraînent également une complexité et des obstacles organisationnels et financiers.

Une décision stratégique consciente et transparente
Instagrid a évalué un scénario de reprise privilégié – à savoir une reprise centralisée offrant une transparence totale en aval et un contrôle sur les flux de matériaux – au regard des conditions structurelles existantes. À l'heure actuelle, ce modèle n'est viable ni sur le plan économique ni sur le plan organisationnel à grande échelle. L'entreprise a donc recours à des programmes nationaux de reprise établis, conformes à la législation, pratiques et évolutifs dans le contexte actuel, même s'ils limitent la transparence directe et le contrôle sur les processus en aval.

Cette décision résulte d'un équilibre mûrement réfléchi entre ambition écologique, responsabilité économique, faisabilité opérationnelle et respect de la législation. Elle repose sur des essais en conditions réelles et une évaluation transparente, plutôt que sur des hypothèses théoriques. Nous continuons à suivre activement le marché et à nous engager dans des initiatives qui favorisent le développement de systèmes de reprise mieux établis et plus largement accessibles.

Dans ce contexte, la durabilité de nos produits exige non seulement de l'ambition, mais aussi une honnêteté quant aux compromis à faire.

Cela implique de travailler à l'amélioration des modèles circulaires par le biais de partenariats et de s'engager activement dans des recherches plus approfondies. Les contraintes systémiques qui existent actuellement ne peuvent être modifiées unilatéralement par un seul équipementier, ni même par un secteur d'activité spécifique.

Un enjeu collectif pour l'ensemble des acteurs
Le développement d'une économie circulaire européenne efficace dans le domaine des batteries dépendra de la collaboration entre tous les acteurs de la chaîne de valeur – des fabricants et recycleurs aux prestataires logistiques, en passant par les clients et les autorités de régulation. À mesure que les volumes de batteries en fin de vie augmenteront et que les structures de marché gagneront en maturité, de nouvelles opportunités devraient voir le jour pour des solutions de reprise évolutives, transparentes et économiquement viables.

Instagrid reste déterminée à suivre de près les évolutions technologiques et règlementaires, à renforcer autant que possible la transparence et à entretenir un dialogue ouvert avec ses clients, ses partenaires de recyclage et les acteurs du secteur. L'entreprise se tient prête à adopter de nouvelles solutions lorsque cela sera possible.

Le défi auquel est confronté le marché ne réside pas dans un manque de technologies de recyclage, mais dans l'organisation coordonnée des flux de matières au sein d'un environnement règlementaire et logistique complexe. Relever ce défi nécessite de s'ouvrir à la coopération, au partage des connaissances et à l'innovation pragmatique.

Nous invitons les acteurs de l'ensemble de l'écosystème des batteries à contribuer à ce dialogue et à œuvrer ensemble à la mise en place de solutions concrètes et tournées vers l'avenir, susceptibles de renforcer l'économie circulaire européenne des batteries.

Introduction

En tant qu'entreprise axée sur la technologie et ayant pour ambition d'adopter une approche globale en matière d'approvisionnement énergétique durable, nous ne nous intéressons pas uniquement à la phase d'utilisation de nos produits, mais également à leur fin de vie.
Le débat public autour du recyclage des batteries est souvent marqué par des discours simplistes – notamment l'affirmation largement répandue selon laquelle seulement 5 % des batteries lithium-ion sont recyclées à l'échelle mondiale. Si ce chiffre est fréquemment utilisé pour souligner l'urgence d'agir, il ne reflète pas fidèlement les cadres règlementaires actuels, les capacités technologiques ou les pratiques de récupération des matériaux.

Au contraire, il contribue à donner l'impression d'un système plus dysfonctionnel qu'il ne l'est en réalité, occultant ainsi la réalité plus nuancée d'un paysage du recyclage hétérogène en pleine évolution.

Dans ce contexte, nous avons mené une analyse exhaustive du paysage européen du recyclage des batteries lithium-ion, couvrant les facteurs règlementaires, les infrastructures, les capacités et les technologies de traitement. En nous appuyant sur cette vision globale du marché, nous avons évalué la recyclabilité de l'unité Instagrid ONE tant sur le plan théorique que par le biais d'essais de recyclage concrets menés en collaboration avec plusieurs entreprises de recyclage.

Cette étude nous a permis d'acquérir une connaissance pratique des méthodes de traitement, du potentiel de récupération des matériaux et des défis opérationnels. Parallèlement, nous avons examiné la faisabilité pratique et règlementaire d'un système centralisé de reprise par les fabricants, en analysant les obstacles tels que la distribution décentralisée des produits, la classification des déchets dangereux et la logistique transfrontalière. Sur la base de toutes ces conclusions, nous avons élaboré une approche stratégique de la gestion des batteries en fin de vie

Le paysage européen du recyclage des batteries lithium-ion : des capacités suffisantes, mais une montée en puissance des volumes différée

Ces dernières années, le recyclage des batteries lithium-ion (LIB) a pris une importance considérable en Europe, car il joue un rôle central dans la garantie de l'accès aux matières premières stratégiques. Sous l'impulsion notamment d'une législation européenne renforcée, de l'essor de la mobilité électrique et de la production de cellules, ainsi que de considérations stratégiques plus larges concernant la sécurité d'approvisionnement en matières premières, les infrastructures de recyclage se sont rapidement développées. De nombreuses installations ont été construites ou annoncées, portant la capacité théorique de recyclage de l'Europe à un niveau élevé.

Les analyses disponibles indiquent que ces capacités dépassent les volumes de batteries lithium-ion disponibles pour le recyclage, aussi bien aujourd'hui qu'à moyen terme.[1]
Ce déséquilibre n'est pas tant le signe d'une offre excédentaire structurelle que le résultat d'un développement anticipé des infrastructures, combiné à une augmentation différée des volumes de batteries en fin de vie.

Le développement de la mobilité électrique constitue un facteur déterminant. La montée en puissance du marché des véhicules électriques s'est avérée plus lente que ne le laissaient présager les prévisions antérieures, ce qui a eu un impact direct sur les volumes de retour des batteries de traction. Dans le même temps, de nombreuses batteries – notamment celles issues d'applications stationnaires et industrielles – en sont encore à leur première vie utile, ce qui signifie que les volumes significatifs de batteries en fin de vie n'apparaîtront qu'avec un certain décalage. Par ailleurs, l'expansion des capacités de production européennes de cellules s'est également ralentie, ce qui a entraîné des volumes de rebuts de production inférieurs aux prévisions – une autre source importante d'approvisionnement pour les usines de recyclage. En conséquence, la capacité de recyclage actuelle dépasse le volume de batteries disponibles pour le recyclage.[2,3]

Pour mieux comprendre les activités mondiales de recyclage des batteries lithium-ion, il est essentiel de faire la distinction entre le prétraitement et le raffinage.

Prétraitement
Le prétraitement comprend la désactivation et le démontage des systèmes, blocs ou modules de batteries, ainsi que la production de ce qu'on appelle la « masse noire » par broyage mécanique. Des fractions d'aluminium, de cuivre ou de plastiques peuvent être récupérées à ce stade, mais l'essentiel de la récupération des matériaux a lieu lors du raffinage.

Raffinage
En Europe, l'hydrométallurgie s'est clairement imposée comme le procédé phare de l'étape du raffinage. C'est au cours de cette phase que sont récupérés les métaux de valeur des cathodes, tels que le lithium, le nickel, le cobalt et le manganèse, ainsi que, potentiellement, les matériaux d'anode, comme le graphite.[4]

La capacité de recyclage en Europe dépasse les volumes de retour actuels

Ce déséquilibre s'explique principalement par un décalage dans le temps. Les infrastructures ont été mises en place en prévision des futurs flux de retour de batteries, alors que de nombreux systèmes de batteries mis sur le marché sont encore en service.

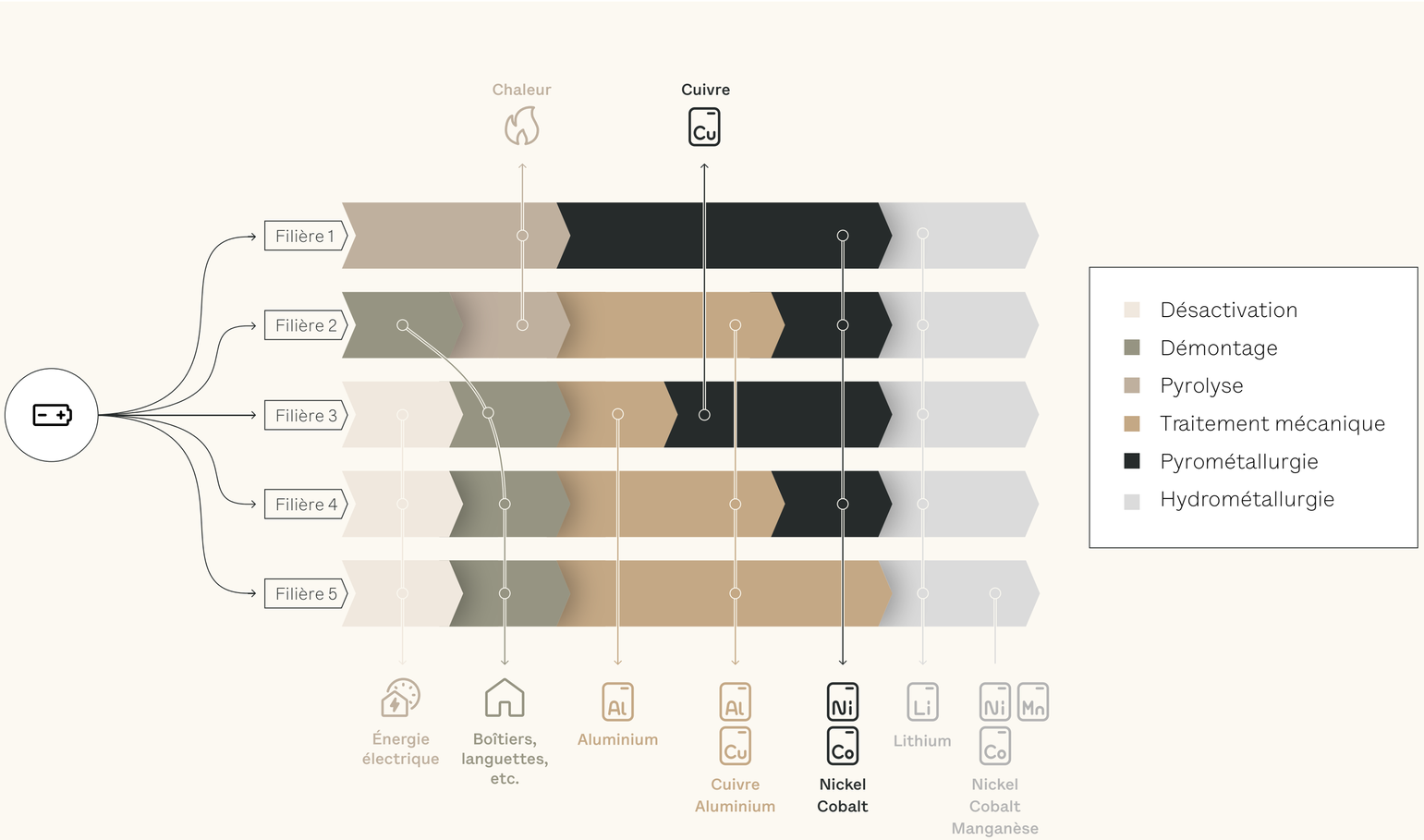
[1,2] Fraunhofer ISI (2025) : *Recycling capacities for lithium-ion batteries in Europe are expected to exceed demand in Europe for the time being*. Battery Update, 24 juillet 2025.
[3] EUWID (2024) : *Batterierecycling in Europa und weltweit vor großen Herausforderungen*. EUWID Recycling und Entsorgung, 21 septembre 2024.
[4] Fraunhofer ISI (2025) : *Recycling capacities for lithium-ion batteries in Europe are expected to exceed demand in Europe for the time being*. Battery Update, 24 juillet 2025.

Les différentes filières de recyclage

Processus de prétraitement et de raffinage
Il n'existe pas de filière de recyclage unique et standardisée pour les batteries lithium-ion. Au contraire, différentes étapes du processus – notamment le démontage, le broyage mécanique et la séparation, le traitement pyrolytique, la pyrométallurgie et l'hydrométallurgie – peuvent être combinées selon des séquences et des niveaux de traitement variables.

Dans l'ensemble, la filière de traitement mécanique et hydrométallurgique sans étapes de traitement thermique (filière 5) devrait offrir, à moyen et long terme, les meilleurs niveaux de robustesse, de viabilité économique, de compatibilité environnementale et de rendement de recyclage. De plus, elle permet la récupération du graphite, qui représente environ 20 % de la masse d'une cellule de batterie lithium-ion.[5] La pyrolyse en prétraitement et la pyrométallurgie en tant qu'étape (partielle) du raffinage ne sont désormais utilisées que dans des cas isolés.

Le schéma suivant présente un aperçu des différentes configurations possibles en termes d'étapes et de filière.[6]



[5] TraWeBa ; Fraunhofer IKTS (2024) : *20 Herausforderungen und Potentiale aus der Batterieforschung – Von Anoden bis zum Recycling. 21 octobre 2024.* Disponible en ligne.
[6] Doose, S., Mayer, J., Michalowski, P., & Kwade, A. (2021) : *Challenges in Ecofriendly Battery Recycling and Closed Material Cycles: A Perspective on Future Lithium Battery Generations.* MDPI.

Tensions dans le secteur européen du prétraitement et du raffinage
L'Europe observe actuellement une offre excédentaire d'installations de prétraitement, et des capacités de raffinage supplémentaires importantes sont attendues d'ici 2030.[7]
À l'heure actuelle, les capacités de raffinage en service sont, dans certaines régions, inférieures aux volumes de traitement disponibles.

Contrairement aux installations de prétraitement – qui sont de plus petite envergure et davantage ancrées localement –, les usines de raffinage, plus complexes sur le plan technologique, requièrent des investissements considérables en capital et dépendent de flux d'approvisionnement importants et stables pour fonctionner de manière rentable.

La montée en puissance retardée des volumes de batteries en fin de vie et de rebuts de production a ainsi réduit la sécurité des investissements pour les entreprises de recyclage, ce qui a contribué à ralentir l'expansion des capacités de raffinage en Europe.

Parallèlement, les marchés asiatiques dominants à l'échelle mondiale, tels que la Chine et la Corée du Sud, disposent de capacités de raffinage importantes, mais sont confrontés à une pénurie de matières premières nécessaires pour atteindre des taux d'utilisation plus élevés. En conséquence, ils peuvent proposer des prix plus élevés pour la « masse noire » européenne, ce qui entraîne, à moyen terme, une fuite continue de matières premières secondaires de grande valeur hors d'Europe.[8]

En 2025, la législation européenne a réagi à cette situation en instaurant une classification uniforme de la « masse noire » en tant que « déchet dangereux », posant ainsi les premiers jalons pour restreindre les exportations depuis l'Europe.[9]
À long terme, cela pourrait favoriser la mise en place d'un circuit fermé des matières premières en Europe et de chaînes d'approvisionnement plus résilientes.

Dans l'ensemble, l'analyse du paysage européen du recyclage met en évidence une tension structurelle entre les capacités installées et les volumes de retour disponibles. Dans ce contexte, des questions essentielles se posent quant à la manière dont les entreprises de recyclage peuvent consolider leur position économique et quant aux modèles de coopération susceptibles de voir le jour sur le marché.

[7] Fraunhofer ISI (2025) : Recycling capacities for lithium-ion batteries in Europe are expected to exceed demand in Europe for the time being. Battery Update, 24 juillet 2025.
[8] EUWID (2024) : *Batterierecycling in Europa und weltweit vor großen Herausforderungen*. EUWID Recycling und Entsorgung, 21 septembre 2024.
[9] Fraunhofer ISI (2025) : *Recycling capacities for lithium-ion batteries in Europe are expected to exceed demand in Europe for the time being*. Battery Update, 24 juillet 2025.

Partenariats et logiques de marché dans le recyclage de batteries

Sur le marché mondial du recyclage des batteries, une grande diversité de modèles de coopération voit le jour. Les partenariats les plus courants s'établissent entre les fabricants de cellules de batterie ou les équipementiers automobiles et les entreprises de recyclage, et concernent aussi bien les rebuts de production que les batteries en fin de vie. Grâce à ces collaborations, les spécialistes du recyclage s'assurent un approvisionnement suffisant en matières premières pour garantir la rentabilité de leurs installations. Les fabricants de cellules et les équipementiers, quant à eux, visent à boucler la boucle en réintroduisant les matières premières issues du recyclage des batteries dans la production de nouvelles batteries. Dans ce contexte, le « service recyclage clés en main » (Recycling-as-a-Service) s'est révélé être un modèle économique adapté, dans lequel les entreprises de recyclage agissent en tant que prestataires de services et facturent des frais de recyclage, tandis que les fabricants de cellules ou les équipementiers conservent la propriété tant des matières premières d'entrée que des matières récupérées ou recyclées.

Compte tenu de la forte augmentation du nombre de batteries en fin de vie, une logistique de reprise efficace constitue un facteur clé de réussite pour ces partenariats. L'industrie automobile européenne est un exemple de réussite particulièrement parlant. Sa capacité à tirer parti des réseaux physiques existants de points de service et de vente pour collecter les batteries de traction usagées auprès des utilisateurs finaux, les regrouper et les transporter vers des installations de recyclage crée un modèle très attractif qu'Instagrid a envisagé plus largement. La proximité des fabricants de cellules ou des équipementiers automobiles est devenue un facteur décisif dans le choix de l'emplacement des infrastructures de recyclage, non seulement en Europe, mais aussi à l'échelle mondiale. Ce facteur se voit renforcé par la classification en « déchets dangereux » des batteries lithium-ion destinées à l'élimination, ce qui augmente considérablement les coûts de transport. Une plus grande proximité géographique permettrait de minimiser ces coûts.

Ces modèles de coopération montrent que la recyclabilité technique ne suffit pas à elle seule. Le facteur déterminant est de savoir si les batteries en fin de vie peuvent effectivement être regroupées, transportées et acheminées vers des processus de recyclage adaptés.
Cela met en évidence une distinction essentielle : la recyclabilité par opposition à la faisabilité de la reprise.

Les partenariats entre les équipementiers, les fabricants de cellules et les entreprises de recyclage façonnent le marché

La proximité, la prévisibilité des volumes et une logistique efficace constituent des facteurs de réussite déterminants. Pour les grands fabricants, dont les flux de retour sont concentrés ou qui disposent de réseaux de reprise bien établis, les partenariats intégrés permettent d'atteindre des niveaux élevés de transparence et de traçabilité des matériaux.

Recyclabilité et faisabilité de la reprise : pourquoi une bonne recyclabilité ne suffit pas à elle seule

Dans la pratique, des capacités de recyclage importantes ne se traduisent pas automatiquement par des volumes de recyclage importants. Le goulot d'étranglement réside moins dans les infrastructures de recyclage disponibles que dans les conditions-cadres régissant la reprise et la logistique. Les batteries en fin de vie se trouvent généralement dans des lieux décentralisés et sont soumises à une règlementation stricte en matière de marchandises dangereuses. Le transport, la reprise et le regroupement de volumes suffisants sont donc complexes et coûteux. Pour bien comprendre le recyclage des batteries, il faut établir une distinction claire entre la recyclabilité et la faisabilité de la reprise tout au long du cycle de vie de la batterie.

La recyclabilité est avant tout une caractéristique propre à chaque produit. Elle dépend en grande partie des choix de conception, tels que le choix des matériaux, la modularité et la facilité de démontage. Un produit hautement recyclable permet, en principe, aux entreprises de recyclage de récupérer des matières premières de valeur et d'intégrer efficacement la batterie dans les filières de traitement existantes. En ce sens, la recyclabilité est une condition préalable indispensable à une récupération efficace des matériaux.

La faisabilité de la reprise n'est pas une caractéristique du produit, mais un enjeu systémique. Elle décrit si et comment un système de batterie est réellement acheminé vers le recyclage à l'issue de sa phase d'utilisation. De nombreux facteurs externes influencent ce processus, dont beaucoup ne relèvent pas directement de la conception du produit. Il s'agit notamment des exigences règlementaires, de la logistique, des incitations économiques et de la structure des systèmes de reprise existants sur les marchés concernés.

Dans la pratique, même un produit hautement recyclable ne peut être recyclé efficacement que si des processus de reprise performants sont mis en place.

Les batteries en fin de vie se trouvent généralement dans des environnements décentralisés, chez les utilisateurs finaux et en petites quantités. Elles peuvent être restituées dans des états très variables. Par ailleurs, une fois transportées en vue de leur élimination et classées comme déchets dangereux, elles sont soumises à une règlementation stricte en matière de marchandises dangereuses.

Ces exigences alourdissent considérablement l'effort organisationnel et peuvent rendre la reprise complexe et coûteuse, même lorsque des infrastructures et des capacités de recyclage sont disponibles.

Fondamentalement, les systèmes de reprise des batteries en Europe sont principalement conçus pour garantir le respect de la règlementation. S'ils assurent une élimination conforme à la loi, ils n'offrent pas nécessairement de transparence quant aux flux de matières ultérieurs ou aux filières de recyclage spécifiques mises en œuvre. Pour des entreprises telles qu'Instagrid, cela signifie que leur influence sur le parcours réel du recyclage reste limitée, alors que les obligations liées à la responsabilité élargie du producteur peuvent être formellement respectées. En réalité, si la recyclabilité peut être améliorée au fil du temps grâce à des ajustements dans la conception des produits, l'amélioration de la faisabilité de la reprise nécessite souvent des changements systémiques — notamment le développement de solutions logistiques adéquates, de nouveaux modèles de coopération ou de cadres règlementaires adaptés. La distinction entre recyclabilité et faisabilité de la reprise est donc essentielle pour comprendre et évaluer les décisions stratégiques abordées dans la suite de ce livre blanc.

La recyclabilité n'est pas synonyme de faisabilité de la reprise

- La recyclabilité : une caractéristique du produit qui dépend de sa conception et de la composition de ses matériaux.
- La faisabilité de la reprise : un enjeu systémique qui dépend de la logistique, de la règlementation, de la classification des marchandises dangereuses et des structures de coûts.

Une recyclabilité élevée ne garantit pas automatiquement un recyclage efficace dans la pratique.

Instagrid ONE : aperçu de la recyclabilité en conditions réelles

L'évaluation de la recyclabilité d'un système de batterie nécessite une analyse nuancée de la conception du produit, de la composition des matériaux et de la faisabilité pratique dans le cadre des processus de recyclage réels. Dans le cadre de cette évaluation, l'unité Instagrid ONE a fait l'objet d'une analyse tant théorique que pratique, en collaboration avec plusieurs entreprises de recyclage. L'objectif était d'acquérir une connaissance concrète des différentes technologies de recyclage et des étapes de traitement spécifiques appliquées aux systèmes et modules de batteries Instagrid ONE, d'identifier les opportunités et les défis liés à la récupération des matériaux, et d'obtenir des retours d'expérience sur la recyclabilité et les rendements de recyclage réalisables.

Dans l'ensemble, la conception d'Instagrid ONE peut être qualifiée de favorable au recyclage. L'architecture modulaire du système de batterie a permis un démontage relativement simple, ce qui a été explicitement confirmé par les entreprises de recyclage participantes. En particulier, la séparation des composants clés a pu être effectuée sans instructions spécifiques données par Instagrid ni connaissances préalables sur le produit. Cela représente un avantage significatif, car un démontage simplifié renforce la sécurité et améliore l'efficacité des processus de recyclage en aval. Cet effet pourrait être encore renforcé par le futur passeport numérique des batteries. À compter de février 2027, ce passeport sera obligatoire pour les batteries à destination des moyens de transport légers, de l'industrie et des véhicules électriques nouvellement mis sur le marché, conformément au règlement européen sur les batteries.[10] En fournissant des informations structurées sur la composition chimique et des consignes de démontage, le passeport numérique des batteries pourrait permettre de réduire les coûts opérationnels de recyclage à long terme de 10 à 20 % selon les estimations.[11]

Au cours de l'un des essais de recyclage, il est clairement apparu que l'enrobage polymère des modules de batterie individuels compliquait la décharge profonde automatisée par contact direct avec les cellules de la batterie. Cette caractéristique de conception a été délibérément mise en œuvre, mais pas principalement dans une optique de recyclage. Elle répond plutôt à des exigences clés du produit, telles que la sécurité, la robustesse et la fiabilité des performances dans des applications mobiles. L'enrobage polymère protège les circuits imprimés sous-jacents et les composants électroniques montés contre l'humidité, la saleté, les contacts accidentels, les chocs mécaniques, les vibrations et les températures élevées.

Du point de vue de l'entreprise de recyclage, cela ne constitue pas un obstacle majeur à l'intégration dans les processus de recyclage existants. Il s'agit plutôt d'un compromis classique entre les performances du produit et la simplification des opérations de recyclage. Les avantages de l'enrobage polymère du point de vue du fabricant sont bien compris, et aucune recommandation spécifique concernant des modifications de la conception du module n'a été formulée. Dans le cas de volumes plus importants des modules de batterie Instagrid ONE – où la mise en place d'un processus automatisé de décharge profonde serait économiquement viable –, une décharge automatisée pourrait également être mise en œuvre avec la conception actuelle du module en retirant l'ensemble du capot du module et en exposant les cellules de batterie.

[10] *Règlement (UE) 2023/1542 relatif aux batteries*, article 77
[11] Battery Pass Consortium (2024) : *Battery Passport Value Assessment – Synthesis of Results*. Novembre 2024. Disponible en ligne.

Par ailleurs, les essais pratiques de recyclage ont démontré qu'Instagrid ONE est fondamentalement compatible avec les procédés de recyclage existants. Toutefois, les taux de récupération réalisables pour les matériaux contenus varient en fonction de la filière choisie – qu'il s'agisse d'une filière purement mécanique-hydrométallurgique ou d'une filière pyrolytique-mécanique suivie d'un traitement pyro- et/ou hydrométallurgique. Dans la pratique, la filière mécanique-hydrométallurgique présente le plus grand potentiel pour la récupération des matériaux de valeur des anodes et des cathodes. En revanche, les filières impliquant des étapes de traitement thermique – telles que la pyrolyse ou la pyrométallurgie – ont tendance à entraîner des pertes de matériaux comparativement plus importantes en raison des effets de la combustion.

Les essais de recyclage ont donné lieu à des rendements de recyclage variés ; toutefois, ceux-ci ne peuvent être comparés que dans une mesure limitée. Cela s'explique moins par les différences entre les filières de traitement elles-mêmes que par le manque d'uniformité des définitions des bases de référence et des méthodologies de calcul. Alors que certaines évaluations ne prennent en compte que les cellules de batterie, d'autres incluent également les boîtiers des modules, les composants électroniques et le câblage. De plus, les compositions chimiques des cellules varient : par exemple, certains calculs sont spécifiques à une composition chimique donnée, tandis que d'autres reposent sur des valeurs moyennes issues de divers systèmes lithium-ion. Il existe également des différences dans la manière dont les fractions d'entrée et de sortie individuelles sont réparties et pondérées.

L'oxygène, par exemple, est parfois déclaré comme une fraction distincte et, dans d'autres cas, pris en compte dans le cadre des composés oxydés de nickel, de cobalt et de manganèse. Il en résulte donc des résultats chiffrés divergents qui ne peuvent pas être facilement utilisés comme indicateurs de comparaison directe. Le tableau suivant présente donc une comparaison qualitative, plutôt que quantitative, des résultats des essais de recyclage, évalués selon différentes filières de traitement et la récupération de matériaux qui en découle.

Essai de recyclage	Filière de recyclage (hors démontage)	Matériaux récupérés							
		Al, Cu, Fe	Li	Ni	Co	Mn	C (Graphite)	Électro-lyte	Séparateur/ plastiques
Essai 1	Pyrolyse, traitement mécanique, pyrométallurgie, hydrométallurgie.	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗
Essai 2	Pyrolyse, traitement mécanique, pyrométallurgie, hydrométallurgie.	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗
Essai 3	Traitement mécanique, hydrométallurgie.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗

Dans ce contexte, une méthodologie harmonisée de calcul et de vérification du rendement et des taux de récupération des déchets de batteries a été mise en place dans le cadre du règlement européen sur les batteries. Le règlement délégué (UE) 2025/606, publié en juillet 2025, établit des règles contraignantes à l'échelle de l'Union européenne pour le calcul et la documentation de rendement du recyclage.[12] Il crée un cadre normalisé destiné à améliorer la comparabilité et la fiabilité à long terme des données communiquées. Le règlement définit des exigences harmonisées concernant l'identification et la déclaration des fractions d'entrée et de sortie, les formats de documentation et les procédures de vérification par les autorités compétentes.

Indépendamment des essais de recyclage menés, on peut déduire pour Instagrid ONE un taux de récupération des matériaux pouvant atteindre 73,5 % dans des conditions idéales. Cette estimation optimiste repose sur la composition du produit et sur les filières de recyclage théoriquement disponibles pour les différentes fractions d'entrée. Les pertes de matériaux les plus importantes sont imputables aux composants électroniques et plastiques, tandis que l'on peut s'attendre à des rendements de recyclage relativement élevés pour les composants métalliques (cellules de batterie, boîtier en aluminium, cuivre et acier). Par conséquent, la récupérabilité globale des matériaux augmente avec la teneur en métal du produit.

En résumé, le système de batterie Instagrid ONE est, en principe, hautement recyclable et ne présente aucune caractéristique spécifique au produit susceptible d'entraver fondamentalement une récupération efficace des matériaux.
Dans le même temps, la question reste de savoir comment ces techniques potentielles peuvent être concrétisées dans les conditions réelles du marché et du cadre règlementaire. L'accent est donc mis sur l'organisation pratique des processus de reprise.

Instagrid ONE, un produit hautement recyclable

Des essais de recyclage confirment qu'Instagrid ONE peut être traité au sein des systèmes de recyclage européens existants sans rencontrer d'obstacles techniques. Son architecture modulaire facilite le démontage, et les fractions de matériaux sont compatibles avec les procédés de récupération établis.

[12] Commission européenne (2025) : *Règlement délégué (UE) 2025/606.*

La stratégie de reprise sur le terrain : entre ambition et faisabilité

Dans la pratique, la reprise des batteries lithium-ion représente l'un des plus grands défis tout au long du cycle de vie du produit. Bien que l'Europe dispose de capacités de recyclage suffisantes et que les systèmes de batteries tels que ceux d'Instagrid présentent en principe une forte recyclabilité, les opérations quotidiennes révèlent que le parcours entre la fin de vie et le recyclage effectif est complexe et conditionné par de nombreuses contraintes structurelles et règlementaires.

Un obstacle majeur réside dans la répartition décentralisée des batteries en fin de vie. Les systèmes de batteries Instagrid ONE sont déployés en Europe chez un large éventail d'utilisateurs finaux, généralement en petites ou moyennes quantités sur des sites dispersés. Cette répartition très étendue complique considérablement la reprise groupée, la consolidation des volumes et le transport ciblé des batteries usagées dans le cadre d'un éventuel partenariat stratégique de recyclage. Contrairement aux grands constructeurs automobiles ou aux fabricants de cellules de batterie, Instagrid, en tant que jeune et petite entreprise, ne dispose pas d'un réseau dense de ses propres points de collecte à l'échelle européenne, tels que des points de vente ou des centres de service, ni de quantités suffisamment importantes en un seul lieu pour mettre en place des processus de reprise et de transport économiquement rentables.

Un défi supplémentaire découle de la classification règlementaire des systèmes de batteries en vertu de la législation allemande sur les déchets, pays où est situé le siège social d'Instagrid.
Les batteries lithium-ion sont généralement classées comme déchets dangereux dès lors qu'il existe une « intention de se défaire » de la part de l'utilisateur final – c'est-à-dire lorsque la batterie ne peut plus remplir sa fonction initiale et n'est plus destinée à être utilisée.
Cette interprétation a été explicitement confirmée par l'autorité compétente en matière de déchets pour Instagrid. Dans le cas d'une reprise visant principalement le recyclage, les systèmes de batteries sont donc déjà considérés comme des déchets dangereux au moment de leur expédition par l'utilisateur final vers Instagrid, à condition qu'aucune nouvelle utilisation immédiate ne leur soit attribuée.

La situation est toutefois différente dans le cadre d'une stratégie de « seconde vie », où la reprise des batteries vise explicitement leur réutilisation et confère ainsi immédiatement une nouvelle fonction aux systèmes de batteries. Une condition préalable est qu'avant la reprise – et sans inspection ni remise à neuf approfondies –, il soit déjà établi que les batteries sont aptes à être réutilisées.

Dans de tels cas, les batteries ne sont plus classées comme déchets par la règlementation, mais sont considérées comme des produits ordinaires. Quoi qu'il en soit, la règlementation relative au transport des marchandises dangereuses s'appliquant aux batteries lithium-ion doit toujours être respectée. En raison d'une caractéristique technique d'Instagrid ONE (mode de transport), Instagrid peut se prévaloir de la disposition spéciale DS 188 de l'ADR, qui autorise, sous certaines conditions, un transport simplifié en tant que marchandises dangereuses « exemptées ». Précision : si le transport est effectué dans le but principal de recyclage, la règlementation applicable change. Instagrid ONE n'est alors plus considéré comme un produit ordinaire ni comme une marchandise dangereuse « exemptée », mais est classé comme marchandise dangereuse à l'état de déchet et, au regard de la législation sur les déchets, comme déchet dangereux.

Dans le cadre d'un scénario d'élimination, les systèmes de batteries Instagrid ONE en fin de vie sont donc soumis à une règlementation stricte en matière d'emballage, d'étiquetage, de transport et de stockage. Ces exigences, bien qu'indispensables pour la sécurité, alourdissent considérablement la charge organisationnelle et financière pour l'entreprise. En particulier, les retours ponctuels ou les transports transfrontaliers peuvent rapidement faire grimper les coûts à un niveau insoutenable.

Nous avons analysé les obstacles opérationnels et règlementaires – notamment la distribution décentralisée des produits, la classification des déchets dangereux, les exigences de transport prévues par l'ADR et les coûts logistiques transfrontaliers – et avons conclu qu'un système centralisé de reprise par les fabricants n'était pas économiquement viable à grande échelle.
En revanche, la solution de reprise actuellement mise en œuvre dans l'UE – par le biais de programmes de reprise des batteries bien établis – constitue une alternative pragmatique et conforme à la législation. Elle permet aux utilisateurs finaux de restituer leurs systèmes de batteries gratuitement et avec un minimum d'efforts, tout en garantissant que les fabricants respectent leurs obligations légales de reprise en vertu du règlement européen sur les batteries et du principe de responsabilité élargie du producteur. Parallèlement, la charge organisationnelle pour Instagrid est maintenue à un niveau raisonnable, ce qui garantit que la reprise puisse être assurée de manière fiable sur le long terme.

Sur la base de ces conclusions, nous continuons à participer aux programmes européens de reprise des batteries déjà en place, qui constituent une solution pragmatique, conforme à la législation, évolutive et simple pour les clients pour la gestion des batteries en fin de vie. Sur les marchés hors d'Europe, tels que l'Amérique du Nord, où il n'existe pas de systèmes de reprise bien établis pour notre type spécifique de batteries, nous proposons des solutions de retour adaptées aux clients afin de garantir une gestion responsable en fin de vie, mais nous nous engageons également de manière proactive, le cas échéant, dans des initiatives visant à informer et à faire évoluer l'élaboration des politiques publiques.
Au total, nous assurons des solutions de reprise dans 29 pays

Nos limites résident dans l'infrastructure de reprise

Pour Instagrid, les défis structurels sont les suivants :

- Des volumes de retour décentralisés et relativement faibles ;
- L'absence d'un réseau de collecte propre à l'échelle européenne ;
- Des exigences strictes en matière de marchandises dangereuses lorsque les produits sont classés comme déchets selon la législation en vigueur.

Se préparer à l'avenir
Cette décision de continuer à participer aux programmes existants de reprise des batteries traduit un équilibre mûrement réfléchi entre les objectifs environnementaux, la faisabilité économique et la faisabilité pratique. Elle n'exclut pas le recours à des solutions plus avancées à l'avenir.

À l'avenir, nous continuerons de faire progresser de manière systématique notre stratégie relative à la fin de vie des produits, conformément au règlement européen sur les batteries et à l'évolution des conditions du marché. Au cours des prochaines années, nous veillerons à intégrer davantage les principes de l'économie circulaire dans le développement de nos produits, à renforcer notre expertise interne en matière de recyclage des batteries et à améliorer la transparence concernant les flux de matières et les filières de recyclage.

Notre objectif est d'améliorer en permanence les principes de « conception pour la réparabilité » et de « conception pour le recyclage » dans les futures générations de produits, afin de prolonger leur durée de vie, de simplifier leur démontage et d'accroître le potentiel de récupération des matériaux.

À mesure que nous nous développons sur de nouveaux marchés, nous renforcerons notre participation aux programmes nationaux de reprise des batteries et favoriserons leur développement en prenant part aux initiatives nationales, lorsqu'elles existent. Parallèlement, nous cherchons à réduire la complexité des processus de retour spécifiques à chaque marché en fournissant aux clients des informations plus claires sur leur rôle dans la prévention des déchets et la collecte des batteries, et en proposant une aide supplémentaire lorsque le retour de nos produits via les programmes de reprise existants n'est pas raisonnablement envisageable.

Face à l'augmentation des volumes de retour et à l'évolution des cadres règlementaires, nous réévaluerons périodiquement de nouveaux modèles de reprise et de recyclage.
Malgré les défis administratifs et politiques, nous restons déterminés à explorer des approches innovantes en matière de recyclage sur le long terme et à nouer des partenariats stratégiques dans ce domaine. Notre participation actuelle à des programmes de collecte bien établis constitue donc une base évolutive et conforme aux règlementations, sur laquelle nous pourrons développer de futures solutions circulaires.



Vous souhaitez en savoir plus ? Téléchargez notre dernier **rapport d'impact** ou contactez-nous.
Nous répondons à toutes vos questions, même les plus exigeantes ! **sustainability@instagrid.co**

Instagrid