

SYNTHESE / EXTENDED ABSTRACT
FRANÇAIS / ENGLISH

SECONDE VIE DES BATTERIES
ÉTAT DES CONNAISSANCES ET ÉLÉMENTS PROSPECTIFS

THE SECOND LIFE OF BATTERIES - CURRENT STATE
OF KNOWLEDGE AND FUTURE PROSPECTS

mai 2023

M. LE BIHAN, T. GAGNEUX, J.R. DULBECCO,
B. DE CAEVEL – RDC Environment



Créée à l'initiative du Ministère en charge de l'Environnement, l'association RECORD est depuis 1989, le catalyseur d'une coopération entre industriels, institutionnels et chercheurs.

Acteur reconnu de la recherche appliquée dans le domaine des déchets, des sols pollués et de l'utilisation efficace des ressources, RECORD a comme objectif principal le financement et la réalisation d'études et de recherches dans une perspective d'économie circulaire.

Les membres de ce réseau (groupes industriels et institutionnels) définissent collégalement des programmes d'études et de recherche adaptés à leurs besoins. Ces programmes sont ensuite confiés à des laboratoires publics ou privés.

Avertissement :

Les rapports ont été établis au vu des données scientifiques et techniques et d'un cadre réglementaire et normatif en vigueur à la date de l'édition des documents.

Ces documents comprennent des propositions ou des recommandations qui n'engagent que leurs auteurs. Sauf mention contraire, ils n'ont pas vocation à représenter l'avis des membres de RECORD.

- ✓ Pour toute reprise d'informations contenues dans ce document, l'utilisateur aura l'obligation de citer le rapport sous la référence :
RECORD, Seconde vie des batteries - Etat des connaissances et éléments prospectifs, 2023, 146 p, n°21-0922/1A
- ✓ Ces travaux ont reçu le soutien de l'ADEME (Agence de la transition écologique)
www.ademe.fr

© RECORD, 2023

RESUME

Le gisement de batteries de mobilité usagées est attendu en forte hausse dans les années à venir, du fait de la forte croissance de la mobilité électrique légère (trottinettes, VAE...) et lourde (VE particuliers et VUL). Les batteries de mobilité en fin de vie, après 10 à 15 ans d'utilisation, ne sont plus utilisables pour de la mobilité du fait d'une perte de capacité électrique qui diminue leur autonomie. Cependant, elles ont encore une capacité résiduelle significative (généralement >70%), leur permettant d'être préparées pour une seconde vie, pour un même usage ou un usage différent, notamment en stockage d'énergie stationnaire. La filière de seconde vie est encore en cours de structuration en Europe.

L'étude fait le point sur les dispositions réglementaires actuelles et prévues dans le cadre du Règlement européen Batteries en attente d'adoption à l'heure de l'écriture de ce rapport (mai 2023), concernant notamment la responsabilité élargie des producteurs de batteries et le cadre applicable à la seconde vie avec l'introduction de nouvelles définitions et responsabilités.

Ensuite, l'étude présente une estimation du gisement total de batteries de mobilité en fin de vie, et du gisement pouvant faire l'objet d'une seconde vie entre 2025 et 2040, en kWh et en tonnes.

L'étude établit un panorama d'initiatives de seconde vie identifiées en Europe. Cinq initiatives de seconde vie sont analysées plus en détail afin d'en comprendre les conditions techniques et organisationnelles. Une analyse transversale permet d'identifier les points communs et différences notamment en matière de stratégie industrielle ou de critères permettant de juger du caractère réutilisable de la batterie. L'étude conclut sur les points d'attention en matière de pertinence environnementale et économique de la seconde vie. L'étude dégage enfin les freins et leviers afin de favoriser la seconde vie des batteries.

MOTS CLES

Batteries Li-ion, seconde vie, mobilité

SUMMARY

The amount of used mobility batteries is expected to increase sharply in the coming years, due to the sturdy growth in light (e-scooters, e-bikes, etc.) and heavy (private EVs and LCVs) electric mobility. Mobility batteries at the end of their life, after 10 to 15 years of use, are no longer usable for mobility due to a loss in electrical capacity that reduces their autonomy. However, they still have a significant residual capacity (generally >70%), allowing them to be prepared for a second life, for the same or a different use, notably in stationary storage. The second life sector is still being structured in Europe.

The study takes stock of the current and planned regulatory provisions under the European Batteries Regulation, which is awaiting adoption at the time of writing (May 2023), notably concerning the extended producer responsibility of batteries and the framework applicable to their second life with the introduction of new definitions and responsibilities.

Secondly, the study presents an estimate of the total amount of mobility batteries at the end of their life cycle, and the amount that can be reused between 2025 and 2040, in kWh and in tonnes.

The study establishes an overview of second life initiatives identified in Europe. Five second life initiatives are analysed in more detail in order to understand their technical and organisational conditions. A cross-sectional analysis identifies commonalities and differences, particularly in terms of industrial strategy and criteria for assessing the reusability of batteries. The study concludes with points of attention regarding the environmental and economic relevance of the second life. Finally, the study identifies the obstacles and levers for promoting a second life for batteries.

KEY WORDS

Li-ion batteries, second life, mobility

Contexte, objectifs et méthodologie de l'étude

Le gisement de batteries de mobilité usagées est attendu en forte hausse dans les années à venir, du fait de la forte croissance de la mobilité électrique dans les secteurs de la mobilité légère comme de la mobilité lourde.

Les batteries de mobilité en fin de vie, après 10 à 15 ans d'utilisation, ne sont plus utilisables pour de la mobilité du fait d'une perte de capacité électrique qui diminue leur autonomie. Cependant, elles ont encore une capacité résiduelle significative, leur permettant d'être préparées pour une seconde vie, pour un même usage ou un usage différent.

La filière de seconde vie est encore en cours de structuration en Europe. En effet, elle ne bénéficie pas encore de cadre réglementaire adapté. Cependant, une multitude d'initiatives de seconde vie ont été identifiées en Europe, avec des maturités techniques et commerciales variables, du stade R&D au démonstrateur, et quelques initiatives proposent même une offre commerciale depuis quelques années.

L'étude a pour objectif de réaliser un état des lieux des initiatives de seconde vie des batteries Lithium-ion de mobilité électrique (mobilité légère et véhicules hybrides et électriques) en Europe et de donner une vision des perspectives de la seconde vie en Europe.

Pour cela il s'agit :

- D'évaluer le gisement potentiel des batteries usagées qui seraient utilisables en seconde vie, en France et en Europe
- De réaliser un état de l'art technico-économique des diverses solutions possibles de seconde vie avec établissement des retours d'expérience d'opérations réalisées en France et en Europe
- D'identifier les barrières à lever concernant la réutilisation de batteries en seconde vie et proposer des solutions

L'étude s'est déroulée de mars 2022 à avril 2023.

La méthodologie est résumée dans le schéma de plan de travail ci-dessous.

Background, objectives, and methodology of the study

The amount of used mobility batteries is expected to rise sharply in the coming years, due to the strong growth in electric mobility in both the light and heavy mobility sectors. Mobility batteries at the end of their life, after 10 to 15 years of use, can no longer be used for mobility because of a loss of electrical capacity that reduces their range. However, they still have significant residual capacity, enabling them to be prepared for a second life, for the same or a different use.

The second life sector is still in the process of being structured in Europe. It does not yet benefit from a suitable regulatory framework. However, a multitude of second life initiatives have been identified in Europe, with varying degrees of technical and commercial maturity, from the R&D stage to the demonstrator stage, and some initiatives have even been offering commercial products for several years.

The aim of the study is to take stock of initiatives for the second life lithium-ion batteries for electric mobility (light mobility and hybrid and electric vehicles) in Europe and to provide a vision of the outlook for the second life of batteries in Europe.

This involves:

- *Assessing the potential source of used batteries that could be used for a second life in France and in Europe*
- *Drawing up a technical and economic review of the various possible second life solutions, with feedback from operations carried out in France and Europe*
- *Identifying the barriers to the reuse of batteries in second life and proposing solutions*

The study ran from March 2022 to April 2023.

The methodology is summarised in the work plan diagram below.

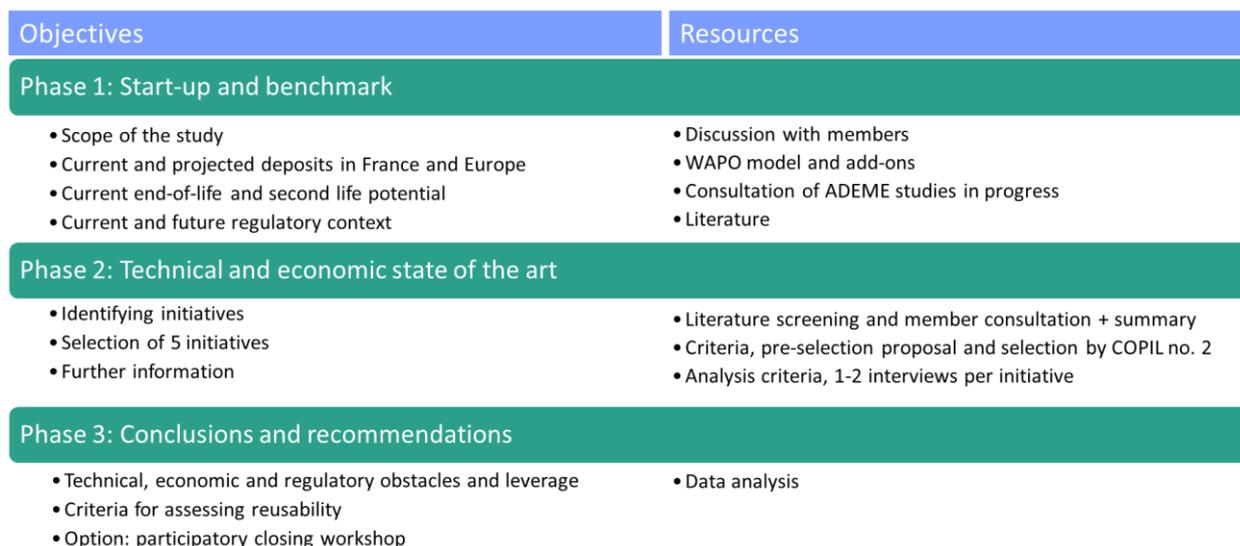


Figure 1: Plan de travail de l'étude (RECORD, 2023)
Figure 1: Study work plan (RECORD, 2023)

Contexte réglementaire

Situation actuelle

La Directive 2006/66/CE relative aux piles et accumulateurs ainsi qu'aux déchets de piles et d'accumulateurs fixe le cadre réglementaire applicable en Europe à la gestion des batteries de mobilité électrique en fin de vie. Les batteries de mobilité électrique sont considérées comme des batteries industrielles, et elles ne sont pas concernées par les obligations de reprise et par l'objectif de collecte séparée. Les metteurs en marché sont tenus de ne pas refuser de reprendre aux utilisateurs finals les déchets de piles et accumulateurs industriels.

En outre, la Directive actuelle n'envisage pas la seconde vie des batteries en tant qu'opération de traitement et est clairement orientée vers le recyclage. Le statut de déchet, les responsabilités et les exigences de sécurité pour les batteries de seconde vie ne sont pas clarifiées. Il existe un large éventail de réglementations, de normes européennes et internationales contrôlant les performances et la sécurité des piles et accumulateurs neufs pour diverses applications. Cependant, aucune d'entre elles ne prévoit jusqu'à présent de procédures spécifiques pour la seconde vie.

Perspectives

Le 10 décembre 2020, une proposition de Règlement européen Batteries a été déposée par la Commission Européenne et le 9 décembre 2022, le Conseil et le Parlement ont adopté un accord provisoire sur un projet de texte¹.

Les batteries faisant l'objet d'un réemploi selon la définition de la Directive Cadre Déchets ne seront pas sujettes aux obligations relatives à la seconde vie dans le cadre du projet de Règlement. La Commission Européenne a clarifié que l'usage de batteries de mobilité pour des usages de stockage stationnaire ne peut rentrer dans ce cadre puisque les usages ne sont pas identiques.

La seconde vie se voit créer un cadre juridique. 4 statuts différents sont créés :

- Pour les batteries usagées qui n'ont pas le statut de déchet :
 - Le remanufacturing (capacité similaire, usage ou application identique)
 - La réaffectation (usage différent)
- Pour les batteries usagées qui ont le statut de déchet :
 - La préparation à la réutilisation (usage ou application identique)
 - La préparation à la réaffectation (usage différent)

Toutes les catégories de batteries seront soumises à la responsabilité élargie du producteur et non plus seulement à des obligations de mise en place d'un système de reprise gratuite. Le producteur initial ne devra pas supporter les coûts de la fin de la seconde vie. Les coûts et recettes de préparation à la seconde vie seront pris en compte si la batterie devient déchet, au même titre que les coûts et revenus du recyclage.

En pratique, les normes existantes actuellement ne sont pas adaptées à la seconde vie en termes de processus d'échantillonnage et de quantités de tests destructifs à réaliser. Des normes plus adaptées, basés sur les mêmes essais devront être élaborées. Des travaux sont en cours via le Comité international d'électrochimie pour développer des normes internationales spécifiques à la seconde vie.

La mise à disposition d'informations par le metteur en marché aux utilisateurs de batteries et opérateurs de seconde vie sera obligatoire, notamment pour déterminer l'état de santé d'une batterie et la durée de vie restante des batteries.

Regulatory context

Current situation

Directive 2006/66/EC on batteries and accumulators and waste batteries and accumulators, commonly known as the Battery Directive, sets out the regulatory framework applicable in Europe to the management of end-of-life electric mobility batteries. Electric mobility batteries are considered to be industrial batteries and are not covered by the take-back obligations or the separate collection target. Marketers are required not to refuse to take back waste industrial batteries and accumulators from end users.

Furthermore, the current Directive does not consider the second life of batteries as a treatment operation and is clearly oriented towards recycling. The waste status, responsibilities and safety requirements for second-life batteries are not clarified. There is a wide range of European and international regulations and standards controlling the performance and safety of new batteries and accumulators for various applications. However, none of them so far includes specific procedures for the second life of batteries.

Outlook

On 10 December 2020, a proposal for a European Batteries Regulation was tabled by the European Commission and on 9 December 2022, the Council and Parliament adopted a provisional agreement on a draft text¹.

Batteries that are reused in accordance with the definition in the Waste Framework Directive will not be subject to the second life obligations under the draft Regulation. The European Commission has clarified that the use of mobility batteries for stationary storage purposes does not fall within this framework, as the uses are not identical.

A legal framework has been created for the second life. 4 different statutes are created:

- *For used batteries that do not have waste status:*
 - *Remanufacturing (similar capacity, identical use or application)*
 - *Reallocation (different use)*
- *For used batteries that do have waste status:*
 - *Preparation for re-use (identical use or application)*
 - *Preparing for reassignment (different use)*

All categories of batteries will be subject to extended producer responsibility (EPR), and no longer just to obligations to set up a free take-back system. The original producer will not have to bear the costs of the end of the second life. The costs and revenues of preparing for the second life will be taken into account if the battery becomes waste, in the same way as the costs and revenues of recycling.

In practice, existing standards are not adapted to second life in terms of the sampling process and the amount of destructive testing to be carried out. More appropriate standards, based on the same tests, will have to be developed. Work is underway by the International Committee for Electrochemistry to develop international standards specific to the second life.

It will be compulsory for marketers to make information available to battery users and second life operators, in particular to determine the state of health of a battery (SoH) and the remaining life of batteries.

¹ https://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2014_2019/plmrep/COMMITTEES/ENVI/AG/2023/01-23/2023-01-18-Batteries-provisional_agreement_EN.pdf

Gisement de batteries et potentiel de seconde vie

Gestion des batteries de mobilité en France

Collecte

Il n'y a pas d'éco-organisme agréé en France pour les batteries de mobilité à ce jour.

Pour la mobilité légère, il existe des filières volontaires collectives hors agrément pour les batteries de Vélos à Assistance Electrique (VAE) et Engins Personnels de Déplacement Motorisés (EPDM), mises en place par les deux éco-organismes en charge de la filière portable, COREPILE et SCRELEC.

Pour la mobilité lourde, les constructeurs automobiles, ou les importateurs, qui sont metteurs en marché des batteries de véhicules électriques, gèrent à ce stade les batteries en système individuel, à l'instar du fonctionnement existant pour l'ensemble de la filière VHU.

Seconde vie

Toutes les batteries de mobilité légère collectées par COREPILE et SCRELEC sont envoyées au recyclage mais des projets de réemploi sont en cours. Les seules initiatives française de seconde vie identifiées (ex : DOCTIBIKE, VIRVOLT, NOWOS) concernent les batteries d'utilisateurs souhaitant les réparer ou les reconditionner.

Pour la mobilité lourde, il existe trois modèles principaux au stade pilote ou démonstrateur en France :

- Le remanufacturing ou « remanufacturing »,
- La réparation ou « repair and return »,
- La réaffectation ou « repurposing ».

Potentiel de seconde vie

Le gisement de batteries de seconde vie issues de la mobilité pourrait atteindre 4.5 à 5 millions de kWh en France et 31 à 37 millions de kWh sur base de la capacité restante à horizon 2040.

A horizon 2040, le gisement français de batteries de seconde vie sera de l'ordre de 45 ktonnes, et le gisement européen de l'ordre de 300-350 ktonnes.

Panorama des initiatives de seconde vie

87 initiatives de secondes vies de batteries lithium-ion de la mobilité ont pu être recensées et elles ont été analysées à partir de sources bibliographiques et de données publiques. Un descriptif complet des enseignements de ce panorama est fourni dans le rapport complet.

La plupart des projets concerne les batteries de mobilité lourde (60) tandis que les quelques projets liés à de la seconde vie de mobilité légère (20) sont de manière générale des projets à plus petite échelle, qui sont portés soit par des start-ups spécialisées soit par des structures qui intègrent ce service dans une offre commerciale plus large comme de la réparation ou de la vente de batteries et/ou de véhicules de mobilité légère.

Les applications visées en seconde vie sont principalement la mobilité pour les batteries originaires de mobilité légère (13 initiatives sur 20), et principalement le stockage d'énergie stationnaire pour les batteries originaires de la mobilité lourde (47 initiatives sur 60).

Analyse transversale des initiatives approfondies

5 initiatives de seconde vie ont été approfondies via des échanges avec les porteurs de projets. :

Battery quantities and second life potential

Managing mobility batteries in France

Collection

There is currently no approved eco-organisation in France for mobility batteries.

For light mobility, there are voluntary, non-approved collective channels for the batteries of electrically assisted bicycles (EABs) and personal motorised mobility devices (PMMDs), set up by the two eco-organisations in charge of the portable sector, COREPILE and SCRELEC.

For heavy mobility, carmakers and importers, who market batteries for electric vehicles, currently manage batteries as individual systems, as they do for the entire ELV sector.

Second life

All light mobility batteries collected by COREPILE and SCRELEC are sent for recycling, but reuse projects are underway. The only French second life initiatives that have been identified (e.g. DOCTIBIKE, VIRVOLT, NOWOS) involve batteries from users wishing to repair or recondition them.

For heavy mobility, there are three main models at the pilot or demonstrator stage in France:

- *Re-manufacturing,*
- *Repair and return,*
- *Repurposing.*

Second life potential

The supply of second life batteries from mobility could reach 4.5 to 5 million kWh in France and 31 to 37 million kWh based on the remaining capacity by 2040.

By 2040, France will have around 45,000 tonnes of second life batteries, and Europe will have around 300-350,000 tonnes.

Overview of second life initiatives

87 second life initiatives for lithium-ion mobility batteries were identified and analysed on the basis of literature and public data. A full description of the findings is provided in the full report.

Most of the projects concern batteries for heavy mobility (60), while the few projects linked to the second life of light mobility (20) are generally smaller-scale projects, either run by specialist start-ups or by organisations that integrate this service into a broader commercial offering such as the repair or sale of batteries and/or of light mobility vehicles.

The target applications for the second life are mainly in mobility for batteries used in light mobility (13 out of 20 initiatives), and mainly in stationary energy storage for batteries used in heavy mobility (47 out of 60 initiatives).

Cross-sectional analysis of in-depth initiatives

5 second life initiatives were studied in greater depth through discussions with the project leaders:

- *Kyburz: a Swiss manufacturer of 2, 3, and 4-wheel electric vehicles founded in 1991. Since 2015, the company has been developing a concept that aims to reuse and recycle vehicles and the batteries used in them.*
- *Connected Energy: a UK company designing ESS (Energy Storage Systems) from second life batteries*

- Kyburz : entreprise suisse de production de véhicules à 2,3 ou 4 roues électriques créée en 1991. A partir de 2015 l'entreprise développe un concept qui a pour objectif de réemployer, de réutiliser et de recycler les véhicules et les batteries utilisées
- Connected Energy : entreprise britannique de conception de SES à partir de batteries de seconde vie fondée en 2013. L'entreprise propose un système de stockage de grande capacité E-STOR déjà mis en place dans plusieurs installations en Europe et permettant un usage industriel.
- Watt4Ever : entreprise belge de conception de SES à partir de batteries de seconde vie. La structure est fondée par un consortium incluant FEBELAUTO (éco-organisme). L'entreprise conçoit, vend et réalise la maintenance des systèmes vendus.
- Entech : entreprise française de conception de SES. L'entreprise conçoit des SES à partir de batteries de seconde vie de véhicules électriques.
- xStorage : issu d'un partenariat entre Eaton et Nissan démarré en 2013. Le projet a abouti à la création d'une offre commerciale en France dès 2016 : la vente de systèmes de stockage d'énergie stationnaire conçus à partir de batteries de Nissan Leaf neuves ou usagées.

Critères de réutilisation

Les principaux critères de réutilisation sont les suivants :

- L'existence d'un accord avec le metteur en marché,
- L'existence d'un gisement suffisant de batteries de même nature,
- L'absence de signes de chocs ou dégradation extérieurs,
- Des tests de performance pour atteindre une capacité restante supérieure à 65%.

Echelle d'intervention

Les acteurs interrogés ont choisi d'intervenir sur les batteries à différentes échelles (pack/module/cellule).

Sécurité

Suivi en fonctionnement

En fonctionnement, un suivi du système est assuré par :

- La mesure de différents paramètres en temps réel : SoH, niveau de charge, tension, intensité via différents capteurs et le BMS,
- Les modules sont gérés par un BMS qui peut être le BMS original du pack ou un nouveau BMS adapté à une utilisation d'un SES,
- Un système de pilotage ou de contrôle électronique est aussi généralement ajouté afin d'optimiser l'usage des batteries en fonction de l'application et de leur état de santé,
- Un BMS supplémentaire peut aussi être utilisé pour gérer le système dans son intégralité.

Sécurité

Actuellement, dans les différents cas étudiés la sécurité lors de l'utilisation est garantie par les mesures et contrôles en fonctionnement.

Pour ce qui est du risque incendie, les différentes entreprises interrogées prennent en compte ce risque en identifiant les risques en amont, en mesurant les effets en cas de surchauffe ou bien en définissant des gammes d'utilisation sûres.

Aspects réglementaires

La réglementation n'est pas considérée comme un frein pour les initiatives interrogées. Il faut noter que c'est un domaine relativement peu maîtrisé par les interlocuteurs que nous avons interrogés.

founded in 2013. The company offers a high-capacity E-STOR storage system that has already been installed in a number of facilities in Europe and is suitable for industrial use.

- *Watt4Ever: a Belgian company designing ESS from second life batteries. The company was founded by a consortium including FEBELAUTO (eco-organisation). The company designs, sells and maintains the systems it sells.*
- *Entech: a French ESS design company. The company designs ESS based on second life batteries from electric vehicles.*
- *xStorage: the result of a partnership between Eaton and Nissan that began in 2013. The project led to the creation of a commercial offering in France in 2016: the sale of stationary energy storage systems designed using new or used Nissan Leaf batteries.*

Reuse criteria

The main criteria for reuse are as follows:

- *The existence of an agreement with the marketer,*
- *The existence of a sufficient supply of batteries of the same type,*
- *No signs of external impact or damage,*
- *Performance tests to achieve a remaining capacity of over 65%.*

Scale of intervention

The players interviewed chose to work on batteries at different scales (pack/module/cell).

Security

Monitoring in operation

During operation, the system is monitored by:

- *Real-time measurement of various parameters: SoH, load level, voltage, current via various sensors and the BMS (Battery Management System),*
- *The modules are managed by a BMS, which may be the original BMS in the pack or a new BMS adapted for use with an ESS,*
- *An electronic control or monitoring system is also usually added to optimise the use of the batteries according to the application and their SoH,*
- *An additional BMS can also be used to manage the entire system.*

Security

At present, in the various cases studied, safety during use is guaranteed by measurements and checks during operation.

The various companies interviewed take the risk of fire into account by identifying the risks upstream, measuring the effects in the event of overheating, or defining safe ranges of use.

Regulatory aspects

Regulations are not seen as a hindrance to the initiatives we interviewed. It should be noted that this is an area of relatively little expertise for the people we interviewed.

Economic maturity of initiatives

No project wished to communicate its current profitability in terms of second life. It is therefore not possible to draw any definite conclusions about the economic maturity of these initiatives.

Maturité économique des initiatives

Aucun projet n'a souhaité communiquer sur sa rentabilité actuelle au regard de la seconde vie. Il n'est donc pas possible de conclure de manière certaine sur la maturité économique des initiatives.

Les initiatives de Kyburz, Connected Energy et Eaton sont relativement plus matures. La relative maturité s'explique notamment par l'accès à un gisement conséquent et stable. Elles fournissent une offre commerciale depuis plusieurs années, et sont financées essentiellement par des fonds privés. Ce sont des indicateurs de viabilité économique, sans toutefois apporter de certitudes sur ce point.

Les initiatives d'Entech et Watt4Ever sont relativement moins matures. Ceci est reflété par la relative jeunesse de leurs modèles économiques et le manque de partenariats sur le long terme qui rend plus difficile, à ces initiatives, d'accéder à un gisement conséquent et stable des batteries usagées. Cela fait partie des perspectives de développement.

Pertinence environnementale de la seconde vie

Une proportion significative de batteries peut être réutilisée au lieu d'être recyclée, ce qui permet d'allonger la durée de vie des batteries et ainsi d'engendrer des bénéfices environnementaux liés à la production et à la fin de vie. Cependant, la seconde vie engendre des impacts supplémentaires lors de la préparation et de la phase d'utilisation. Aucune étude d'analyse de cycle de vie n'a été identifiée pour comparer les impacts environnementaux de la seconde vie et du recyclage. Cependant, quelques éléments qualitatifs et quelques données quantitatives sont compilés dans le rapport afin de permettre de se faire une idée des avantages environnementaux de la seconde vie.

Pour estimer l'intérêt environnemental de la seconde vie, il faut comparer la seconde vie avec la « première utilisation » d'une batterie pour la seconde application. Si une batterie est utilisée pour une application A et réutilisée pour une application B, dans les 2 cas, il y aura la première utilisation A et une fin de vie. L'enjeu porte donc uniquement sur l'utilisation B.

Quelques données ont pu être compilées pour mesurer l'impact de ces différents éléments. L'indicateur d'impact environnemental « changement climatique » a été retenu pour la comparaison, les enjeux environnementaux étant essentiellement des enjeux énergétiques pour la production et le recyclage des batteries. L'enjeu « ressources minérales » est également particulièrement pertinent mais n'a pas été analysé dans ce rapport.

L'exercice permet de conclure que **l'avantage environnemental de la seconde vie n'est pas évident** et qu'il dépend :

- **Des pertes énergétiques supplémentaires par cycle** liées à l'âge de la batterie,
- **De l'ajout éventuel de convertisseurs supplémentaires pour le système de seconde vie**, qui peuvent pénaliser significativement le bilan de la seconde vie.

Les conclusions sont à nuancer au vu des hypothèses réalisées qui seraient à discuter plus précisément dans le cadre d'une évaluation environnementale complète par le biais d'une ACV.

Modèle économique de la seconde vie

Pour analyser la pertinence économique de la seconde vie à moyen et long terme, il convient d'analyser les coûts sur l'ensemble de la chaîne de valeur. Les prix observés actuellement entre acteurs ne sont pas des bons indicateurs,

The Kyburz, Connected Energy and Eaton initiatives are relatively more mature. Their relative maturity is explained in particular by their access to a large and stable resource. They have been providing a commercial offering for several years and are mainly financed by private funds. These are indicators of economic viability, without however providing any certainty on this point.

The Entech and Watt4Ever initiatives are relatively less mature. This is reflected in the relative youth of their business models and the lack of long-term partnerships, which makes it more difficult for these initiatives to access a large and stable pool of used batteries. This is part of the development outlook.

Environmental relevance of the second life

A significant proportion of batteries can be reused rather than recycled, thereby extending their lifetime and generating environmental benefits linked to production and end-of-life. However, the second life generates additional impacts during the preparation and use phases. No life cycle analysis studies have been identified to compare the environmental impacts of a second life and recycling. However, some qualitative elements and quantitative data are compiled in the report to give an idea of the environmental benefits of a second life.

To estimate the environmental benefit of the second life, we need to compare the second life with the "first use" of a battery in the second application. If a battery is used for application A and reused for application B, in both cases there will be the first use A and an end-of-life. The issue therefore relates solely to application B.

Some data has been compiled to measure the impact of these different elements. The "climate change" environmental impact indicator has been used for comparison, as the environmental issues are essentially energy issues for battery production and recycling. The "mineral resources" issue is also particularly relevant but has not been analysed in this report.

*The exercise leads to the conclusion that **the environmental benefit of second life is not certain** and depends on:*

- **Additional energy losses per cycle** due to the age of the battery,
- **The possible addition of extra converters for the second life system**, which can significantly penalise results of the second life.

The conclusions must be nuanced depending of the assumptions made, which should be discussed in greater detail as part of a full environmental assessment using an LCA.

Business model of the second life

To analyse the economic relevance of a second life in the medium and long term, it is necessary to look at costs throughout the value chain. The prices currently observed between players are not good indicators, because they reflect the balance between players at a given time, a balance that may change depending on the bargaining power of the different players. In other words, if a first life system is intrinsically more expensive than a system that includes a second life, one or more of the players will

car ils reflètent l'équilibre entre les acteurs à un moment donné, équilibre pouvant être amené à évoluer en fonction du pouvoir de négociation des différents acteurs. En d'autres termes, si un système de première vie est intrinsèquement plus coûteux qu'un système incluant une deuxième vie, un des acteurs (ou plusieurs) va observer des prix moins élevés pour la seconde vie et être incités à la mettre en œuvre.

Il n'est pas possible de conclure de manière générale (c'est-à-dire pour tous les cas de figure) **à la pertinence économique de la seconde vie** car :

- il existe des configurations favorables comme défavorables,
- les hypothèses réalisées sont incertaines,
- les acteurs interrogés ont partagé peu d'informations économiques.

La viabilité économique de la seconde vie est ainsi à analyser au cas par cas, en fonction des caractéristiques de chaque projet.

L'allongement de la durée de vie sera d'autant plus pertinent d'un point de vue économique que : le coût des batteries neuves sera élevé, le coût du recyclage sera élevé, le coût de la préparation à la seconde vie sera bas, et le coût d'opportunité lié à la surconsommation énergétique liée aux pertes de cycles sera faible.

Perspectives

Des tendances contradictoires concernant la compétitivité des systèmes intégrant une première vie puis une seconde vie s'observent (ex : A moyen terme, les coûts de production des batteries vierges sont amenés à diminuer ou les surcoûts de la seconde vie liés aux tests sont amenés à diminuer si l'accès au BMS, la standardisation des batteries et l'automatisation se développent).

C'est la dynamique de ces diminutions de coûts qui va déterminer la viabilité économique de la seconde vie. L'ampleur de la baisse des coûts des batteries neuves projetée (54-69 €/kWh en 2040) est plutôt défavorable à la compétitivité de la seconde vie à long-terme, car elle n'est pas compensable par la baisse des coûts de préparation à la seconde vie identifiés. Pour que la seconde vie soit favorable dans ce contexte, il faudrait à la fois une baisse des coûts de préparation à la seconde vie, une hausse des coûts de recyclage et une bonne maîtrise des pertes énergétiques.

Enfin, les éventuels bénéfices environnementaux de la seconde vie sont actuellement très peu internalisés dans les coûts. L'internalisation des bénéfices environnementaux de la seconde vie dans le modèle économique permettrait de favoriser le bilan économique de la seconde vie.

Freins et leviers à la seconde vie

Les freins et leviers à la seconde vie sont répertoriés dans le tableau ci-dessous.

observe lower prices for the second life and will be encouraged to implement it.

*It is **not possible to reach a general conclusion** (i.e. true for all cases) **on the economic relevance of the second life** because:*

- *there are both favourable and unfavourable configurations,*
- *the assumptions made are uncertain, and*
- *the players interviewed shared little economic information.*

The economic viability of second life must be analysed on a case-by-case basis, depending on the characteristics of each project.

Extending battery life will be all the more relevant from an economic point of view if: the cost of new batteries is high, the cost of recycling is high, the cost of preparing batteries for a second life is low, and the opportunity cost of additional energy consumption due to cycle losses is low.

Outlook

Contradictory trends can be observed regarding the competitiveness of systems integrating a first life and then a second life (e.g. in the medium term, the production costs of virgin batteries should decrease or the additional costs of the second life linked to testing should decrease if access to the BMS, standardisation of batteries, and automation increases).

It is the dynamics of these cost reductions that will determine the economic viability of a second life. The scale of the projected decrease in the cost of new batteries (€54-69/kWh in 2040) is rather unfavourable to the competitiveness of second life in the long term, as it cannot be offset by the decrease in the identified costs of preparing batteries for second life. For second life to be favourable in this context, there would need to be a reduction in the costs of preparing materials for second life, an increase in recycling costs and good control of energy losses.

Lastly, the environmental benefits of the second life are currently rarely internalised in the costs. Internalising the environmental benefits of second life in the economic model would help to improve the economic results of the second life.

Obstacles and levers to a second life

The table below lists the obstacles and levers to a second life.

Tableau 1: Cartographie des freins et leviers à la seconde vie (RECORD, 2023)
Table 1: Mapping of obstacles and levers to a second life (RECORD, 2023)

Obstacles	Levers
Access to a sufficient supply of similar batteries/modules	Partnership with an OEM
	Selection of battery models with a significant quantity
	Standardisation of battery models
Access to the BMS	Partnership with an OEM
	Standardisation of the BMS IT protocol
	Reverse engineering ² of the BMS used
Security	Incoming and outgoing batteries tests
	Fire detection in the unit of preparation for the second life
Guaranteed functionality of the energy storage system for the user	Identification of a relevant ageing model
	First life data supplied by the OEM
	Checking cycle efficiency during battery testing
Consumer image	Waranty
	Access to a maintenance service
	Selling a service rather than a product
Prototype development costs	Accelerated testing
	Automated dismantling
Cost of transporting batteries	Massification
	Economies of scale
Cost of converters	Optimising the ESS architecture
	Economies of scale
Environmental relevance of the second life	Checking cycle efficiency during battery tests

² Reverse engineering is defined as a process or method of understanding how a system works, mainly by disassembly and testing.