



Développement d'une filière intégrée de recyclage des batteries lithium

Synthèse des travaux pilotés par le
**Comité Stratégique de Filière
Mines et Métallurgie**

Sous la coordination de :



Avec le support de :



- Septembre 2019 -



CONTEXTE



Dans un scénario de croissance économique modérée et de pérennisation d'une réglementation environnementale forte¹, le besoin en batteries pour la mobilité électrique pourrait atteindre 275 GWh en Europe à l'horizon 2030² (soit six à sept millions de véhicules environ). Les batteries des véhicules électriques et hybrides arrivant en fin de vie 10 à 15 ans après leur mise sur le marché, les besoins totaux de traitement pourraient alors s'élever à 50 000 tonnes de batteries par an dès 2027, en croissance par la suite.

Dans le même temps, la France et les Etats membres de l'Union européenne sont confrontés à des enjeux forts de dépendance pour l'accès aux matières premières, leur transformation et la fabrication de cellules. La Commission européenne rappelait ainsi, dans un rapport récent sur la chaîne de valeur des batteries³, que 85% de la production mondiale de cellules est située en Asie, contre seulement 3% en Europe. A titre d'illustration et s'agissant des matériaux constitutifs des batteries, 69% de la production de graphite naturel et 64% du raffinage du cobalt sont réalisés en Chine⁴.

Le développement de filières européennes de fabrication et de recyclage de batteries lithium est par conséquent fortement soutenu par la Commission européenne et les Etats membres, dont certains, à l'instar de la France et de l'Allemagne, ont annoncé des financements conséquents. L'Alliance Européenne pour la Batterie, lancée en octobre 2017, incarne également cette structuration des acteurs publics et privés autour de la mobilité électrique. Le plan d'action stratégique sur les batteries, adopté par la Commission européenne en mai 2018, complète ce dispositif⁵. En France, différents acteurs, parmi lesquels les Comités Stratégiques de Filière (CSF) du Conseil National de l'Industrie, travaillent à une vision partagée des potentiels et priorités de développement du marché de la mobilité⁶.

Les présents messages clés visent à dresser un état des lieux et à faire des propositions pour répondre aux besoins de recyclage ou, le cas échéant, de seconde vie des batteries de véhicules, et assurer l'approvisionnement des chaînes de valeur. Ils ont été élaborés par un Comité de Pilotage représentant les acteurs de la chaîne de valeur des batteries, dans le cadre des travaux du CSF Mines et Métallurgie, entre juillet 2018 et juin 2019. Ce groupe de travail, par sa composition, est unique en France et constitue un outil au service du succès de la filière industrielle des batteries.

Il est essentiel, enfin, de noter que ces messages se concentrent sur le traitement des matériaux actifs des cellules et des modules de batteries. Les autres éléments (plastiques, métaux, électronique etc.) peuvent et devront également faire l'objet d'un recyclage. Les synergies et le potentiel de développement d'autres métiers ou filières de recyclage, ce y compris les phases amont telles que le démantèlement, ne sont pas traités dans le cadre de ce rapport.

¹ Scénario de référence de la filière automobile française, issu de l'Enquête Mix Energétique PFA / BIPE 2018. Compléments en annexe méthodologique.

² Cette hypothèse se fonde sur les études des constructeurs automobiles (pour les véhicules légers et industriels). Des estimations hautes, non retenues dans ce rapport, font état d'un maximum de 1 100 GWh en 2028. Cette dernière hypothèse est développée dans le rapport de la Commission européenne du 9 avril 2019 (cf. note n°5).

³ COM(2019) 176 final, 9 avril 2019.

⁴ Commission Staff Working Document, Report on raw materials for battery applications, SWD (2018) 245/2 final.

⁵ COM(2018) 293 final, 17 mai 2018.

⁶ Voir notamment le rapport « Produire en France les automobiles de demain, 13 – 14 février 2019 ».

SYNTHESE



VERS UNE INDUSTRIE DU RECYCLAGE : DES ATOUTS FRANÇAIS AU SERVICE D'ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX ET DE SOUVERAINETE

1. **Le développement du recyclage participe à la sécurisation de l'amont de nos chaînes de valeur industrielles dans une vision intégrée** : il leur permet d'être complètes pour être plus fortes, plus résilientes et plus compétitives.
2. **La croissance des besoins en recyclage de batteries lithium devrait être rapide et il est estimé que les capacités françaises et européennes seront très insuffisantes dès 2027** : les acteurs européens, dont les recycleurs français, devront multiplier par trois leurs capacités de traitement à cette date.
3. **La France est actuellement bien positionnée et dispose d'atouts pour devenir le leader européen du recyclage des batteries, mais ne doit pas se laisser distancer, ni par ses partenaires européens, ni par ses concurrents internationaux** qui investissent massivement dans des programmes ambitieux, tout à la fois en termes de capacités de traitement et de maximisation de la valeur ajoutée.

MODELES D'AFFAIRES DU RECYCLAGE ET BESOINS DE LA SECONDE VIE

4. A ce jour, la rentabilité de l'activité de recyclage de batteries lithium est faible, voire négative : **de nouveaux modèles d'affaires doivent se mettre en place sur toute les étapes de la filière.**
5. Au-delà du modèle initial focalisé sur la gestion environnementale de la fin de vie des batteries, et à l'instar de la concurrence asiatique, **la filière française doit développer une offre complémentaire avec plus de valeur ajoutée et destinée à être utilisée dans la fabrication de nouvelles batteries.** Cela lui permettra **d'améliorer sa rentabilité, de financer les investissements nécessaires à l'accroissement de la capacité installée en France et de participer pleinement à la sécurisation d'approvisionnement en matières premières de la chaîne de valeur batteries.**
6. **Il existe un potentiel de seconde vie des batteries, au moins à court terme (7 à 8 ans),** marché sur lequel des acteurs français sont déjà positionnés. Les volumes resteront limités au regard des besoins de la mobilité et du recyclage et le développement de ce secteur restera dépendant de nombreux facteurs (rentabilité du recyclage, besoins en stockage d'énergie stationnaire, etc.).

UNE PRIORITE : PERMETTRE LA MONTEE EN CAPACITE DES INSTALLATIONS DE RECYCLAGE, EN PARALLELE DE L'EFFORT R&D

7. **Le soutien à la R&D est primordial pour rendre plus compétitives les opérations de recyclage. L'investissement dans les capacités de production et les pilotes industriels doit aussi être soutenu par la puissance publique** : un PIEEC (Projet important d'intérêt européen commun) relatif au recyclage des batteries, complétant celui sur la fabrication des cellules, est recommandé pour anticiper les investissements industriels et « dérisquer » la croissance de la filière.
8. **Les bénéfices environnementaux de la fabrication et du recyclage des batteries devraient être pris en compte pour favoriser la production de batteries françaises** : une analyse cycle de vie a été lancée et est en cours de réalisation, avec le soutien de l'ADEME et de la DGE.
9. **Les évolutions réglementaires à venir devront être adaptées au développement d'une filière responsable et compétitive et soutenir l'émergence de leaders français du recyclage des batteries lithium au niveau mondial.**



RAPPELS PRELIMINAIRES



Une batterie de traction (ou pack batterie) est constituée de modules, d'un calculateur de pilotage, de câblages et des relais / résistances nécessaires à son fonctionnement. Un module est un assemblage de cellules dans un conditionnement unitaire permettant la manipulation et la connexion (cf. figure 1).

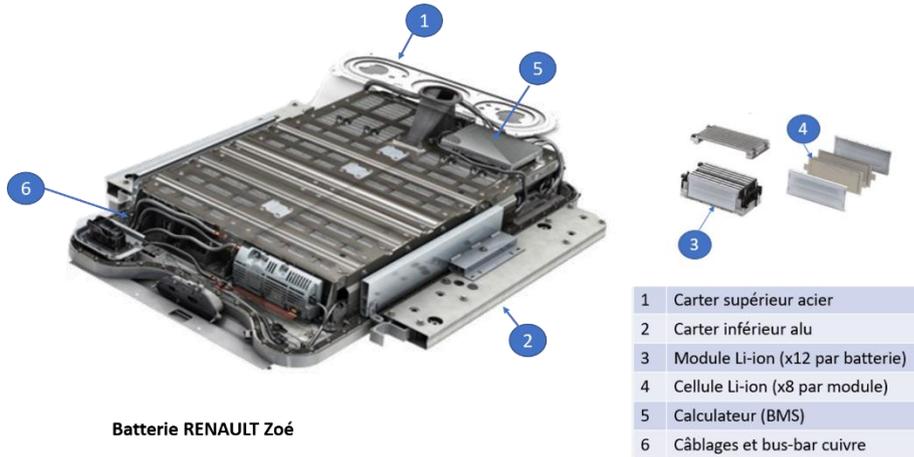


Figure 1 : Coupe et détail d'une batterie Li-ion

Les batteries lithium sont composées de très nombreux matériaux. Contrairement à ce que leur nom semblerait indiquer, elles ne contiennent que très peu de lithium, de l'ordre de 1% en moyenne du poids total de la batterie et 2% environ du module (cf. figure 2 et figure 3).

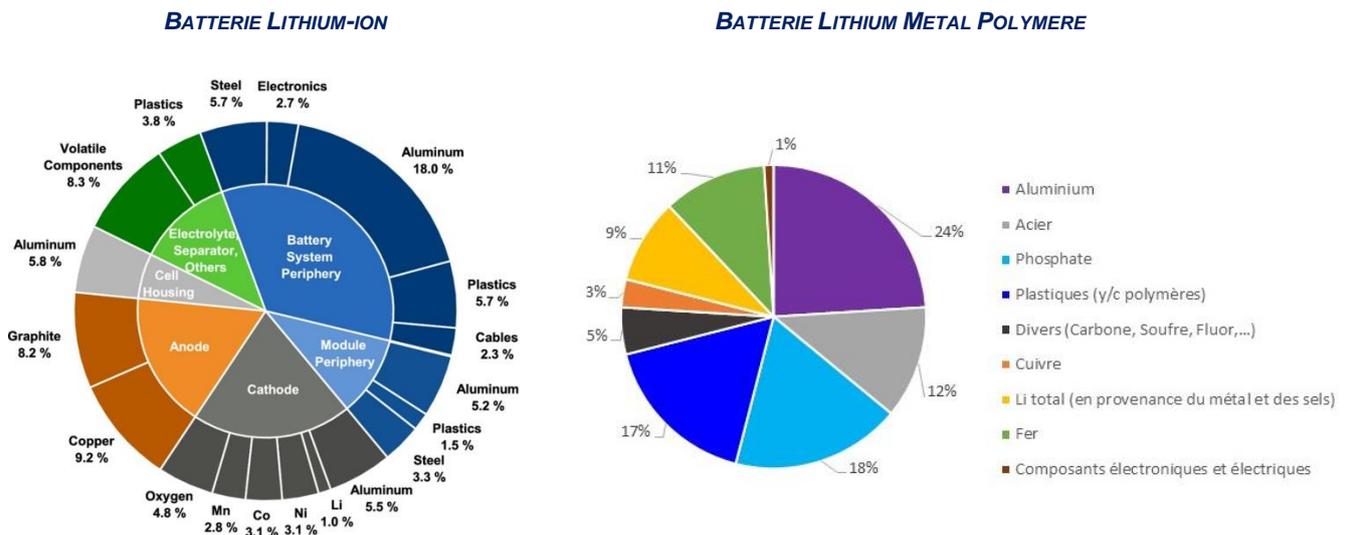


Figure 2 : Jan Diekmann et al. J. Electrochem. Soc. 2017; 164: A6184-A6191 - Composition d'une batterie Li-ion NMC 111 complète

Figure 3 : Part des métaux dans les batteries Lithium Métal Polymère (Source : Blue Solutions)

MESSAGES CLES

VERS UNE INDUSTRIE DU RECYCLAGE : DES ATOUTS FRANÇAIS AU SERVICE D'ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX ET DE SOUVERAINETE

N°1. Le développement du recyclage doit s'inscrire dans une perspective intégrée des chaînes de valeur industrielles, de l'extraction jusqu'à la fin de vie, en passant par chacune des étapes de transformation. **Il participe à la sécurisation de l'approvisionnement en matières premières de nos chaînes de valeur et leur permet d'être complètes pour être plus fortes, plus résilientes et plus compétitives.** Au niveau européen, 10% des besoins en cobalt pour la mobilité électrique pourraient ainsi être remplis par le recyclage en 2030⁷. Celui-ci participe donc à la souveraineté minérale française et européenne en réduisant notre vulnérabilité aux importations de matériaux, de produits semi-finis ou finis.

A SAVOIR : Des risques accrus, pour le nickel et le cobalt notamment, sont déjà identifiés à partir de 2025⁸. Ces risques sont liés au temps de développement des projets miniers et industriels et non pas à la disponibilité géologique des matières premières. Les scénarios ambitieux de diffusion des véhicules électrifiés (jusqu'à 71% du parc mondial) sont par exemple jugés tout à fait compatibles avec les réserves déjà identifiées de lithium. Néanmoins, **des questions de dépendance aux importations (cf. figure 4) et des problématiques environnementales ou éthiques** (deux tiers des approvisionnements mondiaux en cobalt proviennent de République Démocratique du Congo, qui détient par ailleurs 50% environ des réserves mondiales⁹) **renforcent la nécessité d'un approvisionnement européen et responsable, dont le recyclage est un élément important.** De plus, l'industrie du recyclage présentera à terme des opportunités industrielles considérables avec des volumes importants d'une part et la mise en place de procédés innovants et créateurs de valeur d'autre part¹⁰.

La prédominance asiatique, et notamment chinoise, est accentuée par deux phénomènes conjoints :

- Le contrôle par des intérêts chinois de matières premières à l'étranger : il est estimé ainsi que 50 à 60% de la production de cobalt en République Démocratique du Congo est sous contrôle chinois.
- L'accélération des investissements en Chine dans la production de cellules/modules : plus de 90% des cellules/modules sont produits actuellement en Asie.

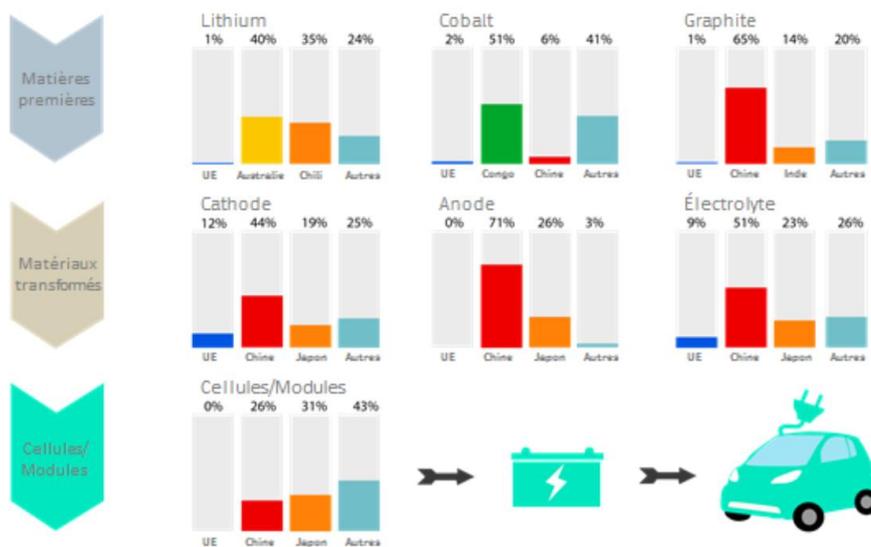


Figure 4 : Dépendance à l'égard de l'approvisionnement en matériaux tout au long de la chaîne de valeur pour les batteries de véhicules électriques (Source : JRC - 2017)

⁷ Ibid 3

⁸ Voir notamment le rapport : Policy Report: Alves Dias P., Blagoeva D., Pavel C., Arvanitidis N., Cobalt: demand supply balances in the transition to electric mobility, EUR 29381 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018.

⁹ BRGM - Fiche de synthèse sur la criticité des métaux – Le cobalt – version du 2 décembre 2017.

¹⁰ Blue Solutions vient de breveter un procédé lui permettant de récupérer 98% du lithium métal de ses batteries.

N°2. La croissance des besoins en recyclage de batteries lithium devrait être rapide. Les capacités européennes de traitement sont estimées entre 15 000 et 20 000 tonnes/an aujourd'hui, alors qu'il est estimé qu'environ 50 000 tonnes de batteries devront être recyclées **dès 2027** : **les acteurs européens, dont les recycleurs français, devront multiplier par trois leurs capacités de traitement** à cette date. Ces capacités devront encore doubler l'année suivante et continuer à augmenter régulièrement par la suite (cf. figure 5).

A SAVOIR : Le recyclage des batteries lithium s'appuiera sur une combinaison de procédés mécaniques, pyrométallurgiques et hydrométallurgiques ou sur de nouveaux procédés pour les technologies tout solide et le lithium métal. **La France dispose de compétences fortes sur ces technologies et totalise déjà des capacités de traitement des batteries de l'ordre de 5 000 tonnes/an.**

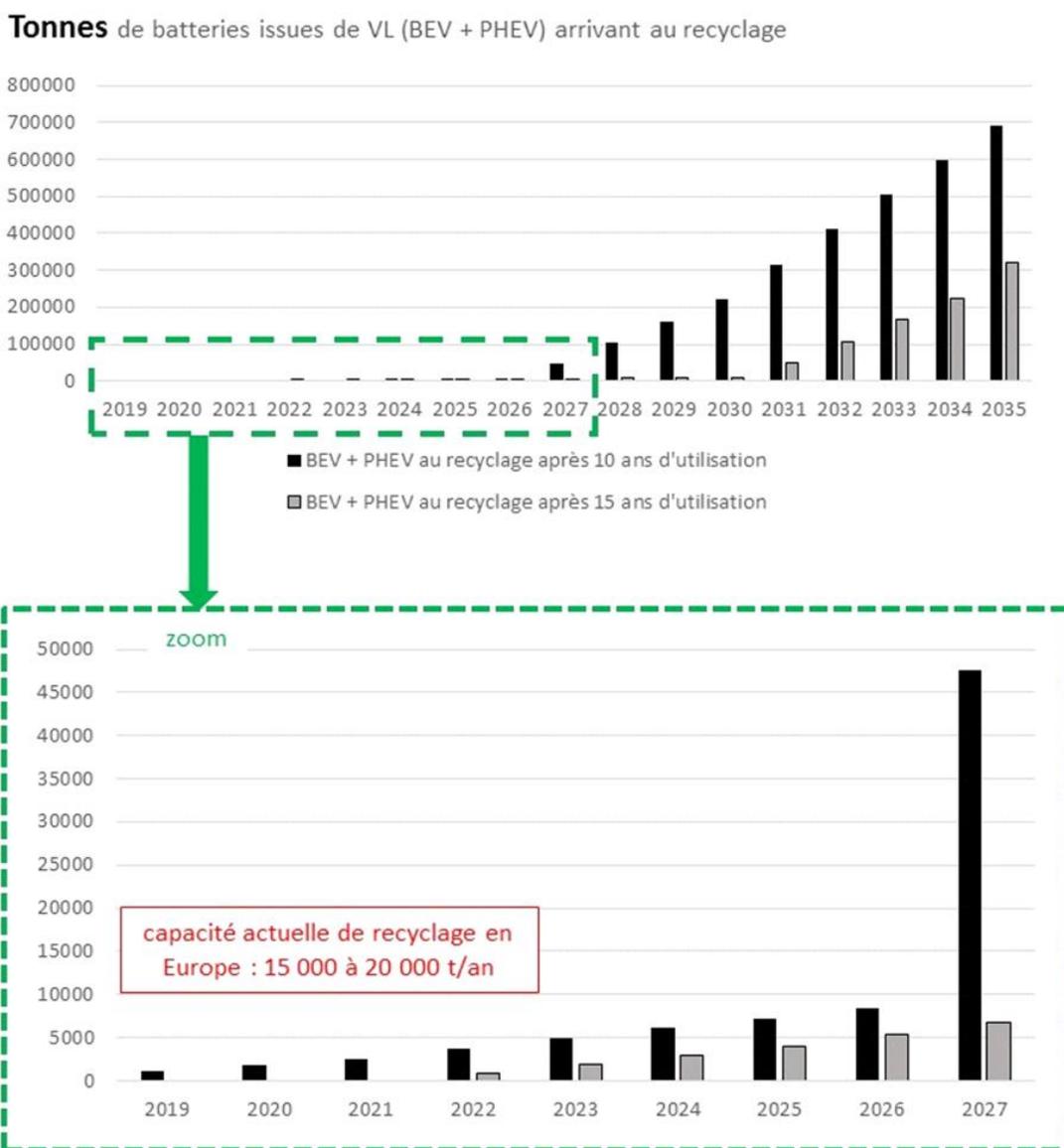


Figure 5 : Prévisions des flux annuels de batteries, en Europe issus des véhicules légers (VL) : Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV) et Battery Electric Vehicle (BEV) (Source : Comité de Pilotage)

N°3. La France est actuellement bien positionnée et dispose d'atouts pour devenir le leader européen du recyclage des batteries, mais ne doit pas se laisser distancer, ni par ses partenaires européens, ni par ses concurrents internationaux. La France est en effet l'un des pays les mieux dotés en Europe en termes de couverture de la chaîne de valeur des batteries, avec des leaders mondiaux de la fabrication de batteries, du recyclage et des technologies métallurgiques de transformation. **Cependant, la filière française doit accélérer ses investissements, pour conserver ses parts de marché et ne pas accroître son différentiel de compétitivité avec la concurrence étrangère.**

A SAVOIR : Les acteurs extra-européens qui se sont installés dans l'Union européenne sur le segment de la fabrication des batteries devraient se développer également sur le marché du recyclage (cf. figure 6). **Ces concurrents internationaux lancent en effet des programmes ambitieux, tout à la fois en termes de capacités de traitement et de maximisation de la valeur ajoutée** (produits de qualité batterie). Un risque identifié par la filière serait de réduire l'industrie française à un rôle de fournisseur de produits intermédiaires (sous forme de *black mass*¹¹) à d'autres recycleurs. Ces derniers contrôleraient ainsi la ressource secondaire, à forte valeur ajoutée, et en priveraient les filières industrielles françaises et européennes.

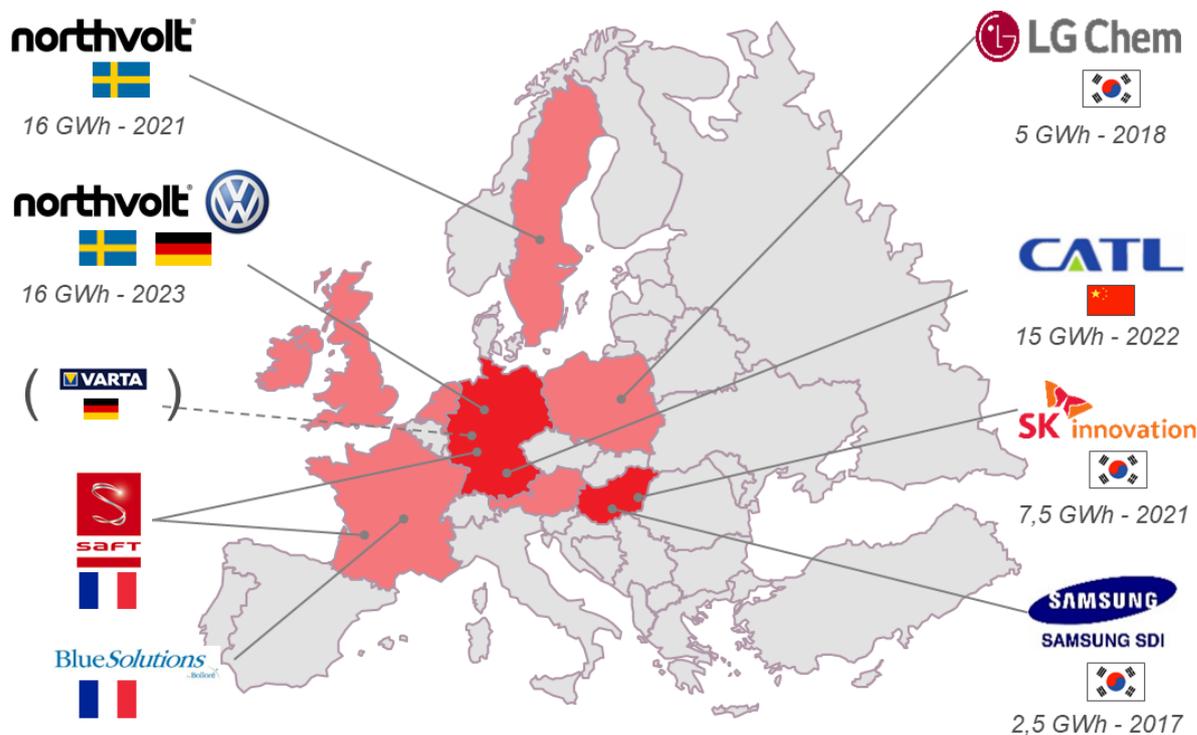


Figure 6 : Installations et projets de sociétés en Europe dans la production de cellules de batteries lithium. L'Allemagne et la Hongrie constituent les principales destinations européennes.

¹¹ La *black mass* est une première étape du recyclage. Elle désigne la matière issue du broyage des batteries qui n'a pas encore été soumise à des procédés d'extraction métallurgique.

N°4. Les modèles d'affaires du recyclage sont dépendants des coûts de traitement d'une part, et des quantités de matières à valeur ajoutée contenues dans les batteries d'autre part, dans un contexte de forte pression sur les coûts tout le long de la chaîne de valeur.

En fonction des cours des matières, la création de valeur obtenue par le recyclage permettra d'absorber une part plus ou moins importante des coûts de traitement associés. De ce point de vue, le cobalt, le nickel et le lithium apparaissent comme les métaux dont la valeur restera la plus élevée. Aujourd'hui cependant, au regard des volumes traités, de la valeur créée et des variations des cours des métaux, **le niveau de rentabilité de l'activité de recyclage des batteries lithium issues de la mobilité reste faible, voire négatif**. Afin de pérenniser la filière et de financer les investissements nécessaires, **l'ensemble des acteurs de la chaîne de valeur devront donc partager la valeur créée mais également les risques associés à la variation des cours des métaux : des modèles d'affaires doivent ainsi se mettre en place pour créer de la valeur aux différents niveaux de la chaîne du recyclage (collecte, démantèlement, traitement etc.)**.

A SAVOIR : Le marché du recyclage des batteries au lithium est un marché émergent, dont les procédés progressent, mais qui souffre toujours du manque de volumes à traiter. Son industrialisation n'est pas mature. Les coûts de traitement demeurent élevés mais baisseront inévitablement avec l'accroissement des volumes ainsi que les progrès technologiques. La législation est aussi d'importance afin de faciliter la collecte des batteries lithium à recycler sur le sol français. Enfin, la modification de la chimie des batteries, avec la diminution progressive de la quantité de cobalt contenu ou l'augmentation des volumes de batteries dites « tout solide » à compter de la décennie 2020 contribuera à modifier les équilibres technico-économiques du recyclage à partir de 2035 / 2040. Ces durées sont néanmoins compatibles avec les investissements et les temps de projet industriels.



N°5. Le recyclage des batteries lithium pourra s'appuyer sur la complémentarité de deux modèles industriels (cf. figure 7).

Le premier modèle se donne comme **priorité la gestion environnementale de la fin de vie des batteries**. Déjà mis en place, il permet de produire des métaux d'alliages, dont la pureté n'est cependant pas celle requise pour la fabrication de nouvelles batteries. Les dépenses d'investissement, coûts de traitement et risques liés à ce modèle sont moindres que ceux du second modèle.

Le second modèle, au-delà des enjeux environnementaux, vise à produire des précurseurs de matériaux actifs de cathodes (carbonate de lithium, lithium métal, sulfate de nickel et de cobalt etc.) qui pourront donc être réutilisés dans des batteries. **Ce modèle en « boucle fermée » est appelé à se développer dans les prochaines années, contribuant ainsi à l'indépendance d'une filière française / européenne de fabrication des cellules de batteries et maximisant la valeur ajoutée de l'industrie française.**

La complémentarité des deux modèles justifie ainsi un développement de la filière pour des raisons économiques mais aussi stratégiques.

A SAVOIR : L'industrie chinoise, à l'instar des entreprises GEM ou Huayou, est déjà organisée pour recycler les batteries lithium en boucle fermée. Ces acteurs sont aussi, pour les plus importants d'entre eux, intégrés fortement avec une production de précurseurs et matériaux pour cathodes sur les mêmes sites industriels. Cette offre chinoise s'est initialement développée grâce à l'important marché de l'électronique portable, mais est désormais tout à fait adaptée au recyclage de batteries Li-ion issues de la mobilité. La plupart de ces acteurs ont annoncé des investissements conséquents pour accroître la capacité de leurs installations. Soundon New Energy a annoncé 130 M€ d'investissements pour pouvoir traiter 100 kt/an de batteries, GEM et Huayou ont toutes les deux des plans d'investissements équivalents pour dépasser les 100 kt/an de capacité chacun.

Ce modèle est associé à une politique active en matière d'extraction et de transformation des matières premières primaires : les opérateurs chinois sécurisent autant qu'ils le peuvent leur approvisionnement en investissant dans des actifs miniers, notamment cobalt en République Démocratique du Congo et nickel en Indonésie. Ils profitent de fortes synergies avec les fabricants de cellules de batteries mais aussi avec l'amont de leur filière. Les économies d'échelles (accès à un stock important de batteries notamment) et coûts opératoires plus compétitifs en résultant renforcent la rentabilité de ce système et permettent d'investir plus rapidement dans de nouvelles capacités de traitement.

Il est probable qu'en complément de leurs investissements dans des gigafactory européennes de production de batteries Li-ion, les acteurs asiatiques, notamment chinois et coréens, investissent aussi dans de nouvelles capacités de recyclage sur le sol européen.

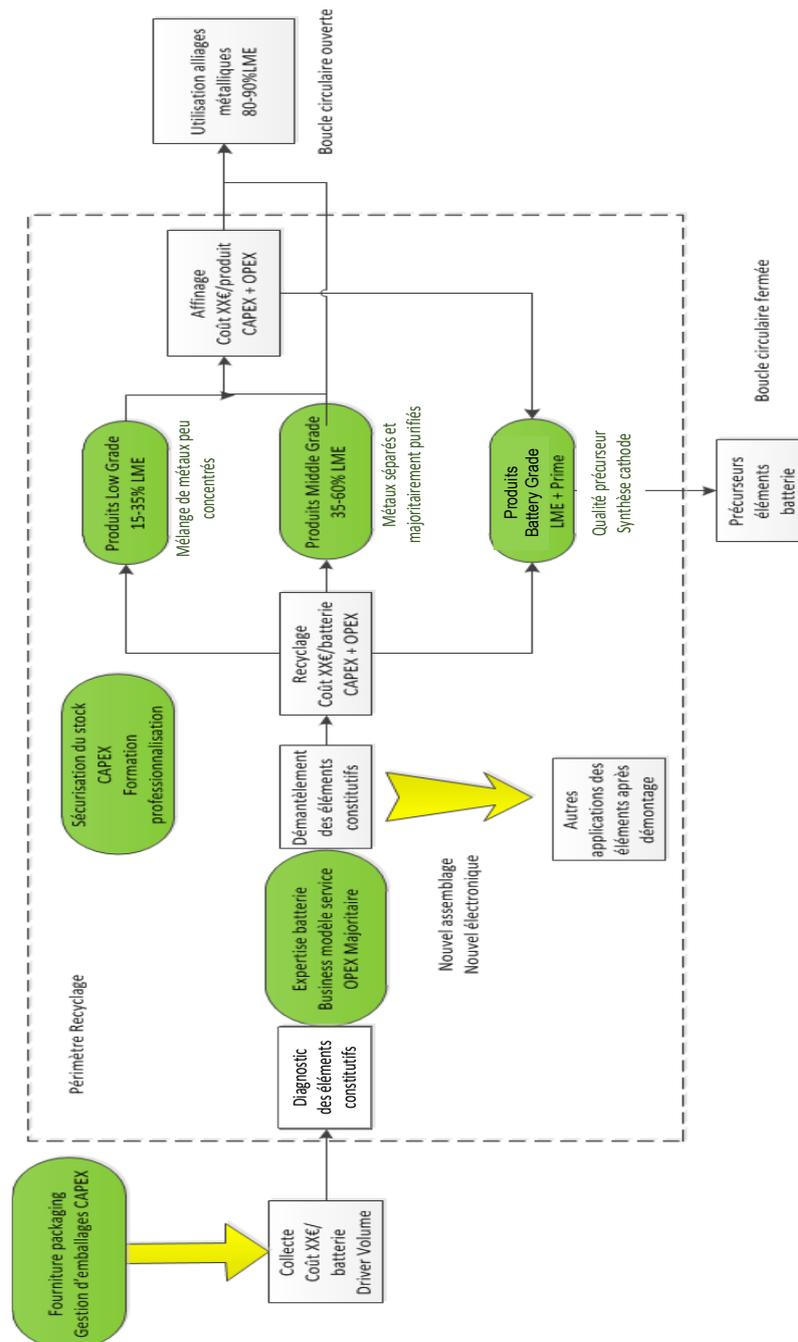


Figure 7 : Synopsis d'une chaîne de valeur du recyclage. Les débouchés dépendent du niveau de pureté des métaux produits. (Source : Comité de Pilotage)

N°6. Il existe un potentiel de seconde vie des batteries, au moins à court terme (7 à 8 ans), qui est dépendant des équilibres technico-économiques du recyclage, des besoins nouveaux de stockage d'énergie¹², de la concurrence des batteries neuves ou encore du développement du V2G¹³. Des acteurs industriels français sont déjà positionnés sur ce segment.

A SAVOIR : Le besoin de flexibilité du réseau augmente avec l'accroissement de la part des énergies renouvelables, par nature intermittentes, dans la production d'électricité. Le stockage électrochimique d'énergie constitue potentiellement l'une des solutions aux côtés d'autres leviers de flexibilité, comme les interconnexions et le pilotage intelligent de la demande. De même, afin d'accompagner le développement de l'électricité d'origine renouvelable (20% du photovoltaïque aujourd'hui développé en France) à des fins d'autoconsommation, des batteries lithium sont souvent associées aux installations. **Les volumes considérés ici, de l'ordre de quelques GWh maximum pour la France à horizon 2030, sont cependant limités, comparés aux besoins de la mobilité (275 GWh installés en Europe d'ici 2030) et de recyclage en résultant** (cf. figure 8). En complément de ces systèmes de grosses puissance et capacité, il est important de noter que plusieurs acteurs français et européens développent et commercialisent pour des clients particuliers et des petites entreprises des systèmes stationnaires ou mobiles *off grid*, à base de batteries ou de modules de 2nde vie. Ils proposent ainsi **des solutions alternatives compétitives à l'importation d'Asie de batteries neuves.**

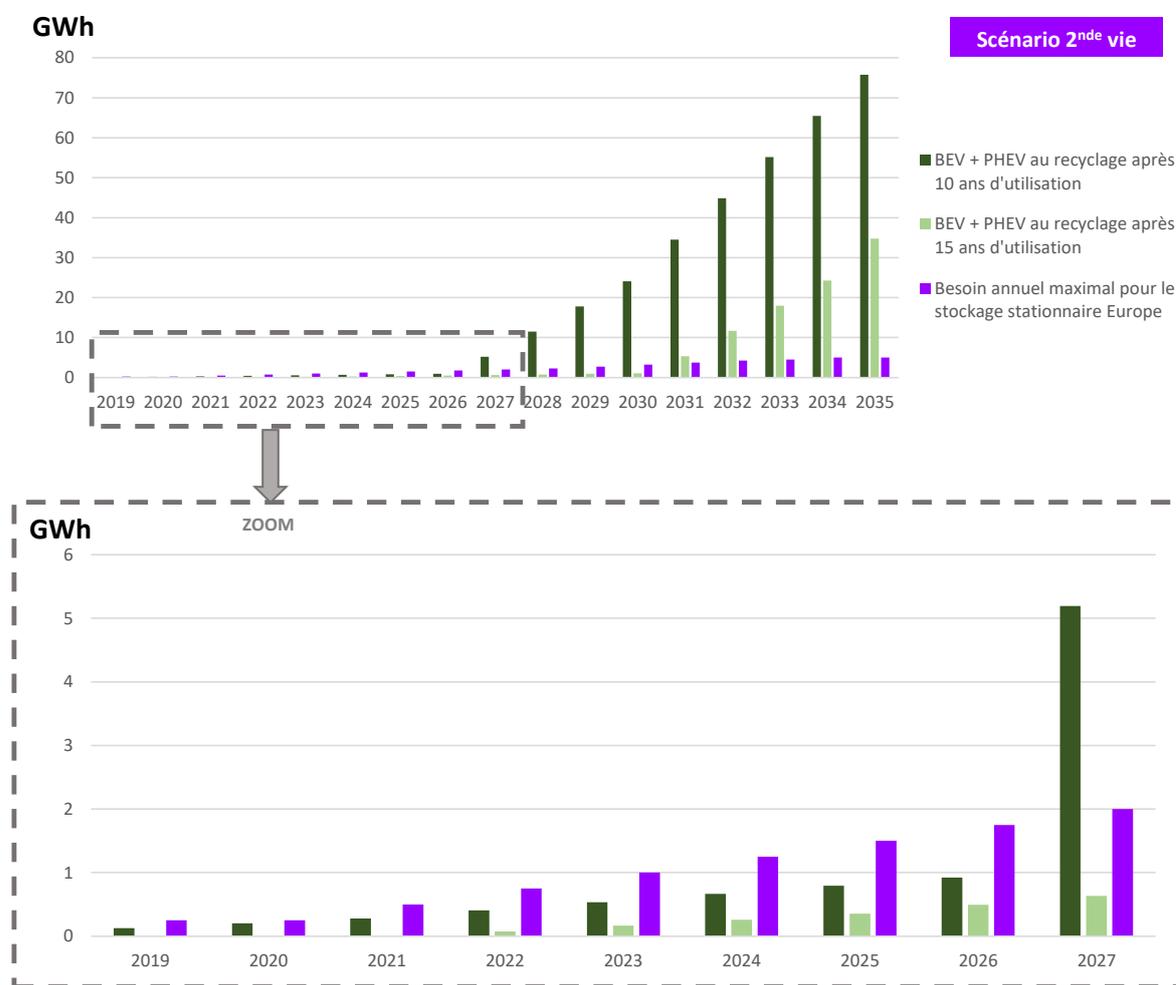


Figure 8 : Prévisions des flux annuels européens, en GWh, de batteries arrivant en fin de vie, comparés au besoin maximal pour le stockage stationnaire. Ces estimations ne tiennent pas compte du développement d'un marché de l'autoconsommation individuelle ni des besoins en stockage mobile. (Source : Comité de Pilotage)

¹² Les besoins de stockage font ici référence au développement du marché de la mobilité et du stockage stationnaire, pour les industriels et les particuliers.

¹³ Le V2G ou Vehicle to Grid permet au véhicule électrique d'alimenter le réseau pour répondre aux besoins du système électrique.

UNE PRIORITE : PERMETTRE LA MONTEE EN CAPACITE DES INSTALLATIONS DE RECYCLAGE, EN PARALLELE DE L'EFFORT R&D

N°7. Le continuum entre la R&D et l'industrie doit être préservé et encore développé, pour une industrie durablement compétitive : optimisation des procédés de recyclage, obtention des puretés particulières de métaux, adaptation aux chimies dites « tout solide » etc. La chaîne de valeur de la batterie doit désormais être regardée selon une approche verticale des produits de base jusqu'au recyclage. En plus des efforts de R&D, et ce afin de rendre plus compétitives les opérations de recyclage, la priorité doit à présent être mise sur l'investissement dans les capacités de production et les pilotes industriels compatibles avec des volumes de batterie appelés à croître. Le principal défi sera en effet celui du financement de l'augmentation des capacités des recycleurs pour répondre aux besoins croissants de gestion de la fin de vie (cf. messages clés n°2 et 3).

A SAVOIR : La R&D en France peut s'appuyer sur des organismes majeurs, notamment le CEA et le BRGM, qui fournissent des données et outils nécessaires à l'optimisation de la filière et à l'identification des procédés rentables (meilleurs taux de pureté au meilleur coût). La création d'un pôle R&D public en charge de la technologie des batteries lithium (permettant des analyses du cycle de vie et technico-économiques) est de ce point de vue souhaitable. Il permettra une intégration facilitée des innovations R&D et des moyens pilotes nécessaires aux feuilles de routes des recycleurs, guidés par les besoins du marché.

N°8. Les bénéfices environnementaux de la fabrication et du recyclage des batteries devraient être pris en compte pour favoriser la production de batteries françaises et européennes (avec une production d'énergie majoritairement décarbonée en ce qui concerne la France) pour équiper des voitures produites et/ou commercialisées en Europe : une batterie produite en Europe avec des matériaux recyclés devrait afficher un impact environnemental minoré par rapport à une batterie non européenne. La monétarisation des bénéfices environnementaux pourrait ainsi contribuer à l'émergence de modèles d'affaires pérennes.

A SAVOIR : Dans le cadre de ce rapport, une analyse cycle de vie a été lancée et est en cours de réalisation, avec le soutien de l'ADEME et de la DGE. Elle permettra d'évaluer les impacts environnementaux de la fabrication des batteries suivant leur lieu de production.

N°9. Dans la perspective de futures évolutions réglementaires et normatives européennes, il sera essentiel de :

- Fixer, dans la directive batterie 2006/66/CE, **des objectifs et priorités en matière de taux minimaux de recyclage des batteries lithium**, tenant compte de la viabilité technique et économique des procédés et incluant, le cas échéant, une progressivité dans l'atteinte des résultats ;
- **Assurer la cohérence des réglementations produits (REACH en particulier)** et en matière d'économie circulaire afin de concilier un haut niveau de protection de la santé humaine et de l'environnement et le développement d'une filière de recyclage des batteries. Une attention particulière devra être portée aux composés du nickel, du cobalt et du lithium ;
- Toujours en cohérence avec les réglementations environnementales, **favoriser l'économie circulaire en dynamisant l'ensemble des voies de valorisation des batteries** (et des modules) automobiles en fin de vie, selon les priorités des textes réglementaires :
 - **Prévention** : prolongation de la vie de la batterie ou des modules (réemploi / 2nde vie / refabrication),
 - **Réutilisation**,
 - **Recyclage**,
 - **Valorisation énergétique** (lors des traitements pyrométallurgiques), et prime à l'efficacité énergétique (si procédés développés moins énergivores),
 - **Elimination des déchets ultimes**, par un ajustement réglementaire adapté des différents textes, directive 2006/66/CE, sortie du statut déchet, réglementation transport etc.

ANNEXE METHODOLOGIQUE



1. Détermination des volumes de vente des véhicules électriques

L'Enquête Mix Energétique PFA / BIPE 2018 modélise l'évolution des marchés automobiles jusqu'à l'horizon 2035 en les segmentant par chaîne de traction (ou énergie). Elle se base sur des hypothèses prévisionnelles relatives à l'énergie (le prix du baril), la macro-économie, la réglementation et la technologie, et cela dans une vision argumentée et indépendante des objectifs commerciaux d'entreprises ou des objectifs politiques. Le scénario retenu est celui du « green constraint », fondé sur une croissance économique modérée et une forte réglementation environnementale. La figure 9 ci-après donne les perspectives des besoins batteries des véhicules légers (VL) et industriels (VI)¹⁴ en Europe entre 2018 et 2035, dans ce scénario de référence.

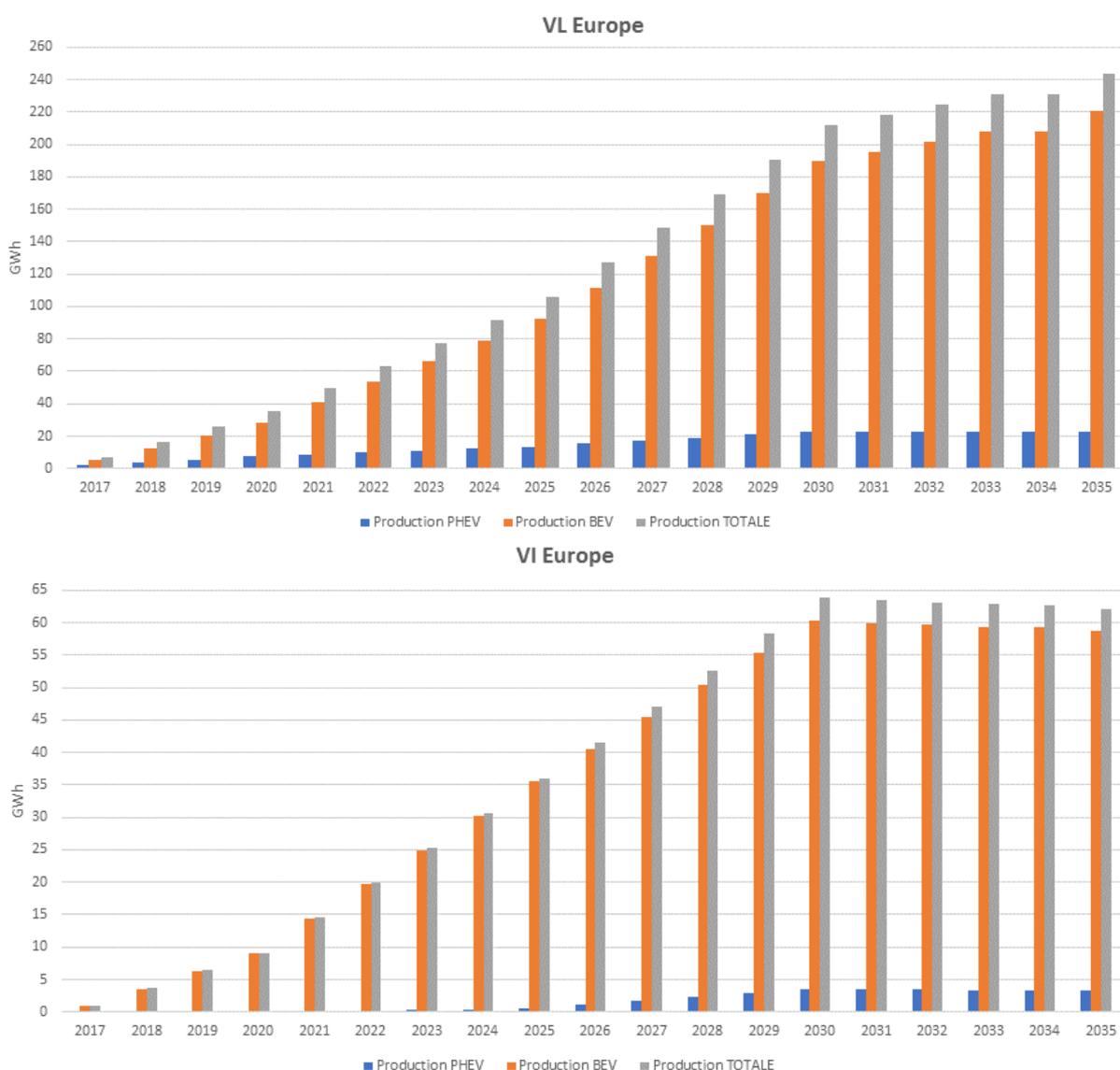


Figure 9 : Pour les besoins batteries exprimés en GWh, prévision des ventes de véhicules (VL en haut, VI en bas), scénario « green constraint » (Source PFA/BIPE, octobre 2018)

¹⁴ Véhicules Industriels (VI) = véhicules lourds, y compris de transport de passagers.

2. Détermination des volumes de batteries issues de la mobilité qui arriveront sur le marché du recyclage ou de la seconde vie

Les 50 000 tonnes de batteries arrivant en fin de vie à compter de 2027 correspondent à la masse totale du pack batterie (cellules, connectiques, éléments externes plastiques et métalliques pour la constitution des modules et des packs). Pour information, la part correspondant aux matériaux actifs (Li, Co, Mn, Ni, Al, Cu) inclus dans les cellules est de l'ordre de 50 à 60% du poids total, soit 25 000 à 30 000 tonnes en 2027. Pour parvenir à ces résultats, les hypothèses suivantes ont été retenues :

- Application d'une **durée de vie** pour les deux grands types de batteries pour véhicules :
 - BEV (Battery Electric Vehicle) : durée = 10 ou 15 ans¹⁵. Pour évaluer les tonnes de batteries BEV à recycler, le modèle du pack de la ZOE a été considéré, soit 41 kWh pour 300 kg¹⁶
 - PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle) : durée = 15 ans. Pour évaluer les tonnes de batteries PHEV à recycler, le modèle du pack de la GOLF GTE a été considéré, soit 8,7 kWh pour 117 kg¹⁷
- Pourcentage de batteries dont la fin de vie doit être gérée, suite à un **sinistre** (accident notamment) = 1% du marché annuel de véhicules sur l'année A+1
- Application d'un **taux de « fuite »**¹⁸ (sortie nette de la zone régionale concernée – ici l'Europe)
 - BEV : 0%
 - PHEV : 25%
- Un **taux de vieillissement**, s'agissant des GWh disponibles pour la 2nde vie :
 - BEV : taux de capacité résiduelle = 80%
 - PHEV : taux de capacité résiduelle = 70%

3. Détermination des volumes destinés au stockage stationnaire pour gérer les besoins de flexibilité du réseau

Le déploiement du nouveau stockage stationnaire par batteries entre 2020 et 2030 sera essentiellement tiré par son utilisation en tant que moyen de réglage primaire de fréquence (quelques centaines de MW pour la France au maximum) et par les appels d'offres de la Commission de Régulation de l'Energie (CRE). Ce besoin de stockage pourrait être compris entre 2 et 20 GWh maximum. L'estimation du potentiel de pénétration se fonde ici sur trois études : 60% EnR, REI (réseaux électriques intelligents) et PEPS-4. Ces études utilisent des hypothèses de 40 à 70% d'EnR dans la production d'électricité. Au final, il pourra donc s'agir de 100 à 300 MW de nouveau stockage par an, avec un rythme croissant mais limité à quelques GWh maximum pour la France à horizon 2030. Il est important de noter que ces hypothèses ne tiennent pas compte du développement d'un marché de l'autoconsommation individuelle. Néanmoins, et compte tenu des volumes importants de batteries arrivant en fin de vie dès 2027, le Comité de Pilotage est d'avis que ce flux n'impactera pas significativement les hypothèses retenues tout au long du rapport.

¹⁵ Les durées de vie des batteries en véhicules électrifiés sont en augmentation.

¹⁶ Ce modèle a été retenu car il est le plus vendu en France à ce jour dans la catégorie BEV.

¹⁷ Ibid 20 – même raisonnement pour les PHEV.

¹⁸ Si les batteries des véhicules ont une valeur positive, une filière illégale pourrait se développer (estimation prise dans le présent rapport : taux de fuite négligeable pour les BEV et 25% pour les PHEV – rappel du taux de fuite pour les véhicules thermiques en fin de vie : ~50%). Si elles n'ont pas de valeur positive, elles resteront en France.

LES CONTRIBUTEURS AU PROJET



Nom	Entreprise
Pierrick Drapeau	A3M
Nadia Mandret	A3M
Catherine Tissot-Colle	A3M
Rachel Baudry	ADEME
Olga Kergaravat	ADEME
Julien Bouby	Blue Solutions
Dorothee Coucharrière	Blue Solutions
Jean-Luc Girault	Blue Solutions
Anne Molitor	CCFA
Marianne Chami	CEA Liten
Florence Lambert	CEA Liten
Emmanuella Zogbe	CISMA
Aurélie Lecureuil	DGALN
Etienne Brière	EDF R&D
Aurélien Hascoat	EDF
Bertrand Lasserre	EDF
Andreï Nekrasov	EDF R&D
Stéphane Chorlet	Eramet VALDI
Pierre-Alain Gautier	Eramet
Olivier Sutterlin	Eramet
Denis Foy	Euro Dieuze
Christophe Crespin	Metal Blanc
Jean-Luc Brossard	PFA
Marc Mortureux	PFA
Laurent Fabre	PSA
Jérémie Maestracci	PSA
Mohamed Mghaieth	PSA
Sophie Richet	PSA
Damien-Pierre Sainflou	PSA
David Berquelange	Renault
Daniele Capelli	Renault
Bertrand Cherpin	Renault

Jean-Denis Curt	Renault
Guillaume Latte	Renault
Stéphane Morel	Renault
François Ruelle	Renault
Patrick de Metz	SAFT
Clémence Siret	SAFT
Eric Nottez	SNAM
Mathias Laffont	UFE
Anne-Sophie Desaleux	RTE
Claire Lajoie-Mazenc	RTE



Dernière réunion du Groupe de Travail – Juillet 2019



