



Réduction des nouvelles exploitations minières pour les métaux des batteries de véhicules électriques : approvisionnement responsable grâce à des stratégies de réduction de la demande et au recyclage

Préparé pour Earthworks
par l'Institute for Sustainable Futures

Avril 2021



Équipe de recherche

- Elsa Dominish
- Dr Nick Florin
- Dr Rachael Wakefield-Rann

Référence bibliographique

Dominish, E., Florin, N., Wakefield-Rann, R., (2021). Réduction des nouvelles exploitations minières pour les métaux des batteries de véhicules électriques : approvisionnement responsable grâce à des stratégies de réduction de la demande et au recyclage. Rapport préparé pour Earthworks par l'Institute for Sustainable Futures (ISF) de la University of Technology Sydney.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier les représentants de l'industrie notamment les fabricants d'équipements d'origine, les fabricants de matériaux cathodiques actifs et les recycleurs), les universitaires et les experts chargés de l'examen par des pairs pour leur précieuse contribution à cette recherche. Ce rapport a été commandé et financé par Earthworks.

Image de couverture intérieure : stockage de la batterie à l'aide de batteries de seconde vie dans l'usine BMW de Leipzig. Crédit photo : BMW.

Avertissement

Les auteurs ont fait preuve de tout le soin et de toute la compétence nécessaires pour garantir l'exactitude du matériel à la date du présent rapport. L'Institute for Sustainable Futures et les auteurs n'acceptent aucune responsabilité pour toute perte qui pourrait être subie par quiconque s'appuyant sur son contenu.

© UTS 2021



Institute for Sustainable Futures (ISF)

University of Technology Sydney
PO Box 123 Broadway, NSW, 2007
lithium.isf.uts.edu.au



EARTHWORKS

EARTHWORKS

1612 K St., NW, Suite 904
Washington, D.C., USA 20006
earthworks.org • 202.887.1872

Sommaire exécutif

Introduction et approche

En vue d'atteindre les objectifs de l'accord de Paris sur le climat et de prévenir les pires effets d'un changement climatique catastrophique, il sera essentiel pour les économies de passer rapidement à des systèmes d'énergie et de transport renouvelables. Actuellement, les technologies nécessaires à la production, au stockage et à l'utilisation des énergies renouvelables nécessitent une quantité importante de matériaux que l'on trouve principalement dans des régions écosensibles et souvent économiquement marginalisées du monde. L'augmentation de la demande de ces matériaux risque d'amplifier les pressions exercées sur ces régions. Pour que les énergies renouvelables soient socialement et écologiquement durables, l'industrie et les pouvoirs publics doivent élaborer et soutenir des stratégies de gestion responsable qui réduisent les effets négatifs tout au long des chaînes d'approvisionnement en matériaux et en technologies.

Des recherches antérieures menées par l'Institute for Sustainable Futures de la University of Technology Sydney (ISF UTS), commandées par Earthworks, sur les principaux sujets de préoccupation et les possibilités de réforme dans les chaînes d'approvisionnement en énergies renouvelables, ont mis en évidence les points les plus urgents et les plus stratégiques pour une intervention et une recherche prioritaires, notamment :¹

1. **améliorer** le recyclage des batteries afin de réduire la demande de matériaux associés aux batteries des véhicules électriques et aux autres technologies d'énergie renouvelable.
2. lorsque l'approvisionnement ne peut être assuré par des matériaux recyclés, **s'approvisionner** en minéraux auprès d'exploitations minières certifiées responsables.
3. **Éviter** les impacts négatifs dans les chaînes d'approvisionnement des véhicules électriques et des batteries, intensifiés par l'intensité matérielle de la chaîne d'approvisionnement, la gravité des impacts et la courte durée de vie des batteries.

La réutilisation des batteries dans des applications de « seconde vie », la récupération des métaux pour la fabrication des batteries par le recyclage et l'abandon de la possession de voitures particulières sont des stratégies essentielles pour réduire au minimum le besoin de nouvelles mines pour les batteries des VE.

Sur la base de ces domaines prioritaires, cette recherche examine l'état actuel et le potentiel futur des stratégies visant à réduire la demande de nouvelles mines, en particulier pour les métaux des batteries lithium-ion pour les véhicules électriques. Cette étude se concentre sur quatre métaux qui sont importants pour les batteries lithium-ion : le cobalt, le lithium, le nickel et le cuivre.²

Il existe une série de stratégies permettant de minimiser le besoin de nouvelles mines pour les batteries lithium-ion destinées aux véhicules électriques, notamment l'allongement de la durée de vie des produits grâce à une meilleure conception et à la remise en neuf en vue de leur réutilisation, et la récupération des métaux par le recyclage en fin de vie. Par exemple, nous avons constaté que le recyclage a le potentiel de réduire la demande primaire par rapport à la demande totale en 2040, d'environ 25% pour le lithium, 35% pour le cobalt et le nickel et 55% pour le cuivre, sur la base de la demande prévue. Cela offre la possibilité de réduire considérablement la demande de nouvelles mines. Toutefois, dans le contexte d'une demande croissante de véhicules électriques, il sera également important que d'autres stratégies de réduction de la demande avec des coûts globaux de matériaux et d'énergie inférieurs, soient poursuivies en tandem avec le recyclage, y compris des politiques visant à décourager la possession de voitures particulières et à rendre les formes de transport actif et public plus accessibles. Bien que le potentiel de ces stratégies de réduction de la demande ne soit pas encore bien compris, ce rapport donne un aperçu des mérites relatifs, de la viabilité et des implications de ces stratégies de réduction de la demande, et émet des recommandations pour les principaux domaines d'action politique.

¹ Dominish, E., Florin, N. et Teske, S., (2019) 'Responsible Minerals Sourcing for Renewable Energy'. Rapport préparé pour Earthworks par l'Institute for Sustainable Futures (ISF) de la University of Technology Sydney.

² Sur la base du Global EV Outlook 2020 de l'Agence internationale de l'énergie (AIE), nos estimations de la demande future de métal prennent en compte les véhicules électriques à batterie (BEV) et les véhicules hybrides rechargeables (PHEV, selon l'acronyme anglais), pour quatre types de véhicules : les véhicules Léger de Transport de Personnes (VLTP), les véhicules utilitaires légers (VUL), les bus et les camions.

Principales constatations

Stratégies de réduction de la demande de métaux pour les batteries lithium-ion des véhicules électriques

Cette section résume les résultats les plus significatifs de chacun des trois domaines d'intérêt du rapport : les stratégies de réduction de la demande de métaux pour les batteries lithium-ion des véhicules électriques ; la quantification des réductions potentielles de la demande primaire grâce au recyclage ; et un examen des lacunes en matière de politiques et des facteurs favorables à une économie circulaire pour les batteries lithium-ion.

Potentiel de récupération des métaux sur les marchés finaux généraux

Il existe actuellement un recyclage mature à l'échelle industrielle du cobalt et du nickel pour les marchés finaux généraux de ces métaux, avec des taux de recyclage mondiaux supérieurs à 60%. Toutefois, ces taux sont influencés par les taux élevés de recyclage des superalliages (pour le cobalt) et des alliages à base d'acier inoxydable, de nickel et de cuivre (pour le nickel), qui sont généralement recyclés dans le même produit. D'autres marchés pour les métaux cibles sont susceptibles d'avoir des taux de recyclage beaucoup plus faibles que pour les batteries. Le lithium a de faibles taux de recyclage (<1%) et est souvent utilisé dans des applications où la récupération est difficile. Le cuivre est recyclé à un taux mondial estimé à 45% dans un processus mature intégré à la production de cuivre primaire, mais il est possible d'augmenter le taux de collecte et de recyclage de certains flux de déchets.

Potentiel de récupération des métaux dans les batteries lithium-ion en fin de vie

Le recyclage des batteries lithium-ion est une technologie mature. Cependant, les procédés de recyclage actuels sont limités dans leur capacité à récupérer une large gamme d'éléments dans une qualité adaptée à la fabrication de nouvelles batteries. La plupart des procédés ne récupèrent que les éléments les plus précieux, généralement le cobalt et souvent le nickel, dans une qualité adaptée à la fabrication de cathodes pour de nouvelles batteries. D'autres métaux (dont le lithium et le cuivre) peuvent finir par être récupérés pour être réutilisés dans d'autres industries (décyclés) ou être perdus dans le processus.

Il existe un certain nombre de procédés établis capables de recycler les batteries lithium-ion à très grande échelle et de nombreux procédés en cours d'élaboration. Ces futurs procédés sont conçus pour recycler le cobalt et le lithium, et recycler ou décyler le nickel et le cuivre. Cependant, **il est technologiquement possible de récupérer ces quatre métaux à des taux supérieurs à 90 %** et la récupération actuelle est limitée par l'absence d'un moteur économique fort ou d'une politique qui pourrait encourager l'utilisation de matériaux recyclés.

Possibilité d'utiliser des métaux recyclés dans la fabrication de batteries lithium-ion

Une petite partie de l'approvisionnement en cobalt et en nickel dans la fabrication actuelle provient de sources recyclées, et le lithium est très peu ou pas utilisé. Le contenu recyclé qui entre dans le processus de fabrication de ces trois métaux provient très probablement des batteries lithium-ion en fin de vie, mais les volumes de métaux disponibles à partir des batteries lithium-ion en fin de vie sont faibles par rapport à la demande actuelle.

Il existe déjà quelques exemples d'entreprises de recyclage qui travaillent directement avec la chaîne d'approvisionnement de la fabrication de batteries afin d'augmenter cette voie de récupération. Il est peu probable que les métaux récupérés sur d'autres marchés finaux importants soient utilisés dans la fabrication de batteries lithium-ion - le cobalt et le nickel sont susceptibles d'être recyclés dans la même utilisation finale et le lithium n'est généralement pas récupéré. Pour le cuivre, une part plus importante de l'approvisionnement dans la fabrication pourrait provenir de sources recyclées. Il est plus probable que le cuivre provienne d'autres marchés finaux car le cuivre secondaire est traité avec le cuivre primaire pour les étapes de fusion et d'affinage et le cuivre n'a pas été une priorité pour la récupération dans le recyclage des batteries lithium-ion.

À l'avenir, les batteries lithium-ion des véhicules électriques en fin de vie seront la principale source de métaux secondaires pour le cobalt, le lithium et le nickel. Même s'il est techniquement possible de récupérer ces métaux à partir d'autres sources, la récupération de ces métaux à partir des batteries lithium-ion usagées pour en faire des matériaux précurseurs est la voie la plus économique par rapport à la transformation en métaux purs à partir d'autres sources. Le cuivre proviendra probablement des filières générales de recyclage du cuivre.

Potentiel de réduction de la demande de matériaux primaires pour les batteries lithium-ion des véhicules électriques

La demande de nouvelles batteries lithium-ion et de véhicules électriques privés, qui stimule la demande de matériaux de batteries primaires, pourrait également être réduite grâce à l'allongement de la durée de vie des batteries, à leur remise à neuf et à leur réutilisation dans des applications de seconde vie, ainsi qu'à l'abandon de la possession de véhicules particuliers.

- **Durée de vie :** La durée de vie actuelle des batteries est estimée entre 8 et 15 ans (sur la base des délais de garantie actuels et des données d'utilisation). Cependant, plusieurs fabricants d'équipements d'origine travaillent à la mise au point de batteries ayant une durée de vie plus longue, qui pourrait atteindre environ 20 ans. L'une des principales limites de cette stratégie est que les consommateurs sont plus susceptibles de remplacer leurs véhicules avant que les batteries n'atteignent leur fin de vie.
- **Réutilisation :** Les programmes de réutilisation permettent aux batteries d'avoir une « seconde vie » dans une nouvelle application lorsqu'elles ne sont plus considérées comme adaptées aux véhicules électriques. Par exemple, les batteries en fin de vie sont réutilisées pour le stockage stationnaire, la remise à neuf en vue d'une utilisation dans d'autres types de véhicules, et certains fabricants d'équipement d'origine envisagent des applications de véhicule électrique à véhicule électrique. Le marché le plus probable est l'utilisation de batteries de véhicules électriques en fin de vie dans des applications de stockage sur réseau, avec des durées de vie potentielles d'environ 12 ans. Ces projets seront probablement lancés par les fabricants d'équipement d'origine, car les variations entre la conception et la composition chimique des batteries limitent la remise à neuf et la réutilisation par des tiers.
- **L'abandon de la voiture particulière :** le passage aux transports publics, y compris les trains, les tramways et les bus, et aux transports actifs, comme les vélos, pourrait réduire la demande de voitures particulières. Cependant, les politiques et les incitations nécessaires pour permettre un tel changement font actuellement défaut, en particulier dans le contexte nord-américain. Les systèmes de covoiturage ont également le potentiel de réduire le nombre de voitures particulières, mais il existe très peu d'exemples à ce jour de leur fonctionnement avec un taux d'adoption suffisant pour réduire la demande de voitures privées.



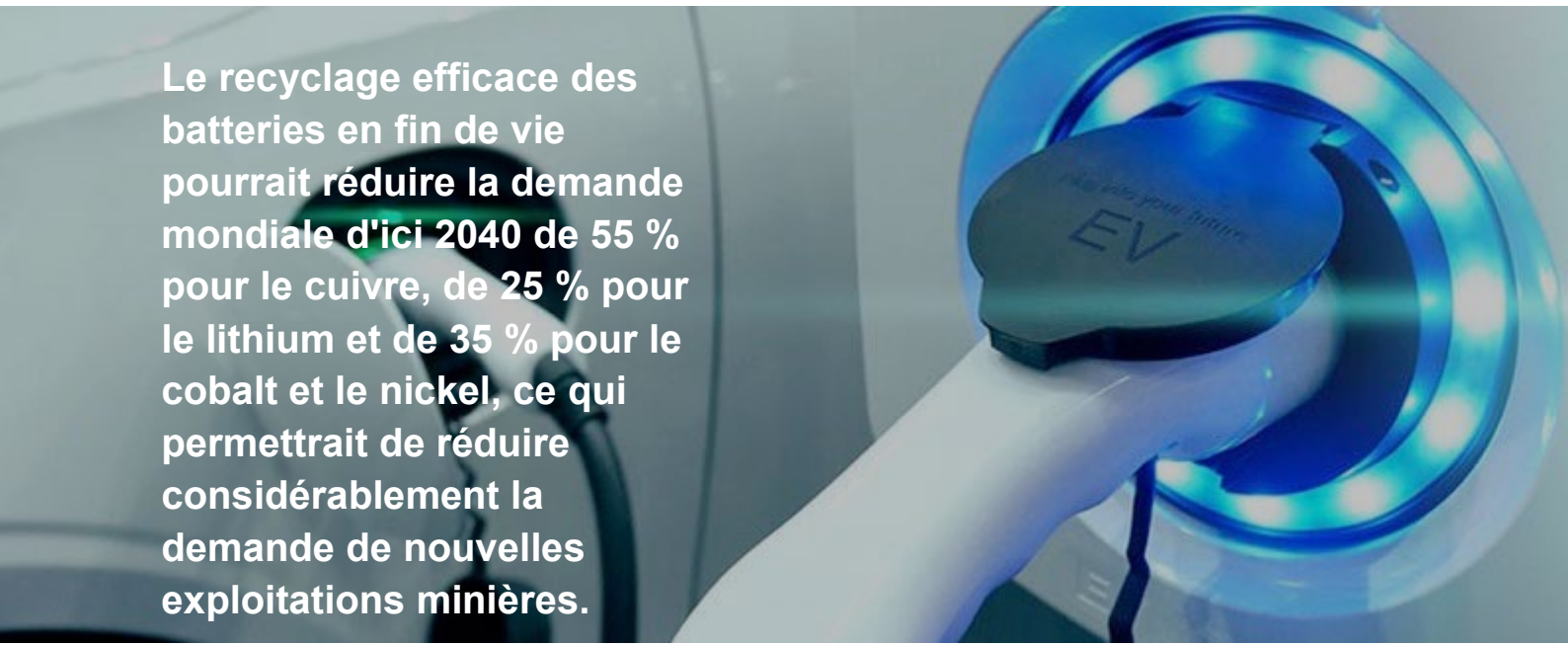
Quantification des réductions potentielles de la demande primaire grâce au recyclage

La demande future de cobalt, de lithium, de nickel et de cuivre a été quantifiée afin d'étudier comment la demande primaire pourrait être minimisée par des changements dans le recyclage, sur la base des projections relatives à l'adoption des véhicules électriques et à la capacité des batteries, tirées du rapport Global electric vehicle Outlook 2020 de l'Agence internationale de l'énergie (AIE).

Cette analyse a porté sur : la contribution du contenu recyclé des marchés finaux généraux ; le recyclage des batteries lithium-ion des véhicules électriques en fin de vie (en supposant qu'il se poursuive aux taux de récupération actuels et que le contenu recyclé soit utilisé dans la fabrication de nouvelles batteries lithium-ion) ; et la réduction supplémentaire de la demande résultant de l'amélioration des taux de récupération par rapport aux taux actuels a été quantifiée et comparée à la demande totale de métaux. Cette analyse nous a permis d'évaluer le potentiel de réduction de la demande de nouvelles mines. Nous avons constaté que :

- **Le recyclage a le potentiel de réduire la demande primaire par rapport à la demande totale en 2040, d'environ 25% pour le lithium, 35% pour le cobalt et le nickel et 55% pour le cuivre. Cela offre la possibilité de réduire considérablement la demande de nouvelles exploitations minières.**
- Pour le cobalt et le nickel, la majeure partie de la réduction de la demande primaire provient de l'utilisation de métaux recyclés provenant des batteries lithium-ion des véhicules électriques en fin de vie, en supposant que le recyclage se poursuive aux taux de récupération actuels, qui sont déjà relativement élevés.
- Pour le lithium, la quasi-totalité de la réduction de la demande primaire provient de l'utilisation de métaux recyclés provenant des batteries lithium-ion des véhicules électriques en fin de vie, à un taux de récupération amélioré. En effet, les taux de récupération actuels sont faibles et le lithium est très rarement récupéré sur d'autres marchés finaux, et il est peu probable qu'il le soit à l'avenir.
- Pour le cuivre, l'utilisation de contenus recyclés provenant des marchés finaux généraux a le plus d'impact sur la réduction de la demande primaire, suivie par l'utilisation de métaux recyclés provenant des batteries lithium-ion des véhicules électriques en fin de vie, avec un taux de récupération amélioré.

Cela souligne l'importance de maintenir les taux élevés actuels de récupération du cobalt et du nickel dans le recyclage des batteries lithium-ion des véhicules électriques, à mesure que le nombre de batteries arrivant en fin de vie augmente, et d'améliorer les taux de récupération du lithium et du cuivre dans le recyclage des batteries lithium-ion. En outre, la récupération de ces métaux à partir des batteries lithium-ion usagées pour en faire des matériaux précurseurs est probablement la voie la plus économique par rapport à leur transformation en métaux purs s'ils sont récupérés à partir d'autres sources. Il sera également important d'augmenter la récupération du cuivre à partir d'autres produits en fin de vie dont les taux de recyclage sont actuellement faibles, afin de réduire la demande de matériaux primaires.



Le recyclage efficace des batteries en fin de vie pourrait réduire la demande mondiale d'ici 2040 de 55 % pour le cuivre, de 25 % pour le lithium et de 35 % pour le cobalt et le nickel, ce qui permettrait de réduire considérablement la demande de nouvelles exploitations minières.

Examen des lacunes en matière de politiques et des facteurs favorables à une économie circulaire pour les batteries lithium-ion

Les politiques de meilleures pratiques pour la gestion des batteries de véhicules électriques doivent s'aligner sur les principes de l'économie circulaire, qui donnent la priorité aux stratégies visant à réduire les matériaux et l'énergie, comme l'évitement et la réutilisation, avant d'envisager les options de recyclage et d'élimination.

Bien que de nombreux marchés, tels que les États-Unis et l'Australie, aient ou soient en train de développer des instruments politiques ou réglementaires pour encourager le recyclage, la réutilisation ou la remise à neuf des batteries électroniques grand public et industrielles, la plupart des marchés ne disposent pas de cadres politiques coordonnés visant spécifiquement les batteries des véhicules électriques. Les cadres politiques nécessaires pour soutenir la conception, la collecte, le transport et la logistique, le désassemblage et les autres types de traitement nécessaires à la réutilisation et au recyclage sont encore sous-développés dans la plupart des juridictions et il faut agir maintenant pour s'assurer que les systèmes sont en place lorsque les grands volumes de déchets arrivent.

L'Union européenne (UE) a fait des progrès vers des politiques visant les batteries de véhicules électriques qui adhèrent aux principes de l'économie circulaire avec une proposition de nouveau règlement pour remplacer la Directive sur les batteries. La proposition envisage un approvisionnement responsable, un rapport obligatoire sur l'empreinte carbone et le contenu recyclé, ainsi que des mesures visant à éliminer les obstacles à la réutilisation et des exigences en matière d'information sur la durabilité des produits. Ailleurs, les cadres politiques restent moins élaborés. Dans la plupart des juridictions, les principales lacunes et les principaux moyens d'action sont les suivants :

- **Collecte** : contrairement aux batteries au plomb, il n'existe pas actuellement de filières de reprise matures et cohérentes permettant aux propriétaires de voitures de rendre leurs batteries à la fin de la vie d'un véhicule électrique. Il est important que les batteries soient traçables tout au long de leur vie, qu'il y ait un bon partage de l'information tout au long de la chaîne d'approvisionnement et une éducation des parties prenantes afin que des mécanismes de collecte adéquats puissent être établis.
- **Transport** : Les réglementations relatives au transport et à la logistique associés au déplacement des batteries de véhicules électriques en fin de vie à des fins de réutilisation et de recyclage ont été identifiées comme des obstacles importants, et sont souvent liées à l'absence d'exigences spécifiques aux batteries de véhicules électriques distinctes des autres types de batteries. Bien que l'UE soit la plus avancée en termes de réglementation des batteries et que la proposition de nouvelle réglementation pour remplacer la directive sur les batteries vise à résoudre certains problèmes, en général, les systèmes établis pour gérer leur mouvement et leur transport sont complexes et peuvent conduire à des résultats pervers.
- **Conception** : les batteries des véhicules électriques sont actuellement fabriquées par de multiples entreprises dont la conception, la chimie, la taille, la forme des batteries et les exigences de démontage varient, ce qui constitue un défi pour le recyclage. Comme les batteries des véhicules électriques ne sont généralement pas étiquetées, les recycleurs de batteries ont du mal à déterminer le type de batteries qu'ils reçoivent. En outre, les systèmes de gestion des batteries n'étant pas normalisés, il n'est pas possible d'utiliser des méthodes cohérentes pour tester l'état des batteries, ce qui augmente les coûts de traitement. Cette situation est particulièrement problématique pour tester les batteries en vue de leur réutilisation. Un obstacle majeur à la normalisation est l'intérêt des fabricants d'équipement d'origine à conserver un avantage concurrentiel sur le marché en protégeant les informations spécialisées sur la conception de leurs batteries lithium-ion. Sans normalisation, les applications de réutilisation les plus probables sont les partenariats directs entre les fabricants d'équipements d'origine et les entreprises du secteur énergétique.
- **Normes sur la durée de vie des batteries** : Il y a une absence de normes entre les juridictions, ce qui constitue un obstacle au développement du recyclage et de la réutilisation. Il s'agit notamment de normes relatives à la performance et à la durabilité des batteries de véhicules électriques de première et de seconde vie, de critères pour déterminer ce qui constitue l'état de santé et à la fin de vie, des normes de traitement des batteries usagées, des critères permettant de déterminer l'adéquation des applications de seconde utilisation à la fin de -durée de vie et étiquetage de la composition des batteries. Les

nouvelles exigences en matière d'information sur les performances, notamment la durabilité, proposées par l'UE constituent une évolution positive.

- **Définitions et cadres** : Les définitions de certains termes, notamment « déchets » et « réutilisation », manquent de la clarté et de la spécificité nécessaires pour réglementer de manière adéquate les batteries de véhicules électriques destinées à une seconde vie et au recyclage. Un examen des politiques de l'UE a révélé que l'absence de termes clairs signifie qu'il n'existe pas de cadre juridique clairement défini dans lequel un marché des batteries de seconde vie peut se développer.
- **Assurance qualité et responsabilité pour les applications de batteries de seconde vie** : L'incertitude entourant la responsabilité pour les dommages et les performances des batteries de seconde vie peut décourager la réutilisation des batteries de véhicules électriques en fin de vie, par rapport aux nouvelles batteries. Il n'existe actuellement aucune garantie réglementaire concernant la qualité des batteries de seconde vie ou leur performance et très peu de normes industrielles concernant les spécifications de performance pour des applications spécifiques. Il n'est pas clair non plus si les fabricants d'équipements d'origine sont responsables des dommages causés par une batterie de seconde vie. Par conséquent, certains fabricants d'équipement d'origine hésitent à autoriser la réutilisation de leurs batteries de VE dans des applications de stockage sur réseau, à moins qu'ils n'en conservent la propriété pendant toute la durée de leur seconde vie, ce qui leur permet de conserver les matériaux pour leur valeur de recyclage potentielle et de maintenir leur responsabilité.

Pour lire le rapport complet, en anglais, veuillez consulter le site :
<https://www.earthworks.org/publications/recycle-dont-mine/>

