

Stockage électrique

Quel potentiel pour la seconde vie des batteries de véhicules électriques ?

Propriété intellectuelle et limites de responsabilité :

- Cette étude est publiée par, et reste sous © 2016 Copyright d'E-CUBE Strategy Consultants SAS, 350 rue St Honoré, 75001 Paris, France (ci-après dénommé « E-CUBE Strategy Consultants »)
- Une diffusion est autorisée sous réserve que le contenu diffusé soit accompagné des présentes mentions et du Copyright d'E-CUBE Strategy Consultants
- Cette étude repose en partie sur des informations publiques, diffusées par la(es) société(s) concernée(s) ou par des tiers. Ces informations n'ont pas été vérifiées ni auditées de manière indépendante par E-CUBE Strategy Consultants
- Les éléments économiques et financiers présentés dans ce document intègrent les conditions économiques, monétaires, de marché ou autres prévalant en février 2016 et ne préjugent pas des ajustements nécessaires si ces conditions venaient à se modifier
- Sans mention contraire, E-CUBE Strategy Consultants n'a aucune obligation de mise à jour de ce document



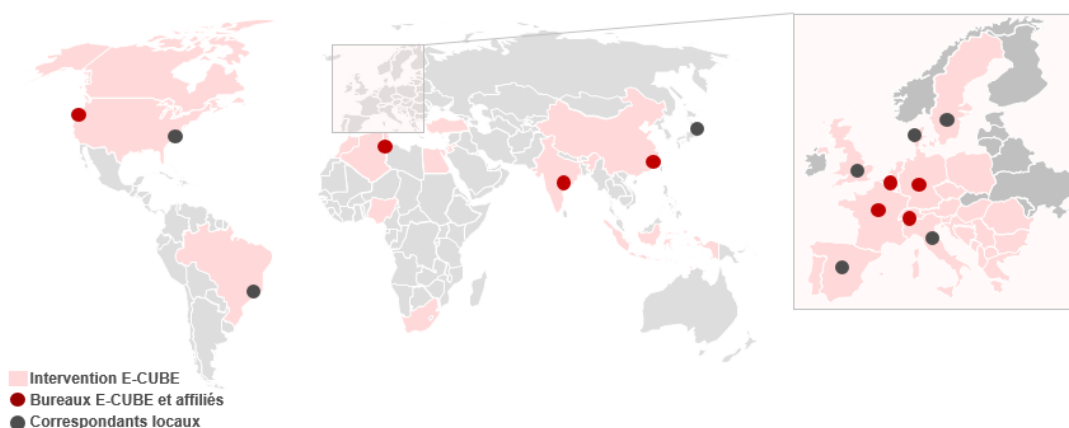
E-CUBE Strategy Consultants est un cabinet de conseil de Direction Générale exclusivement dédié aux enjeux énergétiques et environnementaux. Nous combinons les atouts de proximité, réactivité et flexibilité d'une petite équipe avec le plus haut niveau d'excellence et d'expérience d'une équipe internationale

Nos trois domaines d'expertise :

- **Energie et Environnement** : Accompagner les énergéticiens (électriciens et gaziers, compagnies pétrolières, acteurs des filières Energies Renouvelables) dans l'anticipation et la prise en compte de l'évolution de leur environnement marché, réglementaire, concurrentiel et technologique
- **Mobilité** : Accompagner les acteurs de l'automobile, du ferroviaire, du transport aérien, du shipping et de la logistique dans le cadre de leurs projets stratégiques (Corporate, M&A), réglementaires et opérationnels
- **Infrastructures** : Conduire des projets de stratégie de croissance ou d'amélioration de la performance pour des gestionnaires et opérateurs d'infrastructures

E-CUBE Strategy Consultants accompagne ses clients sur des problématiques globales à partir de ses bureaux et affiliés, ainsi que de ses correspondants locaux.

Pour plus d'informations, veuillez visiter www.e-cube.com



Paris (France) E -CUBE Strategy Consultants	Brussels (Belgium) E -CUBE Strategy Consultants	Lausanne (Switzerland) E-CUBE Strategy Consultants	Munchen (Germany) Bozem consulting associates munich
San Francisco (USA) Menlo Energy Economics	Tunis (Tunisia) International Energy Consulting	Chennai (India) E-CUBE Strategy Consultants	Hong Kong (China) E-CUBE Strategy Consultants
New York - Sao Paulo - Londres - Madrid - Copenhague - Milan - Stockholm - Tokyo			

La seconde vie des batteries de véhicules électriques

Résumé

Dès 2010 avec les 1^{ères} ventes de véhicules électriques « modernes » et le démarrage du marché de la mobilité électrique, les grands constructeurs automobiles impliqués ont cherché différents moyens de réduire le coût des véhicules pour diminuer l'écart de compétitivité avec les véhicules thermiques. La principale source de surcoût résidant dans la batterie, les solutions identifiées se sont rapidement tournées vers les potentielles utilisations de cette batterie au-delà du seul besoin de traction du véhicule.

Depuis 6 ans, deux sources de valeur sont étudiées. La 1^{ère} réside dans l'utilisation de la batterie, lors de sa 1^{ère} vie au sein du véhicule, pour répondre à des besoins de stockage ou de services aux réseaux électriques : c'est le V2H (« vehicle-to-home ») ou V2G (« vehicle-to-grid »). La 2^{nde} réside dans l'utilisation des batteries en seconde vie, c'est-à-dire la réutilisation des batteries pour des besoins de stockage, une fois leur utilisation au sein du véhicule rendue incompatible à cause des baisses de performances (capacités).

Si les différentes initiatives V2G/V2H, principalement menées par Nissan, ont permis de démontrer la faisabilité technique de ces solutions, elles montrent aussi que ce sujet reste encore largement expérimental et met en avant des surcoûts importants, de l'ordre de plusieurs milliers d'euros par véhicule. A l'exception de quelques zones de marché spécifiques, la valeur économique d'un tel système est donc aujourd'hui encore largement insuffisante pour rentabiliser cette solution. Par ailleurs, maximiser la valeur d'un tel système nécessite une disponibilité (connexion au point de charge/décharge) importante (voire quasi-permanente) du véhicule en particulier pour les applications réseaux (V2G). Cette situation, incompatible avec l'utilisation prioritaire pour les besoins de mobilité, implique donc un foisonnement nécessaire sur un grand nombre de véhicules, diminuant ainsi la valeur accessible par véhicule. Les technologies V2H/V2G ne devraient pas constituer un levier de

valeur et donc un marché significatif à moyen terme.

En revanche, la réutilisation des batteries en seconde vie pourrait bien tirer son épingle du jeu comme nouveau levier de valeur à moyen terme. On constate par ailleurs un (re)gain d'intérêt significatif des grands constructeurs automobiles sur le sujet. Au cours de ces derniers mois, la majorité d'entre eux (Nissan, Renault, BMW, Mitsubishi, PSA, Daimler, GMC, Toyota) ont mis en place des partenariats stratégiques ou des co-entreprises avec des acteurs tiers (Green Charge Networks, EDF/Forsee Power, Eaton, Viessmann, Connected Energy, Getec, Remondis, ABB) pour tenter de développer cette activité.

Le potentiel de stockage lié aux batteries de 2^{nde} vie est en effet significatif. En tenant compte des scénarios de développement du parc mondial VE/VHR, même si la moitié de la capacité disponible de batteries VE/VHR était réutilisée pour des besoins de stockage stationnaire à la fin de leur 1^{ère} vie, la capacité cumulée disponible à horizon 10 ans serait du même ordre de grandeur que la capacité totale de stockage électrique installée aujourd'hui dans le monde, soit environ 140 GW (principalement via du pompage hydraulique).

S'il existe encore une incertitude importante sur la rentabilité économique de la réutilisation des batteries de VE/VHR en seconde vie, les différentes études de recherche menées sur ce sujet montrent que, dans des conditions favorables, le reconditionnement pourrait être réalisé pour un coût complet bien inférieur à 100 \$/kWh, permettant d'envisager une compétitivité par rapport aux batteries neuves notamment, malgré le prix de rachat de la batterie en fin de 1^{ère} vie à intégrer dans l'analyse économique. Par ailleurs, compte tenu du bilan coût/revenu du recyclage d'une batterie Li-ion, le recyclage représente aujourd'hui encore un coût net pour l'entité qui en est responsable (le constructeur automobile aujourd'hui) et cette situation devrait perdurer à moyen terme, ne positionnant donc

pas le recyclage comme une alternative à l'utilisation en seconde vie des batteries.

Le développement de l'usage des batteries de véhicules VE/VHR en seconde vie pourrait en tout cas faire émerger de nouvelles activités pour une multitude d'acteurs avec des intérêts et des objectifs différents mais aussi un positionnement différent le long de la chaîne de valeur de la batterie : les fabricants de batteries (dépositaire du savoir-faire dans la fabrication/conception de batteries et apparaissant comme les mieux à même techniquement pour réaliser la phase de reconditionnement), les constructeurs automobiles (avec un intérêt direct à développer ce marché pour augmenter la valeur résiduelle de la batterie en 1^{ère} vie et donc diminuer la valeur initiale du véhicule ainsi que

pour limiter l'impact du développement des véhicules électriques sur les réseaux en offrant ainsi une solution de stockage aux opérateurs du réseau), mais aussi l'ensemble des acteurs pouvant avoir un intérêt à un accès à des capacités de stockage compétitives (les utilities / énergéticiens, les développeurs de projets ENR, les équipementiers fournisseurs de solutions de back-up et UPS ou les acteurs du BTP) ou encore les entreprises de la collecte (et du recyclage). Dans tous les cas, c'est avec des partenariats stratégiques à anticiper dès aujourd'hui (joint-venture pour la commercialisation d'offres de stockage, partenariats de R&D, développements conjoints de démonstrateurs ou projets pilotes) que se joue la structuration de la filière.

1. Le V2H/V2G, une contrainte forte sur l'utilisateur et des coûts encore trop importants pour constituer un vrai levier de valeur à moyen terme

Le V2H (vehicle-to-home) ou V2G (vehicle-to-grid) consiste à utiliser la capacité de stockage que constitue la batterie d'un véhicule électrique pour alimenter sa maison (V2H) ou directement le réseau électrique (V2G) après avoir stocké cette électricité dans la batterie du véhicule auparavant.

Plusieurs constructeurs automobiles, dont Nissan en premier lieu, tentent depuis quelques années de développer cette solution technique, le plus souvent en partenariat avec des utilities, et ont

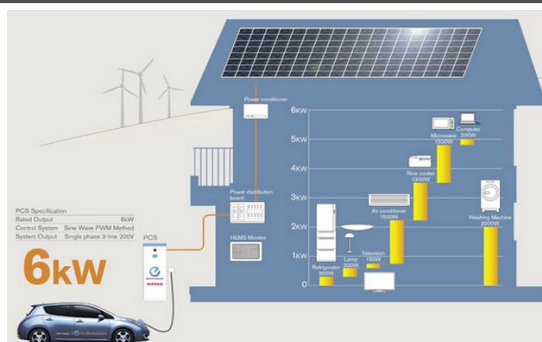
ainsi mis en place des projets pilotes/démonstrateurs V2H/V2G (cf. **illustration 2**).

Si ces différentes initiatives ont permis de démontrer la faisabilité technique des solutions V2H et V2G, seule la solution V2H « Leaf-to-home » développée par Nissan et Nichicon connaît un déploiement qui va réellement au-delà de l'expérimentation avec environ 3000 ventes¹⁾ du système « Leaf-to-home » (borne bidirectionnelle de 6 kW) comptabilisées en cumulé depuis le lancement de sa commercialisation en Juin 2012.

Illustration 1 : Système « Leaf-to-Home » développé par Nissan et Nichicon

CARACTÉRISTIQUES DU SYSTEME « LEAF-TO-HOME »

- Batterie de **24 kWh** (2 jours d'autonomie pour un foyer japonais moyen)
- Puissance fournie au foyer de **6 kW**
- Borne bidirectionnelle commercialisée par Nichicon: **~4000€ sans subvention** (~2000€ avec subvention)



En effet, la revue des initiatives V2H/V2G montre que ce sujet reste encore largement expérimental dans la majorité des géographies et met en avant des surcoûts importants, de l'ordre de plusieurs milliers d'euros par véhicule (**4.000 €** pour le prix hors subvention de la Station Power Control System commercialisée par Nichicon au Japon, base de la solution « Leaf-to-home » ; estimation à **10.000 €** du système V2G en développement par Endesa/Enel en partenariat avec Nissan, objectif à moyen terme : **5.000 €**).

A l'exception de quelques zones spécifiques (îles ou marchés avec fortes variations journalières des prix), la valeur économique d'un tel système

(principalement liée à la valeur d'optimisation de la consommation d'une maison, de la production ENR locale, ou encore des services de réserve et d'équilibrage apportés au réseau) est aujourd'hui encore largement insuffisante pour rentabiliser cette solution. L'analyse économique montre que la gestion de la décharge du véhicule (V2H/V2G) apporte peu de valeur supplémentaire par rapport à une simple gestion intelligente de la charge du véhicule.

1) Ventes cumulées à Mars 2015.

Illustration 2 : Projets pilotes et démonstrateurs V2H/V2G

Géographie / contexte	Initiative / projets	Type (coût ¹⁾)	Acteurs	Date et statut
 <i>Post-Fukushima, résilience du réseau insulaire aux catastrophes naturelles</i>	<i>Leaf-to-home</i> : solution de stockage d'énergie et de <i>backup</i> pour le domicile	V2H (~4 k€)	Nissan	Lancement en 2011 Commercialisation depuis 2012
 <i>Propre au réseau régional de PJM</i>	<i>Grid-on-wheels</i> : location de VE pour des flottes avec participation aux services d'équilibrage	V2G	~6 partenaires dont GRT et BMW	Lancement en 2008 Commercialisation depuis 2014
 <i>Propre au réseau régional de Californie</i>	Démonstrateur V2G sur ~42 véhicules de l'armée américaine financé par le Ministère de la Défense pour l'arbitrage temporel sur les marchés de l'électricité, l'équilibrage du réseau et le <i>backup</i>	V2G	~40 partenaires publics, industriels ou académiques dont Ford , Nissan et SCE (utility californienne)	Expérimentation lancée en 2014
 <i>Déploiement sur le marché espagnol à ce stade, spread plus marqué</i>	Annnonce quant à la commercialisation d'un système V2G pour le stockage	V2G (~5-10 k€) V2H (à terme)	Nissan , Endesa	Annnonce en mars 2015 Début de la production en juin 2015
 <i>Île de Bornholm avec une forte pénétration de l'éolien</i>	<i>Edison</i> : démonstration de la faisabilité du V2G pour la participation aux services systèmes	V2G	~7 partenaires dont un producteur éolien	Expérimentation de 2009 à 2013
 <i>Danemark avec une forte pénétration de l'éolien</i>	<i>Nikola</i> : expérimentation de la participation des VE aux services systèmes	V2G	NUVVE, Seas-nve, Eurisco, DTU (+ Nissan et Endesa à partir de 2015)	Expérimentation de 2013-2016
 <i>Allemagne avec un focus particulier sur la production ENR</i>	<i>INEES</i> : expérimentation de la participation des VE dans le stockage d'énergie (renouvelable notamment)	V2G	~5 acteurs dont RWE, Volkswagen et Lichtblick (fournisseur vert)	Expérimentation de mai 2013 à octobre 2015
 <i>Land de Bade-Wurtemberg</i>	<i>MeRegio</i> et <i>IZEUS (suite)</i> : expérimentation du V2G pour du stockage d'énergie	V2G	~10 partenaires dont RWE, Daimler , Opel et Bosch	Expérimentation de 2009 à 2011 puis de 2012 à 2014

1) Coût complet du système V2H/V2G lorsque communiqué

Source: E-CUBE Strategy Consultants

Par ailleurs, maximiser la valeur d'un tel système nécessite une disponibilité (connexion au point de charge/décharge) importante (voire quasi-permanente) du véhicule en particulier pour les applications réseaux (V2G). Cette situation, incompatible avec l'utilisation prioritaire pour les besoins de mobilité, implique donc un foisonnement nécessaire sur un grand nombre de véhicules, diminuant ainsi la valeur accessible par véhicule.

De manière générale, au-delà de l'argument économique, l'utilisation de la batterie du véhicule comme stockage pour des applications V2H/V2G contraint l'utilisateur du véhicule et ses besoins de mobilité. En effet, bien que la capacité des batteries soit déjà aujourd'hui souvent bien supérieure au besoin journalier moyen d'autonomie d'un véhicule, la décharge pour des besoins non liés à la mobilité ne permet pas de

garantir une autonomie maximale du véhicule à tout instant et est en tout cas perçue comme une contrainte et un « risque » supplémentaire pour l'utilisateur, en plus de l'autonomie déjà limitée du véhicule électrique par rapport à un véhicule thermique.

Si ce type de système pourrait tout de même engendrer une demande dans les années à venir pour des motivations de confort ou de sécurité mais sans rationnel économique (utilisation en « back-up » dans les zones avec une mauvaise qualité de réseau²⁾, utilisation comme source mobile d'électricité), l'ensemble des éléments cités précédemment tend à démontrer que les technologies V2H/V2G ne constitueront pas un levier de valeur et un marché significatif pour le VE à moyen terme.

2) C'est notamment un des arguments utilisés pour la vente du système Nichicon au Japon suite aux coupures fréquentes de réseau post Fukushima.

2. La réutilisation des batteries en seconde vie, un regain d'intérêt récent des constructeurs automobiles

Le 2nd levier de valeur étudié par les constructeurs automobiles autour de la batterie du véhicule réside dans l'utilisation des batteries en **seconde vie**, c'est-à-dire la réutilisation des batteries après reconditionnement pour des besoins de stockage, une fois son utilisation au sein du véhicule (1^{ère} vie) rendue incompatible à cause des baisses de performances. Si ce sujet est aussi étudié depuis plusieurs années notamment, encore une fois, par Nissan (leader des initiatives liées aux services de la batterie) via sa joint-venture «4R»³⁾ avec Sumitomo, on peut constater ces derniers mois un regain d'intérêt de la part des grands constructeurs automobiles comme le montre les initiatives évoquées ci-après et synthétisées dans le tableau n°3 :

- **Offre Nissan/Green Charge Networks aux USA** : l'initiative la plus avancée sur le sujet est la collaboration annoncée en Juin 2015 entre Nissan et Green Charge Networks aux USA. **Nissan** et **Green Charge Networks** (leader de la fourniture de systèmes de stockage d'énergie sur les segments B2B et B2G⁴⁾ aux USA) ont annoncé une collaboration pour développer une offre commerciale pour des batteries stationnaires issues de batteries Li-ion de seconde vie, à destination dans un 1^{er} temps du marché B2B américain. Après plus d'un an de travail, le premier système a été mis en place durant l'été 2015 sur un site américain de Nissan et les premiers systèmes devaient arriver sur le marché d'ici fin 2015. Le lancement de cette activité coïncide avec le retour des premières batteries usagées des Nissan Leaf proposées à la vente dès 2010 (bien que le constructeur affiche une durée technique de 1^{ère} vie d'une dizaine d'années, Nissan estime que toutes les batteries de véhicules n'attendront pas 10 ans avant d'être retournées au constructeur, soit parce que l'usage du véhicule est supérieur en termes de kilométrage à la moyenne estimée, soit parce que l'utilisateur ne souhaite pas attendre de voir une dégradation de sa batterie aussi importante qu'au bout de 10 ans d'utilisation). Aucun prix n'a été communiqué mais Green Charge Networks a annoncé avoir développé un logiciel ainsi qu'un système de gestion de batteries (Power Efficiency AgreementTM) permettant à ce nouveau système de stockage d'avoir un avantage économique sur

les unités traditionnelles.

- **Partenariat Nissan/Eaton** : hors des USA, **Nissan** a aussi annoncé en Novembre 2015 la mise en place d'un partenariat stratégique avec **Eaton** (équipementier spécialisé dans les systèmes électriques et hydrauliques qui possède une expertise sur la gestion, le contrôle et l'intégration des systèmes énergétiques) afin de réutiliser les batteries Li-ion usagées. La première phase de cette collaboration consistera à récupérer les batteries usagées issues des Nissan Leaf pour les associer à des panneaux solaires via une technologie d'alimentation électrique conçue par Eaton, aussi bien pour un usage professionnel que particulier.
- **Joint Venture BMW/Viessmann** : En tout début d'année 2016, le **Groupe BMW** a annoncé la création d'une joint-venture baptisée « Digital Energy Solution » en partenariat avec **Viessmann** (un des leaders européens de la fabrication et de la vente de système de chauffage). Un des objectifs principaux de cette JV sera de commercialiser, auprès de PME allemandes et autrichiennes (dans un 1^{er} temps) des systèmes de stockage d'énergie fondés sur la réutilisation de batteries usagées des véhicules BMW i3 et i8 associés à des batteries neuves. Le logiciel de management de l'énergie de ce système, le « Backbone Smart Energy », a été conçu et sera fourni par BMW lui-même. Pour BMW, la création de cette JV fait notamment suite à la collaboration lancée en Janvier 2015 avec **Bosch** et **Vattenfall** (The Second Life Batteries alliance) visant à réutiliser des batteries Li-ion usagées issues de véhicules électriques afin de créer un système de stockage stationnaire servant à l'équilibrage du réseau (réserve primaire), et qui a démarré par la construction d'un système pilote constitué de 100 packs de batteries de BMW ActiveE et i3 pour une capacité totale de 2MWh avec 2MW de puissance, aujourd'hui installé à Hambourg.
- **Partenariat Renault/Connected Energy** : plus récemment encore, début février 2016, Renault a annoncé la mise en place d'un

3) Reuse, Refabricate, Resell, Recycle

4) B2G : Business to Government ie. avec les administrations et les collectivités publiques.

partenariat avec **Connected Energy** (entreprise britannique développant des solutions de recharge de véhicules électriques) dont l'objectif est de commercialiser d'ici l'été 2016 au Royaume-Uni une solution de charge rapide couplée à un système de stockage (E-STOR) fondé sur des batteries Renault utilisées en seconde vie. L'intérêt du dispositif tel que présenté réside dans la capacité à utiliser la capacité de stockage et la puissance de la batterie pour permettre à la fois une recharge rapide mais aussi limiter les appels de puissance sur le réseau et réaliser une consommation intelligente de l'électricité (en heures creuses).

- **MOU entre PSA/Mitsubishi/EDF/Forsee Power** : Dans le même registre, en juin 2015, Mitsubishi et Peugeot Citroën Automobiles ont signé un accord de partenariat (MoU) avec EDF et Forsee Power (entreprise spécialisée dans l'ingénierie et l'intégration des systèmes de stockage mobiles ou stationnaires pour des industriels et détenue en partie par Electranova (fonds d'investissement avec participation d'EDF). L'objectif principal du partenariat est d'évaluer la faisabilité et la pertinence du développement de produits issus de batteries de seconde vie à des fins de stockage stationnaire pour du résidentiel ou pour des applications réseaux. Le périmètre est par ailleurs étendu aux problèmes de responsabilité des constructeurs quant au recyclage des batteries une fois celles-ci parvenues en fin de vie. Un démonstrateur devrait être établi dans le cadre de ce projet, chaque partie prenante ayant un rôle bien distinct.

- **Multiplis projets pilotes développés par les grands constructeurs (Daimler, GMC, Toyota)** :

General Motors a annoncé en juin 2015 l'équipement d'un de ses data centers, à Milford dans le Michigan, avec des batteries Li-ion usagées issues de 5 Chevrolet Volts pour stocker l'énergie renouvelable produite sur le site et assurer une alimentation de secours du site pendant 4 heures en cas de coupure électrique. Chevrolet (marque du Groupe GMC)

a également communiqué sur le souhait de renouveler un tel déploiement aux côtés de partenaires afin de rentabiliser ses batteries usagées dont la durée de vie restante est estimée à une dizaine d'années. Ces annonces s'inscrivent dans une logique déjà instaurée depuis 2011 : à cette époque déjà, General Motors s'intéressait à l'usage des batteries de secondes vies puisqu'il avait conclu un partenariat avec **ABB Group** (leader mondial dans les technologies d'énergie et d'automation) pour travailler sur la réutilisation des batteries usagées et qu'il a réalisé depuis plusieurs démonstrateurs pour montrer l'intérêt d'un tel usage.

Daimler a lui aussi communiqué sur un projet de stockage massif en Allemagne à base de batteries usagées en novembre 2015. Aux côtés de ses partenaires **GETEC Energie** (société de services énergétiques), **The Mobility House** (start-up allemande créée en 2009 qui œuvre pour l'insertion des batteries de véhicules électriques sur le réseau) et **Remondis** (leader dans le recyclage, les batteries électriques faisant partie de leur périmètre d'action) avec lesquels une joint venture a été créée, Daimler a construit un système de 13MWh à partir de 650 packs usagés afin de l'installer sur l'usine de recyclage de Lünen détenue par Remondis. Ce système, dont la durée de vie est estimée à 10 ans, devrait être opérationnel sur le marché de gros de l'électricité début 2016. Ce projet, porté sous le nom de « E-mobility thought to the end », a pour objectif de couvrir l'ensemble des maillons de la chaîne de valeur de la batterie (fabrication avec la filiale ACCUmotive de Daimler, 1^{ère} vie dans les véhicules électriques Smart et Mercedes-Benz, 2^{ème} vie dans ce système de stockage stationnaire massif, et enfin recyclage au sein de l'usine de Remondis). En juin 2015, Daimler avait déjà déployé sa première unité de stockage industriel (500kW, 3MWh) à base de batteries neuves (et pas de batteries de seconde vie) pour servir le marché des réserves primaires, au travers de sa filiale ACCUmotive aux côtés de GETEC Energie et de The Mobility House.

Illustration 3 : Tableau récapitulatif des projets développés par les constructeurs sur la 2nde vie des batteries

Constructeurs	Description du projet	Partenaires	Date de lancement	Géographie
	Développer une offre B2B à grande échelle de batteries stationnaires à base de batteries usagées	4R Energy Corporation, Green Charge Networks	Annoncé en juin 2015 1 ^{ère} installation durant l'été 2015	USA, international
	Partenariat stratégique pour le développement d'une offre de batteries stationnaires à base de batteries usagées pour les associer dans un premier temps à des panneaux solaires	Eaton	Annoncé en décembre 2015	International
	Partenariat pour le développement d'une offre commerciale sur le V2G et collaboration sur les possibilités de l'usage de batteries de 2 nd e vie	Endesa/Enel	Annoncé en mars 2015	Europe
 RENAULT	Partenariat pour le développement d'une offre commerciale de solution de charge rapide couplée à un système de stockage utilisant des batteries Renault en 2 nd e vie	Connected Energy	Annoncé en Février 2016 – 1 ^{ère} vente de solutions à l'été 2016	UK
	Joint-venture pour la commercialisation d'un système de stockage d'énergie à base de batteries usagées BM, ciblant dans un 1 ^{er} temps les PME allemandes et autrichiennes	Viessmann	Annoncé en janvier 2016	Allemagne / Autriche
	Partenariat avec construction d'un projet pilote de stockage massif de 2MWh (à partir de 100 packs usagés) raccordé au réseau en tant que réserve primaire (<i>The Second Life Batteries alliance</i>)	Bosch, Vattenfall	Annoncé en janvier 2015 Opérationnel d'ici fin 2015	Allemagne (Hambourg)
  	MoU (memorandum of understanding) signé pour mener des expérimentations conjointes sur la seconde vie des batteries et sur leur recyclage	EDF, Forsee Power	Signé en juin 2015	France, International
	Partenariat avec construction d'un projet pilote de stockage massif de 13MWh (à partir de 650 packs usagés) raccordé au réseau comme réserve primaire (<i>E-Mobility thought to the end</i>)	GETEC, The Mobility House, Remondis	Annoncé en novembre 2015 Opérationnel début 2016	Allemagne (Lünen)
 TOYOTA	Partenariat avec construction d'un démonstrateur de stockage massif de 85KWh à partir de 208 packs de batteries de véhicules hybrides usagées rattaché à une production solaire de 40kW	Indy Power Systems, Sharp USA SolarWorld, Patriot Solar, Yellowstone Park	Annoncé en juin 2014 Opérationnel en mai 2015	USA (Yellowstone)
	Projet pilote avec l'utilisation de 5 packs usagers de Chevrolet Volt pour stocker l'énergie renouvelable produite sur un site de data center de GM		Annoncé en juin 2015	USA (Milford)

3. Un potentiel de stockage significatif d'ici 10 à 15 ans

Si la mobilité électrique a encore un poids marginal au sein du secteur des transports⁵⁾, elle apparaît aujourd'hui et pour la 1^{ère} fois comme la filière mobilité durable au plus grand potentiel de développement au niveau mondial malgré la persistance d'incertitudes économiques et réglementaires. Cette dynamique de croissance est aujourd'hui permise par un cadre réglementaire et institutionnel très favorable dans la majorité des pays développés, et aussi par un investissement massif des grands constructeurs⁶⁾ qui sont désormais les principaux acteurs et

promoteurs du développement de la mobilité électrique. Ainsi, bien que le rythme de croissance du parc de VE/VHR dans la décennie à venir reste encore incertain, son développement à grand échelle ne fait plus aucun doute.

Les différents objectifs nationaux annoncés ou les scénarios de développement réalisés par les différentes parties prenantes (pouvoirs publics, énergéticiens, gestionnaires de réseau), bien que semblant parfois très (trop ?) ambitieux, laissent

5) Moins de 0,5% des ventes mondiales de véhicules en 2014.

6) Plusieurs dizaines de milliards d'euros investis dans la R&D et la production (batteries et chaînes de fabrication).

néanmoins présager le développement d'un parc significatif de VE/VHR à moyen terme. En effet, pour ne citer que quelques exemples :

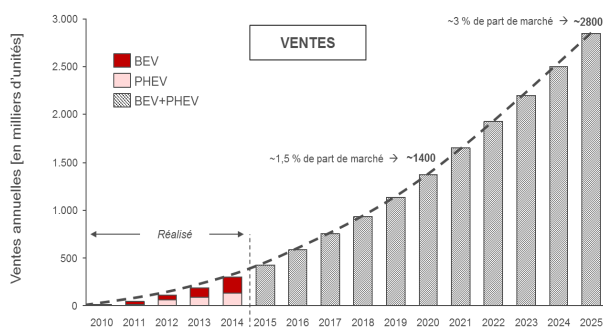
- Le gouvernement chinois vise un parc de 5 millions de VE/VHR à horizon 2020⁷⁾.
- Aux USA, le gouverneur de Californie a annoncé vouloir atteindre 1,5 millions de VE/VHR à horizon 2025 sur son territoire.
- Le plan de développement national de l'électromobilité en Allemagne, supporté par le gouvernement, fixe comme objectif un parc de 1 million de VE/VHR à horizon 2020⁸⁾.

- En Grande-Bretagne, National Grid estime, dans son exercice de scénarisation énergétique, entre 0,8 à 4,5 millions le nombre de VE/VHR en circulation d'ici 2030.

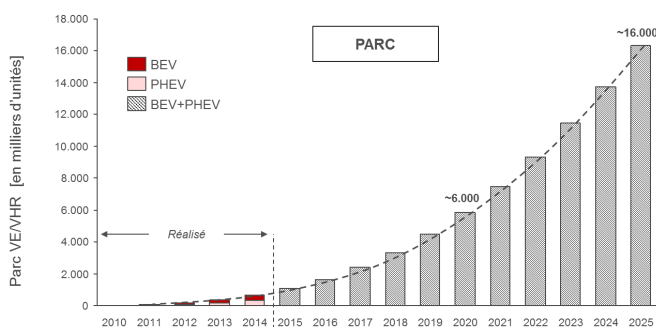
En utilisant une approche plus conservatrice, avec une hypothèse moins en rupture mais fondée sur une croissance progressive et continue des parts de marché par rapport à la tendance actuelle, le parc VE/VHR pourrait représenter ~16 millions de véhicules d'ici 10 ans (cf. **illustration 4**). C'est ce scénario que nous retenons par la suite pour estimer le potentiel de stockage en seconde vie.

Illustration 4 : Hypothèses de croissance du flux neuf et du parc de VE/VHR dans le monde

HYPOTHESE DE CROISSANCE DES VENTES ANNUELLES DE VE/VHR DANS LE MONDE [EN MILLIERS D'UNITES]



HYPOTHESE DE CROISSANCE DU PARC DE VE/VHR DANS LE MONDE [EN MILLIERS D'UNITES]



Source: Global EV Outlook 2015 OECD/IEA, E-CUBE Strategy Consultants

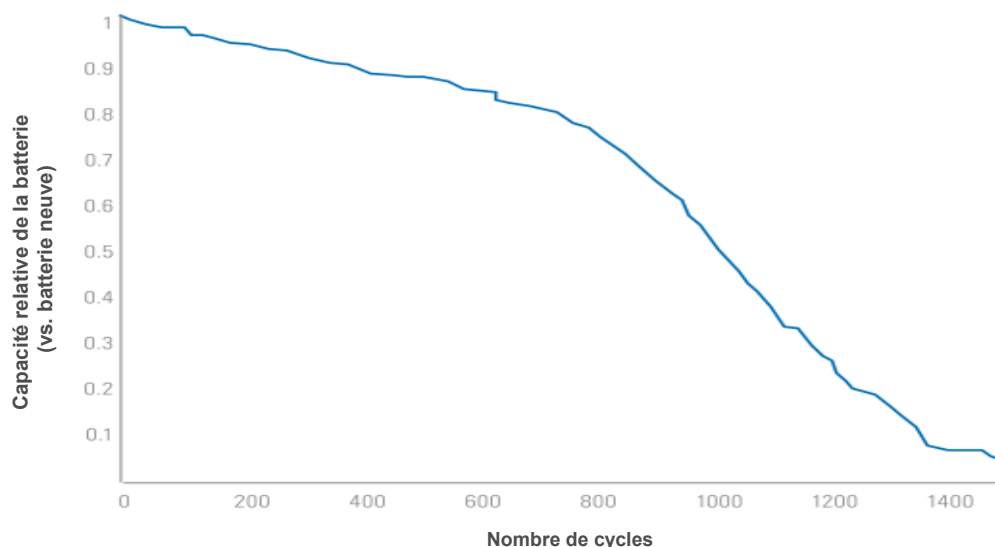
Evaluer le potentiel de stockage que représente l'utilisation des batteries de VE/VHR en seconde vie nécessite l'analyse de plusieurs paramètres dont 2 sont majeurs : la durée moyenne de la 1^{ère} vie (ie utilisation au sein du véhicule) et le niveau de dégradation des performances de la batterie en fin de 1^{ère} vie (indiquant son SOH : state of health).

La majorité des études techniques réalisées par les constructeurs automobiles et les laboratoires de recherche sur le sujet de la seconde vie des batteries donne une durée de 1^{ère} vie estimée entre 7/8 et 15 ans (cf. références [1] à [4]). Evidemment, la durée de 1^{ère} vie réelle d'une batterie n'est pas seulement liée à l'« âge » (au

sens temporel du terme) de la batterie mais aussi à son utilisation lors de sa première vie (nombre de cyclages complets, profondeur des cycles, conditions d'utilisation, T° notamment, ...). Le niveau de dégradation des performances d'une batterie en fin de 1^{ère} vie (capacité énergétique, puissance) est lui le plus souvent estimé entre 20% et 30%, les performances étant donc égales à 70% à 80% des performances d'une même batterie neuve. (cf. références [1] à [5]). Le graphique ci-après (**illustration 5**) issu de recherches en laboratoire réalisées par la société TUV SUD représente une estimation de la capacité d'une batterie en fonction du nombre de cycles déjà effectués.

7) Le gouvernement chinois, qui souhaitait supprimer les subventions au véhicule électrique fin 2015 a d'ailleurs annoncé récemment (Janvier 2016) le maintien des aides à la filière jusque fin 2020, avec une décroissance progressive d'ici là.
8) Pour parvenir à cette ambition, le ministre des finances allemand a récemment (Janvier 2016) annoncé que le gouvernement envisageait le déblocage d'une somme de 2 milliards d'euros de subventions aux véhicules électriques d'ici à 2020.

ESTIMATION DE L'IMPACT DU NOMBRE DE CYCLES SUR LA CAPACITE RELATIVE D'UNE BATTERIE



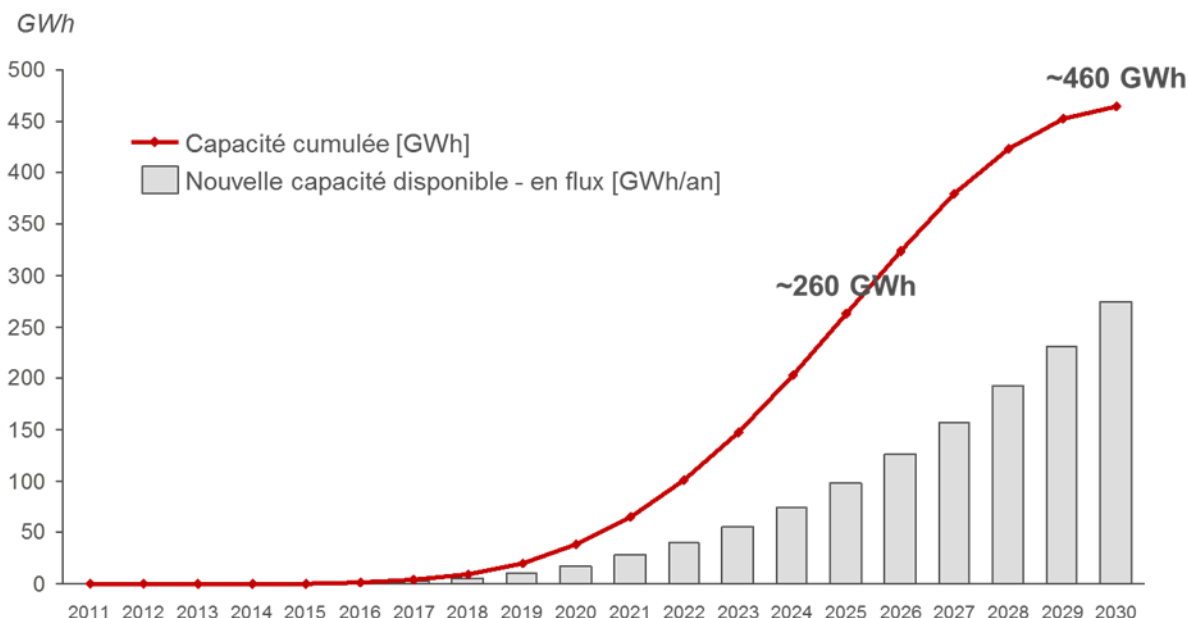
Source: TUV SUD

Sur la base de ces hypothèses (10 ans de durée de 1^{ère} vie et 75% de capacité restante) et en supposant une capacité initiale moyenne de 24 kWh⁹⁾ et une durée de 2^{nde} vie moyenne de 5 ans, la capacité potentielle de stockage représentée par la réutilisation des batteries en

seconde vie peut être estimée à **~260 GWh en cumulé d'ici 2025 et 460 GWh d'ici 2030**, correspondant à une puissance de stockage (GW) du même ordre de grandeur (illustration 6).

Illustration 6 : Estimation du stockage disponible avec la 2^{nde} vie des batteries

ESTIMATION DE LA CAPACITE DE STOCKAGE DISPONIBLE LIEE A LA 2^{NDE} VIE DES BATTERIES VE [GWh]



Source: Analyses E-CUBE Strategy Consultants

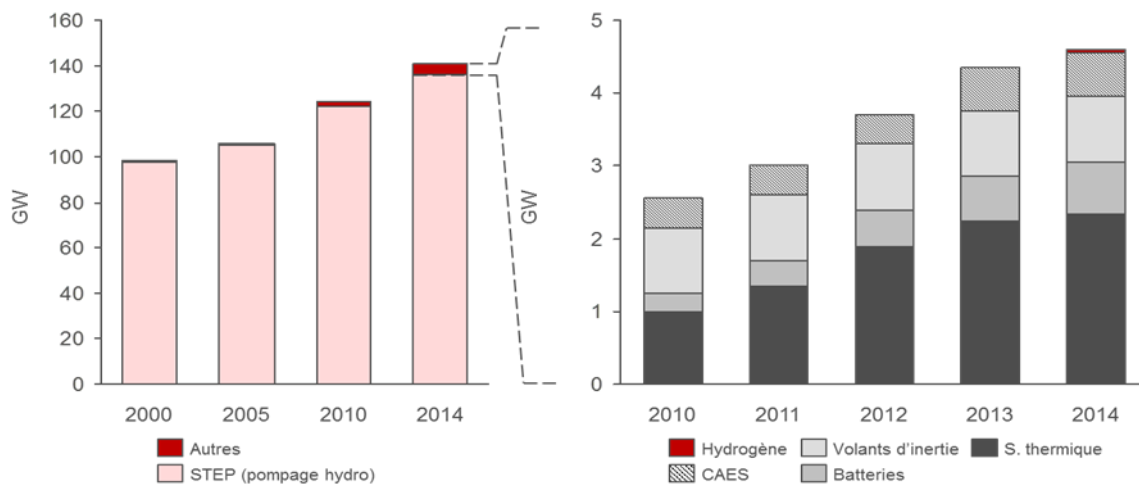
- 9) C'est l'ordre de grandeur de la capacité moyenne des batteries de VE/VHR vendues actuellement : la majorité des VE ont une batterie de capacité ~20 à 25 kWh (ex : Renault Zoe 24 kWh), les VHR ont le plus souvent des capacités plus faibles (ex : Mitsubishi Outlander à 12kWh, Chevrolet Volt et Opel Ampera à 16 kWh) mais certains VE ont des capacités plus élevées (85 kWh pour la Tesla model S). A l'avenir, deux facteurs pourraient avoir un impact opposé : l'augmentation de la capacité des batteries des VE vs. l'augmentation de la proportion d'hybrides rechargeables (vs. tout électrique).

A titre de comparaison, la puissance totale de stockage électrique installée dans le monde était estimée fin 2014 à environ 140 GW, composée à ~96% (~135 GW) de STEP (Stations de Transfert d'Énergie par Pompage) et seulement ~4% (~5 GW) d'autres technologies (stockage thermique, batteries grande puissance, volants d'inertie, CAES (air comprimé), hydrogène) (cf. **illustration 7**). Ainsi, même si seule la moitié

de la capacité disponible de batteries VE/VHR était utilisée pour des besoins de stockage stationnaire à la fin de leur 1^{ère} vie, la capacité cumulée disponible à horizon 10 ans serait du même ordre de grandeur que la capacité totale de stockage électrique installée aujourd'hui dans le monde (principalement via du pompage hydraulique).

Illustration 7 : Capacités de stockage installées dans le monde

EVOLUTION DE LA CAPACITE DE STOCKAGE ELECTRIQUE INSTALLEE DANS LE MONDE [GW]



Source: IEA

4. Des incertitudes sur la rentabilité économique de la seconde vie mais des premiers signaux favorables

Si le potentiel de stockage est significatif (cf. section 3), la réutilisation des batteries de VE/VHR en seconde vie pour des applications de stockage stationnaire ne se développera à grande échelle que si cette activité trouve un marché et une rentabilité économique pour l'ensemble des acteurs de la chaîne de valeur. Les questions clés à analyser sont donc les suivantes :

- La réutilisation des batteries en seconde vie sera-t-elle compétitive par rapport à des batteries neuves, compte tenu des perspectives de réduction des coûts importantes des stockages électrochimiques ? S'avèrera-t-elle par ailleurs être une meilleure alternative au recyclage pour les constructeurs automobiles ?
- Si oui, le coût de revient des batteries réaffectées permettra-t-il d'ouvrir au stockage

d'énergie de nouveaux marchés encore non ou difficilement rentables aujourd'hui ?

- Les batteries seront-elles principalement utilisées pour du stockage diffus ou du stockage de masse ?

Ces dernières années, le coût de production des packs batteries a diminué avec une vitesse inattendue. Alors que le prix de vente des packs batteries avoisinait les 1000 \$/kWh au début de la décennie, TESLA commercialise déjà aujourd'hui des batteries Li-ion entre ~400 et 500 \$/kWh¹⁰⁾ pour le modèle « Powerwall » destiné au marché résidentiel, et ~250 \$/kWh¹¹⁾ pour le modèle « Powerpack », de plus grande puissance, destiné aux marchés industriels et tertiaires. Avec le démarrage de la production de masse dans sa nouvelle usine Gigafactory¹²⁾ d'ici 2018, Tesla vise une diminution du coût de production de ses batteries d'au moins 30%.

10) 520\$/kWh pour le modèle Powerwall 7 kWh-5000 cycles et 425 \$/kWh pour le modèle 10 kWh-50 cycles/an (utilisé pour du back-up), hors coût d'installation et prix de l'onduleur.

11) Hors coût d'installation et prix de l'onduleur.

12) Construite conjointement avec Panasonic.

La compétitivité d'une batterie de 2nde vie par rapport à une batterie neuve va donc dépendre de la compétitivité du coût complet de réaffectation des batteries en fin de 1^{ère} vie. Au-delà des coûts de « manutention » de la batterie, d'autres éléments importants doivent être pris en compte et notamment :

- les **coûts de transport** (récupération des batteries et transport au centre de reconditionnement) pouvant être significatifs¹³⁾ et qui vont notamment dépendre fortement du périmètre géographique du reconditionnement (organisation de la filière à une échelle nationale, régionale ou locale),
- les **coûts de développement (R&D)** d'un système de BoS¹⁴⁾ et d'une configuration adaptée aux batteries réutilisées,
- les **coûts d'intégration des nouveaux éléments d'électronique** du nouveau système de stockage,
- le **flux de batteries traité par l'usine** (capacité), avec des effets d'échelle sur l'investissement, plaidant, à l'inverse des coûts de transport, pour une approche minimisant les lieux de reconditionnement,
- le **taux de défaut** des cellules.

Les différentes études de recherche menées sur ce sujet estiment aujourd'hui les coûts complets de reconditionnement (hors prix de rachat de la batterie en fin de 1^{ère} vie) entre ~25 et ~200 \$/kWh, selon les cas de figure et les hypothèses prises sur les paramètres listés précédemment (cf. références [1] à [4]). Cet écart entre les différentes estimations est important et démontre l'incertitude qu'il existe encore sur cette future activité. Néanmoins, dans des conditions favorables, les analyses menées montrent que le reconditionnement pourrait être réalisé pour un coût complet bien inférieur à 100 \$/kWh, permettant d'envisager une compétitivité par rapport aux batteries neuves, malgré le prix de rachat de la batterie en fin de 1^{ère} vie à intégrer dans l'analyse économique. C'est en tout cas cet

ordre de grandeur de prix de revient d'un pack batteries de seconde vie qui est annoncé par des acteurs comme Freewire, qui conçoit aujourd'hui des stations/bornes de recharge mobiles¹⁵⁾.

Par ailleurs, compte tenu du bilan coût/revenu du recyclage d'une batterie Li-ion, le recyclage représente aujourd'hui un coût net pour l'entité qui en est responsable (aujourd'hui le constructeur automobile) et cette situation (qui dépend notamment de la valeur des matériaux récupérables lithium, cobalt, nickel, manganèse, ...) devrait perdurer à moyen terme. Ainsi, le recyclage ne devrait pas constituer une alternative à l'utilisation en seconde vie des batteries si celui-ci permet de dégager une valeur pour le constructeur, même moindre.

Quelle utilisation pourrait alors être faite des batteries de seconde vie ? En effet, de nombreuses applications, parfois cumulables, peuvent constituer des leviers de valeurs pour les capacités de stockage de manière générale : arbitrage temporel/optimisation du profil de consommation, stockage d'ENR, gestion des pointes de demande, utilisation pour garantir la continuité d'alimentation (UPS/back up), services systèmes (équilibre court-terme du réseau) ou encore report d'investissements dans des infrastructures de distribution. Certaines de ces applications peuvent s'envisager à une maille diffuse (petites capacités réparties à la maille d'une maison ou d'un bâtiment) comme à une maille « centralisée » (stockage de plus grande puissance pour des services réseau par exemple). Compte tenu de la capacité actuelle des batteries de VE (>20 kWh) aujourd'hui déjà supérieure à la consommation journalière moyenne d'une maison, la réutilisation de ces batteries pour des usages résidentiels paraît en tout cas difficile notamment face à la compétition de batteries neuves mieux adaptées à ce marché car plus « petites » (ex : « Powerwall » Tesla à 7 kWh), malgré un avantage économique probable au kWh.

5. Un positionnement stratégique des différentes parties prenantes à anticiper dès aujourd'hui

Le développement de l'usage des batteries de véhicules VE/VHR en seconde vie pourrait faire émerger de nouvelles activités pour une multitude d'acteurs avec des intérêts et des

objectifs différents mais aussi un positionnement différent le long de la chaîne de valeur de la batterie :

13) Du fait du caractère dangereux des batteries Li-ion, les normes à respecter en termes de transport sont contraignantes, entraînant des frais de transport élevés.

14) BoS = « Balance of System »

15) Cf. interview d'Arcady Sosinov (CEO de Freewire) en avril 2015 par Greentech Media.

- **Les fabricants de batteries / les constructeurs automobiles** (parfois similaires) : en tant que dépositaires du savoir-faire dans la fabrication/conception de batteries, ces acteurs apparaissent les mieux à même de réaliser la phase de reconditionnement, qui nécessite une ingénierie spécialisée et une maîtrise des composants et de la conception même des batteries de 1^{ère} vie. Par ailleurs, au-delà de la diminution des déchets (et des coûts liés (recyclage/stockage)) permise par l'usage en seconde vie, les constructeurs auraient un intérêt direct à développer ce marché pour augmenter la valeur résiduelle de la batterie en 1^{ère} vie et donc diminuer la valeur initiale du véhicule. Néanmoins, à l'image de Forsee Power, certaines entreprises spécialisées dans l'ingénierie et la conception de packs batteries, pourraient tirer leur épingle du jeu.

- **L'ensemble des acteurs pouvant avoir un intérêt à un accès à des capacités de stockage compétitives, comme :**

- **Les utilities / énergéticiens** : ces acteurs auraient un intérêt direct au développement de capacités de stockage compétitives ouvrant la porte à de nouveaux marchés et permettant un développement du stockage à plus grande échelle. L'intégration des utilities plus en amont sur la chaîne de valeur batterie (dès le financement de la batterie en 1^{ère} vie ?) ou a minima la mise en place de partenariats stratégiques avec les constructeurs automobiles sera primordiale pour prendre des positions fortes sur ce futur marché et éviter l'intermédiation par des acteurs de petites tailles plus

spécialisés, comme Green Charge Networks.

- **les développeurs de projets ENR** qui pourraient bénéficier de capacités de stockage compétitives à coupler à leurs parcs de production et ainsi renforcer leur positionnement vis-à-vis de concurrents sur la problématique de l'intégration des ENR intermittentes au réseau
- **les équipementiers, fournisseurs de solutions de back-up et UPS** (Uninterruptible Power Supply) dont l'offre est encore aujourd'hui principalement constituée de groupes diesel polluants.
- **les acteurs du BTP** qui vont être amenés à intégrer des solutions de production locales pour respecter les futures normes et réglementations (BEPOS– bâtiment à énergie positive)

- **Les entreprises de la collecte (et du recyclage)** : pour qui la chaîne de valeur du reconditionnement des batteries pourrait aussi représenter un nouveau marché à valeur dans les années à venir.

Dans tous les cas, compte tenu du nombre restreint de « metteurs sur le marché » représentés par les grands constructeurs automobiles et les nombreux partenariats déjà engagés, c'est avec des partenariats stratégiques à anticiper dès aujourd'hui (joint-venture pour la commercialisation d'offres de stockage, partenariats de R&D, développements conjoints de démonstrateurs ou projets pilotes) que se joue la structuration de la filière.

Références

- [1] **NREL**, Février 2015, "Identifying and Overcoming Critical Barriers to Widespread Second Use of PEV Batteries", J. Neubauer, K. Smith, E. Wood, and A. Pesaran
- [2] **ORNL**, Juin 2011, "Economic Analysis of Deploying Used Batteries in Power Systems", Chaitanya K. Narula, Rocio Martinez, Omer Onar, Michael R. Starke, George Andrews
- [3] **MNTRC**, 2014, "Remanufacturing, Repurposing, and Recycling of Post-Vehicle-Application Lithium-Ion Batteries", Charles R. Standridge, Ph.D. and Lindsay Corneal, Ph.D.
- [4] **SAE International, NREL, UC Berkeley, CCSE**, Janvier 2012, "A Techno-Economic Analysis of PEV Battery Second Use : Repurposed-Battery Selling Price and Commercial and Industrial End-User Value", Brett Williams, Jeremy S. Neubauer, Ahmad Pesaran, Mike Ferry, Jim Eyer
- [5] **TUV SUD**, 2014, "A "second life" for lithium-ion battery modules", Johannes Brey, Tobias Mayer
- [6] **UCLA School of Law's Emmett Institute on Climate Change and the Environment and UC Berkeley School of Law's Center for Law, Energy & the Environment**, Septembre 2014, "Reuse and Repower – How to save money and clean the grid with second-life electric vehicle batteries", Ethan N. Elkind, Sean Hecht and Cara Horowitz

A propos des auteurs

Mathilde Bibal (Consultante) et **Alexandre Hoffer** (Senior consultant) sous la supervision d'**Alexandre Bouchet** (cofondateur et directeur associé) au sein du bureau parisien d'E-CUBE Strategy Consultants.

Pour plus d'information sur cette étude, vous pouvez le contacter par e-mail à alexandre.hoffer@e-cube.com



www.e-cube.com

© Copyright 2016 E-CUBE Strategy Consultants

Toute reproduction, sans l'autorisation de l'auteur, est interdite