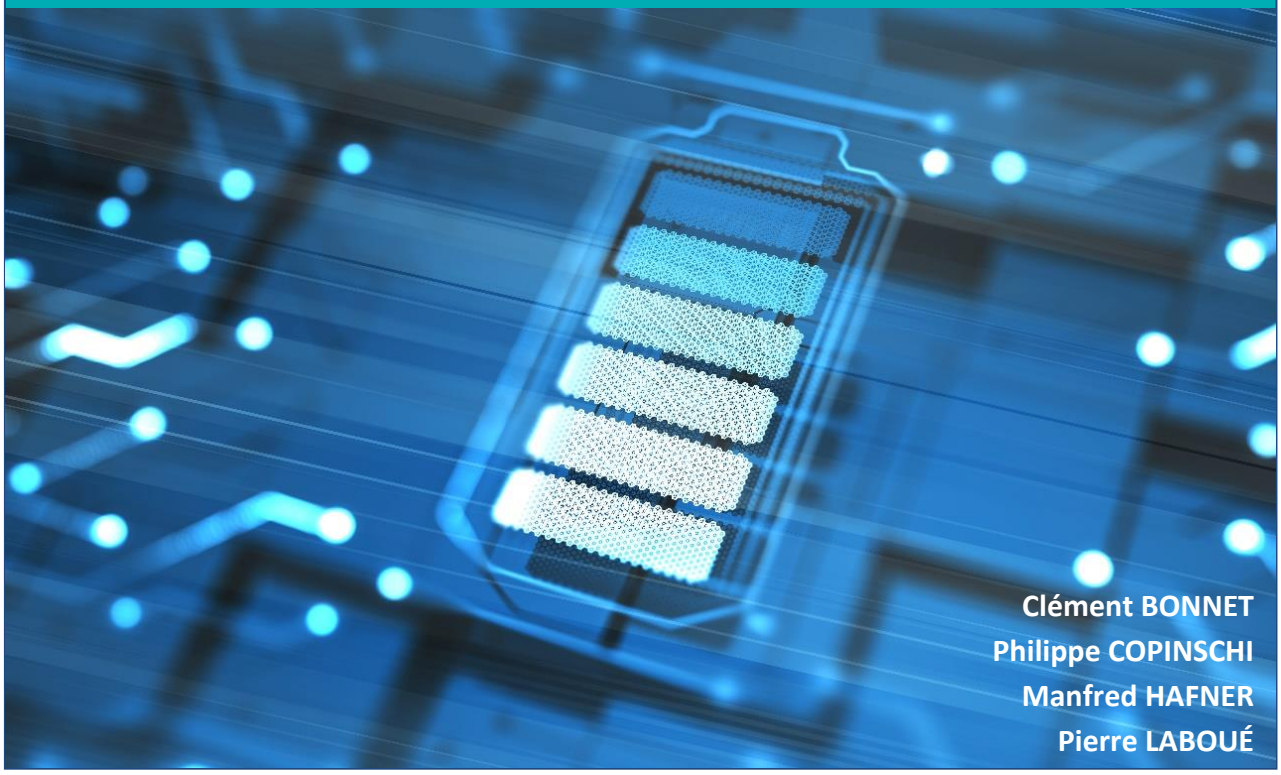
Observatoire
de la sécurité des flux
et des matières énergétiques

RAPPORT #6 – Décembre 2020

L'ALLIANCE EUROPÉENNE DES BATTERIES : ENJEUX ET PERSPECTIVES EUROPÉENNES



Clément BONNET
Philippe COPINSCHI
Manfred HAFNER
Pierre LABOUÉ

AVEC LE SOUTIEN DE

À PROPOS DE L'OBSERVATOIRE 5

À PROPOS DES AUTEURS DU RAPPORT 6

REMERCIEMENTS 7

ÉTAT DES LIEUX ET PERSPECTIVES DU MARCHÉ MONDIAL DES BATTERIES 8

À RETENIR 8

LES ENJEUX STRATÉGIQUES DU MARCHÉ DES BATTERIES 9

MISE AU POINT : LE STOCKAGE STATIONNAIRE ET LE STOCKAGE EMBARQUÉ 9

L'ESSOR DE L'ÉLECTROMOBILITÉ, VÉRITABLE MOTEUR DU MARCHÉ 10

Le boom des voitures électriques, un changement de paradigme industriel 10

Contribution plus modeste des autres modes de transport 11

Une croissance portée par les politiques publiques 13

La demande en véhicules électriques à l'horizon 2030 16

LE STOCKAGE STATIONNAIRE, UN MARCHÉ ENCORE ÉMERGENT 18

Un développement soutenu par les solutions des batteries 18

Des besoins tirés par l'intégration des EnR et le remplacement des centrales de pointe 19

Les exemples de projets déployés ou en cours de déploiement 20

PERSPECTIVES DU MARCHÉ MONDIAL DES BATTERIES À L'HORIZON 2030 21

Une demande en plein essor tirée par l'électromobilité 21

Une demande mondiale largement concentrée en Chine 22

LES ENJEUX DE LA TECHNOLOGIE DES BATTERIES 23

MISE AU POINT : COMPRENDRE LA TECHNOLOGIE DES BATTERIES 23

Les 3 principales familles technologiques de batteries : plomb, nickel et lithium 23

Les 3 blocs de base d'une batterie : le pack, le module et la cellule 24

Le principe de fonctionnement général d'une batterie : anode, cathode et électrolyte 25

Une sélection de 8 grands critères de performance d'une batterie 26

LES TECHNOLOGIES LITHIUM-ION EN COMPÉTITION 27

Lithium-ion : la famille de technologies dominante du 21e siècle ? 27

Succès de la technologie NMC, tirée par le secteur automobile 28

Large adoption de la technologie LFP pour les transports publics en Chine 29

La technologie NCA, une solution de niche portée par des constructeurs comme Tesla 29

FOCUS : LES PISTES DE RECHERCHE POUR LA BATTERIE DU FUTUR 30

Les axes de développement stratégiques de l'industrie des batteries 30
Les futures générations de batteries identifiées par la Commission européenne 31
Les dépôts de brevets, un indicateur avancé des technologies en compétition 32
Des technologies de rupture en développement 34

UNE FILIÈRE INDUSTRIELLE DOMINÉE PAR LES ACTEURS ASIATIQUES 36
MISE AU POINT : COMPRENDRE LA FILIÈRE DES BATTERIES 36
La filière en 6 étapes 36
Les batteries, au cœur de la géopolitique des minerais 37
La réutilisation et le recyclage : une étape stratégique de la chaîne de valeur 39
L'ASIE, PILIER DE L'INDUSTRIE MONDIALE DES BATTERIES 41
Des politiques publiques ambitieuses et de long-terme 41
R&D : le Japon et la Corée du Sud à la pointe de l'innovation 44
Matières premières et transformées : la Chine en position de force 45
Composants, cellules & batteries : la Chine, déjà l'usine du monde 47
FOCUS : LES PROJETS DE DÉVELOPPEMENT DE 5 *LEADERS* MONDIAUX 48
CATL 48
BYD 49
LG Chem 50
Panasonic 51
Un leader non-asiatique : Tesla 52
CARTE : LA PRODUCTION DE MINERAIS STRATÉGIQUES POUR LA FABRICATION DE BATTERIES 54
CARTE : NATIONALITÉ DES PRINCIPALES COMPAGNIES MINIÈRES ACTIVES DANS LES PAYS PRODUCTEURS DE MINERAIS POUR LES BATTERIES 55
CARTE : USINES DE PRODUCTION DE BATTERIES DANS LE MONDE 56

L'ALLIANCE EUROPÉENNE DES BATTERIES 57

À RETENIR 57

LE CADRE INSTITUTIONNEL DE L'ALLIANCE 58
MISE AU POINT : LES RAISONS D'ÊTRE DE LA MOBILISATION DE L'UE 58
Des évolutions structurelles des secteurs de l'énergie et du transport en Europe 58
La prise de conscience d'une dépendance stratégique 59
L'ALLIANCE EUROPÉENNE DES BATTERIES (AEB) 61
La genèse de l'AEB 61
Les ambitions de l'AEB 62

Les spécificités de l'approche européenne 63
Un premier bilan réussi 64
LES INSTRUMENTS À DISPOSITION 65
Le rôle central de la Banque européenne d'investissement (BEI) 65
Le soutien du budget européen aux activités de R&D 66
Les Projets importants d'intérêt européen commun (PIIEC) 67
FOCUS : LES DÉFIS DE L'AEB À COURT ET MOYEN TERME 69
Assurer la pérennité de la demande 69
L'enjeu central du recyclage 70
Développer les compétences et le savoir-faire 71
Affermir la souveraineté minière de l'Europe 72
La nécessité d'une nouvelle directive Batterie ambitieuse 73

LES MÉGA-USINES EN COMPÉTITION POUR CONQUÉRIR L'EUROPE 74
VUE D'ENSEMBLE DES PRINCIPALES MÉGA-USINES EN PROJET EN EUROPE 74
AUTOMOTIVE CELLS COMPANY (ACC), LE PORTE-ÉTENDARD DU PIIEC 77
Une coentreprise entre PSA et Total 77
D'importants efforts de R&D en faveur de nouvelles batteries 77
Un vaste plan d'investissement industriel étalé jusqu'à 2030 78
NORTHVOLT, L'AMBITION D'UN TESLA EUROPÉEN 79
Une jeune-pousse suédoise 79
Des investissements massifs 79
Un pilote industriel et deux projets d'usine de recyclage des batteries 80
FOCUS : LA RATIONALITÉ DES INVESTISSEMENTS ÉTRANGERS DANS DES MÉGA-USINES DE L'UE 82
L'effet taille de marché comme force d'attraction 82
Réduire les coûts de transport et accéder à une énergie décarbonée 82
Disposer des compétences technologiques européennes 83
Profiter d'un cadre réglementaire stable et prévisible 83

LES STRATÉGIES INDUSTRIELLES DES ACTEURS DU PIIEC 84
MISE AU POINT : LES ACTEURS INDUSTRIELS EUROPÉENS POSITIONNÉS SUR LE PIIEC 84
VUE D'ENSEMBLE DES PROJETS DE 10 ACTEURS EUROPÉENS ÉLIGIBLES AU PIIEC 86
Automotive Cells Company (ACC) 86
BASF 87
BMW 88

FAAM 89
Fortum 90
Keliber Oy 91
SEEL 91
Terrafame 92
Umicore 92
VARTA 93
FOCUS : LES PARTENARIATS INTERNATIONAUX D'ACTEURS EUROPÉENS DES BATTERIES 94

LES SOURCES 96

LES INSTITUTIONS PUBLIQUES 96

LES SOURCES D'INFORMATION PRIVÉES 98

BIBLIOGRAPHIE 100

À PROPOS DE L'OBSERVATOIRE

Observatoire
de la sécurité des flux
et des matières énergétiques

L'**Observatoire de la sécurité des flux et des matières énergétiques** (OSFME) est coordonné par l'Institut de relations internationales et stratégiques (**IRIS**), en consortium avec **Enerdata** et **Cassini**, dans le cadre d'un contrat avec la Direction générale des relations internationales et de la stratégie (**DGRIS**) du ministère des Armées.

Au travers de rapports d'études trimestriels, de séminaires et de travaux cartographiques, l'objectif principal de cet observatoire consiste à analyser les stratégies énergétiques de trois acteurs déterminants : la **Chine**, les **États-Unis** et la **Russie**.

Plusieurs autres rapports de l'Observatoire de la sécurité des flux et des matières énergétiques (OSFME) sont déjà accessibles en ligne sur :
https://www.iris-france.org/observatoires/observatoire-securite-flux-energie/

- Rapport #1 - **La Belt and Road Initiative et la stratégie de sécurisation des approvisionnements énergétiques chinois en Afrique**
- Rapport #2 - **Les investissements chinois, russes et américains dans le secteur énergétique européen**
- Rapport #3 - **Les nouvelles configurations des marchés du GNL et leurs implications géopolitiques**
- Rapport #4 - **La compétition internationale pour les technologies bas carbone : vers une nouvelle géopolitique de l'énergie ?**
- Rapport #5 - **Les stratégies nucléaires civiles de la Chine, des États-Unis et de la Russie**

Clément Bonnet

Clément Bonnet est maître de conférences en économie à l'Université de Montpellier au sein du laboratoire ART-Dev. Il est également chercheur associé au laboratoire EconomiX de l'Université Paris Nanterre ainsi qu'à la Chaire Économie du Climat. Dans le cadre de son doctorat soutenu en 2016, il a mené des recherches sur la place de la technologie dans les politiques de transition énergétique. Ses travaux de post-doctorat à l'IFPEN l'ont conduit à travailler sur la nouvelle géographie de la propriété intellectuelle des technologies bas-carbone.

Philippe Copinschi

Philippe Copinschi est un expert des questions énergétiques internationales et africaines, sur lesquelles il travaille depuis 20 ans. Il a notamment été consulté par plusieurs organisations internationales, dont l'Agence Internationale de l'Energie (AIE), et des think tanks réputés dont Chatham House (Londres), le CERI (Paris), le Policy Center for the New South (ex-OPC Policy Center, Rabat). Il dispense plusieurs cours sur la géopolitique de l'énergie et sur l'Afrique à la Paris School of International Affairs (PSIA) et à l'École des Affaires publiques de Sciences Po Paris, ainsi que sur le campus de Sciences Po Reims.

Manfred Hafner

Manfred Hafner est professeur d'études internationales sur l'énergie à la Johns Hopkins University School of Advanced International Studies (SAIS-Europe) et à l'École des affaires internationales de Sciences Po Paris (PSIA). Il est aussi coordinateur scientifique du programme de recherche "Future Energy" de la Fondazione Eni Enrico Mattei (FEEM). Au cours de ses 35 années de carrière, Manfred Hafner a conseillé un très grand nombre de gouvernements, d'organisations internationales et d'acteurs industriels sur les questions énergétiques.

Pierre Laboué

Pierre Laboué est chercheur à l'IRIS au sein du programme « Climat, énergie et sécurité ». Spécialisé sur les questions énergétiques, en particulier l'industrie pétro-gazière, il pilote l'Observatoire de la sécurité des flux et des matières énergétiques pour le compte de la DGRIS du ministère des Armées. Il enseigne à l'IRIS Sup et gère la formation Enjeux géostratégiques de l'énergie. Avant de rejoindre l'IRIS, Pierre Laboué a travaillé à The Oil & Gas Year, Xerfi et à l'ambassade de France en Ouzbékistan comme attaché économique.

REMERCIEMENTS

L'Observatoire de la sécurité des flux et des matières énergétiques (OSFME) tient à remercier les personnes suivantes pour leur éclairage et leur expertise sur la technologie des batteries :

- **Thomas Courbe**, Directeur général de la Direction générale des entreprises au sein du ministère de l'Économie, des Finances et de la Relance

- **Pierre Paturel**, Directeur d'études, Expert Énergie et Mobilité au Groupe Xerfi

- **Thierry Priem**, Responsable Programme Stockage et solutions de flexibilité au Commissariat à l'énergie atomique (CEA), DES/DPE

- **Jean-Marie Tarascon**, Professeur au Collège du France et directeur du RS2E (le Réseau français sur le stockage électrochimique de l'énergie)

Classement par ordre alphabétique

L'OSFME tient également à remercier les personnes suivantes pour leur soutien dans la production de ce rapport :

- **Marine Simoën**, ingénieur économiste au département Global Strategy and Business Development du groupe Equinor, chercheure associée à l'IRIS

Les analyses présentées dans ce rapport n'engagent que l'Observatoire de la sécurité des flux et des matières énergétiques (OSFME).

ÉTAT DES LIEUX ET PERSPECTIVES DU MARCHÉ MONDIAL DES BATTERIES

À RETENIR

La demande mondiale en batteries sera multipliée par 10 à l'horizon 2030 par rapport à 2020. Le marché sera porté par la croissance des besoins de **l'électromobilité.** Le nombre de véhicules électriques en circulation dans le monde passera de 50 millions d'unités en 2025 et à 135 millions en 2030. La **Chine** concentrera la plus grande partie de la demande totale de batteries d'ici 2030 tandis que **l'Union européenne deviendra le deuxième marché mondial.**

L'Asie est au cœur de l'industrie mondiale des batteries. Le Japon et la Corée du Sud contrôlent près des deux tiers des familles internationales de **brevets** déposées sur la technologie lithium-ion entre 2014-2018. La Chine s'est imposée comme le chef de file de l'industrie mondiale des batteries, et ce sur tous les segments de la **chaîne de valeur**, des produits raffinés aux packs de batteries en passant par les composants.

Les batteries lithium-ion sont au cœur d'une nouvelle géopolitique des matières premières. Plusieurs minerais des batteries ont été classés comme des matières premières **critiques** par l'Union européenne, à l'instar du lithium, du cobalt et du graphite naturel. La Chine mène une diplomatie offensive de sécurisation de ses approvisionnements *via* le rachat de mines à l'étranger par les entreprises chinoises. Les acteurs industriels expriment régulièrement leur crainte d'une offre mondiale insuffisante pour répondre à la demande.

Les batteries lithium-ion réunissent plusieurs de types de batteries (LCO, LMO, LFP, NCA, NMC). Les batteries de type **NMC** sont les plus commercialisées dans le monde grâce à leur succès sur le marché automobile. Entre 2010 et 2019, le prix moyen d'un pack de batterie pour VE a diminué de 87%. Un autre axe de développement des fabricants de batteries consiste à réduire leur consommation de minerais critiques, en particulier le cobalt.

De nouvelles générations de batteries en développement pourraient rebattre les cartes du marché mondial du stockage de l'énergie. Les efforts de brevetage sur la **batterie tout solide** (*Solid State Battery*) se sont intensifiés ces dernières années. Cette technologie de 4e génération offrirait des performances nettement supérieures à la batterie lithium-ion pour l'automobile. Les technologies de 5e génération incluent le sodium-ion, le lithium-soufre, le lithium-air ou encore la batterie à flux circulants.

LES ENJEUX STRATÉGIQUES DU MARCHÉ DES BATTERIES

MISE AU POINT : LE STOCKAGE STATIONNAIRE ET LE STOCKAGE EMBARQUÉ

Un enjeu stratégique et une compétition mondiale

Le stockage de l'électricité est un enjeu stratégique. Il permet de répondre aux défis industriels du XXIe siècle et de conquérir de nouveaux marchés dans les transports (véhicules électriques), l'énergie (l'intégration des énergies renouvelables) ou encore les biens de grande consommation (objets connectés). L'importance prise par plusieurs pays d'Asie dans le domaine des batteries, dont la Chine, stimule la compétition internationale pour la maîtrise de ce secteur.

Deux grands types d'usages : le stockage stationnaire et le stockage embarqué

Les applications des batteries peuvent être divisées en deux grands types d'usages différents : le stockage stationnaire et embarqué (pour les solutions de mobilité et usages portatifs).

Les principales applications et les grands marchés clients des batteries (*)

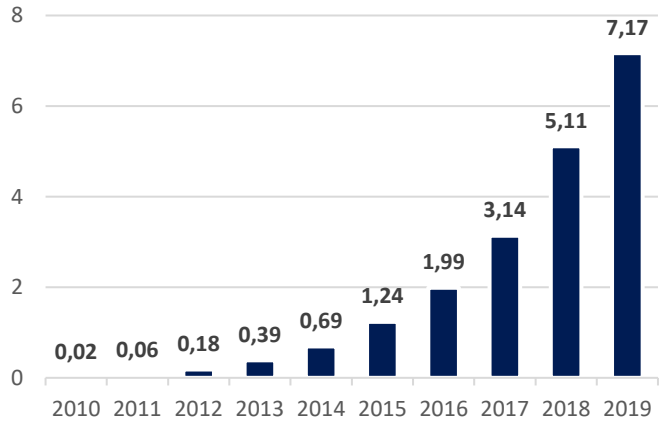
	Les solutions « devant le compteur »	Les solutions « derrière le compteur »
Stockage stationnaire Garantir l'équilibre entre la production et la consommation d'électricité	**Présentation** : solutions de stockage reliées aux systèmes de production et aux réseaux de transmission et de distribution **Marchés clients** : Producteurs, gestionnaires de réseaux **Services** : stabilisation de la tension et de la fréquence du réseau électrique, intégration des EnR intermittentes	**Présentation** : solutions de stockage situés au niveau des consommateur d'électricité **Marchés clients** : industrie, services, bâtiment résidentiel **Services** : fourniture de solutions de secours en cas de coupure électrique, réduction de la facture énergétique pendant les heures de pointe, intégration des EnR locales
Stockage embarqué Fournir l'électricité nécessaire au fonctionnement des équipements et appareils mobiles	**Les solutions de mobilité** **Présentation** : solution de stockage embarqué dans les véhicules de transport **Marchés clients** : utilitaires, véhicule automobile, petite mobilité (vélo, trottinette, etc.) **Services** : alimentation des groupes motopropulseurs, alimentation des systèmes électriques embarqués, démarrage des moteurs à explosion	**Les solutions portatives** **Présentation** : solution de stockage embarqué dans les appareils électroniques **Marché client** : équipement et appareils électroniques (téléphone, ordinateur, etc.) **Services** : alimentation d'applications électroniques

(*) Liste non-exhaustive / Source : OSFME

Après avoir longtemps été limitée à une toute petite niche commerciale n'attirant que les consommateurs technophiles, la voiture électrique (VE)[1] est aujourd'hui entrée dans l'ère de la consommation de masse et apparaît de plus en plus clairement comme la nouvelle norme de la mobilité individuelle à un horizon de moyen voire court terme (10 ans voire beaucoup moins dans certains pays, notamment en Scandinavie). Alors qu'à peine 17 000 VE circulaient dans le monde en 2010, les ventes ont dépassé 2,1 millions en 2019, en hausse de 40% par rapport à 2018, portant le parc mondial à 7,2 millions d'unités. Près de la moitié (47%) des VE en circulation roulent en Chine, tandis qu'avec 1,7 et 1,5 million de VE en circulation au 1er janvier 2020, l'Europe[2] et les États-Unis représentent respectivement 25 et 20 % de la flotte mondiale de VE.

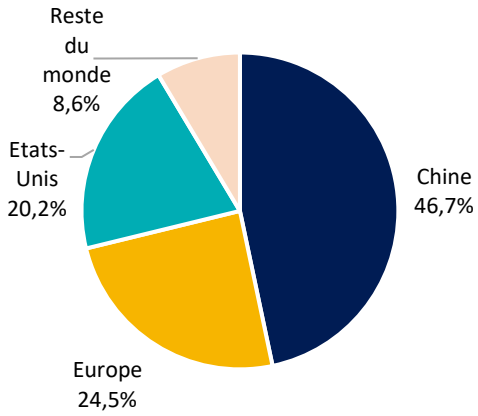
Évolution du stock de VE en circulation, 2010-2019 (*)

Unité : nombre de VE en million



Répartition du stock de VE en 2019 (*)

Unité : part en % du nombre de VE



(*) Inclus les véhicules particuliers tout-électrique (BEV) et les véhicules hybrides rechargeables (PHEV) mais pas les véhicules utilitaires légers / Traitement OSFME / Source : IEA, « Global EV Outlook 2020, Entering the decade of electric drive? », juin 2020, page 40, figure 1.1

Certes, ces ventes ne correspondaient qu'à une part de marché de 2,6% au niveau mondial en 2019 (soit environ 1% du parc automobile mondial). Mais elle est en hausse très rapide (quasi doublement par rapport à 2017) et elle est nettement plus élevée sur certains marchés considérés comme pionniers, en particulier en Chine (4,9%) et en Europe (3,5%). De plus, la crise économique liée à la pandémie du COVID-19 semble, contre toute attente, jouer un rôle d'accélérateur dans le processus d'électrification du parc automobile, en particulier en Europe.

[1] Il s'agit à la fois des voitures particulières électriques pures (également appelées "voitures 100% électriques" ou "voitures électriques à batterie") et des véhicules hybrides rechargeables. Les voitures hybrides non rechargeables ne sont pas comptabilisées comme des VE. En 2019, la flotte mondiale des VE était composée aux deux tiers de véhicules 100% électriques contre un tiers d'hybrides rechargeables. Les ventes mondiales de VE en 2019 étaient aux trois quarts composées de véhicules 100 % électriques, mais avec des différences notables d'un pays à l'autre.

[2] Sauf mention contraire, l'Europe désigne l'UE27 plus le Royaume-Uni, la Norvège, la Suisse, l'Islande et la Turquie, selon la nomenclature de l'AIE.

La part de marché globale des VE devrait ainsi largement dépasser les 3% sur l'année 2020, portée par une croissance exceptionnelle des ventes en Europe, en particulier dans les derniers mois de l'année. Alors que les ventes de voitures (tous types de motorisation confondus) se sont effondrées partout dans le monde au cours des premiers mois de 2020 en raison de la crise sanitaire, les ventes de VE se sont globalement maintenues. En Europe, elles ont même augmenté de 113 % sur les 11 premiers mois de l'année 2020 par rapport à la même période de 2019, tandis que le marché automobile dans son ensemble reculait de plus de 25 %.

C'est véritablement à un changement de paradigme de consommation auquel nous sommes en train d'assister en Europe. Sur les 11 premiers mois de l'année 2020, la part de marché des VE a atteint 12 % en Allemagne (contre 3 % en 2019), 10 % en France et au Royaume-Uni (2,8 % en 2019 dans les deux pays), 30 % en Suède (11,5 % en 2019) et même 73 % en Norvège (56 % en 2019 et moins de 1 % en 2011). Sur le seul mois de novembre 2020, la part de marché des VE s'est élevée à 20 % en Allemagne, 16 % au Royaume-Uni, 15 % en France, 39 % en Suède et 80 % en Norvège, où les ventes de voitures à moteur thermique (diesel et essence) ont quasiment cessé pour ne plus représenter que 10 % du marché. Alors que la Chine dominait largement le marché des VE jusqu'en 2019 (au cours de laquelle la moitié des ventes mondiales de VE ont eu lieu en Chine, contre un quart en Europe et 16 % aux États-Unis), l'Europe devrait cette année représenter environ 40% des ventes de VE, à égalité avec la Chine.[3]

À noter qu'en plus des 7,2 millions de VE, il y avait en 2019 quelque 377 000 véhicules utilitaires légers électriques (VUL) en circulation dans le monde (contre 310 000 en 2018), dont les deux tiers en Chine et le tiers restant en Europe. Les parts de marché sont encore négligeables, tant en Chine (2,2 % en 2019) qu'en Europe (à peine plus de 1 %) et peinent, à l'inverse des VE, à décoller, en l'absence de politiques d'incitation.

Contribution plus modeste des autres modes de transport

D'autres modes de transport participent également, mais beaucoup plus modestement, à la demande de batteries (notamment les deux- et trois-roues électriques ainsi que les supports de la micromobilité comme les trottinettes et les vélos électriques), ou pourraient, à l'avenir, y participer (bus, véhicules utilitaires et poids lourds, bateaux et avions).

D'importants progrès technologiques dans l'électrification des deux- et trois-roues ont d'ores et déjà eu lieu, permettant à quelque 350 millions de motos et scooters électriques de circuler actuellement dans le monde, dont un quart en Chine, où de nombreuses villes ont interdit les deux- et trois-roues à moteur thermique.

[3] Les statistiques du marché des VE sont issues de IEA (2020), *Global EV Outlook 2020. Entering the decade of electric drive?*, juin 2020, sauf pour les ventes 2020 (source : cleantechnica.com).

Le marché des bus électriques reste encore relativement confidentiel, sauf en Chine où se concentre la quasi-totalité de la flotte mondiale de bus électriques (un demi-million d'unités fin 2019). S'il est probable que la demande pour les bus électriques se développera à l'avenir, notamment en raison de la volonté de nombreuses villes européennes, asiatiques (Calcutta, Bombay, etc.) ou encore américaines (Mexico, Santiago du Chili, etc.) de lutter contre la pollution de l'air en convertissant leur flotte de bus à l'électrique, les choix technologiques sont plus ouverts sur ce segment où l'hydrogène propre et le bioGNV présentent des atouts indéniables en vue de sa décarbonation.

De même, la décarbonation du transport routier de marchandises ne passera pas forcément par l'électrification. Aujourd'hui, seuls quelques milliers de camions électriques circulent dans le monde. Certes, les fabricants tendent à accroître l'offre par de nouveaux modèles (dont certains émanent de nouveaux entrants sur le marché, comme les Américains Tesla et Nikola), mais les choix technologiques restent plus ouverts pour les poids lourds que sur les véhicules individuels. Si certains constructeurs misent en priorité sur l'électrique (notamment Daimler, Renault et Volvo, qui ont commencé la production de camions électriques en 2019), l'hydrogène, les biocarburants, les gaz verts neutres en carbone voire le LNG constituent aujourd'hui des alternatives sérieuses pour les véhicules lourds grâce à leurs atouts (autonomie, vitesse de rechargement, etc.).

Enfin, pour les bateaux et les avions, le recours à l'électricité n'est encore qu'une hypothèse très lointaine. Certes, l'électrification du transport maritime progresse, mais elle est actuellement limitée aux ferries et autres navires à courte distance. À court terme, les navires purement électriques ne devraient être économiquement compétitifs avec d'autres groupes motopropulseurs à faible émission de carbone (hydrogène, biocarburants, etc.) que sur des distances courtes (jusqu'à 200 km). Dans l'aviation, il existe certes des petits avions à turbopropulseurs électriques et plusieurs démonstrations de petits avions électriques à batterie volant sur de très courtes distances ont été réalisées (le premier vol d'un avion de passagers commercial entièrement électrique a eu lieu en décembre 2019 au Canada, d'une durée de 15 minutes). Cependant, même avec une augmentation rapide de la densité énergétique des batteries, il semble peu probable que des avions à batteries soient capables de parcourir des distances supérieures à 1 000 km avant plusieurs décennies. Les avions électriques hybrides pourraient néanmoins émerger dans la prochaine génération d'avions, permettant par exemple de réduire la consommation de carburant et les émissions grâce à l'électrification des opérations au sol (roulage, etc.) (IEA).

Si les prospectivistes ont longtemps considéré que c'était l'épuisement inéluctable des ressources pétrolières qui allait rendre nécessaire la transition énergétique dans le domaine du transport, **c'est en réalité le réchauffement climatique et (dans une moindre mesure) la pollution de l'air, qui apparaissent comme les principales raisons de cette électrification de la mobilité**.

Le secteur des transports est en effet l'un des premiers contributeurs au changement climatique : au sein de l'UE, il représente plus du 25 % des émissions de gaz à effet de serre (GES), dont les trois quarts proviennent du transport routier. C'est d'ailleurs le seul secteur dont les émissions continuent d'augmenter (hausse des émissions de près de 25 % entre 1990 et 2019) en raison du développement de la mobilité (passagers et marchandises) et de l'alourdissement des véhicules. Parce qu'ils n'émettent aucun GES d'échappement et ont une bien meilleure efficacité énergétique que les véhicules à moteur thermique, les VE se positionnent comme une technologie clé pour réduire à la fois les émissions de gaz à effet de serre (GES) et la pollution atmosphérique dans les zones urbaines, justifiant ainsi le soutien que leur accordent les pouvoirs publics.

La transition vers la mobilité routière décarbonée repose en pratique sur une série de politiques publiques visant à encadrer le choix des consommateurs. Ces politiques publiques s'articulent à différents échelons décisionnaires, étatique, local et régional, en particulier au niveau de l'Union européenne (UE), et bénéficient de manière générale d'un large consensus politique, ce qui favorise la cohérence des dispositifs et leur efficacité globale.

Subsides et encouragements financiers des États

Pour promouvoir l'adoption des véhicules propres, divers instruments de politique publique sont mis en place au niveau national.

Il s'agit d'une part de signaux à long terme comme le bannissement des véhicules à essence et diesel : à travers le monde, plus d'une vingtaine de pays ont ainsi annoncé leur intention d'interdire la vente de véhicules à moteur à essence et diesel à l'horizon 2050 (Allemagne, Japon), certains ayant même abaissé cet objectif à 2040 (France, Canada), voire 2030 (Royaume-Uni, Israël, Suède) et même 2025 (Norvège).

Il s'agit d'autre part de multiples incitations financières visant à encourager l'achat des véhicules à faibles émissions, généralement sous forme de prime à l'achat, mais également de suppression ou de réduction de la taxe d'immatriculation, de soutien pour l'installation de bornes de recharge privées, etc. Ces subventions sont l'un des moteurs essentiels de la croissance actuelle du marché des VE. Le soutien des pouvoirs publics à l'achat de VE est envisagé à titre transitoire, c'est-à-dire limité à la période nécessaire pour faire émerger le marché jusqu'à ce que les économies d'échelle aient fait suffisamment baisser les prix des VE pour les rendre compétitifs par rapport aux voitures à moteur thermique. Mais ce moment de bascule ne semble pas encore être arrivé. En 2019, la

décision du gouvernement chinois de réduire les subsides à l'achat de VE s'est traduite par une chute spectaculaire des ventes de VE au second semestre 2019 et dans les premiers mois de 2020, poussant finalement les autorités chinoises à les rétablir jusqu'en 2022. Aux États-Unis, les réductions des subventions fédérales (qui sont limitées à un certain nombre d'unités) ont également freiné les ventes de VE, malgré l'augmentation du soutien de certaines collectivités locales.

L'importance de l'échelon local

En parallèle aux subsides des États, les incitations financières et réglementaires du ressort des autorités locales sont essentielles pour pousser les consommateurs et les entreprises à choisir l'option électrique.

Elles visent notamment à améliorer les conditions d'usage des véhicules propres en leur offrant un certain nombre d'avantages : rabais aux péages routiers, mise en place de zones à faibles émissions, places de parking réservées, installation de bornes de recharge, accès aux voies de bus, etc. Dans un souci d'amélioration de la qualité de l'air et du cadre de vie en général, un nombre de plus en plus important de villes partout dans le monde décident d'interdire, à plus ou moins brève échéance, l'accès au centre-ville pour les voitures les plus polluantes, offrant ainsi un avantage supplémentaire aux propriétaires de voitures particulières et de véhicules utilitaires électriques.

La commande publique, en particulier pour l'achat d'autocars et autobus à faibles émissions de CO2, est un second levier important dont disposent les collectivités territoriales. S'il reste encore peu utilisé (puisque près de 85% des bus nouvellement immatriculés en Europe en 2019 étaient à motorisation diesel, contre environ 6% pour les carburants alternatifs (gaz pour l'essentiel), 5% pour les hybrides électriques et 4% pour la catégorie tout-électrique), il devrait permettre d'accélérer l'électrification dans les segments du transport collectif et des flottes captives dans les années à venir, en particulier en Europe[4].

La centralité du cadre normatif européen

Au-delà des aides, financières notamment, des pouvoirs publics nationaux, **la clé de voûte de la transition énergétique dans les transports demeure le cadre réglementaire**, en particulier en Europe où le renforcement progressif et constant des normes d'émission de CO2 des véhicules particuliers s'est avéré essentiel pour le marché des VE, à la fois du côté de l'offre et de la demande.

[4] Marc-Antoine Eyl-Mazzega, Carole Mathieu et Éloïse Couffon (2020), « Le pari de la mobilité routière propre en Europe : état des lieux, stratégies et perspectives post COVID-19 », *Études de l'Ifri*, Ifri, octobre 2020

L'abaissement continu (et prévisible) des seuils d'émission autorisé pour les voitures neuves[5] pousse depuis plusieurs années les constructeurs automobiles à proposer une gamme toujours plus large de VE, afin de compenser les émissions des voitures à moteur thermique de leur catalogue, car le non-respect des normes devrait dorénavant être sanctionné par des amendes se chiffrant potentiellement en milliards d'euros[6]. Au contraire des aides financières ponctuelles données par les gouvernements aux acheteurs de VE, qui ont un impact temporaire, la stratégie de l'UE a permis le développement d'un écosystème complet de VE en offrant une prévisibilité à long terme indispensable pour que les constructeurs engagent les investissements lourds en faveur de l'électrification.

Certes, l'approche normative européenne se veut technologiquement neutre et ne favorise pas plus l'électrification que les biocarburants ou le GNL. Mais en pratique, elle impose des changements rapides qui ne sont tenables par les constructeurs automobiles que par l'électrification des voitures, au détriment de technologies moins matures pour le véhicule individuel. Cette situation est encore renforcée par le fait que les constructeurs ont renforcé la part des SUV dans leur catalogue, qui représentent un tiers des ventes en Europe et qui plombent les performances des constructeurs en termes d'émission de CO_2.

[5] Actuellement de 95 gCO2/km, il devrait baisser à 60 gCO2/km d'ici 2030 et tendre quasiment vers zéro à l'horizon 2050, date à laquelle l'UE espère parvenir à la neutralité carbone.

[6] La nouvelle norme CAFE (Corporate Average Fuel Economy) impose un seuil d'émission de CO2 moyen calculé sur l'ensemble de leur vente (et non sur leur catalogue) à partir de 2020. Les autorités européennes ont annoncé qu'elles vérifieront effectivement à partir de 2021 si les émissions moyennes de l'ensemble des ventes d'un constructeur ne dépassent pas 95 gCO2/km. Selon certaines estimations, le montant cumulé des amendes pourrait atteindre plus de 14 milliards d'euros. PA Consulting, "Majority of Car Makers Face Huge Fines for Missing CO2 Emissions Targets", Communiqué de presse, 10 décembre 2018.

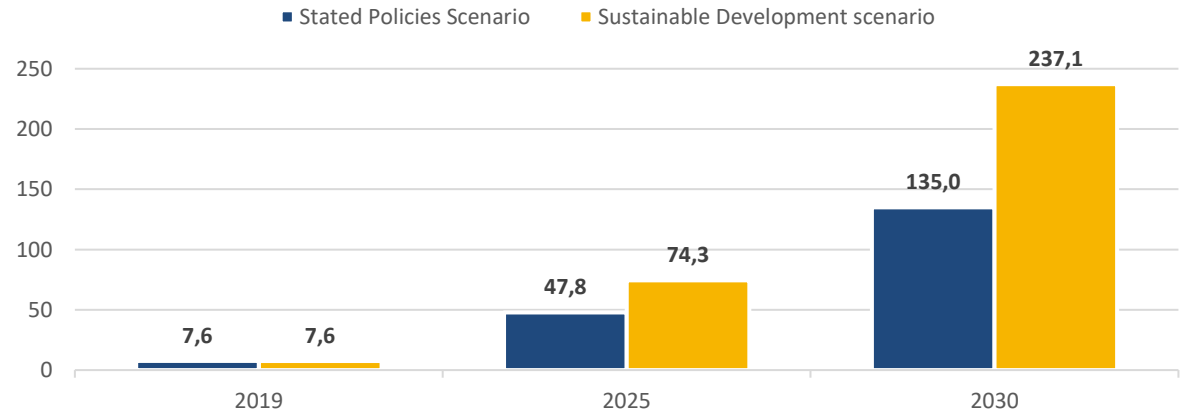
La croissance du marché des véhicules de transport électriques devrait se poursuivre à un rythme soutenu tout au long de la décennie. L'AIE a établi plusieurs scénarios pour tenter d'évaluer quantitativement le marché sur les dix prochaines années.[7]

Explosion du nombre de VE en circulation

Dans le scénario *Stated Policies*, les ventes de voitures électriques particulières et de véhicules électriques utilitaires confondus devraient atteindre 14 millions d'unités en 2025 (soit une part de marché de 10%) et 25 millions en 2030 (16%). Cela porterait le parc à près de 50 millions d'unités en 2025 et à 135 millions en 2030 (contre environ 7,6 millions en 2019). Dans le scénario *Sustainable Development*, plus ambitieux, le parc s'approcherait des 80 millions en 2025 et des 240 millions en 2030 (soit une multiplication par trente par rapport à 2019).

Stock de véhicules électriques en circulation dans le monde à l'horizon 2030 (*)

Unité : millions de véhicules



(*) Inclus les véhicules particuliers (BEV & PHEV) et les véhicules utilitaires légers (BEV & PHEV) / Traitement OSFME / Source : IEA, « Global EV Outlook 2020, Entering the decade of electric drive? », juin 2020, page 155, figure 3.1

Forte croissance des autres modes de transports

En parallèle, le parc mondial des deux- et trois-roues électriques, de 300 millions d'unités en 2019, devrait atteindre entre 400 millions et 490 millions en 2030 selon les scénarios, principalement en Chine, en Inde et en Asie du sud-est ; le parc de bus électriques devrait atteindre entre 3 et 5 millions en 2030, selon le scénario, contre un demi-million en 2019, et celui des poids lourds entre 0,6 et 3 millions.

[7] Le premier, dit "Stated Policies", prend en compte l'ensemble des annonces faites par les gouvernements en matière de politiques énergétiques et climatiques. Le second ("Sustainable Development") se veut compatible avec les objectifs des Accords de Paris sur le Climat et les Objectifs du développement durable (ODD) des Nations Unies prévoyant la généralisation de l'accès à l'énergie dans le monde.

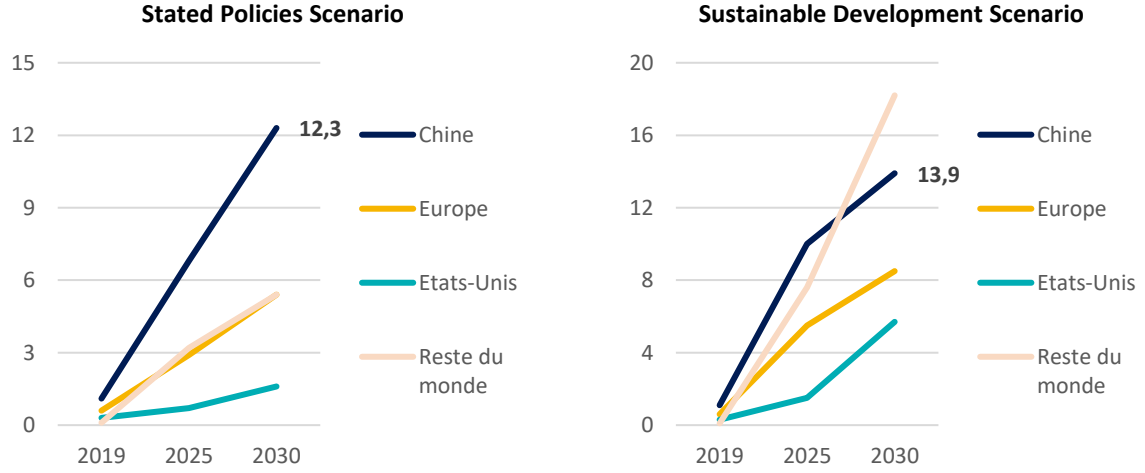
La répartition géographique du marché des véhicules électriques

La Chine restera le premier marché mondial des véhicules de transport à l'horizon 2030, quel que soit le scénario envisagé par l'AIE. Cette situation s'explique par la profondeur de son marché intérieur et le maintien des politiques publiques de soutien au développement du VE. Dans le cas du *Stated Policies Scenario*, le pays continuera de représenter près 50% des ventes mondiales annuelles. La part de marché des ventes de véhicules électriques (tous modes confondus, à l'exception des deux- et trois-roues) atteindra les 40% dans la décennie à venir. Le marché chinois sera donc incontournable pour les constructeurs automobiles mondiaux.

L'Union européenne représentera du deuxième marché mondial en termes de ventes annuelles de véhicules de transport électriques. Ce segment représentera même 50% des véhicules vendus à l'horizon 2030. Le volume total de ventes demeurera nettement inférieur à celui de la Chine mais le marché européen disposera d'une masse critique plus importante que le marché états-unien et les autres marchés étrangers.[8]

Ventes de véhicules de transport électrique par pays d'ici 2030 (*)

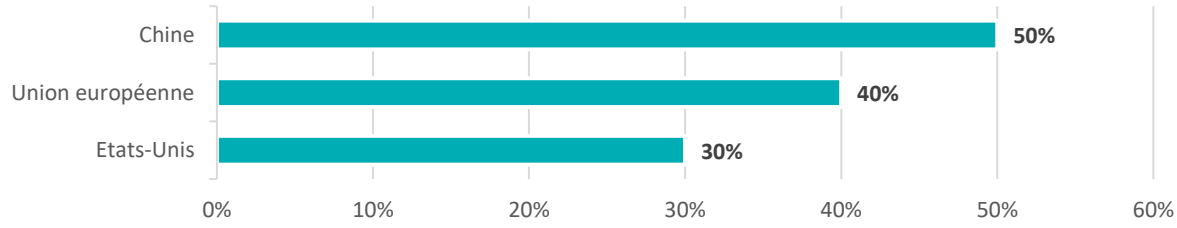
Unité : million de véhicules



(*) Hors deux- et trois-roues / Traitement OSFME / Source : IEA, « Global EV Outlook 2020, Entering the decade of electric drive? », juin 2020, page 155, figure 3.1

Part de marché des véhicules de transports électriques à l'horizon 2030 (*)

Unité : part de marché en % des ventes totales de véhicules de transport



(*) Hors deux- et -trois roues / Traitement OSFME / Source : IEA, « Global EV Outlook 2020, Entering the decade of electric drive? », juin 2020

[8] IEA, « Global EV Outlook 2020. Entering the decade of electric drive? », juin 2020

LE STOCKAGE STATIONNAIRE, UN MARCHÉ ENCORE ÉMERGENT

En dehors du secteur de la mobilité, la demande pour les batteries devrait également connaître une forte croissance au cours de la prochaine décennie sur le marché, aujourd'hui anecdotique, du stockage stationnaire d'électricité. À l'échelle mondiale, la capacité mondiale de stockage s'élevait en 2019 à environ 200 GWh (soit à peine quelques secondes des besoins mondiaux).

Un développement soutenu par les solutions des batteries

Le stockage se fait aujourd'hui à 90% grâce à la technique de pompage-turbinage (consistant à remonter de l'eau vers un bassin d'accumulation en hauteur lorsque la production d'électricité est supérieure à la demande, puis de turbiner l'eau ainsi mise en réserve pour produire de l'énergie électrique lorsque la demande est forte). Si quelque 10 GWh supplémentaires de projets hydroélectriques par pompage sont en cours de construction ou en projet, le potentiel de cette technique est limité par le nombre réduit de sites appropriés, l'importance des travaux d'ingénierie à réaliser et donc leur coût et leur délai. Il en va de même pour le stockage d'énergie à air comprimé, consistant à stocker de l'air comprimé dans des cavités souterraines : la technologie existe mais les possibilités de mise en œuvre sont restreintes.

Encore marginale, la capacité de stockage stationnaire par batteries connaît depuis quelques années un fort développement et devrait, selon les projections de l'AIE, s'envoler au cours des prochaines années. Les atouts de cette technologie peuvent faire émerger de nouveaux usages industriels. Sur le plan de la R&D, le stockage stationnaire par batterie bénéficie des retombées du développement des solutions embarquées dans l'électromobilité. Sur le plan des capacités installées, la croissance du stockage stationnaire pourrait être portée par la réutilisation des batteries de voiture en fin de vie avec le concept dit de seconde vie (lorsqu'une batterie ne peut plus être utilisée pour alimenter un véhicule, mais peut toujours fonctionner à 70-80% de sa capacité de stockage d'origine). La réutilisation des batteries de VE est d'autant plus intéressante que, par rapport au pompage-turbinage, les batteries offrent l'avantage d'être modulaires, c'est-à-dire de pouvoir être couplées à l'infini pour augmenter la capacité totale d'une installation.

Le stockage stationnaire par batterie se fait aujourd'hui essentiellement par des batteries lithium-ion mais d'autres technologies pourraient être mieux adaptées à moyen-long terme. Les batteries sodium-soufre ou les batteries à flux pourraient offrir de meilleures performances pour des durées de stockage plus longues, ou lorsque les systèmes sont sur ou sous-alimentés sur des périodes de plusieurs jours ou semaines, pour répondre au mieux à l'augmentation de la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique.

Des besoins tirés par l'intégration des EnR et le remplacement des centrales de pointe

Le principal moteur de la croissance du stockage stationnaire est le développement de la production d'électricité à partir d'énergies renouvelables intermittentes (solaire photovoltaïque et éolien en particulier). La co-implantation d'installations de production d'énergie renouvelable avec des moyens de stockage d'énergie permet de mieux répartir la production disponible dans le temps et ainsi garantir une réponse adéquate à la demande pendant les périodes de pointe.

Dans la même logique, le stockage stationnaire par batteries pourrait à terme remplacer une grande partie des capacités de production des centrales de pointe. Ces centrales, dont la flexibilité permet d'ajuster en temps réel l'offre à la demande, ont des coûts de production généralement très élevés car elles ne sont utilisées que quelques jours voire quelques heures par an, lors de pics de consommation. En rendant possible de découpler la production et la consommation électrique dans le temps, le stockage via des batteries doit permettre de lisser la production en n'utilisant que des centrales à charge de base tout en répondant aux fluctuations de la demande, avec à la clé d'importants gains économiques puisqu'il conduit à une utilisation globale plus élevée des actifs du système électrique.

Ce besoin de stockage existe d'une part chez les producteurs d'électricité alimentant le réseau (il s'agit de "grid storage"), qui requièrent des capacités de stockage importantes**, et d'autre part chez les particuliers** disposant de petites capacités de production (par exemple des panneaux solaires installés sur une habitation) et voulant stocker leur production à toute petite échelle (ou "behind-the-meter storage"), que ce soit pour des raisons de résilience (en Californie notamment, qui a récemment connu des épisodes de *blackout* suite à l'effondrement du réseau à cause d'incendies) ou dans une logique prosumériste (Australie, Allemagne). Des entreprises, comme Tesla avec son *Powerwall*, se sont déjà positionnées sur ce marché.

Dans un cas comme dans l'autre, le marché est encore embryonnaire et fortement dépendant des politiques publiques d'aide et d'incitation. Avec la Corée du Sud, le Japon est actuellement l'un des principaux marchés pour les solutions de stockage individuelles, après que le gouvernement ait revu à la baisse les tarifs de rachat de la production solaire des particuliers, les poussant à investir dans des capacités de stockage. En Europe, le principal marché est l'Allemagne où environ 200 000 foyers étaient équipés de systèmes de stockage d'énergie en 2019 (en augmentation de 44% par rapport à l'année précédente) et où dorénavant près d'une installation de panneaux solaires résidentiels sur deux se fait en couple avec un système de stockage[9].

[9] IEA (2020), Innovation in batteries and electricity storage. A global analysis based on patent data, septembre 2020.

Le déploiement du stockage stationnaire de réseau (*grid storage*) par batteries est encore limité à quelques projets pilotes. L'un des plus avancés, considéré comme une référence dans le domaine, est celle du parc éolien (315 MW) de Hornsdale en Australie-Méridionale dont le système de stockage (capacité de 194 MWh / puissance de 150 MW) a été installé par Tesla en 2017 (extension en 2020). La plus grande centrale de stockage actuellement en activité est celle de Gateway (230 MWh / 250 MW) en Californie inaugurée à l'été 2020, mais des projets encore plus importants devraient prochainement voir le jour. En Europe, plusieurs projets ont été lancés, de taille beaucoup plus réduite. L'un des plus anciens est celui du suédois Vattenfall à Pen y Cymoedd dans le sud du Pays de Galles, où un parc éolien est couplé depuis 2017 à une batterie de 22 MW. En France, on peut noter le projet Ringo (capacité de stockage de 24 MWh / 12 MW) à Vingeanne (Côte d'Or), dont la mise en service est prévue en juin 2021, ou encore la construction d'une unité de stockage (25 MWh / 25 MW) par SAFT (groupe Total) près de Dunkerque, qui devrait devenir opérationnelle courant 2021.

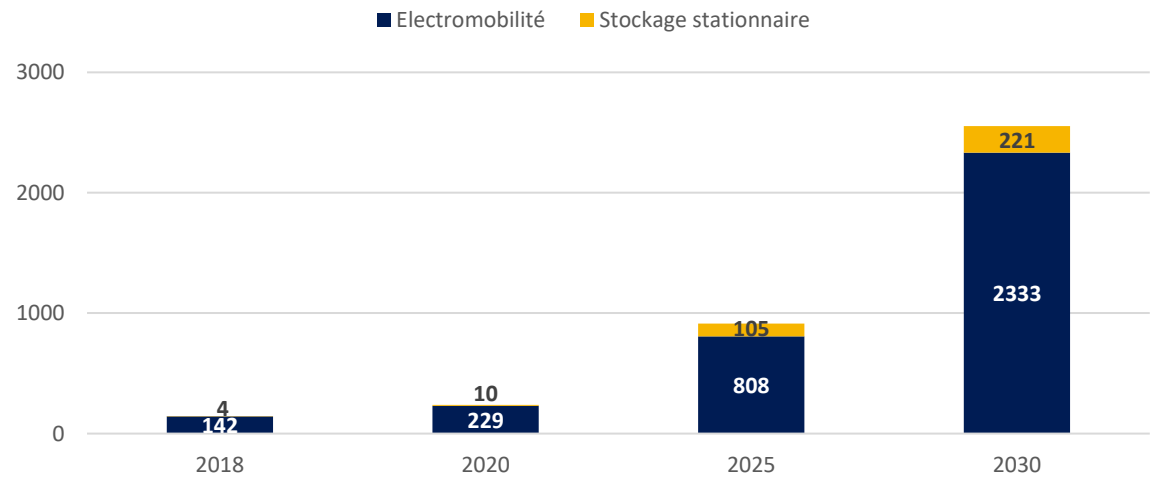
À noter que les véhicules électriques en circulation pourraient apporter de nouvelles solutions de stockage stationnaire et contribuer à stabiliser et flexibiliser le réseau électrique. Dans son scénario *Sustainable Development*, l'AIE estime en effet que d'ici 2030, quelque 16 000 GWh d'énergie, soit environ 80 fois la capacité de stockage mondiale actuelle, pourraient être stockés dans des batteries de véhicules électriques au niveau mondial et participer ainsi à la stabilité du réseau d'approvisionnement électrique via les solutions *Vehicule-to-Grid* (V2G). Au total, environ 5% de la capacité totale des batteries des VE pourraient être mis à la disposition du réseau pendant les heures de pointe et fournir ainsi environ 600 GW de capacité flexible dans le monde d'ici 2030, pour autant que d'importantes améliorations techniques soient apportées permettant de développer le V2G (qui n'est aujourd'hui pas possible en l'état actuel des installations de recharge).

La demande en volume sera portée par les besoins de l'électromobilité, en pleine expansion. Les besoins mondiaux en solutions de stockage embarqué pour le transport seront multipliés par un **facteur 10**, pour passer de 229 GWh en 2020 à 2 333 GWh en 2030.

Les besoins naissants du stockage stationnaire alimenteront également la croissance du marché en volume, avec un ordre de grandeur plus modeste. La demande mondiale pour ce type de service énergétique passera de 10 GWh en 2020 à 221 GWh d'ici 2030. La demande de l'électronique portative n'augmentera que très faiblement, comparativement aux deux autres types d'usages, les besoins en énergie de ces appareils étant par définition bien plus faibles.

Évolution de la demande mondiale en batterie pour l'électromobilité et le stockage stationnaire

Unité : demande exprimée en GWh



Source : European Technology and Innovation Platform on Batteries – Batteries Europe, « Strategic Research Agenda for batteries », 4 décembre 2020, page 11

La demande mondiale en batterie par grand type d'usage

Unité : GWh

Segment	2018	2020	2025	2030
Électromobilité	142	229	808	2 333
Stockage stationnaire	4	10	105	221
Électronique portative	38	43	58	69

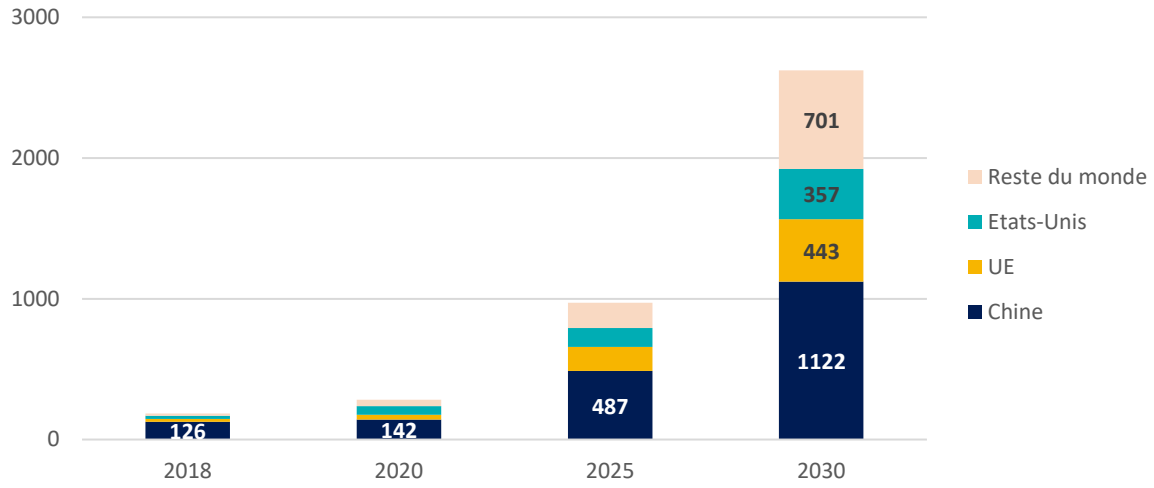
Source : European Technology and Innovation Platform on Batteries – Batteries Europe, « Strategic Research Agenda for batteries », 4 décembre 2020, page 11

La Chine restera de loin le premier marché mondial des batteries à 2030. La demande chinoise en solutions de stockage d'énergie, tous segments confondus, qui représentait plus de la moitié de la demande mondiale en 2020, continuera de concentrer près de 43% du total d'ici 10 ans.

Le deuxième marché client à l'horizon 2030 sera l'Union européenne, dont la demande dépassera les États-Unis pour atteindre 443 GWh dans la décennie à venir. Le marché européen des batteries pourrait représenter 250 Md EUR en valeur à partir de 2025[10], d'après la Commission européenne. À eux trois, la Chine, les États-Unis et l'UE représenteront près des trois quarts du marché mondial.

Évolution de la demande mondiale en batterie pour l'électromobilité et le stockage stationnaire

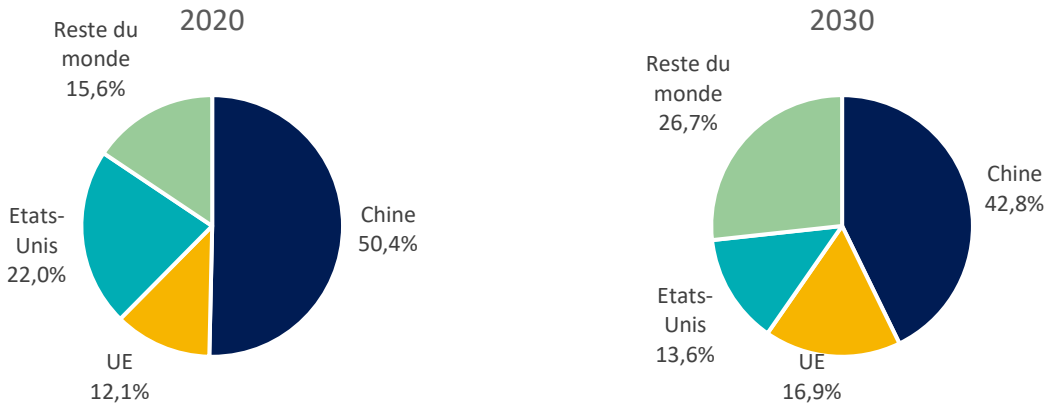
Unité : demande exprimée en GWh



Source : European Technology and Innovation Platform on Batteries – Batteries Europe, « Strategic Research Agenda for batteries », 4 décembre 2020, page 11

La demande mondiale en batterie par pays

Unité : part en % de la demande mondiale en GWh



Traitement OSFME / Source : European Technology and Innovation Platform on Batteries – Batteries Europe, « Strategic Research Agenda for batteries », 4 décembre 2020, page 11

[10] EBA250, « Building a European battery industry », page Internet, consulté la dernière fois le 16 décembre

LES ENJEUX DE LA TECHNOLOGIE DES BATTERIES

MISE AU POINT : COMPRENDRE LA TECHNOLOGIE DES BATTERIES

Les 3 principales familles technologiques de batteries : plomb, nickel et lithium

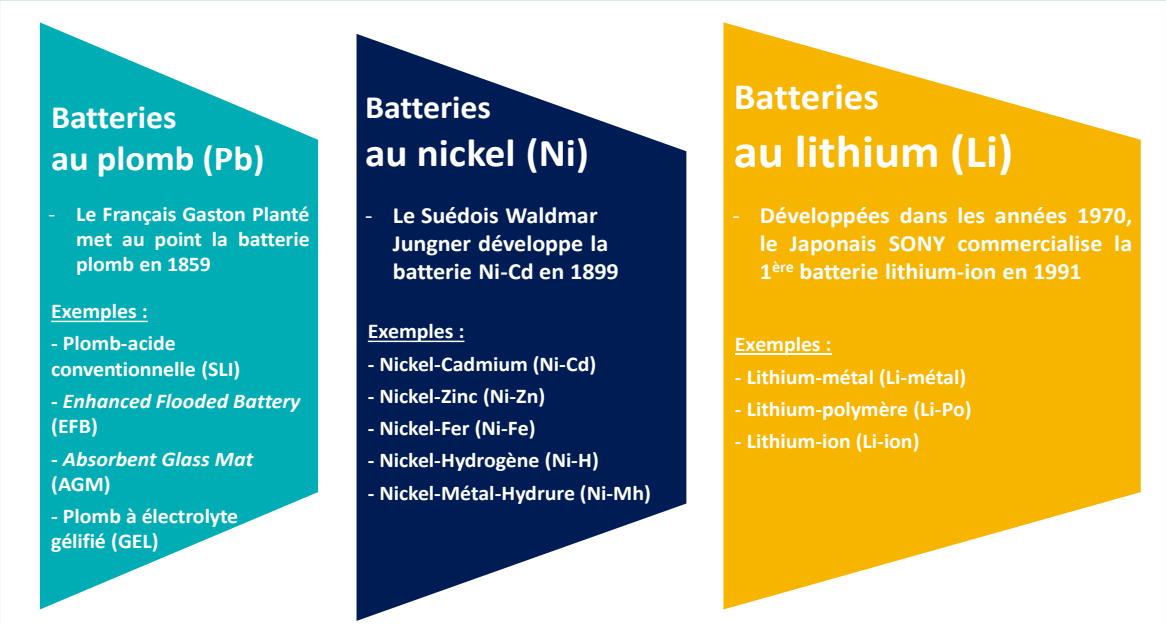
Le stockage de l'électricité, un défi technologique

L'électricité est un phénomène physique qui se caractérise par un **déplacement d'électrons** au niveau atomique. En tant que phénomène en mouvement, l'énergie électrique ne peut pas être stockée sous sa forme propre. Il est nécessaire de la convertir en un autre type d'énergie[11] pour reporter son usage dans le temps. Les **batteries** appartiennent à la famille des solutions de **stockage électrochimique**. Les batteries concentrent la plus grande part des dépôts de brevets dans le domaine du stockage de l'électricité[12].

Les principales familles de batteries

Il existe 3 principales familles technologiques de batteries qui se distinguent par la nature de leurs composants et/ou de leur conception. Les **batteries au plomb** (Pb) disposent d'électrodes à base de plomb immergées dans un électrolyte composée d'acide sulfurique. Les **batteries nickel** (Ni) utilisent une cathode en nickel et un électrolyte aqueux d'hydroxyde de potassium (KOH). L'anode est différente selon la technologie développée. Les **batteries au lithium** (Li) utilisent du lithium au niveau des électrodes et/ou de l'électrolyte.

3 grandes familles de batteries (*)



(*) Liste non-exhaustive / Source : ENS, Battery University (Cadex Electronics)

[11] Mécanique, chimique, thermique, électrochimique ou encore électromagnétique

[12] « Innovation in batteries and electricity storage, A global analysis based on patent data », IAE, EPO, septembre 2020, page 5

Les principaux composants d'une batterie

Un **pack de batterie** (ou batterie[13]) est un assemblage de **modules** qui contiennent des **cellules**. Ces dernières déterminent une grande partie des performances du pack. La conception et la fabrication des cellules est au cœur de la **compétition internationale** de la technologie des batteries. Les composants de base d'une cellule de batterie sont **l'anode**, la **cathode** et **l'électrolyte**.

Vue d'ensemble des principaux composants d'une batterie lithium-ion pour véhicule électrique

Pack de batterie	Un **pack de batterie** (ou batterie) est un **assemblage de modules** couplés ensemble pour générer une tension définie. Un système de management électronique (BMS en anglais), des capteurs et un système de refroidissement sont intégrés pour sécuriser et optimiser le fonctionnement des modules.	Nombre de **pack de batterie** dans une BMW i3 : **1** Au total, un pack de batterie de BMW i3 comprend 8 modules et 96 cellules.	**Principaux composants** • Boîtier • Système de management électronique • Capteurs • Câbles • Système de refroidissement
Module de batterie	Un **module de batterie** est un **assemblage de cellules** disposées en série ou en parallèle et protégées par un boîtier contre des chocs extérieurs.	Nombre de **modules** contenus dans 1 pack de batterie d'une BMW i3 : **8**	**Principaux composants** • Boîtier • Système de refroidissement • Connecteurs
Cellule de batterie	Une **cellule de batterie** est **l'unité de base** d'un pack de batterie. Une cellule comprend deux électrodes (**l'anode** et la **cathode**, qui correspondent aux pôles de la batterie), un séparateur (pour éviter tout contact et court circuit entre l'anode et la cathode), plongés dans un **électrolyte** (qui assure la conduction des ions) et reliés par collecteur de courant (permettent la circulation des électrons).	Nombre de **cellules** contenues dans 1 module de batterie d'une BMW i3 : **12**	**Principaux composants** • Électrodes (anode et cathode) • Séparateur • Électrolyte • Collecteur de courant • Boîtier

Sources : CEA-Liten, JRC, Samsung SDI

[13] Le terme « batterie », retenu vers le 17e siècle pour désigner une solution de stockage de l'énergie électrique, fait directement référence aux batteries militaires (composées de plusieurs pièces d'artillerie) pour désigner une série de cellules électrochimiques connectées entre elles (ou accumulateurs). (Battery University (Cadex Electronics)).

Le principe de fonctionnement de base d'une cellule de batterie

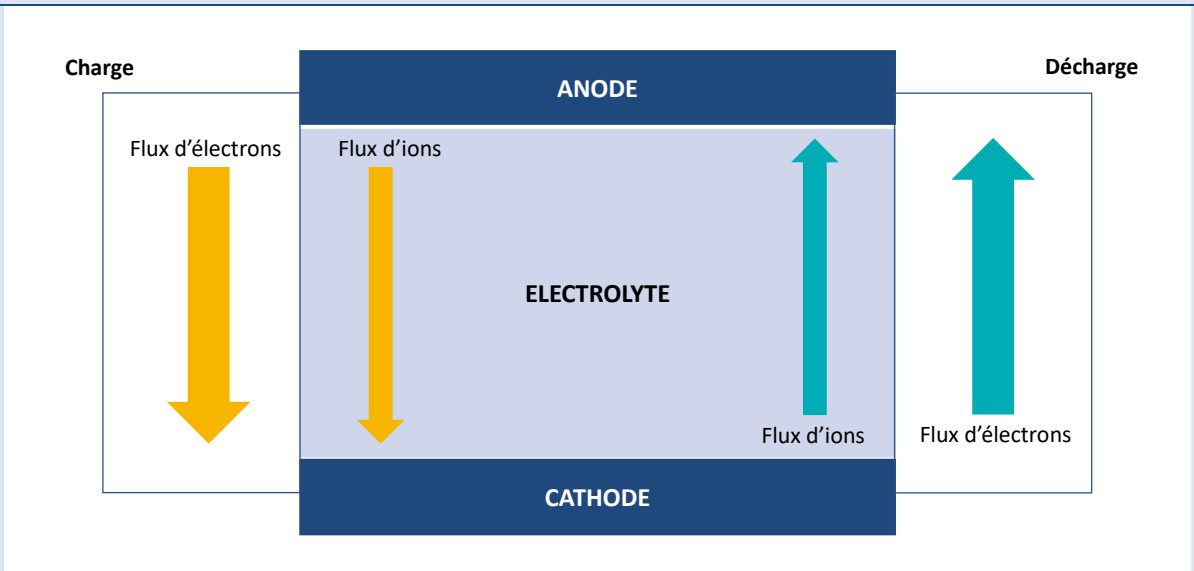
Une cellule de batterie stocke de l'énergie sous forme chimique et la restitue sous forme électrique. Le phénomène électrochimique au cœur de ce mécanisme est appelé oxydoréduction (ou « **redox** »).

Lors du phénomène d'oxydoréduction (ou « redox »), deux phénomènes se produisent :

- Une **électrode** capte (cède) un **électron** qui est cédé (capté) par la deuxième électrode, ce qui assure la circulation des électrons
- En parallèle, les **ions** se déplacent au sein de **l'électrolyte** pour retrouver une charge électrique neutre.

Le déplacement des électrons génère un courant électrique. Ces mouvements se produisent au moment de la charge et de la décharge de la batterie. Un accumulateur est déchargé lorsque l'ensemble des ions lithium s'est déplacé au sein de l'électrolyte pour retrouver une charge électrique neutre et que plus aucun ne peut circuler dans ce sens pour générer un courant électrique.

Schéma de fonctionnement d'une batterie



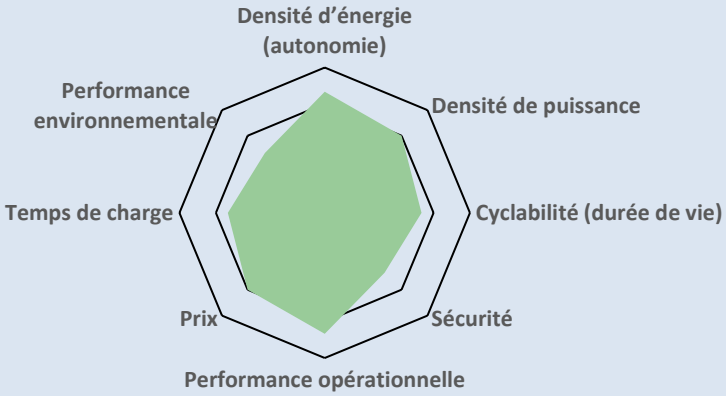
Source : IAE, EPO, « Innovation in batteries and electricity storage, A global analysis based on patent data », septembre 2020, page 67

De multiples critères de performances à considérer

Il existe de multiples grands types de critères de performance d'une batterie. À l'heure actuelle, aucune technologie ne parvient à répondre à tous ces critères à la fois. Chaque batterie est optimisée pour répondre à une utilisation spécifique. La batterie lithium-on s'est par exemple imposée dans les produits électroniques grand public grâce à sa meilleure densité d'énergie. En revanche, le caractère inflammable de son électrolyte liquide restreint son intégration à bord des aéronefs, où les normes de sécurité incendie sont particulièrement strictes.

Vue d'ensemble des 8 principaux critères de performance d'une batterie (*)

Plus la surface colorée est importante, plus la performance générale est élevée



(*) Liste non-exhaustive / Source : CEA, Battery University (Cadex Electronics)

Forces et faiblesses de différentes technologies de batteries

Batterie Plomb-acide	Batterie Nickel-Métal Hydrure	Batteries Li-on
Avantages : Prix compétitif Densité de puissance massique très élevée Bonne performance opérationnelle à basse et haute température	**Avantages :** Bon niveau de sécurité Bonne performance opérationnelle à basse et haute température Moins toxique pour l'environnement que la technologie Nickel-Cadmium	**Avantages :** Densité d'énergie massique élevée Durée de vie étendue Temps de charge rapide
Limites : Faible densité énergétique massique Temps de charge très long Durée de vie limitée Plomb toxique pour l'environnement	**Limites :** Coût élevé Gestion de la charge complexe Durée de vie	**Limites :** Risques d'instabilité et combustion Mauvaise performance opérationnelle à basse et haute température
+ Très compétitif pour les véhicules thermiques et UPS	+ Utilisé dans les véhicules hybrides comme la Toyata *Prius*	+ Très compétitif pour les produits électroniques grand public
- Peu compétitif sur les autres applications de stockage	- Moins compétitif sur les produits électroniques grand public	- Peu adapté dans les avions où les normes incendies sont strictes

Source : Battery University (Cadex Electronics)

Les solutions au lithium-ion constituent la technologie de rupture du marché du stockage électrochimique de l'énergie[14]. Depuis 1991, les batteries lithium-ion se sont imposés face aux technologies plomb et nickel[15] sur le marché des appareils électroniques portatifs (téléphones, ordinateurs portables, etc.), avant de conquérir le maché du véhicule électrique et de commencer à être envisagé pour le stockage massif d'énergie pour les réseaux électriques. En plus d'afficher des performances élevées en termes de puissance et d'autonomie d'énergie, la baisse continue du coût des batteries lithium-ion les rend particulièrement compétitives. D'après le Pr. Tarascon, professeur au Collège de France, « *le Li-ion est installé probablement pour tout le XXIe siècle* »[16].

Les solutions de stockage lithium-ion réunissent une grande variété de types de batteries, dont les technologies **LCO**, **LMO**, **LFP**, **NCA** et **NMC**. Ces différentes batteries reposent sur un socle général commun (un électrolyte liquide à base de lithium, une anode de carbone en graphite, etc.) et se distinguent par leur cathode. Cette dernière peut être constituée d'une variété de métaux, comme le cobalt, le nickel, le manganèse, le phosphate de fer lithié ou l'aluminium.

Vue d'ensemble des 5 principaux types de batteries lithium-ion sur le marché (*)

Unité : part en marché en % du total

	Lithium Cobalt Oxide	Lithium Manganèse Oxide	Lithium Fer Phosphate	Lithium-Nickel-Cobalt-Aluminium	Lithium Nickel Manganèse Cobalt Oxide
Abréviation	LCO ; Li-cobalt	LMO	LFP ; Li-phosphate	NCA ; Li-aluminium	NMC
Mise sur le marché	1991	1996	1996	1999	2008
Composé chimique	$LiCoO_2$	$LiMn_2O_4$	$LiFePO_4$	$LiNiCoAlO_2$	$LiNiMnCoO_2$
Composants de cathode	Cobalt	Manganèse	Phosphate de fer lithié	Nickel ; Cobalt ; Aluminium	Nickel ; Manganèse ; Cobalt

(*) Liste non-exhaustive / Sources : Avicenne Energy, Battery Univesity (Cadex Electronics)

[14] Le prix Nobel de chimie 2019 a d'ailleurs été attribué à trois scientifiques pour leur contribution au développement de la batterie lithium-ion. Il s'agit de Stanley Whittingham (université de Binghamton, États-Unis), John Goodenough (université d'Austin, États-Unis) et Akira Yoshino (Asahi Kasei Corporation / université de Meijo, Japon).

[15] La batterie plomb-acide reste très importante sur le marché car elle équipe pratiquement tous les véhicules à moteur à explosion dans le monde. La batterie nickel-métal-hydrure demeure utilisée pour des applications de spécialité qui exigent des performances opérationnelles élevées (températures extrêmes, sécurité, etc.) et par des constructeurs automobiles comme Toyota. La batterie nickel-cadmium est désormais interdite dans l'UE sauf pour des applications pour lesquelles il n'existe pas encore d'alternative (en particulier dans l'industrie et le médical).

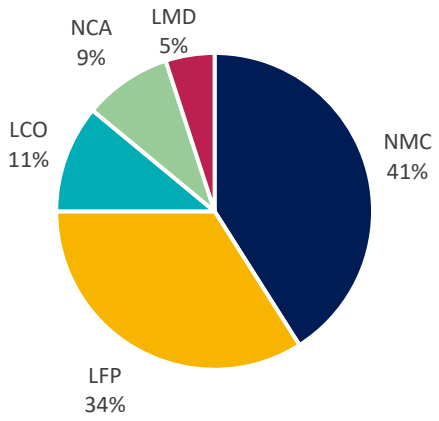
[16] Entretien « Jean-Marie Tarascon : « Le Lithium-ion s'installe pour tout le XXIe siècle » », Les Echos, 30 janvier 2019

Succès de la technologie NMC, tirée par le secteur automobile

Les batteries de type NMC, commercialisées depuis 2008, arrivent en tête de la compétition internationale du marché des batteries. Les batteries NCM se sont largement imposées sur le marché mondial. Elles représenteraient 41% des batteries lithium-ion commercialisées en 2018, d'après Avicenne Energy. Les batteries NMC offrent une densité d'énergie et de puissance massique élevée grâce à la combinaison de nickel, manganèse et de cobalt de leur cathode. Ces caractéristiques expliquent en grande partie leur adoption sur le marché automobile. Les constructeurs Audi, BMW, BYX, Nissan, Renault ou encore Hyundai ont équipé leurs modèles électriques de batteries NMC.

La structure du marché mondial des batteries lithium-ion, par type de batterie en 2018

Unité : part en % du volume de production de cathodes

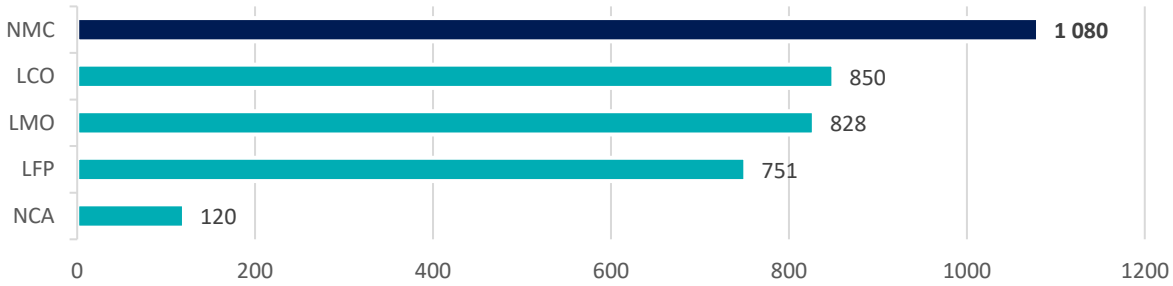


Source : Avicenne Energy 2019

Les batteries NMC sont également celles sur lesquelles les efforts de R&D ont été les plus importants ces dernières années. D'après l'Office européen des brevets, 1 080 familles internationales de **brevets** ont été déposées pour cette technologie entre 2009 et 2018. Les technologies NMC offrent diverses combinaisons possibles de nickel, manganèse et cobalt et comprennent des sous-catégories comme la NMC111 (un tiers de nickel, un tiers de manganèse et un tiers de cobalt), la NMC523 (50% Ni, 20% Mn et 30% Co) ou encore la NMC622.

Nombre de familles internationales de brevets déposées par type de batterie Li-on (2009-2018)

Unité : nombre de brevets déposés



Traitement OSFME / Source : Office européen des brevets

Large adoption de la technologie LFP pour les transports publics en Chine

La compétition entre les différentes technologies de lithium-ion n'est pas terminée pour autant. La **technologie LFP** (lithium-fer-phosphate) représentait 34% du marché mondial des batteries lithium-ion en 2018. Elle présente une densité d'énergie massique inférieure aux batteries NMC mais une forte densité de puissance avec une meilleure sécurité et de bonnes performances opérationnelles. Les batteries LFP sont également moins coûteuses à produire grâce à l'utilisation de matériaux bon marché et l'absence de métaux comme le cobalt.

Cette solution est particulièrement utilisée pour les véhicules de transport, comme les **bus urbains**, qui n'ont pas besoin d'une autonomie kilométrique élevée entre deux points de charge mais qui requièrent une puissance élevée et peuvent embarquer des solutions relativement volumineuses. Cette technologie est très développée en Chine, notamment pour les transports publics. Par ailleurs, Tesla a décidé en juin 2020 d'intégrer des batteries LFP dans ses véhicules Model 3 afin d'en diminuer le prix d'achat sur le marché chinois. Ces batteries seront fabriquées par le *leader* chinois CATL, qui assure être parvenu à accroître la densité d'énergie de ses solutions[17]. Les batteries LFP sont également commercialisées pour le stockage stationnaire et les solutions de petite mobilité.

La technologie NCA, une solution de niche portée par des constructeurs comme Tesla

La part de marché de la **technologie NCA** (nickel-cobalt-aluminium) est encore limitée (9% en 2018) et le nombre de familles internationales de brevets déposées est nettement inférieur à la technologie dominante NMC. Les batteries NCA présentent une densité d'énergie et une densité de puissance élevée, qui les rend particulièrement adaptées pour les véhicules électriques. Il s'agit de la technologie historiquement privilégiée par Tesla pour équiper ses véhicules électriques. Ces batteries sont notamment produites par le Japonais Panasonic dans la méga-usine du Nevada, aux États-Unis, et le Sud-Coréen LG Chem. Toutefois, la sécurité de ce type de batterie est plus complexe à assurer que pour la technologie NMC.

[17]Bloomberg News, « Tesla to Cut Price on Chinese Model 3 With CATL Battery », 1 octobre 2020

Les principales pistes de recherche pour la batterie du futur portent en grande partie sur 4 axes : l'augmentation des **performances** en termes d'énergie et de puissance et la baisse du **prix** des batteries. En parallèle, les fabricants s'efforcent d'améliorer la **sécurité** et la fiabilité des solutions lithium-ion[18] tout améliorant **l'empreinte environnementale** de leurs produits et de leur chaîne d'approvisionnement (en particulier sur l'usage des minerais).

Baisse du prix des batteries | **Hausse des performances** | **Amélioration de la sécurité** | **Amélioration de la RSE**

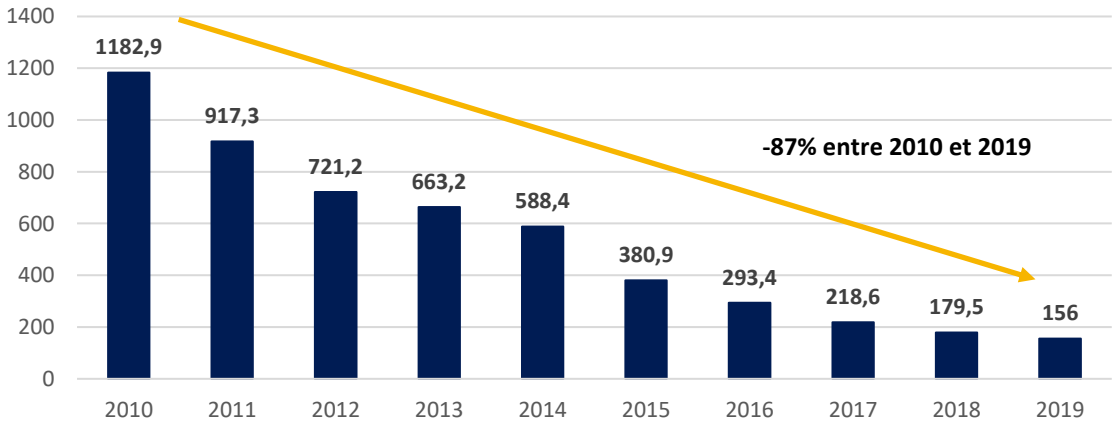
Focus sur la réduction des prix des batteries

Le prix des batteries est au cœur de la course des fabricants du secteur pour la conquête du marché automobile. La différence de prix entre un véhicule thermique et un véhicule électrique constitue l'un des principaux freins à l'achat. La batterie représente entre 30 et 40% du prix d'un VE et constitue donc l'un des principaux postes de réduction charges ciblés par les constructeurs.

Entre 2010 et 2019, le prix moyen d'un pack de batterie automobile a chuté de 87% grâce aux efforts d'innovation entrepris par les acteurs de l'industrie. Les principaux leviers pour réduire les coûts sont l'innovation (au niveau de la chimie des cellules ainsi que la conception des produits et l'industrialisation des procédés de fabrication) et la course au volume, notamment *via* des méga-usines, pour réaliser des économies d'échelle. L'objectif est de passer sous la barre des 100 USD/kWh pour rendre le véhicule électrique compétitif par rapport à un véhicule thermique.

Évolution du prix des packs de batteries pour l'automobile dans le monde (2010-2019)

Unité : USD/kWh



Source : IEA, « Evolution of Li-ion battery price, 1995-2019 », page Internet, actualisé le 30 juin 2020

[18] L'électrolyte liquide des batteries lithium-ion est inflammable ce qui présente des risques importants de sécurité, notamment dans des secteurs où les normes anti-incendie sont particulièrement strictes, comme l'aviation.

Les futures générations de batteries identifiées par la Commission européenne

La chimie lithium-ion a concentré une grande partie des efforts de R&D dédiée au développement de futures batteries utilisant de nouveaux matériaux de cathodes, d'anodes et d'électrolytes. Une feuille de route des différentes technologies de batteries est régulièrement actualisée depuis 2017 pour la Commission européenne dans le cadre de son plan d'action pour la recherche et l'innovation[19]. Ce document vise à d'identifier les caractéristiques des prochaines générations capables d'offrir un fort avantage compétitif sur le marché à moyen terme.

Feuille de route des technologies de batterie de l'Union européenne

Génération	Matériaux actifs	Type de chimie	Mise sur le marché
1	Cathode : LFP, NCA Anode : 100% carbone	Cellule li-ion	Commercialisé
2a	Cathode : NMC111 Anode : 100% carbone	Cellule li-ion	
2b	Cathode : NMC523 à NCM622 Anode : carbone	Cellule li-ion	
3a	Cathode : NMC622 à NMC811 Anode : carbone (graphite) et une part de 5 à 10% de silicone	Cellule li-ion optimisée	2020
3b	Cathode : NMC haute énergie (HE-NMC), spinelle de haute-tension (HVS) Anode : silicone / carbone	Cellule li-ion optimisée	2025
4a	Cathode : NMC Anode : silicone / carbone Électrolyte : solide	Li-on tout solide	2025
4b	Cathode : NMC Anode : lithium-métal Électrolyte : solide	Li-on tout solide	Après 2025
4c	Cathode : NMC haute énergie (HE-NMC), spinelle de haute-tension (HVS) Anode : lithium-métal Électrolyte : solide	Li-on tout solide avancé	2030
5	Lithium-air / métal air ; Lithium-soufre ; Sodium-ion, aluminium-ion, manganèse-ion	Nouvelle cellule ; Nouvelle chimie de conversion ; Nouvelle chimie d'insertion	Après 2030

Source : European Technology and Innovation Platform on Batteries – Batteries Europe, « Strategic Research Agenda for batteries », 4 décembre 2020, page 14

[19] Energy Union priorities / Research and Innovation and Competitiveness SET Plan related actions, Action 7: Become competitive in the global battery sector to drive e-mobility forward »

L'évolution de dépôts de brevets permet d'identifier les technologies de batteries sur lesquelles les acteurs industriels s'efforcent de sécuriser un avantage technologique pour gagner un avantage compétitif sur le marché. Il est intéressant de noter que les lignes directrices de la feuille de route des technologies de batterie de l'Union européenne correspondent en grande partie à l'évolution des stratégies de dépôt de familles internationales de brevets.

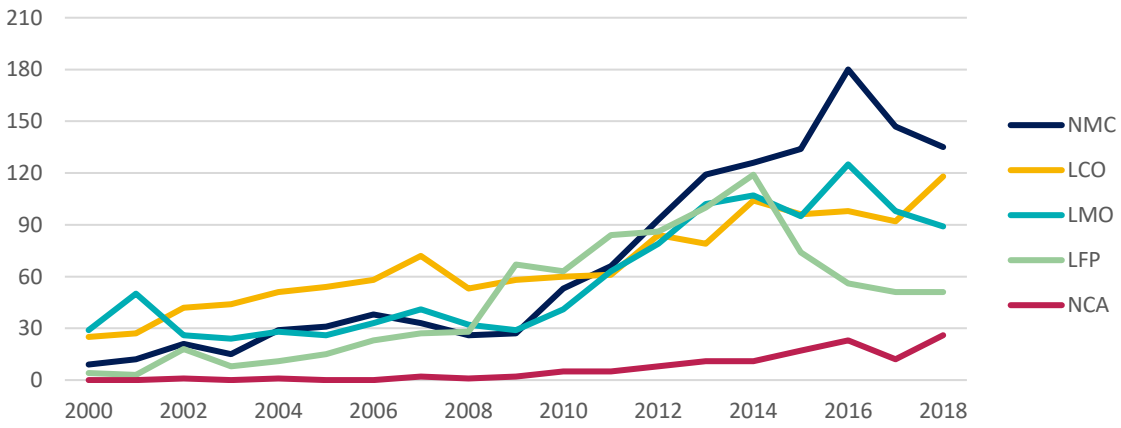
Cathode : priorité à la technologie NMC et à la réduction en cobalt

Les dépôts de brevets sur les 5 principaux types de cathode des batteries lithium-ion (NMC, LCO, LMO, LFP, NCA) ont fortement progressé : 2 184 familles internationales de brevets ont été déposées entre 2014 et 2018, contre 1 445 entre 2009 et 2013. Cette forte croissance est tirée par la technologie **NMC**. Le total du nombre de brevets déposés pour ce type de cathode a progressé de plus de 100% entre les deux périodes. Le nombre de brevets déposés pour la NCA a bondi de 187%. Ces deux technologies intéressent l'industrie automobile en raison de leur densité d'énergie massique élevée. En revanche, les dépôts pour la LFP ont reculé de plus de 12%.

L'un des principaux axes de développement consiste à réduire la part de cobalt utilisé pour la fabrication des cathodes, notamment NMC, qui est un minerai coûteux avec des performances socio-environnementales décriées[20] mais dont la présence permet d'améliorer la durée de vie de la batterie (cyclabilité). Il s'agit de l'un des principaux enjeux du passage de la génération de batterie. Après la génération 2a, qui contenait un tiers de cobalt (NMC111), la génération 2b déployée sur le marché a permis d'abaisser cette part à 30% (NMC523) et 20% (NMC622). La génération 3a en cours de déploiement a diminué cette part à 10% (NMC811) et les travaux de R&D en cours s'efforcent de faire passer cette part à 5% (NMC955).

Nombre de familles internationales de brevets déposées par matériau de cathode Li-on (2000-2018)

Unité : nombre de familles internationales de brevets déposées



Traitement : OSFME / Source : IAE, EPO, « Innovation in batteries and electricity storage, A global analysis based on patent data », septembre 2020, figure 7.2, page 69

[20] La République démocratique du Congo est le premier producteur mondial et une partie de la production provient de mines artisanales non réglementées.

Anode : essoufflement du graphite, stabilisation du silicone, accélération du lithium

Le nombre total de familles internationales de brevets déposés sur les matériaux **d'anode** des batteries lithium-ion entre 2014 et 2018 a progressé d'environ 102% par rapport à la période 2009-2013.

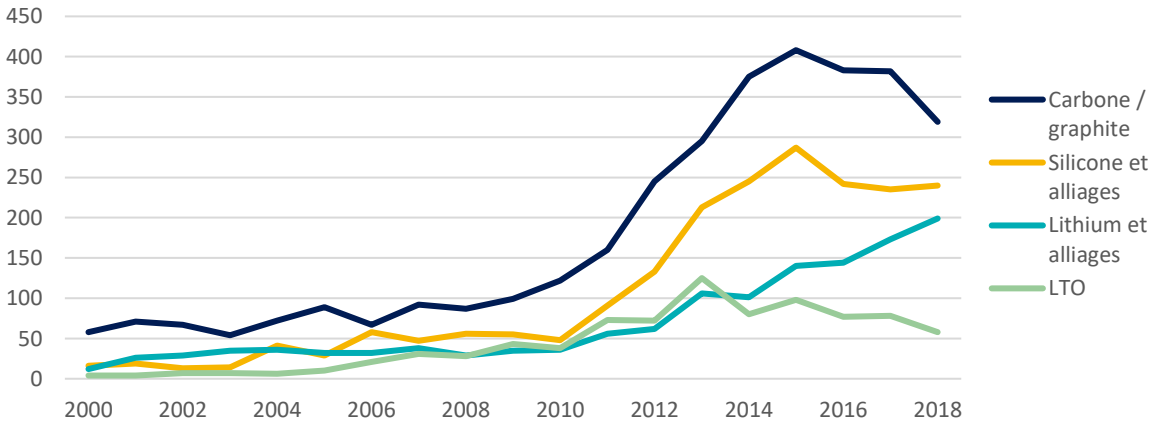
Les dépôts de brevets sur les anodes en graphite sont restés très élevés entre 2013 et 2018 mais leur nombre a significativement reculé, ce qui peut témoigner d'une arrivée à maturité des efforts de R&D des principaux centres de recherche dans ce domaine, qui caractérisent les générations 1, 2a et 2b des batteries.

Les stratégies de dépôts de brevets dans le domaine des anodes en silicone se sont maintenues à haut niveau pendant toute la période (avec un pic en 2015). L'intégration d'une part de silicone à une anode de graphite permet d'améliorer significativement la densité d'énergie de la batterie pour passer à la génération 3a et 3b. Le principal défaut des anodes de silicone est de changer de volume de manière importante pendant la charge de la batterie. Les anodes en **titane** (LTO) présentent un changement de volume moins important que celle avec du silicone mais le coût élevé du titane a visiblement freiné les efforts des acteurs économiques sur cette technologie.

Les dépôts de brevets d'anode en lithium et ses alliages ont fortement progressé entre 2013 et 2018. Les anodes en **lithium-métal** offrent une très forte densité d'énergie mais présentent d'importants défis en termes de sécurité lorsqu'elles sont combinées avec un électrolyte liquide. L'utilisation de lithium-métal provoque l'apparition de dendrites, des dépôts capables de percer le séparateur entre l'anode et la cathode et de provoquer un court-circuit de la batterie avec un risque d'incendie[21]. L'une des solutions de recherche serait alors de passer à la 4e génération de batterie : les batteries avec un électrolyte solide ininflammable.

Évolution du nombre de familles internationales de brevets déposées par matériau d'anode Li-on (2000-2018)

Unité : nombre de familles internationales de brevets déposées



Traitement : OSFME / Source : IAE, EPO, « Innovation in batteries and electricity storage, A global analysis based on patent data », septembre 2020, figure 7.3, page 70

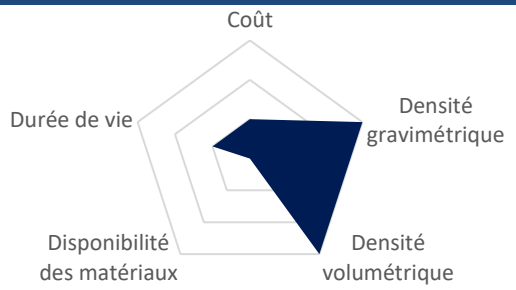
[21] Les toutes premières batteries lithium-métal développées dans les années 80 ont été un échec industriel.

La batterie tout-solide, une 4e génération très attendue

La batterie tout-solide (*Solid State Battery*) représente la 4e génération de batterie identifiée par l'Union européenne. Les principaux marchés clients de la batterie tout solide sont l'automobile et le stockage stationnaire.

Atouts de la technologie batterie lithium tout-solide comparé à la technologie lithium-ion

Note : 0: inférieur au li-ion, 1 : équivalent au li-ion, 2 : supérieur au li-ion, 3 : nettement supérieur au li-ion

Batterie tout-solide, anode Li-métal	Critère	Note
	**Coût**	1
	Densité gravimétrique	3
	Densité volumétrique	3
	Disponibilité des matériaux	1
	Durée de vie	1
	Niveau de maturité technologique	5/11

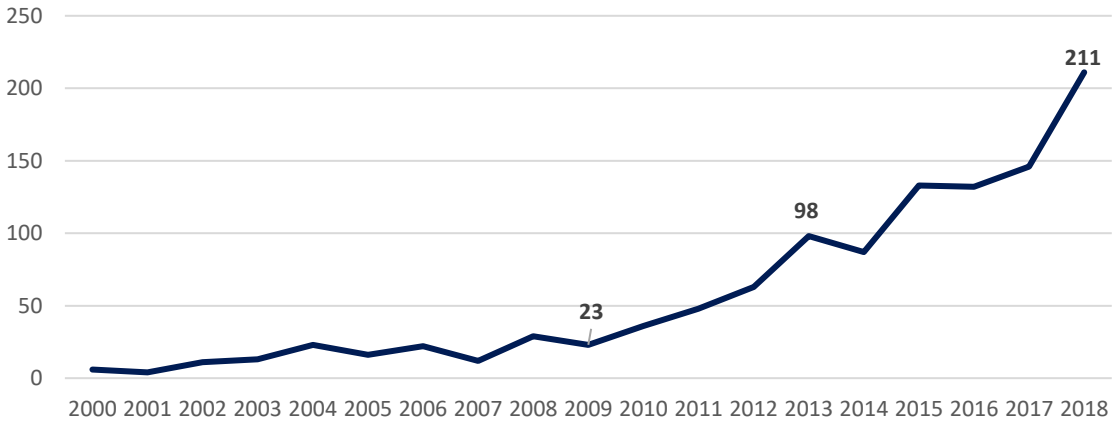
Source : IEA, « Global EV Outlook 2020, Entering the decade of electric drive? », juin 2020

L'utilisation d'un électrolyte solide représente un changement de paradigme par rapport à la batterie lithium-ion à électrolyte liquide. Elle permettrait d'utiliser du lithium-métal au niveau de l'anode pour offrir des performances nettement supérieures à la batterie lithium-ion, que ce soit sur le plan de la sécurité (l'électrolyte solide n'est pas inflammable, à la différence d'un électrolyte liquide Li-on), de la densité d'énergie massique (et volumique) ainsi que du nombre de cycles.

Les efforts de brevetage se sont intensifiés ces dernières années, ce qui témoigne de la forte volonté des acteurs économiques de se positionner sur cette technologie de rupture. 211 familles internationales de brevets déposés en 2018, contre seulement 23 en 2009. Mais plusieurs défis doivent encore être résolus pour produire un électrolyte solide conducteur à basse température ou stabiliser les interfaces.

Nombre de familles internationales de brevets déposés pour la technologie tout-solide (2000-2018)

Unité : nombre de brevets déposés par an



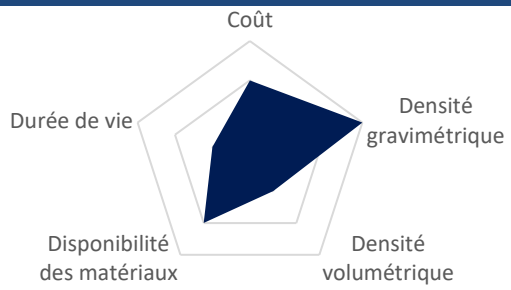
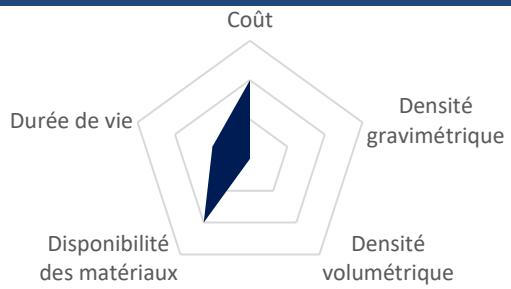
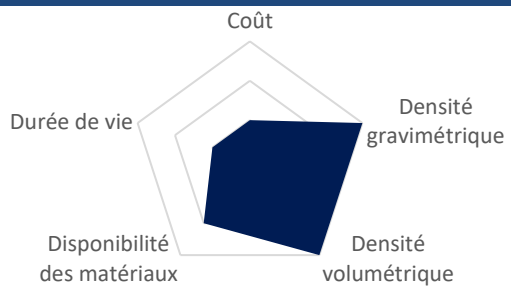
Source : IAE, EPO, « Innovation in batteries and electricity storage, A global analysis based on patent data », septembre 2020, figure 7.4, page 71

Les 5e générations de batterie et les autres technologies en développement

La batterie lithium-air est identifiée par l'UE comme la 5e génération de batteries. Mais de nombreuses autres technologies sont également en plein développement, comme la technologie **sodium-ion**, développée en France par Tiamat, ou encore le **lithium-soufre** et le **lithium-air**. La **batterie à flux circulants** (redox-flow) dispose de caractéristiques particulièrement intéressantes pour les applications de stockage stationnaire de grandes capacités, pour intégrer des énergies renouvelables intermittentes à un réseau. La quantité d'énergie qui peut être stockée dépend notamment du volume des réservoirs qui peuvent être aisément redimensionnés grâce à une conception radicalement différente des batteries lithium-ion.

Atouts de la technologie batterie lithium tout-solide comparé à la technologie lithium-ion

Unité : 0: inférieur au li-ion, 1 : équivalent au li-ion, 2 : supérieur au li-ion, 3 : nettement supérieur au li-ion

Lithium-soufre	Critère	Note
	**Coût**	2
	Densité gravimétrique	3
	Densité volumétrique	1
	Disponibilité des matériaux	2
	Durée de vie	1
	Niveau de maturité technologique	**4/11**
Sodium-ion	**Critère**	**Note**
	**Coût**	2
	Densité gravimétrique	0
	Densité volumétrique	0
	Disponibilité des matériaux	2
	Durée de vie	1
	Niveau de maturité technologique	**3-4/11**
Lithium-air	**Critère**	**Note**
	**Coût**	1
	Densité gravimétrique	3
	Densité volumétrique	3
	Disponibilité des matériaux	2
	Durée de vie	1
	Niveau de maturité technologique	**1-2/11**

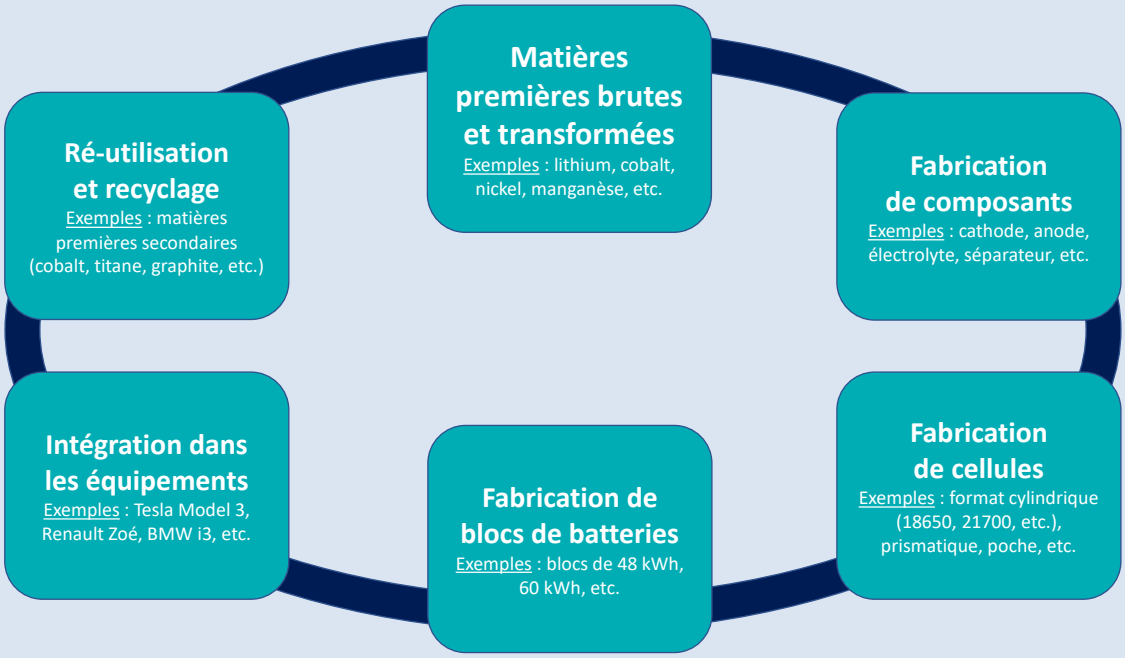
Source : IEA, « Global EV Outlook 2020, Entering the decade of electric drive? », juin 2020

UNE FILIÈRE INDUSTRIELLE DOMINÉE PAR LES ACTEURS ASIATIQUES

La filière en 6 étapes

La production d'un pack de batterie intégré à un véhicule électrique peut être divisée en 6 grandes étapes, recyclage compris. Chaque étape requiert d'importants efforts de R&D.

La filière des batteries en 6 étapes



Source : Commission européenne, « L'Europe en mouvement, Une mobilité durable pour l'Europe : sûre, connectée et propre », 2018, Annexe 2, page 1

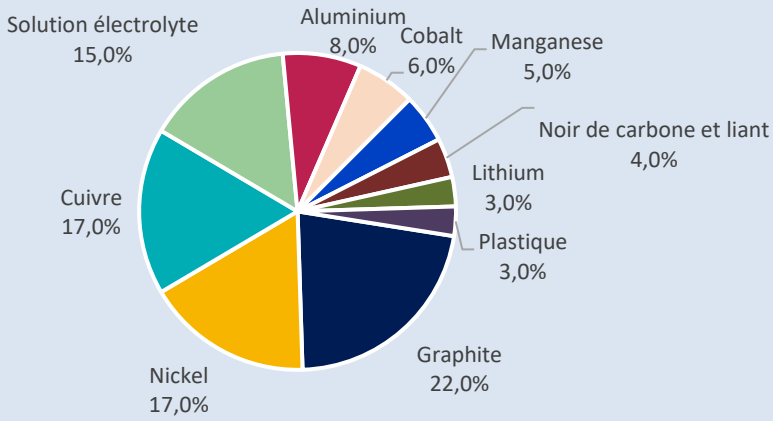
Un pack de batterie peut représenter entre 30 et 40% de la valeur d'un véhicule électrique. Les principaux coûts de production d'une batterie reposent sur la fabrication des cellules et des différents composants. Ces derniers sont eux-mêmes être fabriqués à partir de minerais très coûteux, comme le cobalt.

Lithium, cobalt, graphite : des minerais critiques

Les batteries lithium-ion comprennent un grand nombre de minerais. Le nom de chaque technologie est révélateur de la place prise par les batteries au cœur de la géopolitique des matières premières. Les cathodes NMC contiennent du nickel, du manganèse et du cobalt. Les NCA contiennent du nickel, du cobalt et de l'aluminium.

Principales matières premières contenues dans une batterie lithium-ion NMC622

Unité : part en % du poids total



Source : Argonne National Laboratory, via IAE, EPO, « Innovation in batteries and electricity storage, A global analysis based on patent data », septembre 2020, figure 4.9, page 49

Plusieurs de ces minerais ont été identifiés comme des matières premières critiques par l'Union européenne. La criticité est définie en fonction de deux paramètres principaux : l'importance économique de la matière première pour l'UE et le risque de pénurie d'approvisionnement[22]. La dernière liste publiée par la Commission européenne en 2020 a rajouté le **lithium**. Plusieurs autres minerais cruciaux pour la production de batterie sont listés, comme le **cobalt** et le **graphite naturel**.

De plus, d'autres métaux jugés aujourd'hui non critiques par l'Union européenne peuvent présenter des risques pour l'industrie européenne dans certains scénarios de mobilité et d'engagement climatiques. Le **nickel** n'a pas été retenu en 2020 mais la Commission indique qu'elle « surveillera de près le nickel, compte tenu de l'évolution de la croissance de la demande des matières premières pour les batteries »[23]. C'est aussi le cas du **cuivre**. Environ 96 % des ressources en cuivre identifiées en 2010 auront été extraites d'ici 2055 pour répondre aux besoins de la transition énergétique du secteur de l'énergie et des transports, dans le cas d'un

[22] Dumitru FORNEA, Michal PINTÉR, « Résilience des matières premières critiques : la voie à suivre pour un renforcement de la sécurité et de la durabilité », Commission européenne, 3 septembre 2020

[23] *Ibid.,* page 3

scénario contraignant avec un objectif climatique de 2°C[24]. Un véhicule électrique embarque trois à neuf fois plus de cuivre qu'un véhicule à moteur à explosion[25].

Des craintes de déséquilibre entre l'offre et la demande mondiale à moyen terme

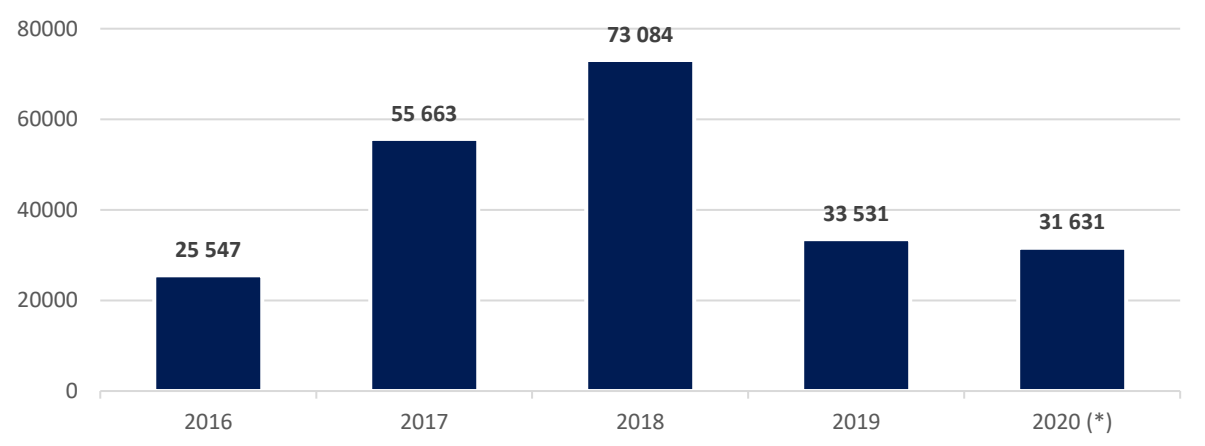
La croissance des véhicules électriques et des solutions de stockage stationnaire renforcera significativement la demande en matières premières entrant dans la composition des batteries. Les volumes d'approvisionnements de l'UE en lithium devront être multipliés par 18 d'ici 2030 et par près de 60 d'ici 2050 pour répondre à la croissance des besoins de l'économie européenne. Les besoins en cobalt pourraient être multipliés par 5 en 2030 et 15 d'ici 2050[26].

Les acteurs industriels expriment régulièrement leur crainte vis-à-vis d'une potentielle rupture d'approvisionnement. L'Américain Tesla a conclu plusieurs accords de long terme avec des groupes miniers pour sécuriser ses achats de matières, notamment avec Glencore pour le cobalt en juin 2020, Piedmont Lithium pour le lithium en septembre 2020 et le groupe américain était en discussion avec BHP pour le nickel en octobre 2020[27].

L'inquiétude des acteurs industriels est alimentée la forte volatilité de certains métaux. À titre d'exemple, le prix annuel moyen à la tonne du cobalt a été multiplié par deux entre 2016 et 2017, avant d'atteindre un pic à plus de 92 000 USD en mars 2018 et de dévisser en 2019. Début octobre 2020, la tonne de cobalt s'échangeait aux alentours de 33 000 USD.

Évolution du prix annuel moyen du cobalt (London Metal Exchange - *Cobalt 3 Month*)

Unité : prix annuel moyen en USD/kg



Note : prix moyen calculé de janvier à octobre 2020 / Traitement OSFME / Source : LME-Cobalt 3 Month

[24] Clément BONNET, Gondia Sokhna SECK, Emmanuel HACHE, Marine SIMOËN, Samuel CARCANAGUE, « Copper at the crossroads: assessing the interactions of the low carbon energy transition with a non-ferrous and structural metal », IFPEN/IRIS, juillet 2019, page 33

[25] Emmanuel HACHE, Clément BONNET, Gondia SOKHNA SECK, Marine SIMOËN, « Cuivre : quel avenir pour ce métal essentiel à la transition énergétique ? », The Conversation, 11 juillet 2019

[26] Dumitru FORNEA, Michal PINTÉR (2020), page 6

[27] Étienne GOETZ, « Nickel : Tesla en discussions avec BHP pour sécuriser son approvisionnement », Les Echos, 8 octobre 2020

Le recyclage est un maillon de la filière des batteries en plein développement. Son importance est jugée stratégique à moyen terme. Les véhicules électriques et la multitude de solutions de mobilité en circulation arriveront nécessairement en fin de vie. La croissance du volume de batteries à traiter fera du recyclage une étape clé de la chaîne de valeur des batteries pour permettre à l'Europe de respecter ses obligations environnementales, accélérer le développement du stockage stationnaire et gagner une autonomie stratégique à travers de nouvelles « mines urbaines ».

Réutilisation : la 2e vie des batteries dans le stockage stationnaire

La réutilisation des batteries démultiplie leur valeur économique en allongeant leur usage. Les batteries sont considérées en fin de vie lorsque leur cyclabilité (soit le nombre de fois où la batterie peut être rechargée sans perdre en performance) tombe en dessous d'un niveau défini. Une batterie ayant perdu 30% de son autonomie pourra être considérée comme en fin de vie pour une solution de transport. Il n'en reste pas moins que la batterie dispose encore de 70% de son autonomie et qu'elle peut être réutilisée pour d'autres usages. Le stockage stationnaire est un débouché privilégié car la densité d'énergie massique et volumique n'est pas un critère aussi prépondérant.

Cependant, il y a encore peu d'expérience à ce jour sur ce marché naissant où demeurent des défis techniques (liés au processus de reconditionnement) et économiques (liés à la concurrence des batteries neuves dont le prix ne cesse de baisser).

Étude de cas : la réutilisation des batteries des Renault Zoé dans les bâtiments Bouygues

Les batteries des véhicules Renault Zoé sont garanties 8 ans et elles sont remplacées à partir du moment elles ont perdu 25% d'autonomie. Leur durée de vie est de 20 ans et elles peuvent donc être fonctionnelles encore une dizaine d'années[28]. Les batteries des Zoé sont notamment rachetées par Bouygues Energies et Services dans le cadre du projet ELSA (Energy Local Storage Advanced), financé par le programme Horizon 2020 de l'Union européenne.

Ce projet de stockage à petite échelle intègre des batteries de véhicules électriques pour des applications de stockage stationnaire sur six sites résidentiels et commerciaux afin de fournir différents services comme « l'atténuation de la congestion du réseau, l'équilibrage local du réseau, le soutien de la tension ou la régulation ». Les batteries permettent par exemple de stocker l'énergie produite par les panneaux photovoltaïques pour soutenir l'autoconsommation d'un bâtiment[29].

[28] Laurent MARCAILLOU, « Des milliers de batteries électriques recyclées chaque année », Les Echos, no. 23082, 26 novembre 2019

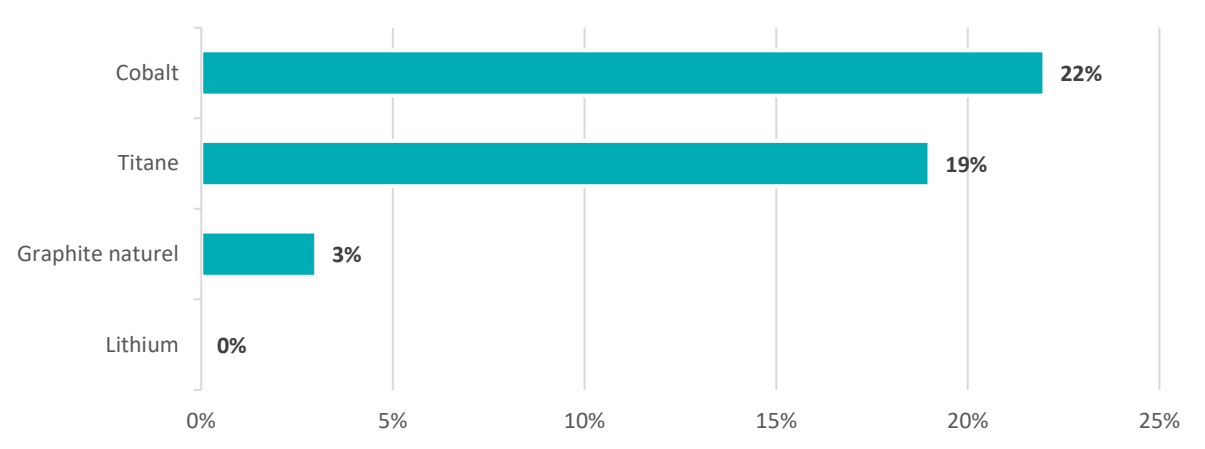
[29] Bouygues Énergies & Services, « ELSA : quand l'énergie locale est stockée grâce à des batteries de deuxième vie », 1er novembre 2018, consulté en novembre 2020

Recyclage : l'importance stratégique des « mines urbaines »

Le recyclage pourrait devenir une source d'approvisionnement en minerais. L'Union européenne manque d'une grande partie des matières premières nécessaires au développement de l'industrie des batteries. En devenant, à terme, l'un des principaux marchés mondiaux des véhicules électriques, l'UE disposera d'un stock important de batteries usagées contenant une quantité importante de métaux critiques comme le cobalt ou le nickel. Ces volumes de déchets sont à la base des « mines urbaines », ces gisements de ressources « hors sols » constitués de la multitude des produits hors d'usage. Ces matières premières secondaires peuvent être réinjectées dans la chaîne de production de nouvelles batteries. Le volume total de cobalt recyclé au sein de l'Union européenne permet déjà de satisfaire environ 22% de la demande européenne.

Le taux de contribution des matières recyclées d'une sélection de matériaux critiques des batteries

Unité : part en en % de la demande globale qui peut être satisfaite avec des matières premières secondaires



Note : le taux de contribution des matières recyclées (*Recycling input rate* (RIR)) est la part en % de la demande globale qui peut être satisfaite avec des matières premières secondaires

Source : Dumitru FORNEA, Michal PINTÉR, « Résilience des matières premières critiques : la voie à suivre pour un renforcement de la sécurité et de la durabilité », Commission européenne, 3 septembre 2020, page 12

Si le potentiel des « mines urbaines » est conséquent, de nombreux défis doivent être relevés, tant sur plan technologique qu'économique. Le recyclage de matières premières se heurte au manque d'écoconception des produits finis. Les minerais sont souvent présents en petite quantité et mélangés dans des alliages particulièrement complexes à récupérer. La viabilité économique du recyclage dépend en grande partie du volume de matières premières secondaires qui peuvent être extraites des déchets. Pour être traités en grande quantité, ces déchets doivent être standardisés. Mais les fabricants font évoluer rapidement les différentes technologies de batteries, ce qui modifie la structure du produit fini. L'une des priorités des fabricants est d'ailleurs de diminuer la quantité de minerais critiques de leurs solutions pour en diminuer le coût de production. L'utilisation de matériaux meilleur marché peut fortement diminuer les perspectives de retour sur investissement des opérations de recyclage.

Deux grands types de stratégies de soutien industriel

La puissance publique dispose d'une large palette d'instruments pour encourager, orienter et accompagner les activités innovantes de la part du secteur privé. Sa stratégie peut mettre l'accent sur un soutien à la demande pour un nouveau produit ou sur le renforcement des capacités d'offre de ses firmes domestiques. Cette dernière stratégie du soutien par **l'offre** encouragera le développement d'activités d'innovation de la part des firmes domestiques tandis qu'un soutien par la **demande** bénéficiera à l'ensemble des firmes, y compris étrangères (Fabrizio et al., 2017).

Japon : une politique en avance depuis 30 ans

Le développement des batteries au Japon est directement lié à celui de l'industrie automobile. La première stratégie nationale de R&D dans le secteur du véhicule électrique est mise en place en 1971. Mais c'est pendant les années 1990 que le pays renforce sa politique de R&D avec en 1992 le financement de projets public-privé visant à améliorer les capacités des batteries, suivi en 1997 de la définition d'une stratégie nationale de R&D pour le véhicule hybride. Plusieurs programmes de R&D se succéderont ensuite en 2010, 2014 et 2018, avec pour objectif de soutenir l'industrie japonaise du véhicule bas-carbone.

En 2012, la technologie du stockage stationnaire devient en soi une priorité pour les autorités japonaises. Le METI met en place cette année une stratégie de R&D destinée aux technologies des batteries. Elle fixe comme objectifs à horizon 2020 que le Japon couvre 50% de la demande mondiale de batteries. La part belle est faite au stockage stationnaire à grande échelle qui devra représenter 35% de ces ventes, suivi du stockage à usage résidentiel et industriel (25%) et du stockage embarqué (40%).

Le gouvernement japonais a également assuré un soutien généreux à la demande de véhicules bas-carbone, créant ainsi un marché dynamique dont peuvent bénéficier les grandes entreprises japonaises du secteur automobile[30].

Corée du Sud : une stratégie globale partie d'un segment de pointe

En 2004, la Corée met en place une loi visant à stimuler la R&D dans les véhicules bas-carbone. Néanmoins, **le tournant majeur dans cette stratégie est impulsé par la loi pour la croissance verte**

[30] Les véhicules électriques bénéficient dès 2001 d'une taxation plus faible, révisée en 2009 et accompagnée d'une subvention à l'achat. La demande pour les batteries sera également stimulée via la révision du système de soutien au solaire photovoltaïque en 2014. Le gouvernement se propose de financer jusqu'à deux tiers du coût d'installation d'un système de stockage stationnaire si celui-ci vient compléter une installation solaire.

de 2009[31]. Elle amorce une considérable augmentation des dépenses de R&D à destination des technologies bas-carbone. Conscient de son expérience dans le secteur des batteries portatives, le gouvernement coréen choisira de privilégier la batterie au lithium. Celle-ci est placée au cœur de la stratégie de conquête du marché mondial des batteries que formalisent les Stratégies de Développement et d'Industrialisation de la Technologie du Stockage d'Énergie, mises en place en 2011 par le gouvernement (Lee et al., 2015).

Ce plan de développement vise à ce que la Corée fournisse 30% de la demande mondiale de batteries à horizon 2020 – notamment via la réduction du coût de production des batteries et l'allongement de leur durée de vie. Pour cela, le gouvernement vise à créer un marché pour les batteries à toutes les échelles du réseau électrique. L'opérateur public KEPCO est investi de la mission de déployer des stations de stockage pilotes. Les centrales de production d'énergie renouvelable sont également encouragées à coupler la génération d'électricité à des systèmes de stockage stationnaire. Enfin, un programme de subvention encourage l'installation de batteries par les particuliers et les entreprises. Depuis 2016, ces consommateurs peuvent payer un tarif de base de l'électricité plus faible s'ils parviennent à injecter sur le réseau durant les heures de pointe de l'électricité stockée. La durée du retour sur investissement de l'installation de stockage, pour un ménage représentatif, passe de 10 ans à 4,6 ans grâce à ce système (Banque Mondiale, 2020).

Chine : un marché intérieur au service de l'industrie nationale

En Chine, le développement du véhicule électrique a impulsé celui des technologies de stockage d'électricité. Le soutien à la R&D, notamment via le programme 863, à la filière du véhicule électrique commence dès 2006. Ce soutien sera renforcé en 2010 pour faire suite au plan de réajustement de l'industrie automobile mis en place en 2009 pour organiser son redressement d'après crise.

Parallèlement, une série de mesures politiques voit le jour à partir de 2009 pour encourager l'émergence d'un marché intérieur dynamique pour les véhicules électriques. Un système de subventions à l'achat (2010 - …), d'exemptions de taxes (2012 - …), d'ajustement des taxes sur les carburants (2015 - …), un plan de développement des infrastructures de chargement (2015) puis un système de quotas de déploiement de véhicules électriques (2018-…) conduisent la Chine à devenir le plus grand marché du véhicule électrique – **en 2019, c'est 47% de la flotte mondiale de véhicules électrique (7,2 millions de véhicules) qui circulent en Chine** (Global EV Outlook 2020).

De plus, la rapidité du déploiement des énergies non-pilotables en Chine a amené les pouvoirs publics à accélérer le développement de solutions de stockage stationnaire pour permettre au réseau d'accueillir ces volumes d'électricité intermittente. **Le stockage d'énergie est inclus dans les 9 technologies clés identifiées par le Gouvernement Central dans le Plan Stratégique d'Action**

[31] La loi pour la croissance verte est une loi d'internationalisation des industries coréennes des technologies bas-carbone. Elle vise explicitement à « développer de futurs produits prometteurs et de nouvelles technologies dans les industries liées à l'énergie et à l'environnement et acquérir de nouveaux moteurs de croissance et de nouveaux emplois tout en les fusionnant avec les industries existantes ».

pour le Développement de l'Énergie de 2014-2020. Il s'ensuivra en 2015 la définition des programmes de R&D par le Ministère de la Science et de la Technologie qui fixe des objectifs quantifiés d'amélioration de la densité énergétique des batteries. Depuis, la planification de l'évolution du secteur de l'électricité intègre systématiquement le rôle du stockage d'énergie en complément des énergies non-pilotables.

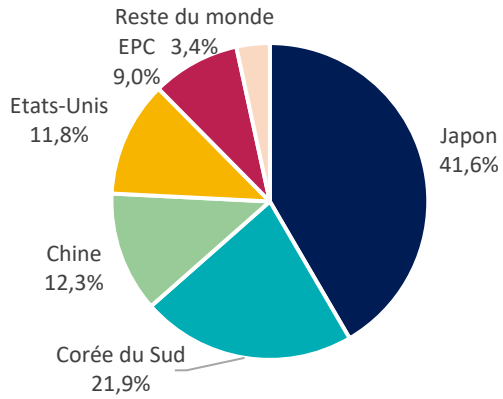
Complément : États-Unis, un intérêt tardif puis massif pour le stockage de l'énergie

L'intérêt pour les agences de recherche américaine pour les batteries est relativement récent. Le déploiement de capacités stationnaires de stockage est lui aussi tardif. Après l'installation d'un système de stockage en 2003 en Alaska utilisant des batteries au nickel, il faudra attendre 2008 pour que de nouvelles capacités soient déployées. **En 2009, le Department of Energy (DOE) lance un programme d'investissement massif dans les technologies de stockage dans le cadre du American Recovery and Reinvestment Act** (ARRA). Il vise à financer le déploiement de capacités de stockage sur l'ensemble du réseau électrique américain. Il sera accompagné d'un programme de financement de la R&D sous forme d'appels à projets qui viseront à encourager la conduite de projets innovants dans les technologies du stockage (EAC, 2011).

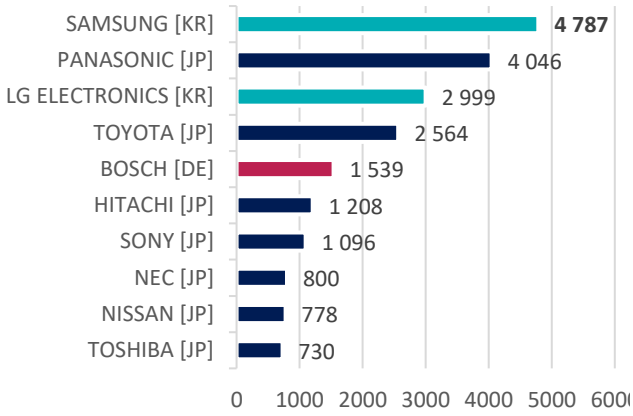
La diffusion de capacités de stockage utilisant des batteries au lithium commencera véritablement aux États-Unis en 2015. Au niveau fédéral, les règles de soutien par la demande restent en cours d'élaboration : en mai 2020 la Federal Energy Regulatory Commission (FERC) évaluait les propositions faites par les opérateurs de réseaux concernant le montant de la rémunération du stockage d'énergie (EIA, 2020). À l'échelle nationale, la Californie a mis en place en 2013 une obligation de déployer 1 325 MW de capacités de stockage d'électricité devant être opérationnelles à horizon 2024. D'autres États ont depuis suivi cette stratégie d'imposer des objectifs quantifiés de déploiement de capacités de stockage : c'est le cas de l'Oregon, du Massachusetts, du New Jersey et de Virginie.

Les entreprises de 3 pays d'Asie contrôlent plus de 75% des familles internationales de brevets déposés sur la technologie lithium-ion entre 2014-2018. Parmi les 25 entreprises ayant déposé le plus de brevets internationaux sur les batteries de 2000 à 2018 (toutes chimies confondues), 13 ont leur siège social au Japon (Panasonic, Toyota, Hitachi, Sony, etc.) et *leader* mondial est coréen : Samsung.

Origine géographique des familles internationales de brevets sur la technologie lithium-ion (2014-2018)
Unité : part en % du total des familles internationales de brevets déposées au cours de la période



Top 10 des principaux déposants de brevets sur la technologie des batteries (2000-2018)
Unité : nombre de familles internationales de brevets déposées au cours de la période



Note : EPC correspond au 38 pays de la Convention européenne du brevet (*European Patent Convention*)
Traitement : OSFME / Source : IAE, EPO, « Innovation in batteries and electricity storage, A global analysis based on patent data », septembre 2020, figure 5.1 et tableau 7.5

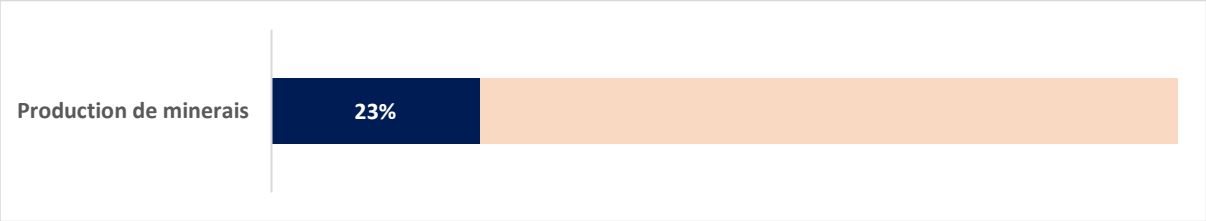
De plus, les acteurs asiatiques ont sécurisé leurs efforts de R&D sur toutes les technologies lithium-ion. Le Japon, la Corée du Sud et la Chine représentaient plus de 72% familles internationales de brevets déposés sur la technologie lithium-ion entre 2014 et 2018. Cette domination se retrouve sur pratiquement tous segments. Ces trois pays maîtrisaient au moins 49% des brevets déposés entre 2014 et 2018 pour chaque type de cathode commercialisé sur le marché (NMC, LFP, LMO, LCO, NCA). Les acteurs japonais sont titulaires à eux seuls de 51% des familles internationales de brevets déposés sur la technologie NMC, qui est de loin la plus importante sur le marché.

Les pays asiatiques, Japon en tête, ont également pris une avance significative sur le brevetage de technologies de rupture. Le Japon représentait environ 54% de l'ensemble des brevets internationaux déposés entre 2014 et 2018 sur la technologie de batterie tout solide (*Solid-State Battery*), qui est attendue comme la prochaine révolution du secteur. Toyota (Japon) a déposé à lui seul 15,4% des familles internationales de brevets dans ce domaine au cours de la période.

Les entreprises chinoises contrôlent une grande partie de la production de minerais clés pour les batteries lithium-ion. La production nationale de la Chine représentait environ 23% de la production mondiale de 5 minerais clés. Sa part est très faible voire nulle pour le manganèse, le cobalt et le lithium. Mais la Chine représentait à elle seule 65% de la production mondiale de graphite naturel, le composant clé de la production d'anode des générations actuelles de batteries.

Part de la Chine dans la production mondiale de minerais pour les batteries lithium-ion en 2019

Unité : part en % de la production (nickel, cobalt, graphite, lithium, manganèse)



Traitement : OSFME / Source : Benchmark Mineral Intelligence, « Written Testimony of Simon Moores, Managing Director, Benchmark Mineral Intelligence, For: US Senate Committee on Energy and Natural Resources Committee », 24 juin 2020

Nickel	Cobalt	Graphite	Lithium	Manganèse
31%	1%	**65%**	0%	6%

Source : Benchmark Mineral Intelligence via Frik Els, « China's stranglehold on electric car battery supply chain », Mining, 16 avril 2020

De plus, les acteurs miniers chinois ont sécurisé leurs approvisionnements en minerais non-disponibles sur leur sol en s'implantant à l'étranger. Les entreprises minières chinoises ont racheté 8 des 14 mines de cobalt de RDC et contrôlent désormais près de 50% de la production du pays, qui concentre les plus importantes réserves mondiales de ce minerai. China Molybdenum Co. (CMOC) a racheté en 2016[32] la mine de Tenke Fungurume, l'une des plus importantes du pays, qui a produit 117 956 tonnes de cuivre et 16 098 tonnes de cobalt en 2019[33].

Par ailleurs, les groupes miniers chinois ont conclu d'importants contrats d'approvisionnement auprès de fournisseurs à l'international. Le Suisse Glencore, qui gère plusieurs mines de cobalt en RDC, a conclu en octobre 2019 un nouvel accord de fourniture d'au moins 61 200 tonnes d'hydroxyde de cobalt pour le Chinois GEM, sur la période 2020-2024[34].

La Chine est l'un des premiers importateurs mondiaux des matières premières clés pour l'industrie des batteries. La Chine a représenté plus de 80% des importations mondiales de nickel, plus de 77% des importations mondiales de cobalt et 69% des importations de manganèse en 2019. Les importations de cuivre et d'aluminium étaient aussi très importantes.

[32] Reuters, « Freeport vend au chinois CMOC une mine de cuivre en RDC », 9 mai 2016
[33] Reuters, « Workers at China Moly's Congo mine end one-day strike over COVID-19 », 24 mai 2020
[34] Glencore, « China's GEM Co. Ltd and Glencore extend their long-term strategic cobalt partnership », 7 octobre 2019

Part de la Chine dans les importations mondiales de minerais utilisés pour les batteries lithium-ion en 2019 (*)

Unité : part en % des importations mondiales en valeur en 2019

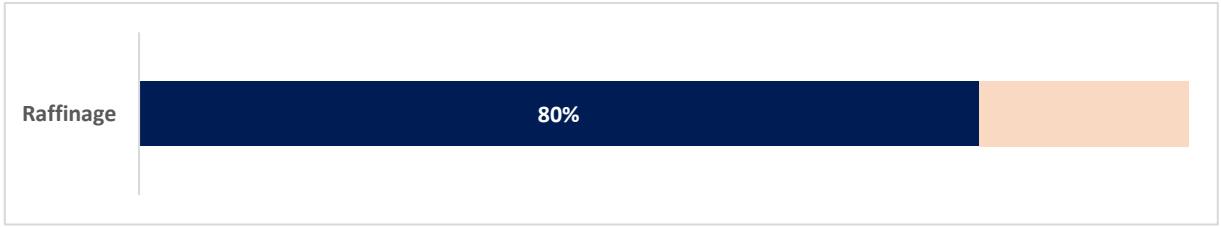
Nickel	Cobalt	Manganèse	Aluminium	Cuivre
80,6%	77,1%	69,3%	73,0%	58,0%

Note : minerais et leurs concentrés / Source : Intracen

La Chine est au cœur de l'industrie du raffinage des matières premières. Le pays dispose sur son sol de 80% des capacités mondiales du traitement des minerais des batteries[35]. Plusieurs entreprises comme Zhejiang Huayou Cobalt, GEM, Jiana Energy ou encore Ganzhou Tengyuan sont positionnées sur le traitement du cobalt.

Part de la Chine dans la production mondiale de produits raffinés pour les batteries lithium-ion en 2019

Unité : part en % de la production (nickel, cobalt, graphite, lithium, manganèse)



Traitement : OSFME / Source : Benchmark Mineral Intelligence, « Written Testimony of Simon Moores, Managing Director, Benchmark Mineral Intelligence, For: US Senate Committee on Energy and Natural Resources Committee », 24 juin 2020

Nickel	Cobalt	Graphite	Lithium	Manganèse
65%	**82%**	**100%**	59%	**93%**

Source : Benchmark Mineral Intelligence via Frik Els, « China's stranglehold on electric car battery supply chain », Mining, 16 avril 2020

Cette position dominante sur l'amont de la filière des batteries lithium-ion offre à la Chine un avantage stratégique que le pays pourrait exploiter à l'avenir. Cette crainte est liée au précédent observé sur le marché des terres rares, où l'industrie minière chinoise est de loin le premier producteur mondial[36]. Pékin avait suspendu ses exportations de terres rares à destination du Japon en septembre 2010 pour faire pression sur Tokyo dans le cadre du conflit diplomatique sur les îles Senkaku. La menace d'une suspension des approvisionnements chinois à l'encontre des États-Unis avait été agitée par la presse chinoise en 2019 en réponse aux sanctions économiques américaines.

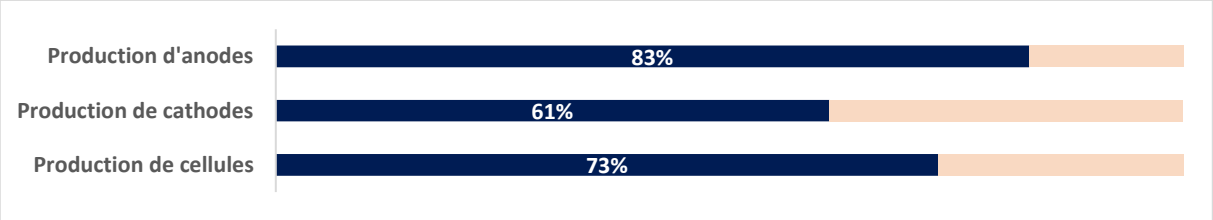
[35] BloombergNEF, « China Dominates the Lithium-ion Battery Supply Chain, but Europe is on the Rise », 16 septembre 2020

[36] La Chine a produit 120 000 tonnes de terres rares en 2018, contre 20 000 tonnes pour l'Australie et 15 000 tonnes pour les États-Unis (source : Frédéric Schaeffer, « Les terres rares, arme stratégique de Pékin dans son conflit avec Washington », Les Echos, 30 mai 2019)

La Chine s'est imposée comme le chef de file de l'industrie mondiale des batteries lithium-ion. L'industrie chinoise a produit 83% des anodes et 61% des cathodes fabriquées dans le monde en 2019. Ces deux composants clés représentent près du quart du coût de production moyen d'une batterie lithium-ion. De plus, la production mondiale de cellules était localisée à 73% en Chine en 2019. Les cellules constituent environ 30% du coût d'une batterie.

Part de la Chine dans la production mondiale de composants pour les batteries lithium-ion en 2019

Unité : part en % de la production mondiale

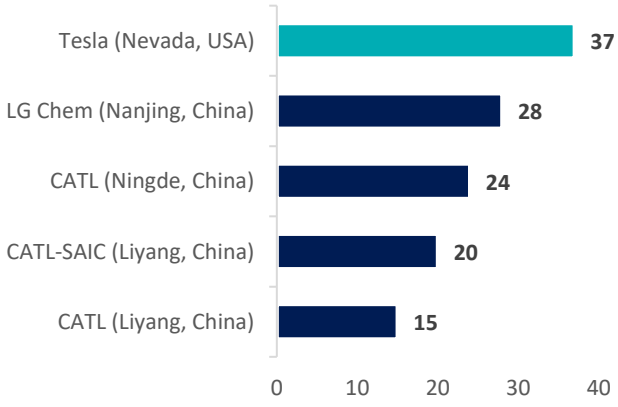


Traitement : OSFME / Source : Benchmark Mineral Intelligence via Frik Els, « China's stranglehold on electric car battery supply chain », Mining, 16 avril 2020

La Chine abritait sur son sol le plus grand nombre de méga-usines de batteries et plusieurs d'entre elles figuraient parmi les plus importantes du monde en 2019, que ce soit celle du Sud-Coréen LG Chem, basée à Nanjing, ou bien les trois usines du *leader* mondial CATL. Les méga-usines offrent un avantage important dans la compétition mondiale grâce aux économies d'échelles.

Top 5 des méga-usines en 2019

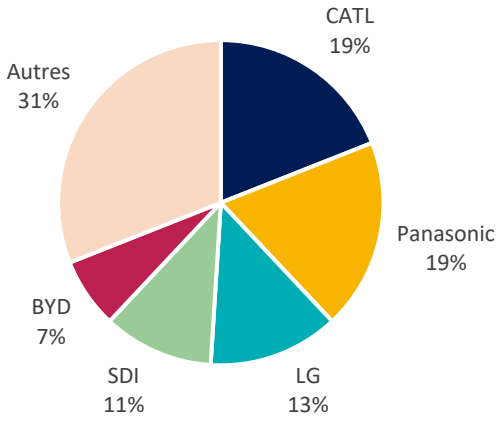
Unité : capacité en GWh



Source : Benchmark Mineral Intelligence, « Lithium ion Battery Megafactory Assessment », décembre 2019

Top 5 des fabricants de batteries en 2019

Unité : part en % de la production mondiale en volume



Source : Industrie et Technologies

L'importance de la Chine dans l'industrie mondiale des batteries restera forte au cours de la décennie 2020. Sur les 115 projets de construction de méga-usines de batteries lithium-ion recensées dans le monde en décembre 2019, 88 étaient basées en Chine. Au total, le géant asiatique concentrait 69,3% des capacités mondiales de production annoncées à l'horizon 2029.

CATL

L'entreprise Contemporary Amperex Technology Co. Limited (CATL) est fondée en 2011 et est spécialisée dans la fabrication de batteries au lithium à usages stationnaire et mobile. Elle dispose de trois centres de R&D à Ningde, Shanghaï et Berlin. Elle compte parmi ses clients les entreprises automobiles Toyota, BMW, Volkswagen ou encore Honda.

CATL est devenu le premier fabricant mondial de batteries à destination du secteur de l'automobile en 2019[37]. La société occupait la troisième place en 2017 (Cooke, 2020). Elle est la seule entreprise chinoise productrice de batteries qui vise à intégrer jusqu'aux activités d'extraction du lithium. La firme possédait 24% des parts d'un projet de développement d'une mine de lithium au Canada près d'Abitibi et a investi en 2018 pour porter sa participation à 44%, devenant ainsi l'actionnaire majoritaire. Elle a récemment acheté 8,5% de l'entreprise minière australienne Pilbara Minerals qui exporte des concentrés de lithium[38].

CATL est le gagnant de la mise en compétition par Pékin des entreprises chinoises pour déterminer le champion national du secteur des batteries. Elle était la seule à pouvoir proposer de produire à une échelle suffisante pour répondre à la demande chinoise de véhicules électriques, alors en plein essor (*ibid*.). CATL a bénéficié de l'implantation des producteurs d'automobiles occidentaux en Chine qui, sous la pression des autorités chinoises, n'avaient pas d'autre option que de se fournir en batteries auprès d'entreprises chinoises. En effet, le gouvernement chinois a mis en place un programme de subventions en 2013 à l'adresse de producteurs de véhicules électriques. L'obtention de ces subventions était conditionnée au fait de s'approvisionner auprès d'une entreprise figurant sur la liste des entreprises accréditées par le gouvernement, toutes chinoises. Les entreprises étrangères qui avaient déjà conclu des partenariats avec des producteurs de batteries ont dû revenir et arrière et se plier au jeu de Pékin. En 2017, les entreprises chinoises ne parvenaient pas encore à produire des batteries de la qualité de celles de LG Chem ou Panasonic. CATL s'est néanmoins distingué des autres par sa capacité à rattraper ce retard technologique. Elle est devenue rapidement le fournisseur privilégié des producteurs automobiles implantés en Chine et a pu réduire ses coûts de production via la réalisation de rendements d'échelle. Initialement frustrées de se voir imposer un fournisseur chinois, les entreprises étrangères se sont finalement satisfaites de la collaboration avec CATL, comme en témoigne l'utilisation de ses batteries dans les bus et les camions électriques produits par Daimler en Europe.

[37]Trefor Moss, « The key to electric cars is batteries. One Chinese firm dominates the industry », The Wall Street Journal, 3 novembre 2019

[38]Henry Sanderson, « China's CATL to buy stake in Australian lithium miner Pilbara », Financial Times, 4 septembre 2019

BYD est le deuxième grand fabricant chinois de batteries lithium-ion. Si CATL se focalise sur la production des batteries et s'assure de ses débouchés via des partenariats avec les producteurs d'automobiles, **BYD suit une stratégie de développement qui n'est pas sans rappeler celle de Tesla avec pour objectif de maîtriser la chaîne de production**, de la R&D fondamentale dans les batteries à la commercialisation des véhicules électriques en passant par la prise de parts dans des mines de lithium.

La BYD Company est fondée en 1995 et devient rapidement l'une des trois plus grandes firmes chinoises dans le secteur du véhicule électrique. Le cœur de métier de cette entreprise privée est la production de batteries au lithium, qu'elle vend au départ aux producteurs de téléphones mobiles. Elle s'est ensuite diversifiée et acquiert en 2003 l'entreprise automobile, alors en faillite, Tsinchuan Automobile Company. BYD a commercialisé dans un premier temps des véhicules thermiques, similaires à ceux déjà commercialisés par la Tsinchuan Company, et investira dans le développement du véhicule électrique. L'entreprise a commercialisé son premier véhicule hybride en 2008 suivi en 2010 d'un véhicule exclusivement électrique**.** Ce dernier intégrait une technologie de batterie développée par l'entreprise elle-même, qui s'est assurée de la sécurité de ses approvisionnements notamment en produisant elle-même les cathodes nécessaires aux batteries (Lebedeva et al., 2017). Elle gère également elle-même le design de ses packs et la fabrication de ses véhicules.

Enfin, BYD a annoncé début 2020 la création d'une marque, *FinDreams*, qui organisera autour de cinq filiales la vente de pièces détachées à d'autres constructeurs automobiles. Parmi ces pièces se trouve la nouvelle **batterie** développée par l'entreprise, la *Blade lithium-iron-phosphate battery* qui selon l'entreprise promet un gain de place de 50% et une bien meilleure sécurité que les modèles standards de batteries lithium-ion.

Par ailleurs, l'entreprise a développé un système couplant panneaux solaires PV et stockage d'énergie. Elle annonce désormais vouloir se positionner sur le stockage stationnaire à grande échelle (Masiero, 2016).

LG Chem

L'entreprise LG Chem est l'une des *leaders* des technologies des batteries au lithium. L'entreprise a multiplié les coentreprises avec des constructeurs automobiles. Elle produit ainsi les packs complets de batteries ou bien les cellules utilisées par des véhicules produits par General Motors, Renault, Hyundai, Ford, Volvo, Audi, Kia ou encore Daimler. La firme a su démontrer à ces entreprises qu'il est plus avantageux pour elles d'externaliser la production de cellules de batteries. Comme l'entreprise chinoise CATL, elle a commencé en 2020 à produire des cellules à destination du modèle 3 de Tesla qui sera fabriqué en Chine.

La différence de LG Chem avec sa rivale chinoise CATL réside dans ses excellentes capacités d'innovation. Si les entreprises chinoises peuvent profiter d'une main-d'œuvre à faible coût et d'un marché intérieur protégé par les pouvoirs publics, LG Chem dispose d'une avance significative sur le plan technologique.

L'entreprise a construit en 2017 la première usine de production de batteries au lithium à grande échelle en Europe et a choisi pour cela la Pologne. Le pays a su attirer l'entreprise à l'aide d'un prêt de la banque européenne d'investissement de 480 millions d'euros[39]. À cela se sont ajoutés 95 millions d'euros d'aides de la part du gouvernement polonais[40]. Avec son implantation en Europe, LG Chem dispose désormais d'usines de production de batteries au lithium aux États-Unis, en Chine et en Europe.

Plusieurs autres grandes entreprises coréennes font partie des leaders du marché de la batterie au lithium, notamment Samsung SDI et SK Innovation qui, comme LG Chem, appartiennent à des *chaebols* (Banque Mondiale, 2020).

[39] « Poland: Electric vehicle battery production in Europe gets boost thanks to EIB loan of e480 million to LG Chem Wrocalm Energy », European Investment Bank, 26 mars 2020

[40] La Commission européenne évalue d'ailleurs la compatibilité de ces aides avec les Règles de l'Union sur les aides d'État : Commission européenne, « State aid: Commission opens in-depth investigation into public support for expansion of LG Chem's electric vehicles battery plant in Poland », communiqué de presse, 11 août 2020.

Panasonic

Panasonic-Sanyo[41] était en 2019 l'un des *leaders* mondiaux en termes de production de cellules de batteries. Durant les années 2010, Panasonic-Sanyo a concentré son activité sur la production de composantes à destination des véhicules bas-carbone et plus particulièrement des batteries ; son partenariat avec Tesla sur lequel nous revenons ci-dessous illustre cette stratégie. **Pour le moment, la stratégie de restructuration de la firme lui permet de conserver des marges satisfaisantes aux yeux des actionnaires, mais la transition vers un nouveau modèle de croissance reste très incertaine**. Les difficultés qu'a connues l'entreprise dans le cadre de son partenariat avec Tesla ont contribué à ce que l'entreprise change de dirigeant et annonce l'adoption en 2022 d'une structure de type holding qui permettra plus d'autonomie aux différentes filiales.

Sur le plan de l'innovation, l'entreprise est un acteur central du développement des moteurs à aimants permanents (Feng et Magee, 2020). Elle reste l'un des plus gros déposants de brevets sur les technologies des batteries (EPO, 2020) mais contrairement aux autres acteurs de ce secteur, ses performances semblent se dégrader depuis 2012. Au contraire, des entreprises telles que LG Electronics, Toyota et Bosch ont accéléré le développement de ces technologies ces dernières années.

Sur le plan industriel, il se pourrait néanmoins qu'après Tesla, Panasonic-Sanyo trouve un relais de croissance dans la coentreprise conclue avec Toyota et annoncée en avril 2020. Les deux entreprises se fixent pour objectif de développer un nouveau modèle de batterie à destination du secteur du véhicule électrique[42]. Toyota possède 51% de cette joint-venture et, de son côté, a également conclu un partenariat avec l'entreprise chinoise BYD, pour développer un nouveau modèle de batterie électrique. Panasonic a également annoncé récemment avoir conclu un partenariat avec deux groupes norvégiens, Equinor et Hydro, en vue d'évaluer la possibilité de bâtir une chaîne de production intégrée de batteries au lithium à destination du marché européen[43].

[41] Formellement, Sanyo n'existe plus car cette entreprise de production d'automobiles a été rachetée en 2009 par Panasonic. C'est cette acquisition qui a permis à cette dernière d'entrer dans ce marché.

[42] Greg Gardner, « Toyota and Panasonic launch joint venture to make electric car batteries », Forbes, 3 février 2020.

[43] Panasonic, « Panasonic, Equinor and Hydro to explore potential for European battery business », communiqué de presse, 18 novembre 2020

Un leader non-asiatique : Tesla

L'entreprise Tesla Inc., anciennement Tesla Motors et fondée en 2003, présente la particularité d'être une entreprise technologique tournée vers une production à l'échelle industrielle de véhicules électriques. Cette hiérarchie nouvelle dans le mode d'organisation de la firme place les activités de **R&D** au-dessus des activités de production – ces dernières étant développées dans un second temps par l'entreprise. En 2015, les investissements en R&D de l'entreprise représentaient 17,7% de ses recettes, contre 6% pour BMW, 4,5% pour Ford et 3,7% pour Toyota[44].

En 2010, Tesla a pu accéder à un prêt garanti de la part du Département de l'Énergie américain de 465 millions de dollars. Ces fonds lui ont permis de passer à l'échelle industrielle dans sa production de véhicules et de commercialiser des modèles dédiés à un segment plus large que ne l'était le *Roadster* – son premier modèle commercialisé en 2008. En 2010, Tesla Inc. a passé un partenariat avec Toyota pour, entre autres, exploiter son site de production de Frémont, Californie[45]. Le partenariat a pris effet dès 2014 et Tesla Inc. est devenu l'unique opérateur du site de production. En 2012, entre 15 et 20 véhicules complets sortaient chaque semaine de cette usine. **Le rythme de production a atteint 1 000 véhicules par semaine en 2015, puis 2 000 en 2016 – ce grâce notamment à un crédit de taxe accordé en 2013 par l'État californien visant à accélérer le rythme de production de l'entreprise**.

Conscients de l'importance des batteries, les dirigeants de l'entreprise ont créé une première méga-usine à Sparks près de Reno en Californie qui a commencé à produire des batteries en 2016. L'usine est le résultat d'une coentreprise entre Tesla et Panasonic. Les approvisionnements en lithium proviennent d'Australie et de Chine. Tesla se fournit également auprès d'Albemarle, qui gère une mine à quelque 300 km de l'usine Sparks. La méga-usine suit un modèle fondé sur l'automatisation massive de la production. La production initialement prévue était de 54 GWh par an, mais elle n'atteignait que 30 GWh en 2019. **Dans les faits, bon nombre d'accidents techniques sont rapportés, contraignant fortement l'augmentation du rythme de production des véhicules.** En 2019, un demi-million de batteries sorties de l'usine étaient défectueuses. Les difficultés rencontrées par Tesla aux États-Unis l'ont poussé à revoir ses ambitions d'intégration verticale.

L'entreprise a mis en place sa 3e méga-usine à Shanghai dans le district de Pudong, qui abrite 400 centres de R&D. Pour alimenter en cellules de batteries cette usine, un partenariat a été conclu avec CATL et LG Chem qui seront les principaux fournisseurs. Alors qu'il était pressenti que Panasonic soit en charge de la production des batteries sur le site de Pudong, le choix d'un fournisseur chinois est un indice clair des difficultés que connait le partenariat entre Tesla et Panasonic. La construction de l'usine n'a pris que 12 mois et les premiers véhicules sont sortis d'usine en décembre 2019. Depuis, l'expansion du site continue et devrait le mener à une capacité

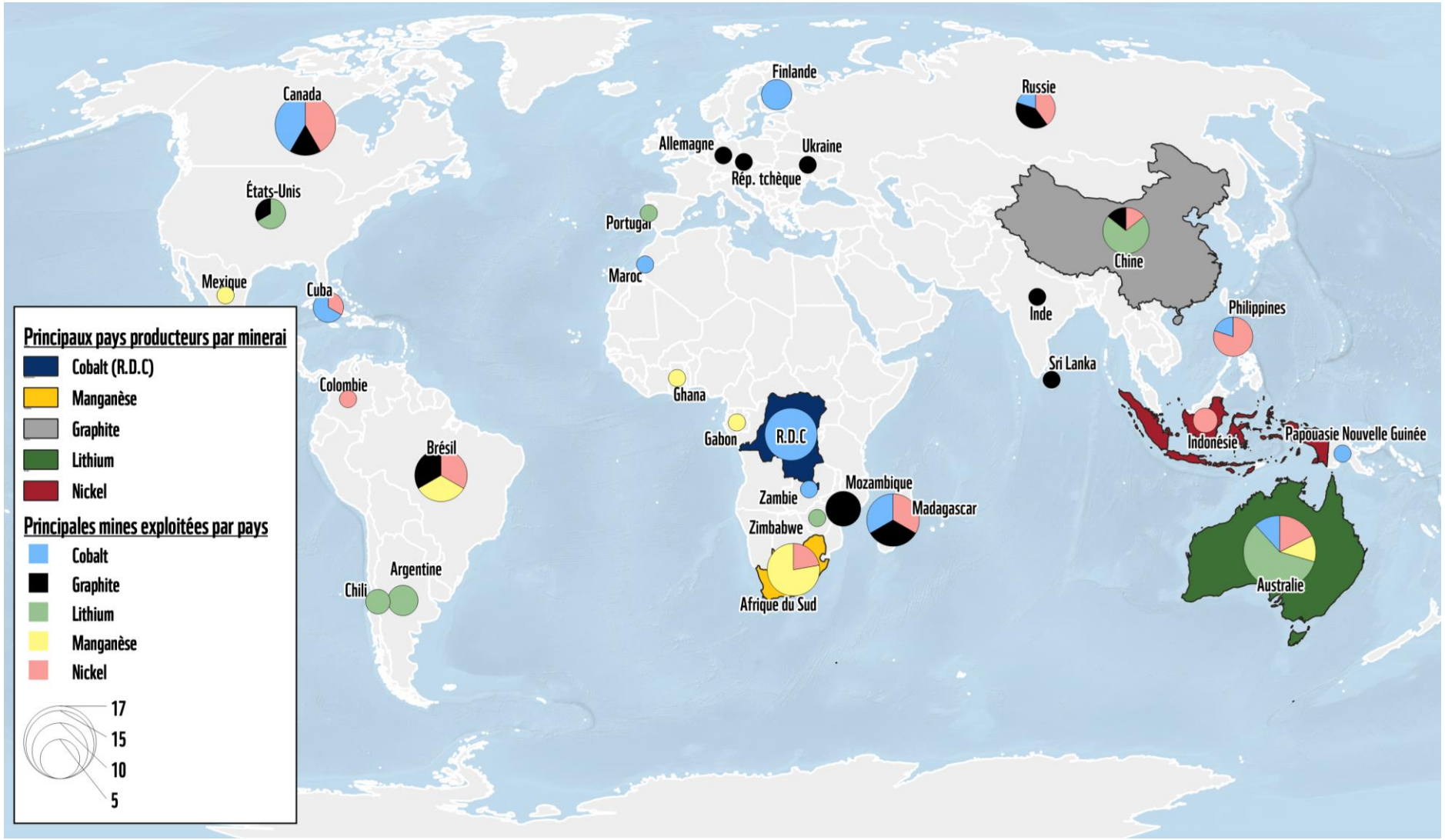
[44] Rapports des compagnies *via* Statista, 2016

[45] Le site étant lui-même la propriété de General Motors qui conclut en 1984 un partenariat avec Toyota pour la coproduction d'automobiles et le transfert de compétences.

de production de 500 000 véhicules par an à destination du marché chinois. À cet égard **un consortium de banques chinoises a accepté de prêter 1,6 milliard de dollars à Tesla Inc. pour mener à bien ce projet**. Il est évident que les retours d'expériences font partie intégrante des bénéfices attendus de ce projet.

Le dernier projet de méga-usine de Tesla est celui en cours de construction près de Berlin. Les pays européens se sont livrés à une compétition pour accueillir ce site de production et c'est finalement l'Allemagne qui a été retenue par l'entreprise pour notamment la qualité de sa R&D dans le secteur de l'automobile. Cette usine sera dédiée à la production des batteries, des packs et des groupes motopropulseurs utilisés dans les véhicules Tesla.

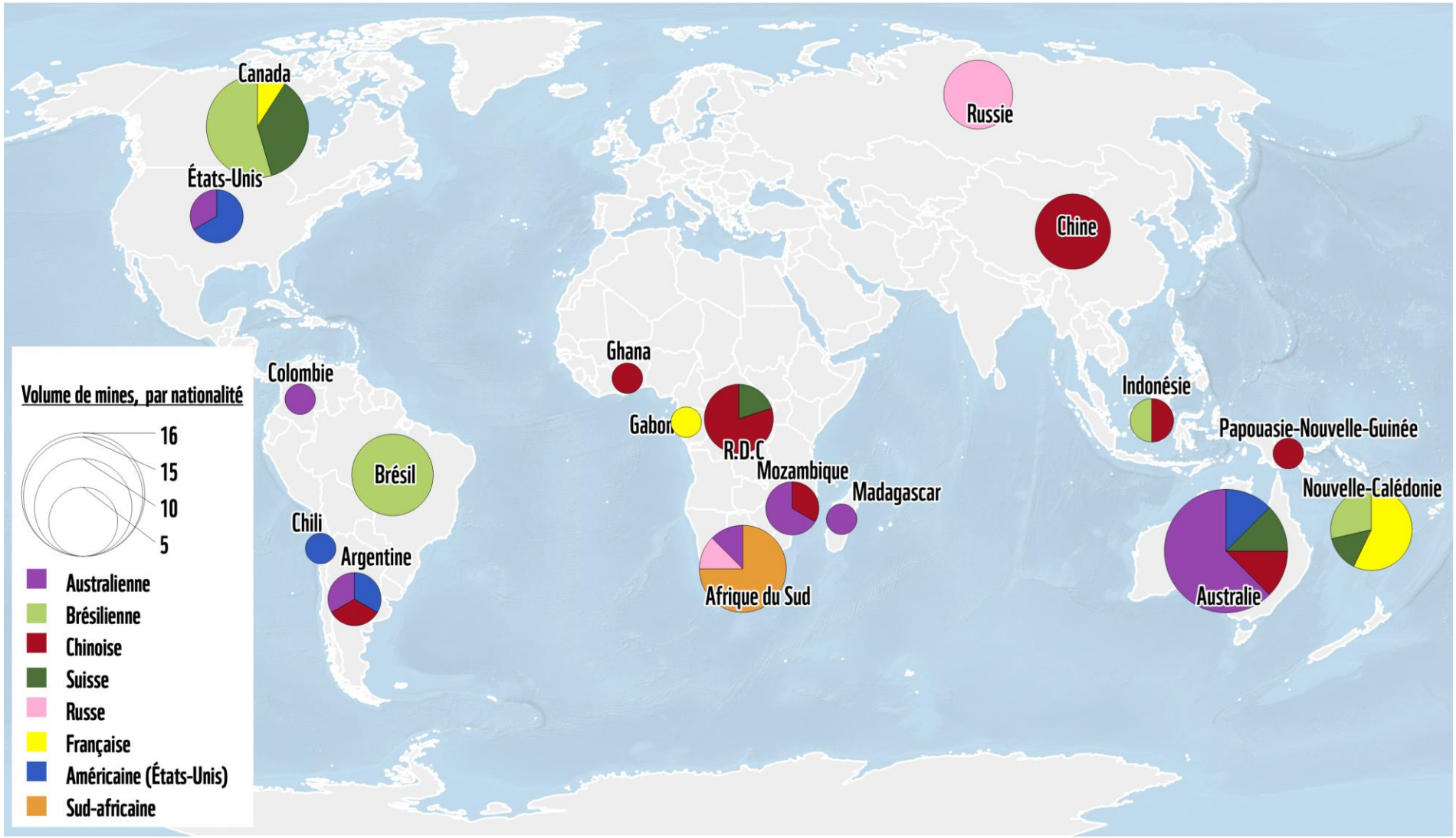
CARTE : LA PRODUCTION DE MINERAIS STRATÉGIQUES POUR LA FABRICATION DE BATTERIES



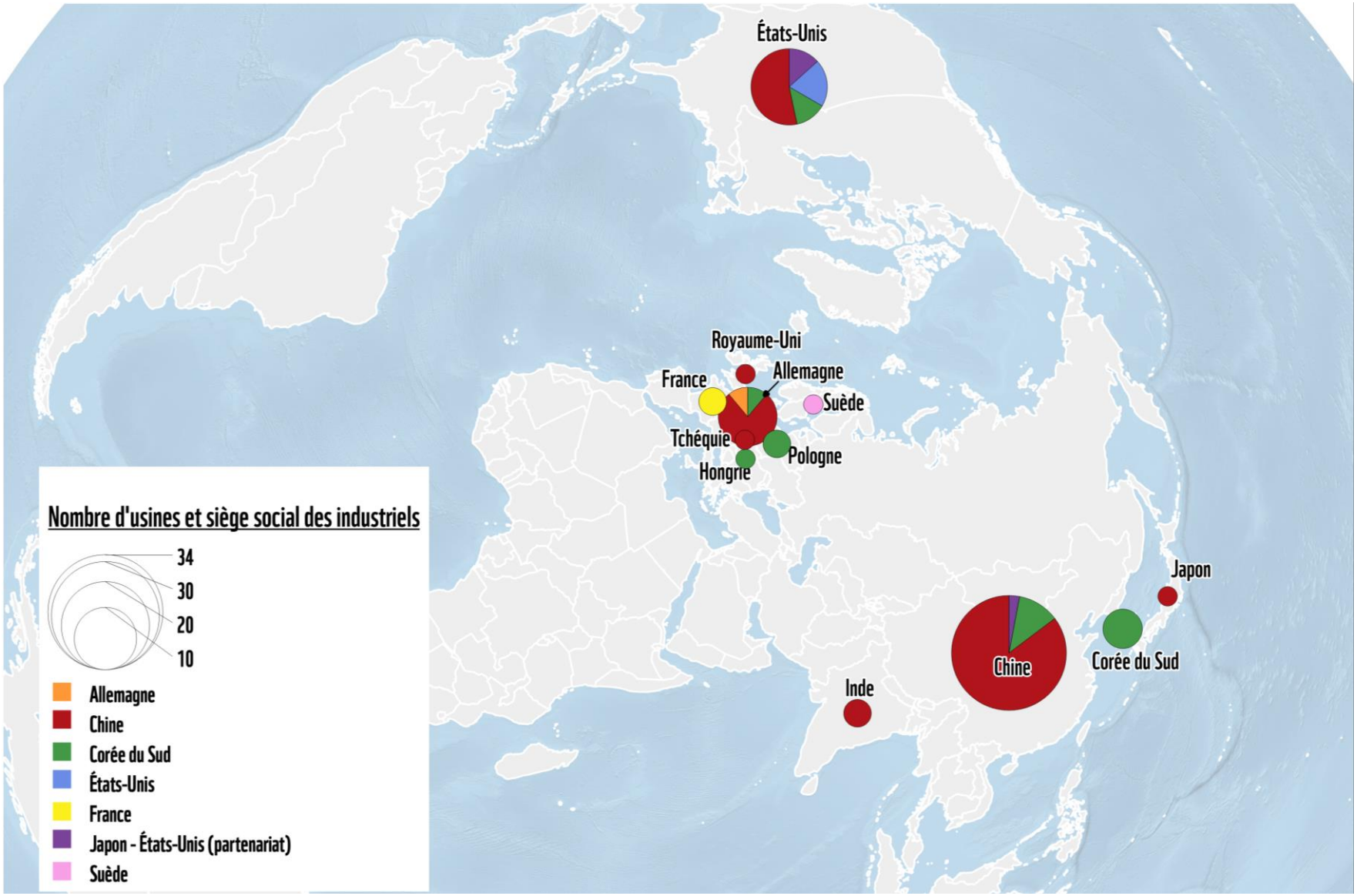
Observatoire de la sécurité des flux et des matières énergétiques

iRIS Enerdata CASSINI DGRIS

CARTE : NATIONALITÉ DES PRINCIPALES COMPAGNIES MINIÈRES ACTIVES DANS LES PAYS PRODUCTEURS DE MINERAIS POUR LES BATTERIES



CARTE : USINES DE PRODUCTION DE BATTERIES DANS LE MONDE



L'ALLIANCE EUROPÉENNE DES BATTERIES

À RETENIR

L'Union européenne est dépendante de fournisseurs extracommunautaires sur l'ensemble de la chaîne de valeur des batteries. L'UE ne dispose pas encore d'une capacité de production de masse de cellules de batteries. De plus, l'Union européenne dépend fortement des importations pour satisfaire sa demande interne en matériaux critiques (100% pour le lithium, 98% pour le graphite naturel, 86% pour le cobalt).

L'Alliance européenne des batteries (AEB) a été lancée par l'UE en octobre 2017 pour permettre à l'Europe de conserver autant de création de valeur que possible dans le secteur automobile. L'alliance vise à doter l'industrie du continent d'une capacité indépendante de développement et de production de batteries. Cet objectif s'accompagne également d'une volonté de garantir la sécurité des approvisionnements en matières premières.

L'AEB propose une approche intégrée sur toute la chaîne de valeur des batteries avec une logique « horizontale » s'appuyant sur la coopération entre les acteurs industriels du secteur. L'alliance s'appuie sur plusieurs instruments financiers, comme les prêts de la BEI, le budget européen et surtout le **PIIEC**, qui permet aux États membres de soutenir des projets transnationaux d'importance stratégique pour l'UE

L'autre caractéristique de l'AEB est le volet environnemental. La Commission a pour objectif de faire en sorte que la durabilité du processus de fabrication des batteries devienne un avantage concurrentiel pour les entreprises européennes. L'objectif est d'éviter que l'électrification du parc automobile européen ne se traduise par la commercialisation de solutions importées dotées d'une lourde empreinte environnementale.

Plusieurs projets de méga-usines européennes sont en train d'émerger grâce aux efforts de l'Union européenne. Deux d'entre eux, très différents dans leur approche et leur finalité, se détachent. Le projet d'ACC s'inscrit dans la tradition des grands projets industriels européens, avec un soutien fort des gouvernements et des acteurs renommés (PSA-Opel et Total via SAFT). Celui de la *start-up* suédoise Northvolt, fondée en 2016, est soutenu par les marchés financiers et des acteurs industriels comme Volkswagen, qui ne participe pas au PIIEC.

LE CADRE INSTITUTIONNEL DE L'ALLIANCE

MISE AU POINT : LES RAISONS D'ÊTRE DE LA MOBILISATION DE L'UE

Des évolutions structurelles des secteurs de l'énergie et du transport en Europe

Face à la menace du changement climatique, l'Union européenne (UE) s'est fixée d'ambitieux objectifs destinés à réduire ses émissions de gaz à effet de serre (GES) dans le but d'atteindre la neutralité carbone en 2050 conformément aux engagements pris dans le cadre de l'Accord de Paris sur le Climat en 2015. Cette stratégie de transition énergétique, réaffirmée dans le Pacte vert pour l'Europe (*European Green Deal*) lancé en 2019, a pour conséquence, entre autres, deux évolutions structurelles majeures parallèles : **l'électrification du transport automobile** et le **développement rapide des énergies renouvelables** pour la production d'électricité.

L'industrie automobile est en pleine mutation. Le stockage représente un défi majeur pour l'électrification rapide des véhicules. Avec l'augmentation attendue des ventes de véhicules électriques (VE) en Europe, la demande annuelle en batteries dans l'UE devrait atteindre environ 170 GWh en 2025 et 443 GWh d'ici 2030[46]. Le marché européen pourrait représenter environ 250 milliards d'euros, selon les estimations de la Commission.

Pour la première fois, au premier semestre 2020, la production d'électricité d'origine renouvelable (principalement hydroélectricité, éolien et solaire) **a dépassé celle d'origine fossile** (gaz naturel, charbon et, très marginalement, pétrole) **sur l'ensemble des 27 pays de l'Union européenne**. La part des renouvelables a atteint 40% de la production d'électricité en Europe, contre 23% (principalement hydroélectricité) en 2010. L'essentiel de cette croissance est dû au solaire et à l'éolien, qui assurent désormais plus de 20% de la production européenne d'électricité (et même 64% au Danemark). Cette part des renouvelables dans la production électrique devrait continuer à croître à un rythme élevé pour dépasser 80% en 2050, selon l'objectif fixé par la Commission.

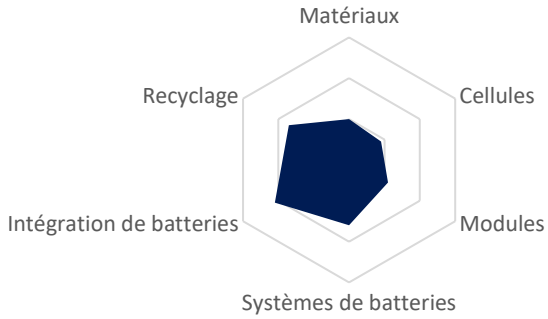
Recourir à des technologies de stockage de l'énergie, dont en particulier les batteries, s'avère impératif pour intégrer efficacement cette production dans le réseau tout en disposant de la flexibilité nécessaire pour faire face aux déséquilibres inévitables engendrés par ces énergies, par nature intermittentes et variables puisque dépendantes des conditions météorologiques. La directive européenne sur les énergies renouvelables de 2009 impose d'ailleurs aux États membres de développer des installations de stockage pour stabiliser le réseau électrique et l'adapter à l'augmentation des énergies renouvelables.

[46] European Technology and Innovation Platform on Batteries – Batteries Europe, « Strategic Research Agenda for batteries », 4 décembre 2020, page 11

L'Union européenne est dépendante de fournisseurs extracommunautaires sur l'ensemble de la chaîne de valeur des batteries.

Positionnement de l'Union européenne sur la chaîne de valeur mondiale de la batterie lithium-ion (*)

Note : 0 : inexistant, 1 : faible, 2 : fort, 3 : très fort

Positionnement de l'UE	Critère	Note
	**Matériaux**	1,0
	Cellules	0,9
	Modules	1,1
	Systèmes de batteries	1,6
	Intégration de batteries	2,1
	Recyclage	1,7

(*) Notes calculées selon une moyenne arithmétique / Source : Steen, M., Lebedeva, N., Di Persio, F. and Boon-Brett, L., « EU Competitiveness in Advanced Li-ion Batteries for E-Mobility and Stationary Storage Applications – Opportunities and Actions », JRC, 2017, page 16, figure 11

Un positionnement particulièrement faible sur le segment des cellules

L'UE ne dispose pas encore d'une capacité de production de masse de cellules de batteries et dépend aujourd'hui, pour son approvisionnement, quasi exclusivement des fournisseurs asiatiques (Panasonic (Japon), LG Chem, Samsung SDI et SK Innovation (Corée du Sud) et CATL (Chine)). Jusqu'à récemment, les constructeurs automobiles européens ont généralement considéré que leur dépendance technologique vis-à-vis des fournisseurs asiatiques ne présentait pas de risque stratégique majeur, estimant que les cellules de batteries pouvaient être apparentées à une simple commodité disponible sur le marché.

Cette dépendance fait peser un risque à la fois économique et géostratégique. Pour l'Europe, qui entend développer la fabrication de voitures électriques, la production de batteries constitue un impératif stratégique, tant pour la transition vers les énergies propres et la modernisation de son économie que pour la compétitivité de son industrie, notamment le secteur automobile qui emploie directement et indirectement 13,8 millions de personnes (près de 6 % de l'emploi total) et que cette dépendance menace de marginaliser voire de faire disparaitre.

La batterie est un élément fondamental des VE. Elle représente actuellement plus du tiers du coût du véhicule, en particulier la cellule qui elle-même compte pour plus de la moitié du coût de la batterie. Or plus les fournisseurs de batteries sont géographiquement proches des constructeurs automobiles, plus la chaîne d'approvisionnement est courte et donc moins coûteuse, plus sûre et plus flexible. Par ailleurs, les batteries sont considérées comme des marchandises dangereuses (car potentiellement inflammables) et soumises à des régimes spécifiques en matière de manutention

lors de leur transport (ce qui n'est pas le cas des matières premières nécessaires à la fabrication des cellules de batterie). Cette dépendance envers des fournisseurs extracommunautaires est donc susceptible de peser sur la compétitivité des constructeurs européens tout en les plaçant dans une position de vulnérabilité en cas de perturbations de la chaîne d'approvisionnement. Elle amoindrit également leurs capacités d'innovation (en rendant les tests sur les éléments constitutifs des batteries moins aisés) tout en privant le législateur européen d'une capacité d'influence sur la définition de normes de fabrication, par exemple concernant l'incidence environnementale de la production.

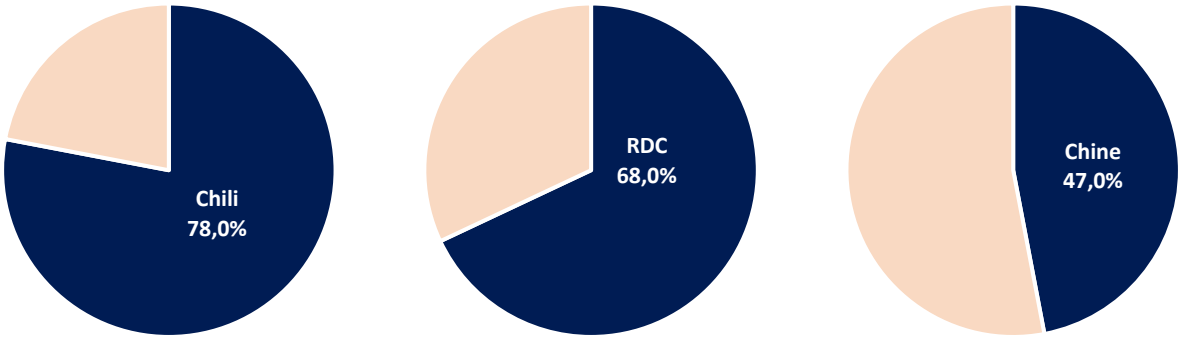
De nouvelles dépendances de l'UE en ressources naturelles

L'Union européenne dépend fortement des importations pour satisfaire sa demande interne en matériaux critiques. Ce taux de dépendance atteint les 100% pour le lithium, de 98% pour le graphite naturel et de 86% pour le cobalt. **De plus, l'origine géographique des importations européennes est très concentrée**. Les approvisionnements de lithium proviennent à 78% du Chili, la République démocratique du Congo assure 68% des importations de l'Union en cobalt tandis que la Chine fournit 47% du graphite naturel importé par les pays européens.

Principaux pays fournisseurs de l'UE en :

Lithium **Cobalt** **Graphite naturel**

Unité : part en % sur la base de la production intérieure et des importations (hors exportations)



Source : Commission européenne, « Résilience des matières premières critiques : la voie à suivre pour un renforcement de la sécurité et de la durabilité », 2020 (annexe 1, page 21)

Il est intéressant de noter que l'Union européenne peut également afficher une dépendance vis-à-vis de matières pourtant disponibles sur son territoire. C'est par exemple le cas du lithium : en l'absence de capacités industrielles de traitement dans l'Union, le lithium extrait des mines européennes est traité à l'étranger pour être ensuite réimporté[47].

[47] *Ibid.,* page 8

L'ALLIANCE EUROPÉENNE DES BATTERIES (AEB)

La genèse de l'AEB

Lancée en **octobre 2017** par le Commissaire européen en charge de l'Union énergétique, Maroš Šefčovič, **l'AEB se veut une plateforme** par laquelle les États membres, les acteurs industriels européens et les scientifiques ont la possibilité de coordonner leurs travaux dans le but de doter l'UE d'une industrie des batteries significative.

L'objectif que s'est donné la Commission est de développer les batteries lithium-ion « qui ont une plus longue durée de vie », « se rechargent plus vite » et « sont plus sûres et plus respectueuses de l'environnement que les batteries actuellement sur le marché ». Il s'agit de s'assurer que toute la chaîne de valeur de la filière des batteries puisse se déployer de manière compétitive et durable sur le sol européen, depuis l'extraction et la transformation des matières premières et la production des matériaux chimiques avancés jusqu'au recyclage et la réaffectation des batteries usagées, en passant par la conception des cellules et des modules de batteries et leur intégration dans des systèmes intelligents. À travers l'AEB, il s'agit de favoriser la croissance et l'emploi (quelque 4 à 5 millions d'emplois pourraient être créés si l'UE s'impose comme *leader* du marché des batteries), de stimuler la recherche et l'innovation et de préparer l'industrie européenne à soutenir les engagements en faveur du climat prévus par l'Union européenne pour lutter contre le changement climatique dans le cadre de l'Accord de Paris.

Après un premier tour de consultation des parties prenantes (principaux acteurs de l'industrie, États membres intéressés, Banque européenne d'investissement (BEI), etc.), la Commission européenne a publié en **mai 2018** une communication intitulée « L'Europe en mouvement » où elle expose sa politique de mobilité durable pour l'Europe, avec comme objectif d'être sûre, connectée et propre. Cette politique constitue une composante de l'Union européenne de l'énergie, qui propose un cadre complet intégrant la politique climatique dans la politique énergétique, doublé d'une politique industrielle ciblée afin d'atteindre les objectifs de l'Accord de Paris. Au sein de « L'Europe en mouvement », la Commission a élaboré un plan d'action spécifique intitulé « Plan d'action stratégique en faveur des batteries » en vue de développer et de produire des batteries, fonctionnant correctement, en toute sécurité et sur une longue période.

Le plan d'action comporte une série d'actions clés, centrées essentiellement sur l'utilisation accrue et plus intégrée des instruments de réglementation et de financement existants. Il s'agit notamment de :

- **garantir l'accès aux matières premières** produites dans les pays tiers (grâce aux instruments de politique commerciale), faciliter l'accès aux sources européennes de matières premières, développer les capacités de recyclage des batteries afin de bénéficier de matières premières secondaires ;

- **soutenir la fabrication de cellules de batteries européennes** à grande échelle et une chaîne de valeur intégrée compétitive en Europe. Il s'agit notamment de soutenir, via les États membres et la BEI, des projets de fabrication innovants ayant d'importantes dimensions transfrontalières et qui soient durables tout au long de la chaîne de valeur des batteries ;

- **intensifier le soutien de l'UE à la recherche et à l'innovation** aux technologies avancées (y compris dans la gamme des batteries lithium-ion) et de rupture (les batteries à l'état solide). Ce soutien doit viser l'accompagnement dans toutes les étapes de la chaîne de valeur (matériaux de pointe, nouvelles chimies, procédés de fabrication, systèmes de gestion de batteries, recyclage, innovations de business model), être étroitement intégré à l'écosystème industriel et contribuer à accélérer le déploiement et l'industrialisation des innovations ;

- **développer et renforcer une main-d'œuvre hautement qualifiée** dans toutes les parties de la chaîne de valeur des batteries afin de combler le déficit de compétences, en fournissant une formation adéquate et en faisant de l'Europe un endroit attrayant pour les experts extracommunautaires ;

- **soutenir la durabilité de l'industrie européenne** de fabrication de cellules de batterie pour s'assurer qu'elle ait l'empreinte environnementale la plus faible possible, par exemple en utilisant des énergies renouvelables dans le processus de production ;

- **assurer la cohérence avec le cadre réglementaire** plus large (stratégie pour l'énergie propre, paquets de mobilité, politique commerciale de l'UE, etc.) à l'appui du déploiement des batteries et du stockage.

L'Alliance européenne pour les batteries (et le plan d'action stratégique élaboré par la Commission qui l'accompagne) **présente un caractère multidimensionnel**. Elle possède tout d'abord un volet industriel classique puisqu'elle vise avant tout à mettre l'Europe en position de mener la course en tête dans un secteur clé pour l'avenir, tout en soutenant l'emploi et la croissance.

L'AEB propose une approche intégrée sur toute la chaîne de valeur des batteries dans une logique d'économie circulaire. En l'occurrence, elle couvre l'ensemble des activités liées aux batteries, de l'extraction et du traitement des matières premières jusqu'au recyclage des batteries en passant bien évidemment par les phases de conception et de fabrication des cellules de batterie et des blocs-batteries.

La stratégie européenne se caractérise par une logique « horizontale », qui se distingue de politiques « verticales », centrées sur l'intégration de différents acteurs de la chaîne de valeur. Élaboré en concertation avec l'ensemble des parties prenantes, ce plan vise à soutenir la coopération entre les acteurs industriels du secteur, d'encourager la formation de consortiums européens dans la recherche, l'innovation et la fabrication, et d'optimiser le recours aux fonds et mécanismes de financement existants, en partenariat avec la BEI et les États membres.

En cela, l'AEB ne vise pas uniquement à promouvoir un secteur industriel mais à développer tout un écosystème dans lequel des acteurs étrangers peuvent parfaitement trouver leur place. La décision de quasiment tous les grands fabricants de batteries (CATL, Samsung SDI, LG Chem, SK Innovation, Tesla, etc.) de construire des usines sur le sol européen n'est pas perçue comme une menace mais une opportunité. Même à capitaux étrangers, ces usines auront inévitablement des retombées économiques et industrielles sur les autres acteurs européens de la chaîne de valeur.

L'autre caractéristique de l'AEB est le volet environnemental. Parce que sa mise en place se justifie par des préoccupations écologiques (volonté de réduire les émissions de GES de l'UE pour lutter contre le réchauffement climatique), une attention particulière est accordée aux impératifs du développement durable. Pour la Commission, il importe d'éviter que les actions en faveur du climat à l'intérieur de l'UE (électrification du parc automobile en particulier) ne se traduisent par la commercialisation de solutions importées dotées d'une lourde empreinte environnementale, ce qui reviendrait pour l'UE à exporter sa pollution vers des pays tiers.

De plus, la Commission a pour objectif de faire en sorte que la durabilité du processus de fabrication des batteries devienne un avantage concurrentiel pour les entreprises européennes. Garantir un approvisionnement responsable en matières premières, minimiser l'empreinte carbone du processus de fabrication des cellules et assurer un recyclage des batteries usagées font partie intégrante de la stratégie européenne et sont indissociables de l'ambition industrielle.

Trois ans seulement après son lancement, l'Alliance européenne des batteries semble en passe de réussir son pari. De fait, l'AEB a, jusqu'à présent, pleinement joué son rôle de catalyseur pour ébaucher un embryon d'industrie européenne de la batterie puisque fin 2020, plus de 500 acteurs industriels et du secteur de la recherche avaient déjà rejoint ce réseau, formant une vaste communauté de la connaissance et de l'innovation à l'échelle du continent.[48] Grâce à son approche originale en termes de chaîne de valeur, c'est-à-dire englobant toutes les étapes depuis des activités minières jusqu'au recyclage, l'AEB a permis de faire émerger un « **écosystème** » de batteries à l'échelle européenne qui permet aujourd'hui aux industriels du secteur automobile d'accumuler les connaissances, et de peser sur les choix concernant le design des cellules tout en assurant un meilleur contrôle qualité des approvisionnements.

En rapprochant les acteurs de différents secteurs, l'AEB a permis d'initier des partenariats industriels qui ont d'ores et déjà débouché sur le lancement de grands projets d'investissement grâce aux financements publics. Quelque 15 projets d'usines de batteries Li-on ont été lancés en Europe (incluant à la fois les usines pilotes et les méga-usines) et une dizaine d'autres annoncés, qui, s'ils aboutissent, ajouteront un total d'environ 500 GWh de capacité de production pour l'Europe d'ici 2030, ce qui fera d'elle le deuxième producteur mondial de batteries lithium-ion après la Chine et pourrait générer la création de 35 000 à 50 000 emplois. Dans une communication adressée en ouverture de la Conférence européenne sur les batteries qui s'est tenue fin novembre 2020 à Bruxelles, le commissaire Maroš Šefčovič a estimé que l'Europe serait en mesure de produire assez de batteries pour répondre à sa demande intérieure dès 2025, voire de dégager un surplus susceptible d'être exporté.

[48] La liste de l'ensemble des participants à l'AEB est disponible sur https://www.eba250.com/about-eba250/network/

LES INSTRUMENTS À DISPOSITION

Pour assurer le succès de l'AEB, l'UE mobilise toute une série d'instruments de soutien couvrant l'intégralité du cycle de l'innovation, depuis la recherche fondamentale et appliquée jusqu'à la commercialisation, en passant par la démonstration et le premier déploiement.

Le rôle central de la Banque européenne d'investissement (BEI)

Le principal bailleur de fonds européen à destination des industriels est la Banque européenne d'investissement (BEI), qui octroie des prêts aux entreprises via plusieurs instruments. Parmi les plus sollicités dans le cadre de l'AEB, on peut citer le Fonds européen pour les investissements stratégiques (FEIS) et le dispositif InnoFin.

Clé de voûte du plan d'investissement pour l'Europe, le **FEIS** soutient des investissements stratégiques dans des domaines clés telles les infrastructures, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la recherche et l'innovation, etc. Il aide également les petites entreprises à démarrer, à croître et à se développer, en fournissant du **capital-risque**. Le FEIS est une garantie budgétaire de l'UE, qui fournit à la BEI une protection contre le risque lui permettant d'accorder des financements à des projets plus risqués que ce qu'elle serait en mesure de faire normalement. Plusieurs projets relevant de l'industrie des batteries en Croatie, en France, en Grèce et en Suède ont bénéficié d'un soutien au titre du FEIS.

Afin de combler le fossé entre les phases de démonstration et de commercialisation, la BEI fournit également des prêts, des garanties et des financements de type apports de fonds propres dans le cadre du dispositif **InnovFin**. Ce dispositif vise à soutenir des projets inédits de **démonstration à l'échelle commerciale**, portant sur des infrastructures énergétiques et impliquant des risques élevés pour les investisseurs privés. C'est ce dispositif qui a permis en octobre 2018 d'octroyer un prêt de 52 millions d'euros nécessaire pour lancer le projet Northvolt en Suède (voir infra).

À noter également que le **fonds pour l'innovation** créé dans le cadre du système d'échange de quotas d'émission de l'UE devrait mettre à disposition environ 10 milliards d'euros sur la période 2020-2030 pour soutenir les projets de démonstration au stade précommercial dans les technologies sobres en carbone, y compris le stockage de l'énergie. La production, le test et la démonstration à grande échelle de technologies de batteries innovantes seront ainsi possibles, permettant de combler le fossé entre les résultats de la recherche et de l'innovation, et le déploiement commercial de la fabrication de batteries, conformément à l'objectif de l'alliance européenne pour les batteries. Le fonds sera mis en œuvre en étroite coordination avec d'autres programmes de l'UE et pourrait, dans le cadre de financements mixtes, également contribuer à InvestEU, le nouveau fonds prévu dans le prochain cadre financier pluriannuel (2021-2027) qui doit réunir dans une seule et même structure les instruments financiers existants, afin de rendre le soutien de l'UE plus efficace et plus flexible.

Le budget européen prévoit depuis longtemps d'importantes possibilités de financement pour soutenir la recherche et l'innovation dans le secteur des batteries. Principal instrument de l'UE pour le financement de la recherche et de l'innovation pour la période 2014-2020, le programme-cadre **Horizon 2020** prévoyait d'octroyer 1,34 milliard d'euros de subventions pour des projets de recherche relatifs au stockage d'énergie sur le réseau électrique ou à la mobilité à faibles émissions de carbone, dont un quart environ concernait spécifiquement les batteries (contre plus d'un tiers pour des projets liés à l'hydrogène). Après le lancement de l'AEB, un financement de 114 millions d'euros en 2019 et un autre de 132 millions d'euros en 2020 ont été ajoutés, spécifiquement dédiés à la recherche sur les batteries pour le transport et l'énergie.

Afin d'optimiser la coordination des activités de recherche et d'innovation lancées dans le cadre de l'Alliance européenne des batteries, la Commission a lancé en juin 2019 une plateforme de technologie et d'innovation (ETIP, pour European Technology and Innovation Platform) baptisée "**Batteries Europe**". Elle rassemble dorénavant l'ensemble des acteurs publics et privés de la recherche sur toute la chaîne de valeur de la production de batteries, depuis les matières premières jusqu'aux aspects de recyclage. Il ne s'agira pas d'un instrument de financement, mais d'une plateforme de coordination visant à améliorer la coopération entre les nombreux programmes de recherche (tant nationaux qu'au niveau de l'UE) concernant les batteries, ainsi que les initiatives du secteur privé. Elle doit également permettre d'accéder plus facilement aux différents régimes de financement, en servant de structure de liaison de l'ensemble des acteurs de la recherche et de l'innovation dans le domaine des batteries. En décembre 2020, Batteries Europe a publié son agenda de recherche qui vise notamment à établir avec l'industrie un partenariat de recherche et d'innovation sur les batteries dans le cadre du futur programme-cadre de recherche et d'innovation « Horizon Europe », qui débutera en 2021 en remplacement de Horizon 2020.

En parallèle, la Commission européenne a lancé une initiative de recherche à grande échelle baptisée "**Battery 2030+**" dont les financements sont réservés aux projets de recherche fondamentale et appliquée sur les futures technologies des batteries. En rassemblant des chercheurs de haut niveau au sein des universités, des instituts et de l'industrie à travers l'Europe dans un effort de collaboration, l'initiative vise à fournir en permanence à l'industrie européenne des batteries les bases pour les nouvelles connaissances menant à des technologies de rupture, essentielles pour inventer les batteries du futur, ultra-performantes, durables et dotées de fonctionnalités intelligentes.

La véritable innovation de l'AEB en matière de financement est le recours aux « projets importants d'intérêt européen commun » (PIIEC), qui s'ajoute aux outils classiques par lesquels l'Union européenne finance la recherche et aide les acteurs industriels (tel que le programme Horizon 2020, les instruments de la BEI, ou encore le Fonds européen de développement régional (FEDER)). Le recours au PIIEC est prévu dans le plan d'action stratégique sur les batteries de 2018 et ouvre la voie à une participation financière significative des pouvoirs publics dans les projets industriels, en dérogation des règles communautaires très restrictives en la matière.

Les PIIEC sont des projets, associant plusieurs États membres, qui contribuent aux objectifs stratégiques de l'Union et ont des retombées positives sur l'économie ou la société européenne dans son ensemble. Dans le cas de projets de recherche, de développement et d'innovation, ces projets doivent revêtir un caractère novateur majeur, allant au-delà de l'état de la technique dans les secteurs concernés. Il ne peut donc pas s'agir de financer la production de masse ou des activités commerciales. Pour qu'un projet puisse bénéficier d'une aide au titre de PIICE, il doit comprendre un financement privé de la part des bénéficiaires.

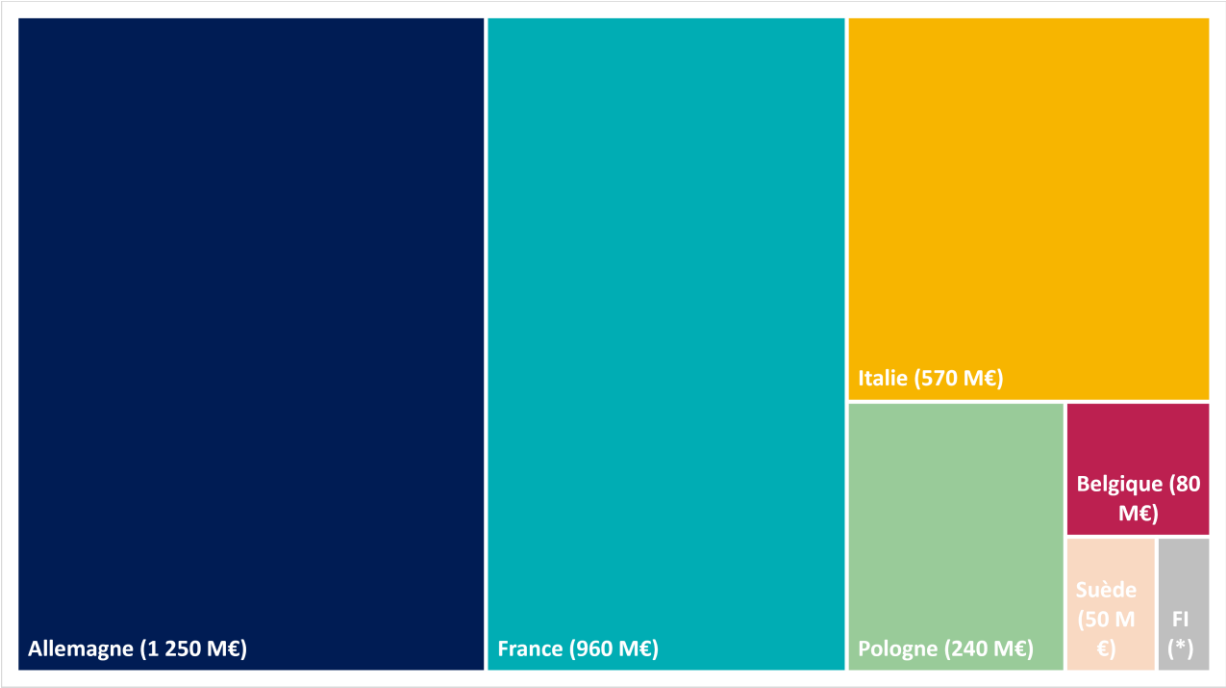
Il s'agit en pratique d'un cadre réglementaire mis en place en 2014 et permettant d'échapper au droit commun européen en matière de financements publics en établissant les conditions à remplir pour que les États membres puissent soutenir des projets transnationaux d'importance stratégique pour l'UE tout en veillant à ce que les distorsions de concurrence potentielles soient limitées. Cet encadrement vise à encourager les États membres à soutenir les projets qui contribuent clairement à la croissance économique, à l'emploi et à la compétitivité de l'Europe mais qui ne peuvent se concrétiser sur la seule base d'initiatives privées en raison des risques importants inhérents à de tels projets. Le PIIEC est ainsi une manière de permettre aux États membres de combler conjointement des déficits de financement en surmontant les défaillances du marché afin de stimuler la réalisation de projets innovants. Dans le cas spécifique des batteries, l'enjeu est de permettre à l'industrie européenne de bénéficier de moyens financiers d'origine publique significatifs capables de contrebalancer l'aide que les entreprises asiatiques peuvent obtenir de leurs pouvoirs publics.

En décembre 2019, la Commission européenne a ainsi autorisé sept États membres à apporter une aide publique de 3,2 milliards d'euros[49] pour développer le secteur européen des batteries électriques, avec un consortium de 17 entreprises de toute la filière, comme le constructeur automobile BMW ou les chimistes BASF et Solvay, mais aussi des petites et moyennes entreprises (PME), dont certaines sont présentes dans plusieurs États membres.

[49] Les sept États membres sont l'Allemagne (1,25 milliard d'euros), la France (960 millions), l'Italie (570 millions), la Pologne (240 millions), la Belgique (80 millions), la Suède (50 millions) et la Finlande (30 millions).

La répartition des fonds du PIIEC pour la filière des batteries par pays

Unité : la taille des formes est proportionnelle à la part des financements alloués dans le cadre du PIIEC



(*) FI : Finlande (30 M€) / Note : les entreprises sont reparties en fonction de la localisation de leur siège social / Source : Commission européenne, « State aid: Commission approves €3.2 billion public support by seven Member States for a pan-European research and innovation project in all segments of the battery value chain », Communiqué de presse, 9 décembre 2019

À ces entreprises membres du consortium, s'ajoutent plus de 70 partenaires externes, dont des organismes publics de recherche de toute l'Europe. Cet investissement des États doit permettre aux acteurs privés de mobiliser 5 milliards d'euros supplémentaires d'ici à 2031 (avec des calendriers différents selon chaque sous-projet).

L'une des conditions requises pour les entreprises participantes à ce type de projet est de partager largement les résultats du projet avec la communauté scientifique européenne et les autres acteurs industriels afin de maximiser les effets d'entraînement positifs dans toute l'Europe et contribuer au développement d'un écosystème dans le secteur des batteries au niveau de l'UE. Par ailleurs, il est prévu qu'une part importante des bénéfices supplémentaires réalisés par les participants soit restituée aux États preneurs dans le cadre d'un mécanisme de récupération ("claw-back"). Ainsi, si les projets sont un succès et permettent de dégager des bénéfices dépassant les projections, les entreprises devront en restituer une partie aux États membres.

Un second PIIEC, impliquant 12 pays et emmenés par l'Allemagne et une cinquantaine d'entreprises, devrait être validé par la Commission début 2021.

Au-delà de cette tendance qui se confirme, **la réussite de l'AEB sera cependant évaluée à la capacité des industriels européens à effectivement produire des batteries compétitives et durables**, c'est-à-dire à même de convaincre les constructeurs automobiles de privilégier un approvisionnement local plutôt que l'achat de batteries importées auprès de fabricants établis de longue date. Ce n'est donc qu'avec la mise en service des premières méga-usines qu'il sera possible d'évaluer la qualité et le coût relatif de la production européenne (qu'elle soit issue d'entreprises européennes ou d'entreprises étrangères installées sur le sol européen), soit d'ici 2021/2022. **Plusieurs défis restent à relever pour assurer la pleine réussite du projet**.

Assurer la pérennité de la demande

Certes, si la qualité et la compétitivité des batteries "made in Europe" sont bien au rendez-vous, il ne semble pas faire de doute que la demande soit assurée pour absorber la production, étant donnée l'évolution actuelle du marché des VE. Mais la pérennité du dynamisme de ce marché repose sur deux facteurs.

D'une part l'évolution des politiques publiques d'incitation (en particulier les primes à l'achat), actuellement encore jugées indispensables sur la plupart des marchés nationaux, mais financièrement intenables à long terme pour les finances publiques si les volumes deviennent trop grands. Qu'en sera-t-il de l'écart de prix entre les VE et les voitures à moteur thermique si les subsides viennent à disparaître avant que le prix des batteries ait suffisamment baissé pour aligner les prix d'achat des deux types de véhicules ?

D'autre part, le problème du développement des infrastructures de recharge, indispensables pour pousser les automobilistes à adopter les VE, reste à l'heure actuelle sans réponse claire. Or le déploiement tardif et sans grande logique des infrastructures de recharge pourrait retarder l'adoption généralisée des véhicules électriques. Sans une extension des possibilités de recharge et une standardisation des infrastructures (en termes de technologie de connexion[50], de puissance, etc.), l'évolution rapide de la demande pour les VE, et donc pour les batteries, pourrait être remise en cause. À noter cependant que la nouvelle directive concernant les règles communes pour le marché intérieur de l'électricité, adoptées en 2019 (UE 2019/944) impose aux États membres d'élaborer des règlements pour faciliter la connexion des points de recharge aux réseaux de distribution, rend obligatoire la coopération entre gestionnaires de réseau électrique et gestionnaires de points de recharge, et oblige les États membres à éliminer les obstacles administratifs au déploiement des infrastructures de recharge des véhicules électriques.

[50] Plusieurs types de connecteurs coexistent déjà au sein des points de recharge publics de l'UE. En particulier, il y en a trois pour la recharge rapide qui se concurrencent dans l'UE : le système de chargement combiné de type «Combo 2» (imposé par la directive), le type «CHAdeMo» et le «superchargeur» de Tesla accessible uniquement aux voitures Tesla.

Plus marginale mais néanmoins essentielle à long terme, la demande de batteries pour le stockage stationnaire souffre également d'un cadre législatif encore mal adapté qui fait obstacle aux investissements. Jusqu'à l'année dernière, les propriétaires d'installations de stockage devaient souvent, en vertu de la législation européenne en vigueur, payer des frais de réseau, à savoir des redevances et/ou des taxes pour le réseau, à deux reprises : une fois en tant que consommateurs et une fois en qualité de producteurs. La nouvelle directive sur le marché intérieur de l'électricité en 2019 a en partie résolu ce problème. Mais de manière générale, il manque encore en Europe un cadre législatif réellement favorable et des conditions de marché plus prévisibles, sous la forme de normes techniques harmonisées par exemple, qui puissent stimuler la demande de stockage d'énergie, diminuer le risque lié à l'investissement et, par la suite, dynamiser les investissements privés dans le développement de cette technologie.

L'enjeu central du recyclage

À mesure que les volumes de batteries de véhicules électriques usagés augmenteront, **le développement d'une industrie de recyclage efficace sera la clé de la durabilité des batteries Li-ion**. En récupérant les matières critiques, un système de recyclage robuste doit permettre de réduire la demande de matières premières, les émissions de gaz à effet de serre et les impacts locaux négatifs liés à l'extraction et au raffinage.

L'objectif de faire de l'Europe un acteur de premier plan dans le secteur de la fabrication de batteries durables doit être sous-tendu avant tout par un cadre juridique solide complété par des normes harmonisées à l'échelle européenne. Les exigences juridiques applicables aux batteries pour qu'elles puissent être mises sur le marché de l'UE et celles applicables aux processus de fabrication concernés influenceront fortement le développement et le déploiement des technologies liées aux batteries et l'impact que celles-ci auront sur la santé publique, la sécurité, le climat et l'environnement.

La valeur économique et stratégique des intrants essentiels, tels que le lithium et le cobalt, peut inciter au recyclage à long terme et orienter les politiques de recyclage. Jusqu'à présent, la viabilité économique et les incitations du marché au recyclage ont été limitées en raison des prix généralement bas des matières premières et des faibles volumes de batteries de véhicules électriques usagées à ce jour. Cependant, la croissance du marché des VE exerce une pression supplémentaire sur les ressources primaires et les prix des matières premières pourraient augmenter et devenir plus volatils, ce qui devrait permettre aux matériaux récupérés grâce au recyclage de devenir plus compétitifs.

On estime qu'à l'horizon 2027, quelque 50 000 tonnes de batteries usagées devront être traitées chaque année en Europe, dont 25 000 à 30 000 tonnes de lithium, cobalt, manganèse, nickel, aluminium et cuivre, alors que les capacités européennes de recyclage sont estimées entre

15 000 et 20 000 tonnes par an à l'heure actuelle.[51] L'un des obstacles majeurs au développement d'une industrie du recyclage à même de faire face à cette croissance des besoins est lié à **l'évolution très rapide des designs et caractéristiques chimiques des batteries, qui rend la standardisation des procédures de recyclage particulièrement complexe**. À noter que les solutions de réutilisation des batteries des VE (pour le stockage stationnaire permettant de pallier l'intermittence des énergies renouvelables) peuvent contribuer à l'optimisation des systèmes électriques et aider à la réduction du volume de déchets à traiter.

Développer les compétences et le savoir-faire

Si la main-d'œuvre de l'UE est hautement qualifiée, elle n'est pas encore suffisamment étoffée dans les compétences spécialisées liées aux batteries. C'est notamment le cas dans le domaine de l'électrochimie et de l'ingénierie numérique nécessaires à la fabrication de cellules. L'entreprise suédoise Northvolt en a fait l'expérience dans les premières années de son développement, incapable de trouver sur le sol européen les talents nécessaires au démarrage de ses activités de mise au point des cellules, et obligée de les recruter (à prix élevé) parmi le personnel de ses concurrents.

Conformément au socle européen des droits sociaux, des efforts collaboratifs seront nécessaires entre les établissements d'enseignement et de formation, les partenaires sociaux et les acteurs de la chaîne de valeur des batteries pour concevoir et mettre en œuvre des programmes de formation, de recyclage et de perfectionnement. Une action est menée sur ce point au niveau de l'UE et des États membres pour contribuer à remédier à ce déficit de compétences et faire de l'Europe un endroit attirant pour les spécialistes du développement et de la production de batteries d'envergure mondiale.

Ainsi, la Commission a inscrit les batteries parmi les sujets clés susceptibles de bénéficier, depuis 2020 et pour une durée de quatre ans, d'un financement dans le cadre du plan de coopération sectorielle en matière de compétences relevant d'**Erasmus+**, le programme européen de mobilité à destination des apprenants et du personnel des secteurs de l'éducation et de la formation.

En parallèle, le projet **ALBATTS** (pour Alliance for Batteries Technology, Training and Skills) a été lancé au sein de l'AEB en décembre 2019, avec un financement pour une durée de 5 ans. Il s'agit d'un réseau d'acteurs, issus des universités et d'autres centres de formation, chargé de mettre sur pied des programmes d'enseignement et des diplômes de niveau master dans le domaine de la transition énergétique, et de promouvoir les formations destinées au personnel d'encadrement des entreprises.

[51] Marc-Antoine Eyl-Mazzega, Carole Mathieu et Éloïse Couffon, « Le pari de la mobilité routière propre en Europe : état des lieux, stratégies et perspectives post COVID-19 », Études de l'Ifri, Ifri, octobre 2020.

La disponibilité des matières premières demeure un important goulot d'étranglement demeure pour la création de toute la chaîne de valeur des batteries. Actuellement, l'UE dépend des importations de matières premières pour batteries en provenance de pays tiers. Pour répondre à cette situation, il est nécessaire de compléter l'AEB par une stratégie efficace de souveraineté minérale. Certains pays, dont les États-Unis, le Canada et l'Australie, ont déjà commencé à nouer une alliance pour se prémunir des risques que fait peser l'ultra domination de la Chine sur la chaîne de valeur des métaux critiques et terres rares.

La Commission a présenté en septembre un plan d'action sur les matières premières critiques pour les technologies et les secteurs stratégiques à l'horizon 2030 et 2050. Le plan d'action en recense une trentaine (dont le lithium) et propose des mesures visant à réduire la dépendance de l'Europe à l'égard des pays tiers, à diversifier les sources d'approvisionnement primaires et secondaires ainsi qu'à améliorer l'efficacité des ressources et la circularité, tout en favorisant un approvisionnement responsable dans le monde entier.

Pour y parvenir, la Commission a annoncé l'établissement d'une Alliance européenne pour les matières premières réunissant tous les acteurs concernés, sur le modèle de l'AEB, et a entamé, en collaboration avec les États membres et les régions, le recensement des projets miniers et de transformation dans l'UE qui peuvent être opérationnels d'ici à 2025, concernant notamment le cobalt, le lithium, le graphite naturel et le nickel. Quatre projets miniers mobilisant 2 milliards d'euros d'investissements sont en cours en Europe et devraient répondre à 80% des besoins européens en lithium dans le secteur des batteries d'ici 2025. Dans le même temps, il est prévu que le programme « Horizon Europe » soutienne plus activement la recherche et l'innovation, en particulier en ce qui concerne les nouvelles technologies minières et transformatrices, la substitution et le recyclage.

La transformation des matières premières constitue également une priorité. Si l'Europe dispose de capacités de transformation pour le cobalt et le nickel, ce n'est actuellement pas le cas pour les composés du lithium ou pour le graphite naturel de qualité « batteries ». Autrement dit, même s'il était possible d'accroître l'extraction du lithium et du graphite naturel en Europe, une partie des matériaux devra à court terme être expédiée vers des pays extraeuropéens en vue de leur transformation en matériaux de qualité « batteries ». La Commission collabore avec BEI, les acteurs industriels et les États membres afin de combler cette lacune dans la chaîne de valeur.

Enfin, la Commission a lancé une véritable diplomatie minérale pour établir des partenariats internationaux stratégiques afin de garantir l'approvisionnement en matières premières critiques indisponibles en Europe. Des partenariats pilotes avec le Canada, des pays africains et du voisinage de l'UE débuteront en 2021.

Une grande partie des enjeux liés aux batteries, qui sont autant de conditions au succès effectif du projet européen de mise sur pied d'une industrie européenne des batteries, devrait trouver des réponses dans le nouveau cadre législatif que la Commission européenne est en train de mettre en place. Attendue depuis plusieurs années, la révision de l'actuelle directive sur les batteries (Directive 2006/66/EC), datant de 2006, est en cours. Mi-décembre 2020, la Commission a ainsi rendu publiques les grandes lignes de ses propositions de révision du texte de loi.

L'objectif de cette nouvelle législation relative aux batteries est triple. Il s'agit d'harmoniser les exigences relatives aux caractéristiques des batteries telles que la sécurité, la connectivité, la performance, la durabilité, la bidirectionnalité, etc. ; d'assurer la réduction maximale de l'impact environnemental des batteries tout au long de leur vie, en particulier en encourageant leur réemploi et en améliorant la collecte des batteries et le recyclage des matériaux ; et d'apporter un cadre juridique stable afin de promouvoir les investissements et stimuler la capacité de production de batteries durables en Europe. Pour y parvenir, une série de mesures sont proposées, portant notamment sur les exigences en matière de développement durable et de sécurité applicables aux batteries, les exigences en matière de performance et de durée, les exigences en matière de marquage et d'information des consommateurs, par exemple sur les matières dangereuses, et les exigences concernant la gestion de la fin de vie.

Ces enjeux de soutenabilité globale de la chaîne de valeur des batteries sont cruciaux car ils sont à la base du modèle industriel européen. Sans un cadre réglementaire strict sur l'empreinte environnementale des batteries (en particulier l'empreinte carbone du processus de fabrication) et sans obligations claires sur les responsabilités en matière d'approvisionnement en matières premières et sur la recyclabilité des composants des batteries usagées, seul le critère économique (c'est-à-dire le prix) sera pris en considération par les acheteurs, avantageant naturellement les industriels installés dans des pays n'imposant pas ou peu de contraintes environnementales et sociales. Il s'agit là d'une condition essentielle pour que l'ensemble du projet de développement d'une industrie de la batterie en Europe soit viable et compétitive au niveau international.

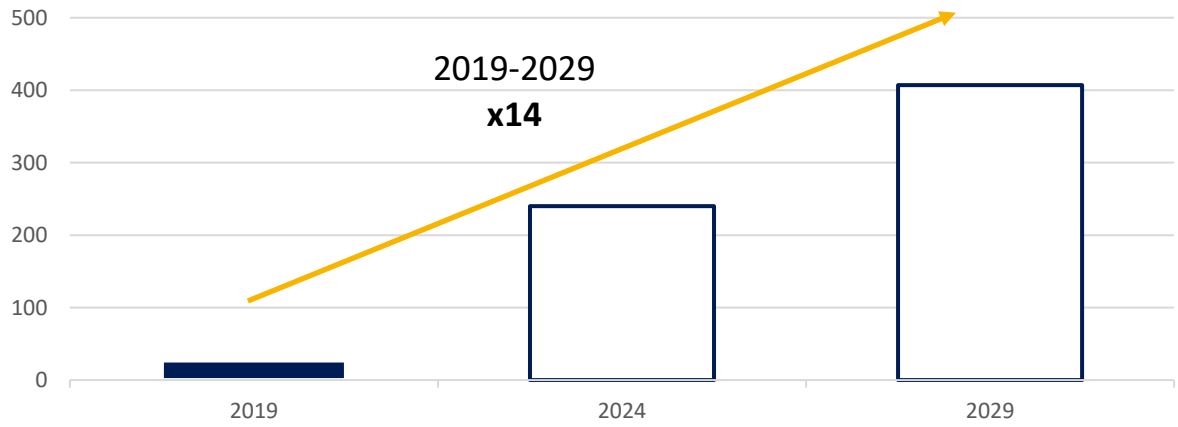
LES MÉGA-USINES EN COMPÉTITION POUR CONQUÉRIR L'EUROPE

VUE D'ENSEMBLE DES PRINCIPALES MÉGA-USINES EN PROJET EN EUROPE

Les annonces de construction de méga-usines de batteries en Europe se sont multipliées depuis la mise en place de l'alliance européenne des batteries. Au total, l'Europe pourrait disposer d'une capacité de production de plus de 400 GWh d'ici la fin de la décennie, contre moins de 30 GWh en 2019. La région deviendrait ainsi le deuxième producteur mondial de batteries, loin derrière la Chine (environ 1 565 GWh en 2029) mais devant l'Amérique du Nord (près de 207 GWh).

Capacités de production de batteries en Europe (2019-2029)

Unité : GWh



Traitement OSFME / Source : Benchmark Mineral Intelligence, « Megafactory capacity by Region », février 2020 via EBA250, « Battery industry development: Europe is gaining momentum », page Internet, 31 mars 2020

De nombreux constructeurs ont fait le choix de l'Allemagne pour localiser leurs projets, dont plusieurs disposeront des plus importantes capacités de production d'Europe, à l'instar du site du Chinois CATL à Erfurt (jusqu'à 70 GWh), de la coentreprise d'ACC sur le site d'Opel à Kaiserslautern (jusqu'à 24 GWh), de la coentreprise du Suédois Northvolt avec Volkswagen à Salzgitter (jusqu'à 24 GWh) ou encore de l'Américain Tesla près de Berlin. Plusieurs acteurs Sud-coréens ont choisi d'installer leurs usines en **Europe de l'Est**, à l'instar de LG en Pologne (Wrocław et bientôt Lodz) ainsi que Samsung SDI et SK Innovation en Hongrie. La **France** disposera également d'une usine de grande capacité construire par ACC à Douvrin (62) et la jeune pousse Verkor, soutenue notamment par Schneider Electrics, porte un deuxième projet dans l'Hexagone.

Liste des principaux projets de méga-usines en Europe (*)

Classement par ordre alphabétique d'entreprise

Localisation	Statut	Entreprise	Siège social	Commentaire
Douvrin (France)	planifié	ACC (PSA/Total)	France	8 GWh en 2023, montée en puissance jusqu'à 24 GWh d'ici 2030
Kaiserslautern (Allemagne)	planifié	ACC (PSA/Total)	France	8 GWh en 2023, montée en puissance jusqu'à 24 GWh d'ici 2030
Blyth (Royaume-Uni)	annoncé	Britishvolt	Royaume-Uni	30 GWh d'ici 2027, première tranche fin 2023
Erfurt (Allemagne)	en construction	CATL	Chine	14 GWh en 2022, extension envisagée jusqu'à 24 GWh et montée en puissance jusqu'à 70 GWh
Sunderland (Royaume-Uni)	en opération	Envision AESC (Envision Group)	Chine	1,9 GWh installés depuis 2012
Teverola (Italie)	annoncé	FAAM (SERI Group)	Italie	300 MWh en 2021
Teverola (Italie)	annoncé	FAAM (SERI Group)	Italie	2,5 GWh fin 2022-début 2023
Bitterfeld-Wolfen (Allemagne)	annoncé	Farasis	Chine	16 GWh à MT, première tranche fin 2022
Mo i Rana (Norvège)	annoncé	Freyr	Norvège	40 GWh d'ici 2025, première tranche en 2023
Bratislava (Slovaquie)	en construction	Inobat	Slovaquie	10 GWh d'ici 2024, première tranche en 2021
Willstät (Allemagne)	en opération	Leclanché (Eneris)	Suisse	En opération depuis en 2009, extension à 1 GWh fin 2020
Wrocław (Pologne)	en opération	LG Chem	Corée du Sud	Mise en service en 2018, 35 GWh supplémentaires en construction, extension envisagée jusqu'à 65-70 GWh (nouveau projet à Lodz)
Horní Suchá (République tchèque)	en construction	Magna Energy Storage (MES)	République tchèque	15 GWh à MT, première tranche de 1,2 GWh en 2020
Ludwigsfelde (Allemagne)	en opération	Microvast	États-Unis	6 GWh à MT, première tranche de 1,5 GWh fin 2020

(*) Liste non-exhaustive / Sources : opérateurs

Liste des principaux projets de méga-usines en Europe (suite et fin) (*)

Classement par ordre alphabétique d'entreprise

Localisation	Statut	Entreprise	Siège social	Commentaire
Agder (Norvège)	annoncé	Morrow	Norvège	8 GWh en 2024, extension possible jusqu'à 32 GWh
Skellefteå (Suède)	en construction	Northvolt ETT	Suède	34 GWh d'ici 2024, première tranche en 2021, extension jusqu'à 40 GWh
Salzgitter (Allemagne)	en construction	Northvolt Zwei (Northvolt/VW)	Allemagne	16 GWh en 2024, extension possible jusqu'à 24 GWh
Göd (Hongrie)	en opération	Samsung	Corée du Sud	Lancement de la production en 2018, extension des capacités en cours
Komárom (Hongrie)	en construction	SK Innovation	Corée du Sud	7,5 GWh en 2019, extension de 9,8 GWh supplémentaires
Saarland (Allemagne)	annoncé	Svolt	Chine	24 GWh d'ici fin 2023
Berlin (Allemagne)	en construction	TESLA	États-Unis	Lancement prévu en 2021
À définir (France)	planifié	Verkor	France	16 GWh d'ici 2023, extension envisagée jusqu'à 50 GWh

(*) Liste non-exhaustive / Sources : opérateurs

AUTOMOTIVE CELLS COMPANY (ACC), LE PORTE-ÉTENDARD DU PIIEC

Une coentreprise entre PSA et Total

Fondée officiellement en septembre 2020, Automotive Cells Company (ACC) est une coentreprise détenue à parts égales 50/50 par le fabricant français de batteries de haute technologie pour l'industrie **SAFT** (filiale à 100 % du groupe énergétique Total[52]) et le constructeur automobile franco-allemand **PSA-Opel**, 4e groupe automobile européen. Ce projet bénéficie du soutien financier des pouvoirs publics français et allemands à hauteur de 1,3 milliard d'euros au titre de projet important d'intérêt européen commun (PIIEC), ainsi que des collectivités territoriales, notamment les Hauts-de-France où sera implantée la première usine. Il est prévu que le capital augmentera au fil du temps pour atteindre à terme un montant total de quelque 5 milliards d'euros.

Pour PSA-Opel, l'objectif stratégique est de sécuriser la fourniture de batteries, composant critique de la fabrication de ses futurs véhicules. Les premières batteries issues des usines d'ACC à Douvrin devraient a priori être destinées à la nouvelle plateforme e-VMP qui servira de base au SUV compact Peugeot *3008 III* prévu pour 2023, ainsi qu'aux nouveaux Opel *Grandland*, Citroën *C5 Aircross* et *DS7 Crossback*. À noter cependant que comme cette nouvelle batterie ne sortira de l'usine que fin 2023-début 2024 avec une capacité de production limitée au départ, PSA a également signé un contrat de fourniture avec le fabricant chinois de batteries BYD, qui équipera la version chinoise du e-3008 ainsi que celle fabriquée à Sochaux, le cas échéant.

D'importants efforts de R&D en faveur de nouvelles batteries

L'ambition est de mettre au point et de fabriquer à grande échelle des cellules lithium-ion à haute performance pour les modèles électriques et hybrides rechargeables. Cette batterie, dont le design doit être validé courant 2021, devrait avoir une capacité allant de 60 à 100 kWh selon les versions et des autonomies comprises entre 400 et 650 km. Elle aura une chimie NMC classique (nickel-manganèse-cobalt), mais avec un niveau de cobalt plus faible que les batteries actuelles et une densité énergétique supérieure. En parallèle, ACC développe également un plan de recherches sur la batterie lithium-ion à électrolyte solide, en alliance avec le chimiste franco-belge Solvay ainsi que les Allemands Manz et Siemens.

[52] L'acquisition de Saft par Total en 2016 s'inscrit dans sa stratégie de repositionnement visant à devenir un "énergéticien" et non plus seulement un "pétrolier". Les cinq axes stratégiques de la transition énergétique de Total sont : le développement du gaz naturel ; l'énergie solaire avec notamment le rachat de 66% du fabricant américain de panneaux photovoltaïques *SunPower* en 2011, devenue Maxeon Solar Technologies en 2020, en association avec le groupe chinois Tianjin Zhonghuan Semiconductor (TZS) ; la production d'électricité renouvelable avec notamment la prise de participation dans Total Eren en 2017 ; le stockage d'électricité avec le rachat de SAFT en 2016 ; et la distribution d'électricité avec les rachats de Lampiris en 2016, Direct Énergie en 2018, etc.

En complément des activités de recherche et développement (R&D) localisées sur son site de Bordeaux, SAFT a lancé la construction d'un premier site pilote de fabrication des cellules en janvier 2020 à Nersac près d'Angoulême (Charente) pour un investissement de 200 millions d'euros ; son démarrage est prévu en 2021. La production en série devrait quant à elle débuter à la fin 2023 dans l'usine PSA de Douvrin (Pas-de-Calais), avec une première tranche de 8 GWh par an permettant d'équiper 150 000 véhicules. Cinq autres tranches seront ensuite déployées jusqu'en 2030 à Douvrin et sur le site Opel de Kaiserslautern, en Allemagne, deux sites du groupe PSA qui fabriquent aujourd'hui des moteurs thermiques. La capacité totale de production sera alors de 48 GWh par an (24 GWh par an sur chacun des deux sites) permettant d'équiper environ 1 million de voitures, soit 10 à 15 % du marché européen à cette date. Les aides publiques annoncées pour produire ces batteries de véhicules électriques à Douvrin s'élèvent à 121 millions d'euros, dont 80 millions d'euros de fonds régionaux et 41 millions d'euros des collectivités locales.

Renault, principal concurrent de PSA en France, pourrait également entrer au capital d'ACC. En difficulté financière, le groupe Renault a obtenu en juin 2020 un prêt garanti par l'État français de 5 milliards d'euros assorti d'une demande expresse des pouvoirs publics d'intégrer l'ACC. Selon la presse spécialisée, des discussions entre les actionnaires d'ACC et Renault étaient toujours en cours en décembre 2020. Actuellement, Renault prévoit de se fournir en batteries pour équiper sa future plateforme CMF-EV attendue pour la fin 2021 (sur laquelle sera basée la future Mégane Electric) auprès de l'usine polonaise du coréen LG Chem.

NORTHVOLT, L'AMBITION D'UN TESLA EUROPÉEN

Une jeune-pousse suédoise

Northvolt est une jeune pousse suédoise fondée en 2016 par deux anciens cadres de Tesla. Son ambition est de devenir le fabricant de batteries lithium-ion le plus écoresponsables au monde en mettant en place une **intégration verticale totale de ses activités** sur l'ensemble de la chaîne de valeur des batteries, de l'extraction minière au recyclage des batteries, en passant par la fabrication des cellules.

Elle a reçu le soutien des autorités suédoises et de la Banque européenne d'investissement (BEI). Cette dernière lui a déjà octroyé trois prêts, dont le premier en février 2018 (d'un montant de 52 M EUR) était destiné à financer l'usine pilote (Northvolt Labs) et le dernier, en juillet 2020 (de 350 M EUR) sert à financer la construction de la première méga-usine (Northvolt Ett). Northvolt a également reçu de l'aide du Fonds européen pour les investissements stratégiques (FEIS), le principal pilier du Plan d'investissement pour l'Europe.

Northvolt bénéficie en outre du soutien financier de nombreux acteurs industriels et fonds d'investissement privés, dont en particulier la banque d'affaires Goldman Sachs et le constructeur automobile allemand Volkswagen qui, en 2019, est devenu l'un des actionnaires de référence de Northvolt avec 20% des parts de son capital. Au total, Northvolt a sécurisé quelque 13 milliards d'euros de financement d'ici 2030 à la fois sous forme d'endettement et de capitaux propres. Elle a par ailleurs noué de nombreux partenariats avec des entreprises clientes ou fournisseurs, dont le constructeur automobile allemand BMW, le groupe helvético-suédois de biens d'équipement ABB, le constructeur de camions suédois Scania, le groupe allemand Siemens, le fabricant suédois d'équipements miniers Epiroc, etc.

Des investissements massifs pour une mise en production rapide

La première réalisation de Northvolt a été la mise sur pied d'une usine pilote (Northvolt Labs) à Västerås (à une centaine de kilomètres à l'ouest de Stockholm). Opérationnelle depuis 2019 et dotée d'une capacité de production annuelle de plus de 350 MWh, Northvolt Labs héberge une ligne de fabrication de démonstration utilisée pour qualifier et industrialiser des produits et des processus avec les clients.

Après avoir démontré le succès de son pilote industriel, la compagnie s'est lancée en octobre 2019 dans la construction de sa première méga-usine, Northvolt Ett, pour un investissement de 4 Md EUR. Appelée à devenir la première méga-usine opérationnelle en Europe, Northvolt Ett devrait commencer sa production en 2021 et produire 16 GWh de capacité de batteries par an dans sa phase initiale, 32 GWh par an en 2025, puis ultérieurement 40 GWh/an. Les batteries produites seront conçues pour être utilisées dans l'automobile, le stockage en réseau et les applications industrielles et portables.

Northvolt a fait de la réduction de l'empreinte environnementale de son usine l'un de ses avantages compétitifs. L'usine est localisée à Skellefteå en Laponie suédoise dans une région qui abrite un important pôle de production de matières premières et d'exploitation minière, et où la production d'électricité peut être garantie à 100 % renouvelable (hydroélectricité et éolien), ce qui était l'une des exigences essentielles du projet. Northvolt compte en effet s'approvisionner localement en matières premières en s'assurant que le raffinage ait lieu à proximité de la mine afin de créer une chaîne d'approvisionnement la plus courte, la plus durable et la plus transparente possible (la plupart des autres fabricants de batteries ayant au contraire généralement des chaînes d'approvisionnement mondiales longues et complexes). Généralement achetée auprès de fournisseurs externes par les fabricants de batteries, la cathode, élément clé de la cellule, sera produite directement par Northvolt afin, non seulement, de minimiser ses coûts, mais également d'assurer une totale transparence de toute la chaîne d'approvisionnement.

Suite à l'entrée de Volkswagen au capital de Northvolt en juin 2019, une coentreprise a été créée entre les deux sociétés pour édifier une autre méga-usine (Northvolt Zwei) à Salzgitter en Basse-Saxe (Allemagne), dont la capacité initiale sera de 16 GWh avant d'atteindre 24 GWh/an. La construction est prévue pour être lancée en 2021 et l'usine devrait être opérationnelle début 2024.

Un pilote industriel et deux projets d'usine de recyclage des batteries

Mais la principale caractéristique du projet Northvolt est d'être pensé dans une logique d'économie circulaire. Alors que l'extraction et le raffinage des matières contribuent à 30 % des émissions de GES d'une batterie, Northvolt entend récupérer une grande partie des matières premières nécessaires à la confection de nouvelles batteries dans les batteries usagées. Northvolt prévoit d'atteindre une part de marché de 25% en Europe, avec 50% de matières premières issues de batteries recyclées d'ici 2030.

À l'été 2020, Northvolt a lancé la construction de son usine pilote de recyclage. Située à Västerås (juste à côté de Northvolt Labs), elle doit permettre de valider les procédés industriels qui seront nécessaires pour recycler les batteries de voiture à grande échelle. À l'heure actuelle, le démontage des batteries à recycler est effectué à la main. L'une des ambitions majeures de Northvolt est de concevoir un système de démontage automatisé qui devrait permettre non seulement d'accélérer le processus, mais également de le rendre plus sûr, sachant qu'il n'y a pour l'heure pas de standardisation dans la conception des batteries, ce qui oblige les installations de recyclage à élaborer des plans pour chaque modèle de batteries de voiture. L'autre difficulté du recyclage est que le processus de séparation des éléments internes de la batterie est, actuellement, relativement lent et complexe, quelle que soit la méthode utilisée (l'hydrométallurgie, la pyrométallurgie et le recyclage direct). Au contraire d'Umicore (basée en Belgique) qui utilise un procédé pyrométallurgique, Northvolt, de même que Duesenfeld (Allemagne), privilégie la méthode hydrométallurgique dont l'empreinte environnementale est nettement moins élevée.

En cas de succès de l'installation pilote de recyclage, une usine de recyclage à grande échelle sera construite juste à côté de la Northvolt Ett, à Skellefteå. Il est prévu qu’elle soit opérationnelle dès 2022, avec une capacité de recyclage de 25 000 tonnes de cellules de batterie par an. À titre de comparaison, on estime qu'un million de voitures électriques génèrent 250 000 tonnes de batteries en fin de vie. La législation de l'UE impose aux fabricants de batteries de récupérer leurs batteries de voitures en fin de vie et interdit l'élimination des batteries de voitures dans les décharges et par incinération. Pour rappel, en novembre 2020, l'Agence fédérale allemande de l'environnement (Umweltbundesamt, UBA) a infligé une amende de 12 M EUR à Tesla pour avoir manqué à ses obligations en la matière.

Northvolt a également prévu, dans le cadre d’un partenariat noué en juin 2020 avec la société norvégienne Hydro, de construire une usine de recyclage des batteries de VE en Norvège à partir de 2021.

FOCUS : LA RATIONALITÉ DES INVESTISSEMENTS ÉTRANGERS DANS DES MÉGA-USINES DE L'UE

L'effet taille de marché comme force d'attraction

L'Europe représentera le deuxième marché mondial des batteries d'ici 2030, grâce notamment à l'importance de son industrie automobile[53] et à un large bassin de consommateurs. La demande européenne pour l'électromobilité et le stockage stationnaire dépassera les 440 GWh d'ici 2030[54].

Mais l'industrie européenne est depuis plusieurs années dans une situation paradoxale. Elle dispose d'un socle technologique solide et d'un accès privilégié à un large bassin de consommateurs. Pourtant, les entreprises européennes ont tardé à investir dans la construction de méga-usines. L'Europe ne représentait en 2019 qu'une portion marginale de la production mondiale de batteries avec une capacité de production installée sur le Vieux continent estimée à 29 GWh/an.

Les acteurs étrangers, forts de leur expérience accumulée avec leurs propres sites de production en Asie, ont pris les devants sur la scène européenne. Actuellement, c'est le Sud-coréen LG Chem qui dispose de la plus forte capacité de production en Europe. L'entreprise sera rapidement rejointe par des entreprises chinoises. Les prochaines années seront donc déterminantes pour les firmes souhaitant s'établir sur le marché européen des batteries électriques.

Réduire les coûts de transport et accéder à une énergie décarbonée

Le premier facteur poussant des entreprises à venir s'implanter directement en Europe est le coût de transport des packs de batteries utilisés dans les véhicules électriques. Il est important, si bien que les packs sont généralement assemblés au plus près des lieux de production des véhicules électriques (Coffin et Horowitz, 2018). Ce coût est en partie lié à la dangerosité du transport des packs de batteries au lithium et de ses composantes qui sont inflammables et nécessitent des méthodes de transport adaptées.

Un deuxième déterminant de la localisation des entreprises est l'accès à l'énergie. Il explique l'intérêt pour la Norvège et la Suède qui disposent de mix électrique très faiblement carbonés car utilisant massivement de l'hydro, de la biomasse et du nucléaire dans le cas de la Suède. Cette particularité a encouragé les entreprises nationales et les pouvoirs publics a imaginé le développement d'une filière de production de batterie électrique au lithium fondée sur l'idée d'une batterie réellement écologique qui ne soit pas produite à l'aide d'énergies polluantes. Dans un contexte réglementaire européen poussant à la décarbonation de l'économie, c'est un avantage

[53] Une batterie représente en moyenne 40% de la valeur d'un véhicule électrique (source : Commission européenne, « Rapport sur la mise en œuvre du plan d'action stratégique sur les batteries: créer une chaîne de valeur stratégique des batteries en Europe », 9 avril 2019

[54] European Technology and Innovation Platform on Batteries – Batteries Europe, « Strategic Research Agenda for batteries », 4 décembre 2020, page 11

qui à terme pourra se révéler déterminant. Il éclaire le projet de Panasonic d'implanter en Norvège une méga-usine de batteries en partenariat avec Equinor et Hydro.

Disposer des compétences technologiques européennes

Mais s'implanter en Europe est surtout un moyen pour les entreprises étrangères d'avoir accès à des compétences techniques de pointe dans les secteurs liés à la production de véhicules électriques. La Norvège est une destination de choix puisque le pays a maintenu une production minière importante, contrairement aux autres pays européens, et ce secteur est particulièrement innovant dans les technologies de la production de métaux – allant de l'extraction au raffinage. Elle fait partie des quelques pays dans le monde, avec l'Australie, les USA, la Chine et le Canada, à équilibrer son activité d'innovation dans le secteur minier et sa production minière (Daly et al., 2019). Plus généralement, les secteurs de l'innovation européens sont très performants et offrent des travailleurs qualifiés incitant les entreprises étrangères à venir s'implanter en Europe. C'est ce qui explique le choix de Tesla de localiser sa méga-usine à Berlin. L'accès aux compétences de l'industrie allemande est perçu comme un avantage par l'entreprise américaine. Par ailleurs un cluster de la mobilité électrique voit progressivement le jour près de Berlin puisque BMW et Daimler ont choisi d'y établir une coentreprise, tout comme Volkswagen y a implanté sa filiale Moia de partage de véhicules électriques. Enfin, BASF a récemment finalisé son plan d'investissement et de construction d'une nouvelle usine de cathodes destinées à alimenter l'industrie du véhicule électrique. Elle sera construite à Brandenburg à proximité de la méga-usine de Tesla. L'entreprise américaine Microvast a également annoncé qu'elle s'implantera dans la zone après avoir déménagé ses bureaux européens de Francfort à Ludwigsfelde, Brandernburg. Un cluster de ce type favorisera la sécurité des approvisionnements en composantes et le partage de connaissances techniques.

Profiter d'un cadre réglementaire stable et prévisible

La position européenne sur la question du changement climatique est claire et transparente. Elle fait craindre peu de changements dans les années à venir et cette certitude réglementaire est la garantie d'un marché en croissance dans les années à venir. Cette volonté politique de l'Europe se matérialise d'ailleurs concrètement dans les actions de la Banque européenne pour la Reconstruction et le Développement (BERD) qui a apporté des fonds à LG Chem pour la construction de sa première méga-usine en Pologne. L'Europe est également la région dans le monde avec les meilleures performances de recyclage et elle vise à les améliorer dans les années à venir. Dans un contexte d'augmentation du prix du lithium et d'incertitudes géopolitiques sur les approvisionnements, les producteurs de batteries comprennent l'intérêt qu'ils ont à penser la soutenabilité de leur activité en y incluant le recyclage. L'Europe apporte ici encore des compétences clés aux entreprises étrangères (McKinsey & Co., 2019).

LES STRATÉGIES INDUSTRIELLES DES ACTEURS DU PIIEC

MISE AU POINT : LES ACTEURS INDUSTRIELS EUROPÉENS POSITIONNÉS SUR LE PIIEC

Le projet important d'intérêt européen commun (PIIEC) sur la filière des batteries, validé en décembre 2019, a mis en avant 17 entreprises jugées éligibles pour recevoir des financements publics. **Les projets sélectionnés sont positionnés sur l'ensemble de la chaîne de valeur**, que ce soit pour l'extraction d'hydroxyde de lithium par Fortum, la production de matériaux actifs de cathode par BASF, la fabrication de cellules par Varta ou encore la construction de méga-usines de batteries par Automotive Cells Company (ACC).

Les projets sont localisés sur l'ensemble du territoire européen. Les groupes ne localisent pas nécessairement leurs projets d'investissement dans le même pays que leur siège social. L'Allemand BASF compte par exemple construire une usine de production de précurseurs de matériaux actifs de cathode en Finlande. Le Belge Umicore a annoncé son intention de construire une usine pour la production de matériaux de cathode en Pologne. La coentreprise ACC (détenue par PSA et Total), a pour projet de construire une méga-usine de batteries en Allemagne, *via* Opel (contrôlé par PSA).

Les 17 entreprises jugées éligibles au PIIEC ne sont pas les seules à mener des projets d'investissements ou de R&D dans le secteur des batteries en Europe. La plateforme EBA250, qui porte l'alliance européenne des batteries, regroupe environ 500 membres dont 400 acteurs industriels[55]. Volkswagen ne fait pas partie des 17 entreprises éligibles au PIIEC alors que le constructeur allemand constitue l'un des principaux investisseurs mondiaux dans le secteur des batteries pour les véhicules électriques. Il en va de même du Suédois Northvolt, qui a d'ailleurs créé une coentreprise avec Volkswagen pour construire une méga-usine de batteries en Allemagne[56]. Le groupe basé à Stockholm a levé 600 M USD (environ 507 M€) de capital en septembre 2020 auprès d'acteurs privés plutôt que de solliciter des fonds publics pour se financer[57].

[55] EBA250, « Building a European battery industry », page Internet, consulté pour la dernière fois le 14 décembre 2020

[56] Volkswagen, « Volkswagen and Northvolt form joint venture for battery production », communiqué de presse, 9 juin 2019

[57] Nothvolt, « Northvolt raises $600 million in equity to invest in capacity expansion, R&D and giga-scale recycling », communiqué de presse, 29 septembre 2020

Vue d'ensemble du positionnement des acteurs industriels du PIIEC

Classement par ordre alphabétique

Entreprise (Groupe)	Cœur de métier	Siège social	Matières premières, matériaux avancés	Cellules & modules	Système de batterie	Réutilisation recyclage raffinage
Automotive Cells Company (PSA/Total)	Producteur de batteries pour véhicules électriques	France		■		
BASF	Fabricant de produits chimiques	Allemagne	■			■
BMW	Construction automobile	Allemagne		■	■	
Elemantal	Fonds d'investissement dans le secteur minier et le recyclage	Pologne				■
Endurance (Endurance Technologies)	Équipementier automobile	Italie		■	■	■
Enel X (Enel)	Fournisseur de solutions énergétiques	Italie		■		
Eneris	Fournisseur de services environnementaux et énergétiques	Pologne	■	■	■	■
FAAM (SERI Group)	Fabricant de batteries	Italie		■		■
Fortum	Fournisseur d'électricité et de services énergétiques	Finlande				■
Kaitek	Fabricant de batteries	Italie			■	
Keliber	Producteur de batteries pour VE et machines industrielles	Finlande	■			
Nanocyl	Fabricant de nanotubes de carbone	Belgique	■			
SEEL	Services d'essai et d'inspections techniques	Suède		■	■	■
Solvay	Fabricant de matériaux avancés et de chimie de spécialités	Belgique	■ 1			

Traitement OSFME / Source : Commission européenne, « State aid: Commission approves €3.2 billion public support by seven Member States for a pan-European research and innovation project in all segments of the battery value chain », communiqué de presse, 9 décembre 2019

Automotive Cells Company (ACC)

En bref		Présentation
Siège social	France	**Automotive Cells Company** est une coentreprise créée officiellement en septembre 2020 par Total (qui contrôle SAFT, l'un des principaux chefs de file européens des batteries) et PSA. Les deux groupes ont pour ambition de mettre en commun leurs compétences le domaine des solutions de stockage de l'énergie et de la production automobile pour industrialiser la production de batteries pour véhicules électriques.
Capital	Total (50%) / PSA (50%)	
Fondé en	2020	

Le projet d'ACC est le porte-étendard des projets soutenus par l'Union européenne dans le cadre du PIIEC sur la filière des batteries. La coentreprise de Total et PSA pourra recevoir jusqu'à 1,3 Md€ de financements publics des autorités européennes, françaises et allemandes, sur une enveloppe totale de 3,2 Md€ validée par la Commission européenne.

Le déploiement industriel d'ACC est prévu en deux temps, à savoir une phase de R&D via des pilotes industriels puis une phase industrialisation de masse à travers deux méga-usines. Pour ce faire, une usine pilote de 24 000 m^2 est en construction en France, sur le site de SAFT (Total) à Nersac (16), pour le développement et la mise au point de cellules lithium-ion destinées aux véhicules électriques de PSA et Opel. L'inauguration du lancement des travaux de construction a eu lieu le 30 janvier 2020, en présence du Président de la République, Emmanuel Macron. La mise en service de la ligne pilote de production de cellules est prévue en 2021[58].

Le succès de cette première usine pilote conditionnera la construction de deux méga-usines de production de cellules de batteries. La première sera construite à Douvrin (62), sur le site de PSA, et la deuxième à Kaiserslautern (Allemagne)[59]. Les deux méga-usines disposeront chacune d'une capacité initiale de production de 8 GWh d'ici 2023, qui pourra être augmentée à 24 GWh d'ici 2030, soit un million de batteries par an et environ 10% à 15% du marché européen, d'après les estimations du groupe SAFT[60]. **Au total, le montant prévu des investissements d'ACC s'élèvera à 5 Md€, si l'ensemble des projets annoncés sont lancés.**

[58] SAFT, « Lancement d'une usine pilote de fabrication de batteries européennes pour véhicules électriques », communiqué de presse, 30 janvier 2020
[59] SAFT, « PSA et Total créent « Automotive Cells Company », co-entreprise dédiée à la fabrication de batteries en Europe », communiqué de presse, 3 septembre 2020
[60] SAFT, « Lancement d'une usine pilote de fabrication de batteries européennes pour véhicules électriques », communiqué de presse, 30 janvier 2020

BASF

En bref		Présentation
Siège social	Allemagne	**BASF** est l'un des chefs de file mondiaux du secteur de la chimie. Le groupe allemand produit une vaste gamme de produits, allant des produits fonctionnels, aux produits agrochimiques en passant les matériaux hautes performances et les produits chimiques. Sa division BASF Catalyst développe notamment des composants avancés pour les batteries, en particulier des cathodes (NCA et NCM)[61].
Capital	Groupe côté (*)	
Fondé en	1865	
Chiffre d'affaires	59 316 M€[62] (2019)	
Collaborateurs	117 628 pers. (2019)	

(*) Capital détenu par environ 600 000 actionnaires, basés en Allemagne (45%), États-Unis et Canada (21%), Royaume-Uni (9%), reste d'Europe (15%), reste du monde (4%), non-identifié (6%) en 2019[63]

BASF a prévu d'investir 400 M€ dans la construction de nouvelles capacités de production de cathodes en Europe[64]. Le groupe a lancé en 2018 la construction à Harjavalta (Finlande) d'une usine pour la production de précurseurs de matériaux actifs de cathode. L'usine sera approvisionnée en nickel et en cobalt par l'usine de raffinage de Norilsk Nickel (Russie), située elle aussi à Harjavalta. Le lancement de la production est prévu pour 2022. En parallèle, BASF construit à Schwarzheide (Allemagne) une usine de production de matériaux actifs de cathode, avec une capacité de production calibrée pour 400 000 voitures électriques par an. L'usine utilisera les précurseurs fabriqués dans la future usine BASF à Harjavalta (Finlande). Ce projet intégré permet à BASF de produire des cathodes à partir d'une chaîne de valeur entièrement basée en Europe. Il est soutenu par les financements européens dans le cadre du PIIEC.

Le chimiste allemand a noué un partenariat avec les Français Eramet et Suez pour mettre au point un procédé de recyclage à grande échelle des batteries lithium-ion des VE, dans le cadre du projet ReLieVe. Le consortium va développer entre 2020 et 2021 un pilote industriel dédié au recyclage des matériaux des batteries lithium-ion. Eramet mettra au point les procédés, Suez s'occupera de la collecte et du démantèlement des batteries usagées et BASF prendrait en charge la réutilisation du lithium dans la production d'électrodes. En fonction du succès de cette première étape, une nouvelle unité de recyclage industriel pourrait être construite à l'horizon 2025/2027. Les trois partenaires ont annoncé en septembre avoir été sélectionnés par l'UE pour un financement public de 4,7 € dans le cadre de l'EIT Raw Materials[65].

[61] BASF, Battery Materials, page Internet, consulté la dernière fois le 14 décembre 2020

[62] *Ibid.*

[63] BASF, Annual Report 2019

[64] BASF, « BASF and Norilsk Nickel enter exclusive negotiations to cooperate on raw material supply for battery materials production in Europe », communiqué de presse, 27 juin 2017

[65] BASF, « Eramet, BASF and SUEZ partner to develop an innovative closed-loop process for the recycling of lithium-ion batteries, responding to the strong growth of the market in the coming years », 11 septembre 2019

BMW

En bref		Présentation
Siège social	Allemagne	BMW est l'un des chefs de file mondiaux de la construction automobile. D'ici 2025, le groupe allemand compte commercialiser 25 modèles de véhicules électriques.
Capital	Groupe côté (*)	
Fondé en	1917	
Chiffre d'affaires	104,2 Md EUR (2019)	
Collaborateurs	133 778 pers. (2019)[66]	

(*) Capital détenu par Stefan Quandt (25,8%), Susanne Klatten (20,9%)[67]

BMW a pour objectif d'être en mesure de maîtriser l'ensemble de la chaîne de valeur des batteries. Le groupe prévoit de construire une nouvelle usine pilote de 14 000 m^2, à Parsdorf (Allemagne), pour développer des systèmes de production de masse de cellules de batteries lithium-ion d'ici 2022. Le projet représente un investissement de 110 M€, financé en partie par les subventions du gouvernement fédéral d'Allemagne et du land de Bavière dans le cadre du PIIEC. Cette nouvelle usine doit permettre au groupe de renforcer son expertise sur l'ensemble de la chaîne de valeur des batteries. Elle s'appuiera notamment sur les travaux de R&D du *Battery Cell Competence Centre* à Munich, inauguré en novembre 2019.

Le groupe a également prévu 750 M€ d'investissements pour la production d'équipements dédiés aux véhicules électriques sur les sites du groupe à Leipzig, Regensburg et Dingolfing (Allemagne). Le site de Regensburg recevra 150 M€ pour démarrer l'enrobage de cellules dès 2021 et la production de batteries en 2022.

Le groupe a également signé en juillet 2020 un contrat de 2 Md€ avec le Suédois Northvolt pour l'approvisionnement de cellules depuis la méga-usine de Skellefteå (Suède), à partir de 2024. Le constructeur allemand a noué un partenariat avec Northvolt et Umicore pour développer de nouveaux procédés de recyclage des cellules de batteries[68], afin de boucler la chaîne de valeur.

[66] BMW, Annual report 2019

[67] Zonebourse, consulté la dernière fois le 14 décembre 2020

[68] BMW, « From raw material to recycling: BMW Group develops sustainable material cycle for battery cells », communiqué de presse, 29 juillet 2020

FAAM

En bref		Présentation
Siège social	Italie	FAAM est un fabricant de batteries. L'entreprise propose des batteries de démarrage, des batteries pour les solutions de mobilités et les batteries pour les solutions stationnaires.
Capital	SERI Group	
Fondé en	1974	

FAAM est l'un des principaux bénéficiaires des fonds du PIIEC alloués à l'Italie. L'entreprise italienne recevra jusqu'à 505 M€ (sur une enveloppe totale de 570 M€ de fonds disponibles pour l'Italie) dans le cadre du développement de son ***Lithium Project***. Ce dernier est structuré en deux temps[69].

Dans un premier temps, FAAM compte investir 55 M€ pour la construction d'une usine de production de cellules poches (*pouch cells*) de 40 Ah pour batteries lithium-ion de génération 1 (cathode LFP et NCA, anode 100% carbone) et potentiellement de génération 2a (cathode NCM111, anode 100% carbone) et génération 2b (cathode NCM532 à NCM622, anode 100% carbone) à Teverola (Italie). L'usine sera dotée d'une capacité initiale de 300 MWh/an, destinées aux secteurs de l'industrie du stockage stationnaire et des applications de spécialité, fabriquées à partir de carbonate de lithium fourni par une coentreprise basée en Argentine. Les travaux doivent démarrer au premier trimestre 2021[70].

Le fabricant envisage ensuite de construire une usine de production de cellules de batteries lithium-ion de génération 3a (cathode NMC622 à NMC811, anode de carbone et de silicone à 5/10%) et génération 3b (cathode : HE-NMC, HVS ; anode de silicone et de carbone), avec l'objectif final d'industrialiser une génération 4 (batterie lithium tout-solide, avec une anode lithium-métal, matériau de conversion lithium-soufre) voire de génération 5 (lithium-air). La phase de R&D doit s'étendre de 2020-2022, avec une date prévue de lancement de la production de masse et de la commercialisation vers fin 2022-début 2023. L'industrialisation de la génération 4 pourrait intervenir en 2026. Le site serait basé à Teverola (Italie) et disposerait d'une capacité de 2,5 GWh/an, destinées aux secteurs de la mobilité. Une unité pilote de recyclage de 50 tonnes par an de batteries serait également construite, en partenariat avec d'autres acteurs européens[71].

[69] SERI Industrial Group, « SERI – FAAM Overview », présentation, septembre 2020

[70] *Ibid.*

[71] *Ibid.*

Fortum

En bref		Présentation
Siège social	Finlande	Fortum est un fournisseur d'électricité et de services énergétiques finlandais.
Capital	État finlandais (50,8%)[72]	
Fondé en	1998	
Chiffre d'affaires	5 447 M€ (2019)	
Collaborateurs	133 778 pers. (2019)[73]	

Le groupe finlandais construira une usine de recyclage de batteries lithium-ion basée à Harjavalta (Finlande) avec BASF (Allemagne) et Norilsk Nickel (Russie). Les matières premières secondaires approvisionneront la future usine de production de précurseurs de matériaux actifs de cathode de BASF d'Harjavalta[74].

Fortum s'appuiera notamment sur l'acquisition de l'entreprise Crisolteq (Finlande), annoncé en janvier 2020, qui est spécialisé dans le recyclage de batterie lithium-ion. Crisolteq (23 salariés, 2,1 M€ de CA) a développé un procédé de recyclage par hydrométallurgie capable de recycler jusqu'à 80% d'une batterie lithium-ion. La société dispose d'une unité de recyclage à Harjavalta (Finlande), une unité de production à Tornio (Finlande) et un centre de R&D à Raisio (Finlande)[75].

[72] Fortum, Major shareholders, page Internet, consulté la dernière fois le 15 décembre 2020

[73] BMW, Annual report 2019

[74] Fortum, « Finnish battery industry intensifies cooperation: Fortum, BASF, and Nornickel sign cooperation agreement on battery recycling », communiqué de presse, 6 mars 2020

[75] Fortum, « Fortum to acquire Crisolteq, a recycling specialist of valuable metals in batteries », communiqué de presse, 16 janvier 2020

Keliber Oy

En bref		Présentation
Siège social	Finlande	Keliber est une société minière basée en Finlande. La société détient les droits d'exploitation de plusieurs mines de lithium (Syväjärvi, Kokkola, Länttä, Ullava) situées dans l'ouest du pays (Ostrobotnie centrale), avec 9,3 millions de tonnes de réserves prouvées et estimées de minerai de lithium.
Capital	Finnish Minerals Group (26,3%), Nordic Mining (16,3%), Takanen Jorma (9,5%)	
Fondé en	2001	

Keliber a pour ambition de devenir le principal producteur d'hydroxyde de lithium de qualité batterie d'Europe, avec un objectif de production de 15 000 tonnes par an[76]. L'hydroxyde de lithium est de plus en plus utilisé dans les nouvelles générations de cathode, notamment NMC[77].

Le groupe compte investir 314 M€ dans le développement de ses mines, la construction d'une usine de production de concentrés de spodumène et une autre usine de production d'hydroxyde de lithium. La construction des sites industriels est prévue pour 2022. Le coût total du projet est estimé à 314 M€, dont 80 M€ de prêt de la BEI[78].

SEEL

En bref		Présentation
Siège social	Suède	**Swedish Electric Transport Laboratory (SEEL)** est un centre de recherche lancé suite à la demande du gouvernement de Suède. L'entreprise a pour objectif de fournir des solutions d'inspection et d'essai dans le domaine du transport électrique.
Capital	RISE / Chalmers University of Technology	
Fondé en	2018	

Le Suédois SEEL est le porteur du projet de développement d'un centre de test des solutions d'électromobilité. Le projet recevra 575 M SEK (environ 56 M€) de financements publics dans le cadre du PIIEC. Soutenu depuis 2018 par le gouvernement suédois, le centre de test doit être inauguré en 2023. La plateforme sera ouverte aux acteurs industriels et aux acteurs de la recherche des secteurs de l'automobile, de l'aviation et du maritime qui développent des équipements et appareils liés à la mobilité électrique.

[76] Keliber, Our Story, page Internet, consulté la dernière fois le 14 décembre 2020
[77] Mineral Info, « Le marché du lithium en 2020 : enjeux et paradoxes », dernière modification le 6 octobre 2020
[78] BEI, KELIBER BATTERY GRADE LITHIUM PRODUCTION, Référence : 20170804, 24 septembre 2019

Terrafame

En bref		Présentation
Siège social	Finlande	Terrafame est un groupe métallurgique finlandais qui produit notamment du nickel, du zinc, du cobalt et du cuivre grâce à ses mines et son usine basée à Sotkamo (Finlande) .
Capital	Finnish Minerals Group, Trafigura Group, Sampo	
Fondé en	2015	
Chiffre d'affaires	310 M€ (2019)	
Collaborateurs	1 500 pers.	

Terrafame a pour objectif d'étendre ses activités en aval de la chaîne de valeur à travers la valorisation de ses matières premières en produits transformés destinés aux batteries pour véhicules électriques. Le groupe compte produire à terme environ 170 000 tonnes de sulfates de nickel et de 7 000 tonnes de sulfates de cobalt par an, depuis son usine à Sotkamo[79]. Le groupe met en avant la performance environnementale de ses produits, qui présenteraient une empreinte carbone 60% plus faible que la moyenne de l'industrie[80]. Les nouvelles capacités de production doivent être réceptionnées fin 2020, avec une commercialisation prévue en 2021. Le coût total du projet est estimé à 240 M€[81].

Umicore

En bref		Présentation
Siège social	Belgique	Umicore est un des principaux producteurs mondiaux de matériaux. Le groupe dispose de trois grandes divisions : *Catalyst*, *Energy & Surface Technologies* et *Recycling*.
Capital	Groupe côté	
Fondé en	1805	
Chiffre d'affaires	3 361 M€[82]	
Collaborateurs	11 152 personnes	

Le groupe investit 1,3 Md PLN (environ 310 M EUR) dans la construction d'une usine de matériaux de cathode à Nysa (Pologne) pour la fabrication de batteries lithium-ion destinées aux batteries électriques. Umicore a sécurisé un prêt de 125 M EUR de la BEI en juin 2020. Le site permettra à Umicore d'atteindre une capacité de production de 175 000 matériaux pour cathode. La production doit démarrer mi-2021[83].

[79] Finnish Minerals Group, Annual Report 2019

[80] Terrafame, « Terrafame's nickel sulphate production offers the lowest carbon footprint in the industry - altogether 60% lower than in existing conventional processes », page Internet, 18.9.2020

[81] Terrafame, « Terrafame decides to invest in battery chemicals plant », communiqué de presse, 25 octobre 2018

[82] Umicore, Rapport annuel 2019

[83] Umicore, Umicore in Nysa, page Internet, consulté pour la dernière fois le 15 décembre

VARTA

En bref		Présentation
Siège social	Allemagne	VARTA est l'un des plus importants fabricants de batteries d'Allemagne. Après avoir été scindé en trois entités en 2002, le groupe a racheté en 2020 l'une de ses anciennes divisions Varta Consumer Batteries business à l'Américain Energizer Holdings pour 180 M€[84].
Capital	Groupe côté (*)	
Fondé en	1887	

(*) Capital détenu en majorité par Michael Tojner (58,3%)[85]

VARTA a l'intention de renforcer sa position de marché sur les cellules de batteries de petite taille pour les biens de consommation. VARTA a relevé ses ambitions en matière de production de cellules de batteries. Après un objectif de 150 millions de cellules par an, l'entreprise compte désormais atteindre les 200 millions de cellules grâce à la construction d'un nouveau de site de production d'électrodes à Ellwangen (Allemagne), et à la construction d'un nouveau site de production pour la fabrication de cellules à Nördlingen (Allemagne). L'ensemble des travaux doit s'acheter fin 2021. Le montant des investissements s'élève à 125 M€. Le fabricant allemand a également développé une nouvelle version de ses batteries *CoinPower*[86].

En parallèle, VARTA s'efforce de développer de nouvelles cellules de batteries lithium-ion grand format, qui pourront être destinées aux solutions de mobilité et à la robotique. Le groupe va mettre au point des pilotes industriels et s'efforcera d'industrialiser sa production dans un deuxième temps. La Commission européenne a validé en juin 2020 l'éligibilité du projet aux financements du PIIEC. VARTA affirme recevoir environ 300 M€ de subventions publiques, *via* le land de Bavière et le gouvernement fédéral allemand[87].

[84] VARTA, « VARTA AG successfully completes acquisition of VARTA Consumer Batteries business from Energizer », communiqué de presse, 2 janvier 2020
[85] Zonebourse, Varta AG, consulté la dernière fois le 15 décembre 2020
[86] VARTA, « VARTA AG lays the foundation stone for the expansion of lithium-ion production in Nördlingen in the presence of Prime Minister Markus Söder », communiqué de presse, 20 juillet 2020
[87] VARTA, « VARTA Group receives IPCEI funding for the further development of its innovative Lithium-Ion Technology - focus on larger battery formats », communiqué de presse, 29 juin 2020

FOCUS : LES PARTENARIATS INTERNATIONAUX D'ACTEURS EUROPÉENS DES BATTERIES

Les acteurs européens de l'industrie des batteries ont conclu de nombreux accords avec des groupes étrangers, en parallèle de leurs projets de développement en Europe. Leur objectif reste de renforcer leur position sur un marché mondial marqué de fortes pressions concurrentielles, notamment sur celui des véhicules électriques. Carlos Ghosn, alors PDG de Renault, a ainsi rappelé en octobre 2017 : « il faut que la batterie ne soit pas seulement européenne, il faut qu'elle soit européenne et compétitive pour que les différents constructeurs puissent l'acheter »[88].

Les constructeurs automobiles n'hésitent pas à sécuriser une grande partie de leurs futurs approvisionnements auprès de fournisseurs étrangers. BMW a conclu avec CATL (Chine) et Samsung SDI (Corée du Sud) des contrats pluriannuels d'approvisionnements de 7,3 Md EUR et 2,8 Md EUR, respectivement, pour une période courant jusqu'en 2031. Les batteries du fabricant chinois de batteries seront produites dans la méga-usine d'Erfurt (Allemagne), dont BMW est le premier client[89].

De plus, les acteurs européens des batteries localisent de nombreux projets d'investissements en Asie, en particulier en Chine. La taille du marché automobile chinois et le développement rapide du véhicule électrique rendent ce pays incontournable pour la plupart des grands groupes industriels européens[90]. Les projets d'investissements de Volkswagen dans le véhicule électrique s'élevaient à environ 91 Md EUR en 2019 (dont 57 Md EUR destinés aux batteries). Environ 50% de ce montant total est concentré en Chine. Le groupe allemand a noué des partenariats avec plusieurs industriels chinois, dont FAW, SAIC et JAC[91]. BMW a doublé les capacités de production de batterie de l'usine de Tiexi (Chine), gérée par sa coentreprise BMW Brilliance Automotive (BBA), en septembre 2020. La cérémonie d'inauguration a lieu en présence de représentants du gouvernement chinois[92].

Enfin, l'alliance européenne des batteries n'empêche pas plusieurs constructeurs d'accroître la commercialisation en Europe de véhicules électriques fabriqués en Chine. Le prochain SUV iX3 électrique de BMW sera fabriqué dans l'usine de Shenyang, la Spring de Dacia sera également fabriquée en Chine et vendue sur le Vieux Continent dès 2021 et Daimler arrêtera de produire la Smart en Moselle pour délocaliser la production en Chine en 2022, suite à un accord avec Geely[93].

---

[88] Les Echos Investir, « Ghosn favorable à une batterie made in Europe, mais compétitive », 6 octobre 2017

[89] BMW, « BMW Group forges ahead with e-mobility and secures long-term battery cell needs – total order volume of more than 10 billion euros awarded », communiqué de presse, 21 novembre 2019

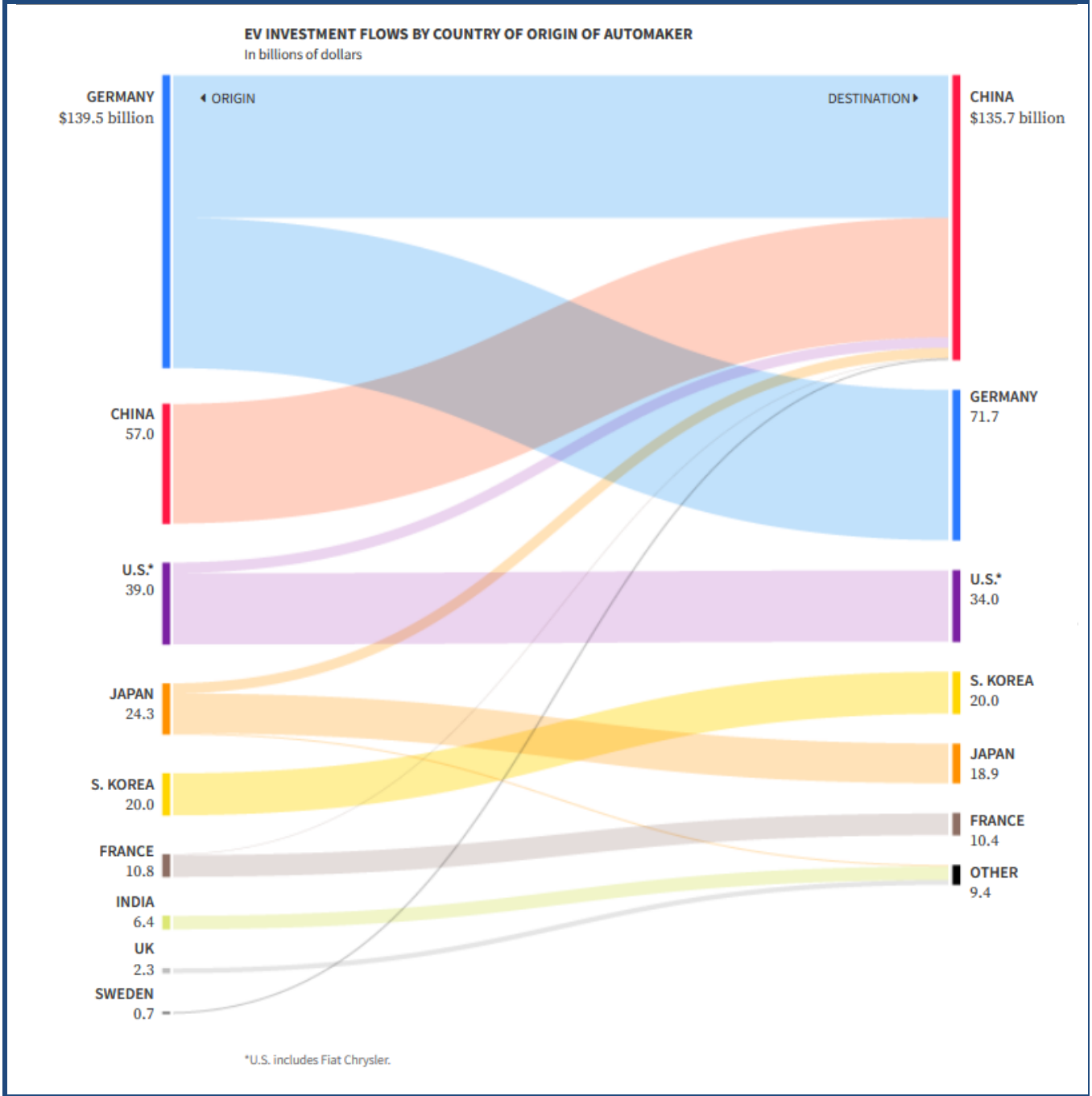
[90] À noter toutefois que les ventes de VE en Europe ont dépassé celles de Chine au cours des 7 premiers mois de 2020 (Julie Thoin-Bousquié, « L'Europe dépasse la Chine sur les ventes de véhicules électriques », Usine nouvelle, 17 août 2020)

[91] Paul LIENERT, Christine CHAN, "A Reuters analysis of 29 global automakers found that they are investing at least $300 billion in electric vehicles, with more than 45 percent of that earmarked for China.", Reuters, Publié le 10 janvier 2019, actualié le 4 avril 2019

[92] BMW, « BMW Brilliance Automotive doubles production capacity for high-voltage batteries in China », communiqué de presse, 14 septembre 2020

[93] France Stratégie, « Les politiques industrielles en France », novembre 2020

Les flux des investissements dans le véhicule électrique par pays d'origine et de destination en 2019
Unité : milliard USD, données 2019



Note : les montants indiqués correspondent aux annonces faites par les acteurs industriels en matière d'investissement
Source : Paul LIENERT, Christine CHAN, "A Reuters analysis of 29 global automakers found that they are investing at least $300 billion in electric vehicles, with more than 45 percent of that earmarked for China.", Reuters, Publié le 10 janvier 2019, actualié le 4 avril 2019

LES SOURCES

LES INSTITUTIONS PUBLIQUES

Classement par ordre alphabétique, liste indicative

Agence internationale de l'énergie (AIE)
Statistiques, informations et publications sur l'ensemble des questions relatives aux énergies renouvelables, à l'offre et à la demande de pétrole, de gaz et de charbon, à l'efficacité énergétique, aux technologies énergétiques propres, aux systèmes et marchés de l'électricité, à l'accès à l'énergie, à la gestion de la demande, et bien d'autres encore.
www.iea.org

Mots clés : véhicules électriques, électrification, technologies des batteries

Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM)
Établissement public français spécialisé dans la recherche géologique et des sciences de la Terre, qui produit notamment des rapports et des statistiques sur les ressources minières indispensables à la production de batteries.
www.brgm.fr

Mots clés : minerais

Collège de France
Le Collège de France est un établissement public d'enseignement supérieur et de recherche, institution unique en France, sans équivalent à l'étranger. Fondé en 1530, le Collège de France répond à une double vocation : être à la fois le lieu de la recherche la plus audacieuse et celui de son enseignement. Le Collège de France accueille notamment la chaire de chimie du solide et de l'énergie, dirigée par le Pr. Jean-Marie Tarascon. Le laboratoire Chimie du solide et énergie (UMR 8260) contribue activement au développement de la technologie lithium-ion et explore d'autres chimies comme le sodium-ion, le lithium-souffre et les batteries tout-solide. Le Pr. Tarascon est également directeur du réseau sur le stockage électrochimique de l'énergie (RS2E) qu'il codirige avec le Prof. Simon de l'Université Toulouse III – Paul Sabatier.
www.college-de-france.fr

Mots clés : batteries, R&D

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
Le CEA est un organisme de recherche public disposant d'une expertise reconnue dans les domaines suivants : la défense et la sécurité, les énergies bas carbone (nucléaire et renouvelables), la recherche technologique pour l'industrie et la recherche fondamentale.
www.cea.fr

Mots clés : batteries, R&D

Centre commun de recherche (Joint Research Center (JRC))
Rapports sur l'état des lieux et les stratégies de développement de la filière européenne des batteries, notamment au niveau de l'industrie, de la R&D et des matières premières, sous la direction de la Commission européenne, afin de guider la prise de décisions politiques au niveau communautaire.
ec.europa.eu/info/departments/joint-research-centre_fr

Mots clés : industrie, R&D, politique publique, minerais

L'élementarium
Statistiques et fiches d'information sur les principaux éléments du tableau périodique de Dmitri Mendeleïev, dont les métaux alcalins et les métaux et les métaux de transition utilisés dans les batteries, fournies par la Société Chimique de France et l'équipe projet France Chimie.
www.lelementarium.fr

Mots clés : minerais

Institut français du pétrole et des énergies nouvelles (IFPEN)
Informations et publications dans le domaine de la mobilité durable, les énergies renouvelables, les hydrocarbures responsables, le climat et environnement, avec des travaux dans les domaines de la R&D, l'innovation et l'industrie, les enjeux et prospectives et les études économiques.
www.ifpenergiesnouvelles.fr

Mots clés : véhicules électriques, technologies des batteries, minerais

Mineral Info, le portail français des ressources minérales non énergétiques
Observatoire des matières premières minérales primaires et secondaires non énergétiques, cogéré par le ministère de la Transition écologique et solidaire, le ministère de l'Économie et des Finances, le ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation
www.mineralinfo.fr

Mots clés : minerais

National Minerals Information Center
Statistiques, informations et publications sur l'offre, la demande et les flux mondiaux de minéraux et de matériaux essentiels à l'économie américaine, à la sécurité nationale et à la protection de l'environnement, géré par le U.S. Geological Survey (USGS).
www.usgs.gov/centers/nmic

Mots clés : minerais

Classement par ordre alphabétique, liste indicative

Avicenne Energy

Cabinet de conseil basé à Paris (France), fournissant des études de marché et des scénarios prévisionnels sur l'offre et la demande mondiale de batteries, à travers la publication de rapports révisés chaque mois.

www.avicenne.com

Mots clés : marché, prix, industrie, batteries, véhicules électriques, minerais

Benchmark Mineral Intelligence (BMI)

Bureau d'études privé basé à Londres (Royaume-Uni) fournissant des études de prix sur les principales matières premières des batteries (lithium, nickel, cobalt, graphite) et des études de marché sur la fabrication de cellules de batteries, d'anodes et de cathode.

www.benchmarkminerals.com

Mots clés : marché, prix, minerais, industrie

BloombergNEF

BloombergNEF est un bureau d'études rattaché au groupe Bloomberg, basé sur plusieurs continents, qui fournit des études de marché, des scénarios prévisionnels et des bases de données sur les secteurs de l'énergie, des transports, du numérique, des matériaux innovants et de matières premières.

about.bnef.com

Mots clés : marché, prix, industrie, batteries, véhicules électriques, minerais

Les Echos

Quotidien d'information économique et financière basé à Paris (France), publiant régulièrement des articles d'actualité sur les projets d'investissements des acteurs industriels dans le secteur des batteries, l'évolution des prix des minerais ainsi que le marché des véhicules électriques.

www.lesechos.fr

Mots clés : industrie, batteries, minerais, véhicules électriques

McKinsey & Company

Cabinet de conseil américain, disposant d'un réseau mondial, qui publie régulièrement des notes et des articles sur le marché des véhicules électriques et des batteries et les stratégies industrielles du secteur.

www.mckinsey.com

Mots clés : stratégie, industrie, véhicules électriques, batteries

Usine Nouvelle

Magazine hebdomadaire, basé en France, couvrant l'actualité industrielle française et internationale et qui publie régulièrement des articles d'actualité sur les projets d'investissements des acteurs industriels dans le secteur des batteries, l'évolution des prix des minerais ainsi que le marché des véhicules électriques.

www.usinenouvelle.com

Mots clés : industrie, batteries, minerais, véhicules électriques

Industrie & Technologies

Magazine mensuel, basé en France, spécialisé dans la veille technologique de secteurs clés de l'industrie et publiant régulièrement des articles sur les innovants dans le secteur de l'énergie, des batteries et du transport.

www.industrie-techno.com

Mots clés : industrie, R&D, batteries, transport

S&P Global Platts

Société d'information anglo-saxonne, historiquement spécialisée sur l'analyse des cours du pétrole, qui fournit des articles d'actualité et des statistiques sur l'évolution des cours de l'énergie, dont les minerais au cœur de la transition énergétique.

https://www.spglobal.com/platts/en

Mots clés : prix, minerais, batteries

BIBLIOGRAPHIE

Alain GELDRON, « L'épuisement des métaux et minéraux : faut-il s'inquiéter ? », ADEME, juin 2017, disponible sur : https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/epuisement-metaux-mineraux-fiche-technique.pdf

Amélie LOREC, Aude GANIER et Fabrice MATHÉ (infographie) et Florence FUSALBA, « Une batterie d'autonomie », Hors-série « Préparer demain... et l'après demain », Les défis du CEA, CEA-Liten, octobre 2015 [consulté le 10 novembre 2020], disponible sur : https://www.cea.fr/multimedia/Documents/publications/les-defis-du-cea/Les-defis-du-CEA-70ans.pdf

BloombergNEF, « China Dominates the Lithium-ion Battery Supply Chain, but Europe is on the Rise », 16 septembre 2020, disponible sur : https://about.bnef.com/blog/china-dominates-the-lithium-ion-battery-supply-chain-but-europe-is-on-the-rise/

CEA, « Accumulateurs, piles et batteries : des performances en constante amélioration » in L'énergie dans tous ses états [consulté le 3 novembre 2020], disponible sur : https://www.cea.fr/multimedia/Documents/publications/clefs-cea/archives/fr/encadrea.pdf

Clément BONNET, Gondia SOKHNA SECK, Emmanuel HACHE, Marine SIMOËN, Samuel CARCANAGUE, « Copper at the crossroads: assessing the interactions of the low carbon energy transition with a non-ferrous and structural metal », IFPEN/IRIS, juillet 2019, disponible sur : https://www.iris-france.org/notes/copper-at-the-crossroads-assessing-the-interactions-of-the-low-carbon-energy-transition-with-a-non-ferrous-and-structurous-metal-2/

Coffin, D., & Horowitz, J., « The supply chain for electric vehicle batteries ». *J. Int'l Com. & Econ.*, 1, 2018, disponible sur : https://heinonline.org/HOL/LandingPage?handle=hein.journals/jice2018&div=9&id=&page=

Cooke, P., « Gigafactory Logistics in Space and Time: Tesla's fourth gigafactory and its rivals. Sustainability », 12(5), 2044, 2020, disponible sur : https://doi.org/10.3390/su12052044

Daly, A., Valacchi, G., & Raffo, J., « Mining patent data: Measuring innovation in the mining industry with patents », World Intellectual Property Organization (WIPO) Economic Research Working Paper, (56), 2019, disponible sur : https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4420&plang=EN

Dumitru FORNEA, Michal PINTÉR, « Résilience des matières premières critiques : la voie à suivre pour un renforcement de la sécurité et de la durabilité », Commission européenne, 3 septembre 2020, disponible sur :
https://www.eesc.europa.eu/fr/our-work/opinions-information-reports/opinions/resilience-des-matieres-premieres-critiques-la-voie-suivre-pour-un-renforcement-de-la-securite-et-de-la-durabilite

EAC, Electricity Advisory Committee, « Energy storage Activities in the United States Electricity Grid », mai 2011, disponible sur :
https://www.energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/FINAL_DOE_Report-Storage_Activities_5-1-11.pdf

EIA, U.S. Energy Information Administration, « Battery Storage in the United States: An Update on Market Trends », juillet 2020, disponible sur :
https://www.eia.gov/analysis/studies/electricity/batterystorage/pdf/battery_storage.pdf

Emmanuel HACHE, Clément BONNET, Gondia SOKHNA SECK, Marine SIMOËN, « Pourquoi parle-t-on de « criticité » des matériaux ? », The Conversation, 23 octobre 2018, disponible sur :
https://theconversation.com/pourquoi-parle-t-on-de-criticite-des-materiaux-105258

Emmanuel HACHE, Clément BONNET, Gondia SOKHNA SECK, Marine SIMOËN, « Cuivre : quel avenir pour ce métal essentiel à la transition énergétique ? », The Conversation, 11 juillet 2019, disponible sur :
https://theconversation.com/cuivre-quel-avenir-pour-ce-metal-essentiel-a-la-transition-energetique-119500

Étienne GOETZ, « Nickel : Tesla en discussions avec BHP pour sécuriser son approvisionnement », Les Echos no. 23301, 8 octobre 2020, disponible sur :
https://www.lesechos.fr/finance-marches/marches-financiers/nickel-tesla-en-discussions-avec-bhp-pour-securiser-son-approvisionnement-1252614

European Technology and Innovation Platform on Batteries – Batteries Europe, « Strategic Research Agenda for batteries », 4 décembre 2020, disponible sur :
https://ec.europa.eu/energy/topics/technology-and-innovation/batteries-europe/news-articles-and-publications/sra_en

Fabrizio, K. R., Poczter, S., & Zelner, B. A., « Does innovation policy attract international competition? Evidence from energy storage », Research Policy, 46(6), 1106-1117, 2017, disponible sur :
https://doi.org/10.1016/j.respol.2017.04.003

Feng, S., & Magee, C. L., « Technological development of key domains in electric vehicles: Improvement rates, technology trajectories and key assignees », Applied Energy, 260, 114264, 2020, disponible sur : https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114264

Hwang, I., & Jung, Y., « Korea's Energy Storage System Development: The Synergy of Public Pull and Private Push » (No. 146617, pp. 1-17), The World Bank, 2020, disponible sur : http://documents.worldbank.org/curated/en/152501583149273660/Koreas-Energy-Storage-System-Development-The-Synergy-of-Public-Pull-and-Private-Push

IEA, « Global EV Outlook 2020, Entering the decade of electric drive? », juin 2020, disponible sur : https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020

IAE, EPO, « Innovation in batteries and electricity storage, A global analysis based on patent data », septembre 2020, disponible sur : https://www.iea.org/reports/innovation-in-batteries-and-electricity-storage

Jean-Loup PRENSIER, Cédric LUSSEAU, « Annexe : Principe de fonctionnement et constituants d'une batterie », ENS Cachan, 1er janvier 2004, disponible sur : https://eduscol.education.fr/sti/sites/eduscol.education.fr.sti/files/ressources/pedagogiques/6107/6107-annexe-principe-de-fonctionnement-et-constituants-dune-batterie-ensps.pdf

Lebedeva, N., Di Persio, F., & Boon-Brett, L., « Lithium ion battery value chain and related opportunities for Europe. European Commission », Petten, 2017, disponible sur : https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC105010/kj1a28534enn.pdf

Lee, S. I., « Plans for Energy Storage System Market Creation. Korea Energy Economics Institute », Policy Issue Paper 14-16, 2015, disponible sur : http://www.keei.re.kr/web_keei/en_publish.nsf/by_report_types/2B86C263C12834AE49257F4700254A76/$file/PIP14-16_SILee.pdf

McKinsey & Co. Eddy, J., Pfeiffer, A., & van de Staaij, J., « Recharging economies: The EV-battery manufacturing outlook for Europe. *McKinsey & Company*, 2019, disponible sur : *https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/recharging-economies-the-ev-battery-manufacturing-outlook-for-europe*

Marine COGNET, Michaël CARBONI « Stockage de l'énergie : évolution des batteries (1/2) », ENS, CultureSciences Chimie, 16 janvier 2017, [consulté le 9 novembre 2020], disponible sur : https://culturesciences.chimie.ens.fr/thematiques/chimie-physique/electrochimie/stockage-de-l-energie-evolution-des-batteries-12

Masiero, G., Ogasavara, M. H., Jussani, A. C., & Risso, M. L., « Electric vehicles in China: BYD strategies and government subsidies. *RAI Revista de Administração e Inovação* », *13*(1), 3-11, 2016, disponible sur :

https://doi.org/10.1016/j.rai.2016.01.001

Pierre LE THIEZ, Catherine PONSOT-JACQUIN, « Stocker de l'électricité, comment ça marche ? », The Conversation, 4 septembre 2017, disponible sur : https://theconversation.com/stocker-de-lelectricite-comment-ca-marche-78805

Valérie SAUVANT-MOYNOT, François ORSINI, Anthony JUTON, « État de l'art et perspectives des batteries de voitures électriques », ENS Paris-Saclay, Culture Sciences de l'Ingénieur, 30 mars 2020, disponible sur : https://eduscol.education.fr/sti/si-ens-paris-saclay/ressources_pedagogiques/etat-de-lart-et-perspectives-des-batteries-de-voitures-electriques#description

Observatoire
de la sécurité des flux
et des matières énergétiques

RAPPORT #6 – Décembre 2020

L'ALLIANCE EUROPÉENNE DES BATTERIES : ENJEUX ET PERSPECTIVES EUROPÉENNES

Par
Clément BONNET
Philippe COPINSCHI
Manfred HAFNER
Pierre LABOUÉ

L'**Observatoire de la sécurité des flux et des matières énergétiques** est coordonné par l'Institut de relations internationales et stratégiques (**IRIS**), en consortium avec **Enerdata** et **Cassini**, dans le cadre d'un contrat avec la Direction générale des relations internationales et de la stratégie (**DGRIS**) du ministère des Armées.

Au travers de rapports d'études trimestriels, de séminaires et de travaux cartographiques, l'objectif principal de cet observatoire consiste à analyser les stratégies énergétiques de trois acteurs déterminants : la **Chine**, les **États-Unis** et la **Russie**.

Le consortium vise également à :

- Proposer une vision géopolitique des enjeux énergétiques, en lien avec les enjeux de défense et de sécurité ;
- Croiser les approches : géopolitique, économique et sectorielle ;
- S'appuyer sur la complémentarité des outils : analyse qualitative, données économiques et énergétiques, cartographie interactive ;
- Réunir différents réseaux : académique, expertise, public, privé.

L'Observatoire est coordonné par Pierre Laboué, chercheur à l'IRIS, et rassemble une équipe d'une vingtaine de chercheurs et professionnels.

© DGRIS – Décembre 2020