



L'EUROPE CENTRALE ET BALTE : MOTEUR

EUROPÉEN DE LA BATTERIE POUR VÉHICULES ÉLECTRIQUES

UNE PUBLICATION DU SERVICE ÉCONOMIQUE REGIONAL

DE VARSOVIE

Novembre 2023

Les pays d'Europe centrale et balte jouent aujourd'hui un rôle notable mais parfois méconnu dans la production de batteries au lithium pour véhicules électriques (VE). Favorisés par un soutien public affirmé, des géants asiatiques de la batterie se sont implantés dans la région afin de se rapprocher des lignes d'assemblage des véhicules électriques et du marché de consommation européen. Ce faisant, des pays comme la Pologne et la Hongrie sont aujourd'hui parmi les plus grands producteurs de cellules de batteries électriques au monde alors que l'Union européenne prévoit d'interdire la commercialisation de véhicules à combustion interne en 2035 pour répondre à l'impératif de décarbonation du transport. Toutefois, l'augmentation de la production de batteries pour VE fait face à plusieurs défis.

1 Les pays d'Europe centrale : leaders méconnus de la batterie pour véhicules électriques.

Classement des capacités de production de cellules de batterie par pays en 2022

Rank	Country	2022 Battery cell manufacturing capacity, GWh	% of total
#1	China	893	77%
#2	Poland	73	6%
#3	USA	70	6%
#4	Hungary	38	3%
#5	Germany	31	3%
#6	Sweden	16	1%
#7	South Korea	15	1%
#8	Japan	12	1%
#9	France	6	1%
#10	India	3	0.2%
	Other	7	1%
	Total	1,163	100%

Source : BloombergNEF

Déjà grands producteurs de voitures, les pays d'Europe centrale jouent aujourd'hui un rôle majeur dans la production de cellules de batterie pour VE. Pour rappel, la technologie de batteries li-ion suppose l'assemblage de plusieurs composants (anode, cathode, électrolyte, séparateur etc.) au sein d'une « cellule ». Plusieurs centaines voire milliers de cellules forment des modules au sein d'un bloc-batterie qui se substitue au combustible des moteurs thermiques¹.

Selon les estimations de l'institut BloombergNEF, **la Pologne était en 2022 le deuxième plus grand producteur au monde de cellules de batterie** avec une capacité de 73 GWh. **La Hongrie se situait à la quatrième** place avec une capacité de 38 GWh. Ces résultats sont modestes en comparaison avec la Chine (893 GWh) mais placent ces pays comme leaders en Europe de la production de batteries pour voitures électriques (VE).

Ce succès s'explique notamment par la présence en Europe centrale de gigafactories de grands producteurs asiatiques de la batterie. Le coréen LG Energy Solution a ainsi été le premier à investir en 2016 en Pologne pour y installer sa gigafactory européenne de cellules. La capacité de production maximale théorique de l'usine est estimée à 86 GWh par an soit l'équivalent d'un million de batteries produites. Les coréens SK Innovation et Samsung SDI ont investi en Hongrie dès 2017 pour y installer leurs usines dont la capacité théorique maximale de production est estimée à plus de 40 GWh pour SK Innovation (environ 500 000 batteries réparties sur deux usines) et plus de 30 GWh pour Samsung SDI (environ 375 000 batteries).

Ces décisions d'investissement en Europe sont notamment justifiées par les importants coûts de transport que rencontrent les manufacturiers des batteries. Le bloc-batterie d'un VE peut représenter jusqu'à 50% de la valeur totale du véhicule fini. Or, les batteries de VE sont particulièrement lourdes et volumineuses (326 kg pour la batterie de la Renault Zoé et jusqu'à 600 kg pour la Tesla Model S). La production de cellules ou leur combinaison en modules à proximité des lignes d'assemblage automobile permet donc de réduire le coût de production des VE.

Les pouvoirs publics de la région ont soutenu ces grands investissements, rivalisant d'aides pour attirer ces projets (politique de zones franches, subventions, exonérations d'impôts, etc.). Selon les estimations disponibles, LG Energy Solution aurait ainsi bénéficié de 130 M EUR de subvention sur un investissement de 3,2 Mds EUR pour son usine de Wroclaw en Pologne. Samsung SDI aurait obtenu une aide de 90 M EUR pour son usine de Göd en Hongrie. SK Innovation qui dispose de deux usines en Hongrie, a investi 800 M EUR à Komárom contre 90 M EUR de subventions et 1,5 Md EUR à Ivánca pour 200 M EUR de subventions.

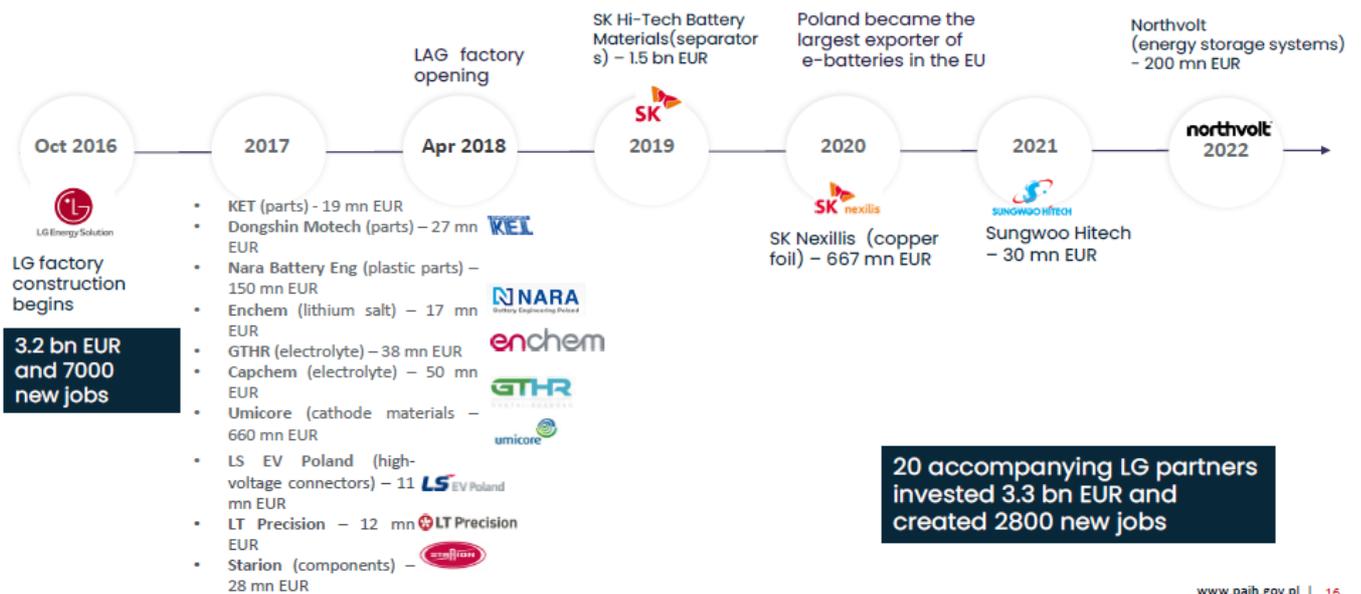
La présence en Europe centrale de ces trois usines de cellules a attiré de nouveaux acteurs et fournisseurs². En Pologne, l'investissement initial de LG Energy Solution a été suivi de nombreux fournisseurs de composants utiles à l'assemblage de cellules, à l'image de l'entreprise chinoise Capchem, leader mondial de l'électrolyte, qui construit une usine dans l'ouest de la Pologne. En

¹ Voir Annexe 1 pour une explication du fonctionnement de la batterie li-ion pour VE

² Voir Annexe 2 pour une présentation de la chaîne de valeur de la batterie li-ion pour VE

Hongrie, les cellules assemblées par SK Innovation utilisent par exemple des composants cathodes produits par le japonais Toyo Ink ainsi que des feuilles de cuivre produites par le coréen Solus Advanced Materials (anciennement Doosan).

Effet d'entrainement des investissements en Pologne suite à l'implantation de LG Energy Solution



Source : Agence polonaise pour l'investissement et le commerce (PAIH)

2 Forts de ces investissements, les pays d'Europe centrale et balte maîtrisent une large partie de la chaîne de valeur de la batterie pour VE.

Les pays d'Europe centrale et balte bénéficient de l'extraction toujours active de **cuivre en Pologne**. **En Tchèque**, les autorités doivent rendre en 2024 une décision quant au projet porté par l'énergéticien national CEZ pour l'extraction et le traitement **d'un important gisement de zinnwaldite contenant du lithium** (Cinovec, nord-ouest du pays à la frontière allemande). Selon les estimations, ce gisement représenterait 4% des réserves mondiales connues de lithium et les plus grandes d'Europe³. On relève **en Estonie une capacité unique en Europe en raffinage de métaux et terres rares** et le projet du canadien NPM d'y produire des **aimants permanents**, pour des VE ou turbines éoliennes notamment⁴.

Pour autant, l'extraction des minéraux utiles se fait majoritairement hors d'Europe (Australie, Amérique du Sud, Afrique) et leur raffinage presque exclusivement en Chine. Partant, **les matières premières et produits semi-finis utiles aux batteries produites en Europe centrale et balte sont majoritairement importés de Corée du Sud, de Chine** et du Japon dans une moindre mesure. En 2022, les sels métalliques importés en Pologne provenaient à 63% de Corée du Sud et à 21% de Chine. La quasi-totalité (96%) des

³ Voir l'annexe 2 pour une présentation de la chaîne de valeur de la batterie pour VE.

⁴ [€100 million magnet factory will be built in Narva — Invest in Estonia.](#)

sels importés en Hongrie provenaient de Corée du Sud. Quant au séparateurs de batteries, la Corée du Sud fournissait 59% des importations polonaises et 54% des importations hongroises. La Chine fournit la part restante de séparateurs à la Pologne. La Chine domine (85%) l'approvisionnement vers la Pologne et la Hongrie de graphite, composant clé des anodes de batteries.

De nombreux acteurs participant à la production de composants des cellules sont présent en Europe centrale. Outre les cas de Solus Advances Materials (feuilles de cuivre) et Toyo Ink (fibres de carbone pour cathodes) déjà évoqués, les entreprises coréennes Dongwha et Soulbrain produisent en **Hongrie** de l'électrolyte liquide. La Hongrie compte également plusieurs producteurs de connecteurs de cellules (les coréens Bumchun et Inzi Controls, les chinois Halms et Shenzhen Kedali ainsi que le japonais Mektec). La Hongrie devrait compter trois producteurs de séparateurs après les annonces d'investissement du chinois Semcorp, du japonais W-Scope et d'une coentreprise entre le japonais Toray Group et le coréen LG. L'entreprise chinoise Huayou Cobalt devrait construire une usine de cathodes à Acs, proche de Győr. D'une valeur de 520 Mds HUF (1,4 Md EUR), l'investissement bénéficie d'un fort soutien financier de la part des autorités tandis que l'entreprise coréenne EcoPro BM a annoncé en 2022 son intention de construire en Hongrie une usine de cathodes⁵. La **Pologne** compte déjà sur son sol l'une des rares usines de cathodes en Europe. La société belge Umicore en a débuté la production en 2022 dans son usine de Nysa (sud-ouest). SK Innovation a ouvert une usine de séparateurs dans la région de Katowice (Dabrowa Gornicza) puis une usine de production de feuilles de cuivre dans la région des Basses-Carpathes (Stalowa Wola)⁶.

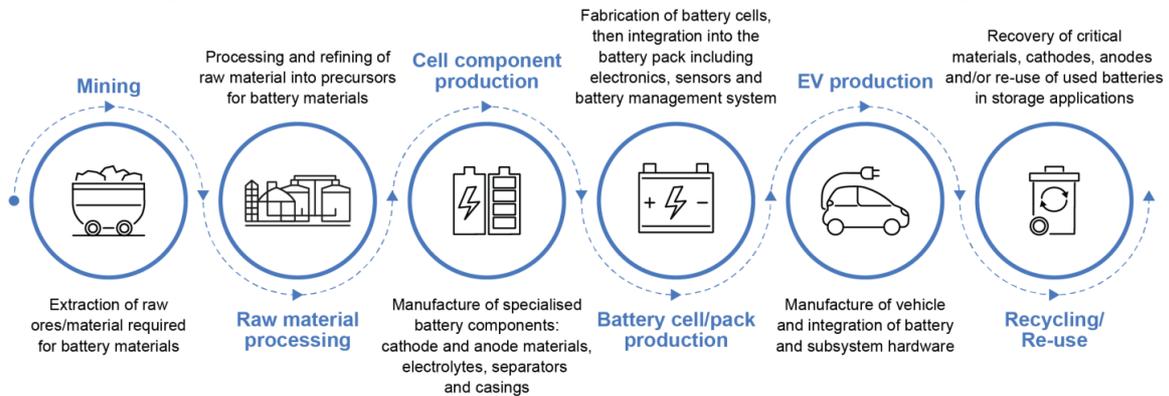
La production de cellules, cœur de la batterie, peut s'appuyer sur la présence de nombreux acteurs en Europe centrale. LG Energy Solution (Wroclaw, Pologne), Samsung SDI (Göd, Hongrie) et SK Innovation (Komárom et Ivánca, Hongrie) se distinguent comme les principaux producteurs. Par ailleurs, l'entreprise allemande BMZ produit en **Pologne** des batteries pour bus électriques. Le groupe Mercedes-Benz produit depuis 2020 dans son usine de Jawor (Basse-Silésie, Pologne) des batteries pour ses propres véhicules hybrides et électriques⁷. Le japonais GS Yuasa dispose en **Hongrie** d'une petite usine de cellules. En **Estonie**, l'entreprise Skeleton Technologies produit entre autres, des systèmes de cellules pour batteries de VE. En **Slovaquie**, l'entreprise InoBat cherche à lancer une production de cellules à proximité de Bratislava, en partenariat avec l'entreprise chinoise Hefei Gotion.

⁵ Voir l'annexe 3 pour une liste exhaustive des acteurs de la filière batterie en Hongrie.

⁶ Voir l'annexe 4 pour une liste exhaustive des acteurs de la filière batterie en Pologne.

⁷ En 2021, 72 000 batteries y ont été produites, dont 80% destinées aux hybrides et 20% aux VE.

Représentation schématique de la chaîne de valeur des batteries pour VE



Source: Energystream.com

L'assemblage des cellules en modules puis en blocs-batterie est notamment assurée en **Hongrie** par le coréen Inzi Control. Il devrait être rejoint par le géant chinois BYD qui doit construire une usine à Fót. En **Pologne**, le leader européen de la batterie Northvolt a débuté en 2019 l'assemblage de ses cellules en bloc-batteries dans son usine de Gdansk où il produit l'équivalent de 160 000 batteries par an. En **Tchéquie**, Škoda a investi 130 M EUR en 2022 dans son usine de Mladá Boleslava pour construire une nouvelle ligne de production de systèmes de protection et de contrôle « BMS » (*Battery Management System*). Le BMS assure l'équilibrage des tensions, prévient une charge ou décharge trop profonde et le risque de départ de feu. Ces systèmes seront utilisés dans différents modèles du groupe Volkswagen dont fait partie Škoda Auto. En **Slovaquie**, Porsche a récemment annoncé un investissement d'1 Md EUR à Horna Streda pour la production de modules de batteries. En **Lituanie**, l'entreprise Elinta Motors produit également des systèmes de contrôle des batteries ainsi que des systèmes de transmission (« *powertrain* ») pour VE.

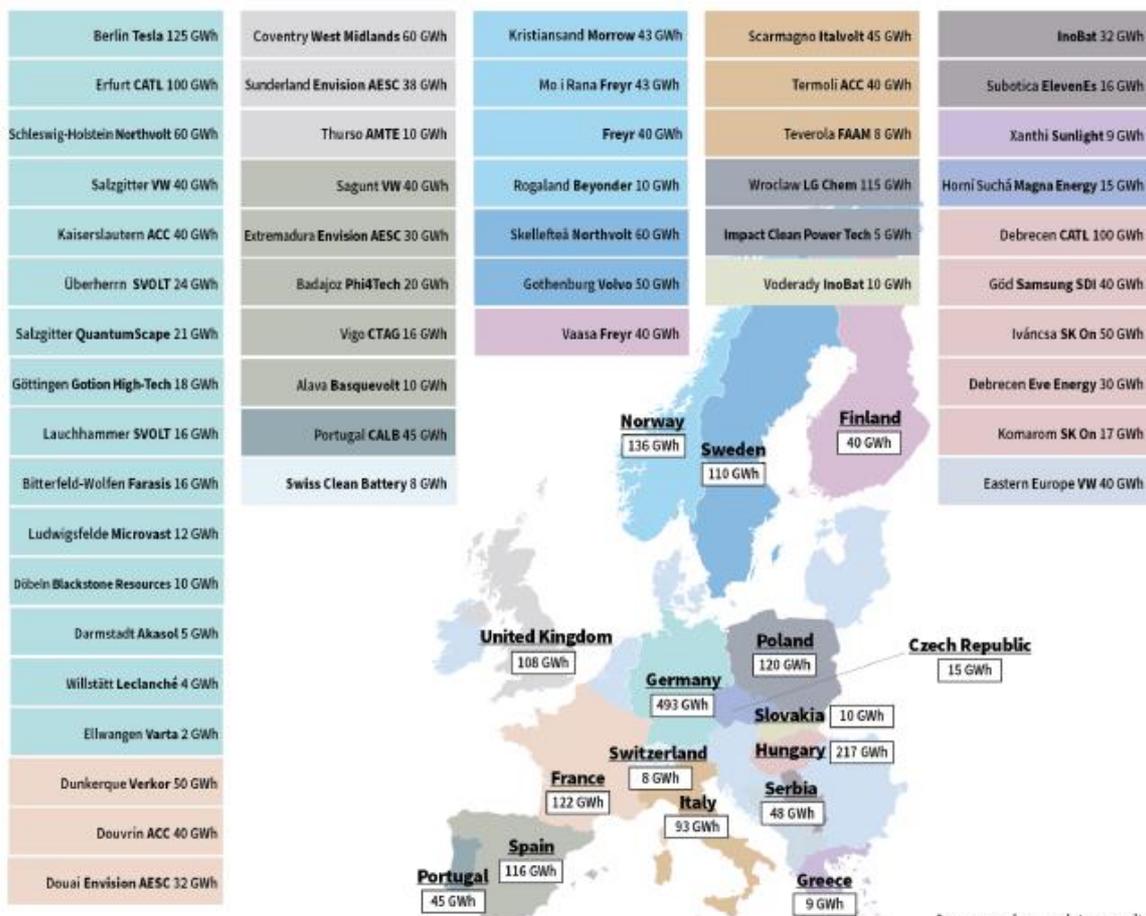
Grands producteurs de véhicules thermiques, les pays d'Europe centrale assemblent déjà plusieurs modèles de véhicules électriques. En **Slovaquie**, le groupe Stellantis assemble notamment sa Peugeot 208 E et bientôt sa Citroën C3 électrique. Le groupe Volkswagen produit la e-up! dans son usine de Bratislava. Volvo (marque du chinois Geely) a annoncé en 2022 la construction d'une nouvelle usine à Košice afin d'entamer en 2026 la production de ses véhicules électriques. Le coréen KIA, qui produit déjà plusieurs modèles hybrides en Slovaquie, prévoit d'y entamer en 2025 la production de VE. Le britannique Jaguar Land Rover, qui possède une usine à Nitra, prévoit d'y débiter la production de VE en 2030. En **Tchéquie**, Škoda produit dans son usine historique de Mladá Boleslav la « famille » ENYAQ iV (3 modèles), le premier véhicule électrique de la marque. Hyundai produit à Nošovice son SUV électrique Kona (batterie produite par LG Energy Solution). Mercedes-Benz assemble depuis 2021 son SUV électrique EQB dans le sud de la **Hongrie** (Kecskemét). BMW doit débiter à l'horizon 2025 la production de VE (i3 et le iX3) à Debrecen. En **Pologne**, la production de VE est principalement portée par Stellantis qui produit dans son usine de Tychy, les versions électriques des Fiat 500 et 600 ainsi que de la Jeep Avenger. Mercedes a annoncé fin 2022 un investissement de 1 Md€ dans une usine de vans électriques à Jawor.

Les pays d'Europe centrale assurent également une importante production de bus électriques. Pas moins de quatre constructeurs (Solaris, MAN, Volvo et Scania) produisent en Pologne⁸. Le chinois BYD, qui développe ses propres batteries, produit en Hongrie. SOR Libchavy produit en Tchéquie. A une échelle plus modeste, Vejo projektai a lancé en 2019 la production du « Dancer » en Lituanie.

Enfin, la Pologne et la Hongrie comptent sur leur sol quelques entreprises actives dans le recyclage des batteries. Les coréens Jaewon et SungEel HiTech recyclent en Hongrie une partie des produits (solvants de l'électrolyte notamment) des batteries de SK Innovation pour l'un et Samsung SDI pour l'autre. L'entreprise polonaise Element Strategic Metals développe des systèmes de traitement et de recyclage des électrodes des batteries. Solaris Bus & TAURON Polska Energia travaillent sur le recyclage des batteries de bus en unités de stockage d'énergie.

3 L'augmentation de la production de batteries fait face à des défis

Projection d'usines de cellules présentes en Europe et leur capacité à l'horizon 2030.



Source : « How not to lose it all », Transport & Environment, Mars 2023

⁸ Volvo et Scania ont annoncé l'arrêt prévu pour 2024 de tout ou partie de leur production de bus, dont électriques, en Pologne.

Selon les estimations, la capacité de production de cellules en Europe devrait dépasser les 1 000 GWh en 2030 contre moins de 200 GWh en 2023. L'Allemagne devrait devenir le premier producteur européen de batteries en 2030 avec une production avoisinant les 500 GWh, tandis que la Hongrie se maintiendrait 4^{ème} (environ 200 GWh) et la Pologne deviendrait 6^{ème} (plus de 100 GWh). Afin de tenir ses objectifs de décarbonation (réduction de 55% des émissions de CO2 à l'horizon 2030), l'UE devrait compter entre 50 et 60% de véhicules à motorisation électrique (VE) en 2030 ce qui représentait, selon les estimations, une demande en batteries li-ion comprise entre 860 et 1 050 GWh.

Attirés par un cadre règlementaire favorable aux batteries⁹ et par le dynamisme du marché européen de l'électromobilité, de nombreux producteurs ont annoncé leurs volonté d'implanter de nouvelles usines en Europe. Le géant chinois CATL a annoncé en 2022 l'ouverture en Hongrie (Debrecen) de sa plus grande usine de cellules hors de Chine pour un montant de 7,3 Mds EUR. La production théorique, attendue à partir de 2025, pourrait atteindre les 100 GWh soit l'équivalent de 1,25 million de batteries. Cette usine pourrait alimenter Mercedes qui utilise déjà des batteries CATL pour certains de ses VE ainsi que BMW qui prévoit d'installer une usine à Debrecen. Le chinois EVE Power a annoncé en 2023 un investissement de plus d'1 Md EUR pour la construction d'une usine de cellules également à Debrecen et dont la capacité théorique de production devrait atteindre 30 GWh en 2028 (400.000 batteries).

Active depuis 2017, l'usine de LG en Pologne devrait voir sa capacité théorique de production augmenter de 86 à 115 GWh à l'horizon 2030 (soit d'un million à un million et demi de batteries). La Slovaquie et la Tchéquie pourraient chacune se doter d'une usine de cellules si les projets portés par InoBat (10 GWh) et Magna Energy (15 GWh) se concrétisent. Enfin, le groupe Volkswagen qui compte déjà deux sites en Allemagne et en Espagne, prévoit d'installer sa prochaine usine de cellules (40 GWh) en Europe centrale.

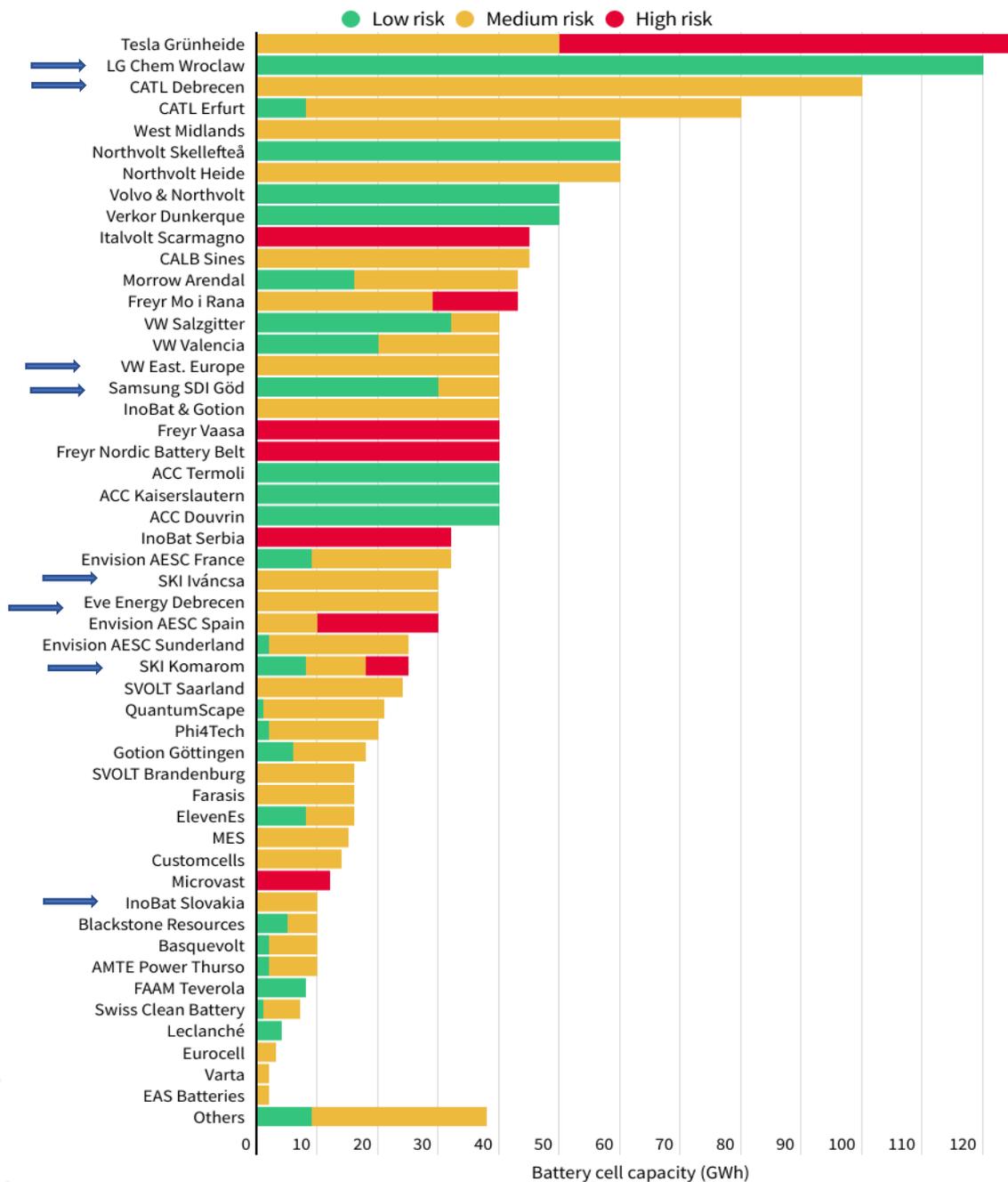
La réalisation de plusieurs des projets de gigafactories annoncés est cependant menacée. Selon les travaux du centre de recherche *Transport & Environnement*, l'adoption par les autorités américaines de l'*Inflation Reduction Act* pourrait convaincre de nombreux manufacturiers à préférer s'installer aux Etats-Unis plutôt qu'en Europe. La nouvelle législation américaine prévoit notamment d'importants crédits d'impôts et des subventions sur le coût de l'électricité en échange d'une implantation aux Etats-Unis pour la production des minerais et des cellules de batteries. De ce fait, près de la moitié des projets de batteries en Europe présentent un risque qualifié de modéré tandis que 16% des projets pourraient ne pas voir le jour.

La Hongrie est identifiée comme l'acteur faisant face au plus grand risque de non-réalisation de projets. Des doutes pèsent notamment sur la réalisation du très grand investissement du chinois CATL (usine de plus de 100 GWh) annoncée peu de temps après la présentation de l'IRA. De même le projet du

⁹ En mars 2023, l'Union européenne a définitivement adopté le règlement sur le renforcement des standards de performance relatifs à l'émission de CO2 des voitures particulières et vans neufs. Ce règlement fait partie du paquet de mesures « Ajustement à l'objectif 55 en 2030 » qui doit permettre à l'Union européenne d'atteindre la neutralité carbone en 2050. Ce règlement dispose notamment que les véhicules neufs (voitures particulières et vans) voient leur taux d'émission de dioxyde de carbone diminuer de 100% d'ici 2035.

chinois EVE, dont le début de production n'est attendu que pour 2028, est considéré à risque. Des doutes existent également sur l'extension des usines de SK Innovation. L'avenir du projet d'InoBat est aussi considéré comme incertain en Slovaquie. En revanche, la pérennité et l'extension de l'usine LG Energy Solution en Pologne, semblent assurées.

Estimation du risque pour la réalisation des projets d'usines de cellules de batteries en Europe



Les principales usines (ou projets) de production de cellules en Europe centrale et balte
Source: « How not to lose it all », Transport & Environment, Mars 2023

L'arrivée de nouveaux producteurs est également limitée par les capacités financières inégales des pays de la région. Les décisions d'investissements d'usines de cellules de LG, SK Innovation et Samsung SDI ont été conditionnées par l'attribution d'aides publiques importantes. Selon les estimations disponibles, le gouvernement hongrois aurait attribué à CATL un total de 800 M EUR en subventions et incitations fiscales pour obtenir la construction en Hongrie de sa gigafactory (investissement chiffré pour rappel, à 7,3 Mds EUR). Alors que les pays d'Europe centrale et balte sont en concurrence pour attirer les usines de cellules sur leur sol, les Etats les moins dotés semblent moins à même d'obtenir ces investissements faute de capacités budgétaires suffisantes.

Les pays d'Europe centrale font face à une situation structurelle de pénurie de main d'œuvre. Avec un taux de chômage oscillant entre 2,6% en Tchéquie et 5,8% en Slovaquie en août 2023¹⁰, les industriels de la région rencontrent depuis plusieurs années des difficultés à recruter, obérant d'autant leur capacité à augmenter leur production.

La production de batterie nécessite d'importantes quantités d'électricité et d'eau au regard des capacités d'approvisionnement des pays de la région. En Hongrie, pour atteindre l'objectif de 190 GWh en 2030, les usines de batteries nécessiteraient selon les estimations 9,5 TWh d'électricité par an, soit 60% de la production nucléaire du pays et le quart de la production électrique totale en 2021. Alors que le pays est déjà importateur net d'électricité, le retard pris sur le projet de construction de deux nouveaux réacteurs de conception russe menace la capacité du pays à répondre à la demande électrique des usines de batteries. En Pologne, le mix énergétique encore dominé à 70% par le charbon impose aux industries énérgo-intensives d'importants achats de quotas d'émission carbone, renchérissant d'autant leurs coûts de production. A ce sujet, l'utilisation en Europe centrale d'énergie charbonnée pour produire des véhicules électriques et recharger leurs batteries est souvent décriée alors même que les VE doivent en principe participer à la réduction des émissions de CO₂.

La transition vers une industrie du transport centrée sur l'électrique fait face à un enjeu d'acceptabilité et d'appropriation au niveau local comme national. Les différentes externalités (pollutions, déchets) et les grands besoins en ressources (eau, électricité, main d'œuvre) engendrées par les usines de batteries ont récemment suscité des craintes dans plusieurs villes de Hongrie comme à Debrecen, qui doit recevoir l'usine du chinois CATL. Selon les estimations, l'usine devrait utiliser à elle seule l'équivalent d'un quart de la consommation d'eau de cette ville de 200 000 habitants. En Pologne, les responsables gouvernementaux se sont régulièrement opposés à la généralisation des VE, pointant le risque de destruction d'emplois dans l'industrie du véhicule « thermique » et le coût jugé trop élevé des VE pour les consommateurs polonais.

Enfin, à l'image de l'industrie automobile classique, la production de batteries en Europe centrale est moins tirée par les marchés locaux que par les exportations vers l'Europe occidentale, et dominée par des acteurs étrangers dont les centres de décisions sont parfois loin de la région. Selon l'Association des Constructeurs Automobiles Européens, le nombre de VE en circulation dans la région demeure modeste. Avec 0,5% de VE (19 000 véhicules), la Hongrie avait en 2021 le parc automobile le plus électrifié de la région. A l'inverse, les 18 000 VE en circulation en Pologne ne représentaient que 0,1%

¹⁰ Données Eurostat. Le taux de chômage en Pologne s'élève à 2,8% et en Hongrie à 4,0% en août 2023.

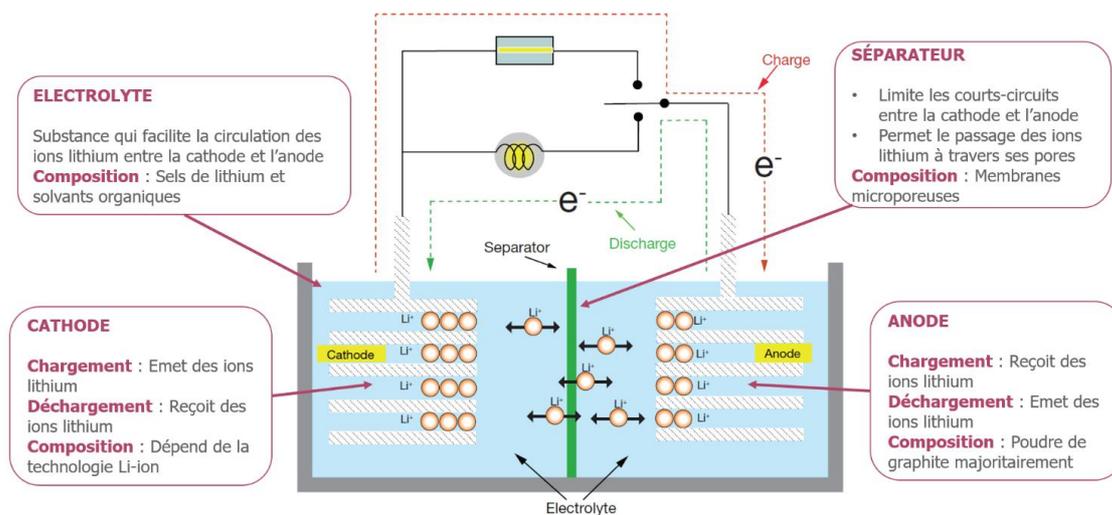
du parc automobile national. Par comparaison, en 2021, le parc automobile allemand était composé à 1,3% de VE (618 000 véhicules) contre 1% pour la France (403 000 VE). Malgré la faiblesse du marché local, les exportations polonaises de cellules de batterie li-ion ont connu un bond passant de 237 M EUR en 2017 à 8,2 Mds EUR en 2022 (soit 2,4% des exportations polonaises). Ce faisant, les batterie li-ion sont devenues, en valeur, le produit fini le plus exporté par la Pologne.

Rédigé par Arthur LIPPIS, le 6 novembre 2023.

ANNEXES

Annexe 1 – Fonctionnement de la batterie li-ion

Fonctionnement de la batterie Lithium-ion (dite li-ion) :



Source : Energystream.

La technologie de la batterie Lithium-ion est fondée sur le modèle d'une pile classique. Pour rappel, une pile permet la conversion de l'énergie chimique en énergie électrique. Une pile est composée de deux électrodes en métal (l'anode et la cathode), plongées dans un liquide (l'électrolyte) et raccordées entre elles par un circuit électrique. L'anode (généralement en zinc), libère des électrons (composants fondamentaux de l'atome, les électrons possèdent une charge électrique négative et gravitent autour du noyau). Les électrons circulent alors dans le circuit à destination de la cathode (généralement en cuivre) générant l'électricité recherchée¹¹.

Dans une batterie Li-ion pour VE, **l'anode est composée de graphite et de lithium** tandis que la **cathode est généralement composée de cobalt, de nickel et de manganèse** (l'alliage dépend de la technologie choisie par le constructeur). Lorsque l'anode est raccordée à un circuit électrique (moteur du véhicule),

¹¹ Pour une explication du fonctionnement d'une batterie voir la publication du Commissariat à l'Énergie Atomique : [Médiathèque - Les batteries Lithium-ion \(cea.fr\)](https://cea.fr/mediathèque)

les atomes de lithium qu'elle contient libèrent des électrons qui alimentent le circuit électrique jusqu'à atteindre la cathode. Les atomes de lithium ayant ainsi perdu des électrons deviennent des « ions » chargés positivement. Ces ions lithium (d'où le nom de ce type de batteries), attirés par les électrons qui ont préalablement atteint la cathode, circulent alors au travers de l'électrolyte vers la cathode.

Le processus inverse se produit lors de la recharge de la batterie. Les électrons contenus dans la cathode circulent dans la circuit électrique vers l'anode tandis que les ions lithium traversent l'électrolyte vers l'anode pour reformer des atomes de lithium complets.

L'électrolyte est notamment composé d'une « soupe d'ions » électriquement neutre et de sels de lithium qui facilitent la circulation des ions lithium d'une électrode à l'autre. Un **séparateur** placé dans l'électrolyte assure que la cathode et l'anode n'entrent pas en contact ce qui empêcherait la batterie de fonctionner.

Ces éléments sont assemblés au sein d'une « cellule » ou « accumulateur ». Plusieurs centaines voire milliers de cellules sont nécessaires pour former les « modules » d'un « bloc-batterie » qui est ce que l'on entend communément par « batterie ». A titre d'exemple, le bloc-batterie d'une e208 de Peugeot contient plus de 200 cellules contre plus de 4000 pour la Tesla Modèle 3. Le nombre de cellules, leur taille et leur agencement déterminent la capacité de la batterie c'est-à-dire la quantité d'électricité qu'elle est en mesure de stocker en kWh (pour la e208, la capacité batterie est de 50 kWh).

La batterie devient inutilisable lorsque le nombre d'électrons sur les deux électrodes s'équilibre. Il n'y a alors plus de courant électrique de l'anode vers la cathode et inversement.

Présentation d'une cellule de batterie

Source : Hydro Québec



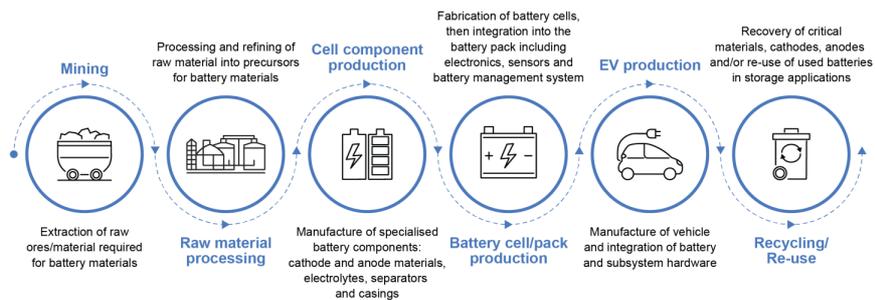
Présentation d'un assemblage de cellules au sein d'un module de batterie

Source : Engineering World



Annexe 2 – La chaîne de valeur de la batterie li-ion

Représentation schématique de la chaîne de valeur des batteries pour VE



Source : [Energystream.com](http://energystream.com)

La chaîne de valeur de la batterie pour VE peut se résumer en quelques grandes étapes. L'extraction des minerais utiles aux batteries (lithium, graphite, cobalt, nickel, manganèse et cuivre principalement) constitue la première étape. Si les minerais sont répartis dans plusieurs régions du monde, certaines entreprises chinoises dominent ce marché grâce à des contrats d'approvisionnement de long-terme ou en finançant directement les compagnies minières dans les pays producteurs (Afrique du Sud, Australie, Chili, République démocratique du Congo etc.). Plus encore que l'extraction des minerais bruts, leur raffinage en poudre à forte valeur ajoutée est largement dominé par la Chine grâce à la maîtrise des technologies nécessaires et au recours à l'énergie charbonnée peu onéreuse pour alimenter cette production très énergivore.

Une fois raffinés, les métaux sont combinés et mélangés à certains additifs afin de fabriquer les composants des cellules (anode, cathode, séparateur, électrolyte, collecteurs). Les principaux producteurs de ces composants sont japonais (Hitachi, Panasonic etc.), coréens (LG Energy Solution, Samsung, POSCO etc.) et chinois (CATL, BYD, Yuneng etc.). En raison de l'importance de la qualité de la cathode pour la performance finale de la cellule, les plus grands fabricants de batteries (**CATL, Panasonic, LG Energy Solution, BYD**) ont progressivement internalisé la production de cathodes. Parmi les grands producteurs non-asiatiques de cathodes on peut citer la société belge **Umicore**, la britannique **Johnson Matthey** et l'allemande **BASF**.

Après avoir été testées, les cellules sont assemblées par centaines (voire milliers) en différents modules qui constituent le bloc-batterie. Outre les cellules, le bloc-batterie intègre un système de refroidissement et un système de protection et de contrôle « BMS » (*Battery Management System*). Le BMS assure l'équilibrage des tensions, prévient une charge ou décharge trop profonde et le risque de départ de feu.

Les blocs-batteries sont destinés à être intégrés au véhicule électrique par le constructeur automobile. Ce dernier peut être plus ou moins impliqué dans la constitution du bloc-batterie. Le constructeur américain General Motors a complètement externalisé la réalisation du bloc-batterie au coréen LG Energy Solution tandis que le constructeur automobile chinois BYD a internalisé jusqu'à la fabrication

des cellules. Les constructeurs européens (Renault, Stellantis, Mercedes, BMW) ont souvent recours à une solution médiane. Ils achètent les cellules mais conçoivent et fabriquent le bloc-batterie.

Le bloc-batterie est un élément clé du véhicule électrique et peut compter jusqu'à 40% de la valeur d'achat du véhicule. La masse d'un bloc-batterie peut osciller selon les modèles de 200 à plus de 600 kg. La batterie d'une Renault Zoé pèse 326 kg tandis que la plus grosse batterie de la Tesla Model S pèse 600 kg. Les principaux constructeurs automobiles de véhicules électriques étaient en 2021 : Tesla, Volkswagen, BMW, Renault-Nissan, Hyundai-Kia et le chinois BYD.

Modélisation du bloc-batterie de la Peugeot e208



Source : automobile-propre.com

Annexe 3 – Les acteurs de la filière batterie pour VE en Hongrie

Data on Companies of the Hungarian Battery Value Chain (as of December 2022)

Value chain	Company name	Product	Headquarter	Hungarian production site
Materials	Soulbrain HU Kft.	Electrolyte	South Korea	Tatabánya
	Dongwha Electrolyte Hungary Kft.	Electrolyte, solvent recycling	South Korea	Sóskút
	ECOPRO GLOBAL HUNGARY Zrt.	Cathode material	South Korea	Debrecen
	TOYO INK Hungary Kft.	CNT dispersion (cathode)	Japan	Újhartyán
	Volta Energy Solutions Hungary Kft. (Doosan)	Copper foil	South Korea	Környe
	LOTTE ALUMINIUM Hungary Kft.	Aluminium foil	South Korea	Tatabánya
	Toray Industries Hungary Kft.	Separator foil	Japan	Nyergesújfalu
	W-Scope Hungary Plant Kft.	Separator foil	Japan	Nyíregyháza
	SEMCORP Hungary Kft.	Separator foil	China	Debrecen
	CK EM Solution HUN Kft.	Glue	South Korea	Heves
Components	Sangsin Magyarország Kft.	Battery case	South Korea	Jászberény
	NICE LMS Hungary Kft.	Battery case	South Korea	Vác
	Kedali Hungary Kft.	Component	China	Gödöllő
	Bumchun Precision Hungary Kft.	Component	South Korea	Salgótarján
	SHINHEUNG SEC EU Kft.	Component	South Korea	Monor
	Mektec Manufacturing Corporation Europe HU Kft.	Component	Japan	Pécel
	INZI Controls Hungary Kft.	Component	South Korea	Komárom
	Halms Hungary Kft.	Component	China	Debrecen
Cells	GS Yuasa Magyarország Kft.	Battery cell	Japan	Miskolc
	SAMSUNG SDI Magyarország Zrt.	Battery cell	South Korea	Göd
	SK Battery Manufacturing Kft.	Battery cell	South Korea	Komárom
	SK On Hungary Kft.	Battery cell	South Korea	Komárom, Iváncsa
	Contemporary Amperex Technology Hungary Kft.	Battery cell	China	Debrecen
	EVE Energy (?)	Battery cell	China	Debrecen (?)
	VW (?)	Battery cell	Germany	Győrszentiván (?)
OEMs	AUDI HUNGARIA Zrt.	Electric powertrain, electric car	Germany	Győr
	BMW Manufacturing Hungary Kft.	Electric car	Germany	Debrecen
	BYD Electric Bus&Truck Hungary Kft	Electric bus	China	Komárom
	Mercedes-Benz Manufacturing Hungary Kft.	Electric car	Germany	Kecskemét
Recycling	JWH Kft.	Additives	South Korea	Komárom
	SungEel Hitech Hungary Kft.	Batteries	South Korea	Szigetszentmiklós, Bátorterenyé
	NIO Power Europe Kft.	Battery swap stations	China	Biatorbágy

Source : "The Battery boom in Hungary", Friedrich Ebert Stiftung, Février 2023

Annexe 4 – Les acteurs de la filière batterie pour VE en Pologne



Source : "Europe runs on Polish lithium-ion batteries", *Polish Alternative Fuels Association*, février 2023

La direction générale du Trésor est présente dans plus de 100 pays à travers ses Services économiques.

Pour en savoir plus sur ses missions et ses implantations : www.tresor.economie.gouv.fr/tresor-international