



DATA

VE et batteries : Bilan de l'année

5

FINANCES

Mieux démarrer l'année en 2022

5

NOUVELLES

Tesla ne lancera pas de nouveaux modèles prochainement

15

RÉPARTITION DES ACTIFS

Maintenir le lithium mais se concentrer sur l'exploration

18

Identification des goulots d'étranglement dans la chaîne d'approvisionnement des batteries LFP

En 2021, le taux de croissance de la demande de batteries LFP a pris de nombreux acteurs de l'industrie par surprise.

Mais aujourd'hui, les batteries LFP sont acceptées comme une chimie de batterie de base pour le marché de masse. Malgré cela, lorsqu'on s'interroge sur la chaîne d'approvisionnement, la plupart
batterymaterialsreview.com

supposent que, comme les matières premières des LFP sont le fer et le phosphate, deux matériaux très courants, il n'y aura pas de problèmes.

Mais étant donné que la plupart des acteurs de l'industrie ont laissé entendre qu'il n'y aurait pas de problème avec d'autres matières premières pour batteries, nous avons estimé qu'il était de notre devoir de vérifier la chaîne

d'approvisionnement de manière plus détaillée.

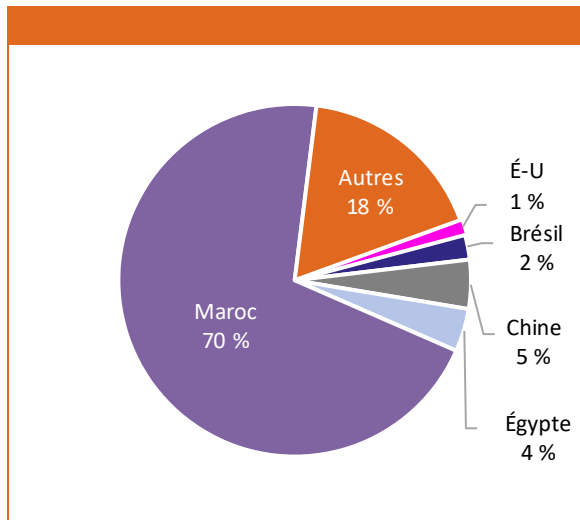
Et - quel choc - un examen plus approfondi de la chaîne d'approvisionnement de LFP nous indique qu'il pourrait très bien y avoir des problèmes de chaîne d'approvisionnement en matières premières à venir pour les batteries LFP!

Lisez la suite pour en savoir plus

Focus... Goulots d'étranglement dans la chaîne d'approvisionnement en LFP

Comment le LFP est-il fabriqué?

Avant de parler des goulots d'étranglement, assurons-nous de bien comprendre la chaîne d'approvisionnement des produits LFP. Elle est en fait assez longue et comporte un certain nombre de variantes.



Source: USGS

Le point de départ est le minerai de phosphate, qui est ensuite transformé en acide phosphorique. Comme pour de nombreux minéraux associés à la question de la demande de batteries, il ne semble pas y avoir de pénurie de réserves de phosphate dans le monde, avec environ 71 milliards de tonnes de matériaux connus (source : USGS). Mais mentionnons qu'une grande partie de ces réserves ne convient pas à la production d'acide phosphorique.

Il existe deux méthodes pour transformer les phosphates en acide phosphorique : le procédé humide et le procédé pyrogénique Turner (thermique). Pour pouvoir être utilisé par voie humide, un minerai (ou un concentré) doit avoir une teneur en P₂O₅ supérieure à 30 %, un rapport CaO/P₂O₅ inférieur à 1,6 (le calcium sous forme de carbonate de calcium consomme de l'acide pendant le processus de raffinage) et une teneur en MgO inférieure à 1 % (le MgO augmente la viscosité de l'acide pendant le processus de raffinage, ce qui entraîne de faibles rendements).

On peut constater qu'il y a une quantité décroissante de minerai approprié dans

le monde, et que beaucoup de minerai doit maintenant être enrichi pour atteindre les spécifications requises. Le procédé Turner ne nécessite pas de minerais de qualité aussi élevée, mais il présente des problèmes assez importants.

Les différences entre les méthodologies de production d'acide phosphorique sont importantes. Le procédé Turner, très utilisé en Chine, consomme beaucoup d'énergie et produit beaucoup de déchets. Le procédé humide a toujours été plus coûteux, mais il est plus largement utilisé dans le monde occidental car il est beaucoup plus respectueux de l'environnement.

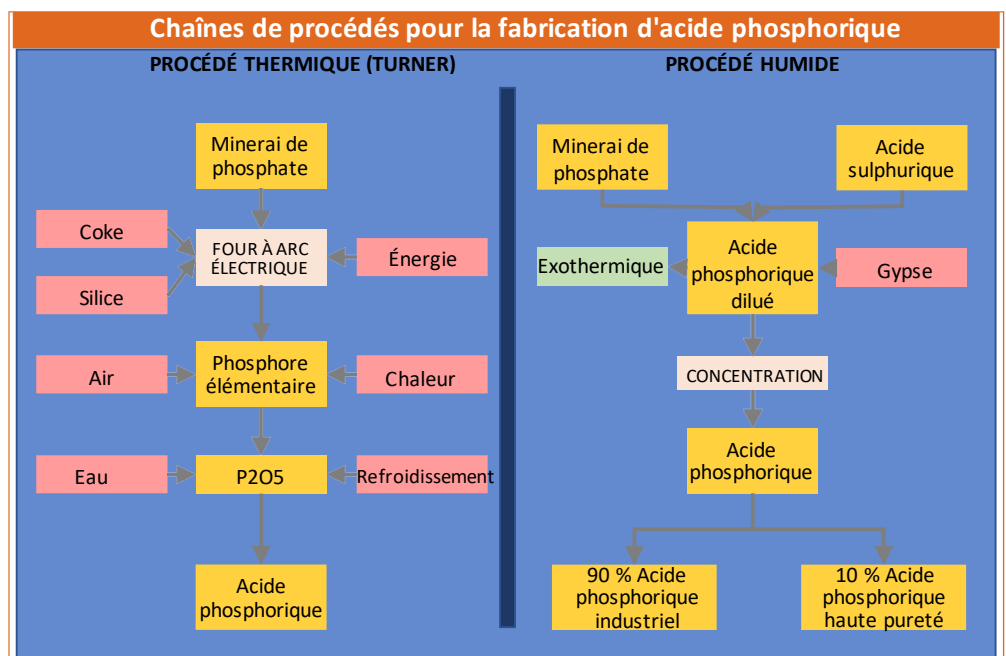
Production d'acide phosphorique par voie pyrogénique et par voie humide

Dans le procédé Turner (pyrogène), le minerai de phosphate est introduit dans un four à arc électrique avec du coke et de la silice, puis chauffé à haute température. Ce procédé consomme beaucoup d'énergie et produit du phosphore élémentaire (jaune), ainsi que de grandes quantités de scories (déchets).

Le phosphore élémentaire est ensuite chauffé à l'air pour former du P₂O₅ (plus du monoxyde de carbone et de grandes quantités de poussière), qui est ensuite ajouté à l'eau et refroidi pour produire de l'acide phosphorique.

Il s'agit d'un procédé sale qui consomme beaucoup d'énergie et produit de grandes quantités de déchets. Il reste la principale méthode de production d'acide phosphorique en Chine, bien que certaines usines plus modernes utilisent désormais le procédé humide. On peut supposer qu'à l'avenir, ce procédé de fabrication d'acide phosphorique ne sera pas acceptable pour les équipementiers d'un point de vue ESG.

Dans le procédé humide, le minerai de phosphate est combiné à de l'acide sulfurique. Il s'agit d'un processus exothermique (c'est-à-dire qu'il produit de la chaleur, qui peut ensuite être utilisée pour d'autres processus industriels). L'autre sous-produit est le gypse, un matériau de construction. Cette réaction produit une forme diluée d'acide phosphorique, qui doit ensuite être concentrée. Le problème avec ce procédé est qu'il produit une quantité beaucoup plus faible d'acide phosphorique purifié (environ 10 % contre 100 % pour le procédé Turner). Mais il est considérablement plus propre et produit de la chaleur et du gypse réutilisables.



Source: BM Review

Focus... Goulots d'étranglement dans la chaîne d'approvisionnement en LFP

L'acide phosphorique produit, qui ne convient pas à la fabrication de LFP, peut être utilisé pour fabriquer des engrais ou pour d'autres applications industrielles.

L'acide phosphorique produit par les deux procédés est sous forme aqueuse et son transport est coûteux. C'est pourquoi la plupart des usines de fabrication de LFP sont situées à proximité d'usines d'acide afin de réduire les coûts de transport.

Fabrication du phosphate-fer-lithium

L'étape suivante consiste à combiner l'acide phosphorique avec le sulfate de fer. En Occident, le sulfate de fer est généralement un sous-produit de la production d'acier (il est produit lors du processus de nettoyage de l'acier, lorsque l'acide sulfurique est utilisé pour nettoyer la surface de l'acier). En Chine, il s'agit généralement d'un sous-produit de la fusion de l'ilménite pour former du TiO₂.

Le sulfate de fer est combiné à l'acide phosphorique pour former du phosphate de fer qui, à son tour, est mis en

réaction avec du carbonate (ou de l'hydroxyde) de lithium dans un four électrique à arc pour produire du phosphate de fer lithié. En raison de l'utilisation d'un four à arc électrique, le processus de production de phosphate-fer-lithium est relativement gourmand en énergie, et devra de plus en plus provenir de sources propres pour satisfaire aux exigences ESG de l'industrie automobile.

La chaleur produite par la production d'acide phosphorique humide pourrait également être utilisée pour alimenter le processus.

Il existe une méthode en phase liquide pour la production de LFP qui consomme moins d'énergie, mais elle n'est pas aussi évolutive et nécessite un ensemble différent de matières premières, notamment du nitrate de fer et du phosphate d'ammonium.

Le LFP produit par ce procédé peut ensuite être utilisé pour la fabrication de cathodes.

la chaîne d'approvisionnement en amont. La Chine bénéficie de ce qui était jusqu'à présent des matières premières abondantes et bon marché, d'une mauvaise gouvernance environnementale et de la possibilité de se procurer du sulfate de fer gratuitement.

Mais cette abondance de matières premières était basée sur une production de batteries LFP de 80 à 100 GWh par an, et ce chiffre va augmenter

Croissance de la demande de batteries LFP



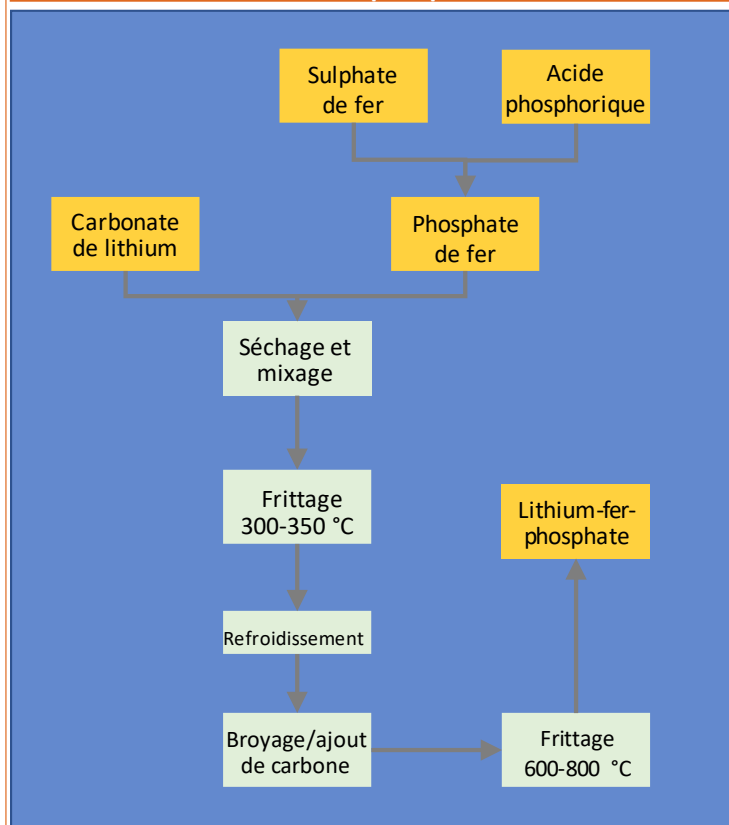
Source: BM Review estimates

considérablement, sans compter que la capacité de production de batteries LFP et de la chaîne d'approvisionnement sera nécessaire en dehors de la Chine.

Avec l'ESG qui occupe une place de choix chez les constructeurs automobiles, il semble peu probable que le procédé Turner puisse continuer à dominer la production d'acide phosphorique. Il présente de nombreux inconvénients : il consomme beaucoup d'énergie (c'est-à-dire de carbone), pollue l'air et génère beaucoup de déchets nocifs. De manière réaliste, nous nous attendons à ce que les fabricants d'équipements occidentaux insistent sur le processus humide à l'avenir. Mais il faut environ 10 fois plus de roche phosphatée pour produire la même quantité d'acide phosphorique purifié et il faut une roche phosphatée de qualité supérieure.

Nos calculs suggèrent qu'une usine de batteries de 20 GWh nécessiterait environ 2 millions de tonnes par an de roche phosphatée ou de concentré (à 30% de P₂O₅) pour le procédé humide, contre environ 300 000 tonnes par an

Process chain for lithium iron phosphate manufacture



Source: BM Review

La production de la cathode et de la batterie n'entrant pas dans le cadre de cette étude, nous nous arrêterons donc ici au produit lithium-fer-phosphate, qui est solide et peut donc être facilement transporté vers une usine de cathode LFP.

Tendances régionales et de processus

Jusqu'à présent, plus de 95 % de la production de batteries LFP était basée en Chine, qui dominait également

Focus... Goulots d'étranglement dans la chaîne d'approvisionnement en LFP

de roche ou de concentré (à 20% de P2O5) pour la même quantité de batteries utilisant le procédé Turner. Sur la base de nos prévisions actuelles, nous nous attendons à une demande de batteries LFP d'environ 500 GWh en 2025E et de 960 GWh en 2030E. Même en supposant une certaine production résiduelle à l'aide du procédé Turner d'ici 2025E, cela se traduirait par plus de 50 millions de tonnes par an de concentré de P2O5 à 30 % et près du double d'ici 2030E. C'est beaucoup de phosphate!

Un investissement important sera également nécessaire dans la chaîne de production en dehors de la Chine, lorsque le LFP commencera à prendre son essor. Bien que la cathode LFP puisse être expédiée, pour protéger les chaînes d'approvisionnement régionales, il est beaucoup plus logique de développer une capacité de production à proximité des régions où les batteries seront nécessaires.

Alors que l'Amérique du Nord dispose déjà d'une importante industrie de production de phosphate et d'acide phosphorique (bien qu'elle doive développer davantage de réserves), l'Europe manque de capacités disponibles.

L'Afrique du Nord (en particulier l'Égypte et le Maroc, qui est le deuxième plus grand producteur mondial de roche phosphatée après la Chine) pourrait potentiellement être une source viable pour la chaîne d'approvisionnement européenne en LFP.

Identifier les goulots d'étranglement

À ce stade, nous ne sommes pas encore assez avancés dans notre analyse de la chaîne d'approvisionnement de LFP pour quantifier la demande (et donc les pénuries) à différents niveaux de la chaîne, mais nous énumérons ci-dessous les domaines dans lesquels nous voyons des problèmes potentiels :

Roche de phosphate : Même si la plupart des participants de l'industrie ne croient pas que la roche phosphatée puisse être un goulot d'étranglement pour la

chaîne de production de LFP, avec le procédé Turner pour la production d'acide phosphorique qui sera probablement relégué aux oubliettes, la teneur en P2O5 de la roche deviendra plus importante. Les matériaux à haute teneur sont nettement plus rares que les matériaux à faible teneur, qui devront être enrichis. En outre, les matériaux à forte teneur en calcium et en magnésium (qu'ils puissent être enrichis ou non) ne conviendront pas à ce processus. Bien que nous ne considérions pas la roche phosphatée comme un goulot d'étranglement immédiat, elle pourrait le devenir au cours des trois ou quatre prochaines années, à mesure que la demande augmentera en Chine et ailleurs.

Acide sulfurique : Alors que l'acide sulfurique est facile à obtenir dans la plupart des pays développés, il est beaucoup plus difficile de s'en procurer dans les régions où les infrastructures de transport sont rares, à moins qu'il ne s'agisse de régions où de grandes quantités de soufre sont produites.

En raison du coût du transport et de la faible valeur de la roche phosphatée, les usines d'acide phosphorique ont tendance à être situées près des centres de production de la roche, qui souvent ne sont pas situés près des sources d'acide et/ou de soufre. Bien qu'il n'y ait pas de pénurie mondiale d'acide sulfurique, des goulots d'étranglement locaux peuvent exister. En fait, la Chine est un importateur net de soufre destiné à être utilisé dans l'acide sulfurique. L'augmentation de la capacité de production d'acide phosphorique par voie humide ne peut qu'exacerber ce problème.

Acide phosphorique de haute pureté : Étant donné que l'accent est mis de plus en plus (en raison de priorités ESG plus strictes) sur la production d'acide phosphorique par voie humide, il est

possible que l'acide phosphorique de haute pureté soit un goulot d'étranglement. Étant donné que seulement 10 % de l'acide phosphorique produit par voie humide peut être utilisé de manière rentable pour la production de LFP, les installations d'acide devront être agrandies pour produire suffisamment de matière. Cela pourrait entraîner une surproduction d'acide phosphorique pour d'autres applications telles que les engrais.

Sulfate de fer : à mon avis, cela pourrait constituer un point de blocage majeur, même à court terme. En dehors de la Chine, le sulfate de fer est susceptible de provenir du polissage de l'acier. Pour approvisionner la fabrication du LFP, les copeaux issus de ce processus doivent être nettoyés davantage, ce qui a un coût (à la fois en capital et en fonctionnement). En Chine, jusqu'à présent, le sulfate de fer était fourni gratuitement par l'industrie de la fusion du TiO2.

Mais un problème émerge : la qualité des déchets de sulfate de fer n'est pas uniforme. Jusqu'à présent, étant donné que des quantités relativement faibles étaient nécessaires, l'industrie des batteries a pu choisir des matériaux de haute qualité parmi les déchets et ne rien payer.

Pour les tonnages qui seront nécessaires à l'avenir, il est peu probable que cela soit possible et, en effet, il se peut qu'il n'y ait pas assez de matériaux de haute qualité. Il est probable que (1) l'approvisionnement en sulfate de fer aura désormais un coût et (2) qu'une partie du sulfate de fer devra être transformée pour obtenir les bonnes spécifications.

Cela aura des répercussions économiques sur la production de LFP en Chine. Jusqu'à présent, il a été impossible d'investir dans la capacité de production de sulfate de fer en dehors de la Chine, car ce produit est gratuit dans ce pays. À l'avenir, cela doit changer si l'Europe et les États-Unis veulent développer des chaînes d'approvisionnement en LFP viables.

Nous remercions vivement Yves Caprara qui a contribué de manière significative à l'élaboration de cet article.

Une usine de batteries LFP de 20 GWh utilisera les ressources suivantes dans une année :

2,1 t de roche phosphatée à 30% P2O5 (procédé humide)
1,9 t d'acide sulfurique (procédé humide)
13 k de carbonate de lithium

Source: BM Review estimates