

PAR COURRIEL

Le 4 octobre 2024

DEMANDEUR

N/Réf. : 202408-70

Objet : Demande d'accès à l'information

Monsieur,

Nous donnons suite à votre demande d'accès à l'information reçue le 30 août 2024 et précisée le 4 septembre 2024.

La recherche a permis de repérer des documents concernant votre demande qui vous sont accessibles. Vous remarquerez que nous avons soustrait des renseignements, comme le permet l'article 14 de la Loi sur l'accès aux documents des organismes publics et sur la protection des renseignements personnels (RLRQ, c. A-2.1), ci-après Loi sur l'accès. En effet, nous avons retranché les renseignements confidentiels au sens des articles 22, 48, 53 et 54 de cette loi.

Conformément à l'article 48 de la Loi sur l'accès aux documents des organismes publics et sur la protection des renseignements personnels (RLRQ, c. A-2.1), nous vous référons à la personne responsable de l'accès aux documents de cet organisme :

Institut national des mines

Monsieur Xavier Roy
Secrétaire général
125, rue Self
Val-d'Or (Québec) J9P 3N2
sg@inmq.gouv.qc.ca

La recherche a également permis de repérer des documents en lien avec votre demande. Toutefois, nous vous informons que ces documents ne sont pas accessibles suivant les articles 9, 22, 23, 24 et 37 de la Loi sur l'accès.

Nous vous indiquons que vous pouvez demander à la Commission d'accès à l'information de réviser cette décision. Vous trouverez ci-joint une note explicative concernant l'exercice de ce recours ainsi qu'une copie des articles précités.

Veuillez agréer, Monsieur, l'expression de nos sentiments les meilleurs.

La responsable de l'accès à l'information,

Original signé par

Matilde Thérroux-Lemay

p. j. : 3

Fraser, Simon (DPM)

De: Fraser, Simon (DPM)
Envoyé: 13 mars 2024 11:28
À: Gaudreault, Jean-Simon (DPM)
Cc: Douheret, Jocelyn (DPM); Charette, Benoit (DGGQ)
Objet: RE: Question MCS
Pièces jointes: Projets québécois lithium-mars2024.pdf

Voici le projet de réponse. Tel qu'entendu, j'ai surtout mis le focus sur lithium et graphite qui sont quand même des exemples assez parlants. J'ai joint le tableau pour le lithium mais je n'ai pas le tableau pour le graphite. Les chiffres sont bons mais ça demanderait encore un peu de travail pour avoir un tableau présentable pour le graphite (si besoin, je pourrai m'y attarder ce pm) :

Le Québec compte sur un potentiel intéressant pour plusieurs MCS. Ceci inclus deux des principaux MCS nécessaires au développement de la filière batterie, soit le lithium et le graphite.

Lithium :

Le Québec compte sur 8 projets de lithium avancés. Deux de ces projets sont situés en Abitibi-Témiscamingue et les 6 autres sont situés dans le Nord-du-Québec. Ces projets totalisent des réserves et ressources cumulées de plus de 6 Mt et ont un potentiel de production annuelle de concentré de spodumène de grade batterie dans les prochaines années de plus de 1,2 Mt (environ 178 kt LCE). Cette production de concentré pourrait quant à elle être transformée localement en carbonate et hydroxyde de lithium qui sont des ingrédients clés dans la production de cathodes de batteries. La production annuelle de ces deux dérivés au Québec pourrait potentiellement atteindre près de 140 kt (LCE).

Note : LCE= équivalent en carbonate de lithium

Non-visé

Ainsi la production potentielle de ces 2 MCS au Québec servira à alimenter les différentes usines dans la filière batteries qui s'établiront à Bécancour en plus de Northvolt. Simplement pour les usines de Bécancour, Benchmark Minerals estimait à l'été 2023 que celles-ci pourraient constituer jusqu'à 28% de la production Nord-Américaine de cathodes dans les prochaines années.

Merci!

Simon Fraser
Économiste
Direction des politiques minières
Ministère des Ressources naturelles et des Forêts

70, avenue Québec
Rouyn-Noranda (Québec) J9X 6R1
Cellulaire: 819-763-9651
simon.fraser@mrnf.gouv.qc.ca
mrnf.gouv.qc.ca

De : Gaudreault, Jean-Simon (DPM) <Jean-Simon.Gaudreault@mrnf.gouv.qc.ca>

Envoyé : 12 mars 2024 17:14

À : Fraser, Simon (DPM) <Simon.Fraser@mrnf.gouv.qc.ca>

Cc : Douheret, Jocelyn (DPM) <Jocelyn.Douheret@mrnf.gouv.qc.ca>

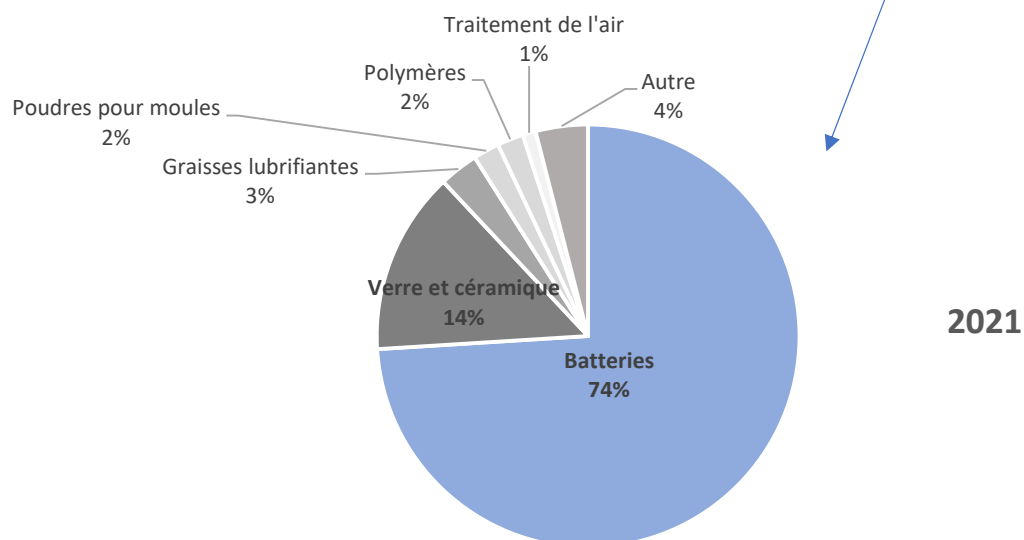
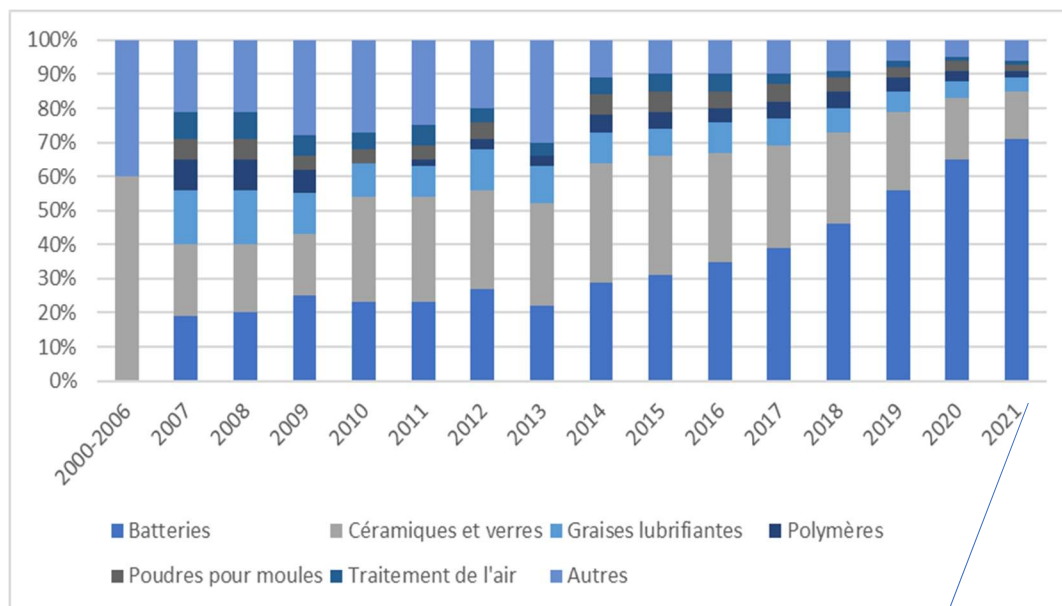
Objet : Question MCS

Non-visé

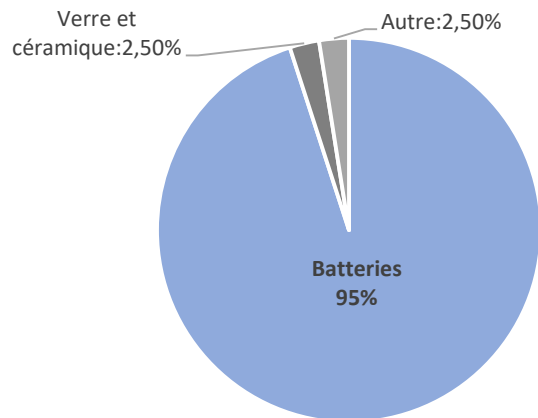
Jean-Simon Gaudreault
Conseiller à la mise en œuvre des politiques minières
Direction des politiques minières
Secteur des mines
Ministère des Ressources naturelles et des Forêts
5700, 4^e Avenue Ouest, D 327
Québec (Québec) G1H 6R1
jean-simon.gaudreault@mrnf.gouv.qc.ca
mrnf.gouv.qc.ca

Principales utilisations du lithium

Depuis les 20 dernières années, les batteries représentent un pourcentage croissant de l'utilisation du lithium à travers le monde. Selon le USGS, voici l'évolution des principales utilisations du lithium:



Plusieurs études estiment que les batteries pourraient représenter plus de 90 % de l'utilisation du lithium en d'ici 8 à 10 ans. Selon la firme McKinsey¹, les principales utilisations du lithium en **2030** seront :

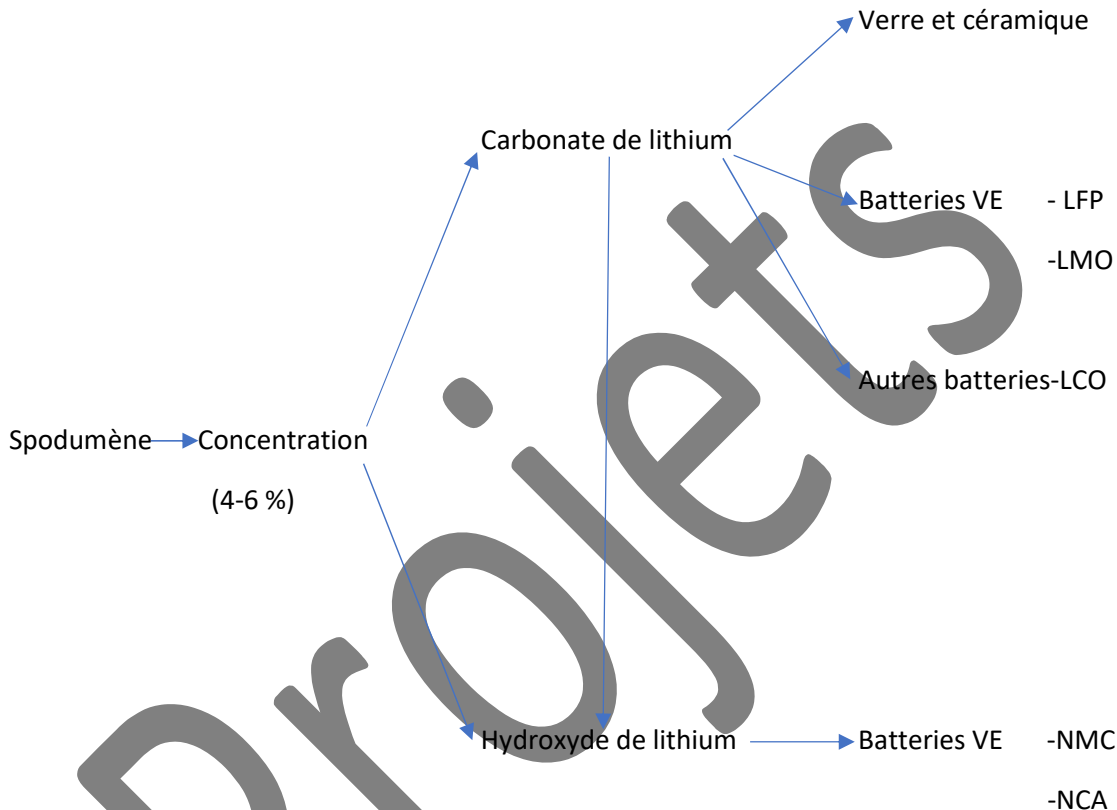


2030

¹ [How lithium mining is fueling the EV revolution | McKinsey](#)

Chaîne de valeur du lithium (résumé)

Le lithium produit (ou qui sera produit) au Québec est extrait de spodumène. Voici un résumé de la chaîne de valeur du lithium à partir du spodumène :



Il existe différents grades dans le concentré produit en fonction du niveau d'impureté contenu. La production de verre, céramique et autres produits de spécialité nécessite généralement un concentré de grade technique, contenant un faible niveau d'impureté. Ce type de concentré se vend généralement à prime par rapport au concentré de grade chimique (qui peut contenir plus d'impuretés). Le concentré de grade chimique, lorsqu'il répond aux spécifications des acheteurs, est utilisé dans la fabrication de batteries pour véhicules électriques (VE).

À noter que d'autres pays produisent du lithium à partir de saumures. Bien que le procédé soit différent et nécessite une étape de plus de raffinage pour la production d'hydroxyde, la chaîne de valeur demeure similaire.

Note : LFP = lithium-fer-phosphate; LMO=lithium-oxide de manganèse; LCO=lithium-oxide de cobalt; NMC=lithium-nickel-manganèse-cobalt; NCA=lithium-nickel-cobalt-aluminium

Facteurs d'équivalence des sous-produits du lithium

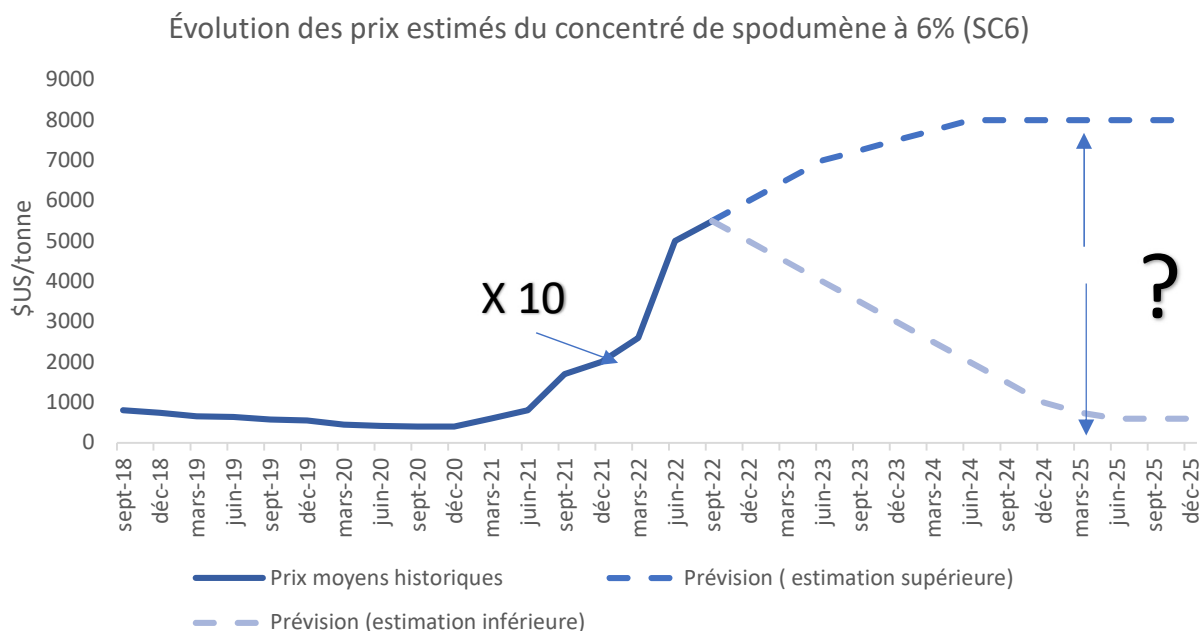
Afin de permettre des comparaisons entre les différents sous-produits du lithium, les quantités produites et vendues sont souvent exprimées sous forme d'équivalent de carbonate de lithium (*lithium carbonate equivalent* ou **LCE**). Les facteurs de conversion en LCE généralement utilisés pour les principaux sous-produits sont les suivants :

	Facteur de conversion en LCE
Lithium (Li)	X 5,323
Oxide de lithium (Li_2O)	X 2,473
Carbonate de lithium (Li_2CO_3)	X 1
Hydroxyde de lithium ($\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$)	X 0,88

Marché global du lithium

Prix du concentré de spodumène

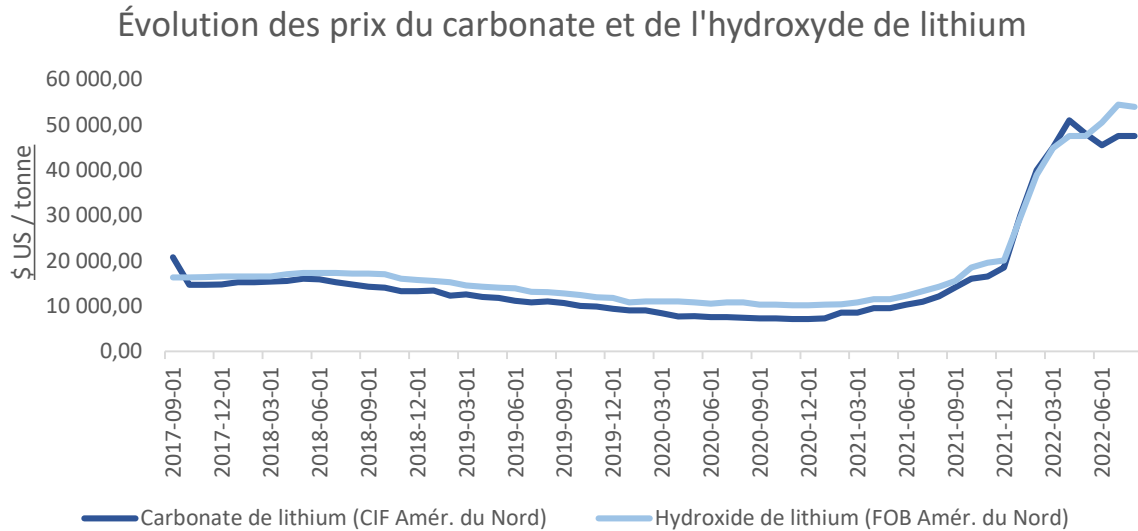
Le marché du concentré de spodumène ne fonctionne pas encore comme un marché de commodité. Il n'est actuellement pas possible d'obtenir un prix de référence international pour chaque type de concentré. Les prix sont déterminés sur les bases de négociations contractuelles privées entre producteurs et acheteurs et le producteur se doit de s'assurer que son produit répond aux exigences de l'acheteur. Le degré de concentration ainsi que les propriétés du concentré ont des impacts sur les prix. Les prix ont également tendance à varier légèrement en fonction de la situation géographique des acheteurs et producteurs. De façon générale, plus le % de concentration est élevé et plus le prix sera élevé. Également, un concentré de grade technique (qui contient moins d'impureté) commande généralement un prix plus élevé qu'un concentré de grade chimique (celui utilisé pour les batteries), bien que cette prime semble avoir diminué au cours des 2 dernières années. Les prix ont connu une hausse fulgurante en 2022 sur la base d'une demande en expansion et d'une offre qui peine à suivre. Les prévisions pour les années suivantes sont toutefois variables d'une source à l'autre et contiennent un niveau d'incertitude très élevé.



Sources : rapports d'entreprises, S&P Global, Benchmark minerals, Fastmarket

Prix de l'hydroxyde et du carbonate

Les deux principaux dérivés chimiques du lithium sont l'hydroxyde ($\text{LiOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$) et le carbonate (Li_2CO_3). Les prix de l'hydroxyde et du carbonate ont suivi une tendance similaire à ceux du concentré de spodumène au cours des dernières années. Les prix sont également établis via négociations contractuelles mais une proportion de plus en plus importante de contrats sont établis en se basant sur des index de prix (tel que ceux compilés par BMI) avec des clauses d'ajustements selon l'évolution des prix:

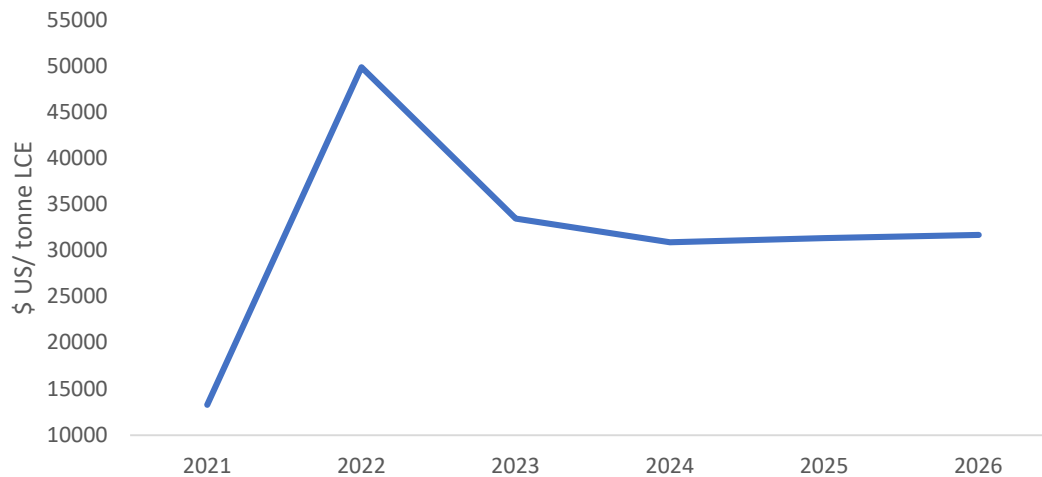


Source : S&P Global

Qui contrôle production hydroxyde dans le monde ?

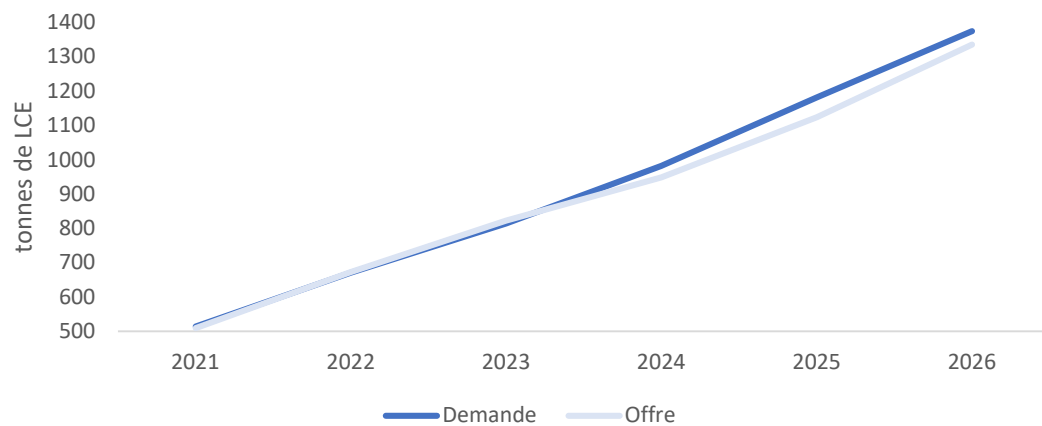
Les prévisions de prix des différents organismes et entreprises sont encore une fois très variables, bien qu'une majorité voie les prix se replier graduellement tout en demeurant au-dessus de 30 000 \$ US/ tonne à long terme. S&P Global et BMI entrevoit tous deux un déficit entre l'offre et la demande de dérivés chimiques de lithium qui devrait s'accroître avec les années et contribuer à soutenir les prix.

Prévision des prix du carbonate de lithium



Source : SP Global – Carbonate de lithium CIF Asie

Evolution prévue de l'offre et de la demande de dérivés chimiques du lithium



Source : SP Global

- S&P Global prévoit que la demande de lithium pourrait excéder l'offre de près de 40 000 tonnes en 2026.
- BMI² ont des chiffres similaires et extrapole même un déficit pouvant atteindre plus de 1 M tonnes en 2035 selon certains scénarios.

² [What is driving lithium prices in 2022 and beyond? | Benchmark \(benchmarkminerals.com\)](https://www.benchmarkminerals.com/insights/what-is-driving-lithium-prices-in-2022-and-beyond/)

Pour d'autres, comme McKinsey³, l'offre de lithium pourrait éventuellement rattraper et égaler la demande au cours des prochaines années.

Ces scénarios se basent toutefois sur certaines hypothèses affectant l'offre et la demande

Demande globale pour le lithium

La demande pour le lithium au cours des prochaines années sera intimement liée à la transition énergétique et plus spécifiquement à l'électrification des transports (batteries pour véhicules électriques).

La plupart des scénarios d'augmentation de la demande utilisent comme point de départ deux scénarios de l'Agence internationale de l'Énergie sur l'adoption des technologies propres :

- Un scénario de base où les gouvernements se contentent de mettre en œuvre les différentes politiques déjà annoncées et touchant les technologies propres et la décarbonisation de l'économie (STEPS) (demande vs 2020 x13 d'ici 2040)
- Un scénario plus optimiste où les économies plus industrialisées deviendraient carboneutre d'ici 2050 (SDS) (demande vs 2020 x 42 d'ici 2040)

Bien que le scénario STEPS soit plus conservateur que le scénario SDS, les deux scénarios nous apparaissent optimistes. Plusieurs facteurs affectant la demande seront à surveiller et pourraient avoir un impact important sur la demande de lithium future :

Technologies :

Vitesse de développement et d'adoption de nouvelles technologies de batteries.

- Quels seront les éléments composant les prochaines générations de batteries?
 - batteries à électrolyte solide (pouvant demander plus ou moins de lithium que les batteries à lithium-ion actuelles selon le type);
 - batteries à métal liquide (n'utilisent pas de lithium);
 - batteries sodium-ion

Macroéconomie :

L'économie mondiale est en territoire complètement inconnu actuellement : taux historiquement bas sur une longue période (2008-2021), niveaux d'endettement records, inflation élevée et maintenant, hausse de taux hyper agressive de la plupart des banques centrales.

Les résultats sont et seront certainement un ralentissement de l'économie mondiale (et donc diminution de la demande) au cours des prochains mois. Toutefois, l'impact à long terme

³ [How lithium mining is fueling the EV revolution | McKinsey](#)

demeure la grande inconnue et rien ne garantit un retour à une croissance soutenue dans les prochaines années.

On compte actuellement plus d'une centaine de projets de méga-usines de batteries qui ont été annoncés et pourraient voir le jour au cours des 6-7 prochaines années. En fonction de l'environnement économique, combien de ces usines verront réellement le jour ?

Habitude des consommateurs

- Est-ce que les consommateurs voudront toujours posséder un véhicule ou assisteront nous à une plus grande adoption du transport en commun ?
- Est-ce que les consommateurs pourront retrouver le pouvoir d'achat perdu avec l'inflation? Est-ce que l'achat de véhicules sera impacté par la perte de pouvoir d'achat à long terme?

Géopolitique

- Est-ce que les gouvernements seront en mesure de continuer à subventionner l'acquisition de véhicule électrique malgré une situation budgétaire qui se détériore surtout en Europe) ?
- On assiste à une augmentation des manifestations de la population face à la hausse du coût de la vie et aux politiques énergétiques de certains gouvernements. Est-ce que la pression populaire pourrait faire reculer les gouvernements sur leurs agendas verts ?
- Est-ce qu'on pourrait assister à l'élection de gouvernements plus favorables aux énergies fossiles dans les prochaines années ?

Offre globale pour le lithium

L'augmentation de l'offre de lithium au cours des prochaines années proviendra de la mise en production de nouveaux gisements ainsi que de l'augmentation de la capacité de raffinage. Le recyclage pourrait également jouer un rôle important bien que peu de données soient disponibles à ce sujet à ce jour. À court terme, l'augmentation de l'offre proviendra principalement de l'augmentation de la production par des producteurs déjà établis.

Vitesse de développement des nouveaux projets miniers et des usines de raffinage

- Accélération de la mise en production de nouvelles mines (positif)
- Difficulté de démarrer de nouvelles mines en raison de l'acceptabilité sociale et de l'impact environnementale des mines (négatif)
- Intérêt des investisseurs
- Augmentation de la capacité de raffinage. Un survol non exhaustif des projets avancés démontrent que la capacité de production d'hydroxyde pourrait potentiellement augmenter de plus de 500 000 tonnes annuellement d'ici 5 ans.

Développement de nouvelles technologies d'extraction et de nouveaux types de gisement

- Extraction directe du lithium (DLE)
- *Direct lithium to product* (DLP)
- Lithium à partir d'eaux géothermales
- Lithium à partir des saumures de champs pétroliers

Recyclage

- Les données sont encore difficiles à obtenir mais le développement de nouvelles technologies et la mise en place d'usines de recyclage pourrait être un apport non négligeable de matière première.

Géopolitique

- Élection de gouvernement à tendances plus socialistes (ex : Amérique du Sud) qui veulent augmenter les redevances, voir nationaliser le lithium, donc diminution de l'offre.
- Protectionnisme et nationalisme économique (protectionnisme, quota d'exportation, mise en place d'initiatives étatiques pour assurer un approvisionnement, etc)
- Concentration de la capacité de raffinage dans un nombre restreint de pays

Situation au Québec

Réserves québécoises vs mondiales (août 2022)

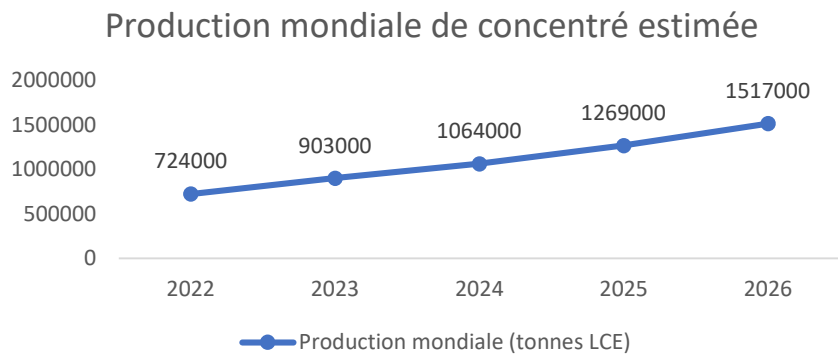
Réserves québécoises : 1 604 000 tonnes (source : SP Global)

Réserves mondiales : +/- 22 000 000 tonnes (source : USGS)

art.22

art.22

Pour la même période S&P Global Market Intelligence prévoit que la production mondiale de concentré pourrait être la suivante :



En fonction du nombre de projets qui entreront en production, la production québécoise pourrait donc potentiellement atteindre environ 10 % de la production mondiale en 2026.

Projets

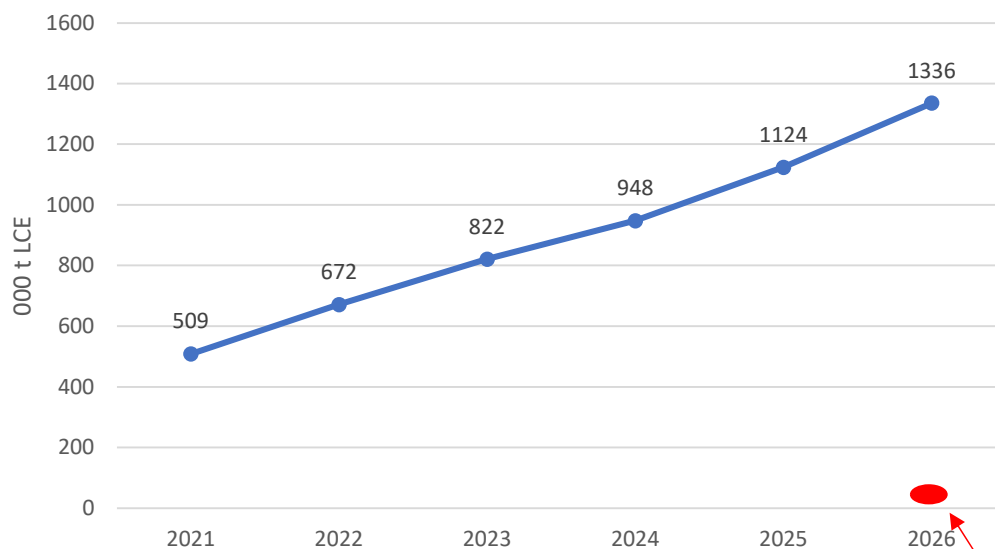
Hydroxyde et carbonate : situation au Québec et mondiale

Les deux principaux dérivés chimiques du lithium sont l'hydroxyde ($\text{LiOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$) et le carbonate (Li_2CO_3). Le Québec ne produit actuellement pas de carbonate bien que le projet North American Lithium possède actuellement une partie des infrastructures pour y parvenir.

La production provinciale d'hydroxyde est également de 0 actuellement. Au cours des 5 prochaines années, la mise en service de l'usine de transformation de Némaska Lithium à Bécancour pourrait permettre une production pouvant aller jusqu'à 35 000 tonnes/année (environ 30 800 t LCE)

À titre indicatif : Il faut généralement entre 6,5 et 8 tonnes de concentré pour produire 1 tonne d'hydroxyde.

Production mondiale estimée et prévue de dérivés chimiques (carbonate et hydroxide) du lithium (exprimé en LCE)



Source : S&P Global, rapports d'entreprises

Nemaska

Bien que la Chine contrôle encore actuellement la majorité de la production d'hydroxyde, l'ajout de capacité de production, notamment pour ce qui concerne l'hydroxyde, pourrait provenir d'Amérique du Nord, d'Europe et d'Australie principalement

Utilisation du lithium au Québec-filière batterie

Le Québec envisage de devenir un producteur de matériaux de cathodes pour batteries de véhicules électriques au cours des prochaines années. Deux projets (BASF, GM/Postco) ont fait l'objet d'annonce dans la dernière année et pourrait débiter la production de matériaux actifs de cathodes pour batteries de type NMC 811 d'ici 2026. Pour chaque projet, une production d'environ 75 000 tonnes/an de matériaux de cathodes actifs serait envisagée, ce qui nécessiterait l'utilisation d'environ 37 500 tonnes d'hydroxyde de lithium par usine par an au total.

D'autres usines pourraient éventuellement voir le jour, comme par exemple Nano One qui cherche à compléter l'acquisition de l'usine pilote de Johnson Matthey près de Montréal (batteries de type LFP). Sans compter Bolloré qui exploite actuellement une usine de fabrication de batterie à électrolyte solide au Québec qui pourrait prendre de l'expansion d'ici 2026.

Au risque de citer l'évidence, on peut conclure, que si l'ensemble des projets miniers, de raffinage et de production de batteries et matériaux de batteries annoncés au Québec venaient à voir le jour au cours des 5-6 prochaines années :

- La production de dérivés chimiques de lithium (carbonate et hydroxyde) au Québec ne sera pas suffisante pour répondre à la demande des usines de la filière batteries qui devront sécuriser des approvisionnements à l'étranger.
- Pour les producteurs de concentrés québécois, la capacité de raffinage québécoise ne sera pas suffisante pour traiter l'ensemble du concentré produit et le concentré devra être vendu à des raffineurs hors Québec. (à titre d'exemple, NAL a déjà une entente pour vendre près de 50 % de sa production à Piedmont Lithium aux États-Unis)

Conclusion

Les perspectives à court terme pour le lithium demeurent très positives comme en fait foi l'augmentation vertigineuse des prix depuis environ 18 mois.

À long terme, il demeure très difficile à prévoir de prévoir l'évolution de ce marché, d'où l'importance d'effectuer une veille constante sur les principaux facteurs pouvant influencer l'offre et la demande

Un scénario qui nous apparaît plus réaliste serait une augmentation de la demande moindre qu'anticipée dans les principaux scénarios. Quant à l'offre, le rythme et la quantité d'augmentation demeurent les grands inconnus.

Compte tenu des incertitudes importantes, le gouvernement peut certainement avoir un rôle à jouer à l'ensemble des étapes de la chaîne de valeur du lithium pour assurer un développement harmonieux de la filiale.

Léger, Marie-Hélène (DPM)

De: Christine Duchesneau <duchesneau.christine@inmq.gouv.qc.ca>
Envoyé: 25 mars 2024 13:45
À: Douheret, Jocelyn (DPM)
Cc: Iacroix.karine; Morency, Véronique (DPM); Léger, Marie-Hélène (DPM); Lafontaine, Jonathan (DIGP); Nicholas Thérout; Xavier Roy
Objet: RE: Formation Lithium

**Institut national
des mines**

Québec 

art.48

CHRISTINE DUCHESNEAU, Adm.A., B.A.A., M.Sc.
Présidente-directrice générale

Institut national des mines (INMQ)

A: 125, rue Self, Val-d'Or (Québec) J9P 3N2

Cellulaire : 819 860-6555

T: 819 825-4667, p. 2900

C: duchesneau.christine@inmq.gouv.qc.ca

www.inmq.gouv.qc.ca





De : Douheret, Jocelyn (DPM) <Jocelyn.Douheret@mrnf.gouv.qc.ca>

Envoyé : 22 mars 2024 08:34

À : Christine Duchesneau <duchesneau.christine@inmq.gouv.qc.ca>

Cc : Karine Lacroix <lacroix.karine@inmq.gouv.qc.ca>; Morency, Véronique (DPM)

<Veronique.Morency@mrnf.gouv.qc.ca>; Léger, Marie-Hélène (DPM) <Marie-Helene.Leger@mrnf.gouv.qc.ca>;

Lafontaine, Jonathan (DIGP) <Jonathan.Lafontaine@mrnf.gouv.qc.ca>

Objet : TR: Formation Lithium



Bonjour Christine,

Au PDAC, l'équipe du MRNF a rencontré la compagnie Lithium Universe qui développe actuellement 2 projets au Québec : exploration à la Baie-James (projets Appolo et Adina, voisins de Patriot Battery et Winsome), et un projet d'usine de transformation à Bécancour (terrain réservé). ([Home - Lithium Universe Limited](#))

L'entreprise est australienne et dispose d'une expertise et d'une expérience en traitement et transformation du Lithium. Ils seraient intéressés à discuter de formation et de sessions pour des opérateurs de concentrateurs et d'usines de transformation de lithium.

Si cette initiative apparaît intéressante pour l'INMQ, nous nous chargerions de la mise en relation.

Bonne journée,

Jocelyn

Jocelyn Douhéret
Directeur
Direction des Politiques minières
Ministère des Ressources naturelles et des Forêts
5700, 4^e Avenue Ouest
Québec (Québec) G1H 6R1
Téléphone : 418 627-6273, poste 705351
Cellulaire: 418 580-9984
jocelyn.douheret@mrnf.gouv.qc.ca
mrnf.gouv.qc.ca

Document traduit par Galaxy Lithium (Canada) inc.
le 19 janvier 2023.

La version originale en anglais de ce document
demeure la copie de référence officielle et a
préséance sur toute autre version.

**RAPPORT TECHNIQUE,
ÉVALUATION DES OPPORTUNITÉS ÉCONOMIQUES
DE L'USINE DE TRANSFORMATION
DE SPODUMENE À MATAGAMI, QUÉBEC**

**POUR
GALAXY LITHIUM CANADA INC.,
UNE DIVISION D'ALLKEM**

RAPPORT TECHNIQUE

REV. 1



**Ernest Burga, P.Eng.
David Burga, P.Geo.
David Chia, P.Eng.**

Andeburg Consulting Services Inc.

Date d'entrée en vigueur : 31 août 2022

Date : 6 septembre 2022

TABLE DES MATIERES

1.0	RÉSUMÉ.....	7
1.1	INTRODUCTION	7
1.2	EMPLACEMENT DE L'USINE	7
1.3	ACCESSIBILITÉ, CLIMAT, RESSOURCES LOCALES	7
1.4	ÉTUDES ENVIRONNEMENTALES, PERMIS ET IMPACT SOCIAL OU COMMUNAUTAIRE	7
1.5	ESSAIS MÉTALLURGIQUES	8
1.6	PROCÉDÉ.....	8
1.6.1	<i>Critères de conception du procédé</i>	<i>8</i>
1.7	MÉTHODES DE RÉCUPÉRATION	9
1.8	INFRASTRUCTURE DE PROJET	10
1.8.1	<i>Sélection du site.....</i>	<i>10</i>
1.9	MISE EN ŒUVRE DU PROJET	11
1.9.1	<i>Vue globale.....</i>	<i>11</i>
1.9.2	<i>Calendrier de projet.....</i>	<i>11</i>
1.10	GESTION DU CONCENTRÉ ET DES RÉSIDUS	12
1.10.1	<i>Réception du concentré</i>	<i>12</i>
1.10.2	<i>Manipulation des résidus.....</i>	<i>12</i>
1.11	COÛTS D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION	12
1.11.1	<i>CAPEX.....</i>	<i>12</i>
1.11.2	<i>OPEX</i>	<i>14</i>
1.12	ANALYSE ÉCONOMIQUE	15
1.12.1	<i>Points saillants de l'évaluation économique</i>	<i>15</i>
1.13	ÉTUDE DE SENSIBILITÉ	16
1.14.1	<i>Risques par rapport au procédé choisi.....</i>	<i>17</i>
1.15	RISQUES LIÉS À L'INFRASTRUCTURE	17
1.16	RISQUES LIÉS À L'EXÉCUTION.....	17
1.17	RISQUES LIÉS AU COÛT EN CAPITAL	17
1.18	RISQUES PAR RAPPORT AUX PROCESSUS D'OBTENTION DES PERMIS	17
1.19	RISQUES DE CÉDULE	17
1.20	RISQUES QUANT AU COÛT D'EXPLOITATION	17
1.21	RISQUES LIÉS AU PROCÉDÉ	18
1.22	RISQUES LIÉS À L'EXÉCUTION.....	18
1.23	RISQUE GLOBAL DU PROJET.....	18
1.24	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	19
2.0	INTRODUCTION ET TERMES DE RÉFÉRENCE	20
2.1	UNITÉS ET MONNAIE.....	20
3.0	EMPLACEMENT DE L'USINE	26
4.0	ACCESSIBILITÉ, CLIMAT, RESSOURCES LOCALES, INFRASTRUCTURE.....	28
4.1	ACCÈS.....	28
4.2	CLIMAT	28
4.3	INFRASTRUCTURE	30
4.4	ACCÈS AU RÉSEAU FERROVIÈRE	30
5.0	ÉTUDES ENVIRONNEMENTALES, OCTROI DE PERMIS ET IMPACT SOCIAL OU COMMUNAUTAIRE	32
5.1	POLITIQUE ENVIRONNEMENTALE	32
5.2	ÉTAT DE LA REVUE RÉGLEMENTAIRE	32
6.0	TRAITEMENT DES MINÉRAUX ET ESSAIS MÉTALLURGIQUES.....	33

6.1	TRAVAUX D'ESSAI MÉTALLURGIQUES RÉCENTS	33
7.0	PROCÉDÉ	34
7.1	CRITÈRES DE CONCEPTION DU PROCÉDÉ	34
7.1.1	<i>Production de cristaux</i>	<i>34</i>
7.1.2	<i>Production de solution concentrée</i>	<i>34</i>
7.2	HYPOTHÈSES DE CONCEPTION DU PROCÉDÉ	35
7.3	MODÈLES DU PROCÉDÉ	35
7.4	DESCRIPTION DU PROCÉDÉ DE L'USINE DE TRANSFORMATION	35
7.4.1	<i>Traitement du concentré de spodumène</i>	<i>35</i>
7.4.2	<i>Calcination du spodumène</i>	<i>36</i>
7.4.3	<i>Refroidissement de la calcine</i>	<i>36</i>
7.4.4	<i>Broyage et tamisage de la calcine</i>	<i>36</i>
7.4.5	<i>Préparation de l'alimentation de la sulfatation</i>	<i>36</i>
7.4.6	<i>Sulfatation Acide</i>	<i>36</i>
7.4.7	<i>Refroidissement et stockage du sulfate de lithium</i>	<i>36</i>
7.4.8	<i>Système de manipulation des gaz et des poussières</i>	<i>36</i>
7.4.9	<i>Lixiviation à l'eau</i>	<i>36</i>
7.4.10	<i>Première étape de purification de la solution</i>	<i>37</i>
7.4.11	<i>Seconde étape de purification de la solution</i>	<i>37</i>
7.4.12	<i>Évaporation en solution concentrée de sulfate de lithium</i>	<i>37</i>
7.4.13	<i>Cristallisation par évaporation</i>	<i>37</i>
7.4.14	<i>Réactifs</i>	<i>37</i>
8.0	MÉTHODES DE RÉCUPÉRATION	39
8.1	DESCRIPTION DU PROCÉDÉ	39
8.2	ALIMENTATION DE L'USINE	42
8.3	CONVERSION PAR CALCINATION - PYRO-MÉTALLURGIQUE DU A-SPODUMÈNE EN B-SPODUMÈNE (DÉCRÉPITATION)	42
8.4	SULFATATION - DIGESTION ACIDE DU CONCENTRÉ DE SPODUMÈNE CALCINÉ	43
8.5	LIXIVIATION À L'EAU DE LA CALCINE ET ÉLIMINATION DES RÉSIDUS	44
8.6	PURIFICATION DE LA SOLUTION ET ÉLIMINATION DES IMPURETÉS	45
8.6.1	<i>Première étape de la purification de la solution</i>	<i>45</i>
8.6.2	<i>Deuxième étape de purification de la solution</i>	<i>45</i>
8.7	ÉVAPORATION DE LA SOLUTION CONCENTRÉE DE SULFATE DE LITHIUM	46
8.8	CRISTALLISATION DU Li_2SO_4	47
9.0	INFRASTRUCTURE DE PROJET	47
9.1	SÉLECTION DU SITE	47
9.2	PLAN GÉNÉRAL SITE DE L'USINE DE TRANSFORMATION	47
9.3	POSTE DE SÉCURITÉ	49
9.4	ROUTE D'ACCÈS	49
9.5	BÂTIMENTS	49
9.6	DÉCHARGEMENT DES CAMIONS ET BÂTIMENT DE LA STATION DE DÉGIVRAGE	49
9.6.1	<i>Entreposage en pile</i>	<i>50</i>
9.6.2	<i>Système de transport de concentré</i>	<i>50</i>
9.6.3	<i>Bâtiment de la zone de sulfuration</i>	<i>50</i>
9.6.4	<i>Bâtiment de transfert de calcine</i>	<i>50</i>
9.6.5	<i>Bâtiment de lixiviation, purification et filtration</i>	<i>50</i>
9.6.6	<i>Bâtiment de séchage et de chargement</i>	<i>50</i>
9.6.7	<i>Bâtiment de la cantine</i>	<i>50</i>
9.6.8	<i>Bâtiment administratif</i>	<i>51</i>
9.6.9	<i>Bâtiment des réactifs</i>	<i>51</i>
9.6.10	<i>Bâtiment du laboratoire</i>	<i>51</i>

9.6.11	Bâtiment de la centrale électrique	51
9.6.12	Bâtiment de maintenance.....	51
9.6.13	Entrepôt	51
9.7	PROTECTION INCENDIE.....	51
9.8	SYSTÈME DE POMPAGE DE L'EAU	51
9.9	ENTREPOSAGE ET DISTRIBUTION D'ACIDE SULFURIQUE ET DE GNL	52
9.10	COMMUNICATIONS	52
9.11	ALIMENTATION ÉLECTRIQUE ET DISTRIBUTION	52
9.12	CONTRÔLES OPÉRATIONNELS ET INSTRUMENTATION	54
9.13	CONSIDÉRATIONS ENVIRONNEMENTALES	54
10.0	MISE EN ŒUVRE DU PROJET	55
10.1	DÉFINITION DU PROJET.....	55
10.1.1	Phase 1.1 Définition du projet de mise en œuvre.....	56
10.1.2	Phase 1.2 Mise en œuvre du plan de définition du procédé	56
10.1.3	Phase 1.3 Permitting	57
10.1.4	Plan de mise en œuvre de l'approvisionnement et de la fabrication	57
10.1.5	Phase 1.4 Plan de mise en œuvre de la construction et de l'installation.....	57
10.1.6	Phase 1.5 Plan de mise en œuvre du démarrage et de l'augmentation de la production	57
11.0	GESTION DES RÉSIDUS ET DU CONCENTRÉ	58
11.1	RÉSIDU DE LA LIXIVIATION À L'EAU	58
11.1.1	Gâteau de filtration issu de la première étape de purification.....	59
11.1.2	Gâteau de filtration issu de la deuxième étape de purification	60
12.0	COÛTS D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION	62
12.1	RÉSUMÉ DES COÛTS D'INVESTISSEMENT (CAPEX)	62
12.1.1	Coût indirect	62
12.1.2	Contingence du coût du capital.....	63
12.1.3	Résumé du coût d'investissement	63
12.1.4	Précision de l'estimation du CAPEX	67
12.1.5	Document d'ingénierie soutenant le développement du CAPEX	67
12.2	RÉSUMÉ DES COÛTS D'EXPLOITATION (OPEX)	67
12.3	BASE DE L'OPEX	69
12.4	INTRODUCTION	70
12.5	CRITÈRES D'ÉVALUATION.....	70
12.6	TAXE.....	71
12.7	DÉPENSES EN CAPITAL	71
12.8	SULFATE DE LITHIUM.....	72
12.9	COÛTS D'EXPLOITATION	72
12.10	REVENUS ISSUS DE LA PRODUCTION	72
12.11	PROJECTION DU FLUX DE TRÉSORERIE	72
12.12	ÉVALUATION ÉCONOMIQUE RÉSULTATS	77
12.13	ANALYSE DU RETOUR SUR L'INVESTISSEMENT	77
12.14	CONCLUSIONS	77
12.15	DISCUSSION.....	78
12.15.1	Analyse économique	78
12.15.2	Points forts du projet d'installation de transformation à Matagami	79
12.15.3	Faiblesses du projet d'installation de transformation à Matagami	79
12.16	CALENDRIER DE PROJET	79
13.0	ANALYSE DE SENSIBILITÉ	82
14.0	ÉVALUATION DE RISQUES.....	87

14.1	RISQUES QUANT À LA MÉTHODE DE TRAITEMENT	87
14.2	RISQUES QUANT À L'INFRASTRUCTURE.....	87
14.3	RISQUES LIÉS À L'EXÉCUTION.....	87
14.4	RISQUES DU COÛT DU CAPITAL.....	88
14.5	RISQUES LIÉS AUX PERMIS	88
14.6	RISQUES QUANT AU CALENDRIER DE PROJET	88
14.7	RISQUES DU COÛT D'EXPLOITATION.....	88
14.8	RISQUES LIÉS AU PROCÉDÉ	88
14.9	RISQUES LIÉS À L'EXÉCUTION.....	90
14.10	RISQUE GLOBAL DU PROJET	90
15.0	INTERPRÉTATION ET CONCLUSIONS	91
16.0	RECOMMANDATIONS.....	91

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1 traitement du spodumene.....	9
tableau 1.2 tableau recapitulatif de l'estimation du cout total des investissements	13
tableau 1.3 sulfate de lithium cas 1 tableau : resume des capex de la production de cristaux par zone	14
tableau 1.4 resume des couts d'exploitation	15
tableau 1.5 variable d'interet, analyse de sensibilite	16
tableau 2.1 terminologie et abreviations	20
tableau 2.2 terminologie et abreviations	25
tableau 4.1 climat de matagami.....	28
tableau 8.1 composition mineralogique moyenne du spodumene.....	39
tableau 8.2 composition moyenne du spodumene.....	40
tableau 8.3 resume du bilan massique de la production de cristaux.....	40
tableau 8.4 resume du bilan massique de la production de cristaux.....	41
tableau 8.5 resume du processus : conversion du spodumene	43
tableau 8.6 resume du procede : sulfatation	44
tableau 8.7 resume : lixiviation a l'eau	44
tableau 8.8 resume : premiere etape de la purification.....	45
tableau 8.9 resume : deuxieme etape de purification	46
tableau 8.10 resume de la solution	46
tableau 8.11 resume de la composition de la poudre de sulfate de lithium.....	47
tableau 9.1 usine de transformation glci-matagami - batiments de l'usine de sulfate de lithium	49
tableau 9.2 usine de sulfate de lithium à base de concentré de spodumène - 34 tpd : cas 1 consommation électrique du li2so4 cristallin	53
tableau 11.1 composition du lixiviat	58
tableau 11.2 composition et taux de production du gateau de la premiere etape	60
tableau 11.3 composition et taux de production du gateau de la deuxieme etape	60
tableau 11.4 essais de purification de la deuxieme etape	61
tableau 12.1 facteurs de coûts indirects.....	63
tableau 12.2 capex classé par grands secteurs.....	64
tableau 12.3 estimation des capex par numero d'identification de zone de procede	65
tableau 12.4 resume des couts d'exploitation du traitement du sulfate de lithium	68
tableau 12.5 resume des couts d'exploitation du traitement spc.....	69
tableau 12.6 calendrier des depenses capex pour le carbonate de lithium	71
tableau 12.7 calendrier de production, en tonnes	72
tableau 12.8 augmentation de la production.....	72
tableau 12.9 coûts de production.....	73
tableau 12.10 recettes, scénarios de prix élevés, moyens et bas	74
tableau 12.11 évaluation du scénario de projet de prix moyen (milliers de dollars canadiens)	75
tableau 12.12 resume des resultats de l'evaluation du projet.....	77
tableau 13.1 variable cle, analyse de sensibilite.....	82
tableau 13.2 nvp avant impot avec une sensibilite de 8% - scenario moyen.....	82
tableau 13.3 sensibilite du tri avant impot - scenario moyen	83
tableau 13.4 van apres impots sensibilite de 8% - scenario moyen	84
tableau 13.5 sensibilite du tri apres impot - scenario moyen	85

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 résumé du calendrier de mise en oeuvre de l'usine de sulfate de lithium	11
figure 3.1 carte de localisation de l'usine de transformation	27
figure 4.1 température moyenne - matagami, québec	29
figure 4.2 précipitations moyennes - matagami, québec	29
figure 4.3 chutes de neige moyennes - matagami, québec	30
figure 4.4 gare ferroviaire du CNR à matagami	31
figure 7.1 diagramme bloc du procédé	38
figure 9.1 plan d'aménagement général de l'usine de sulfate de lithium	48
figure 10.1 base du plan de mise en oeuvre	55
figure 12.1 flux de trésorerie annuel et flux de trésorerie cumulatif (avant et après impôts)	76
figure 12.2 flux de trésorerie simple annuel et flux de trésorerie actualisé	76
figure 12.3 diagramme de gantt	81
figure 13.1 van du projet avant impôt - sensibilité de 8 % - scénario moyen	83
figure 13.2 sensibilité du tri du projet avant impôt - scénario moyen	84
figure 13.3 van après impôts du projet - sensibilité de 8 % - scénario moyen	85
figure 13.4 sensibilité du tri après impôt du projet - scénario moyen	86

1.0 RÉSUMÉ

1.1 INTRODUCTION

Galaxy Lithium Canada Inc. (« GLCI » ou la " Société ") développe présentement son projet de Mine de lithium Baie-James, dont elle est l'unique propriétaire. GLCI a retenu les services d'Andeburg Consulting Services Limited (« ACSI ») pour réaliser une étude d'évaluation d'opportunité économique (« ÉOÉ ») pour la transformation au Québec du spodumène issu du projet de mine de lithium Baie-James. Pour les besoins de cette ÉOÉ, on suppose que l'usine de transformation sera construite dans la ville de Matagami au Québec, Canada (« l'usine »). Matagami est un district minier bien connu qui dispose d'une main-d'œuvre expérimentée dans le domaine des mines et de la métallurgie. Le but de ce rapport technique est d'évaluer les options de production de sulfate de lithium au niveau économique. Il est prévu que l'usine traite 254 500 tonnes par an (" tpa ") de concentré de spodumène, produisant 61 500 tpa de cristaux de sulfate de lithium. Cette étude a été préparée en accord avec le « GUIDE DE RÉDACTION D'UNE ÉTUDE D'OPPORTUNITÉ ÉCONOMIQUE ET DE MARCHÉ POUR LA TRANSFORMATION AU QUÉBEC » pour soutenir le processus d'autorisation du projet de la Baie-James (voir annexe J).

1.2 EMPLACEMENT DE L'USINE

L'usine sera située dans la ville de Matagami, au Québec, Canada, à environ 560 km au nord-ouest de la ville de Montréal. L'usine sera construite sur un terrain de 14 hectares (« ha ») dont les dimensions sont de 270 m x 700 m. Le coin nord-ouest de ce terrain est situé à 49°43' 58.75" de latitude nord et 77° 40' 55.51" de longitude ouest.

1.3 ACCESSIBILITÉ, CLIMAT, RESSOURCES LOCALES

Le concentré de spodumène provenant de la mine/concentrateur de lithium de la Baie-James est transporté en vrac par camion à l'usine de transformation située à Matagami, au Québec. Le transport par camion se fait par la route Billy-Diamond jusqu'à la ville de Matagami, puis par la route 109 jusqu'à un endroit situé près du terminal ferroviaire du CN à Matagami. Il s'agit de l'approche actuelle pour le développement du projet de la Baie-James. Le transport est disponible toute l'année par la route pavée Billy-Diamond. Le concentrateur est situé à environ 381 km au nord de la ville de Matagami.

Matagami a un climat subarctique avec de longs hivers froids et de courts étés chauds. Les températures moyennes quotidiennes en janvier sont de -20°C et environ trois jours en été sont assez chauds pour atteindre 30°C. Les températures froides de l'hiver nécessitent l'utilisation de baies de dégel pendant les mois d'hiver.

La ville de Matagami est une communauté établie dont la population compte environ 1 500 habitants. La ville est dotée d'une centrale hydroélectrique, d'autoroutes pavées, de connexions Internet et téléphoniques par l'intermédiaire de fournisseurs de services locaux, de stations-service, de restaurants, d'un hôpital et de services d'urgence. L'aéroport local de Matagami est desservi par des vols nolisés.

Le site proposé pour l'usine a accès au réseau ferroviaire du CN et est situé près de la gare de Matagami, dans une zone industrielle appartenant à la ville de Matagami.

1.4 ÉTUDES ENVIRONNEMENTALES, PERMIS ET IMPACT SOCIAL OU COMMUNAUTAIRE

Conformément à sa politique environnementale, la société s'engage à mener ses activités de manière responsable sur le plan environnemental. En partant du respect de toutes les réglementations applicables, GLCI applique un système de gestion qui garantit l'application des normes environnementales à ses

produits, services et processus.

GLCI comprend que l'industrie de la métallurgie extractive au Québec est potentiellement assujettie à des règlements fédéraux et provinciaux et à des processus d'examen environnemental, selon la catégorie à laquelle appartient le projet.

Selon les recherches de l'entreprise, GLCI ne sait pas clairement à quel processus d'autorisation environnementale le projet de transformation de spodumène sera soumis. En fait, selon les articles 22 et 24 de la Convention de la Baie-James et du Nord québécois (CBJNQ), il n'est pas clair si la ville de Matagami et l'emplacement préliminaire sélectionné pour l'usine feront partie du territoire d'application de la CBJNQ ou non, ni s'ils seront soumis au processus du BAPE ou uniquement à la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE). En effet, l'usine de transformation de Matagami produira environ 35 000 tonnes d'équivalent de carbonate de lithium (ECL), qui est une façon courante dans l'industrie du lithium d'exprimer la production de lithium, alors que l'usine produira physiquement 61 600 tonnes de sulfate de lithium.

Cela devra être évalué lors des prochaines phases d'étude du projet avant qu'une décision finale d'investissement ne soit prise.

1.5 ESSAIS MÉTALLURGIQUES

Des essais de traitement du concentré de spodumène ont été réalisés, couvrant le traitement thermique du concentré de spodumène, la calcination, le grillage à l'acide, la lixiviation à l'eau suivi la purification de la solution. Un examen partiel de ces travaux a été effectué dans la présente ÉOÉ pour compléter les données fournies dans le modèle de procédé fourni par GLCI.

1.6 PROCÉDÉ

Pour les besoins de cette étude d'ÉOÉ, la configuration du procédé et les conditions de traitement correspondent à ceux du modèle de procédé d'Aspen Plus réalisé pour le cas des cristaux de sulfate de lithium. Les étapes clés du procédé suivantes ont été proposées :

- Alimentation du four de 254 500 tonnes par an à 6,1 % de Li_2O .
- Décrépitation - four rotatif.
- Sulfatation.
- Lixiviation à l'eau.
- Purification en 2 étapes.
- Cristallisation du sulfate de lithium.
- Point de livraison du produit : Montréal.

La production de sulfate de lithium de GLCI peut soutenir les marchés nord-américain et/ou européen des batteries au lithium en tant qu'intrant à la production de carbonate de lithium ou d'hydroxyde de lithium. GLCI peut également évaluer les avantages d'exploiter sa propre installation pour obtenir les produits finaux.

Au cours de l'exécution du travail, le cas de la production d'une solution concentrée a été développé. Cependant, cette option n'est pas développée dans ce rapport.

1.6.1 Critères de conception du procédé

De la mine à l'usine

- Concentré de spodumène issu du DMS de grade % Li₂O : 6,1.
- Traitement du concentré en tonne par an (base sèche) : 254 710.
- Humidité du concentré % H₂O : 4,1.

Conditions d'opération de l'usine

- Durée de fonctionnement : 24 heures par jour.
- Heures de fonctionnement par an : 8 000 heures.
- Disponibilité globale de l'usine : 92.

Production de cristaux

- Production de cristaux de sulfate de lithium en tonne par an : 61 600.
- Production de ECL, base sèche, 84,4% Li₂SO₄.
- Taux de récupération du lithium dans la production de cristaux : 91 %.
- Production équivalente de carbonate de lithium en tonne par an 35 kt.

Production de solution concentrée

- Production de solution de sulfate de lithium en tonne par an : 221 120.
- Solution de sulfate de lithium : 23,6% Li₂SO₄.
- Production de sulfate de lithium : récupération de 90,9 %.

1.7 MÉTHODES DE RÉCUPÉRATION

Un schéma de procédé a été développé sur la base de :

- Résultats des travaux d'essai de Hazen Research 2019.
- Modélisation ASPEN + des bilans massiques et énergétiques développés par M. M. Dry, PhD. Consultant.
- Données antérieures d'opérations similaires.
- L'expertise interne de GLCI.
- L'expérience globale d'ACSI.
- Le schéma de procédé de sulfatation a été approuvé par GLCI et a été adopté dans le cadre de cette étude.

Les principales étapes du procédé sont les suivantes :

- Calcination et sulfatation.
- Lixiviation et filtration de l'eau, élimination des résidus et entreposage.
- Précipitation Ca/Mg, filtration et résidus élimination et entreposage.
- Évaporation du sulfate de lithium (sulfate de lithium primaire, PLS) et cristallisation.
- Séchage et ensachage des cristaux de lithium.

Un résumé des étapes de traitement des cristaux de sulfate de lithium est présenté dans le tableau 1.1.

Tableau 1.1 Traitement du spodumène		
Étape du procédé	Activité	Équipement requis

Calcination (Décrépitation)	Modifier la structure cristalline du spodumène, de l'alpha au bêta, afin de rendre le lithium digeste.	Four rotatif à gaz Refroidisseur rotatif Dépoussiéreur électrostatique des effluents gazeux Broyeur à boulets + classificateur d'air
Digestion acide et sulfatation	Traiter le spodumène bêta avec de l'acide sulfurique concentré et de la sulfatation pour extraire le lithium de la gangue.	Pétrin malaxeur Four rotatif de sulfatation Collecteur à voie humide d'effluents gazeux
Lixiviation à l'eau des sels de sulfate issu de la sulfatation	Dissoudre dans l'eau les sels de sulfate produits dans l'étape de digestion acide / sulfatation Contrôle de la dissolution des impuretés par un contrôle efficace du pH Séparation solide/liquide du PLS et du résidu d'alumine-silicate	Cuves de lixiviation, chauffées, agitées Filtre à résidus, étape de lavage
Étapes de la purification	Éliminer les impuretés de la solution obtenue	Cuves de précipitation Filtre à bande Filtre à bougie
Cristallisation du sulfate de lithium	Concentration du sulfate de lithium cristallin pour faciliter sa séparation de la solution mère. Évaporation de l'eau.	Récipients d'évaporation-cristallisation Centrifugeuses à cristaux de lithium
Séchage et entreposage des produits à base de sulfate de lithium	Séchage du produit et mise en sacs d'une tonne pour la livraison au marché.	Séchoir rotatif Séchoir à sacs Équipement d'ensachage automatique Installations d'entreposage et de chargement

1.8 INFRASTRUCTURE DE PROJET

1.8.1 Sélection du site

Les principaux facteurs de sélection d'un site potentiel pour l'installation l'usine de transformation sont examinés dans les critères suivants :

- Zone industrielle (zonage déjà correct).
- Disponibilité de main-d'œuvre minière et métallurgique à proximité.
- Proximité des infrastructures de formation.
- La disponibilité de l'énergie hydroélectrique, dans le but d'atteindre zéro émission nette.
- Disponibilité et capacité du réseau électrique.
- Accès à l'autoroute principale.
- Proximité des infrastructures ferroviaires.
- Disponibilité des services : eau, communications, gaz et diesel.
- Proximité d'une piste d'atterrissage ou d'un aéroport.

Pour cette étude, l'emplacement général de Matagami au Québec a été sélectionné, notamment en raison de sa proximité avec un approvisionnement en énergie propre et la gare du CN. L'emplacement de Matagami a été choisi pour l'évaluation, car il permet de minimiser le transport du concentré depuis la mine tout en équilibrant les besoins en infrastructure et en main-d'œuvre énumérés ci-dessus. Cette stratégie améliore la durabilité des opérations en minimisant le transport du concentré.

1.9 MISE EN ŒUVRE DU PROJET

1.9.1 Vue globale

Le calendrier de mise en œuvre du projet a été complété en considérant sept tâches subdivisées afin d'identifier les principales activités nécessaires à la mise en œuvre de l'ensemble du projet.

Les éléments ayant un temps de livraison long, à savoir les équipements thermiques, sont le facteur déterminant du calendrier de mise en œuvre du projet. ACSI considère que la définition du procédé est également une tâche critique à prendre en compte puisque l'ingénierie de base et l'ingénierie de détail doivent être basées sur des essais en usine pilote.

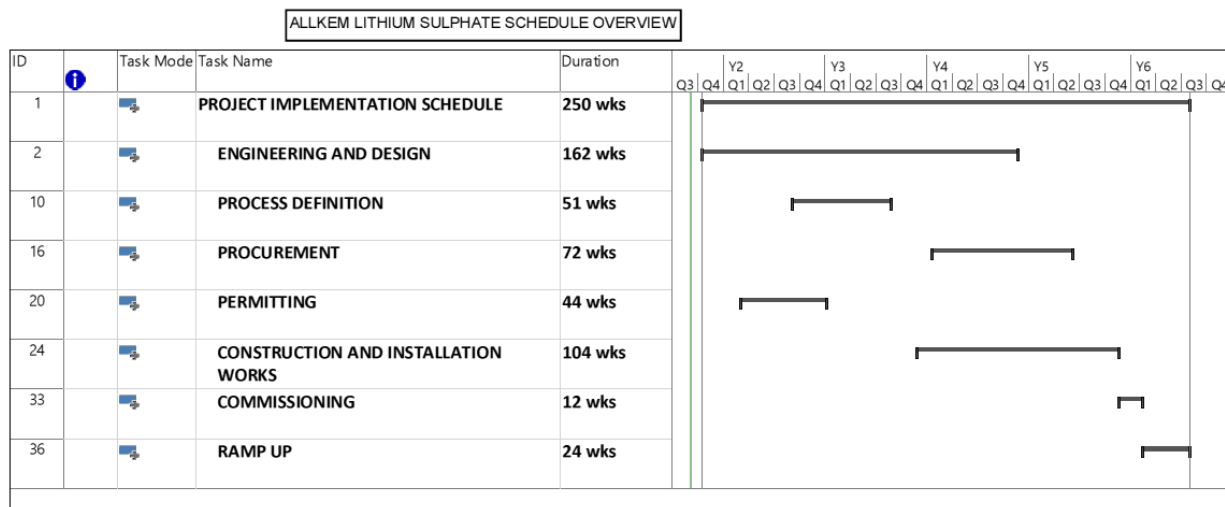
1.9.2 Calendrier de projet

La durée de la conception et de la construction du projet est estimée à 250 semaines, les principaux éléments étant résumés comme suit :

1.1 Ingénierie et conception	162 semaines
1.2 Définition du procédé	51 semaines
1.3 Approvisionnement	72 semaines
1.4 Permis	44 semaines
1.5 Travaux de construction et d'installation	104 semaines
1.6 Mise en service	12 semaines
1.7 Ramp Up	24 semaines

Le calendrier de mise en œuvre du projet est présenté à la figure 1.1.

Figure 1.1 RÉSUMÉ DU CALENDRIER DE MISE EN ŒUVRE DE L'USINE DE SULFATE DE LITHIUM



Dans le cadre de la définition du projet, une étude de pré faisabilité pour une installation de traitement du sulfate de lithium devrait commencer au quatrième trimestre de l'année 1 et être terminée à la fin du deuxième trimestre de l'année 2.

1.10 GESTION DU CONCENTRÉ ET DES RÉSIDUS

1.10.1 Réception du concentré

Le concentré de spodumène (SPC) expédié de l'usine DMS arrive à l'installation de transformation. L'aire de réception comprend une station de dégel chauffée pour réchauffer les camions et les chargements pendant les mois d'hiver.

Une station de pesage permet de contrôler l'alimentation de l'usine. Après la pesée, le concentré de spodumène est déchargé et transféré vers une pile de 6000 tonnes pour être entreposé et alimenter ensuite les unités de traitement thermique.

1.10.2 Manipulation des résidus

Les résidus de l'usine de traitement chimique se composent de 3 résidus de filtration :

- Résidu de lixiviation à l'eau.
- Résidu de la purification n°1.
- Résidu de la purification n°2.

Les résidus sont évacués des filtres à bande (2) et à bougie (1) vers la zone d'entreposage des résidus attribuée au site. Le débit total de déchargement des résidus est estimé à 42 tph.

Une aire d'entreposage des résidus sera conditionnée à l'intérieur du lot alloué au site. Les résidus seront transférés par un système de convoyage qui fonctionnera pendant la journée, environ 8 heures par jour. Le système de transfert aura une capacité de 150 tph. La zone initiale disponible sera de 300 m x 270 m pour l'élimination des résidus. Cette zone permettra de stocker les résidus.

1.11 COÛTS D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION

1.11.1 CAPEX

Le coût d'investissement a été estimé avec une précision globale de $\pm 50\%$ à 448 millions de dollars canadiens et est actualisé au deuxième trimestre (Q2) de 2022. Aucune provision n'a été faite pour les augmentations futures.

L'estimation porte sur une installation entièrement montée et mise en service, comprenant les éléments suivants :

- Les coûts directs, y compris les équipements, les matériaux, la fabrication, le montage et la construction, qui font partie du coût direct.
- Le coût indirect, défini en pourcentages, comprend :
 - Ingénierie, approvisionnement et gestion de la construction.
 - Coût de livraison des équipements.
 - Pièces de rechange.
 - Travail d'essais.

- Coût pour le propriétaire.
 - Fourniture et livraison de consommables de premier remplissage et de pièces de rechange.
 - Coût de l'entrepreneur et de la main-d'œuvre de construction
 - Coûts supplémentaires du propriétaire pour la fermeture de l'exploitation, l'obtention de permis et l'acquisition de terrains.
- Une contingence globale de 35 % a été envisagée pour l'ensemble du projet.

Aucune allocation n'a été faite pour l'alimentation en électricité de la sous-station locale à l'intérieur de l'usine. Il n'y a pas d'allocation pour le partage des infrastructures avec l'usine de concentration de spodumène et elles sont exclues du champ des travaux de cette étude. Le coût d'investissement total du projet, à l'exclusion des coûts du propriétaire, est résumé dans le tableau 1.2.

Tableau 1.2 TABLEAU RECAPITULATIF DE L'ESTIMATION DU COUT TOTAL DES INVESTISSEMENTS			
Résumé des coûts	Équipement et matériel (CDN\$)	Travail (CDN\$)	Total (CDN\$)
Coût direct	\$182 106 000	\$62 569 000	\$244 675 000
Coût indirect			\$87 177 000
Total et indirect			\$331 852 000
Contingence 35%			\$116 148 000
Coût total			\$448 000 000

Le tableau 1.3 présente la ventilation des CAPEX pour les principales zones de l'usine.

Tableau 1.3 SULFATE DE LITHIUM CAS 1 TABLEAU : RESUME DES CAPEX DE LA PRODUCTION DE CRISTAUX PAR ZONE

LITHIUM SULPHATE CASE 1:CRYSTALS PRODUCTION- CAPEX SUMMARY BY MAIN AREAS				
1.0 DIRECT COST				
AREA	DESCRIPTION	EQUIP & MATERIAL	LABOUR	TOTAL
7005	TRUCK RECEIVING	\$1,367,286	\$900,936	\$2,268,222
7010	STOCKPILE AND RECLAIM	\$3,014,752	\$2,134,126	\$5,148,878
7100	SPODUMENE CONCENTRATE FEED SYSTEM	\$707,323	\$268,635	\$975,958
7200	CALCINATION AND COOLING	\$19,148,443	\$5,627,087	\$24,775,529
7250	GRINDING	\$9,926,963	\$3,489,274	\$13,416,236
7255	ACIDIFICATION	\$5,364,233	\$1,556,122	\$6,920,355
7280	ROASTING- COOLING	\$29,305,518	\$8,658,827	\$37,964,344
7280A	SP ROASTED STORAGE	\$888,073	\$397,813	\$1,285,886
7285	HOT GASES TREATMENT	\$8,506,280	\$2,591,161	\$11,097,441
7310	WATER LEACH	\$2,154,063	\$986,149	\$3,140,212
7320	PURIFICATION # 1	\$1,402,760	\$689,102	\$2,091,862
7350	PURIFICATION # 2	\$1,411,585	\$589,425	\$2,001,010
7370	CRYSTALLIZATION	\$6,837,175	\$2,265,736	\$9,102,911
7380	CRYSTALS_SEP AND DRYING	\$16,813,256	\$4,973,640	\$21,786,896
7390	FINAL PRODUCT PACKAGING	\$325,208	\$86,306	\$411,514
7410	REAGENTS-LIME-SODA ASH	\$1,362,377	\$637,240	\$1,999,617
7500	REAGENTS-SULPHURIC ACID	\$3,622,833	\$1,227,625	\$4,850,457
7800	UTILITIES WATER	\$2,690,328	\$911,273	\$3,601,601
7850	UTILITIES: STEAM GEN AND POWER DISTRIB	\$11,508,903	\$3,588,721	\$15,097,623
7860	UTILITIES: NATURAL GAS PLANT USAGE	\$499,800	\$608,940	\$1,108,740
7900	LABORATORY AND PILOT PLANT	\$444,300	\$301,890	\$746,190
8100	RESIDUAL STORAGE FACILITY	\$14,910,500	\$5,154,900	\$20,065,400
1100	BUILDING AND SUPPORT FACILITIES	\$36,382,500	\$13,871,100	\$50,253,600
1200	INFRA STRUCTURE AND SITE WORKS	\$3,511,250	\$1,053,375	\$4,564,625
DIRECT COST SUB-TOTAL:		\$182,106,000	\$62,569,000	\$244,675,000
2.0 INDIRECT COST				
EPCM Services: ENGINEERING :: 7% of Direct Costs				\$17,127,000
SPARE PARTS: 5% of Equipment and Materials				\$9,105,000
EPCM Services: CONSTRUCTION MANAGEMENT: 4% of Direct Costs				\$9,787,000
TRANSPORTATION: 10% of Equipment and Materials				\$18,211,000
CHEMICALS INITIAL LOAD: 1% of Equipment and Materials				\$1,821,000
EPCM Services: Procurement: 2% of Direct Costs				\$4,894,000
EPCM Services: Allowance for Travelling:				\$520,000
EPCM Services: Allowance for Room & Board:				\$540,000
Direct Labour: Allowance for Travelling:				\$2,078,000
Direct Labour: Allowance for Room & Board:				\$2,160,000
Direct Labour: Allowance for Paid Travelling Time:				\$2,494,000
OWNER COST: Allowance for Owners' Costs				\$8,000,000
OWNER COST: Mine Closure Costs				\$100,000
TECHNOLOGY AND TESTWORK DEV: 3% of Direct Costs				\$7,340,000
OWNER COST: Allowance for Permitting & ESIA				\$2,000,000
OWNER COST: Allowance for Land Acquisition				\$1,000,000
SUBTOTAL INDIRECT COST:				\$87,177,000
3.0 PROJECT COST				
TOTAL DIRECT AND INDIRECT COST				\$331,852,000
CONTINGENCY (%):			35%	\$116,148,000.00
TOTAL CAPITAL INVESTMENT :				\$448,000,000
ANDEBURG CONSULTING SERVICES INC.	TITLE: ALLKEM CHEMICALS		Page:	1
	34 TPH OF SPODUMENE CONC. LITHIUM SULPHATE PLANT		Rev.:	0
	CASE 1: CAPEX SUMMARY CRYSTAL PRODUCTION		Date:	Sep 1-22
Prepared By: E. Burga		Client Review: M. Saint-Amour		

1.11.2 OPEX

En moyenne, les coûts d'exploitation du sulfate de lithium ont été estimés à 5 392 \$CAN pour le traitement de 254 445 tonnes par an de concentré de spodumène et la production de 61 538 tonnes par an de cristaux de sulfate de lithium.

Le résumé des coûts d'exploitation est présenté dans le tableau 1.4 Coût d'exploitation.

Tableau 1.4 Résumé des coûts d'exploitation		
	CATÉGORIE DE COÛTS	Coût annuel
COÛT DIRECT		
100	Coût du concentré	\$ 256 065 800
200	Transport du concentré	\$ -
200	Réactifs	\$ 23 996 700
300	Consommables	\$ 3 746 400
400	Maintenance	\$ 4 874 900
500	Énergie électrique	\$ 1 550 600
600	Système de traitement des eaux	\$ 665 700
700	Gaz naturel	\$ 14 307 700
800	Main d'œuvre	\$ 18 432 800
900	Diesel/Location	\$ 349 700
1000	Transport des produits	\$ 2 825 700
	COÛT TOTAL DIRECT	\$ 326 816 000
B	COÛT INDIRECT	
1100	Général et administratif	\$ 4 776 000
1200	E&C	\$ 250 000,00
	COÛT TOTAL INDIRECT	\$ 5 026 000,00
C	COÛT TOTAL DES DÉPENSES D'EXPLOITATION PAR AN	\$ 331 842 000
D	PRODUCTION TOTALE DE SULFATE DE LITHIUM, TPA	61 538
E	COÛT UNITAIRE D'EXPLOITATION, \$/TONNE DE SULFATE DE LITHIUM	\$ 5 392,00

1.12 ANALYSE ÉCONOMIQUE

Sur la base de diverses analyses de marché, un prix du sulfate de lithium de 15 200 \$ US par tonne a été utilisé pour la modélisation financière. Cela se traduit par un prix de 20 200 \$CAN par tonne à utiliser dans le modèle financier. L'analyse a pris en compte des variations de prix de +/- 15% du prix convenu. Avec cette approche de prix, l'usine de production de sulfate de lithium représente un investissement viable.

1.12.1 Points saillants de l'évaluation économique

Les résultats d'une évaluation des opportunités économiques (« ÉOÉ ») soutiennent les plans de traitement de 254 445 tonnes par an de concentré de spodumène alimentant une usine de sulfate de lithium à Matagami, au Québec.

- L'exploitation produira 61 600 tonnes par an de sulfate de lithium.
- Le projet offre une moyenne de 870,5 millions de dollars canadiens de flux de trésorerie

nets avant impôts par an sur 18 ans.

- Valeur actuelle nette de 6 875 millions de dollars canadiens (taux d'actualisation de 8 %) et TRI de 71,0 % (avant impôts, taux d'actualisation de 8 %), soit un flux de trésorerie moyen avant impôts de 870,5 millions de dollars canadiens par an.
- Valeur actuelle nette de 5 282 millions de dollars canadiens (taux d'actualisation de 8 %) et TRI de 63,3 % (avant impôts, taux d'actualisation de 8 %), flux de trésorerie moyen après impôts de 674,6 millions de dollars canadiens par an.
- Estimation du coût total des investissements de 448 millions de dollars canadiens pour l'usine de sulfate de lithium et les installations connexes.
- Le coût d'exploitation au comptant de la durée de vie du projet est en moyenne de 5 392 \$CAN/t de sulfate de lithium, alors que les revenus estimés sont de 20 200 \$CAN/t de sulfate de lithium.

Le retour sur investissement se fera après 1 an et 3 mois d'exploitation avant impôt et après 1 an et 4 mois après impôt.

Cette ÉOÉ indique également que l'économie du projet pourrait être améliorée en envisageant une deuxième usine chimique pour produire du carbonate de lithium ou de l'hydroxyde de lithium de qualité permettant son utilisation dans les piles afin d'avoir un produit de haute qualité plus proche des marchés finaux pour un meilleur prix de vente. GLCI aura une excellente occasion économique de prendre une part importante de la demande future de carbonate ou d'hydroxyde de lithium sur le marché nord- américain.

À l'heure actuelle, GLCI considère que la technique de traitement au sulfate choisie est la plus appropriée comme étape de la production de carbonate de lithium. La voie du sulfate est une méthode de traitement établie et acceptée, utilisée à grande échelle en Chine pour convertir le spodumène en carbonate de lithium de qualité pile.

1.13 ÉTUDE DE SENSIBILITÉ

L'analyse de sensibilité économique du projet montre que les variables de revenus, soit le prix du carbonate de lithium et la production, sont celles qui ont le plus d'impact sur les résultats du projet, qu'ils soient mesurés en tant que VAN et TRI avant impôts ou VAN et TRI après impôts. Les résultats du projet sont un peu moins affectés par les changements de variables CAPEX et OPEX.

Les variables d'entraînement utilisées dans l'analyse de sensibilité sont présentées dans le tableau 1.5.

Tableau 1.5 VARIABLE D'INTERET, ANALYSE DE SENSIBILITE				
Variable d'intérêt	CAPEX (\$M)	Prix (\$/t)	Niveau de production (t)	OPEX (\$)
Li ₂ SO ₄	448	20 200	61 600	5 392

1.14 ÉVALUATION DE RISQUE

1.14.1 Risques par rapport au procédé choisi

Il existe un risque que la performance de recouvrement du lithium ne puisse être atteinte si certains facteurs imprévus affectent les performances totales de l'usine.

1.15 RISQUES LIÉS À L'INFRASTRUCTURE

La construction de l'usine n'a pas encore commencé, mais elle sera située à Matagami, une zone accessible par route toute l'année, où il ne devrait pas y avoir de problèmes dus au mauvais temps. L'usine prévoit un stockage de 7 jours pour le concentré provenant de la mine, mais une fermeture prolongée de la route peut entraîner un ralentissement ou un arrêt des opérations de l'usine.

1.16 RISQUES LIÉS À L'EXÉCUTION

Le calendrier général prévoit le début des travaux d'ingénierie au troisième trimestre de 2022 et la complétion de l'usine au quatrième trimestre de 2025. Il est prévu que toutes les études d'ingénierie soient achevées pour confirmer les délais d'approvisionnement et de livraison.

1.17 RISQUES LIÉS AU COÛT EN CAPITAL

Le risque lié aux coûts d'investissement a été réduit car des devis ont été obtenus pour les principaux équipements. Le risque de manque de main-d'œuvre disponible pour la construction pourrait être une préoccupation.

1.18 RISQUES PAR RAPPORT AUX PROCESSUS D'OBTENTION DES PERMIS

En l'état actuel des choses, avec la sélection de Matagami et selon les recherches de l'entreprise, GLCI ne sait pas clairement à quel processus d'autorisation environnementale le projet sera soumis. Puisque le processus n'est pas clair, le calendrier n'est pas clair, tout comme l'effort et les dépenses en capital nécessaires.

1.19 RISQUES DE CÉDULE

Le nettoyage du site devrait commencer en janvier 2025, mais il peut y avoir un décalage de 3 mois avant les travaux de génie civil qui doivent commencer au printemps 2025 pour atténuer l'impact des conditions hivernales.

1.20 RISQUES QUANT AU COÛT D'EXPLOITATION

Les risques liés aux coûts d'exploitation peuvent être réduits grâce à une meilleure définition :

- Quantités de réactifs, d'électricité et de gaz naturel.
- Besoins en main-d'œuvre.
- Coûts d'entretien.
- Consommables.
- Frais généraux, impôts fonciers et assurances.
- Quantités de réactifs, d'électricité et de gaz naturel.
- Besoins en main-d'œuvre.
- Coûts d'entretien.
- Consommables.

- Frais généraux, impôts fonciers et assurances.

1.21 RISQUES LIÉS AU PROCÉDÉ

Les opérations de traitement nécessitent des tests supplémentaires pour réduire davantage les risques :

- Un travail d'essai substantiel au niveau du laboratoire et du pilote.
- Faire progresser l'ingénierie des procédés et réaliser des études détaillées sur le dimensionnement des tampons (simulation dynamique), les bilans thermiques et massiques, les impacts des impuretés mineures, les HAZOP, la sélection des matériaux, les exigences en matière de purge, etc.
- Sélection des fournisseurs et avancement de la conception détaillée de l'équipement.
- Prévoir un espace dans la conception pour l'ajout d'équipements si cela s'avère nécessaire.

Les principaux risques résiduels liés au procédé sont les suivants :

- Dimensionnement inadéquat de l'équipement dans des conditions perturbées.
- La teneur en concentré ou la qualité du concentré s'écarte des hypothèses de conception.
- Les boucles de recyclage dans le procédé peuvent entraîner une accumulation d'impuretés.
- Réduction de l'efficacité de fonctionnement ou de la disponibilité du calcinateur rotatif.
- Réduction de l'efficacité de fonctionnement ou de la disponibilité du circuit de purification.
- Corrosion imprévue des composants du procédé.
- Réduction de l'efficacité du fonctionnement ou de la disponibilité de la concentration d'acide.

Il est difficile d'évaluer les besoins de maintenance d'un procédé tel que celui qui utilise de multiples produits chimiques hautement abrasifs, acides ou caustiques, susceptibles de nécessiter une maintenance importante.

Aucun contrat ou accord formel n'a été signé pour la fourniture de concentré de spodumène, la vente de sulfate de lithium, l'achat de réactifs, l'électricité ou la fourniture de gaz naturel.

Des essais de confirmation sont nécessaires pour valider la consommation des principaux réactifs et la quantité de résidus attendue. Ainsi, une certaine variabilité dans les quantités de réactifs et de résidus peut se produire.

1.22 RISQUES LIÉS À L'EXÉCUTION

Un calendrier préliminaire du projet a été préparé par ACSI pour le présent rapport. Une certaine incertitude demeure autour de la stratégie d'exécution finale, et des changements dans les hypothèses utilisées dans ce rapport peuvent affecter le calendrier et le coût du projet. Les mesures d'atténuation futures comprennent le développement d'une stratégie d'exécution détaillée avant le démarrage de l'usine.

1.23 RISQUE GLOBAL DU PROJET

Le lithium est un minéral industriel et les prix de vente des différents composés du lithium ne sont pas

publics. Les accords de vente sont négociés sur une base individuelle et privée avec chaque utilisateur final différent. Il est possible que les prix de vente utilisés dans l'analyse financière soient différents du marché réel lorsque GLCI sera en mesure de vendre des composés de lithium.

1.24 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Cette ÉOÉ permet de constater que la viabilité économique et technique de l'option " vente de cristaux de sulfate de lithium " pour le projet a une valeur actuelle nette (VAN) avant impôts de 6 875 millions de dollars canadiens (taux d'actualisation de 8 %), un flux de trésorerie moyen avant impôts de 870,5 millions de dollars canadiens par an et un investissement en capital de 448 millions de dollars canadiens. L'étude a révélé une valeur actuelle nette (VAN) après impôts de 5 282 millions de dollars canadiens (taux d'actualisation de 8 %) et un flux de trésorerie après impôts moyen sur la durée du projet de 674,6 millions de dollars canadiens.

Le coût d'exploitation a été défini comme étant de 5 392 \$CAN/t de cristaux de sulfate de lithium.

Pour cette étude, GLCI n'envisageait pas de méthode de production alternative pour obtenir une solution concentrée de sulfate de lithium.

Recommandations pour la prochaine phase de développement du projet :

- Préciser à quel processus d'autorisation environnementale le projet sera soumis, ce qui pourrait avoir un impact à la fois sur la localisation du projet, le produit sélectionné et sur la capacité du projet.
- Travail d'essai nécessaire pour soutenir la définition du schéma de procédé, la mise à l'échelle, la définition des équipements et les contrôles.
- Pilotage du programme de calcination : Essai de décrépitation du concentré par four rotatif dans une installation d'essai pilote spécialisée afin d'obtenir des données supplémentaires pour la mise à l'échelle de l'équipement et le développement des paramètres et des contrôles du procédé.
- PSD du spodumène calciné et du dépôt de lithium : optimisation du broyage en circuit fermé pour déterminer la taille optimale des particules pour la digestion acide, la lixiviation ultérieure, la filtration et le contrôle des impuretés.
- Essais hydrométallurgiques de lixiviation et d'élimination des impuretés.
- Essais de séparation solide-liquide : Essais de filtration et d'épaississement des étapes de lixiviation et de purification de l'eau.
- Étude des alternatives d'élimination des résidus de lixiviation à l'eau.
- Étude des alternatives d'approvisionnement en GNL et H_2SO_4 , y compris l'utilisation de l'énergie hydroélectrique pour la transformation.
- Évaluation des alternatives techniques et économiques pour l'élimination des résidus de sable siliceux de lixiviation à l'eau : ils peuvent être utilisés comme remblai de site minier, stockés localement ou vendus aux clients.
- R&D de la cristallisation du sulfate de lithium, essais pilotes et évaluation de l'accumulation d'impuretés. Des tests IX peuvent être nécessaires.

- Étude de la récupération d'énergie.
- Disponibilité de l'énergie électrique.
- Examiner la taille de l'usine (c'est-à-dire commencer avec une petite ligne pour la mitigation du risque).

2.0 INTRODUCTION ET TERMES DE RÉFÉRENCE

Le rapport technique suivant (le « rapport technique ») préparé par Andeburg Consultants Inc. (« ACSI ») décrit l'usine de transformation de spodumène proposée pour être construite dans la ville de Matagami, au Québec, Canada (« l'usine »).

Le présent rapport technique a été préparé à la demande de M. Patrice Dubé, le responsable de l'étude d'ÉOÉ pour Galaxy Lithium Canada Inc, une division d'Allkem. (« L'entreprise ») qui est une société australienne et un émetteur assujéti dont le siège social est situé à :

Riparian Plaza, Level 35
71 Eagle Street Brisbane,
Australie QLD 4000

Le présent rapport technique est considéré comme effectif à compter du 31 août 2022.

Le but de ce rapport technique est d'évaluer les options de production du sulfate de lithium au niveau de l'ÉOÉ.

2.1 UNITÉS ET MONNAIE

Dans le présent rapport technique, tous les montants en devises sont exprimés en dollars canadiens (« CDN\$ »), sauf indication contraire.

Les prix des produits de base sont généralement exprimés en dollars américains ("US\$") et seront indiqués comme tels le cas échéant. Les quantités sont généralement exprimées en unités métriques du Système International d'Unités ("SI"), notamment en tonnes ("t") et en kilogrammes ("kg") pour le poids, en kilomètres ("km") ou en mètres ("m") pour la distance, en hectares ("ha") pour la superficie, en grammes ("g") et en grammes par tonne ("g/t") pour les teneurs en métal. Les teneurs en concentré de Li_2SO_4 sont indiquées en pourcentage (" % "). Les quantités de Li_2SO_4 peuvent être rapportées en livres ("lb") et en tonnes (T). Une liste de termes et d'abréviations est donnée au tableau 2.1 et les unités au tableau 2.2.

Tableau 2.1 TERMINOLOGIE ET ABREVIATIONS	
Abréviation	Signification
"\$"	dollar(s)
"°"	degré(s)
"°C"	degrés Celsius
<	moins de

>	plus que
"%"	pourcent
"AI"	indice d'abrasion
"ACSI"	Andeburg Consulting Services Inc.

"amsl"	au-dessus du niveau moyen de la mer
--------	-------------------------------------

CONFIDENTIEL

TABLEAU 2.1 TERMINOLOGIE ET ABREVIATIONS

Abréviation	Signification
"ARD"	drainage rocheux acide
"asl"	au-dessus du niveau de la mer
"Allkem"	Allkem Limited
"BAPE"	Bureau d'audience publique
"BWI"	indice de travail du broyeur à boulets
"°C"	degré Celsius
"C\$" ou "CDN\$"	Dollar(s) canadien(s)
"CaO"	oxyde de calcium
"CDN\$" ou "C\$"	Dollar(s) canadien(s)
"ACEE"	Loi canadienne sur l'évaluation environnementale
"CIM"	Institut canadien des mines, de la métallurgie et du pétrole
"cm"	centimètre(s)
"CN"	cyanure
"CN" ou "CNR"	Chemins de fer nationaux du Canada
"COMEX"	Comité d'examen des incidences environnementales et sociales
"conc"	concentré
"CV"	coefficient de variation
"CWI"	indice de travail du concasseur
"DMS"	séparation en milieu dense
"\$M"	dollars, en millions
"dmt"	tonnes métriques sèches
"dmtpd"	tonnes métriques sèches par jour
"DPM"	particules de diesel
"EA"	évaluation environnementale
"ÉOÉ"	Évaluation de l'opportunité économique
"EIS"	Déclaration d'impact sur l'environnement
"EMS"	système de gestion de l'environnement
"EPS"	responsable de la production des travaux de terrassement
"ESDM"	synthèse des émissions et modélisation de la dispersion
"LQE"	Loi sur la qualité de l'environnement
"ft"	pied
"g"	gramme
"g/t"	grammes par tonne
"GLCI"	Galaxy Lithium Canada Inc.
"ha"	hectare(s)
"IBA"	Impact Benefit Agreement
"IRR"	taux de rendement interne
"ISO"	Organisation internationale de normalisation
" CBJNQ "	Convention de la Baie James et du Nord québécois
"k"	millier(s)
"kg"	Kilogrammes(s)

TABLEAU 2.1 TERMINOLOGIE ET ABREVIATIONS	
Abréviation	Signification
"km"	kilomètre(s)
"kW"	kilowatt
"kWh/t"	kilowattheures par tonne
"ktpm"	kilotonnes par mois
"L"	litre(s)
"L/s"	litres par seconde
"lb"	livre (poids)
"LCE"	Carbonate de lithium équivalent
"HLM"	hydroxyde de lithium monohydraté
"Li"	lithium
"Li ₂ O"	oxyde de lithium
"Li ₂ SO ₄ "	sulfate de lithium
"GNL"	gaz naturel liquéfié
"LOI"	perte à l'allumage
"LOM"	vie de la mine
"LVA"	anisotropie locale variable
"M"	million(s)
"m"	mètre(s)
"m ³ "	mètre(s) cube(s)
"Ma"	des millions d'années
"Mag"	magnétique
"max".	maximum
"mbs"	mètres sous la surface
"MERN"	Ministère de l'énergie et des ressources naturelles du Québec
"min".	minimum
"MLCs"	centres de charge des mines
"mm"	millimètre
"REMMMD"	Règlement sur les effluents des mines de métaux et des mines de diamants
"Moz"	millions d'onces
"m RL"	mètres niveau relatif
"m/s"	mètres par seconde
"Mt"	mégatonne ou million de tonnes
"mth"	mois
"mtpd"	tonnes métriques par jour
"mtph"	Tonnes métriques par heure
"Mtpy"	millions de tonnes par an/année
"MW"	mégawatt
"NE"	nord-est
"NHV"	valeur calorifique nette
"NPV"	valeur nette actuelle
"NSR"	redevance nette de fonderie

TABLEAU 2.1 TERMINOLOGIE ET ABREVIATIONS	
Abréviation	Signification
"NW"	nord-ouest
"oz"	once
"pa"	par an
"Pb"	plomb
"PEA"	évaluation économique préliminaire
"P.Eng."	Ingénieur professionnel
"P.Geo."	Géoscientifique professionnel
"Usine"	l'usine de conversion du spodumène qui fait l'objet du présent rapport technique
"PMP"	précipitations maximales probables
"ppb"	parties par milliard
"ppm"	parties par million
"PSD"	composition granulométrique
"Q1, Q2, Q3, Q4"	premier trimestre, deuxième trimestre, troisième trimestre, quatrième trimestre de l'année
"QMS"	système de gestion de la qualité
"rampe"	tunnel creusé en pente descendante (ascendante)
"raisebore"	excavation mécanique de l'élévation, à l'aide d'une grande foreuse rotative avec un accessoire d'alésage
"RC"	circulation inverse
"RMR"	indice de masse rocheuse
"RnDP"	les produits de désintégration du radon
"Ro Tail"	queue plus rugueuse
"RPD"	différence relative en pourcentage
"RQD"	détermination de la qualité des roches
"RWI"	indice de travail du moulin à barres
"S"	soufre
"SE"	sud-est
"SEDAR"	système d'analyse et de recherche de documents électroniques
"SMBS"	métabisulfite de sodium
"SMC"	Broyeur SAG - Comminution
"SMU"	unité d'extraction sélective
"SPC"	concentré de spodumène
"SW"	sud-ouest
"t"	tonne(s) métrique(s)
"T"	tonne(s) courte(s)
"L'entreprise"	GLCI Limited
"TMF"	installation de gestion des résidus
"t/h" ou "tph".	tonnes par heure
"t/m ³ "	tonnes par mètre cube
"tpd"	tonnes par jour

"tpy"	tonnes par an
-------	---------------

TABLEAU 2.1 TERMINOLOGIE ET ABREVIATIONS	
Abréviation	Signification
"TSF"	installation de stockage de résidus
"US\$"	Dollar(s) américain(s)
"UTM"	Système de quadrillage universel transverse de Mercator
"VLF"	très basse fréquence
"VGF"	alimentateur vibrant à grizzly
"wmt"	tonnes métriques humides
"wt%"	pourcentage en poids
"XRD"	Diffraction des rayons X
"an"	année

Tableau 2.2 TERMINOLOGIE ET ABBRÉVIATIONS			
Abbréviation	Signification	Abbréviation	Signification
µm	microns, micromètres	m ³ /s	mètre cube par seconde
\$	dollar	m ³ /y	mètre cube par an
\$/t	dollar par tonne métrique	mØ	diamètre d'un mètre
%	signe pourcentage	m/h	mètre par heure
% p/p	pourcentage de solide en poids	m/s	mètre par seconde
¢/kWh	centime par kilowattheure	Mt	millions de tonnes
°	degré	Mtpy	millions de tonnes par an
°C	degré Celsius	min	minute
cm	centimètre	min/h	minute par heure
d	jour	mL	millilitre
ft	pieds	mm	millimètre
GWh	Gigawattheures	MV	moyenne tension
g/t	grammes par tonne	MVA	méga volt-ampère
h	heure	MW	mégawatts
ha	hectare	oz	once (troy)
hp	chevaux-vapeur	Pa	Pascal
k	kilo, milliers	pH	Mesure de l'acidité
kg	kilogramme	ppb	partie par milliard
kg/t	kilogramme par tonne métrique	ppm	partie par million
km	kilomètre	s	deuxième

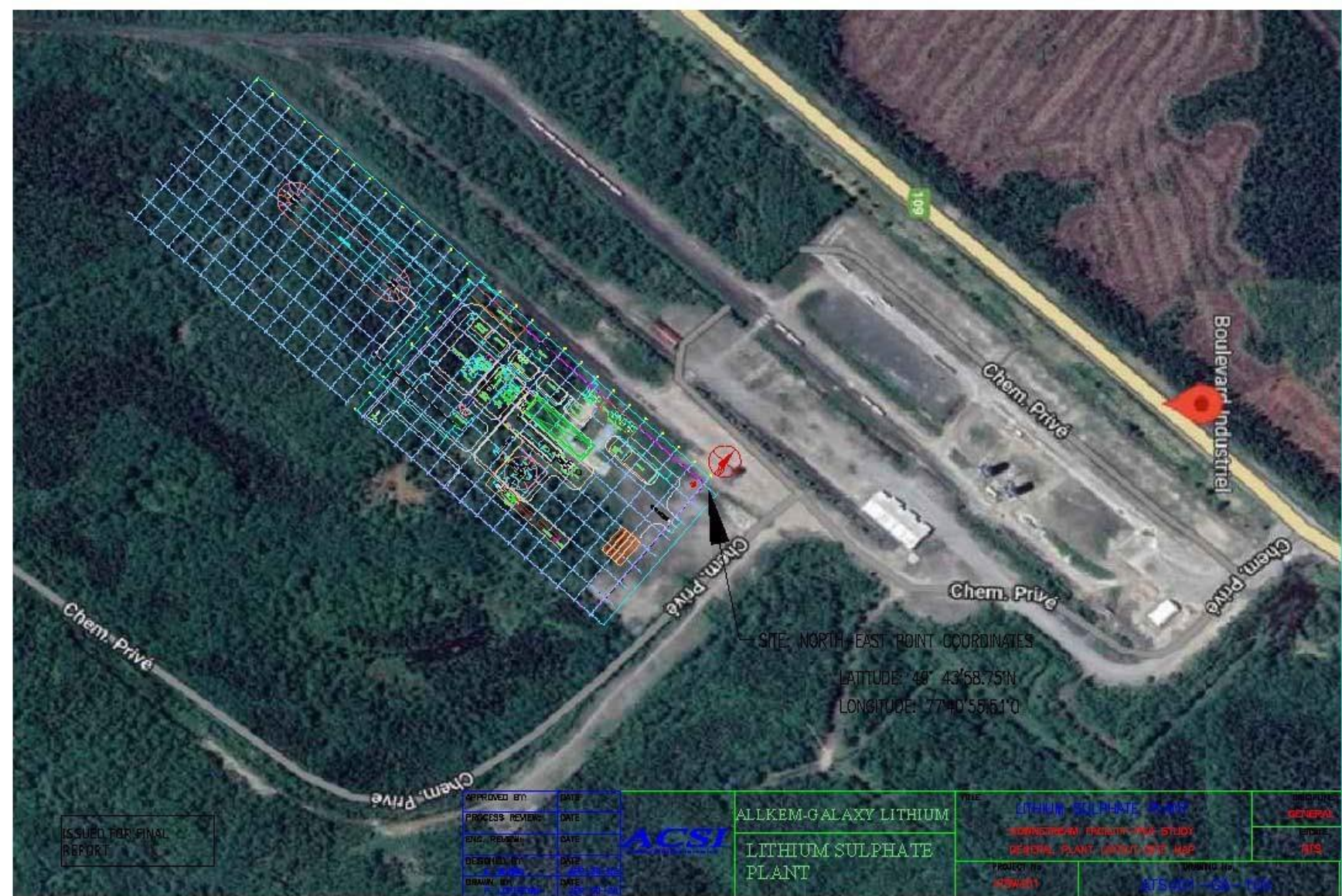
kPa	kilopascal	t ou tonne	tonne métrique
kV	kilovolt	tpd	tonne métrique par jour
kW	kilowatt	t/h	tonne métrique par heure
kWh	kilowattheure	t/h/m	tonne métrique par heure par mètre
kWh/t	kilowattheure par tonne métrique	t/h/m ²	tonne métrique par heure par mètre carré
L	litre	t/m	tonne métrique par mois
L/s	litres par seconde	t/m ²	tonne métrique par mètre carré
lb	livre(s)	t/m ³	tonne métrique par mètre cube
M	million	T	tonne courte
m	mètre	tpy	tonnes métriques par an
m ²	mètre carré	V	volt
m ³	mètre cube	W	Watt
m ³ /d	mètre cube par jour	wt%	pourcentage en poids
m ³ /h	mètre cube par heure	yr	année

3.0 EMPLACEMENT DE L'USINE

GLCI développe son projet de mine de lithium Baie-James, dont elle est l'unique propriétaire. Le concentré de spodumène sera expédié du site minier à une usine de traitement qui sera construite à 3 km au nord-ouest de la ville de Matagami, au Québec, au Canada. La ville de Matagami est située à environ 560 km au nord-ouest de la ville de Montréal au Québec. La propriété de l'usine comprend une superficie de 14 ha sur un lot mesurant 700 m x 270 m et est détenue à 100 % par la société. Le coin nord-ouest de ce lot est situé à 49° 43' 58.75" de latitude nord et 77°40' 55.51" de longitude ouest. L'usine dispose d'un accès routier ouvert toute l'année via la route 109.

L'emplacement de l'usine est présentée à la Figure 3.1.

Figure 3.1 CARTE DE LOCALISATION DE L'USINE DE TRANSFORMATION



4.0 ACCESSIBILITÉ, CLIMAT, RESSOURCES LOCALES, INFRASTRUCTURE

4.1 ACCÈS

Le concentré de spodumène provenant de la mine/concentrateur de lithium de la Baie-James est transporté en vrac par camion à l'usine de transformation située à Matagami, au Québec. Le transport par camion se fait par la route Billy-Diamond (route de la Baie-James) jusqu'à la ville de Matagami, puis par la route 109 jusqu'à un endroit situé près du terminal ferroviaire de la gare de Matagami du CN. Le transport est disponible toute l'année par la route pavée Billy-Diamond. Le concentrateur est situé à environ 381 km au nord de la ville de Matagami. La distance de Montréal par les autoroutes 117, 113 et 1055 est de 728 km. L'aéroport local de Matagami est situé à 16,7 km au nord-ouest sur la route 109N.

4.2 CLIMAT

Matagami a un climat subarctique avec de longs hivers froids et de courts étés chauds. Les températures moyennes quotidiennes en janvier sont de -20°C et environ trois jours en été sont assez chauds pour atteindre 30°C. Les hivers froids ajoutent à la nécessité de disposer de baies de dégel pour les camions en provenance du site minier. Les données climatiques sont présentées dans le tableau 4.1 et sur les figures 4.1 à 4.3.

Tableau 4.1 CLIMAT DE MATAGAMI			
Mois	Température		Nombre de jours de pluie
	Jour	Nuit	
Janvier	-13°C	-22°C	1
Février	-11°C	-20°C	1
Mars	-5°C	-14°C	4
Avril	3°C	-5°C	6
Mai	14°C	3°C	8
Juin	20°C	8°C	7
Juillet	23°C	12°C	8
Août	21°C	11°C	7
Septembre	15°C	7°C	9
Octobre	7°C	2°C	10
Novembre	-1°C	-5°C	6
Décembre	-9°C	-15°C	3

Figure 4.1 TEMPÉRATURE MOYENNE - MATAGAMI, QUÉBEC

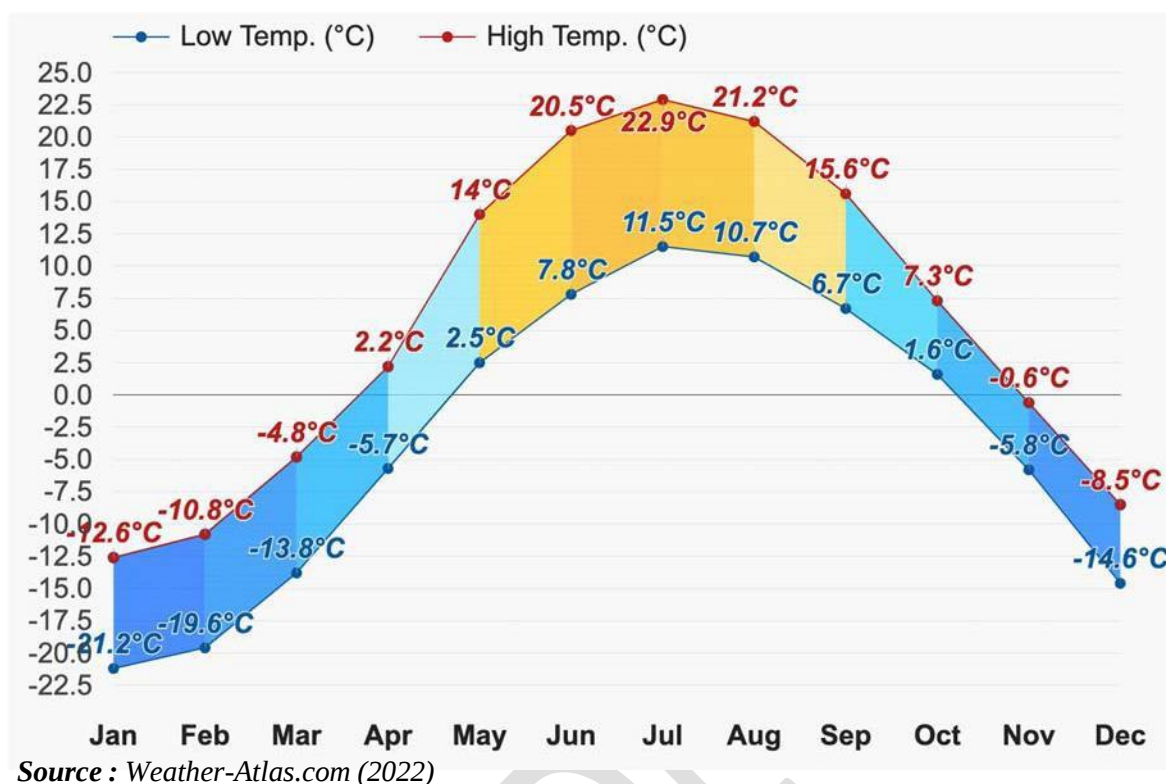


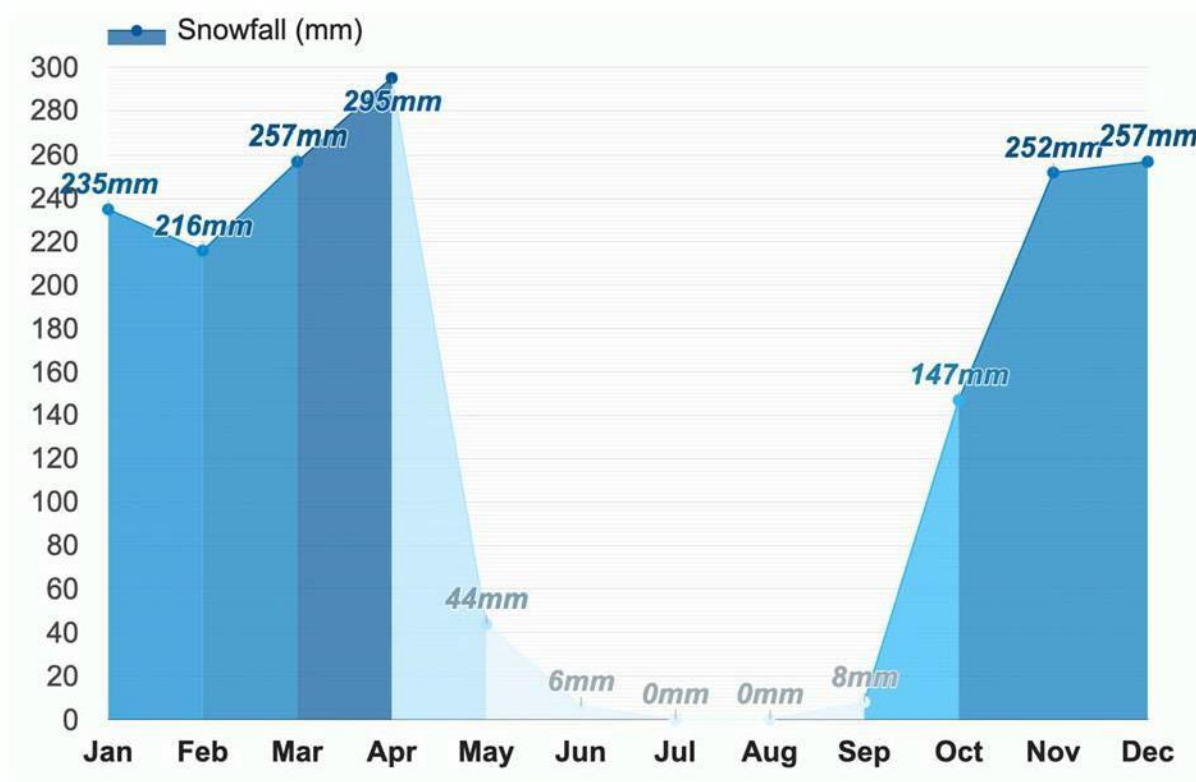
Figure 4.2 PRÉCIPITATIONS MOYENNES - MATAGAMI, QUÉBEC



Source : Weather-Atlas.com (2022)

Andeburg Consulting Services Inc.
GLCI, Usine de conversion de spodumène

Figure 4.3 CHUTES DE NEIGE MOYENNES - MATAGAMI, QUÉBEC



Source : Weather-Atlas.com (2022)

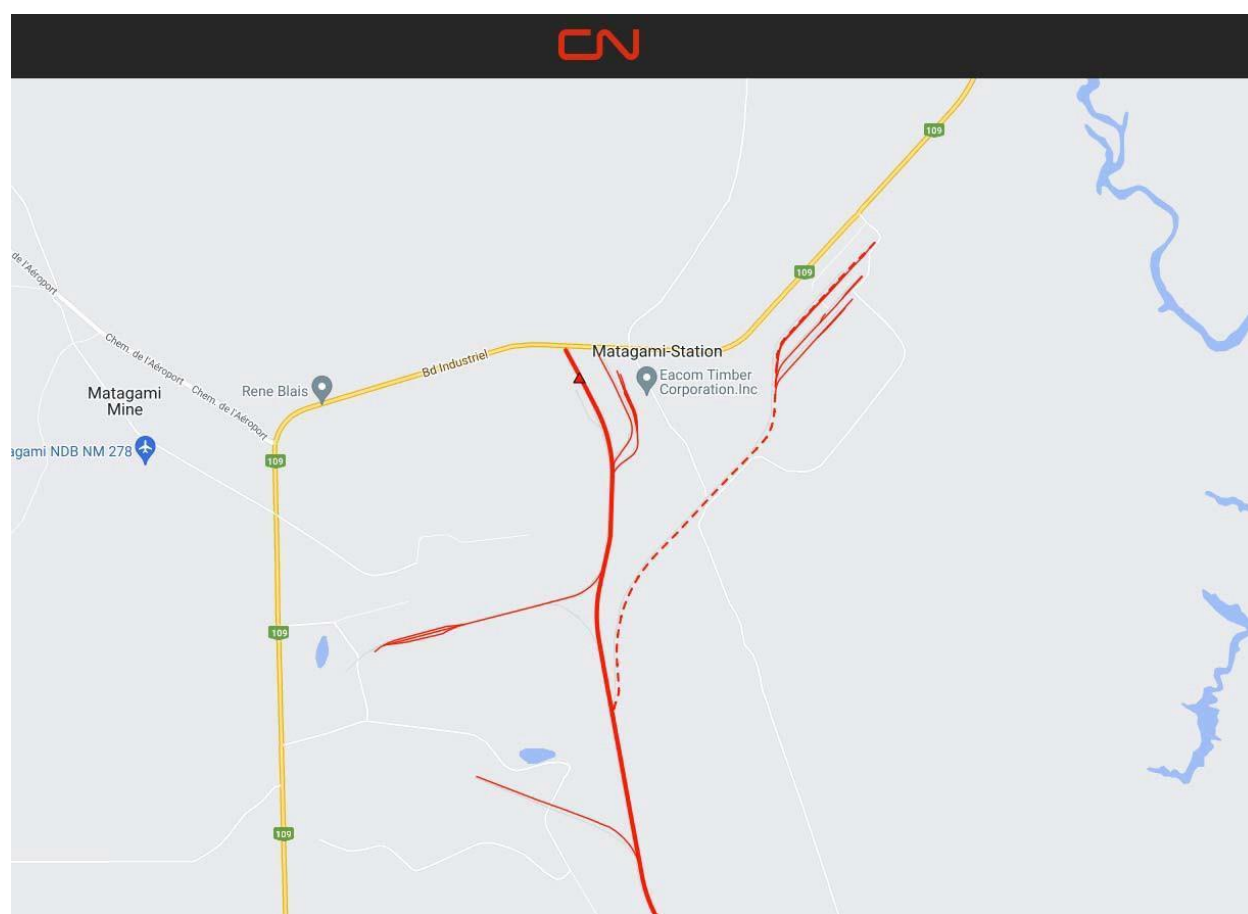
4.3 INFRASTRUCTURE

La ville de Matagami est une communauté établie dont la population compte environ 1 500 habitants. La ville est dotée d'une centrale hydroélectrique, d'autoroutes pavées, de connexions Internet et téléphoniques par l'intermédiaire de fournisseurs de services locaux, de stations-service, de restaurants, d'un hôpital et de services d'urgence. L'aéroport local de Matagami est desservi par des vols nolisés.

4.4 ACCÈS AU RÉSEAU FERROVIÈRE

Le site proposé pour l'usine a accès au réseau ferroviaire du CN et est situé près de la gare de Matagami. L'emplacement de la gare de Matagami est présenté à la figure 4.4.

Figure 4.4 Gare ferroviaire du CNR à Matagami



Source : <https://cnebusiness.geomapguide.ca> (2022)

5.0 ÉTUDES ENVIRONNEMENTALES, OCTROI DE PERMIS ET IMPACT SOCIAL OU COMMUNAUTAIRE

5.1 POLITIQUE ENVIRONNEMENTALE

Conformément à sa politique environnementale, la société s'engage à mener ses activités de manière responsable sur le plan environnemental. En partant du respect de toutes les réglementations applicables, GLCI applique un système de gestion qui garantit l'application des normes environnementales à ses produits, services et processus.

Pour appliquer cette politique, la société doit

- Inclure les considérations environnementales dans toutes les décisions de planification et dans la stratégie globale de l'entreprise.
- Évaluer l'impact potentiel sur l'environnement de tous les services et processus, de la conception initiale à la livraison et à l'élimination.
- Développer des produits et des services et exploiter des installations de manière à prévenir la pollution, à améliorer l'efficacité, à réduire la consommation d'énergie, à utiliser des ressources renouvelables et à minimiser les déchets par le recyclage dans la mesure du possible.
- Promouvoir une culture dans laquelle tous les employés, entrepreneurs, fournisseurs, clients et la communauté partagent l'engagement de GLCI.
- Respecter le patrimoine culturel et les communautés locales.
- Viser à améliorer continuellement le système de gestion environnementale et les performances, en tenant compte des développements techniques, de la compréhension scientifique, des besoins des consommateurs et des attentes de la communauté.
- S'efforcer de prévenir les incidents environnementaux et disposer de plans d'urgence efficaces pour les situations d'urgence.
- Veiller à ce que des ressources et de la formation adéquates soient fournies à tous les niveaux et que la compréhension et la mise en œuvre de cette politique soient adéquates.
- Se conformer aux exigences législatives et industrielles pertinentes.

5.2 ÉTAT DE LA REVUE RÉGLEMENTAIRE

GLCI comprend que l'industrie de la métallurgie extractive au Québec est potentiellement assujettie à des règlements fédéraux et provinciaux et à des processus d'examen environnemental, selon la catégorie à laquelle appartient le projet parmi les suivantes :

- L'usine de métallurgie extractive est proposée sur le territoire de la Convention de la Baie-James et du Nord québécois (CBJNQ), auquel cas l'article 22 de la CBJNQ et les articles correspondants de la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE) pourraient éventuellement s'appliquer en fonction des détails du projet.
- L'usine de métallurgie extractive est proposée à l'extérieur du territoire de la CBJNQ (dans la partie sud du Québec) et pour une capacité de production annuelle maximale égale ou

supérieure à 40 000 tonnes métriques, auquel cas le processus d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement COMEX en vertu de l'article 31.1 de la LQE incluant un éventuel processus du Bureau d'audience publique (BAPE) s'appliquerait.

- L'usine de métallurgie extractive est proposée à l'extérieur du territoire de la CBJNQ (dans la partie sud du Québec) et pour une capacité de production annuelle maximale inférieure à 40 000 tonnes métriques, auquel cas le processus d'autorisation environnementale ministérielle en vertu de l'article 22 de la LQE pourrait s'appliquer selon les détails du projet.
- Le mandat du Comité d'examen du COMEX couvre la région du Québec régie par la CBJNQ qui est située au sud du 55e parallèle et à l'ouest du 69e parallèle. Il comprend également les terres de catégorie I et II de Whapmagoostui, une communauté crie située juste au nord du 55e parallèle. Plus simplement, le mandat du Comité d'examen couvre ce qui est communément appelé la partie centrale et nord de la région de la Baie James. Il comprend les neuf communautés cries (Oujé-Bougoumou, Mistissini, Waswanipi, Nemaska, Waskaganish, Eastmain, Wemindji, Chisasibi et Whapmagoostui) ainsi que le territoire des villes de Chibougamau et de Chapais. Voir la figure 5.1 selon le chapitre 22 de la CBJNQ.
- GLCI ne sait toujours pas à quel processus d'autorisation environnementale le projet sera soumis. En fait, selon les articles 22 et 24 de la Convention de la Baie James et du Nord québécois (CBJNQ), il n'est pas clair si la ville de Matagami et l'emplacement préliminaire sélectionné feront partie du territoire d'application de la CBJNQ ou non, ni s'ils seront soumis au processus du BAPE ou uniquement à la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE), car l'usine de conversion de Matagami produira environ 35,000 tonnes d'équivalent carbonate de lithium (ECL), qui est une façon courante dans l'industrie du lithium d'exprimer la production de lithium, alors que l'usine produira physiquement 61 600 tonnes de sulfate de lithium.

6.0 TRAITEMENT DES MINÉRAUX ET ESSAIS MÉTALLURGIQUES

Le traitement du concentré de spodumène par la séparation en milieu dense (DMS) a été étudié en profondeur par SGS et d'autres pour le projet amont de la Baie-James. Les résultats des travaux d'essai n'ont pas été examinés dans le présent ÉOE.

6.1 TRAVAUX D'ESSAI MÉTALLURGIQUES RÉCENTS

Hazen Research (2019) a réalisé une série complète d'essais couvrant le traitement thermique du concentré de spodumène : calcination, torréfaction à l'acide (sulfatation), lixiviation à l'eau et purification de la solution.

Décrépitation/Calcination : les résultats des travaux d'essai ont montré que des taux d'extraction de lithium élevés pouvaient être atteints dans les paramètres considérés.

Sulfatation/rôtissage au four acide : Des essais en laboratoire ont été réalisés pour déterminer le rapport de mélange calcine/acide sulfurique, la température de grillage et le temps nécessaire pour générer la quantité optimale de sel de lithium, et donc une extraction élevée de lithium.

Lixiviation à l'eau : Une série d'essais de lixiviation à l'eau a été réalisée sur la calcine afin de déterminer les paramètres de conception optimaux : dissolution du sel de lithium dans l'eau, % de solides, température,

temps et agitation.

Purification de la solution et élimination des impuretés : des tests ont été effectués pour éliminer les impuretés par précipitation, en mettant au point la régiment des réactifs et le procédé.

7.0 PROCÉDÉ

Pour les besoins de cette étude d'ÉOÉ, on a supposé un taux d'alimentation du four de 254 500 tpa de concentré, avec une moyenne de 4,1% d'eau. Les étapes clés suivantes du processus ont été proposées :

- Traitement du concentré de 254 500 tpa à 6,0 % de Li_2O .
- Décrépitation - four rotatif.
- Sulfatation.
- La lixiviation.
- Purification en 2 étapes.
- Cristallisation du sulfate de lithium.
- Point de livraison du produit : Montréal.

La production de sulfate de lithium de GLCI peut soutenir le marché nord-américain des batteries au lithium en tant que précurseur de la production de carbonate de lithium et d'hydroxyde de lithium. GLCI peut également évaluer les avantages d'exploiter sa propre installation pour obtenir les produits finaux.

7.1 CRITÈRES DE CONCEPTION DU PROCÉDÉ

Les critères de conception du procédé sont résumés ci-dessous, et l'annexe B contient plus de détails. Certaines informations sur la production de solutions concentrées sont présentées ci-dessous, mais cette option n'est pas abordée dans le présent rapport. Les détails concernant la production de sulfure de lithium sont présentés à l'annexe I.

- Traitement du concentré en tonne par an (base sèche) : 254 500.
- Concentré de spodumène issu du DMS Grade % Li_2O : 6,1.
- Humidité du concentré % H_2O : 4,1.
- Temps de fonctionnement de l'usine en heures par jour : 24.
- Heures de fonctionnement par an : 8 000.
- Disponibilité globale de l'usine (%) : 92.
- Production équivalente de carbonate de lithium en tonne par an : 35 kt.

7.1.1 Production de cristaux

- Production de cristaux de sulfate de lithium en tonne par an : 61 600.
- Production de ECL, base sèche, 84,4% Li_2SO_4 .
- Taux de récupération du lithium dans la production de cristaux : 91 %.

7.1.2 Production de solution concentrée

- Production de solution de sulfate de lithium en tonne par an : 221 120.
- Solution de sulfate de lithium : 23,6% Li_2SO_4 .
- Production de sulfate de lithium : récupération de 90,9 %.

7.2 HYPOTHÈSES DE CONCEPTION DU PROCÉDÉ

Calcination du spodumène : 254 445 tonnes sèches/an à 6,1% de Li_2O .

- Décrépitation - Four rotatif à chauffage direct.
- Sulfatation - Four rotatif à combustion indirecte.
- Lixiviation à l'eau à pression atmosphérique, 60 C, sous agitation.
- Séparation liquide/solide et lavage à l'eau des résidus.
- Purification par solution en deux étapes, précipitation des impuretés.
- Évaporation du sulfate de lithium : Li_2SO_4 Produit concentré.
- Cristallisation du sulfate de lithium : Produit cristallin Li_2SO_4 .
- Expédition du produit à Montréal, Québec.

Outre le concentré de spodumène, les principaux composants chimiques du processus sont les suivants :

- Le gaz naturel liquéfié (GNL).
- Acide sulfurique concentré (93%).
- Cendre de soude.
- Chaux hydratée.
- De la soude caustique.
- L'électricité.
- Eau brute.

7.3 MODÈLES DU PROCÉDÉ

Le modèle de procédé de bilan massique Aspen +, développé par le Dr Mike Dry, un consultant d'Arithmetek Inc. est joint à l'annexe A ; deux alternatives ont été considérées : 1) la production de cristaux de sulfate de lithium et 2) la production de solution concentrée de sulfate de lithium. Ce rapport technique ne considère que la production de cristaux de sulfate de lithium. Certains détails concernant la production de solution concentrée de sulfate de lithium sont présentés à l'annexe I.

7.4 DESCRIPTION DU PROCÉDÉ DE L'USINE DE TRANSFORMATION

7.4.1 Traitement du concentré de spodumène

Le concentré de spodumène devant alimenter l'usine arrive à l'installation de transformation depuis l'usine de concentration de DMS située à 381 km au nord de Matagami, au Québec.

Le concentré de spodumène est reçu au poste de contrôle où une balance pour camions est installée pour mesurer le poids net "tel que reçu" de chaque cargaison. Des échantillons composites de contrôle sont prélevés à cet endroit. Des stations de décongélation sont prévues pour l'hiver. Le concentré est déchargé par un grizzly et alimente des trémies qui alimentent en même temps des convoyeurs à bande de récupération qui, à leur tour, déchargent sur un convoyeur-empileur de transfert vers une pile conique de 6 000 tonnes métriques, qui fournit un tampon de 7 jours. Grâce à une série de trémies, d'alimentateurs vibrants et de convoyeurs de récupération, le concentré est acheminé vers un séchoir/préchauffeur de concentré. Les gaz d'échappement du calcinateur sont utilisés pour éliminer l'humidité du concentré.

7.4.2 Calcination du spodumène

Le concentré de spodumène préchauffé est introduit dans un four rotatif alimenté au gaz naturel par une trémie journalière.

7.4.3 Refroidissement de la calcine

Le concentré de spodumène calciné est refroidi par un refroidisseur rotatif à air.

7.4.4 Broyage et tamisage de la calcine

Un bac journalier d'alimentation en calcine alimente un convoyeur à bande de récupération et un convoyeur à glissière menant à un circuit fermé de broyage à sec comprenant un broyeur à boulets et un système de séparation de l'air. La calcine broyée est transportée par un convoyeur à bande vers la zone de mélange des acides.

7.4.5 Préparation de l'alimentation de la sulfatation

Un réservoir journalier contient la calcine broyée qui est acheminée par des convoyeurs de récupération et des convoyeurs traînants vers une série de broyeurs en parallèle où la calcine est soigneusement mélangée à de l'acide sulfurique. Le mélange résultant est transporté par des convoyeurs à courroie flexibles vers une série de silos de stockage qui constituent un tampon opérationnel pour le procédé.

7.4.6 Sulfatation Acide

Le mélange acide est introduit dans un four rotatif à combustion indirecte.

7.4.7 Refroidissement et stockage du sulfate de lithium

La calcine grillée est refroidie dans un refroidisseur à air rotatif.

7.4.8 Système de manipulation des gaz et des poussières

Un système de collecte des effluents gazeux, de séparation des poussières et de récupération de l'énergie utilisable est installé dans toute l'usine de conversion. Les effluents gazeux chauds des fours de calcination et de sulfatation sont traités par des ESP, des dépoussiéreurs à sacs et des laveurs par voie humide. L'air chaud propre est utilisé pour sécher le concentré. La chaleur est récupérée par les échangeurs de chaleur du générateur de vapeur et utilisée pour évaporer partiellement la solution afin de produire des cristaux.

7.4.9 Lixiviation à l'eau

La calcine refroidie est acheminée vers un réservoir journalier équipé d'un convoyeur de dosage qui se déverse à son tour dans un convoyeur d'alimentation de la cuve de lixiviation. Une batterie de 3 réacteurs de lixiviation agités et chauffés est utilisée pour traiter la calcine acide avec de l'eau de traitement et de l'eau de lavage de filtre recyclée. La décharge est collectée et pompée vers un filtre à bande. La solution de filtrat claire est pompée vers l'étape suivante du processus. Le résidu est déchargé dans la zone de stockage où il est surveillé.

7.4.10 Première étape de purification de la solution

La solution claire est ensuite traitée dans une série de trois réservoirs de purification agités. À ce stade, du CaO est ajouté pour maintenir le pH de la solution entre 6 et 6,5 et un précipité se forme. La boue est pompée vers un filtre à bande où le gâteau de filtration est rejeté tandis que la solution claire passe à l'étape suivante.

7.4.11 Seconde étape de purification de la solution

La solution claire est ensuite traitée dans une série de trois réservoirs de purification agités. À ce stade, de l'hydroxyde de sodium est ajouté, suivi de carbonate de soude pour maintenir le pH de la solution entre 6 et 6,5 et un précipité se forme. Le précipité est pompé vers un filtre à bougie où le gâteau de filtration est jeté tandis que la solution claire passe à l'étape suivante.

7.4.12 Évaporation en solution concentrée de sulfate de lithium

La solution claire est concentrée par l'évaporation de l'excès d'eau à l'aide d'évaporateurs, de chaudières à vapeur et d'échangeurs de chaleur. La solution concentrée est pompée vers l'unité de cristallisation.

7.4.13 Cristallisation par évaporation

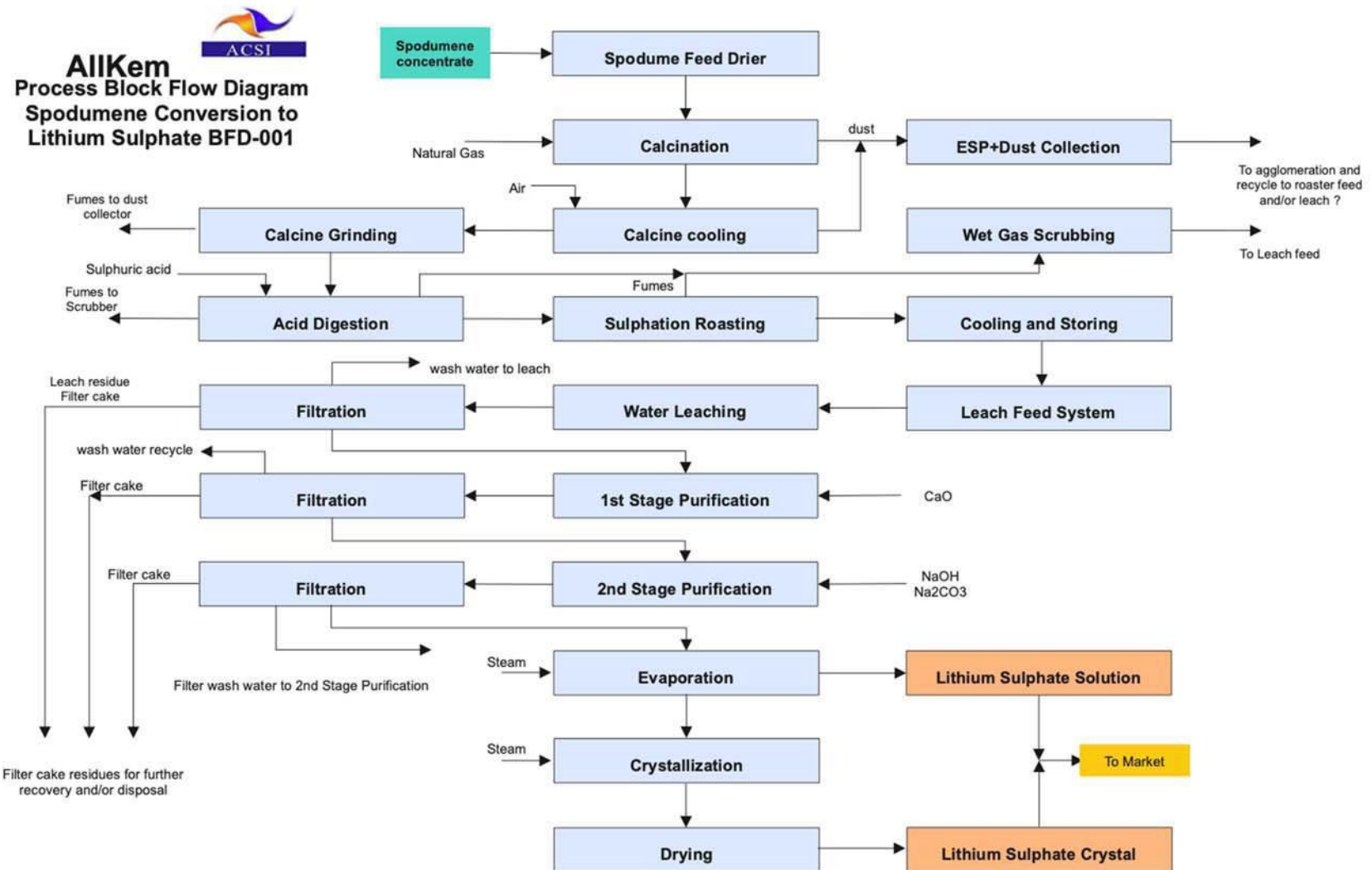
La solution concentrée est pompée vers un préchauffeur à échangeur de chaleur, suivi d'un réchauffeur de solution à vapeur. La solution chauffée est acheminée vers l'unité de cristallisation où le produit final est généré. La suspension contenant les cristaux et le mélange de solutions est traitée par des séparateurs centrifuges, la solution claire est recyclée, et les cristaux sont séchés, emballés et stockés. Le produit emballé est ensuite expédié sur le marché.

7.4.14 Réactifs

Il y a des zones de livraison, de stockage et de préparation de la chaux, de l'hydroxyde de sodium, du carbonate de soude, de la tuyauterie de distribution et des dispositifs de dosage. L'acide sulfurique est reçu sur le site par des wagons-citernes qui transvalent l'acide dans des réservoirs de stockage.

Le diagramme bloc du procédé est présenté à la figure 7.1.

Figure 7.1 DIAGRAMME BLOC DU PROCÉDÉ



8.0 MÉTHODES DE RÉCUPÉRATION

8.1 DESCRIPTION DU PROCÉDÉ

Le traitement par calcination, sulfatation à l'acide sulfurique et lixiviation à l'eau du concentré de spodumène est un procédé bien établi et documenté, largement appliqué à des minerais similaires. Un facteur important dans le choix du procédé est la distribution de la taille des particules (PSD) du concentré de la séparation en milieu dense (DMS) qui est plus grossier que les concentrés produits par flottation.

Le concentré moyen alimentant l'usine de conversion contient les espèces minéralogiques énumérées dans le tableau 8.1. Le dosage moyen du concentré (SGS) et le modèle de bilan massique sont présentés dans le tableau 8.2. Le résumé du bilan massique de la production de cristaux est présenté dans le tableau 8.3.

Tableau 8.1 COMPOSITION MINÉRALOGIQUE MOYENNE DU SPODUMÈNE		
Minéral	Composition	Pourcentage (%)
Spodumène	$\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$	74,731
Pétalite	$\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$	0,000
Quartz	SiO_2	7,603
Plagioclase	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	6,769
	$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	1,340
Feldspath-K	KAlSi_3O_8	1,631
Muscovite	$\text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	5,784
	$\text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}\text{F}_2$	0,000
Silicate de Mg	MgSiO_3	0,448
Apatite	CaHPO_4	0,000
Arsenopyrite	FeAsS	0,000
Phosphate de Mn-Fe	$\text{Mn}_3(\text{PO}_4)_2$	0,110
	$\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,110
Oxyde de chrome	Cr_2O_3	0,040
Masse totale		100,000
Perte à l'allumage		0,262

Source : Bilan massique d'Aspen (AMB) 04/04/2022

Tableau 8.2 COMPOSITION MOYENNE DU SPODUMÈNE			
Élément	Échantillon 1	Échantillon 2	Modèle
Li	25800	28000	27874
Si	303365	301028	303527
Al	131254	131783	131254
Fe	8323	9442	4723
Mg	1085	663	1085
Ca	1930	2144	1930
Na	5935	4229	5935
K	7969	7305	7969
Ti			
P	1135	1222	1376
Mn	697	697	680
Cr	274	411	277
Somme du carré des différences			2.4E-01
LOI	8100	8900	2616
Li ₂ O calculé, masse			6,0%
Li ₂ O requis, masse			6,0%
SiO ₂ supplémentaire, masse			0,0%

Tableau 8.3 RESUME DU BILAN MASSIQUE DE LA PRODUCTION DE CRISTAUX	
Item	Montant/Unité
Production annuelle de LCE (8000 heures/an)	35,0 kt
Production annuelle de HLM (8 000 heures/an)	38,8 kt
Production de LCE, base sèche, (84,4% Li ₂ SO ₄ , 91% de récupération)	4,4 t/h
Concentré de spodumène en (4,1% d'humidité, 6,1% de Li ₂ O)	33 t/h
Apport total d'acide sulfurique (93% H ₂ SO ₄)	9 t/h
Apport total d'hydroxyde de sodium (100% NaOH)	0,02 t/h
Apport total de carbonate de sodium (100% Na ₂ CO ₃)	0,03 t/h
Apport total de chaux (100% CaO)	1,2 t/h
Vapeur totale à l'évaporation (160°C, 6 bar)	14,9 t/h
Vapeur de la chaudière à chaleur perdue (160°C, 6 bar)	11,5 t/h

Prise d'eau de process totale moins le condensat de process total	12 t/h
Eau douce pour l'appoint de réactif	0,2 t/h
Appoint d'eau de refroidissement	9 t/h
Gaz naturel alimentant le four (en tant que 100% CH ₄ , 49853 kJ/kg NHV)	1,2 t/h

Tableau 8.4 RESUME DU BILAN MASSIQUE DE LA PRODUCTION DE CRISTAUX	
Item	Montant/Unité
Gaz naturel pour chaudière à vapeur (en tant que 100% CH ₄ , 49853 kJ/kg NHV)	0,2 t/h
Total gaz naturel	1,4 t/h
Total du gaz naturel en tant qu'énergie	18,5 MW
Électricité	3,4 MW

8.2 ALIMENTATION DE L'USINE

Un concentré de spodumène d'une teneur moyenne de 6,1 % de Li₂O et de 4,1 % d'humidité est récupéré dans une zone de stockage fermée et transféré par un système de convoyeur vers une trémie d'une capacité de 3 heures alimentant un séchoir à concentré. Le concentré passe ensuite sur un crible à déchets et est alimenté à un taux de 33,2 tonnes/heure pour le processus de calcination qui a lieu dans un four rotatif à chauffage direct.

8.3 CONVERSION PAR CALCINATION - PYRO-MÉTALLURGIQUE DU A-SPODUMÈNE EN B-SPODUMÈNE (DÉCRÉPITATION)

La calcination (décrépitation) dans un four rotatif à cuisson directe est la principale exigence pour le traitement pyrométallurgique du concentré de spodumène. Dans cette étape, le traitement thermique du concentré entraîne un changement de phase cristalline de l' α -Spodumène au β - Spodumène avec une structure cristalline susceptible d'être dissoute par l'acide sulfurique concentré au cours de l'étape suivante du processus de digestion acide.

La décrépitation du spodumène a lieu entre 1 050 et 1 060°C avec un temps de séjour nominal de 90 minutes (dont 30 minutes à la température de décrépitation), pendant lequel l' α -Spodumène est converti en β -Spodumène. Le produit du four consiste en un mélange granulaire de β - Spodumène et de minéraux de gangue n'ayant pas réagi, qui quitte le four à ~400°C et est ensuite refroidi à <100°C dans un refroidisseur rotatif. Le maintien d'un profil de température correct sur toute la longueur du four est essentiel pour une calcination correcte du spodumène. Le changement de phase cristalline est représenté par :



Les effluents gazeux du four sont nettoyés dans un précipitateur électrostatique et un épurateur humide avant d'être rejetés dans l'atmosphère par une cheminée. Le contenu thermique du flux gazeux est récupéré dans un échangeur de chaleur en ligne. Les solides récupérés des effluents gazeux sont acheminés vers le refroidisseur de calcine.

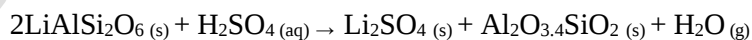
Le produit refroidi du four est ensuite broyé dans un broyeur à sec en circuit fermé pour réduire le matériau à <400 μm et transporté pneumatiquement vers un silo de stockage. Cette gamme de tailles fines est nécessaire pour garantir une récupération élevée du lithium dans les étapes ultérieures du procédé. Un résumé des paramètres du procédé est présenté dans le tableau 8.5.

Tableau 8.5 RESUME DU PROCESSUS : CONVERSION DU SPODUMENE	
Article	Montant/Unité
Concentré de spodumène, matières sèches (10°C)	16 t/h
Spodumène de ESP (370°C)	1 t/h
Poussière de spodumène ex-four à ESP (370°C)	1 t/h
Spodumène ex-four vers grille de refroidissement (90°C)	16 t/h
Gaz combustible au four (10°C)	853 m³/h
Air vers le four (213°C)	16131 m³/h
Gaz de fumée à la sortie du four (492°C)	35195 m³/h
Air vers le refroidisseur de calcination (21°C)	45419 m³/h
Air sortant du refroidisseur de calcination jusqu'à ESP (331°C)	102806 m³/h
Air ex WHB vers le ventilateur (180°C)	97916 m³/h
Air sortant du ventilateur vers le refoulement (197°C)	75281 m³/h
Air vers le ventilateur 1 (197°C)	17025 m³/h
$\alpha \rightarrow \beta$ conversion du spodumène ex-fourneau	95%
Air sortant du ventilateur vers le refoulement (197°C)	75281 m³/h

8.4 SULFATATION - DIGESTION ACIDE DU CONCENTRÉ DE SPODUMÈNE CALCINÉ

Après le broyage, le β -spodumène est mélangé à de l'acide sulfurique concentré (excès de 20- 30%) dans un malaxeur à piston à un débit de 33 mt/h avec 8,5 mt (93%) de H_2SO_4 .

Le mélange provenant du malaxeur est directement introduit dans le four rotatif de sulfatation à chauffage indirect. Le four de sulfatation a un temps de séjour de 90 minutes à 230- 250°C, y compris le temps de chauffage jusqu'à la température de sulfatation. Le procédé de sulfatation échange le lithium du concentré de spodumène avec de l'acide sulfurique concentré H^+ , produisant un sel de sulfate de lithium soluble dans l'eau selon la réaction suivante :



40 mtp/h de Li_2SO_4 digéré sont produits par sulfatation. Les paramètres clés de cette étape du processus sont l'excès d'acide sulfurique stœchiométrique, le temps de rétention, la température et l'agitation mécanique.

Le matériau chaud sortant du four de sulfatation est refroidi à 90°C par un refroidisseur rotatif refroidi par air qui déverse ensuite le matériau refroidi directement dans la trémie d'une batterie de réservoirs de lixiviation à l'eau.

Les gaz d'échappement du four sont épurés pour récupérer les particules fines et le brouillard acide en utilisant l'eau d'appoint du procédé ou la liqueur usée de retour. La boue de l'épurateur est transférée vers le réservoir de lixiviation du sulfate de lithium. Les paramètres du procédé de sulfatation par digestion acide

sont résumés dans le tableau 8.6.

Tableau 8.6 RESUME DU PROCEDE : SULFATATION	
Item	Montant/Unité
Spodumène ex concassage	32 t/h
Acide à sulfatation (93% H ₂ SO ₄)	8 t/h
Vapeur ex-sulfatée à l'épurateur (7% H ₂ SO ₄)	0,2 t/h
β conversion du spodumène dans la sulfatation	96%

8.5 LIXIVIATION À L'EAU DE LA CALCINE ET ÉLIMINATION DES RÉSIDUS

Pendant la sulfatation à l'acide et la lixiviation du concentré calciné, la dissolution des impuretés a également lieu. La liqueur de lixiviation résultante contient de l'aluminium, du calcium, du magnésium, du fer et d'autres impuretés qui seront éliminées en ajustant le pH.

La lixiviation a lieu dans une série de réservoirs de lixiviation agités qui reçoivent les solides du four de sulfatation, la boue du laveur du four de sulfatation, la liqueur usée du réservoir de liqueur usée et l'eau d'appoint des pompes à eau du procédé. Un pourcentage élevé de solides est utilisé dans le processus de lixiviation pour maximiser la concentration de lithium. La liqueur usée est recirculée à partir de l'étape de cristallisation pour récupérer le carbonate de lithium soluble et éviter la perte de carbonate de sodium n'ayant pas réagi.

Les cuves de lixiviation fonctionneront à la pression ambiante et à une température d'environ 60- 90°C avec un temps de séjour total nominal de 60 minutes. Les principaux facteurs de cette étape du processus sont : la densité de la pâte, la température, le temps de séjour et l'agitation.

La boue de sulfate de lithium et de résidu sortant de la cuve de lixiviation est pompée vers le filtre à bande de résidu. Le filtre à bande de résidus sépare les solides de la gangue de la liqueur de traitement. Le gâteau de filtration est ensuite lavé. Le filtrat des filtres de résidus rejoint la liqueur de traitement débordante du filtre à bande dans le réservoir de liqueur de lixiviation, puis dans une étape de purification de la solution en deux étapes, tandis que le gâteau de filtration est acheminé vers la zone d'élimination. Un résumé des paramètres de la lixiviation à l'eau de la calcine est présenté dans le tableau 8.7.

Tableau 8.7 RESUME : LIXIVIATION A L'EAU	
Item	Montant/Unité
Pâte ex sulfatée à la lixiviation à l'eau (90°C)	40 t/h
Boue ex lixiviation à filtration (55°C)	71 t/h
Eau de traitement pour le lavage du filtre (10°C)	31 t/h

Vapeur ex récepteur de filtrat (20°C)	0 t/h
Gâteau de filtration lavé à l'élimination (80% de solides)	39 t/h
Dissolution du lithium dans l'eau de lixiviation	96%

8.6 PURIFICATION DE LA SOLUTION ET ÉLIMINATION DES IMPURETÉS

8.6.1 Première étape de la purification de la solution

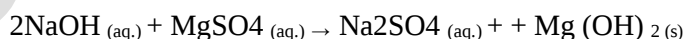
De la chaux (CaO) est ajoutée à la solution de lixiviation pour maintenir le pH à 6,0 et 7 % de solides. Dans cette gamme de pH, les solubilités du fer et de l'aluminium sont minimisées. Environ 0,17 % du lithium contenu dans le minerai calciné se retrouve dans les résidus de filtration. Un résumé des paramètres de la première étape du procédé de purification est présenté dans le tableau 8.8.

Tableau 8.8 RESUME : PREMIERE ETAPE DE LA PURIFICATION	
Item	Montant/Unité
Solution ex lixiviation à l'eau (55°C)	32 t/h
Bouillie de chaux éteinte à la purification 1, (90°C, 18,6 % CaO)	6 t/h
Boue ex purification 1, (75°C, pH 6, 7 % de solides)	19 t/h
Eau de traitement pour le lavage du filtre (10°C)	3,8 t/h
Gâteau de filtration lavé à l'élimination (60% de solides)	4,7 t/h
Lavage du filtrat à la chaux (43°C)	3,8 t/h

8.6.2 Deuxième étape de purification de la solution

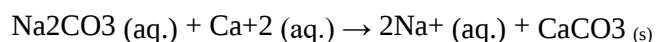
Dans la deuxième étape de purification, les impuretés de magnésium et de calcium sont éliminées de la solution de sulfate de lithium, produisant un filtrat clair pour les étapes d'évaporation-cristallisation.

Dans ce circuit de traitement, le magnésium est éliminé par l'ajout de soude caustique à la solution de sulfate de lithium ; l'hydroxyde de magnésium précipite par la réaction suivante ;



La soude caustique est utilisée pour neutraliser l'excès d'acide sulfurique qui a été utilisé pour la sulfatation. Elle est ajoutée au réservoir de précipitation du magnésium.

Le calcium est éliminé en ajoutant du carbonate de soude à la liqueur de traitement, ce qui précipite le carbonate de calcium :



Du carbonate de soude est ajouté au réservoir de précipitation du calcium pour ajuster l'acidité et précipiter les impuretés. Un filtre à bougie sépare les précipités humides de la liqueur de traitement. Le filtrat provenant des filtres à résidus est stocké dans le réservoir de solution

purifiée. Un résumé des paramètres du procédé de purification de deuxième étape est présenté dans le tableau 8.9.

Tableau 8.9 RESUME : DEUXIEME ETAPE DE PURIFICATION	
Item	Montant/Unité
Filtrat primaire ex purification 1 (75°C)	34 t/h
Hydroxyde de sodium pour la purification 1, (10°C, 50 % NaOH)	0,1 t/h
Carbonate de sodium pour la purification 1, (95°C, 30 % Na ₂ CO ₃)	0,1 t/h
Boue ex purification 2, (75°C, pH 10.7, 0.06 % de solides)	34 t/h
Gâteau de filtration lavé à éliminer (60% de solides)	0,04 t/h

8.7 ÉVAPORATION DE LA SOLUTION CONCENTRÉE DE SULFATE DE LITHIUM

Le résumé de la solution produite, sur une base massique, est présenté dans le tableau 8.10.

Tableau 8.10 RESUME DE LA SOLUTION	
Composition	Montant/Unité
Débit volumique	24 m ³ /h
Teneur en Li ₂ SO ₄ , base massique	22.8%
Calcium, base massique	79 ppm
Magnésium, base massique	0 ppm
Sodium, base massique	2810 ppm
Potassium, base massique	55 ppm
Carbonate, base massique	144 ppm
Phosphate, base massique	0 ppm

8.8 CRISTALLISATION DU Li_2SO_4

Un résumé de la composition de la poudre de sulfate de lithium, sur une base massique, est présenté dans le tableau 8.11.

Tableau 8.11 RESUME DE LA COMPOSITION DE LA POUDRE DE SULFATE DE LITHIUM	
Composition	Montant/Unité
Débit massique	7,7 t/h
Li_2SO_4 Contenu, base massique	84.4%
Calcium, base massique	237 ppm
Magnésium, base massique	0 ppm
Sodium, base massique	5533 ppm
Potassium, base massique	428 ppm
Carbonate, base massique	863 ppm
Phosphate, base massique	0 ppm

9.0 INFRASTRUCTURE DE PROJET

9.1 SÉLECTION DU SITE

Les infrastructures de l'usine de transformation doivent être situées dans la région générale de Matagami, au Québec. Un terrain industriel situé à proximité de la gare du CN à Matagami et de la route 109 du Québec a été choisi comme proposition d'emplacement pour l'usine de transformation.

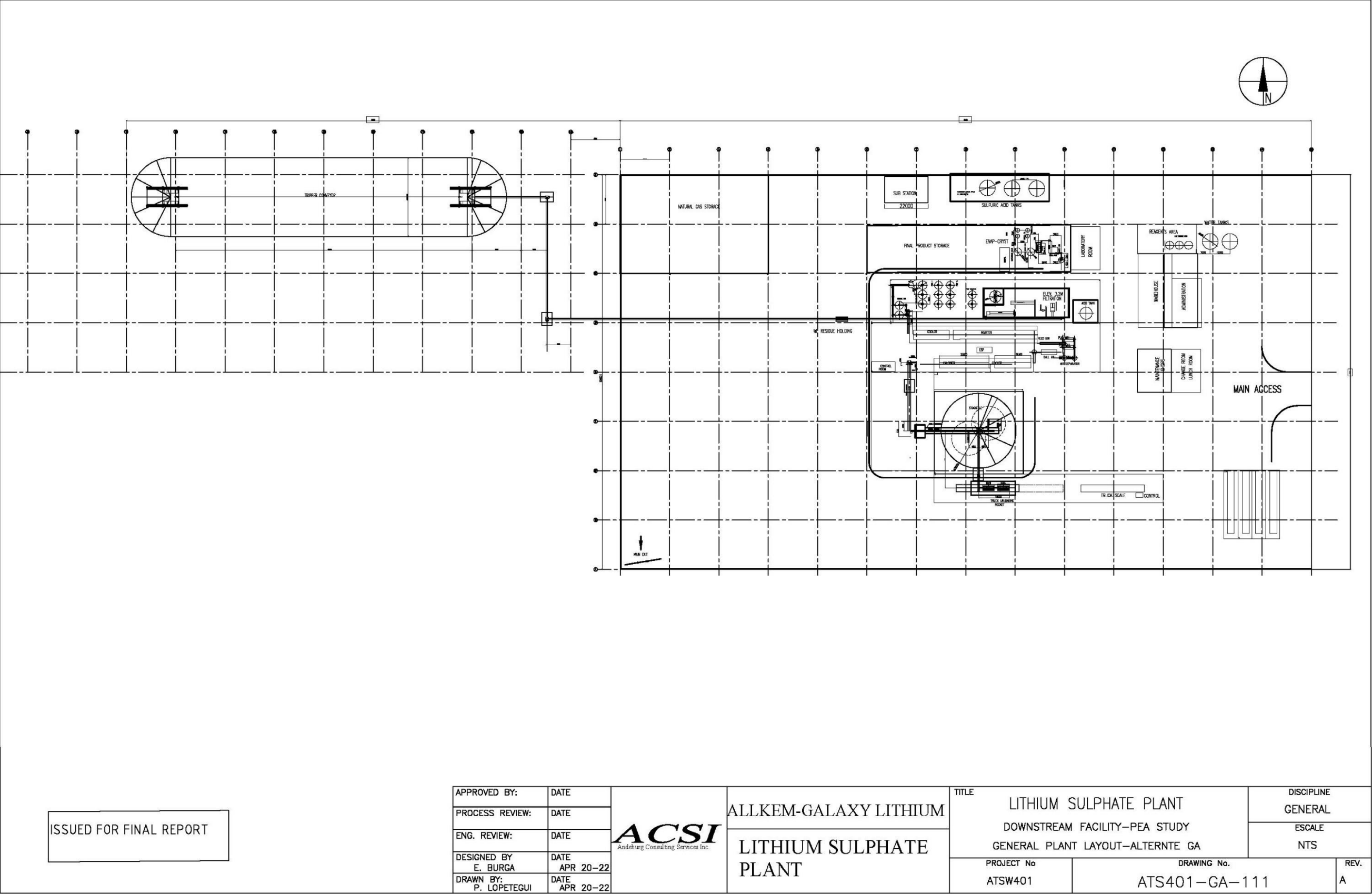
- Gare ferroviaire du CN à proximité.
- L'autoroute Billy-Diamond et l'autoroute du Québec 109 conviennent aux poids lourds.
- Disponibilité de l'approvisionnement en énergie hydroélectrique et de sa distribution.
- Ville de Matagami et disponibilité de la main-d'œuvre.
- Disponibilité de l'approvisionnement en eau.
- Zone industrielle dans les environs.
- Accès au réseau de communication local.
- GNL acheminé par train à une unité de conversion au gaz naturel sur le site.
- H_2SO_4 fourni par voie ferroviaire.
- Sources de gaz et de diesel disponibles.

9.2 PLAN GÉNÉRAL SITE DE L'USINE DE TRANSFORMATION

Le dessin ATS401-GA-102 montre l'ensemble de la zone tandis que le dessin ATS401-GA-101, figure 9.1, montre plus en détail l'installation de transformation et les infrastructures connexes. D'autres croquis à l'annexe C décrivent en détail l'arrangement général du site de transformation.

Le concentré de spodumène est transporté par camion depuis le concentrateur du DMS par la Route de la Baie-James (Billy Diamond Hwy), administrée par la Société de développement Baie-James (SDBJ), qui atteint un point de jonction avec la route QC-109S, à l'ouest de la ville de Matagami. De ce point de jonction, le site est situé à 6 km (7,1 km de la ville) sur l'autoroute QC-109S, à côté de la gare du CN à Matagami. Toutes les infrastructures sont situées sur le côté sud de l'autoroute QC-109S.

Figure 9.1 PLAN D'AMÉNAGEMENT GÉNÉRAL DE L'USINE DE SULFATE DE LITHIUM



9.3 POSTE DE SÉCURITÉ

Le poste de sécurité est situé près de l'autoroute QC-109S et sera utilisé pour contrôler tous les accès au site ; la barrière sera opérée par un gardien de sécurité.

9.4 ROUTE D'ACCÈS

L'entrée par le poste de sécurité sera la principale voie d'accès au site. La route est accessible toute l'année. La conception de la route tient compte des pentes de la topographie et des longs rayons de braquage nécessaires pour les camions de transport du concentré.

9.5 BÂTIMENTS

Le plan d'aménagement général de l'usine montre que tous les équipements seront localisés dans un bâtiment dédié. Les bâtiments du projet sont présentés dans le tableau 9.1.

Tableau 9.1 Usine de transformation GLCI-Matagami - Bâtiments de l'usine de sulfate de lithium

NUMERO DU BÂTIMENT	NOM DU BATIMENT	Caractéristiques	Superficie
			m2
1100-BLDG-1101	BÂTIMENT DE L'AIRE DE DÉCHARGEMENT DES CAMIONS	116m Lx14.8 m W Bâtiment léger hivernisé.	1716
1100-BLDG-1102	PROTECTION DE LA PILE	45m Lx43 m W Bâtiment léger hivernisé.	1935
1100-BLDG-1103	BÂTIMENT DE LA ZONE DE TRANSFERT DES MATÉRIAUX	50m Lx31 m W Lumière Bâtiment hivernisé.	1550
1100-BLDG-1104	BÂTIMENT DE LA ZONE DU CALCINATEUR ET DE LA SULFURATION	91m L x25 mW Bâtiment léger hivernisé.	2275
1100-BLDG-1105	CORRIDOR-BÂTIMENT DE TRANSFERT DE CALCINE	22m Lx2.7 m W Bâtiment léger hivernisé.	60
1100-BLDG-1106	BÂTIMENT DE LIXIVIATION, DE PURIFICATION ET DE FILTRATION	50m Lx36.2 m W M Bâtiment hivernisé à usage intensif.	1810
1100-BLDG-1107	BÂTIMENT DE SECHAGE ET DE CHARGEMENT	50m Lx50m W Bâtiment léger hivernisé.	2500
1100-BLDG-1110	BÂTIMENT DE LA CANTINE	22m Lx15 m W Bâtiment hivernal à usage intensif.	330
1100-BLDG-1111	BÂTIMENT ADMINISTRATIF	25m Lx15m W Bâtiment léger hivernisé.	375
1100-BLDG-1112	BÂTIMENT DES REACTIFS	30m Lx 15m W Bâtiment léger hivernisé.	450
1100-BLDG-1113	BÂTIMENT DU LABORATOIRE	30m Lx 15m W Bâtiment léger hivernisé.	450
1100-BLDG-1114	BÂTIMENT DE LA CENTRALE ÉNERGÉTIQUE	25m Lx 15m W Bâtiment léger hivernisé.	375
1100-BLDG-1115	BÂTIMENT D'ENTRETIEN	22m Lx 17m W Bâtiment léger hivernisé.	394
1100-BLDG-1116	ENTREPOT	37,5m Lx 17m W Bâtiment léger hivernisé.	640

9.6 DÉCHARGEMENT DES CAMIONS ET BÂTIMENT DE LA STATION DE DÉGIVRAGE

Une route d'accès mène au système de déchargement du concentré, la station de pesée, dégivrage, stationnement des camions et à l'aire de lavage. Une balance pour camions permettra de surveiller les mouvements de concentré, de carburant et de réactifs.

La manutention du concentré de spodumène livré à l'usine nécessite de prendre en compte les conditions

hivernales lorsque le matériel livré se trouve à des températures inférieures au point de congélation et dans des conditions où la température ambiante est inférieure à -35°C. Pour atténuer le problème, une batterie de stations de décongélation/dégivrage chauffées au gaz a été envisagée pour contrôler les conditions de gel qui pourraient se produire dans les camions de transport.

9.6.1 Entreposage en pile

Les matériaux seront livrés dans des camions à double remorque et seront déchargés sur des poches spéciales avec des convoyeurs à bande adaptés de type Flexwall qui présentent des caractéristiques particulières pour la montée des matériaux à des angles d'inclinaison élevés. La pile d'entreposage a été dimensionnée pour une capacité de stockage de sept jours. La capacité nominale réelle de 6 000 tonnes nécessitera des dimensions globales de 37,5 m de diamètre et de 13,1 m de hauteur. Le matériel stocké sera entreposé dans un dôme de forme semi-sphérique comme concept initial. Une étude plus approfondie pourrait envisager un bâtiment léger pour couvrir le matériel s'il y a des avantages économiques.

9.6.2 Système de transport de concentré

Les matériaux seront transportés à des vitesses différentes en fonction de l'opération de livraison. Une équipe de jour sera utilisée pour la réception et le déchargement des camions. Cela nécessitera que les systèmes de convoyage soient dimensionnés pour traiter la charge d'une journée complète en 8 heures. Le système de convoyage de cette section de l'usine sera adapté pour traiter jusqu'à 110 t/h. Il a été convenu que le type de convoyeur préféré serait le type Flexwall pour améliorer les caractéristiques de l'aménagement qui permet des angles de montée élevés.

Le système de manutention sera équipé d'un système de dépoussiérage centralisé en fonction de l'emplacement physique et des distances pour les conduits pratiques. Les points de déversement seront identifiés afin de créer un environnement propre autour des zones de travail.

Le système comprendra les équipements de sécurité pour l'arrêt et le fonctionnement local ainsi que la commande à distance depuis la salle de contrôle des zones sèches.

9.6.3 Bâtiment de la zone de sulfuration

Ce bâtiment abrite les équipements thermiques, pour la calcination et la sulfuration, les séchoirs rotatifs, les mélangeurs et les épurateurs.

9.6.4 Bâtiment de transfert de calcine

La calcine est transférée par un système de convoyeur vers le bac journalier de lixiviation à l'eau.

9.6.5 Bâtiment de lixiviation, purification et filtration

Tous les équipements hydrométallurgiques seront installés dans cette zone, la lixiviation et la purification.

9.6.6 Bâtiment de séchage et de chargement

C'est dans ce bâtiment que se trouvent les centrifugeuses, le séchoir à cristaux et la zone d'emballage.

9.6.7 Bâtiment de la cantine

C'est dans ce bâtiment que se trouveront les équipements de préparation des aliments et les équipements connexes. En outre, toutes les tables et tous les meubles nécessaires au service des aliments seront situés dans ce bâtiment. Des installations sanitaires seront incluses.

9.6.8 Bâtiment administratif

Le complexe des bureaux administratifs abrite l'équipe de direction, l'ingénierie, les employés de l'administration, les salles de conférence et les salles de formation. Une zone pour les premiers secours est située ici.

9.6.9 Bâtiment des réactifs

Mélange et distribution des réactifs. La chaux, le carbonate de soude et la soude caustique seront reçus et préparés dans cette zone. Les réservoirs de stockage de l'acide sulfurique sont situés à l'extérieur du bâtiment.

9.6.10 Bâtiment du laboratoire

Ce bâtiment abrite une salle de préparation des échantillons, un laboratoire d'analyse par voie humide, des hottes, un laboratoire d'analyse par instrumentation, une salle de balances analytiques, une buanderie, une salle d'électricité et des installations auxiliaires.

9.6.11 Bâtiment de la centrale électrique

L'alimentation haute tension de l'usine sera reçue dans une sous-station centrale avec des transformateurs et des appareillages de commutation appropriés pour conditionner l'alimentation aux sous-stations de basse tension internes.

9.6.12 Bâtiment de maintenance

Le bâtiment d'entretien (garage) sera situé sur le côté nord de l'usine de transformation. Le garage sera utilisé pour l'entretien des équipements de traitement en plus d'autres équipements de service. L'atelier sera équipé d'un pont roulant, d'outils, de compresseurs d'air, d'un équipement de soudage, etc.

9.6.13 Entrepôt

L'entreposage des équipements de traitement et des pièces de rechange, des réactifs et des consommables sera situé sur la route d'accès principale du site et entre le complexe de bureaux administratifs et l'usine.

9.7 PROTECTION INCENDIE

Les équipements de protection contre les incendies et les pompes de secours sont situés à côté du réservoir d'eau dans un bâtiment fermé.

9.8 SYSTÈME DE POMPAGE DE L'EAU

Une station de pompage d'eau est située dans ce bâtiment. L'usine sera reliée aux réseaux de distribution d'eau potable et d'eaux usées de la ville de Matagami.

9.9 ENTREPOSAGE ET DISTRIBUTION D'ACIDE SULFURIQUE ET DE GNL

Les conteneurs ISO et les wagons-citernes arrivant par train à proximité de l'usine, des zones de stockage et de sécurité sont prévues dans l'aménagement général. L'installation de transformation du GNL en gaz et le stockage et la distribution d'acide se trouvent dans la partie nord du site.

9.10 COMMUNICATIONS

Les systèmes de télécommunications seront basés sur Ethernet et distribués dans les zones de traitement du site, les zones administratives et le laboratoire central. Des caméras de procédé et de sécurité seront installées sur tout le site. Un fournisseur d'accès Internet local de Matagami sera retenu pour les communications Internet, sans fil, cellulaires et par satellite ; un système de téléphonie IP sera utilisé. Un service mobile pour le transport par camion sera mis en place.

9.11 ALIMENTATION ÉLECTRIQUE ET DISTRIBUTION

Pour définir la consommation électrique globale, les charges électriques ont été identifiées pour toutes les zones incluses dans le modèle principal CAPEX et le Tableau 9.2 présente la consommation électrique totale.

L'alimentation de secours sera assurée par un générateur à moteur diesel. Les équipements de traitement critiques suivant fonctionneront sur l'alimentation de secours :

- Équipements de communication.
- Moteurs des fours et des refroidisseurs.
- Mélangeur de carlins.
- Mélangeurs de réservoir.
- Pompes d'assèchement.
- L'éclairage.
- Équipement de contrôle.
- Pompes de lutte contre l'incendie.
- Pompes d'alimentation en eau.
- Pompes pour processus critiques.

**Tableau 9.2 1.0USINE DE SULFATE DE LITHIUM À BASE DE CONCENTRÉ DE SPODUMÈNE - 34
TPD : CAS 1 CONSOMMATION ÉLECTRIQUE DU LI2SO4 CRISTALLIN**

34 TPH DE CONC. DE SPODUMÈNE USINE DE SULFATE DE LITHIUM CAS 1 : CONSOMMATION ÉLECTRIQUE DE Li2SO4 CRISTALLIN				
Zone	Nom		Puissance installée (HP)	
7005	RECEPTION DES CAMIONS		70	
7010	STOCKER ET RECUPERER		200.5	
7100	SYSTEME D'ALIMENTATION EN CONCENTRÉ DE SPODUMÈNE		35.25	
7200	CALCINATION ET REFROIDISSEMENT		313	
7250	BROYAGE		688	
7255	ACIDIFICATION		337	
7280	SULFURATION- REFROIDISSEMENT		1461	
7280A	STOCKAGE TORREFIE		42	
7285	TRAITEMENT DES GAZ CHAUDS		541	
7310	LIXIVIATION A L'EAU		149.75	
7320	PURIFICATION # 1		151	
7350	PURIFICATION # 2		85.5	
7370	CRISTALLISATION		50	
7380	CRISTAUX_SEP ET SECHAGE		443.5	
7390	CONDITIONNEMENT DU PRODUIT FINAL		2	
7410	REACTIFS - CHAUX - SOUDE		54	
7500	REACTIFS - ACIDE SULFURIQUE		68	
7800	EAU POUR SERVICES		443.5	
7850	UTILITAIRES : GENERATEUR DE VAPEUR ET DISTRIBUTION D'ELECTRICITE		575	
7860	UTILITAIRES : UTILISATION DE L'USINE DE GAZ NATUREL		68	
7900	LABORATOIRE ET USINE PILOTE		118	
8100	INSTALLATION DE STOCKAGE RESIDUEL		275	
1100	BATIMENTS ET INSTALLATIONS DE SOUTIEN		275	
1200	TRAVAUX D'INFRASTRUCTURE ET DE CHANTIER		55	
Puissance installée			6 501,0 HP	
Facteur d'utilisation			85%	
Facteur simultané			80%	
			4420.68 Hp	
Contingence		15%	663.102 Hp	
Facteur de correction de l'altitude				
Charge			5 083,78 Hp	
Utilisation			3 762,00 KW/h	
BESOINS EN ÉNERGIE			3,762 MW	

9.12 CONTRÔLES OPÉRATIONNELS ET INSTRUMENTATION

L'usine sera dotée d'un fonctionnement hautement automatisé grâce à un système de contrôle distribué. Deux centres de contrôle sont envisagés dans l'usine. Un centre de contrôle commande les opérations de préparation de l'alimentation, de calcination, de broyage et de sulfatation et l'autre commande les opérations du circuit hydrométallurgique.

Chaque centre de contrôle comprend des postes de travail offrant les fonctions normales d'interface de contrôle de procédé, telles que le contrôle du point de consigne, les affichages graphiques, les alarmes et les rapports, y compris l'indication et l'impression des tendances des données.

L'instrumentation de terrain utilisera des capteurs et des équipements de mesure sélectionnés de manière appropriée, notamment des ultrasons pour la détection du niveau des bacs, des cellules DP pour la densité, le niveau des réservoirs et la détection de la pression, ainsi que des RTD et des thermocouples pour la détection de la température. Les capteurs de débit sont choisis parmi la gamme d'équipements disponibles, notamment les débitmètres magnétiques, les débitmètres massiques, les débitmètres à ultrasons et les débitmètres à plaque à orifice.

Dans la zone sèche, l'addition d'acide sulfurique est contrôlée proportionnellement au taux d'alimentation en β -Spodumène.

Le contrôle du procédé du circuit humide est basé sur le maintien d'un débit régulier dans le système de lixiviation. Le débit de la liqueur usée retournant au réservoir de lixiviation est contrôlé pour maintenir une densité de pâte de 38 % pour le flux de décharge du réservoir de lixiviation. Le point de consigne de la densité du réservoir de lixiviation est modifié par les opérateurs de l'usine en fonction des niveaux de lithium soluble dans l'acide dans les solides sortant du réservoir de lixiviation.

Les solides en suspension du cristalliseur est contrôlé par le taux de purge vers le système de récupération du produit.

9.13 CONSIDÉRATIONS ENVIRONNEMENTALES

Les émissions de l'usine dans l'atmosphère seront minimales. Les émissions de particules et de produits de combustion des cheminées seront faibles et respecteront les directives environnementales en vigueur. Un séparateur de poussière électrostatique traitera les gaz chargés de solides provenant du four de calcination. De plus, un système d'épuration par voie humide traitera les gaz.

Les flux d'effluents solides comprendront des résidus de silicate d'aluminium et de gypse provenant de l'unité de lixiviation, qui seront transférés vers la pile de résidus proposé qui repose sur une membrane de plastique, qui sera situé dans le lot attribué à l'usine de traitement. Il s'agit essentiellement de solides. Les solides du gâteau de filtration des étapes de purification seront transférés avec les solides de la lixiviation à l'eau dans une pile de résidus reposant sur une membrane de plastique.

Les pratiques techniques standard seront suffisantes pour garantir que la poussière et le bruit générés par l'usine seront conformes aux exigences réglementaires.

10.0 MISE EN ŒUVRE DU PROJET

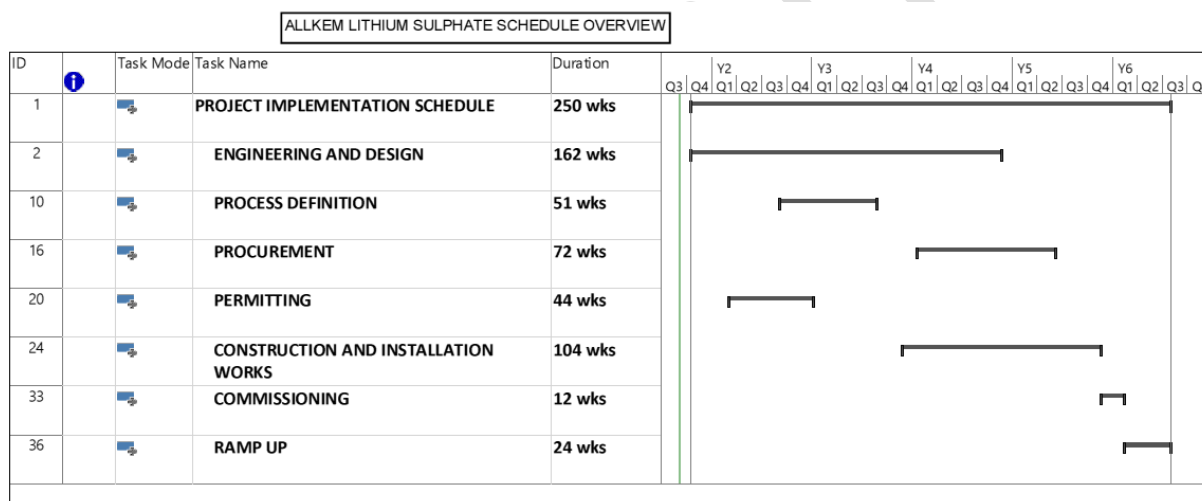
10.1 DÉFINITION DU PROJET

GLCI prévoit de mettre en place une nouvelle installation pour produire du sulfate de lithium cristallin, ce qui répond à une stratégie visant à participer directement au marché du lithium avec un produit qui offre la flexibilité de mettre en place des installations pour un produit de lithium final spécifique utilisé sur le marché des batteries au lithium.

Les travaux réalisés dans le cadre de cette étude ont permis d'identifier les étapes et les installations de traitement qui seront nécessaires pour produire des cristaux de sulfate de lithium dans la région de Matagami, dans le Nord du Québec, avec l'objectif de transférer le produit final dans la région de Montréal pour une transformation ultérieure ou pour l'exportation.

Dans cette étude, le travail d'ingénierie réalisé définit le champ d'application du procédé et des installations de soutien nécessaires à la fabrication du produit final, résumé dans la figure 10.1.

Figure 10.1 BASE DU PLAN DE MISE EN ŒUVRE



Le calendrier général du projet, figure 10.1, prend en compte les principales tâches du plan de mise en œuvre :

- PHASE 1.1 Ingénierie et conception
- PHASE 1.2 Définition du procédé
- PHASE 1.3 Approvisionnement
- PHASE 1.4 Permis
- PHASE 1.5 Construction et installation
- PHASE 1.6 Mise en service
- PHASE 1.7 Augmentation de la production

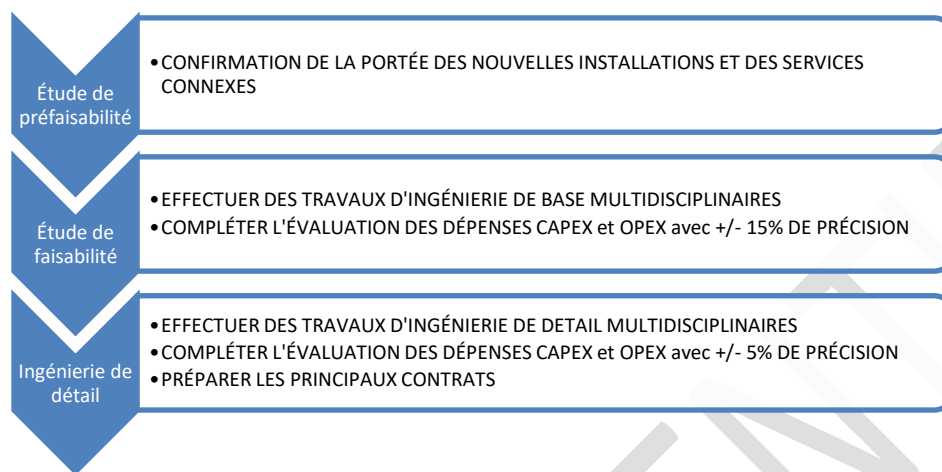
Le plan de mise en œuvre envisagera le développement de ces tâches comme étant la base des travaux futurs.

Comme indiqué dans le calendrier du projet, si les travaux commencent au quatrième trimestre de l'année 1, la phase d'augmentation de la production sera lancée au premier trimestre de l'année 6.

10.1.1 Phase 1.1 Définition du projet de mise en œuvre

À ce stade, trois niveaux de travaux d'ingénierie seront nécessaires pour compléter la définition complète de l'usine. Le degré d'effort d'ingénierie pour chaque étude doit suivre les pratiques de conseil standard nord-américaines.

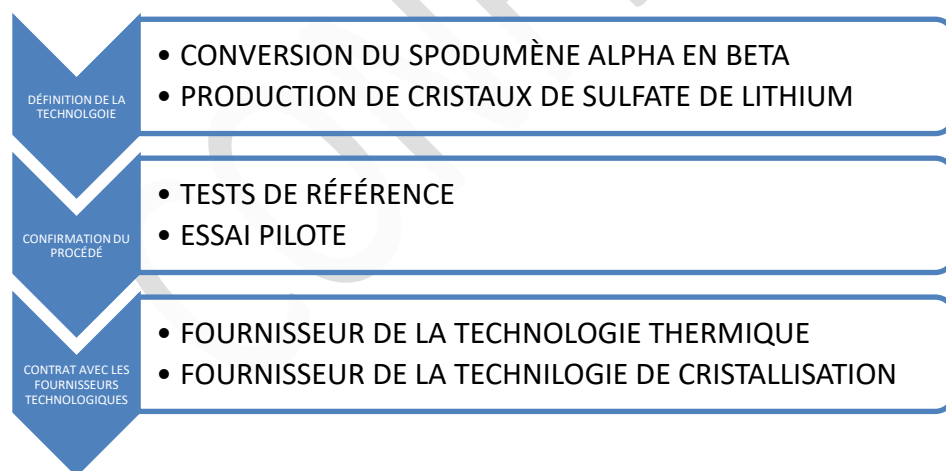
L'élément clé d'un travail d'ingénierie réussi est une bonne définition du processus. Les paragraphes suivants décrivent les étapes précédant la décision d'investissement financier ("FID").



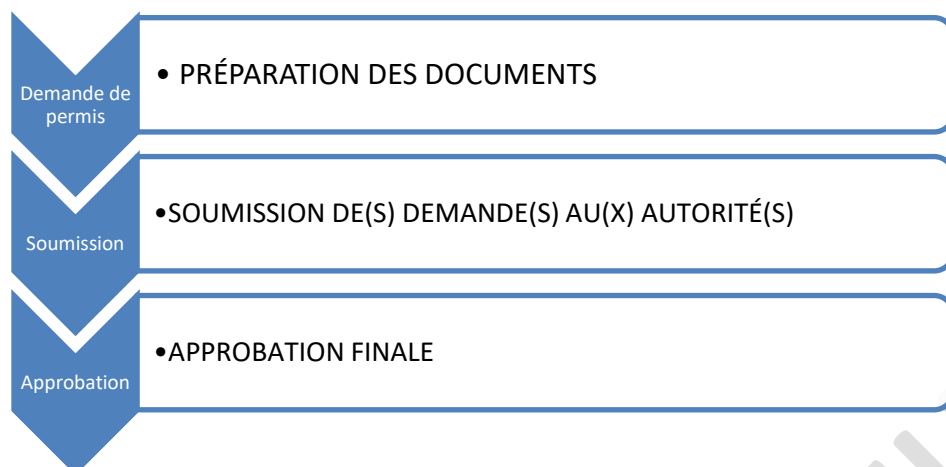
10.1.2 Phase 1.2 Mise en œuvre du plan de définition du procédé

Dans cette phase du travail, ACSI considère que l'engagement complet du spécialiste et du fournisseur de technologie sera bénéfique pour le résultat global du projet.

La mise en œuvre des travaux d'essai et de l'usine pilote fournira les données nécessaires à la réalisation des études d'ingénierie à différents niveaux.



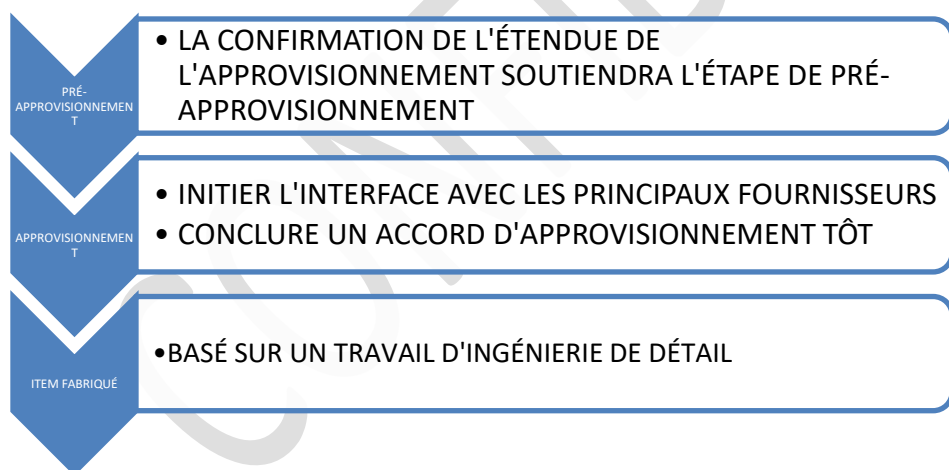
10.1.3 Phase 1.3 Permitting



10.1.4 Plan de mise en œuvre de l'approvisionnement et de la fabrication

Dans cette phase du travail, ACSI considère qu'il est nécessaire de compléter le travail d'ingénierie pour lancer les activités de pré-approvisionnement et d'approvisionnement afin de mettre en œuvre un programme d'approvisionnement bien organisé. Les articles à longue livraison, tels que l'ensemble thermique requis pour le traitement du spodumène, seront un ensemble critique nécessitant un soutien technique et administratif spécial.

Le programme d'approvisionnement des équipements standards répondra aux travaux d'ingénierie. De même, la mise en œuvre de l'approvisionnement complet en articles sur étagères et en articles fabriqués répondra à un programme de coordination visant à fournir un soutien pendant les travaux d'installation.



10.1.5 Phase 1.4 Plan de mise en œuvre de la construction et de l'installation

La stratégie d'exécution doit être développée dans la phase d'étude de pré faisabilité (étape suivante).

10.1.6 Phase 1.5 Plan de mise en œuvre du démarrage et de l'augmentation de la production

À la fin des travaux d'installation, un programme complet de démarrage à sec et en milieu humide sera mis en œuvre. L'intégration des représentants des principaux fournisseurs d'équipements sera nécessaire pour

un démarrage réussi.

Le programme d'augmentation de la production est estimé à 24 semaines, le point critique étant la mise en place et l'exploitation de l'équipement thermique.

11.0 GESTION DES RÉSIDUS ET DU CONCENTRÉ

11.1 RÉSIDU DE LA LIXIVIATION À L'EAU

La conversion du concentré de spodumène en un produit commercialisable, le Li_2CO_3 ou le LiOH , fait appel à plusieurs procédés, dont le nom correspond principalement au lixiviant sélectionné. Dans l'usine, le processus conventionnel de calcination, de digestion acide et de lixiviation du spodumène a été sélectionné pour l'étude ÉOÉ de GLCI. Le produit final de ce procédé, dans ce cas, sera le cristal de sulfate de lithium. Cependant, d'autres alternatives de traitement existent et donnent des résidus similaires ou équivalents.

Dans ce procédé, le concentré de spodumène est calciné pendant une heure à température élevée (jusqu'à 1050°C), puis il est soumis à une digestion à l'acide sulfurique en utilisant un excès d'acide de 20 à 30 % par rapport à l'équilibre stœchiométrique et à un grillage pendant 30 minutes à 250°C .

Le spodumène digéré est ensuite lessivé dans de l'eau chaude où le sel de lithium soluble passe en phase liquide, tandis que la gangue reste dans la masse solide. À ce stade, la boue de spodumène est filtrée et le "gâteau" de filtration résultant est lavé plusieurs fois pour éliminer le sel de lithium entraîné. À ce stade, le gâteau est légèrement acide.

La composition et le taux de production sont indiqués au tableau 11.1.

Tableau 11.1 COMPOSITION DU LIXIVIAT	
Espèces minérales	Gâteau (kg/hr)
H_2O	19358,7
Li^+	0,1
H_3O^+	0,3
$\alpha\text{-LiAl}_2\text{Si}_2\text{O}_6$	1210,5
$\beta\text{-LiAl}_2\text{Si}_2\text{O}_6$	919,5
$\text{HAl}_2\text{Si}_2\text{O}_6 *$	21364,3
Albita $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	1272,2
$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	243,8
$\text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	739,64
$\text{Mn}_3\text{P}_2\text{O}_8$	44,6
FeAsS	8,3
Ba_2SiO_4	0,2
Be_2SiO_4	4,6
SrAl_2O_4	1,5
Zn_2SiO_4	1,3
CaTiSiO_5	6,0
$\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	74,0
Fe_2O_3	258,3

CoO	7,9
MgSiO ₃	44,5
SnO ₂	2,2
SiO ₂	2836,4

Source : Aspen Mass balance 06 juin 2022

** $HA\ell_2Si_2O_6$, acide Sable siliceux*

Le gâteau formé est principalement un composé d'aluminosilicate. En examinant les espèces minérales présentes, nous avons principalement du spodumène alpha qui n'a pas été converti et du spodumène bêta qui n'a pas réagi. La majeure partie du gâteau est cependant constituée de sable siliceux ordinaire.

Au point de production, le gâteau est légèrement acide et d'une humidité de ~12-15%. Le gâteau de filtration s'écoule :

- Débit massique total (gâteau humide) : 32,48 mtpd.
- Débit massique des solides (base sèche) : 29 mtpd ~700 mtpd.
- Débit massique du liquide (H₂O) 3,48 mtpd.

Deux alternatives de traitement peuvent être viables à ce stade :

1. L'élimination des résidus : Une étape de neutralisation suivie d'une déshydratation/décantation des résidus.
2. Sous-produit d'aluminosilicate (sable de silice) : Sur la base d'opérations similaires, le sous-produit gâteau peut être traité par neutralisation, déshydratation, séchage, et prêt à être transporté sur le marché. Ce sous-produit peut être utilisé dans l'industrie des matériaux de construction, où il pourrait être utilisé pour fabriquer des blocs de béton ou là où le sable siliceux est nécessaire.

11.1.1 Gâteau de filtration issu de la première étape de purification

Les flux :

- Total : 4,6 mtpd
- Eau : 1,8424 mtpd
- Solides : 2,716 mtpd
- 60 % de matières solides.

La composition du gâteau de filtration de la première étape de purification et les taux de production sont résumés dans le tableau 11.2.

Tableau 11.2 COMPOSITION ET TAUX DE PRODUCTION DU GATEAU DE LA PREMIERE ETAPE	
Composition	Taux de production
Li+	0,7 kg/hr
CaHPO4	0,2 kg/hr
CaSO4	2747,5 kg/hr
Fe2O3.H2O	0,1 kg/hr
Al (OH) ₃	0,1 kg/hr

11.1.2 Gâteau de filtration issu de la deuxième étape de purification

Débit total : 0,1 mtp.
 Débit liquide Eau : 0,0307 mtp.
 Solides : 0,06 mtp.
 Na, Mn et Ca

La composition du gâteau de filtration de la deuxième étape de purification et les taux de production sont résumés dans le tableau 11.3.

Tableau 11.3 COMPOSITION ET TAUX DE PRODUCTION DU GATEAU DE LA DEUXIEME ETAPE	
Composition	Taux de production
Li+	0,7 kg/hr
CaHPO4	0,2 kg/hr
CaSO4	2747,5 kg/hr
Fe2O3.H2O	0,1 kg/hr
Al (OH) ₃	0,1 kg/hr

** Équilibre Mn requis*

Le tableau 11.4 énumère les essais de purification de deuxième étape.

Tableau 11.4 ESSAIS DE PURIFICATION DE LA DEUXIEME ETAPE	
Composant	Analyse
Alimentation PLS	
Li, % en poids	1,11
Na, % en poids	0,081
Mg, mg/kg	110
S, % en poids	2,52
K, mg/kg	122
Ca, mg/kg	423
Mn, mg/kg	76,1
Fe, mg/kg	10,7
Densité, g/mL	1,076
Décharge (Filtrat)	
Li, % en poids	1,05
Na, % en poids	0,327
Mg, mg/kg	0,04
S, % en poids	2,40
K, mg/kg	116
Ca, mg/kg	17,3
Mn, mg/kg	0,02
Fe, mg/kg	0,05
Densité, g/mL	1,077
Décharge des solides	
Li, % en poids	0,272
Na, % en poids	0,166
Mg, % en poids	6,78
S, % en poids	0,906
K, mg/kg	140
Ca, % en poids	23,1
Mn, % en poids	5,15
Fe, % en poids	2,53

Résidus des purifications #1 et #2 : total ~ 2,8 mtp (22 400 Mtpy) de solides en déchets.

12.0 COÛTS D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION

Les coûts CAPEX de l'usine de sulfate de lithium de l'usine sont énumérés à l'annexe D.

12.1 RÉSUMÉ DES COÛTS D'INVESTISSEMENT (CAPEX)

La préparation du CAPEX de l'ÉOÉ suit les principales directives pour définir les installations avec un effort d'ingénierie minimum. Les deux principaux domaines de développement comprennent la définition du coût direct et du coût indirect.

Pour compléter le CAPEX, le travail comprenait l'identification des zones dans l'usine de traitement. Un modèle de saisie de tous les équipements mécaniques par étape a été préparé, la principale entrée étant les équipements mécaniques et de traitement pour créer la liste principale et le coût alloué. Le coût d'installation a été attribué comme 30% du coût de l'équipement. Les systèmes de soutien supplémentaires pour les systèmes auxiliaires et les bâtiments ont été identifiés et listés afin d'allouer le coût pour créer le coût direct. Les prix des principaux équipements de traitement ont été obtenus à partir du budget préliminaire et des fichiers de référence. Les équipements secondaires, tels que les réservoirs, les bacs de stockage et les réacteurs de traitement, ont été dimensionnés en fonction des exigences du procédé. Pour cela, il a fallu réaliser une ingénierie préliminaire pour identifier l'équipement et le dimensionner en fonction des exigences du procédé.

Le coût du matériel en vrac pour la tuyauterie et les travaux mécaniques a été défini en utilisant un pourcentage du coût de l'équipement mécanique.

Les coûts de génie civil et de structure nécessaires sont présentés à titre d'approche préliminaire. Le prix du bâtiment a été calculé en attribuant un coût par mètre carré et en prenant la surface nécessaire à partir de la disposition générale de l'usine, en considérant que tous les équipements seront logés dans un bâtiment spécial. Cela a permis d'établir un coût préliminaire des travaux de génie civil et de structure.

La définition du travail électrique suit le concept d'allocation d'un coût par HP à installer dans la section de l'usine de traitement. La sélection de l'équipement comprend un HP alloué qui est consolidé et utilisé dans la définition du coût électrique. Un montant de 300 \$CAN est considéré pour chaque HP à installer pour couvrir le coût du matériel et de l'équipement électrique. L'allocation pour les instruments et les travaux électriques supplémentaires a été utilisée en allouant un pourcentage du coût de l'équipement mécanique.

12.1.1 Coût indirect

Le coût indirect est défini comme un pourcentage du coût direct. Le tableau 12.1 présente les facteurs utilisés pour définir le coût indirect.

Tableau 12.1 FACTEURS DE COÛTS INDIRECTS

TABLE 11.1 INDIRECT COST FACTORS		
ASSIGNMENT	PERCENT ALLOCATION	BASIS FOR ALLOCATION
EPCM Services: ENGINEERING ::	7.00%	of Direct Costs
SPARE PARTS: 5% of Equipment and Materials	5.00%	of Equipment and Materials
EPCM Services: CONSTRUCTION MANAGEMENT:	4.00%	of Direct Costs
TRANSPORTATION: 10% of Equipment and Materials	10.00%	of Equipment and Materials
CHEMICALS INITIAL LOAD:	1.00%	of Equipment and Materials
EPCM Services: Procurement:	2.00%	of Direct Costs
EPCM Services:	Allowance	for Travelling
EPCM Services:	Allowance :	for Room & Board
Direct Labour:	Allowance	for Travelling
Direct Labour:	Allowance	for Room & Board
Direct Labour:	Allowance	for Paid Travelling Time
OWNER COST:	3.00%	of Direct Cost as Allowance
OWNER COST:	4.00%	of direct cost Mine Closure Costs
TECHNOLOGY AND TESTWORK DEV:	5.00%	of Direct Costs
OWNER COST:	4.00%	Allowance for Permitting & ESIA
OWNER COST:	10.00%	of Direct cost for Land Acquisition

12.1.2 Contingence du coût du capital

Le coût total du capital comprend une contingence de 35%.

12.1.3 Résumé du coût d'investissement

Le Tableau 12.2 présente le résumé des coûts d'investissement réalisés pour l'étude ÉOÉ. L'estimation des coûts CAPEX par zone de traitement est présentée dans le Tableau 12.3.

Tableau 12.2 CAPEX CLASSÉ PAR GRANDS SECTEURS

LITHIUM SULPHATE CASE 1: CRYSTAL PRODUCTION- CAPEX SUMMARY BY MAIN AREAS						
	Area	DESCRIPTION		Material CDN \$		Total CDN \$
				Equipment	Labour	
I	I	CONSTRUCTION & MATERIAL COST				
	AREA	DESCRIPTION				
100		CONCENTRATE MATERIAL HANDLING		\$ 5,089,000	\$ 3,304,000	\$ 8,393,000
200		PYRO PROCESSING SYSTEM		\$ 73,140,000	\$ 22,320,000	\$ 95,459,000
300		LEACHING AND LITHIUM SULPHATE PRODUCT		\$ 28,944,000	\$ 9,590,000	\$ 38,535,000
400		REAGENTS		\$ 4,985,000	\$ 1,865,000	\$ 6,850,000
500		UTILITIES		\$ 14,699,000	\$ 5,109,000	\$ 19,809,000
600		LABORATORY AND PILOT PLANT		\$ 444,000	\$ 302,000	\$ 746,000
700		RESIDUAL STORAGE FACILITY		\$ 14,911,000	\$ 5,155,000	\$ 20,065,000
800		BUILDING AND SUPPORT FACILITIES AND INFRASTRUCTURE		\$ 39,894,000	\$ 14,924,000	\$ 54,819,000
	I	TOTALDIRECT CONSTRUCTION & MATERIAL COST		\$ 182,105,700	\$ 62,569,400.00	\$ 244,675,100.00
II	II	INDIRECT COST				
		TOTAL INDIRECT & OTHERS EPC COST				\$ 87,177,000.00
	III	TOTAL DIRECT AND INDIRECT COST				\$ 331,852,000.00
III		CONTINGENCY	35%			\$ 116,148,000.00
		TOTAL PROJECT CAPEX				\$ 448,000,000.00

Tableau 12.3 Estimation des CAPEX par numéro d'identification de zone de procédé

PEA STUDY -LITHIUM SULPHATE PLANT 34 TPH SPODUMENE CONC FEED CASE 1: CRYSTAL PRODUCTION- CAPEX DETAILS BY AREAS					
Area	Description		Material US\$ Equipment	Labour	Total CDN\$
I	CONSTRUCTION & MATERIAL COST				
AREA	DESCRIPTION				
7005	TRUCK RECEIVING		\$ 1,367,300.00	\$ 900,900.00	\$ 2,268,000.00
7010	STOCKPILE AND RECLAIM		\$ 3,014,800.00	\$ 2,134,100.00	\$ 5,149,000.00
7100	SPODUMENE CONCENTRATE FEED SYSTEM		\$ 707,300.00	\$ 268,600.00	\$ 976,000.00
7200	CALCINATION AND COOLING		\$ 19,148,400.00	\$ 5,627,100.00	\$ 24,776,000.00
7250	GRINDING		\$ 9,927,000.00	\$ 3,489,300.00	\$ 13,416,000.00
7255	ACIDIFICATION		\$ 5,364,200.00	\$ 1,556,100.00	\$ 6,920,000.00
7280	ROASTING- COOLING		\$ 29,305,500.00	\$ 8,658,800.00	\$ 37,964,000.00
7280A	SP ROASTED STORAGE		\$ 888,100.00	\$ 397,800.00	\$ 1,286,000.00
7285	HOT GASES TREATMENT		\$ 8,506,300.00	\$ 2,591,200.00	\$ 11,097,000.00
7310	WATER LEACH		\$ 2,154,100.00	\$ 986,100.00	\$ 3,140,000.00
7320	PURIFICATION # 1		\$ 1,402,800.00	\$ 689,100.00	\$ 2,092,000.00
7350	PURIFICATION # 2		\$ 1,411,600.00	\$ 589,400.00	\$ 2,001,000.00
7370	CRYSTALLIZATION		\$ 6,837,200.00	\$ 2,265,700.00	\$ 9,103,000.00
7380	CRYSTALS SEP AND DRYING		\$ 16,813,300.00	\$ 4,973,600.00	\$ 21,787,000.00
7390	FINAL PRODUCT PACKAGING		\$ 325,200.00	\$ 86,300.00	\$ 412,000.00
7410	REAGENTS-LIME-SODA ASH		\$ 1,362,400.00	\$ 637,200.00	\$ 2,000,000.00
7500	REAGENTS-SULPHURIC ACID		\$ 3,622,800.00	\$ 1,227,600.00	\$ 4,850,000.00
7800	UTILITIES WATER		\$ 2,690,300.00	\$ 911,300.00	\$ 3,602,000.00
7850	UTILITIES: STEAM GEN AND POWER DISTRIB		\$ 11,508,900.00	\$ 3,588,700.00	\$ 15,098,000.00
7860	UTILITIES: NATURAL GAS PLANT USAGE		\$ 499,800.00	\$ 608,900.00	\$ 1,109,000.00
7900	LABORATORY AND PILOT PLANT		\$ 444,300.00	\$ 301,900.00	\$ 746,000.00
8100	RESIDUAL STORAGE FACILITY		\$ 14,910,500.00	\$ 5,154,900.00	\$ 20,065,000.00
1100	BUILDING AND SUPPORT FACILITIES		\$ 36,382,500.00	\$ 13,871,100.00	\$ 50,254,000.00
1200	INFRA STRUCTURE AND SITE WORKS		\$ 3,511,300.00	\$ 1,053,400.00	\$ 4,565,000.00
I	TOTAL CONSTRUCTION & MATERIAL COST		\$ 182,105,700.00	\$ 62,569,400.00	\$ 244,675,000.00

**PEA STUDY -LITHIUM SULPHATE PLANT 34 TPH SPODUMENE CONC FEED
CASE 1: CRYSTAL PRODUCTION- CAPEX DETAILS BY AREAS**

Area	Description		Material US\$ Equipment	Labour	Total CDN\$
II	INDIRECT COST				
	EPCM Services: ENGINEERING :: % of Direct Costs	7%			\$ 17,127,000.00
	SPARE PARTS: % of Equipment and Materials	5%			\$ 9,105,000.00
	EPCM Services: CONSTRUCTION MANAGEMENT: % of Direct Costs	4%			\$ 9,787,000.00
	TRANSPORTATION: % of Equipment and Materials	10%			\$ 18,211,000.00
	CHEMICALS INITIAL LOAD: % of Equipment and Materials	1%			\$ 1,821,000.00
	EPCM Services: Procurement: 2% of Direct Costs	2%			\$ 4,894,000.00
	EPCM Services: Allowance for Travelling:				\$ 520,000.00
	EPCM Services: Allowance for Room & Board:				\$ 540,000.00
	Direct Labour: Allowance for Travelling:				\$ 2,078,000.00
	Direct Labour: Allowance for Room & Board:				\$ 2,160,000.00
	Direct Labour: Allowance for Paid Travelling Time:				\$ 2,494,000.00
	OWNER COST: Allowance for Owners' Costs	3%			\$ 8,000,000.00
	OWNER COST: Mine Closure Costs	4%			\$ 100,000.00
	TECHNOLOGY AND TESTWORK DEV: 3% of Direct Costs	5%			\$ 7,340,000.00
	OWNER COST: Allowance for Permitting & ESIA	4%			\$ 2,000,000.00
	OWNER COST: Allowance for Land Acquisition	10%			\$ 1,000,000.00
II	TOTAL INDIRECT & OTHERS EPC COST				\$ 87,177,000.00
	TOTAL DIRECT AND INDIRECT COST				\$ 331,852,000.00
IV	CONTINGENCY	35%			
	TOTAL CONTINGENCY				\$ 116,148,000.00
V	TOTAL PROJECT				\$ 448,000,000.00

12.1.4 Précision de l'estimation du CAPEX

ACSI présente l'estimation CAPEX avec une précision de +/- 50.

12.1.5 Document d'ingénierie soutenant le développement du CAPEX

Le travail est soutenu par l'achèvement des documents d'ingénierie pertinents, y compris :

- Modèle ASPEN PLUS pour les cristaux de sulfate de lithium fourni par GLCI.
- Un ensemble de 20 PFD pour définir le procédé et les installations de soutien.
- Un ensemble de 4 aménagements généraux et 4 croquis d'aménagement généraux pour dessiner l'usine de traitement.
- Liste des équipements avec les données de conception préliminaire de l'usine.
- Dimensionnement préliminaire des réacteurs, des réservoirs et du bac de stockage des matières en vrac.
- Calcul préliminaire de la pompe si nécessaire pour définir les besoins en puissance.

12.2 RÉSUMÉ DES COÛTS D'EXPLOITATION (OPEX)

Les coûts d'exploitation ont été recueillis à partir des résultats des travaux d'essai, des demandes de devis et des devis des fournisseurs, de la comparaison avec des opérations similaires et de l'expérience opérationnelle de la direction de GLCI. Les coûts d'exploitation figurant dans ce résumé sont considérés comme ayant une précision de $\pm 50\%$.

La base du projet est la suivante :

- Jours de fonctionnement par an : 333.
- Heures de fonctionnement par an : 8,000.
- Alimentation de l'usine de conversion : 764,1 dmtpd.
- Disponibilité de l'usine 92 %.
- Taux de conversion SPC : 254 445 tonnes/an.
- Total annuel des résidus à éliminer 249 120 tonnes (sec).
- Note : 6,1 % Lithia.
- Production de cristaux de sulfate de lithium par an : 61538 Mtpy.
- Récupération métallurgique : 91%.

Le tableau 12.4 présente le résumé des coûts d'exploitation par tonne de sulfate de lithium cristallin produite par l'usine.

Tableau 12.4 RESUME DES COUTS D'EXPLOITATION DU TRAITEMENT DU SULFATE DE LITHIUM		
Description	CDN\$ / Tonne Li ₂ SO ₄	%
COÛTS DIRECTS		
Coût du concentré	4 161,00	77%
Réactifs	389,95	7%
Consommables	60,88	1%
Maintenance	79,22	1%
Énergie électrique	25,20	0.5%
Système de traitement des eaux	10,82	0.2%
Gaz naturel	232,50	4%
Main d'œuvre	299,54	5%
Location de véhicules diesel	5,68	0.1%
Transport des produits	45,92	1%
Coûts directs Sous-total	5 311,00	99%
COÛTS INDIRECTS		
G & A	77,61	1%
E & C	4,06	0.1%
Coûts indirects Sous-total	81,67	1%
TOTAL DES COÛTS D'EXPLOITATION	5 392,00	

Le tableau 12.5 présente le résumé des coûts d'exploitation par tonne de concentré de spodumène traité à l'usine.

Tableau 12.5 Résumé des coûts d'exploitation du traitement SPC

SPC Processing Operating Cost Summary		
Item	Unit	CDNS
Spodumene Concentrate cost	(\$/t SPC)	\$1,006
Chemicals	(\$/t SPC)	\$94.30
Consumables	(\$/t SPC)	\$14.72
Labour+ Maintenance + Staff	(\$/t SPC)	\$72.44
Utilities	(\$/t SPC)	\$64.94
Plant equipment Maintenance + Vehicles	(\$/t SPC)	\$20.53
Product Transportation to Market	(\$/t SPC)	\$11.12

12.3 BASE DE L'OPEX

Les coûts d'exploitation sont basés sur la réception et le stockage du concentré de spodumène (SPC), le séchage, la calcination à haute température (décrépitation du spodumène alpha en bêta), le refroidissement de la calcine, la réduction de la taille de la calcine, la digestion acide de la calcine par l'acide sulfurique, le grillage à température, la calcine grillée, le refroidissement. (La teneur en lithium dans le SPC est contrôlée par le plan minier/le mélange du minerai, la concentration du DMS et la récupération métallurgique). Les paramètres du procédé sont définis par le modèle de bilan massique ASPEN.

1. Les opérations de conversion sont basées sur le traitement du concentré de spodumène dérivé du DMS.
2. Les frais d'expédition et de manutention du concentré sur le site sont inclus dans les coûts d'exploitation.
3. Les consommables sont basés sur des devis et des tarifs actuels ainsi que sur des données provenant d'opérations similaires.
4. Les coûts des réactifs sont basés sur les devis des fournisseurs, y compris la livraison au site de conversion. La consommation de réactifs est définie par le modèle de bilan massique et les programmes d'essai au banc.
5. Les besoins en main-d'œuvre et les salaires sont inclus sur la base des données opérationnelles, des taux locaux et des avantages sociaux.
6. Consommation d'énergie basée sur les demandes de puissance du procédé, des équipements et des infrastructures.

7. Les coûts d'exploitation ne comprennent pas les frais généraux ou les coûts de propriété tels que les assurances, la recherche et le développement, le marketing et les ventes, les frais de raffinage.
8. Les redevances, les services administratifs, la formation, l'entretien et la maintenance des sites qui peuvent être considérés comme des projets d'investissement.
9. Les frais d'expédition et de manutention du concentré sur le site sont inclus dans les coûts d'exploitation.
10. Les coûts de gestion environnementale ou de sécurité ne sont pas inclus.

Exclusions de l'OPEX :

- Compensation des propriétaires fonciers.
- Coûts de location.
- Dépréciation ou amortissement.
- Coûts associés aux routes d'accès.
- Coûts associés à l'accès ferroviaire au site.
- Les honoraires d'audit.
- Coûts du camp.
- Coûts FIFO.

Un résumé des coûts OPEX des installations de l'usine est présenté dans le tableau 12.4 et le tableau OPEX est listé dans l'annexe E Analyse économique.

12.4 INTRODUCTION

L'objectif de cette section est de présenter une analyse économique du projet afin de déterminer sa viabilité financière. L'analyse est effectuée en générant un scénario de flux de trésorerie avant et après impôt. Les dépenses d'investissement et d'exploitation présentées dans les sections précédentes ont été utilisées dans ce modèle.

Les résultats comprennent les valeurs actuelles nettes, pour différents taux d'actualisation, et le taux de rendement interne, ainsi que les périodes de remboursement.

Pour analyser l'influence de différents paramètres sur les résultats économiques du projet, une analyse de sensibilité a également été réalisée.

12.5 CRITÈRES D'ÉVALUATION

Les critères suivants ont été utilisés pour développer le modèle de flux de trésorerie :

- Durée du projet : La durée de l'ingénierie, des permis et de la construction est de quatre ans pour la construction de l'usine de cristaux de sulfate de lithium et des installations hors site sur le site de Matagami, au Québec. La période d'exploitation est de 18 ans.
- La production de sulfate de lithium est de 61 540 tonnes par an au cours de la

- troisième année d'exploitation, en supposant un taux d'augmentation de la production de 40 % pour la première année d'exploitation et de 70 % pour la deuxième année d'exploitation.
- Base de capitaux propres : Aux fins de l'évaluation du projet, il a été supposé que 100 % des dépenses d'investissement, y compris les dépenses de pré-production et le fonds de roulement, sont financées par les capitaux propres du propriétaire¹.
 - Même si les résidus du traitement du spodumène pourraient être évalués en vue d'une industrialisation, ces options n'ont pas été incluses dans ce rapport.
 - L'évaluation économique a été effectuée sur une base monétaire constante ; par conséquent, il n'y a pas de provision pour l'escalade ou l'inflation des coûts ou des revenus.
 - Le taux de change présumé est de 1,33 \$ CA pour 1,00 \$ US.

12.6 TAXE

Les taxes suivantes ont été appliquées au projet :

- Impôt fédéral : On a supposé que le projet sera soumis à la loi canadienne, que le taux d'impôt sur le revenu est de 28% et que le taux de redevance provincial est de 3%. Nous avons également pris en compte les provisions pour l'amortissement accéléré des biens d'équipement, qui est fixé à trois ans. Cette provision entraîne des pertes fiscales dans la première phase d'exploitation du projet, qui peuvent être reportées sur cinq ans. La répartition préliminaire de la taxe de vente harmonisée a été prise en compte et un recouvrement de la TVH payée aura lieu.
- Les flux de trésorerie projetés incluent ces mécanismes et tiennent compte du décalage dans le temps en retardant les remboursements d'un an par rapport aux décaissements de rétention.

12.7 DÉPENSES EN CAPITAL

Comme indiqué à la section 12.1 et dans les tableaux 12.2 et 12.3, les dépenses d'investissement pour l'installation de transformation à Matagami, y compris les équipements, les matériaux, les coûts indirects et les imprévus pendant la période de construction, sont estimées à 448 millions de dollars canadiens pour l'installation de 61 600 tpa de sulfate de lithium cristal. Le tableau 12.6 résume le calendrier des dépenses en capital.

Tableau 12.6 CALENDRIER DES DEPENSES CAPEX POUR LE CARBONATE DE LITHIUM				
Dépenses	Année	2023	2024	2025
	Total	A -3	A -2	A -1
CAPEX	(448 M)	(112 M)	(201 M)	(134 M)

¹ Afin d'avoir une estimation réaliste de certaines redevances, il a été supposé que le projet est financé sur une base de capitaux propres à 100%.

12.8 SULFATE DE LITHIUM

Conformément aux déclarations mentionnées précédemment, pour les besoins de l'évaluation économique, la production de sulfate de lithium a été fixée à 61 600 tpa. Comme indiqué dans le tableau 12.7, pour le sulfate de lithium, ce taux de production devrait être obtenu au cours de la troisième année ; le taux de production au cours de la première et de la deuxième année du projet, basé sur le conditionnement estimé de la saumure, est estimé respectivement à 40 % et 70 % du taux de production nominal, tableau 12.8.

Tableau 12.7 CALENDRIER DE PRODUCTION, EN TONNES											
Année	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2031	2032	2036	2043	Total
	-3	-2	-1	1	2	3	6	7	11	18	
Li ₂ SO ₄	-	-	0	24 640	43 120	61 600	61 600	61 600	61 600	61 600	1 053 360

Tableau 12.8 AUGMENTATION DE LA PRODUCTION				
Année	Pourcentage de la pleine capacité			
	-1	1	2	3
Li ₂ SO ₄	0%	40%	70%	100%

12.9 COÛTS D'EXPLOITATION

Comme l'indique le tableau 12.4 de la section 12.2, les coûts d'exploitation directs par tonne de sulfate de lithium sont estimés à 5 311 \$CAN. De la même manière, les coûts d'exploitation indirects sont estimés à 81,67 \$CAN/tonne. Ainsi, les coûts d'exploitation totaux estimés sont de 5 392 \$CAN (±15)/tonne.

Les dépenses annuelles d'exploitation qui en résultent sont indiquées dans le tableau 12.9.

12.10 REVENUS ISSUS DE LA PRODUCTION

Les revenus de la production ont été estimés sur la base des trois scénarios de prix et du calendrier de production présenté au tableau 12.7. La projection des revenus qui en résulte est présentée dans le tableau 12.10.

12.11 PROJECTION DU FLUX DE TRÉSORERIE

Sur la base des résultats et des hypothèses des sections précédentes, des tableaux de flux de trésorerie avant et après impôts ont été élaborés pour les trois scénarios de prix - élevé, moyen et faible - obtenus dans le tableau 12.11. Les résultats du scénario moyen, qui prévoit un prix à long terme du sulfate de lithium de 20200 \$CAN/tonne, ont été pris comme cas de base aux fins de l'analyse de sensibilité.

La VAN du projet est calculée à différents taux d'actualisation, mais le taux de 8% est considéré comme le cas de base. Tableau 12.11 résume les flux de trésorerie pour le scénario de prix moyen et les figures 12.1 et 12.2 les illustrent.

Tableau 12.9 COÛTS DE PRODUCTION

YEARLY OPERATING EXPENSES														
OPEX 000 US\$ - Li2SO4	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	11	16	17	18	Total
	0%	0%	0%	40%	70%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
DIRECT COST														
Concentrate cost	0	0	0	87,870	153,773	219,675	219,675	266,795	266,795	266,795	266,795	266,795	266,795	4,416,121
Reagents	0	0	0	9,608	16,815	24,021	24,021	24,021	24,021	24,021	24,021	24,021	24,021	410,757
Consummables	0	0	0	1,500	2,625	3,750	3,750	3,750	3,750	3,750	3,750	3,750	3,750	64,129
Maintenance	0	0	0	1,952	3,416	4,880	4,880	4,880	4,880	4,880	4,880	4,880	4,880	83,445
Electric Power	0	0	0	621	1,086	1,552	1,552	1,552	1,552	1,552	1,552	1,552	1,552	26,542
Water Treatment System	0	0	0	267	466	666	666	666	666	666	666	666	666	11,396
Natural Gas	0	0	0	5,729	10,025	14,322	14,322	14,322	14,322	14,322	14,322	14,322	14,322	244,908
Manpower	1,243	2,486	4,972	7,381	12,916	18,451	18,451	18,451	18,451	18,451	18,451	18,451	18,451	324,219
Diesel	22	43	87	140	245	350	350	350	350	350	350	350	350	6,137
Product Transportation	0	0	0	1,131	1,980	2,829	2,829	2,829	2,829	2,829	2,829	2,829	2,829	48,367
Direct Cost Subtotal	1,265	2,529	5,058	116,199	203,348	290,497	290,497	337,616	337,616	337,616	337,616	337,616	337,616	5,636,021
INDIRECT COSTS														
G & A	0	0	0	1,912	3,347	4,781	4,781	4,781	4,781	4,781	4,781	4,781	4,781	81,752
E & C	0	0	0	100	175	250	250	250	250	250	250	250	250	4,279
Indirect Cost Subtotal	-	-	-	2,012	3,522	5,031	5,031	5,031	5,031	5,031	5,031	5,031	5,031	86,031
Total OPEX 000 US\$ -- Li2SO4	1,265	2,529	5,058	118,211	206,869	295,528	295,528	342,647	342,647	342,647	342,647	342,647	342,647	5,722,052

Tableau 12.10 RECETTES, SCÉNARIOS DE PRIX ÉLEVÉS, MOYENS ET BAS

Commodity Price US\$/Tonne	Year																		Average 18 yrs
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Li2SO4	23,226	23,226	23,226	23,226	23,226	23,226	23,226	23,226	23,226	23,226	23,226	23,226	23,226	23,226	23,226	23,226	23,226	23,226	23,226
Revenue 000 US\$	Year																		Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Li2SO4	1,430,740	1,430,740	1,430,740	1,430,740	1,430,740	1,430,740	1,430,740	1,430,740	1,430,740	1,430,740	1,430,740	1,430,740	24,465,655	1,381,152	1,381,152	1,381,152	1,381,152	1,381,152	23,617,701
TOTAL REVENUES	572,296	1,001,518	1,430,740	1,430,740	1,430,740	1,430,740	1,430,740	1,430,740	1,430,740	1,430,740	1,430,740	1,430,740	1,430,740	1,430,740	1,430,740	1,430,740	1,430,740	1,430,740	24,465,655
Revenue 000 US\$	Year																		Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Li2SO4	\$ 20,200	\$ 20,200	\$ 20,200	\$ 20,200	\$ 20,200	\$ 20,200	\$ 20,200	\$ 20,200	\$ 20,200	\$ 20,200	\$ 20,200	\$ 20,200	\$ 20,200	\$ 20,200	\$ 20,200	\$ 20,200	\$ 20,200	\$ 20,200	\$ 20,200
Revenue 000 US\$	Year																		Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Li2SO4	\$ 497,728	\$ 871,024	\$ 1,244,320	\$ 1,244,320	\$ 1,244,320	\$ 1,244,320	\$ 1,244,320	\$ 1,244,320	\$ 1,244,320	\$ 1,244,320	\$ 1,244,320	\$ 1,244,320	\$ 1,244,320	\$ 1,244,320	\$ 1,244,320	\$ 1,244,320	\$ 1,244,320	\$ 1,244,320	\$ 21,277,872
TOTAL REVENUES	497,728	871,024	1,244,320	1,244,320	1,244,320	1,244,320	1,244,320	1,244,320	1,244,320	1,244,320	1,244,320	1,244,320	1,244,320	1,244,320	1,244,320	1,244,320	1,244,320	1,244,320	21,277,872
Revenue 000 US\$	Year																		Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Li2SO4	\$ 17,168	\$ 17,168	\$ 17,168	\$ 17,168	\$ 17,168	\$ 17,168	\$ 17,168	\$ 17,168	\$ 17,168	\$ 17,168	\$ 17,168	\$ 17,168	\$ 17,168	\$ 17,168	\$ 17,168	\$ 17,168	\$ 17,168	\$ 17,168	\$ 17,168
Revenue 000 US\$	Year																		Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Li2SO4	\$ 423,020	\$ 740,284	\$ 1,057,549	\$ 1,057,549	\$ 1,057,549	\$ 1,057,549	\$ 1,057,549	\$ 1,057,549	\$ 1,057,549	\$ 1,057,549	\$ 1,057,549	\$ 1,057,549	\$ 1,057,549	\$ 1,057,549	\$ 1,057,549	\$ 1,057,549	\$ 1,057,549	\$ 1,057,549	\$ 18,084,084
TOTAL REVENUES	423,021	740,286	1,057,552	1,057,553	1,057,554	1,057,555	1,057,556	1,057,557	1,057,558	1,057,559	1,057,560	1,057,561	1,057,562	1,057,563	1,057,564	1,057,565	1,057,566	1,057,567	18,084,255

Tableau 12.11 ÉVALUATION DU SCÉNARIO DE PROJET DE PRIX MOYEN (MILLIERS DE DOLLARS CANADIENS)

Tax Rate	22.5%																
Description 000 CDN\$	Year																TOTAL
	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	16	17	18	000 CDN\$
Gross Revenues	-	-	-	497,728	871,024	1,244,320	1,244,320	1,244,320	1,244,320	1,244,320	1,244,320	1,244,320	1,244,320	1,244,320	1,244,320	1,244,320	21,277,872
EXPENSES	(1,265)	(2,529)	(5,058)	(130,654)	(228,645)	(326,636)	(326,636)	(363,284)	(363,284)	(363,284)	(363,284)	(363,284)	(363,284)	(363,284)	(363,284)	(363,284)	(6,107,404)
Operating Costs	(1,265)	(2,529)	(5,058)	(118,211)	(206,869)	(295,528)	(295,528)	(332,176)	(332,176)	(332,176)	(332,176)	(332,176)	(332,176)	(332,176)	(332,176)	(332,176)	(5,575,457)
Provincial Royalties (2,5%)	-	-	-	(12,443)	(21,776)	(31,108)	(31,108)	(31,108)	(31,108)	(31,108)	(31,108)	(31,108)	(31,108)	(31,108)	(31,108)	(31,108)	(531,947)
Depreciation	-	-	-	(268,800)	(93,118)	(96,635)	(10,553)	(10,553)	(10,553)	(10,553)	(10,553)	(10,553)	(10,553)	(10,553)	(10,553)	(10,553)	(616,844)
PBIT	(1,265)	(2,529)	(5,058)	98,274	549,261	821,049	907,132	870,483	870,483	870,483	870,483	870,483	870,483	870,483	870,483	870,483	14,553,624
Tax Debt and Credits	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Less Interest	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PAIBT	(1,265)	(2,529)	(5,058)	98,274	549,261	821,049	907,132	870,483	870,483	870,483	870,483	870,483	870,483	870,483	870,483	870,483	14,553,624
Cumulative PAIBT	(1,265)	(3,794)	(8,852)	89,421	638,683	1,459,732	2,366,864	3,237,347	4,107,829	4,978,312	5,848,795	6,719,278	7,589,761	12,812,658	13,683,141	14,553,624	
Tax After Funding	-	-	-	(20,120)	(123,584)	(184,736)	(204,105)	(195,859)	(195,859)	(195,859)	(195,859)	(195,859)	(195,859)	(195,859)	(195,859)	(195,859)	(3,274,565)
PAIT	(1,265)	(2,529)	(5,058)	78,154	425,678	636,313	703,027	674,624	674,624	674,624	674,624	674,624	674,624	674,624	674,624	674,624	11,279,059

Figure 12.1 FLUX DE TRESORERIE ANNUEL ET FLUX DE TRESORERIE CUMULATIF (AVANT ET APRES IMPOTS)

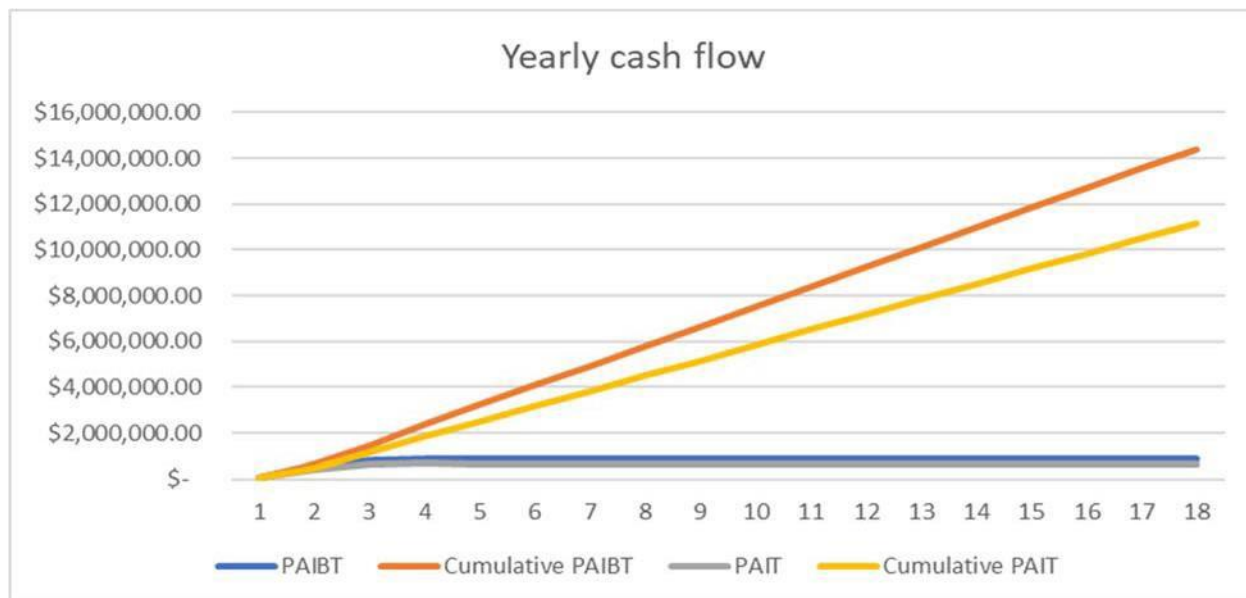
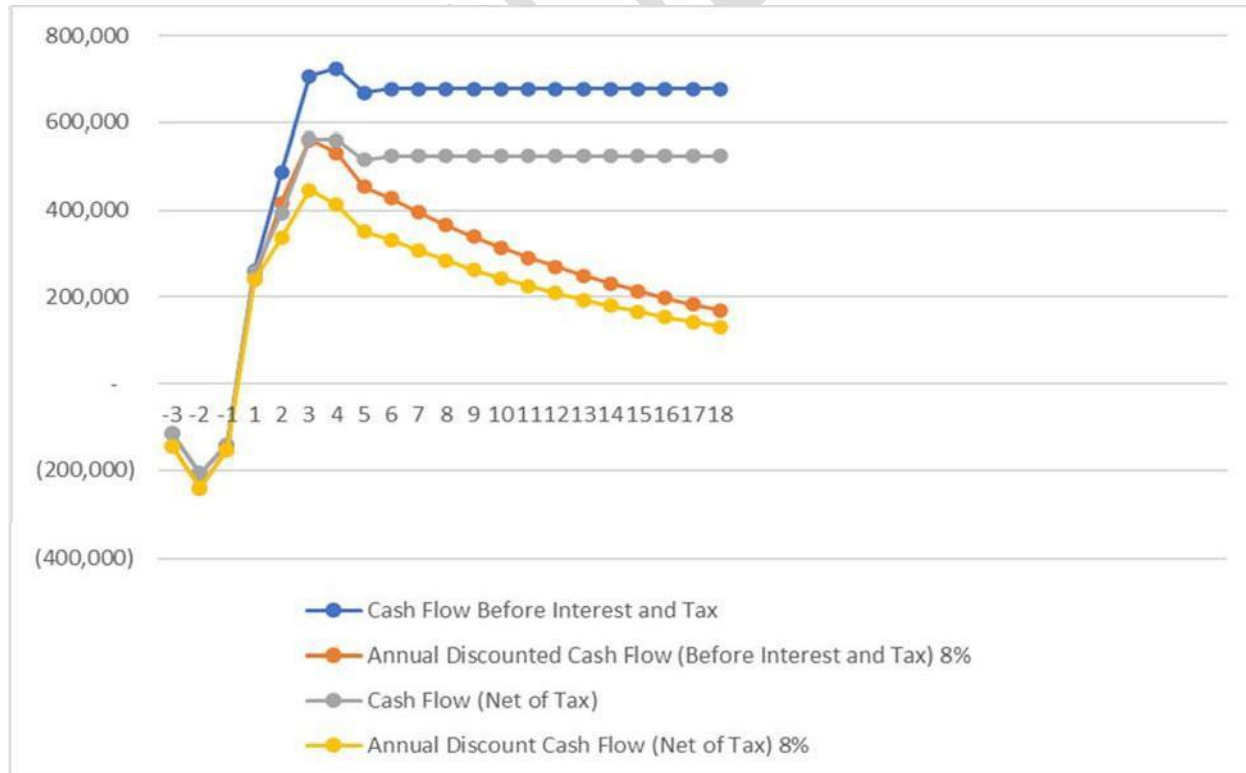


Figure 12.2 FLUX DE TRESORERIE SIMPLE ANNUEL ET FLUX DE TRESORERIE ACTUALISE



12.12 ÉVALUATION ÉCONOMIQUE RÉSULTATS

Le tableau 12.12 résume les résultats de l'évaluation économique du projet.

Tableau 12.12 RESUME DES RESULTATS DE L'EVALUATION DU PROJET			
Cas de prix	Haut	Moyen	Faible
	(en millions de dollars canadiens)		
CAPEX	448	448	448
Max. Flux de trésorerie négatif	462	462	462
Valeurs, année 18 (millions de dollars canadiens)			
Revenus	1 430	1 244	1 021
OPEX	342,6	342,6	342,6
Autres dépenses	35,7	31,8	36
EBITDA	1 041	860	634,9
Avant impôts (M \$ CA)			
VAN (6%)	9 950	8 133	6 313
VAN (8%)	8 431	6 875	5 317
VAN (10%)	7 209	5 682	4 513
Remboursement simple ¹			
DCF (8%) Remboursement ¹	1 AN + 1 M	1 AN+3 M	1AN+5M
IRR	79%	71,0%	62%
Après impôts (millions de dollars canadiens)			
VAN (6%)	7 671	6 263	4 852
VAN (8%)	6 478	5 282	4 074
VAN (10%)	5 533	4 490	3 444
Remboursement simple ¹			
DCF (8%) Remboursement ¹	1 Y+ 2 M	1 Y+ 4 M	1Y, 6M
IRR	70,4%	63,3%	55,2%

Note :¹ Mesuré à partir de la fin de la période d'investissement en capital.

12.13 ANALYSE DU RETOUR SUR L'INVESTISSEMENT

Le remboursement des flux de trésorerie actualisés (8%) est considéré, il intervient à une période de 1 an et 4 mois sur une base avant impôt et à 1 an et 5 mois sur une base après impôt.

12.14 CONCLUSIONS

Comme c'est le cas pour la plupart des projets miniers, les variables génératrices de revenus - prix des produits et niveaux de production - sont celles qui ont le plus d'impact sur les résultats du projet, qu'ils soient mesurés en tant que VAN et TRI avant impôts ou VAN et TRI après impôts.

Les résultats du projet sont un peu moins sensibles aux dépenses en capital et aux coûts totaux d'exploitation, mais dans ce cas, certaines différences apparaissent car lorsque les résultats sont mesurés en termes de VAN, le projet semble presque aussi sensible aux deux variables mentionnées, cependant, lorsque les résultats sont mesurés en termes de TRI, le projet se révèle plus sensible aux dépenses en capital qu'aux coûts totaux d'exploitation.

12.15 DISCUSSION

12.15.1 Analyse économique

- **CAPEX** : L'investissement en capital pour le projet de production de 61 540 tpa de sulfate de lithium, y compris les équipements, les matériaux, les coûts indirects et les imprévus pendant la période de construction, est estimé à 448 millions de dollars canadiens (précision de ± 50 %). Ce total exclut les frais d'intérêt qui pourraient être capitalisés pendant la même période. Les besoins en fonds de roulement sont estimés à 66,5 millions de dollars canadiens. En outre, les dépenses d'investissement de maintien totalisent 189,9 millions de dollars canadiens sur la période d'évaluation de 18 ans du projet. Les décaissements de ces dépenses débutent au cours de la troisième année.
- Le principal facteur de CAPEX est les installations thermiques, qui représentent 44% des dépenses d'investissement totales du projet. L'investissement dans les équipements thermiques dépend de deux variables, à savoir le taux de capacité et le coût des matériaux de construction. Ce dernier a été tiré d'une demande de données de référence et de budgétisation préliminaire auprès des principaux fournisseurs, et nous pensons qu'il représente les coûts actuels pour ces travaux au Canada.
- **OPEX** : Une estimation des coûts d'exploitation (précision de ± 50 %) pour une installation de sulfate de lithium de 61 540 tpa a été préparée. Cette estimation indique que les coûts d'exploitation du projet sont de 5 392 \$CAN/tonne pour les cristaux de sulfate de lithium. Ce chiffre comprend le coût du concentré à l'usine, les produits chimiques, l'énergie, la main-d'œuvre, le coût du transport du concentré et du produit, et l'entretien.
- **Flux de trésorerie** : l'analyse des flux de trésorerie du projet pour le cas de base et les cas alternatifs indique que, si les hypothèses qui soutiennent les différents cas se concrétisent, le projet semble être économiquement viable même si les conditions sont très défavorables.
- **Analyse de sensibilité** : L'analyse de sensibilité économique du projet montre que les variables de revenus - le prix du sulfate de lithium et la production - sont celles qui ont le plus d'impact sur les résultats du projet, qu'ils soient mesurés en tant que VAN et TRI avant impôts ou VAN et TRI après impôts. Les résultats du projet sont un peu moins affectés par les changements de variables CAPEX et OPEX.
- **Force du projet** : Les résultats du projet restent positifs, même avec des variations négatives importantes sur les variables critiques, ce qui indique la force et la résilience du projet.
- **Autres** : Il faut mentionner que l'évaluation économique du projet présentée dans ce rapport ne prend pas en compte le paiement d'un financement qui aurait été pris par GLCI.

12.15.2 Points forts du projet d'installation de transformation à Matagami

- **Concentré de spodumène** : Le projet Matagami est basé sur le traitement du concentré de spodumène, comme source de lithium en tant que minéral solide de lithium.
- **Emplacement - Transport** : Le site du projet est situé sur une autoroute importante de la province de Québec pour la livraison du concentré et le site de Matagami a accès au chemin de fer menant directement à Montréal, pour l'importation de biens d'équipement et de matières premières pour le projet, ainsi que pour la livraison de produits dans la région de Montréal pour un traitement ultérieur ou l'exportation.
- **Localisation - Accès à l'énergie** : Le site du projet sera desservi par un système spécial de livraison de gaz naturel qui créera un pipeline virtuel.
- **Coûts énergétiques** : L'accès aux approvisionnements en gaz naturel, par le biais du pipeline susmentionné, permet de fournir ce combustible à des coûts à long terme estimés à environ 7 USD/MMBTU, ce qui représente un avantage substantiel en termes de coûts par rapport aux projets existants dans la même zone générale.
- **Coûts chimiques** : Forte teneur en sulfate.
- **Estimation des prix** : Le scénario de prix de base à long terme de 20 200 \$CAN par tonne de sulfate de lithium renforce considérablement la rentabilité du projet.

12.15.3 Faiblesses du projet d'installation de transformation à Matagami

- **Emplacement - Climat** : Comme c'est le cas pour de nombreux projets miniers dans le nord du Canada, le site du projet se trouve dans une région au climat froid - les températures hivernales atteignent -40°C, ce qui implique l'existence d'un climat relativement rude et des conditions de travail difficiles.

12.16 CALENDRIER DE PROJET

Le programme suppose que l'ordre de GLCI de procéder à la phase 1 du projet est donné au troisième trimestre (Q3) 2022 comme Année 1.

Au cours de l'année 2 et les activités suivantes seront développées :

- Début de la phase de mise en œuvre du projet par l'étude de préfaisabilité.
- Achèvement de l'étude de faisabilité de l'usine de sulfate de lithium.

À l'année 3, les activités suivantes seront développées :

- Approbation du lancement de l'ingénierie de détail et de l'acquisition de l'équipement à long temps de livraison en tant qu'activité hautement prioritaire.

- Compléter l'ingénierie de détail pour affermir la conception de l'équipement et des systèmes afin de lancer l'approvisionnement et la définition du contrat. Lancer le nettoyage du site comme activité initiale sur le terrain.
- Début de la construction des bâtiments de traitement et auxiliaires pour permettre l'installation des équipements pendant les mois d'hiver,

À l'année 4, les activités suivantes seront développées :

Approvisionnement complet d'articles manufacturés et de matériaux en vrac pour les installations de traitement :

- Poursuite de la construction de l'usine et des installations de sulfate de lithium.

À l'année 5, les activités suivantes seront développées :

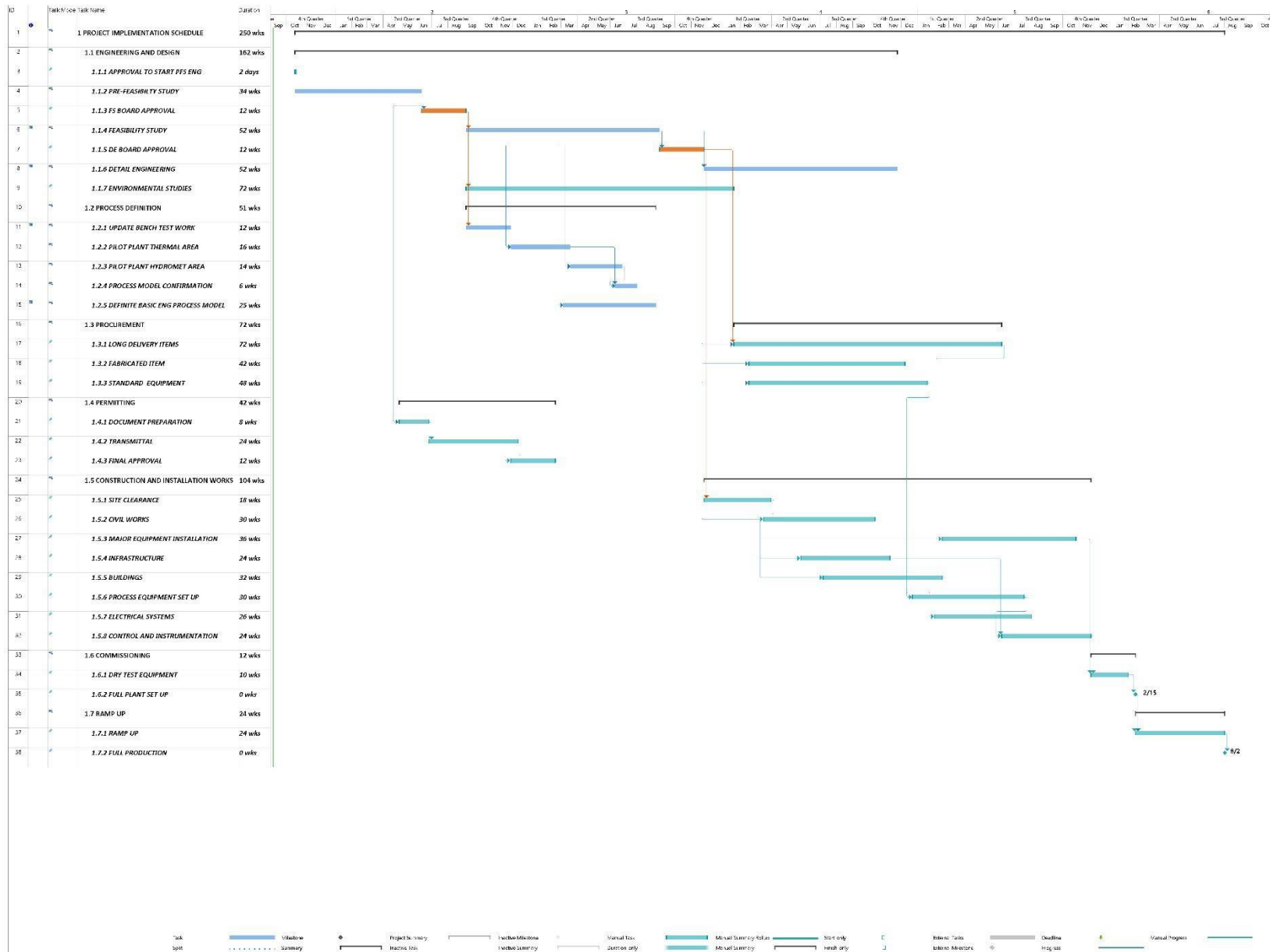
- Achèvement de la construction et de la mise en place des équipements de l'usine de sulfate de lithium.
- Achèvement du système électrique et du système d'instrumentation et de contrôle pour l'ensemble de l'usine.
- Début de la mise en production de l'usine de sulfate de lithium.

À l'année 6, les activités suivantes seront développées :

- Commencer l'augmentation de la production de l'usine de sulfate de lithium.

La figure 12.3 présente ces activités sous forme de diagramme de Gantt.

Figure 12.3 DIAGRAMME DE GANTT



13.0 ANALYSE DE SENSIBILITÉ

Afin d'étudier l'impact sur les résultats économiques du projet - NPV et IRR - de changements dans les variables clés, une analyse de sensibilité a été réalisée. Les variables dont les impacts ont été étudiés sont présentées dans le tableau 13.1.

Tableau 13.1 VARIABLE CLE, ANALYSE DE SENSIBILITE				
Variable clé	CAPEX (M\$)	Prix (\$/t)	Niveau de production (t)	OPEX (\$)
Li ₂ SO ₄	448	20 200	61 600	5 392

Les résultats de cette analyse sont présentés aux tableaux et figures suivantes (tableaux 13.2 à 13.5 et figures 13.1 à 13.4)

Tableau 13.2 NVP AVANT IMPOT AVEC UNE SENSIBILITE DE 8% - SCENARIO MOYEN

PROJECT BEFORE TAX NPV 8% SENSITIVITY MEDIUM SCENARIO								
Driver Variable		Base Case Values		Project NPV (MUS\$)				
				75%	90%	100%	110%	125%
CAPEX	Li ₂ SO ₄	MCDN\$	\$ 448	7,006	6,928	6,875	6,823	6,745
Price	Li ₂ SO ₄	CDN\$/tonne	\$ 20,200	4,279	5,837	6,875	7,914	9,471
Production	Li ₂ SO ₄	tonne/yr	\$ 61,600	4,998	6,124	6,875	7,627	8,753
OPEX	Li ₂ SO ₄	CDN\$/tonne	\$ 5,392	7,594	7,163	6,875	6,588	6,157

Figure 13.1 VAN DU PROJET AVANT IMPOT - SENSIBILITE DE 8 % - SCENARIO MOYEN

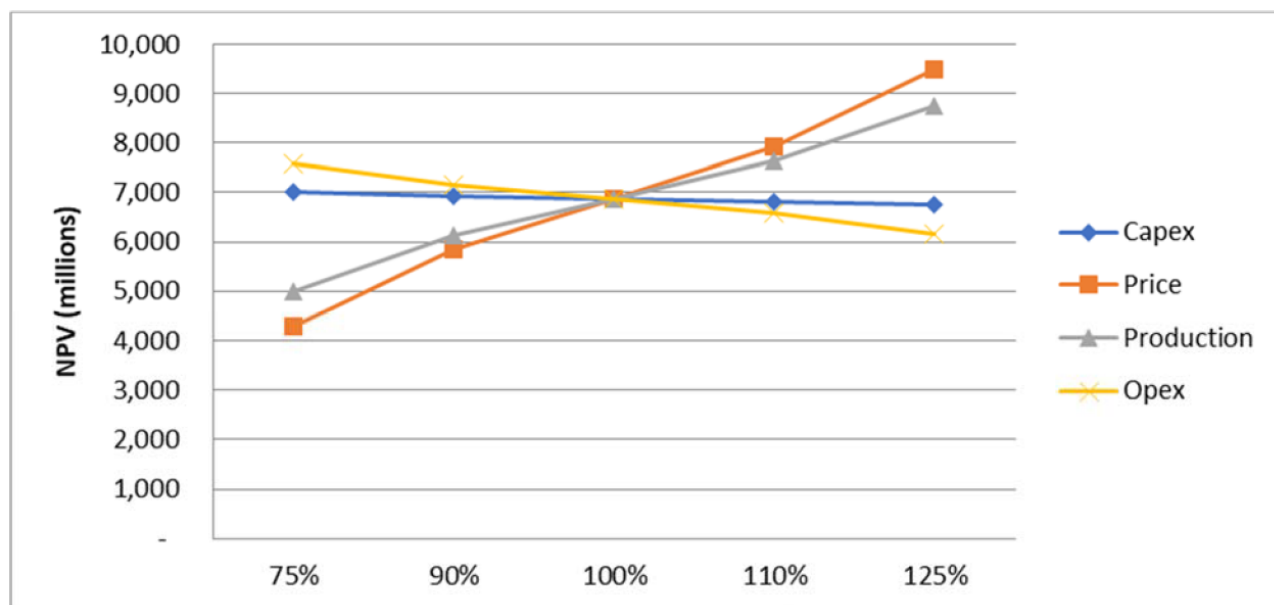


Tableau 13.3 SENSIBILITE DU TRI AVANT IMPOT - SCENARIO MOYEN

PROJECT BEFORE TAX IRR SENSITIVITY MEDIUM SCENARIO								
Driver Variable		Base Case Values		IRR				
				75%	90%	100%	110%	125%
CAPEX	Li ₂ SO ₄	MCDN\$	\$ 448	83.00%	75.30%	71.00%	67.30%	62.60%
Price	Li ₂ SO ₄	CDN\$/tonne	\$ 20,200	55.20%	65.10%	71.00%	76.50%	84.00%
Production	Li ₂ SO ₄	tonne/yr	\$ 61,600	59.80%	66.80%	71.00%	75.00%	80.70%
OPEX	Li ₂ SO ₄	CDN\$/tonne	\$ 5,392	74.80%	72.50%	71.00%	69.50%	67.10%

Figure 13.2 SENSIBILITE DU TRI DU PROJET AVANT IMPOT - SCENARIO MOYEN

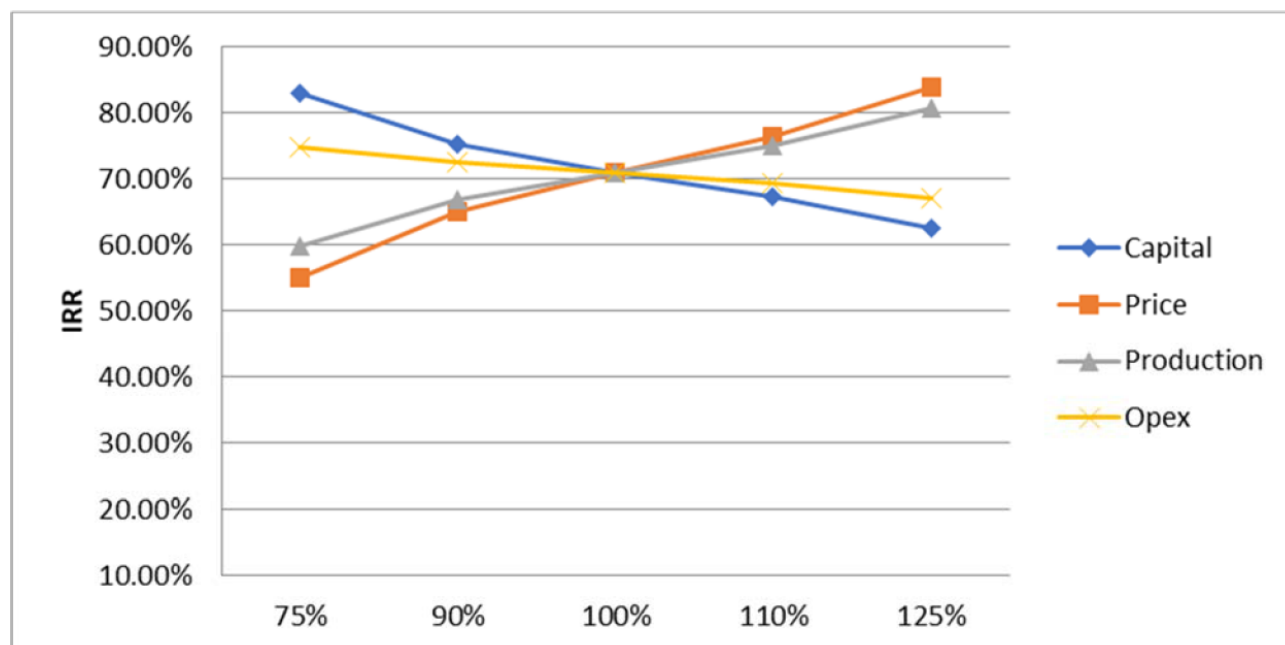


Tableau 13.4 VAN APRES IMPOTS SENSIBILITE DE 8% - SCENARIO MOYEN

PROJECT AFTER TAX NPV 8% SENSITIVITY MEDIUM SCENARIO								
Driver Variable		Base Case Values		Project NPV (MUS\$)				
				75%	90%	100%	110%	125%
CAPEX	Li ₂ SO ₄	MCDN\$	\$ 448	6,365	5,325	5,282	5,238	5,174
Price	Li ₂ SO ₄	CDN\$/tonne	\$ 20,200	3,269	4,477	5,282	6,086	7,293
Production	Li ₂ SO ₄	tonne/yr	\$ 61,600	3,829	4,701	5,282	5,862	6,734
OPEX	Li ₂ SO ₄	CDN\$/tonne	\$ 5,392	5,841	5,505	5,282	5,058	4,722

Figure 13.3 VAN APRES IMPOTS DU PROJET - SENSIBILITE DE 8 % - SCENARIO MOYEN

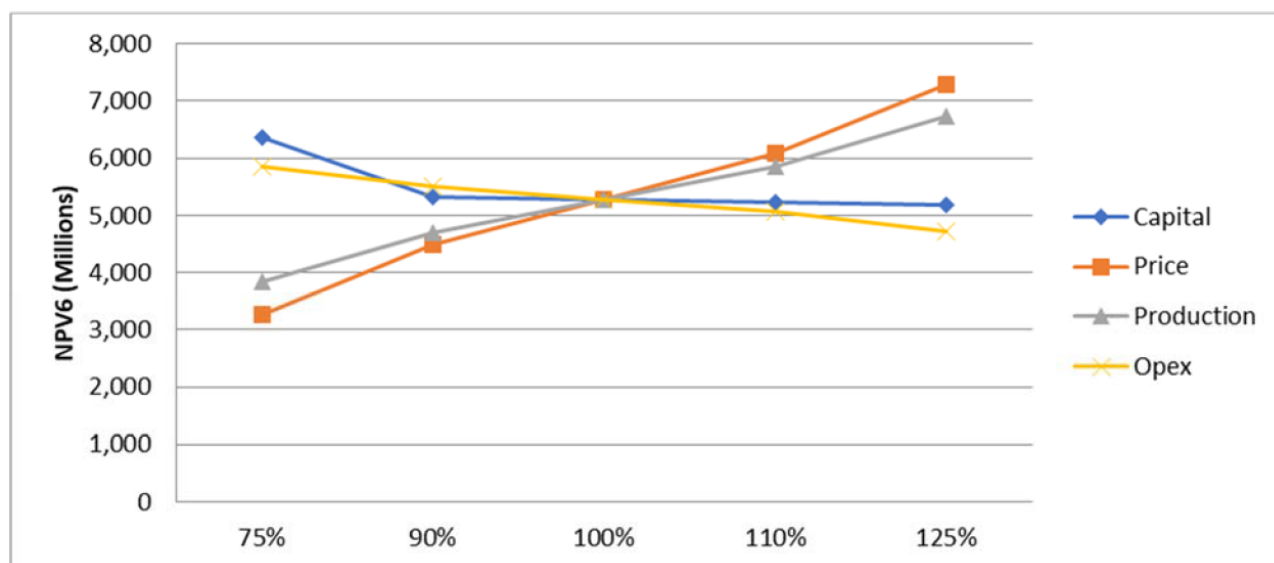
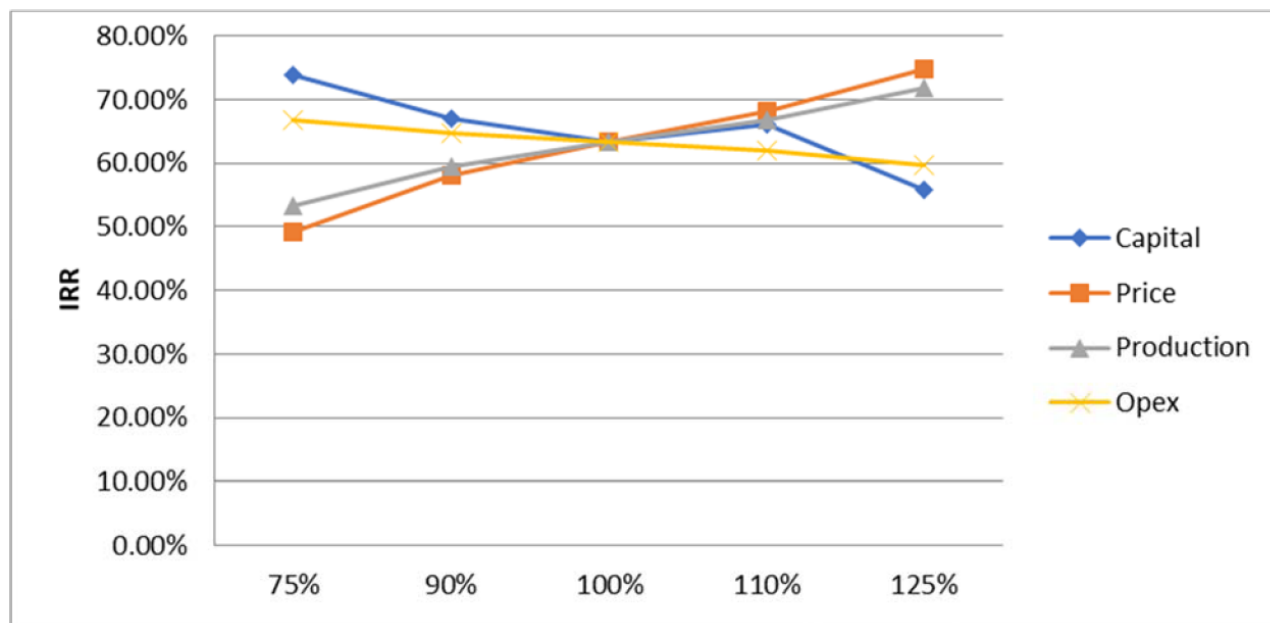


Tableau 13.5 SENSIBILITE DU TRI APRES IMPOT - SCENARIO MOYEN

PROJECT AFTER TAX IRR SENSITIVITY MEDIUM SCENARIO								
Driver Variable		Base Case Values		IRR				
				75%	90%	100%	110%	125%
CAPEX	Li ₂ SO ₄	MCDN\$	\$ 448	73.80%	67.00%	63.30%	66.0%	55.90%
Price	Li ₂ SO ₄	CDN\$/tonne	\$ 20,200	49.10%	58.00%	63.30%	68.10%	74.80%
Production	Li ₂ SO ₄	tonne/yr	\$ 61,600	53.40%	59.50%	63.30%	66.80%	71.80%
OPEX	Li ₂ SO ₄	CDN\$/tonne	\$ 5,392	66.70%	64.70%	63.30%	61.90%	59.70%

Figure 13.4 SENSIBILITE DU TRI APRES IMPOT DU PROJET - SCENARIO MOYEN



Comme c'est le cas pour la plupart des projets de traitement des minéraux, les variables génératrices de revenus - prix des produits et niveaux de production - sont celles qui ont le plus d'impact sur les résultats du projet, qu'ils soient mesurés en tant que VAN et TRI avant impôts ou VAN et TRI après impôts.

Les résultats du projet sont un peu moins sensibles aux dépenses en capital et aux coûts totaux d'exploitation, mais dans ce cas, certaines différences apparaissent car lorsque les résultats sont mesurés en termes de VAN, le projet semble presque aussi sensible aux deux variables mentionnées, cependant, lorsque les résultats sont mesurés en termes de TRI, le projet se révèle plus sensible aux dépenses en capital qu'aux coûts totaux d'exploitation.

14.0 ÉVALUATION DE RISQUES

14.1 RISQUES QUANT À LA MÉTHODE DE TRAITEMENT

Dans cette étude, la sortie du modèle théorique de données du procédé répond aux exigences du procédé pour une production totale de sulfate de lithium en considérant l'équipement présélectionné. La configuration détaillée de chacune des étapes principales nécessitera une confirmation par des essais et au niveau de l'usine pilote pour valider les résultats.

Il existe un risque que le rétablissement des performances ne puisse être atteint si certains facteurs imprévus affectent les performances totales de l'installation.

La performance de l'équipement de traitement thermique est essentielle pour la transformation du concentré de spodumène ; des travaux d'essai dans une installation d'essai de procédé en continu faisant appel à des fournisseurs d'équipement fiables seront nécessaires pour atténuer ce risque.

La cristallisation du sulfate de lithium nécessitera des tests spécialisés pour confirmer les paramètres de fonctionnement afin d'obtenir un cristal ayant la composition souhaitée.

14.2 RISQUES QUANT À L'INFRASTRUCTURE

La construction de l'usine n'a pas encore commencé, mais elle sera située à Matagami, une zone accessible par route toute l'année, où il ne devrait pas y avoir de problèmes dus au mauvais temps. L'usine prévoit un stockage de 7 jours pour le concentré provenant de la mine, mais une fermeture prolongée de la route peut entraîner un ralentissement ou un arrêt des opérations de l'usine.

La conception garantira que le bruit, la poussière et les autres émissions sont conformes aux réglementations. Le trafic de camions pour les réactifs, le concentré et le produit sera important.

Si les résidus sont expédiés hors de l'usine, il y aurait un trafic important et pour réduire le trafic de camions, l'expédition du silicate d'aluminium et des résidus est éliminée en envisageant le stockage du sous-produit sur le même site. (Une mine à ciel ouvert abandonnée pourrait être accessible dans le futur après avoir rempli la zone disponible à côté de l'usine de traitement).

14.3 RISQUES LIÉS À L'EXÉCUTION

Le calendrier général prévoit le lancement d'une étude de pré faisabilité au troisième trimestre de 2022 et l'achèvement de l'usine au quatrième trimestre de 2022. Il est prévu que toutes les études d'ingénierie soient achevées pour confirmer les délais d'approvisionnement et de livraison à la fin de 2023. L'approvisionnement des articles à long délai de livraison sera confirmé deux mois après le début de l'ingénierie de détail.

Bien que la construction soit prévue pour l'été de l'année 4, des retards imprévus pourraient faire en sorte qu'une partie des travaux soit effectuée pendant les mois d'hiver. Le risque majeur est de trouver suffisamment de personnel de construction pour achever les travaux, en particulier pendant les mois d'hiver.

Actuellement, il est envisagé que les travaux continuent de suivre un projet de type EPCM et soient réalisés par une firme EPCM ayant fait ses preuves pour ce type d'installation au Québec. Toutefois, il est possible que GLCI gère le projet avec l'aide de consultants et d'experts en ingénierie, au besoin.

14.4 RISQUES DU COÛT DU CAPITAL

Le risque lié aux coûts d'investissement a été réduit car des devis ont été obtenus pour les principaux équipements. Le risque de manque de main-d'œuvre disponible pour la construction pourrait être une préoccupation ; cependant, seule une main-d'œuvre relativement petite est nécessaire.

Les problèmes qui peuvent survenir pendant la confirmation des prix pour les lots attribués et le prix ferme reçu peuvent avoir un impact sur le CAPEX. Ces problèmes comprennent les changements dans les conditions du marché ou la charge de travail des fournisseurs. L'inflation des coûts de la main-d'œuvre et des matériaux de construction ou des conditions de marché inhabituelles peuvent avoir un impact sur le CAPEX. Les risques liés au procédé, à l'exécution et au calendrier ont tous un impact négatif potentiel sur les coûts d'investissement. Tous les risques liés au procédé décrits ci-dessus pourraient avoir un impact négatif sur le coût d'investissement si des équipements supplémentaires étaient nécessaires.

14.5 RISQUES LIÉS AUX PERMIS

Dans l'état actuel des choses, avec la sélection de Matagami et selon les recherches de l'entreprise, GLCI ne sait pas clairement à quel processus d'autorisation environnementale le projet sera soumis. Comme le processus n'est pas clair, le calendrier n'est pas clair, tout comme l'effort et les dépenses d'investissement nécessaires. En fin de compte, le manque de clarté des processus pourrait entraîner un changement de site pour la transformation secondaire.

14.6 RISQUES QUANT AU CALENDRIER DE PROJET

La préparation du site devrait commencer en janvier de l'année 4, mais il peut y avoir un décalage de 3 mois avant les travaux de génie civil qui doivent commencer au printemps de l'année 4 pour atténuer l'impact des conditions hivernales.

14.7 RISQUES DU COÛT D'EXPLOITATION

Les risques liés aux coûts d'exploitation peuvent être réduits grâce à une meilleure définition :

- Quantités de réactifs, d'électricité et de gaz naturel.
- Besoins en main-d'œuvre.
- Coûts d'entretien.
- Consommables.
- Frais généraux, impôts fonciers et assurances.
- Quantités de réactifs, d'électricité et de gaz naturel.
- Besoins en main-d'œuvre.
- Coûts d'entretien.
- Consommables.
- Frais généraux, impôts fonciers et assurances.

14.8 RISQUES LIÉS AU PROCÉDÉ

Les opérations de traitement nécessitent des tests supplémentaires pour réduire davantage les risques :

- Un travail d'essai substantiel au niveau du laboratoire et du pilote.

- Faire progresser l'ingénierie des procédés et réaliser des études détaillées sur le dimensionnement des tampons (simulation dynamique), les bilans thermiques et massiques, les impacts des impuretés mineures, les HAZOP, la sélection des matériaux, les exigences en matière de purge, etc.
- Sélection des fournisseurs et avancement de la conception détaillée de des équipements.
- Prévoir un espace dans la conception pour l'ajout d'équipements si cela s'avère nécessaire.

Des risques liés au procédé subsistent, notamment les suivants :

- Le procédé de fabrication de cristaux de sulfate de lithium à partir de concentré de spodumène n'a pas été développé en tant que produit final et a été testé en laboratoire et à l'échelle pilote par d'autres sociétés. Il n'y a pas de références d'opérations qui ont obtenu du sulfate de lithium comme composé intermédiaire pour la vente.
- Certaines parties du processus, à savoir la cuisson à l'acide, la purification, ainsi que la cristallisation et le séchage du sulfate de lithium, doivent être testées au niveau du banc d'essai, de l'usine pilote ou même à plus grande échelle.
- Le processus proposé et déployé par ACSI utilisera des opérations unitaires industrielles connues telles que le calcinateur rotatif, le refroidisseur, le broyeur pour l'acidification, le four de grillage à l'acide à combustion indirecte, les réacteurs chimiques, les filtres, les cristallisateurs, ce qui réduira considérablement les risques de processus associés au projet.
- Il existe des inconnues en matière de procédé et d'exploitabilité qui peuvent être découvertes pendant l'exploitation de l'usine et qui peuvent affecter la capacité de l'usine, les coûts d'investissement ou les coûts d'exploitation.

Les principaux risques résiduels liés au procédé sont les suivants :

- Dimensionnement inadéquat des équipements en conditions perturbées.
- La teneur en concentré ou la qualité du concentré s'écarte des hypothèses de conception.
- Les boucles de recyclage dans le procédé peuvent entraîner une accumulation d'impuretés.
- Réduction de l'efficacité de fonctionnement ou de la disponibilité du calcinateur rotatif.
- Réduction de l'efficacité de fonctionnement ou de la disponibilité du circuit de purification.
- Corrosion imprévue des composants du procédé.
- Réduction de l'efficacité du fonctionnement ou de la disponibilité de la concentration d'acide.

Il est difficile d'évaluer les besoins de maintenance d'un procédé tel que celui qui utilise de multiples produits chimiques hautement abrasifs, acides ou caustiques qui peuvent nécessiter une maintenance importante.

Les coûts d'entretien sont basés sur l'expérience des projets antérieurs. Une stratégie d'entretien détaillée devrait être préparée pour atténuer davantage ce risque.

Aucun contrat ou accord formel n'a été signé pour l'approvisionnement en concentré de spodumène, la vente de sulfate de lithium, l'achat de réactifs, l'électricité ou l'approvisionnement en gaz naturel. Une certaine variabilité de ces coûts est donc probable. Les stratégies d'atténuation comprennent la signature de contrats.

Des essais de confirmation sont nécessaires pour valider la consommation des principaux réactifs et la quantité de résidus attendue. Ainsi, une certaine variabilité dans les quantités de réactifs et de résidus peut se produire.

14.9 RISQUES LIÉS À L'EXÉCUTION

Un calendrier préliminaire du projet a été préparé par ACSI pour le présent rapport. Une certaine incertitude demeure autour de la stratégie d'exécution finale, et des changements aux hypothèses utilisées dans ce rapport peuvent affecter le calendrier et le coût du projet. Les mesures d'atténuation futures comprennent le développement d'une stratégie d'exécution détaillée avant le démarrage de l'usine.

Le présent calendrier d'exécution et l'estimation des coûts d'immobilisation qui y sont associés supposent que la stratégie d'exécution suivra le modèle typique d'EPCM complet et sera exécutée par une société d'EPCM ayant fait ses preuves pour ce type d'installation au Québec.

Des changements dans le modèle d'exécution supposé peuvent générer des risques liés au calendrier et aux coûts d'investissement. Le calendrier actuel du projet suppose que tous les permis soient obtenus comme prévu. Les retards dans l'obtention des permis augmenteront le calendrier du projet et, probablement, son coût.

14.10 RISQUE GLOBAL DU PROJET

Le lithium est un minéral industriel et les prix de vente des différents composés du lithium ne sont pas publics. Les accords de vente sont négociés sur une base individuelle et privée avec chaque utilisateur final différent. Il est possible que les prix de vente utilisés dans l'analyse financière soient différents du marché réel lorsque GLCI sera en mesure de vendre des composés de lithium.

L'estimation comprend une certaine provision pour l'augmentation des coûts de fourniture des équipements. En cas de retards supplémentaires dans le financement, il pourrait s'avérer nécessaire de renégocier les coûts et les délais de livraison avec les fournisseurs.

15.0 INTERPRÉTATION ET CONCLUSIONS

Cette ÉOÉ conclut que la viabilité économique et technique de l'option " vente de cristaux de sulfate de lithium " pour le projet a une valeur actuelle nette (VAN) avant impôts de 6 875 millions de dollars canadiens (taux d'actualisation de 8 %), soit un flux de trésorerie avant impôts moyen sur la durée de vie du projet de 870,5 millions de dollars canadiens par an. L'étude a révélé une valeur actuelle nette (VAN) après impôts de 5 282 millions de dollars canadiens (taux d'actualisation de 8 %), soit un flux de trésorerie après impôts moyen sur la durée du projet de 674,6 millions de dollars canadiens par an.

Un coût d'investissement du projet de 448 millions de dollars canadiens, y compris une contingence de 35 %.

Le coût d'exploitation a été défini comme étant de 5 392 \$CAN/t de cristaux de sulfate de lithium.

Bien que le projet Matagami soit très rentable, GLCI ne sait toujours pas si nous produirons du sulfate, du carbonate ou de l'hydroxyde de lithium. Cela doit être conforme à la stratégie de GLCI et aux besoins régionaux prévus.

Le GLCI ne sait pas non plus à quel processus d'autorisation environnementale le projet sera soumis, ce qui pourrait avoir un impact à la fois sur l'emplacement du projet, sur le produit sélectionné et sur la capacité du projet.

16.0 RECOMMANDATIONS

Recommandations de procédé pour la prochaine phase de développement du projet :

- Préciser à quel processus d'autorisation environnementale le projet sera soumis, ce qui pourrait avoir un impact à la fois sur la localisation du projet, le produit sélectionné et sur la capacité du projet.
- Travail d'essai nécessaire pour soutenir la définition du schéma de procédé, la mise à l'échelle, la définition de l'équipement et les contrôles.
- Pilotage du programme de calcination : essai de décrépitation du concentré dans le four rotatif dans une installation d'essai pilote spécialisée afin d'obtenir des données supplémentaires pour la mise à l'échelle de l'équipement et le développement des paramètres et des contrôles du procédé.
- PSD du spodumène calciné et du dépôt de lithium : optimisation du broyage en circuit fermé pour déterminer la taille optimale des particules pour la digestion acide, la lixiviation ultérieure, la filtration et le contrôle des impuretés.
- Essais hydrométallurgiques de lixiviation et d'élimination des impuretés.
- Essais de séparation solide-liquide : Essais de filtration et d'épaississement des étapes de lixiviation et de purification de l'eau.
- Étude des alternatives d'élimination des résidus de lixiviation à l'eau.
- Étude des alternatives d'approvisionnement en GNL et H₂SO₄, y compris l'utilisation de l'énergie hydroélectrique pour la conversion.
- Étude de la récupération d'énergie.

- Évaluation des alternatives techniques et économiques pour l'élimination des résidus de sable siliceux de lixiviation à l'eau : ils peuvent être utilisés comme remblai de site minier, stockés localement ou vendus aux clients.
- R&D de la cristallisation du sulfate de lithium, essais pilotes et évaluation de l'accumulation d'impuretés. Des tests IX peuvent être nécessaires.
- Étude de compromis pour la sélection du meilleur produit (Li_2SO_4 , LiOH , Li_2CO_3) pour l'entreprise.
- Étude de compromis pour le meilleur choix de site (Matagami, Rouyn, Valleyfield, Bécancour, autres).
- Clarifier la disponibilité de l'énergie avec Hydro-Québec.
- Clarifier le processus environnemental et l'acheminement des permis avec les autorités.

De: Jonathan Gagné, Directeur Général, Sayona Québec
À: Denys Laplante, Agent de développement minier, MERN
Date: Septembre 2018
Sujet: Argumentaire - Étude de transformation – Sayona Québec

Introduction

Ce document vise à présenter l'analyse faite par Sayona Québec relativement à une étude d'opportunité économique et de marché pour la transformation au Québec du concentré de spodumène allant provenir de son projet de lithium Authier et les raisons pour lesquelles cette transformation n'est pas dans les plans actuels de la compagnie.

Le terme transformation utilisé dans ce document fait référence au passage du concentré de spodumène à un sel de lithium, hydroxyde ou carbonate.

Sayona Québec

Sayona Québec, une filiale de Sayona Mining, est une compagnie junior en développement qui s'intéresse au lithium, élément-clé de la fabrication des batteries lithium-ion. Le projet Authier est le premier projet de lithium de la compagnie à passer du stade d'exploration à celui de mise en valeur. Sayona Mining est une compagnie publique cotée à la bourse australienne sous le titre SYA.

Le Projet Authier

Le projet Authier est un projet de mine à ciel ouvert qui vise l'extraction d'un minerai de pegmatite à spodumène dans le but d'en concentrer le spodumène. La concentration du spodumène sera faite sur le site de la mine pour ensuite être vendu. Le projet se situe dans une région minière à proximité de commodités d'achats et d'approvisionnement, ainsi que d'un réseau routier développé (Figure 1). De plus, on y trouve une main-d'œuvre qualifiée. Les conditions du site se prêtent à une exploitation minière efficace tant au niveau des aspects environnementaux, techniques, sociaux qu'économiques. Sayona Québec s'engage à développer le projet de sorte à minimiser les effets sur l'environnement et à maximiser les retombées pour les communautés locales.

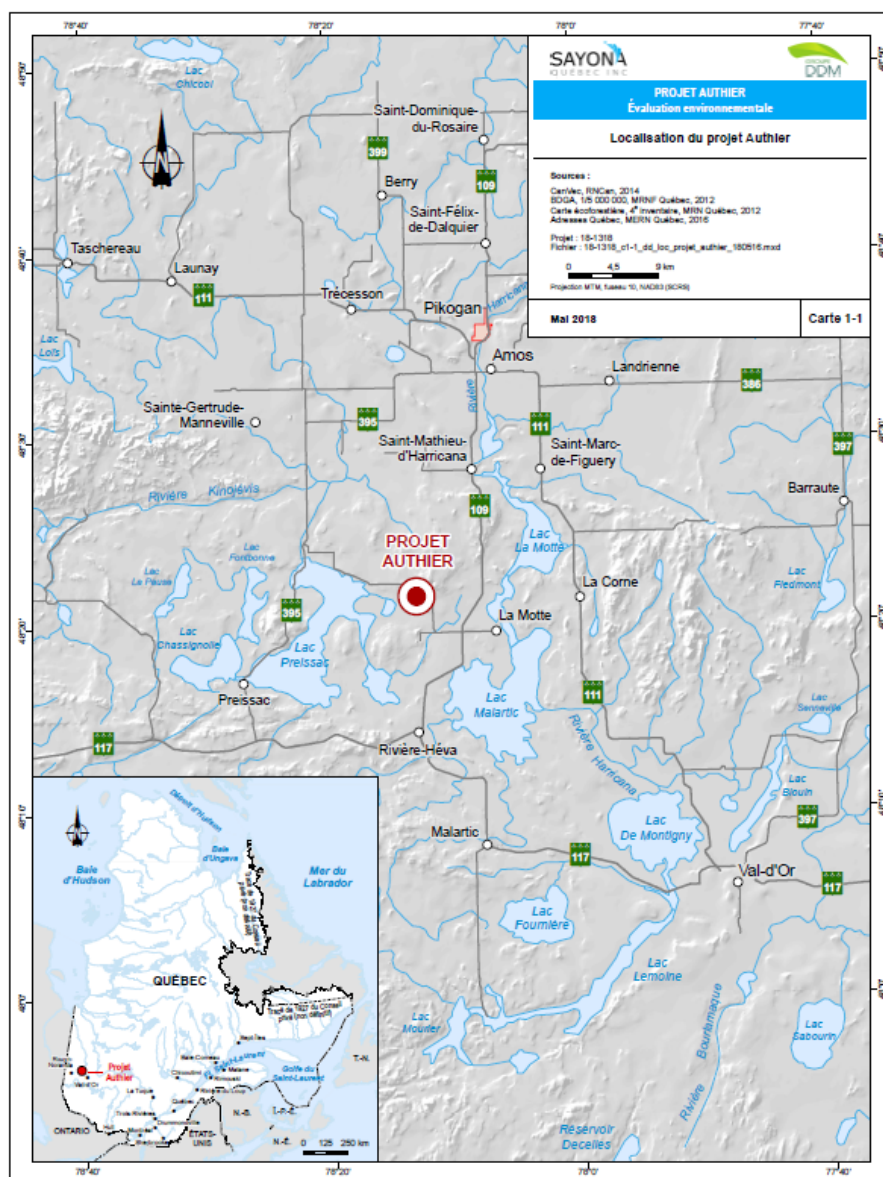


Figure 1 : Localisation du Projet Authier

Plan d'affaires

Sayona Québec vise à produire et à vendre un concentré de spodumène par l'entremise de son usine de concentration prévue à La Motte en Abitibi. Puisque seule la Chine est acheteur de ce type de concentré en date d'aujourd'hui, c'est ce marché qui est visé dans les études actuelles. Le concentré sera transporté de la mine à un port, pour ensuite être chargé sur des bateaux cargos et acheminé à l'acheteur.

Par contre, le Québec pourrait rapidement devenir un consommateur de concentré de spodumène avec les futures usines de transformation prévues par North American Lithium

et Nemaska. Celles-ci devraient être en opération aux alentours de 2020-2021. Dans le cas où ces entreprises désireraient acquérir du concentré additionnel afin d'augmenter leur production ou pour renouveler leur réserves minérales, Sayona aurait tout intérêt à discuter avec celles-ci et à vendre son produit sur le marché local. Le fait de vendre sur le marché Québécois serait avantageux à plusieurs points, dont :

- La proximité avec l'acheteur;
- De possibles synergies avec des compagnies québécoises;
- Des coûts de transport moins élevés;
- Participer à la prospérité de la Province (emplois, retombées, etc.).

Deuxième phase de transformation

Le concentré de spodumène ne peut pas être utilisé tel quel. Un traitement hydrométallurgique transformant le concentré de spodumène en carbonate de lithium ou en hydroxide de lithium est requis afin d'obtenir un produit plus pur et utilisable.

Sayona a procédé à une étude économique préliminaire en 2017 afin d'évaluer le potentiel économique relié à la construction d'une telle usine. Malgré les résultats positifs, cette avenue n'est pas envisagée pour l'instant par le conseil d'administration de la compagnie. Plusieurs raisons sont à l'origine de cette décision, dont :

- Un taux d'extraction du minerai prévue de moins de 2,000 tonnes par jour, n'est pas optimal pour l'opération d'une usine hydrométallurgique. Pour ce faire, il serait recommandé d'accroître considérablement le taux d'extraction. Cela aurait comme effet de diminuer la vie de la mine à plus ou moins 10 années. Il serait donc difficile de justifier un tel investissement pour une aussi courte période d'opération. En d'autres termes, la grosseur de la réserve minérale (~12.0 millions de tonnes à 1.00 %Li₂O) est jugée trop petite pour un tel investissement. En guise de comparaison, les réserves de North American Lithium et de Nemaska qui planifient une usine de deuxième transformation sont :
 - North American Lithium: 20.80 Mt à 0.94 %Li₂O¹
 - Nemaska: 37.36 Mt à 1.48 %Li₂O²
- Une usine hydrométallurgique relève d'avantage d'une expertise chimique que minière. Sayona Mining n'a pas cette expertise et il serait difficile d'avoir le support de ses investisseurs pour la développer;
- Il serait difficile de justifier un tel investissement compte tenu de la capitalisation boursière actuelle de Sayona Mining et de son nombre d'actions en circulation;
- Déjà deux usines de ce genre seront construites au Québec. La main d'œuvre technique et compétente sera donc très prisée et difficile à obtenir.

¹ <http://www.miningfeeds.com/2017/09/21/north-american-lithium-nal/>

² <http://www.nemaskalithium.com/en/whabouchi/lithium-resources-reserves/>

Possibles synergies avec North American Lithium

Amperex Technology Co Ltd ('CATL'), la plus importante société de fabrication de batteries automobiles en Chine, a récemment acheté plus de 90% de participation dans la compagnie North American Lithium dans le but de sécuriser son approvisionnement en carbonate de lithium. Selon une analyse, les ventes de CATL se classent au premier rang des meilleurs producteurs mondiaux de piles au lithium en 2017. L'entreprise se prépare à une première offre publique qui en fera le plus grand fabricant de batteries automobiles au monde d'ici 2020. Les raisons suivantes poussent à croire qu'une synergie entre Sayona et North American Lithium est envisageable :

- Authier est situé à 75 km de NAL (voir Figure #2);
- Authier est le seul dépôt avec des réserves dans la région;
- Les réserves NAL sont de 20,8 Mt à 0,94% Li₂O, combinées avec Authier (~12,0 Mt à 1,00% Li₂O), cela créera une nouvelle réserve de 32,8 Mt à 0,96%, soit une augmentation de 58% de réserve disponible pour North American Lithium;
- North American Lithium veut augmenter sa production de carbonate de lithium dans les prochaines années et leur mine a une capacité physique d'extraction maximale ainsi qu'une réserve limitée;
- North American Lithium aura besoin d'un approvisionnement externe (en minerai ou en concentré) s'il veut atteindre les objectifs de CATL;
- North American Lithium serait en mesure de réduire la pression sur son exploitation en utilisant le minerai ou le concentré d'Authier.

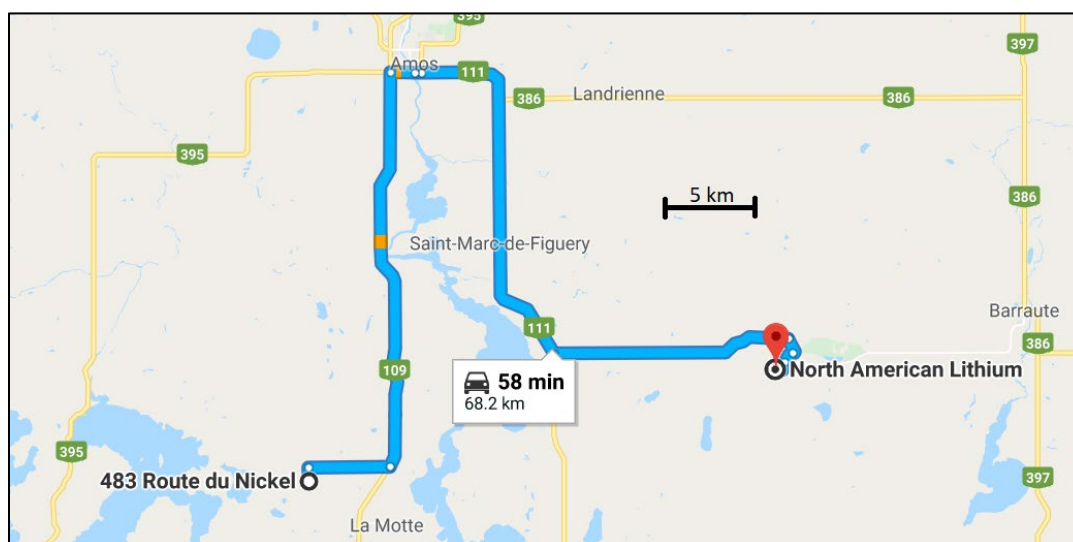


Figure 2 : Distance entre le projet Authier et North American Lithium

Autres options possibles

Malgré les justifications présentées, Sayona n'écarte pas complètement la construction d'une usine de deuxième transformation. Les raisons qui pourraient pousser Sayona à construire une telle usine sont :

- Si aucune entente n'a pu être signée avec des acteurs locaux et si le prix de transport vers le marché asiatique augmente significativement;
- Si Sayona arrive à augmenter ses réserves par l'entremise de travaux d'exploration sur sa propriété Authier ou sur ses autres propriétés au Québec;
- Si Sayona et une autre compagnie fusionnent, créant ainsi une plus grande réserve capable de justifier un tel investissement;
- Si Sayona passe une entente avec un partenaire stratégique désirant financer une telle usine.

Conclusion

En conclusion, Sayona désire développer son projet Authier d'une façon où toutes les parties prenantes en seront bénéficiaires, dont la province du Québec. Le traitement du concentré n'est pas envisagé dans le plan d'affaires actuel de la compagnie du aux raisons présentées dans ce document. Cependant, cette option reste toujours envisageable à plus long terme et risque d'être le sujet d'études additionnelles dans un avenir plus ou moins rapproché.

original signé

Jonathan Gagné, ing, MBA
Directeur Général
Sayona Québec



CORPORATION LITHIUM ÉLÉMENTS CRITIQUES

PROJET ROSE LITHIUM-TANTALE

ÉTUDE D'OPPORTUNITÉ ÉCONOMIQUE ET DE MARCHÉ POUR LA TRANSFORMATION AU QUÉBEC

Val-d'Or, le 25 juillet 2023

Table des matières

1.0	Description de l'entreprise	3
2.0	Description du projet minier	4
2.1	Propriété.....	4
2.2	Réserves et exploitation	5
2.3	Traitement du minerai.....	6
2.4	Infrastructures	6
2.5	Investissement	7
3.0	Études de marché.....	8
3.1	Lithium	8
3.2	Tantale.....	10
4.0	Transformation du lithium - Usine d'hydroxyde de lithium.....	15
4.1	Introduction.....	15
4.2	Le procédé et l'usine	16
4.3	Réactifs	18
4.4	Services.....	18
4.5	Résidus	18
4.6	Localisation.....	19
4.7	Analyse économique	20
5.0	Transformation de la tantalite.....	20
5.1	Raffinage	20
5.2	Électrolyse	21
5.3	Analyse économique	21
6.0	Conclusions	21
6.1	Lithium	21
6.2	Tantale.....	22

Liste des tableaux

Tableau 1-1 : Structure financière de Corporation Lithium Éléments Critiques	3
Tableau 3-1: Applications pour le tantale.....	11
Tableau 3-2 : Production et réserves minières mondiales de tantale 2020, 2021 et 2022	14
Tableau 3-3 : Dépendance des États-Unis vis-à-vis les importations de tantale.....	15
Tableau 4-1 : Applications potentielles étudiées.....	19

Liste des figures

Figure 2-1 : Emplacement de la propriété Rose Lithium-tantale.....	4
Figure 2-2 : Vue en plan de la fosse.....	5
Figure 2-3 : Vue vers l'ouest de la fosse	5
Figure 2-4 : Schéma de procédé de l'usine.....	6
Figure 2-5: Plan du site Rose Lithium-Tantale	7
Figure 3-1: Prévision de l'offre et la demande mondiale de carbonate de lithium équivalent (McKinsey)	9
Figure 3-2 : Prix du tantale de 2018 à 2022 (\$US/kg Ta ₂ O ₅ contenu) (source : Statista)	12
Figure 3-3 : Marché mondial du tantale (MMR)	13
Figure 4-1 : Flux de procédé de la section hydrométallurgique	17
Figure 4-2 : Vue de l'usine d'hydroxyde de lithium	17
Figure 4-3 : Arrangement général du site de l'usine.....	18

1.0 Description de l'entreprise

Corporation Lithium Éléments Critiques (la Corporation) est une société d'exploration minière détenant plusieurs propriétés au Québec. La société est orientée vers le lithium. Elle a atteint cet objectif grâce à son projet Rose lithium-tantale qui est actuellement à un stade d'exploration avancé. Corporation Lithium Éléments Critiques vise à mettre le projet de lithium-tantale Rose en production rapidement. Son projet phare Rose lithium-tantale est situé sur le territoire Eeyou Istchee Baie-James au Québec avec un accès à des infrastructures telles que : ligne électrique, routes d'accès, aéroport, accès ferroviaire et campement.

Son siège social est situé au :

1080, Côte du Beaver Hall
Bureau 2101
Montréal, Québec
H2Z 1S8

Corporation Lithium Éléments Critiques est une compagnie publique avec 209,7 M actions en circulation, une capitalisation boursière de 388 M\$CA. La direction et les administrateurs détiennent 4.71% des actions. Sa structure financière est présentée au tableau 1-1.

Tableau 1-1 : Structure financière de Corporation Lithium Éléments Critiques

Actions en circulation	209,7 M
Options	3,1 M
Bons de souscription	17,2 M
Pleinement diluées	230,0 M
Prix de l'action	1,85 \$CA
Capitalisation boursière	388,0 M\$CA
Direction / Administrateurs	4,71%

Le conseil d'administration et la direction sont composés des postes suivants.

- Chef de la direction
- Président
- Président du conseil
- Secrétaire et chef de la direction financière
- Vice-président finance
- Vice-président ingénierie, construction et fiabilité
- Et 5 administrateurs

L'équipe d'opération est composée des postes suivants.

- Directeur des opérations
- Directrice environnement
- Directeur des relations aux investisseurs et développement corporatif
- Conseillère en environnement
- Coordonnateur aux relations avec les Cris
- Directeur de projet sénior

Lorsque le projet Rose Lithium-Tantale sera en opération, l'entreprise comptera plus de 400 employés.

Le projet Rose Lithium-Tantale est localisé sur le territoire de la Baie-James Eeyou Istchee. Le projet produira annuellement 215 000 tonnes de concentré de spodumène destiné au marché du verre et des batteries. Avec 26,3 M tonnes de réserves, la vie de la mine est de 17 ans.

2.0 Description du projet minier

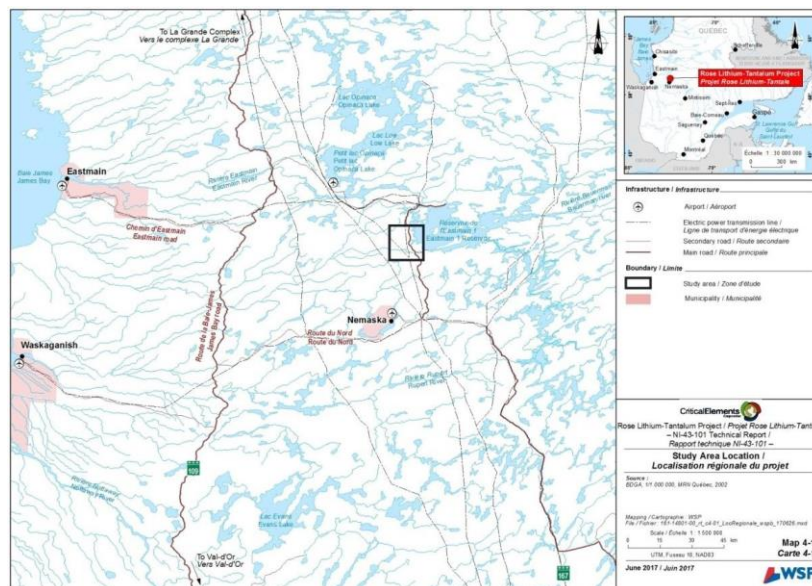
2.1 Propriété

La propriété Rose est située dans la région administrative du nord du Québec, sur le territoire de la Baie-James Eeyou Istchee, sur des terres de catégorie III, sur les terres traditionnelles de la communauté d'Eastmain, à environ 40 kilomètres au nord du village cri de Némaska. Ce dernier est situé à plus de 300 km au nord-ouest de Chibougamau.

La propriété Rose est accessible par route via la Route du Nord, utilisable toute l'année à partir de Chibougamau. Le site minier peut également être rejoint par Matagami, via la Route 109 et la Route du Nord. La figure 1 montre l'emplacement régional du projet. Il est situé à 80 km au sud de la mine d'or Éléonore de Goldcorp et à 45 km au nord-ouest du projet de lithium, Whabouchi appartenant à Némaska Lithium et à 20 km au sud de la centrale hydroélectrique Eastmain 1 d'Hydro-Québec. L'aéroport de Némiscau offre des services de transport aérien dans la région. Le site de Rose est situé à 50 km par la route de l'aéroport de Némiscau.

La propriété Rose est composée de 473 titres miniers répartis sur une superficie de 24 654 hectares. Géologiquement, elle est située dans la portion nord-est de la Province du Supérieur archéen du craton du Bouclier canadien.

Figure 2-1 : Emplacement de la propriété Rose Lithium-tantale



2.2 Réserves et exploitation

La minéralisation est encaissée par des dykes de pegmatites affleurants et subparallèles à la surface. Le corps minéralisé est relativement plat, près de la surface et se compose d'une série de lentilles parallèles orientées vers le nord. Les minéralisations identifiées jusqu'à présent sur la propriété Rose comprennent des indices de pegmatites à lithium-césium-tantale (type LCT) ainsi que des indices de molybdène.

Les réserves actuelles sont composées de 26,3 M tonnes de minerai de lithium (spodumène) et de tantale (tantalite) titrant 0,87% Li_2O et 138 ppm de Ta_2O_5 réparties sur 17 zones minéralisées. L'exploitation sera une opération à ciel ouvert conventionnelle par camions et pelles. La fosse sera exploitée sur une période de 17 ans.

Figure 2-2 : Vue en plan de la fosse

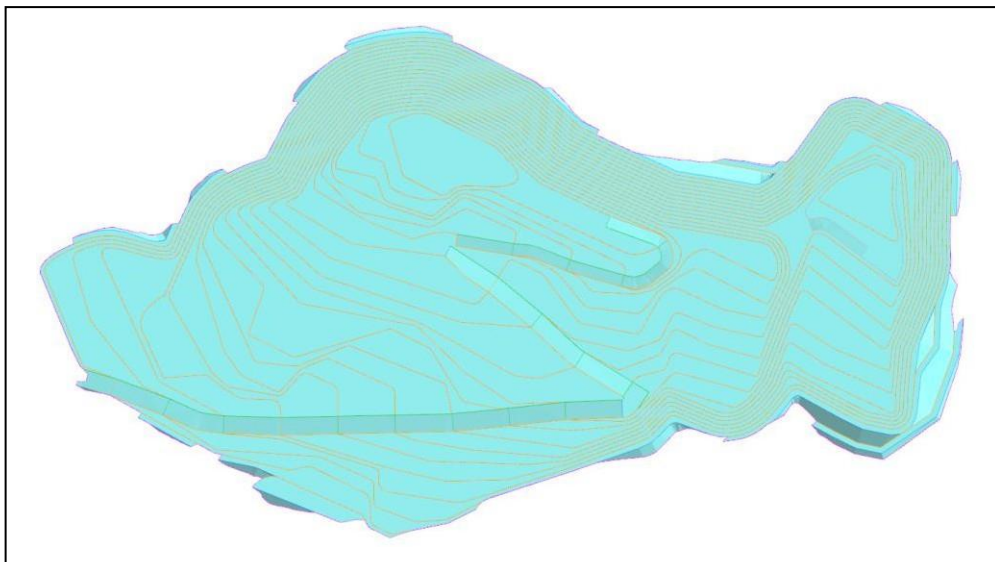
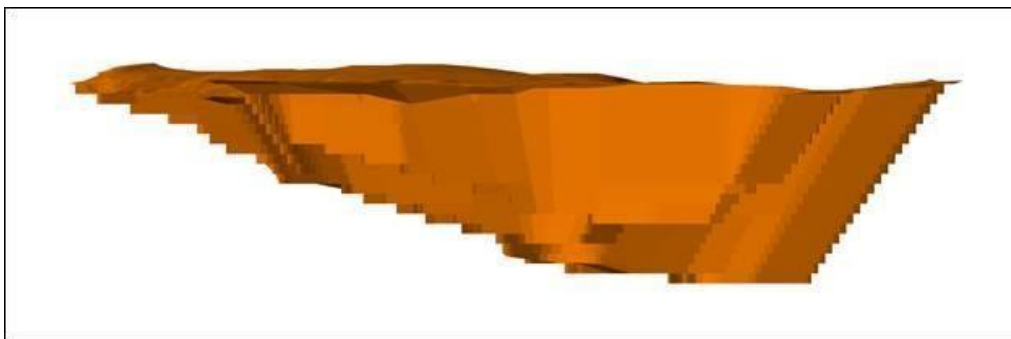


Figure 2-3 : Vue vers l'ouest de la fosse



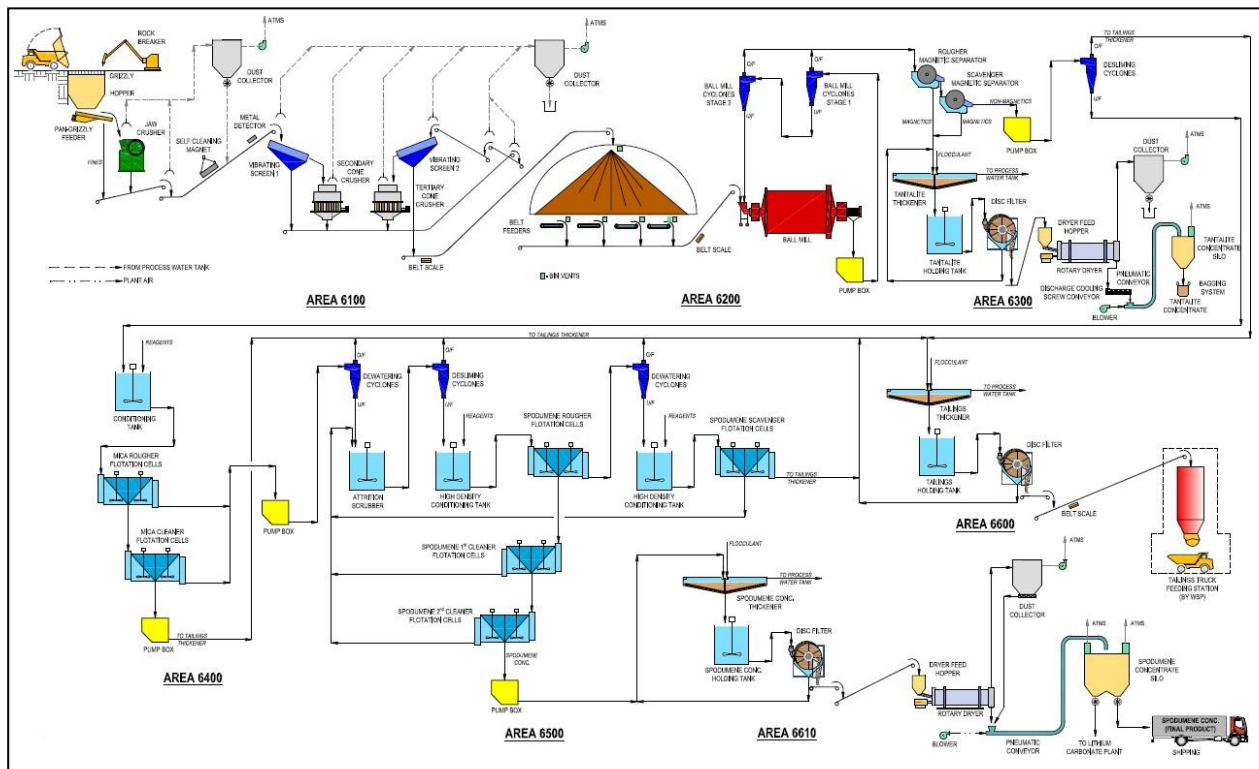
2.3 Traitement du minerai

L'usine de traitement du minerai sera composée des circuits de concassage, de broyage, de séparation magnétique, de flottation, et de filtration. L'usine traitera 1,6 M tonnes de minerai annuellement sur une période de 17 ans. Elle produira annuellement en moyenne 215 000 tonnes de concentré de lithium et 425 000 kg de concentré de tantale 20% Ta_2O_5 .

Elle pourra produire, selon la demande, un concentré de lithium de qualité chimique destiné au marché de la transformation pour des batteries Li-ion, et un concentré de lithium de qualité technique destiné au marché du verre et de la céramique. Il est anticipé que la majorité du concentré de lithium sera destiné à la transformation pour des batteries Li-ion pour le marché de véhicules électriques.

Le concentré de lithium de qualité technique aura une teneur de 6 % de Li_2O et le concentré de lithium de qualité chimique aura une teneur de 5,5 % Li_2O . Le concentré de tantale aura une teneur de 20 % de Ta_2O_5 .

Figure 2-4 : Schéma de procédé de l'usine



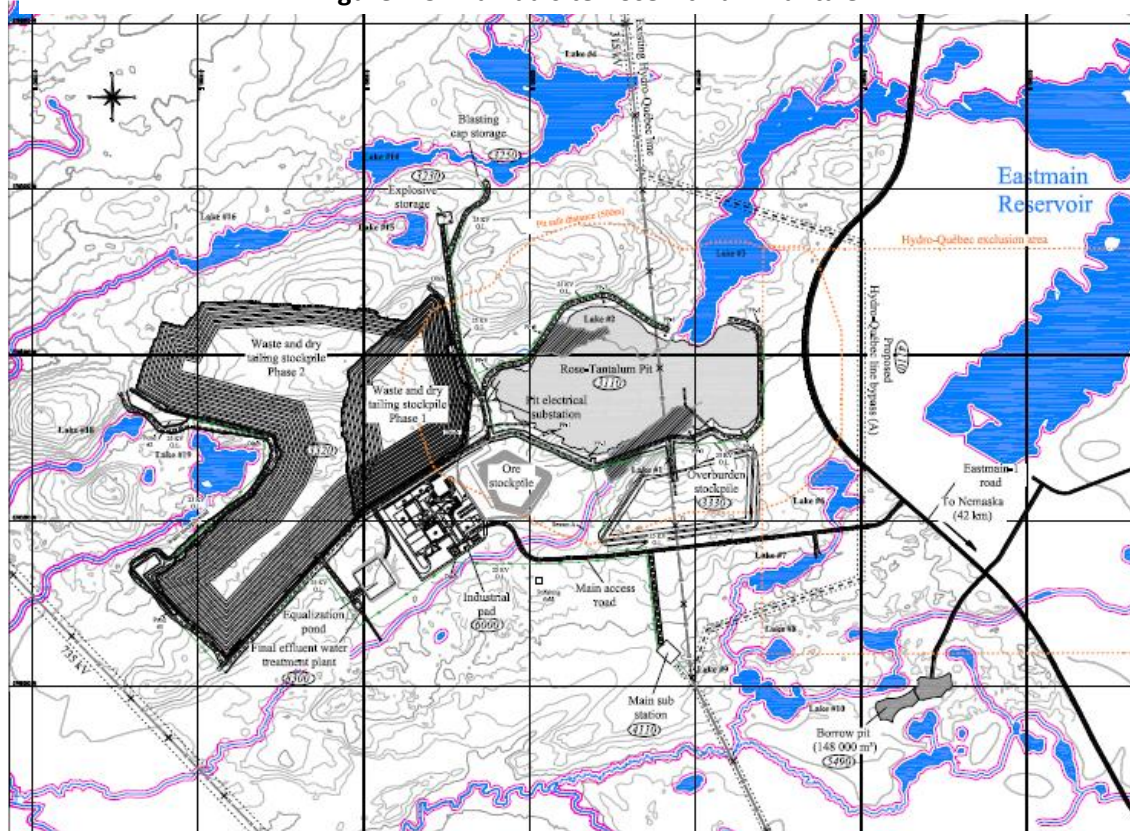
2.4 Infrastructures

L'infrastructure du projet comprendra les routes d'accès et de services, le stockage d'explosifs et de détonateurs, une usine de traitement de spodumène, un garage d'entretien des véhicules, un entrepôt, un entreposage de diesel et d'essence, une aire d'entreposage de minerai, une aire d'entreposage de stériles et de résidus filtrés, une aire d'entreposage de mort terrain, une sous-station électrique principale, une distribution électrique 25 kV, un approvisionnement en eau fraîche et en eau potable, un système de traitement des eaux usées, des infrastructures de gestion des eaux de surface, une usine de

traitement des effluents finaux, un système de communication, un poste de garde et un bâtiment administratif. La disposition du site minier est illustrée à la figure 5.

Le projet est situé à proximité de la route Eastmain 1. L'aéroport Nemiscau est à 50 km du projet. Une ligne électrique de 315 kV surplombe la fosse et devra être relocalisée. Un service de campement pour les employés sera construit à proximité des installations minières.

Figure 2-5: Plan du site Rose Lithium-Tantale



2.5 Investissement

L'investissement nécessaire pour la mise en œuvre du projet est de 464 M\$.

3.0 Études de marché

3.1 Lithium

Introduction

L'étude de marché a été préparée pour Critical Element par Gerrit Fuelling, un consultant indépendant. Gerrit Fuelling est un consultant spécialisé de Taïwan avec plus de 28 ans d'expérience dans l'industrie du lithium. Gerrit Fuelling est un consultant actif fournissant une variété de services tels que les ventes et le marketing, la gestion stratégique et le service technique.

Historique de l'utilisation du lithium

Le lithium a d'abord été utilisé pour des applications techniques telles que le verre résistant à la chaleur, les frittes d'email, les graisses, les matériaux de construction et les composés organiques du lithium. Le développement du véhicule électrique (EV) au début des années 1990 a créé le besoin d'une batterie à haute densité d'énergie que la batterie au lithium pouvait fournir. Le marché des véhicules électriques a commencé à croître en 2010 avec la volonté des gouvernements de réduire la pollution de l'air, les gaz à effet de serre et l'utilisation des combustibles fossiles. Dès lors, la demande de batteries au lithium est directement liée à la demande de véhicules électriques.

La production mondiale de carbonate de lithium équivalent en 2016 était de 200 000 tonnes. En 2022 elle sera de 600 000 tonnes dont 40% est de l'hydroxyde de lithium.

Les principaux producteurs sont Albermarle (www.albermarle.com), Livent (www.livent.com), et Ganfeng (www.ganfenglithium.com). Les autres producteurs sont des compagnies chinoises et la chilienne SQM.

Analyse du marché des véhicules électriques

Les prévisions de la demande de lithium sont basées sur des hypothèses qui apportent un certain degré d'incertitude, mais toutes les sources s'accordent sur une augmentation significative de la demande de véhicules électriques. De nombreux facteurs influencent cette augmentation, mais la volonté de réduire l'empreinte environnementale, l'adaptation par les gouvernements de l'infrastructure de recharge, la réduction des coûts des batteries et la hausse des prix de l'essence en sont les principaux moteurs. Le marché des véhicules électriques a connu une croissance massive au cours de la dernière décennie, en particulier au cours des deux dernières années, dépassant presque les ventes de moteurs à combustion pendant la pandémie de COVID. La croissance du marché des véhicules électriques était de 42 % en 2020 et de 108 % en 2021, ce qui représente un total de 8,3 % de part de marché. L'année 2022 a commencé avec des ventes record de véhicules électriques, avec une augmentation de 94 % d'une année sur l'autre. En janvier 2022, la part de marché des véhicules électriques était de 10 % et devrait atteindre 15 % d'ici la fin de l'année.

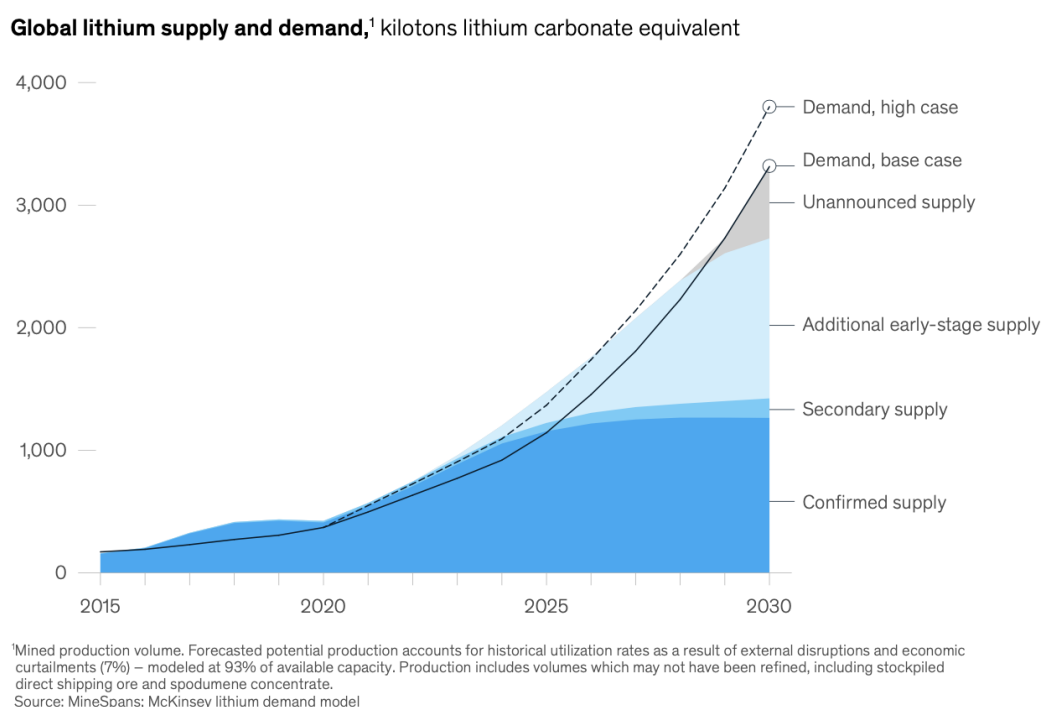
Récemment, plus de 20 pays ont annoncé une future interdiction des ventes de voitures conventionnelles, et les constructeurs ont ouvertement déclaré leur volonté de réduire ou d'éliminer la production de voitures conventionnelles. À titre d'exemple, Volkswagen a déclaré son objectif de vendre 70 % de véhicules électriques en Europe et 50 % aux États-Unis. En plus du besoin de batteries dans les véhicules électriques personnels, certaines entreprises du secteur privé (telles qu'Amazon, DHL et UPS) visent à convertir l'ensemble de leur flotte de véhicules de livraison en véhicules électriques.

Analyse des prévisions du marché du lithium

De nombreux scénarios ont été élaborés pour prévoir la croissance du marché des véhicules électriques, certains très optimistes, d'autres plus prudents, mais même les plus prudents confirment que la production de matières premières de lithium ne sera pas suffisante avec l'intensité actuelle des investissements, ce qui entraînera une pénurie. Comme l'établissement de la matière première prend du temps, il en résultera probablement un déficit d'approvisionnement pour le reste de la décennie. Par exemple, la croissance de la demande du marché du lithium a été de 55 % en 2021 et de 30 % en 2022 à ce jour, et devrait atteindre plus de 60 %.

La figure 6 montre la production mondiale de carbonate de lithium équivalent depuis 2015 et l'offre et la demande jusqu'en 2030.

Figure 3-1: Prévision de l'offre et la demande mondiale de carbonate de lithium équivalent (McKinsey)



Il existe différents types de matériaux actifs de cathode en fonction de l'utilisation de la batterie. Par exemple, les modèles à longue autonomie nécessitent des matériaux à haute teneur en nickel, tandis que les VE à courte autonomie ont tendance à utiliser des matériaux à faible teneur en nickel, ce qui rend encore plus difficile de prévoir les différents besoins en matières premières. Quelle que soit la matière active de la cathode choisie, les deux sont des matières premières à base de lithium (hydroxyde de lithium [LiOH] et carbonate de lithium [Li₂CO₃]). Bien que la part de ces matières soit inconnue, il est certain que les deux matières seront en pénurie. Bien que l'on ne sache pas quel type de matériau actif de cathode prévaudra, les oxydes de nickel de haute qualité nécessitent du LiOH, qui semble donc être le matériau qui prévaudra. Par conséquent, nous pouvons supposer que la demande de LiOH augmentera plus rapidement que celle de Li₂CO₃. Ceci est basé sur l'attente que l'Europe et les États-Unis compteront davantage sur les cathodes à haute teneur en nickel pour les applications à longue portée. La cathode

LiOH contient 29 % de lithium, alors que le Li_2CO_3 en contient 19 %, ce qui crée une plus grande demande de lithium.

Sur la base des prévisions réelles de la demande de lithium, de l'augmentation des coûts de production des opérateurs historiques et des nouveaux entrants, des exigences de qualité croissantes et des exigences ESG plus strictes entraînant des dépenses d'investissement plus élevées, un prix d'au moins 22 000 USD/MT de LCE (*Lithium Carbonate Equivalent*) est une condition préalable à la mise en place de nouveaux projets. Comme le marché est confronté à un déficit structurel d'approvisionnement pour le reste de cette décennie, les prix devraient dépasser les exigences de prix minimum. Benchmark Minerals et Fastmarkets ont tous deux déclaré au T2 2022 des prix contractuels supérieurs à 60 USD/kg pour le carbonate de lithium et l'hydroxyde de lithium.

Conclusion

Nous pouvons conclure que les produits à base de lithium continueront de croître dans les années à venir. Cependant, le prix restera certainement élevé en raison de la demande croissante de véhicules électriques et de la production déjà limitée de matières premières. Nous considérons qu'un prix réaliste du produit LiOH-H₂O de qualité batterie est de 22 000 USD/MT LCE.

3.2 Tantale

Généralités

Le tantale est un métal bleu-gris rare, non toxique et dense, hautement malléable et chimiquement inerte. Ses caractéristiques uniques sont la stabilité à des températures extrêmes et élevées et ses propriétés anticorrosion ont permis à l'élément de gagner en importance dans de nombreux alliages métalliques et applications. L'utilisation principale du tantale est dans les condensateurs pour l'électronique grand public. Le tableau 3-1 donne un aperçu des utilisations industrielles du tantale.

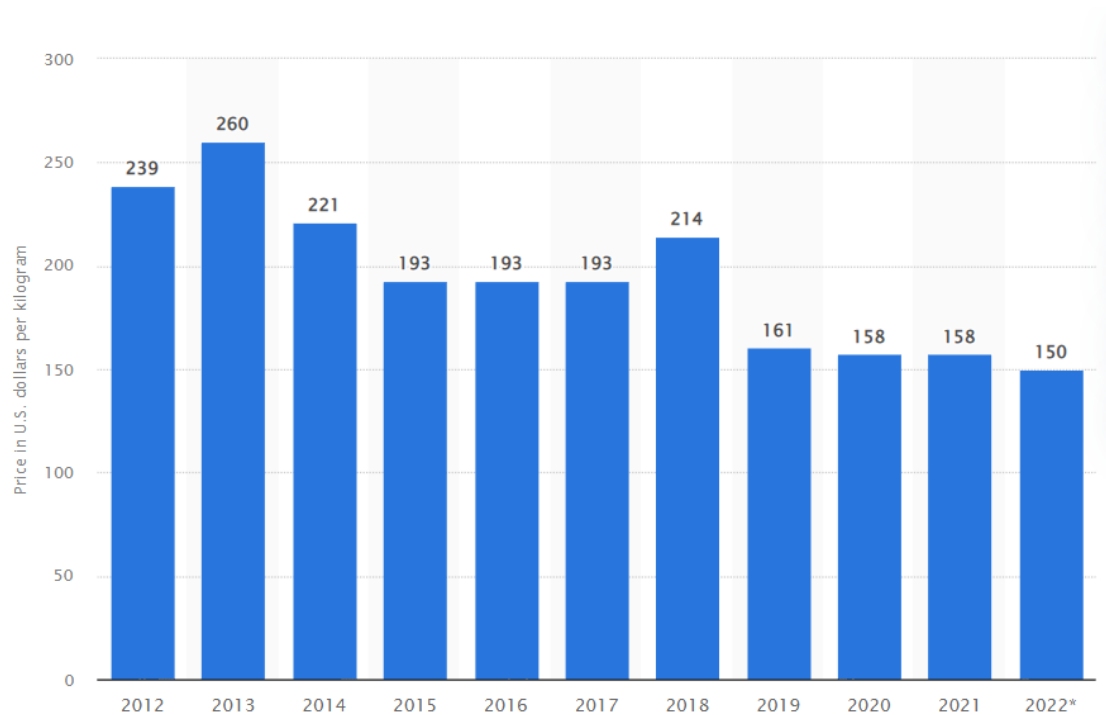
Historiquement, l'offre et la demande de tantale étaient relativement équilibrées. La demande a augmenté au niveau du PIB sur la base des larges gammes d'applications du matériau avec un approvisionnement provenant principalement d'exploitations minières artisanales en Afrique centrale et complété par de grandes mines au Brésil et en Australie. Il en est résulté un environnement de prix relativement stable des concentrés de tantalite d'environ 80 à 90 \$/kg de Ta_2O_5 contenu. Avec l'adoption de la loi Dodd-Frank en 2011, qui incluait la désignation du tantale comme minéral de conflit, l'offre de tantale est devenue limitée et les prix du tantale sont devenus très volatils, culminant en 2012 à un prix des concentrés de plus de 270 \$/kg de Ta_2O_5 contenu. Dans les années depuis 2012, la contrainte d'approvisionnement en tantale a diminué d'abord par les consommateurs s'approvisionnant auprès de sources certifiées sans conflit en Afrique centrale et plus tard par un nouvel approvisionnement provenant d'un sous-produit de l'extraction du lithium. De plus, le congrès américain a assoupli la loi Dodd-Frank en mai 2018 conformément à la volonté du président Donald Trump de revenir sur les réglementations bancaires votées par son prédécesseur. Le seuil à partir duquel les banques sont contrôlées par la plus haute surveillance de la banque centrale a été relevé de 50 à 250 milliards de dollars d'actifs. De ce fait, le nombre de banques soumises à ce contrôle est passé de 38 à 12 établissements.

Avec une meilleure disponibilité et l'assouplissement de la loi Dodd-Frank aux États Unis, les prix du concentré de tantale sont retombés à environ 150 \$/kg de Ta_2O_5 contenu. La figure 3-2 présente le prix de tantale de 2018 à 2022.

Tableau 3-1: Applications pour le tantale

Industrie	Usage	Caracteristiques	Produit
Automobile	Systèmes de freinage antiblocage, systèmes d'activation d'airbag et modules de gestion du moteur	High strength, resistance to high temperatures	Poudre de tantale
Céramiques et revêtements	Condensateurs en céramique, revêtement en verre, lentilles de caméra et films radiographiques	Haute résistance	Oxyde de tantale et tantalate d'yttrium
Produits chimiques	Traitement chimique	Ductile, résistance à la corrosion	Tantale métal
Construction	Systèmes de protection cathodique pour les grandes structures en acier telles que les plates-formes pétrolières et les fixations résistantes à la corrosion telles que les vis, les écrous et les boulons	Haute résistance, résistance à la corrosion	Tantale métal
Ingénierie	Outils de coupe	Résistance aux hautes températures (carbures)	Tantalum carbide
Électronique	Condensateurs, filtres à ondes acoustiques de surface pour capteurs et technologies d'écran tactile, pilotes de disque dur et lumières LED	Capacité volumétrique insensible aux températures élevées et à la température, stabilité thermodynamique	Tantalate de lithium, poudre de tantale, lingots et nitrure
Médecine	Stimulateurs cardiaques, aides auditives et prothèses telles que les articulations de la hanche	Bio-inertie	Tantale métal
Métallurgique	Pièces de fours, superalliages pour moteurs à réaction et tuyères de moteurs-fusées	Résistance aux hautes températures	Tantale métal et lingots
Militaire	Pièces de missiles, lunettes de vision nocturne et systèmes de positionnement global (GPS)	Résistance aux hautes températures, Capacité volumétrique élevée et insensible à la température	Lingots et oxyde de tantale

Figure 3-2 : Prix du tantale de 2012 à 2022 (\$US/kg Ta₂O₅ contenu) (source : Statista)



Le tantale en tant que sous-produit minier

Le tantale se trouve rarement sous sa forme élémentaire et est plutôt extrait comme un minéral tel que la columbite, la tantalite et la wodginite. Ces minéraux sont composés d'un mélange d'éléments contenant le plus souvent du tantale, du niobium, du thorium et de l'uranium. Ces minéraux se trouvent souvent dans des gisements avec d'autres matériaux de valeur commerciale tels que le lithium, le cobalt et l'étain. Par conséquent, ces minéraux sont souvent récupérés en tant que sous-produit de l'extraction de ces matériaux.

Exploitation minière artisanale et matériaux de conflit

Des gisements de minéraux contenant du tantale se trouvent en Afrique centrale où ils sont souvent exploités à petite échelle par des individus locaux, ce que l'on appelle l'exploitation minière artisanale. Le produit de l'extraction de ces matériaux est parfois utilisé pour financer les conflits civils en cours dans cette région. La loi Dodd-Frank de 2011 et la législation qui l'accompagne dans l'Union européenne obligent toutes les entreprises publiques à divulguer la source des minéraux utilisés dans leurs produits et à certifier qu'elles n'ont pas été associées à des violations des droits de l'homme. Le tantale est défini comme un minerai de conflit en vertu de la loi. Par conséquent, les entreprises doivent faire preuve de diligence raisonnable afin de déterminer si leur tantale, ou l'un de ses dérivés proviennent de la République démocratique du Congo ou de ses pays limitrophes. Ces réglementations et des réglementations similaires au Canada et en Chine limitent l'approvisionnement en tantale de la région, car il peut être difficile pour les entreprises de déposer et de prouver que le minerai est sans conflit. Toutefois, en mai 2018, le congrès américain a assoupli la loi Dodd-Frank facilitant l'approvisionnement dans cette région par les compagnies américaines.

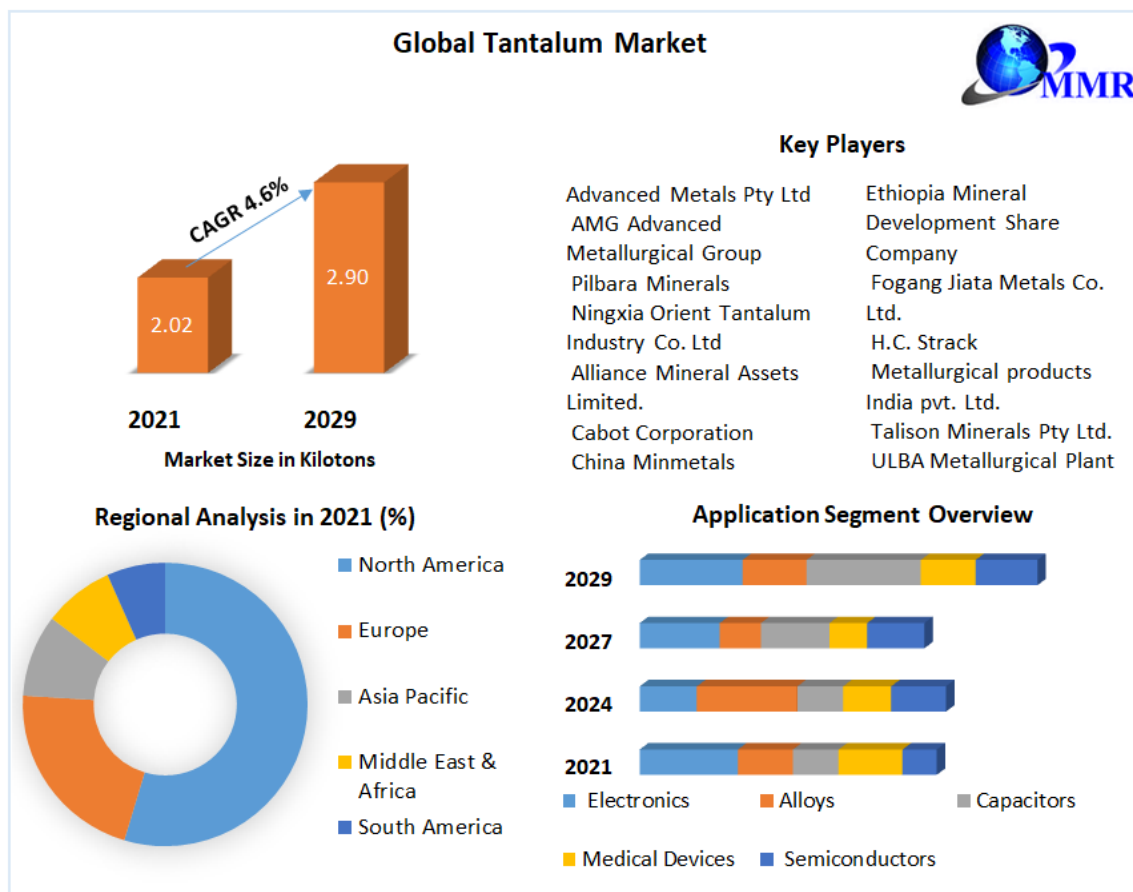
Substituts

Selon l'USGS, les matériaux suivants peuvent être substitués au tantale, mais une perte de performance ou des coûts plus élevés peuvent s'ensuivre : niobium et tungstène dans les carbures ; l'aluminium, la céramique et le niobium dans les condensateurs électroniques ; verre, molybdène, nickel, niobium, platine, acier inoxydable, titane et zirconium dans des applications résistantes à la corrosion ; et hafnium, iridium, molybdène, niobium, rhénium et tungstène dans les applications à haute température.

Demande et perspectives de tantale

Selon Maximize Market Research (MMR), le marché du tantale était évalué à 2 020 tonnes en 2021 et devrait croître de 4,6 % de 2022 à 2029 pour atteindre près de 2 900 tonnes de tantale (Ta) au cours de la période de prévision. La figure 8 montre la demande du marché mondial du tantale de MMR jusqu'en 2029.

Figure 3-3 : Marché mondial du tantale (MMR)



Approvisionnement en tantale et perspectives

Il existe un certain nombre de sources d'approvisionnement en tantale telles que l'exploitation minière, le recyclage (à partir de composants électroniques contenant du tantale et de déchets de carbure cémenté et de superalliage contenant du tantale), les scories d'étain (sous-produits de la fusion de l'étain) et les concentrés synthétiques. Roskill estime que plus de la moitié de l'approvisionnement mondial en tantale provient des opérations minières. Selon le United States Geologic Survey (USGS), la production totale de

tantale provenant des opérations minières était d'environ 2 000 tonnes en 2022, contre 1 200 tonnes signalées par l'USGS en 2015. Les plus grandes mines productrices en 2022 sont situées au Brésil, en République démocratique du Congo (RDC) et au Rwanda. Selon l'USGS, la RDC et le Rwanda représentent près de 61% de l'approvisionnement total des opérations minières mondiales tandis que le Brésil représente 19%. Le Rwanda ne serait qu'un commerçant. Le tableau 3-2 présente la production minière mondiale de tantale pour les années 2020, 2021 et 2022. Les quantités expriment des tonnes de tantale (Ta) contenues dans la production minière et dans les réserves.

Tableau 3-2 : Production et réserves minières mondiales de tantale 2020, 2021 et 2022

Pays	Production minière			Réserves	
	2020	2021	2022 ^e	2021	2022
États-Unis	0	0	0	0	0
Australie	34	62	57	94,000	99,000
Bolivie	7	7	1	ND	ND
Brésil	470	470	370	40,000	40,000
Burundi	24	32	39	ND	ND
Chine	74	76	78	ND	180,000
Congo (RDC)	780	700	860	ND	ND
Ethiopie	69	52	24	ND	ND
Mozambique	43	43	34	ND	ND
Nigeria	260	260	110	ND	ND
Russie	49	39	39	ND	ND
Rwanda	254	270	350	ND	ND
Uganda	38	40	38	ND	ND
Total mondial (arrondi)	2,100	2,100	2,000	ND	ND

Notes: 1) Source: U.S. Geological Survey

2) e = Estimé. ND = Non disponible.

3) Les quantités expriment des tonnes de tantale (Ta) contenu dans la production minière et dans les réserves. Ta₂O₅ est composé à 81.897% de Ta.

4) Pour l'Australie, les réserves sont conformes au Joint Ore Reserves Committee ou équivalent étaient de 39 000 tonnes.

Il ressort du tableau 3-3 qu'il n'existe actuellement aucune mine en Amérique du Nord fournissant du tantale et que les États-Unis dépendent à 100 % des importations pour leurs utilisations du tantale. Les statistiques d'importation de tantale pour les États-Unis de 2017 à 2022 y démontrent un marché potentiel pour le concentré de tantale du projet Rose.

Tableau 3-3 : Dépendance des États-Unis vis-à-vis les importations de tantale

	<u>2017</u>	<u>2018</u>	<u>2019</u>	<u>2020</u>	<u>2021</u>	<u>2022</u>
Miné aux USA, tonnes Ta contenu	-	-	-	-	-	-
Autre (débris), tonnes Ta contenu	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Importations, tonnes Ta contenu	1,460	1,660	1,380	1,230	1,300	1,700
Exportations, tonnes Ta contenu	549	681	423	417	580	480
Inventaire, tonnes Ta contenu	-	-	-	-	-	-
Consommation apparente, tonnes Ta	907	975	956	797	710	1,200
Prix, \$/kg Ta ₂ O ₅ contenu	193	214	161	158	158	150
Dépendance nette aux importations en pourcentage de la consommation apparente, tonnes Ta contenu	100	100	100	100	100	100

Notes: 1) Source: U.S. Geological Survey

2) Les importations et les exportations comprennent la teneur estimée en tantale des concentrés synthétiques de tantale-niobium, des minerais et concentrés de niobium et de tantale, des déchets et débris de tantale, des alliages et poudres de tantale bruts et d'autres articles en tantale. Les concentrés synthétiques et les minerais et concentrés de niobium étaient supposés contenir 32 % de Ta₂O₅. Les minerais et concentrés de tantale ont été supposés contenir 37 % de Ta₂O₅. Ta₂O₅ est composé à 81,897 % de tantale.

Prévision du prix de tantale

Malgré les perspectives positives d'une croissance du marché du tantale, la pression sur son prix dû à ses substituts et l'assouplissement de la loi Dodd-Frank aux États Unis, on s'attend à ce que le prix du tantale dans les concentrés demeure entre 150 et 160 \$/kg Ta₂O₅ contenu.

Le site internet de Inframat montre qu'une poudre de tantale de qualité métallurgique aurait un prix de 790 \$US/kg. Les spécifications d'une qualité métallurgique sont une pureté >99,95% Ta, -200 mesh, FSSS 5 à 10 µm, 500 à 1 800 ppm en oxygène, et <50 ppm en niobium.

Il y a très peu de fabricants de poudre de tantale dans le monde. Les principaux fabricants sont Global Advanced Metals, HC Starck, et Ningxia Orient Tantalum Industry.

4.0 Transformation du lithium - Usine d'hydroxyde de lithium

4.1 Introduction

Des échantillons de concentré de lithium de l'usine pilote du projet Rose ont été envoyés chez Metso Outotec en Europe où ils ont été analysés en laboratoire pour étudier le potentiel d'en produire un carbonate de lithium et un hydroxyde de lithium. Les travaux ont démontré qu'un carbonate de lithium ainsi qu'un hydroxyde de lithium de qualité batterie pouvaient être produits à partir des concentrés du projet Rose avec un bon taux de conversion.

Par la suite, une étude de faisabilité a été réalisée par Metso Outotec et WSP Canada Inc. (WSP) pour une usine de transformation de concentré de spodumène en hydroxyde de lithium établie au Québec. Metso Outotec avait la responsabilité du procédé et de l'usine. WSP avait la responsabilité des infrastructures, de l'approvisionnement des réactifs et des services, et de l'intégration de l'étude. Cette étude a démontré une rentabilité certaine d'une telle usine concluant avec un taux de rendement interne de plus de 25% et une valeur actuelle nette de 1 200 M\$ après impôts. Les points essentiels de l'étude sont résumés dans les sections suivantes.

Également, un programme d'usine pilote d'hydroxyde de lithium a été réalisé par Metso Outotec dans ses laboratoires en Allemagne et en Finlande. Ce programme a démontré la robustesse du procédé élaboré par Metso Outotec et confirmé les taux de conversion.

La Corporation a choisi l'hydroxyde de lithium parce qu'elle estime que ses caractéristiques seront préférées au carbonate de lithium pour le marché des voitures électriques. Il est à noter que le procédé hydrométallurgique de l'usine permet également de produire un carbonate de lithium.

L'usine aurait une capacité de produire 30 670 tonnes d'hydroxyde de lithium de qualité chimique par année (27 000 tonnes LCE/an). La production mondiale annuelle en 2022 de produits de lithium pour les batteries sera d'environ 600 000 tonnes. La production de l'usine n'aurait donc pas d'influence sur le cours du lithium. Aussi, une usine de cette taille a atteint le seuil d'efficacité; une usine de plus grande capacité ne représente pas un avantage de coût de production unitaire. Donc, la taille de l'usine de capacité de 30 000 tonnes d'hydroxyde de lithium produites par année semble optimale.

Elle serait alimentée en premier lieu du concentré de qualité chimique du projet Rose.

Les prochaines étapes pour la Corporation seraient :

- Ingénierie de détails pour la sélection finale des équipements de l'usine.
- La sélection finale d'un site et l'ingénierie de détails pour y établir et construire l'usine.
- Travaux de valorisation des résidus d'analcime. Cela comprend une caractérisation des résidus de l'usine pilote, une étude des marchés potentiels, des travaux de laboratoire, et une étude économique préliminaire.

4.2 Le procédé et l'usine

L'usine de production d'hydroxyde de lithium est conçue pour traiter annuellement 219 000 tonnes de concentré de spodumène et produire 30 000 tonnes métriques par an d'hydroxyde de lithium monohydraté (LMH).

La conception et la technologie de l'usine de traitement de l'hydroxyde de lithium ont été développées par Metso Outotec et se composent de quatre secteurs principaux ; calcination, hydrométallurgie, préparation des réactifs, et conditionnement du produit final. Les infrastructures du site ont été conçues pour permettre l'exploitation de l'usine de traitement. La figure 7 montre le flux du procédé de l'hydrométallurgie.

La zone de calcination consiste en la conversion du spodumène en un concentré lixiviable. Cette étape est nécessaire avant le procédé hydrométallurgique.

Le système de calcination comprend le séchage, le préchauffage et la calcination du concentré de spodumène dans un four de calcination à lit fluidisé et finalement, du refroidissement dans un refroidisseur à lit fluidisé. Le four de calcination sera alimenté au gaz naturel.

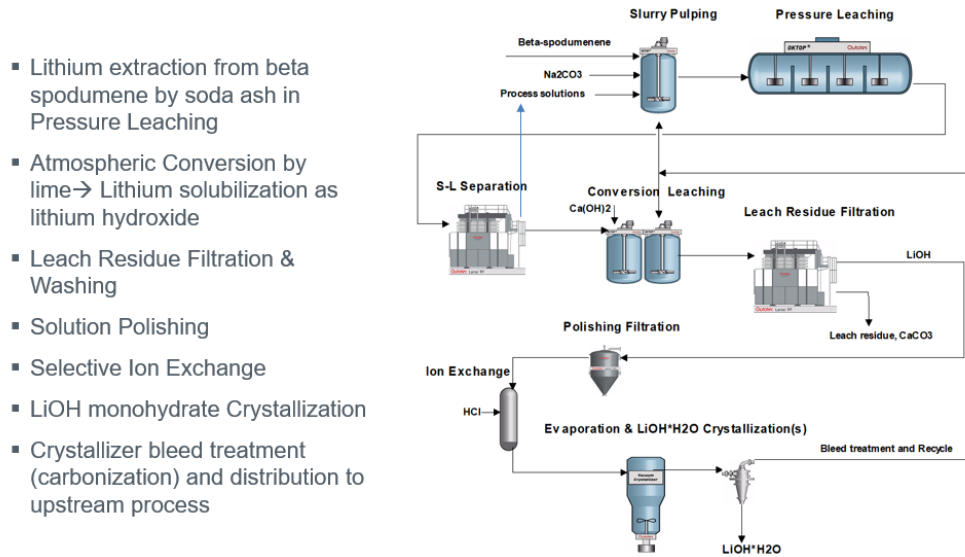
Le procédé hydrométallurgique développée par Metso Outotec inclut les étapes de lixiviation sous pression, de conversion, d'échange d'ions et de cristallisation pour produire de l'hydroxyde de lithium monohydraté de qualité chimique.

La dernière section de l'usine est pour l'ensachage automatisé du produit fini dans des sacs de 500 kg.

Figure 4-1 : Flux de procédé de la section hydrométallurgique

LITHIUM HYDROXIDE PROCESS

Patented Metso Outotec Lithium Hydroxide Flowsheet



Les figures 8 et 9 montrent une vue isométrique de l'usine d'hydroxyde de lithium, et un arrangement général du site.

Figure 4-2 : Vue de l'usine d'hydroxyde de lithium

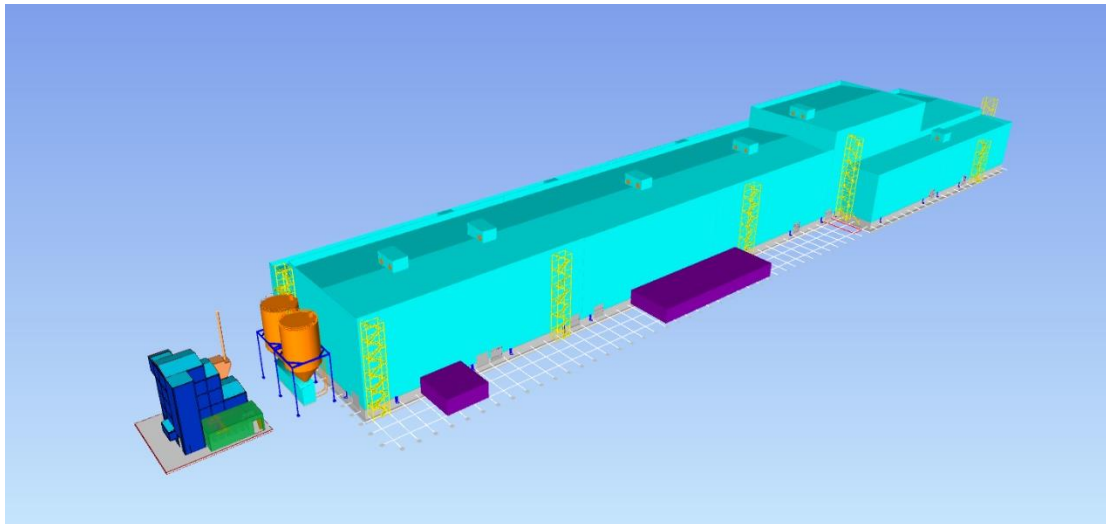
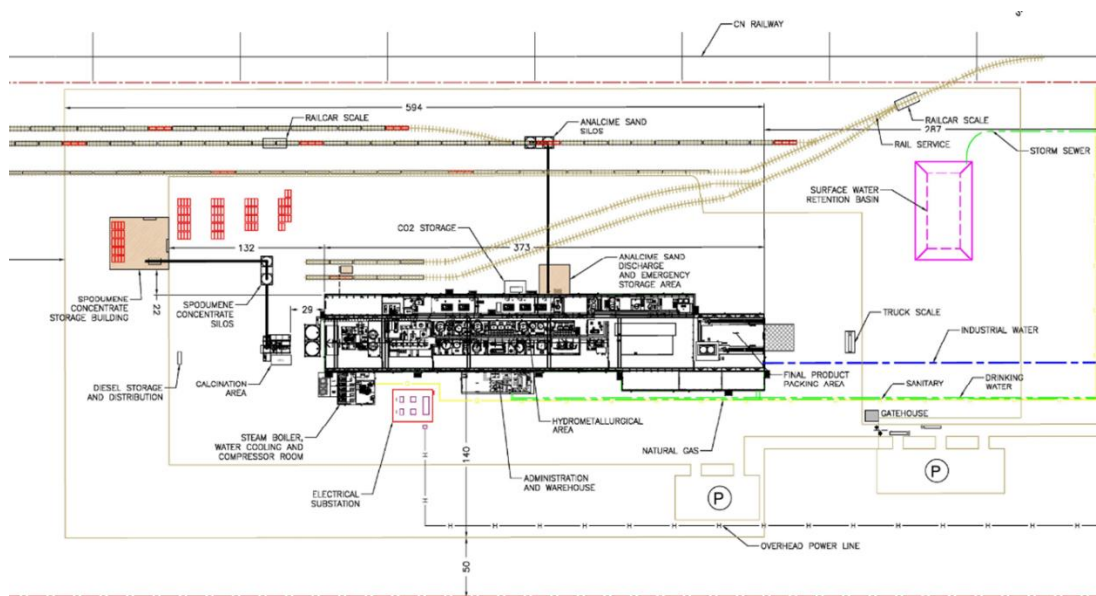


Figure 4-3 : Arrangement général du site de l'usine



4.3 Réactifs

Le procédé utilisera les réactifs suivants.

- Carbonate de sodium (Na_2CO_3)
- Phosphate trisodique (Na_3PO_4)
- Oxyde de calcium (CaO)
- Acide hydrochlorique (HCl)
- Hydroxyde de sodium (NaOH)
- Gaz carbonique (CO_2)

Ils sont tous disponibles à prix compétitifs sur le marché québécois. Certains seraient livrés par train et d'autres par camion dépendamment de la quantité, de leur point d'origine et de la localisation de l'usine d'hydroxyde de lithium. Le gaz carbonique serait produit sur le site par une petite usine modulaire de fabrication.

4.4 Services

L'usine aurait besoin des services suivants.

- Gaz naturel
- Électricité
- Eau domestique
- Eau industrielle
- Égouts
- Service ferroviaire

4.5 Résidus

L'usine produirait annuellement plus de 300 000 tonnes de résidus composés d'un sable d'analcime et des quantités mineures de minéraux n'ayant pas réagi, tels que le quartz, ainsi que du carbonate de calcium

(CaCO₃), qui se forme lors de l'étape de conversion. L'analclime est un sable inerte et sa formule chimique est NaAlSi₂O₆-H₂O.

Une étude préliminaire de valorisation des résidus d'analclime a été réalisée sans résultats probants. Les utilisations potentielles qui ont été considérées sont présentées au tableau 4-1.

Tableau 4-1 : Applications potentielles étudiées

Application	Potentiel	
Ciment	La teneur en sodium de l'analclime est trop élevée. Le sodium est indésirable dans les cimenteries.	×
Béton	Le sable analclime pourrait être utilisé comme complément ou remplacement du ciment dans la fabrication du béton en tant que matériau pouzzolanique. Les matériaux pouzzolaniques ont la propriété, en présence d'eau et de calcium réactif, de réagir avec l'eau et de former des hydrates de liaison	✓
Sable de fonderie	La finesse et la dureté des particules de sable le rendent indésirable pour une utilisation comme sable de moulage. De plus, le pH du sable étant à l'extrémité alcaline de la plage, il est peu probable que ce produit puisse être utilisé comme sable de moulage dans une opération de fonderie.	×
Vitrocéramique	La teneur en fer de l'analclime est trop élevée pour donner un aspect transparent au verre.	×
Agent de soutènement	Utilisés dans la fracturation hydraulique, les agents de soutènement nécessitent une taille et une forme de particules spécifiques. L'analclime de CEC peut être à l'extrémité inférieure des classes de taille utilisées. Une enquête plus approfondie est nécessaire.	×
Industrie de la zéolithe	Les zéolithes sont des minéraux aluminosilicates microporeux couramment utilisés comme adsorbants et catalyseurs commerciaux. La quantité des résidus produits est supérieure au marché.	×

Il est donc prévu dans l'étude que les résidus de sable d'analclime soient transportés vers un site d'élimination de remblai propre. Toutefois, des travaux de valorisation additionnels devraient être entrepris. Cela nécessitera une caractérisation approfondie des résidus produits par le programme d'usine pilote suivi d'une revue complète des avenues potentielles de valorisation à étudier. Une valorisation des résidus pourrait nécessiter une transformation chimique.

L'autre résidu de l'usine d'hydroxyde de lithium est un sel résiduel solide qui sera stocké dans des barils et éliminé par une entreprise spécialisée.

4.6 Localisation

L'usine devra être localisée dans un parc industriel ayant les services mentionnés plus haut. Elle devrait aussi être à proximité d'un port de mer. Elle devrait également être située à proximité d'une main-d'œuvre compétente et d'entreprises de services divers. Les endroits actuellement considérés sont le parc industriel de Bécancour, la municipalité de Shawinigan, et le port de Saguenay.

4.7 Analyse économique

La construction d'une usine d'hydroxyde de lithium nécessiterait un investissement total estimé entre 600 M\$ et 950 M\$.

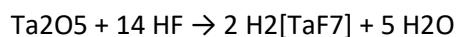
L'analyse économique après impôt a démontré la rentabilité du projet en concluant avec un taux de rendement interne supérieur à 25% et une valeur actuelle nette de plus de 1 500 M\$.

5.0 Transformation de la tantalite

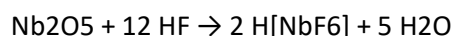
5.1 Raffinage

Le raffinage du tantale à partir de ses minerais est l'un des procédés de séparation les plus exigeants de la métallurgie industrielle. Le principal problème est que les minerais de tantale contiennent généralement des quantités importantes de niobium, qui a des propriétés chimiques presque identiques à celles du Ta. Un grand nombre de procédures ont été développées pour relever ce défi.

À l'échelle industrielle moderne, la séparation est réalisée par hydrométallurgie. L'extraction commence par la lixiviation du minerai avec de l'acide fluorhydrique avec de l'acide sulfurique ou de l'acide chlorhydrique. Cette étape permet de séparer le tantale et le niobium des différentes impuretés non métalliques de la roche. Bien que Ta se présente sous la forme de divers minéraux, il est commodément représenté par le pentoxyde, car la plupart des oxydes de tantale (V) se comportent de manière similaire dans ces conditions. Une équation simplifiée pour son extraction est donc :



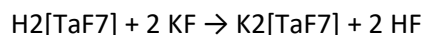
Des réactions complètement analogues se produisent pour le composant niobium, mais l'hexafluorure est généralement prédominant dans les conditions de l'extraction.



Les complexes de fluorure de tantale et de niobium sont ensuite éliminés de la solution aqueuse par extraction liquide-liquide dans des solvants organiques, tels que la cyclohexanone, l'octanol et la méthylisobutylcétone. Cette procédure simple permet d'éliminer la plupart des impuretés contenant des métaux (par exemple le fer, le manganèse, le titane, le zirconium), qui restent dans la phase aqueuse sous la forme de leurs fluorures et autres complexes.

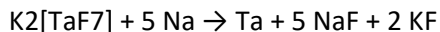
La séparation du tantale du niobium est alors réalisée en abaissant la force ionique du mélange acide, ce qui provoque la dissolution du niobium dans la phase aqueuse. Après l'élimination du niobium, la solution de $\text{H}_2[\text{TaF}_7]$ purifié est neutralisée avec de l'ammoniac aqueux pour précipiter l'oxyde de tantale hydraté sous forme solide, qui peut être calciné en pentoxyde de tantale (Ta_2O_5).

Au lieu de l'hydrolyse, le $\text{H}_2[\text{TaF}_7]$ peut être traité avec du fluorure de potassium pour produire de l'heptafluorotantalate de potassium :



Contrairement à $\text{H}_2[\text{TaF}_7]$, le sel de potassium est facilement cristallisé et manipulé sous forme solide.

K₂[TaF₇] peut être converti en tantale métallique par réduction avec du sodium, à environ 800 °C dans un sel fondu.



5.2 Électrolyse

Le tantale peut également être raffiné par électrolyse, en utilisant une version modifiée du procédé Hall – Héroult. Au lieu d'exiger que l'oxyde d'entrée et le métal de sortie soient sous forme liquide, l'électrolyse au tantale fonctionne sur des oxydes en poudre non liquides. La découverte initiale a eu lieu en 1997 lorsque des chercheurs de l'Université de Cambridge ont immergé de petits échantillons de certains oxydes dans des bains de sel fondu et réduit l'oxyde avec un courant électrique. La cathode utilise de l'oxyde métallique en poudre. L'anode est en carbone. Le sel fondu à 1 000 °C (1 830 °F) est l'électrolyte. La première raffinerie a une capacité suffisante pour répondre à 3% à 4 % de la demande mondiale annuelle.

5.3 Analyse économique

La production annuelle de tantalite du projet Rose sera environ 427 tonnes de concentré à 20% Ta₂O₅ contenant 85 tonnes de Ta₂O₅, soit 69 tonnes de tantale (Ta). Ceci représente approximativement 3,4% de la production minière mondiale de tantale.

Une usine chimique pour convertir la tantalite en poudre de tantale serait alimentée à un rythme d'environ 1,2 tonnes de concentré par jour pour une production de poudre de tantale d'environ 197 kg par jour.

La production minière mondiale est actuellement environ 2 000 tonnes par année de Ta, 2 442 tonnes de Ta₂O₅ contenu. En reprenant les chiffres de l'USGS, ceci représente une production minière annuelle de 7 632 tonnes de concentré @ 32% Ta₂O₅.

L'alimentation de cette production minière mondiale aux quelques raffineries qui la traite est 22 tonnes de concentré par jour pour une production de 5,7 tonnes par jour de poudre de tantale. Cette production ne tient pas compte des produits recyclés contenant du tantale qui sont tous traités aux mêmes raffineries.

Il y a très peu de raffineries dans le monde qui font une première transformation de tantalite et autres produits de tantale. Celles-ci traitent et produisent nombre d'autres métaux. Tenant compte des économies d'échelles dont elles peuvent bénéficier, il est difficile d'entrevoir qu'une usine d'une production quotidienne de 197 kg de poudre de tantale pourrait être compétitive.

6.0 Conclusions

6.1 Lithium

Le potentiel économique et technique d'une usine d'hydroxyde de lithium implantée au Québec ayant été démontré, la Corporation souhaite poursuivre vers la prochaine étape, soit les travaux d'ingénierie détaillée. Ces travaux seraient les suivants :

- L'ingénierie de détails pour la sélection définitive des équipements spécialisés de l'usine.

- La sélection finale d'un site et l'ingénierie de détails pour effectuer la construction de l'usine d'hydroxyde de lithium.
- La confirmation des coûts CAPEX et OPEX du projet de l'usine d'hydroxyde de lithium.
- Les travaux de valorisation des résidus d'alcalin. Cela comprend une caractérisation des résidus de l'usine pilote, une étude des marchés potentiels, des travaux de laboratoire, et une étude économique préliminaire.

Des analyses économiques supplémentaires seront nécessaires par la suite. Si la corporation décide de poursuivre avec la construction d'une usine d'hydroxyde de lithium, elle s'engage à ce que celle-ci soit construite au Québec. Le cas échéant, la corporation s'engage également à ce que totalité du concentré de spodumène de qualité chimique soit acheminé à cette usine.

6.2 Tantale

La production annuelle de tantalite du projet Rose sera environ 427 tonnes de concentré à 20% Ta_2O_5 contenant 85 tonnes de Ta_2O_5 , soit 69 tonnes de tantale (Ta). Ceci représente approximativement 3,4% de la production minière mondiale de tantale.

Mondialement, la première transformation de tantale est partagée par peu de raffineries. Celles-ci traitent aussi d'autres produits de tantale dont des équipements récupérés contenant du tantale. Elles produisent également bien d'autres métaux. Le traitement des concentrés de tantalite de Rose produirait au mieux 197 kg par jour de poudre de tantale alors que la production mondiale de tantale de source minière est de l'ordre de 5 700 kg par jour sans compter les autres sources de tantale qui s'ajoutent à cette production. Tenant compte des économies d'échelle qu'elles bénéficient, une usine produisant seulement 197 kg par jour de Ta, établie au Québec ou ailleurs, ne pourrait être rentable et l'investissement dans un tel projet ne pourrait être justifié. Donc, CELC n'a pas l'intention de poursuivre avec un projet de raffinage de tantale.

Demande média

En préparation

Date et heure de réponse attendue 2023-01-11 16:30

Format de la réponse Écrite Porte-parole |

Demande sensible Non

Responsable à la DCOM

Sylvain Carrier

Sylvain.Carrier@mern-mffp.gouv.qc.ca

Secteur(s) répondant(s)

Mandataire

SMA Mines

Collaborateur(s)

Média (s)

CoStar News

Quotidien

Provincial

art.53-54

Journaliste

Français

Contexte

Je suis le reporter montréalais de CoStar News. Nous couvrons les affaires nouvelles au Canada et aux États-Unis.

Je vous écris parce que j'aimerais vous poser des questions sur le communiqué de presse de Tesla concernant les mines de lithium de Sayona.

<https://www.businesswire.com/news/home/20230103005156/en/Piedmont-Lithium-Amends-Agreement-With-Tesla>

Questions / Réponses

Question 1

Je crois que l'une de ces mines est ouverte (La Corne) et l'autre (La Motte) attend l'autorisation de votre ministère. Pourriez-vous s'il vous plaît clarifier et commenter cela ? J'aimerais aussi savoir quel impact cela pourrait avoir et si c'est considéré comme un événement majeur pour la scène minière québécoise.

• Réponse

- La mine de Lithium Amérique du Nord située à La Corne a commencé sa mise en service en fin d'année 2022. Le bail minier avait déjà été délivré en 2012 pour cette mine.
- Une demande de bail minier a été déposée au Ministère pour le projet Authier. L'entreprise poursuit ses travaux en vue d'une mise en exploitation éventuelle de ce projet.
- L'acquisition, en 2021, de la mine Lithium Amérique du Nord à La Corne va notamment permettre une synergie entre les activités de ce site minier et celles prévues au projet Authier situé à La Motte en Abitibi-Témiscamingue.
- L'entente entre Piedmont et Tesla représente pour Sayona un premier jalon dans la réalisation de sa stratégie québécoise qui pourrait mener à terme à l'exploitation de plusieurs gisements et à la transformation au Québec du concentré produit. Pour le Québec, ceci viendrait donc aider, à plus long terme, à réaliser l'un des objectifs de la Stratégie québécoise de développement de la filière batterie visant à exploiter et transformer les minéraux critiques et stratégiques du territoire québécois pour fabriquer des composants de batterie, comme des anodes et des cathodes.

Information interne

[]