

Projet pilote sur l'adoption de mécanismes de traçabilité des minéraux pour batteries

Rapport final - Mars 2022

TABLE DES MATIÈRES

Table des matières	2
Remerciements	3
Abréviations et terminologies	4
Introduction	6
Participants au projet pilote	7
Propulsion Québec	7
Nouveau Monde Graphite	7
Groupe OPTEL	8
CIRAIG	9
Équipe de travail, coordination et gestion de projet	9
Objectifs du projet	12
La <i>Global Battery Alliance</i>	13
Passeport Batteries	13
Autres projets pilotes menés par la GBA	14
Concept et méthodologie	15
Technologies utilisées	16
OPTEL GeoTrace™	16
OPTEL GeoWeight™	16
OPTEL Traceability Platform™ (OTP)	17
Sécurité, confidentialité et partage	17
Connectivité aux chaînes de blocs	17
Confidentialité	17
Partage de données	18
Solution déployée	18
Résultats du pilote	19
Cartographier la chaîne de valeur du graphite	19
Identifier les sources d'émissions de GES	20
Développer la stratégie de traçabilité	22
Identification des technologies utilisées	24
Mise en œuvre du système de traçabilité	25
Empreinte carbone estimée	27
Critères et normes applicables aux enjeux sociaux et de gouvernance	30
Approche de la <i>Global Battery Alliance</i>	30
Le <i>General Data Rulebook</i>	31
Le <i>Child Labor Index</i>	32
Recommandations liées à un déploiement en phase commerciale au Québec et au Canada	35
Opérations en phase de démonstration	35
Collecte des données et automatisation	35
Autres recommandations	36
Conclusion	38
	39
Annexes	39

REMERCIEMENTS

Dans le cadre de ce projet, Propulsion Québec, la grappe des transports électriques et intelligents, tient à remercier plusieurs collaborateurs. Tout d'abord, les partenaires financiers de ce projet, nommément le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec (MERN), Ressources naturelles Canada (RNCAN) et Investissement Québec, sans lesquels ce projet n'aurait été possible.

Un remerciement particulier à Nouveau Monde Graphite qui s'est portée volontaire pour ce projet, et plus spécifiquement à Frédéric Gauthier et à Julie Paquet qui ont agi à titre de responsables de projet et dont la précieuse collaboration a permis de réaliser et de bonifier ce pilote.

Finalement, merci à la direction et aux employés d'OPTEL et du CIRAIG qui ont participé de près ou de loin au projet. Ils ont su concilier les besoins du projet vis-à-vis des opérations en place et des technologies de traçabilité et de cycle de vie nécessaires au bon déroulement.

ABRÉVIATIONS ET TERMINOLOGIES

API : *Application Programming Interface* — Ensemble normalisé de classes, de méthodes, de fonctions et de constantes qui sert de façade par laquelle un logiciel offre des services à d'autres logiciels.

ACV : Analyse de cycle de vie : une méthode d'évaluation normalisée (ISO 14040 et 14044) permettant de réaliser un bilan environnemental multicritère et multiétape d'un système (produit, service, entreprise ou procédé) sur l'ensemble de son cycle de vie.

Application Web : Logiciel qui consiste en des pages ou des sites web, et qui peuvent apparaître à l'utilisateur de la même manière que les applications natives ou les applications mobiles. Ce type d'applications tente de combiner les fonctionnalités offertes par la plupart des navigateurs modernes avec les avantages de l'expérience offerte par les appareils mobiles.

B Corp : Certification octroyée aux sociétés commerciales (à but lucratif) répondant à des exigences sociétales et environnementales, de gouvernance ainsi que de transparence envers le public.

CIRAIG : Centre international de référence sur le cycle de vie des produits, procédés et services : <https://ciraig.org/index.php/fr/accueil/>

ERP : *Enterprise Resource Planning* (Progiciel de gestion intégré) — un progiciel qui permet « de gérer l'ensemble des processus d'une entreprise en intégrant l'ensemble de ses fonctions, dont la gestion des ressources humaines, la gestion comptable et financière, l'aide à la décision, mais aussi la vente, la distribution, l'approvisionnement et le commerce électronique »

ESG : Enjeux environnementaux, sociaux et de gouvernance : les critères ESG permettent d'évaluer la prise en compte du développement durable et des enjeux de long terme dans la stratégie des acteurs économiques (entreprises, collectivités, etc.). Ces critères peuvent par exemple être les émissions de CO₂, la consommation d'électricité, le recyclage des déchets pour le pilier E; la qualité du dialogue social, l'emploi des personnes handicapées, la formation des salariés pour le pilier S; la transparence de la rémunération des dirigeants, la lutte contre la corruption, la féminisation des conseils d'administration pour le pilier G.

GBA : Global Battery Alliance : <https://www.globalbattery.org/>

GLN : *Global Location Number* — Numéro identifiant unique d'une entreprise qui est attribué par GS1. Il est à la forme numérique d'un EAN13. Ses premiers chiffres sont le code pays. Les chiffres suivants sont structurés à l'initiative de l'organisme national de codification.

GS1 : Organisation internationale de normalisation à but non lucratif qui définit les pratiques commerciales standard pour la représentation des données d'identification. Les normes GS1 les plus connues sont les normes mondiales GTIN et EPC pour identifier et échanger des informations sur les produits.

GTIN : *Global Trade Identification Number* — Code d'article international pour l'identification des produits et services qui regroupe de nombreux autres identificateurs de produits normalisés précédemment utilisés (comme l'ISBN, l'UPC-A, l'EAN-13, etc.) en un seul système d'identification unifié.

IP : *Internet Protocol* — Numéro d'identification qui est attribué de façon permanente ou provisoire à chaque périphérique relié à un réseau informatique qui utilise l'*Internet Protocol*. L'adresse IP est à la base du système d'acheminement (le routage) des paquets de données sur Internet.

IQ : Investissement Québec : <https://www.investquebec.com/quebec/fr>

ISC : *Optel's intelligent supply chain for sustainability* propose une large gamme de solutions de traçabilité qui offrent une visibilité sur le cycle de vie des produits et les opérations de la chaîne d'approvisionnement.

MELCC : Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques : <https://www.environnement.gouv.qc.ca/>

MERN : Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec : <https://mern.gouv.qc.ca/>

MIBC : Méthylisobutylcétone — solvant organique utilisé dans l'industrie chimique, plastique et des peintures.

NMG : Nouveau Monde Graphite : <https://nmg.com/fr/>

PQVMCS : Plan québécois pour la valorisation des minéraux critiques et stratégiques 2020-2025 : La vision proposée dans le Plan consiste à faire du Québec un chef de file de la production, de la transformation, de la valorisation et du recyclage des MCS, reconnu à l'échelle internationale pour son approche éthique et respectueuse des principes de développement durable.

RNCan : Ressources naturelles Canada : <https://www.rncan.gc.ca/accueil>

SaaS : *Software As A Service* — modèle d'exploitation commerciale des logiciels dans lequel ceux-ci sont installés sur des serveurs distants plutôt que sur la machine de l'utilisateur. Les clients ne paient pas de licence d'utilisation pour une version, mais utilisent librement le service en ligne ou, plus généralement, paient un abonnement.

INTRODUCTION

En novembre 2020, le ministre de l'Énergie et des Ressources naturelles et ministre responsable de la région de la Côte-Nord, M. Jonatan Julien annonçait que le Gouvernement du Québec accordait une aide financière de 151 600 \$ à la grappe industrielle des véhicules électriques et intelligents, Propulsion Québec, pour la réalisation d'un projet pilote sur l'adoption de mécanismes de traçabilité des minéraux pour batteries.

Cet investissement comprend une somme de 131 600 \$ du ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN) ainsi qu'une somme de 20 000 \$ d'Investissement Québec (IQ). Le Gouvernement du Canada, par le biais de Ressources naturelles Canada (RNCan), a également contribué au projet à la hauteur de 25 000 \$, et ce, en lien avec les priorités stratégiques canadiennes visant à améliorer les décisions d'approvisionnement durable et responsable tout au long des chaînes d'approvisionnement en minéraux essentiels à la transition énergétique.

La réalisation de ce projet s'inscrit dans le cadre des orientations du Plan québécois pour la valorisation des minéraux critiques et stratégiques 2020-2025 (PQVMCS), lequel a été dévoilé à la fin d'octobre 2020. Un des objectifs de ce plan gouvernemental est de promouvoir les filières de minéraux critiques et stratégiques (MCS), dont la réalisation d'un projet pilote sur la mise en place d'un système de traçabilité pour les MCS nécessaires à la fabrication des batteries.

Le projet pilote utilisant les infrastructures de Nouveau Monde Graphite (NMG), a pour objectif de démontrer la faisabilité et l'applicabilité d'un système de traçabilité pour l'extraction et la transformation du graphite. À terme, un tel système, s'il est adopté plus globalement, permettra à toutes les sociétés minières exploitant des MCS – dont par exemple ceux impliqués dans la fabrication de batteries – et aux producteurs de leurs composantes de démontrer que leur production est respectueuse des principaux critères environnementaux, sociaux et de gouvernance (ESG) applicables. Cette façon de faire, en plus de répondre à un objectif du PQVMCS, permettra également de s'harmoniser avec la Stratégie québécoise de développement de la filière des batteries lithium-ion.

En outre, ce projet pilote est un premier jalon dans la mise en œuvre d'une initiative de portée mondiale menée par la *Global Battery Alliance* (GBA), laquelle vise le déploiement d'un mécanisme de traçabilité au sein de l'ensemble de la filière, de la mine jusqu'à la fabrication d'une batterie et son intégration véhiculaire, et ce, dans un contexte où les grands manufacturiers automobiles et leurs consommateurs souhaitent de plus en plus connaître l'origine des produits qu'ils achètent, de même que leur empreinte environnementale et sociale.

L'adoption de mécanismes de traçabilité permettra de démontrer la conformité de l'industrie aux normes les plus élevées et la rigueur des pratiques de l'industrie québécoise. Les travaux couverts par ce projet contribueront ainsi à positionner le Québec comme chef de file dans la production responsable de matériaux et composantes pour batteries.

PARTICIPANTS AU PROJET PILOTE

Propulsion Québec

La grappe des transports électriques et intelligents du Québec catalyse tous les acteurs de la filière autour de projets concertés ayant pour objectif de positionner le Québec parmi les leaders du développement et de l'implantation des modes de transport terrestre favorisant les transports électriques et intelligents. Créé en 2017, Propulsion Québec compte aujourd'hui plus de 250 membres de différents secteurs et déploie ses ressources selon six chantiers distincts visant à développer et soutenir des projets innovants. La grappe bénéficie de l'appui financier du gouvernement du Québec, du gouvernement du Canada, de la Communauté métropolitaine de Montréal (CMM), d'ATTRIX, du Mouvement Desjardins, de Fasken, d'Hydro-Québec et de Québecor.

Nouveau Monde Graphite

Nouveau Monde Graphite (NMG) a découvert en 2015 un gisement de graphite de haute qualité sur sa propriété Matawinie située à Saint-Michel-des-Saints, à 150 km au nord de Montréal, au Québec (figure 1). Les activités de NMG sont axées sur la mine Matawinie et l'usine de matériaux pour batteries de Bécancour qui progressent toutes deux vers l'exploitation à pleine échelle commerciale. NMG aspire à devenir un fournisseur stratégique pour les principaux fabricants mondiaux de batteries et de véhicules en offrant des matériaux avancés performants et fiables tout en promouvant la durabilité et la traçabilité de la chaîne d'approvisionnement.



Figure 1 - Vue aérienne du gisement de Nouveau Monde Graphite

NMG opère des modules de phase 1, notamment un concentrateur depuis 2018, une ligne de mise en forme depuis 2020, et une installation de purification depuis 2021. La dernière unité est l'enrobage qui devrait entrer en production en 2022. Ces unités ont pour objectifs de:

- Qualifier les produits de graphite de NMG et établir un carnet de ventes;
- Tester et améliorer les procédés en vue de l'opération commerciale;
- Tester de nouvelles techniques innovantes de gestion des résidus miniers et de restauration des sites;
- Entamer la formation des employés et sensibiliser la relève locale aux emplois de demain;
- Démystifier les opérations minières auprès de la communauté et des entrepreneurs locaux.

Groupe OPTEL

Fondé en 1989 et certifié B Corp, le groupe OPTEL est un chef de file mondial en systèmes de traçabilité pour les chaînes d'approvisionnement. OPTEL a comme mission d'utiliser ses technologies novatrices pour créer un monde durable à l'aide d'une chaîne d'approvisionnement intelligente (ci-après, « ISC »). Elle y arrive en tirant parti des technologies de suivi et d'identification des produits d'OPTEL, lesquelles permettent la collecte automatique de données de la chaîne logistique. Ces dernières fournissent ensuite les données afin



Figure 2 - Siège social d'Optel Group

d'obtenir une visibilité et une transparence complète. À partir du siège social d'OPTEL à Québec et des sites en Irlande, au Brésil et en Inde, les experts en traçabilité d'OPTEL font des déploiements à grande échelle du logiciel ISC et de solutions matérielles, et ce dans les domaines de la pharmaceutique, des dispositifs médicaux, de l'agroalimentaire, des cosmétiques, des mines et des sols contaminés (figure 2).

OPTEL a été retenue dans le cadre du projet pilote ici proposé en raison, d'une part, de sa reconnaissance déjà bien établie dans l'industrie comme la plateforme de prédilection pour la traçabilité et, d'autre part, du fait de la présence d'OPTEL sur le comité expert aviseur de la GBA. OPTEL est aussi l'une des seules entreprises québécoises pouvant offrir une telle plateforme qui soit déjà opérationnelle et commercialement viable.

En tirant parti de ses technologies, OPTEL rend possible une chaîne d'approvisionnement intelligente, permettant aux acteurs de l'industrie d'atteindre une transparence complète et possédant les caractéristiques suivantes:

- Traçabilité granulaire intégrale, de la mine jusqu'aux consommateurs;
- Plateformes éprouvées dans plusieurs industries;
- Technologies de pointe: intelligence artificielle (IA), internet des objets (IdO) et compatibilité avec les chaînes de blocs;
- Intégration facile à n'importe quel système ERP (« Enterprise Resource Planning »);
- Solutions respectant les normes de standardisation (p. ex. GS1);
- Outils de sérialisation, d'agrégation et de production de rapports;
- Compatibilité avec les analyses du cycle de vie afin de minimiser l'empreinte environnementale;

La plateforme OPTEL est déployée en mode « logiciel en tant que service » (SaaS) et permet ainsi de développer, déployer et visualiser des données précieuses et exploitables tout au long de la chaîne de valeur.

CIRAIG

Le Centre international de référence sur le cycle de vie des produits, procédés et services (ci-après, « CIRAIG ») est un groupe de recherche et un centre d'expertise en développement durable et cycle de vie (figure 3). Le CIRAIG est un organisme axé sur la recherche combinant l'expertise québécoise de Polytechnique Montréal et de l'École des sciences de gestion (ESG) de l'Université du Québec à Montréal (UQÀM). Avec deux chaires de recherche industrielle de pointe, il allie l'ingénierie et les sciences sociales afin de répondre aux enjeux de l'heure que sont la décarbonisation des activités de production et de consommation, l'utilisation efficace des ressources et de l'énergie, la circularité des flux de matières, les limites planétaires, l'intégration optimale des systèmes complexes, les services écosystémiques et le besoin d'harmonisation entre développement économique et besoins sociétaux.



Figure 3 - Logo du CIRAIG

C'est d'ailleurs en raison de son expertise reconnue mondialement en matière d'études, de développement d'outils et de services-conseils professionnels dans une gamme de sujets liés au développement durable, et ce, tout particulièrement dans le domaine de l'analyse de cycle de vie (ci-après, « ACV ») portant sur l'empreinte carbone et les émissions de GES, que le CIRAIG a été retenu dans le cadre du projet pilote ici proposé. C'est d'ailleurs forte de cette expertise que la Chaire internationale sur le cycle de vie, rattachée au CIRAIG, a établi en 2017 un partenariat de cinq ans avec neuf grandes organisations québécoises et internationales, nommément ArcelorMittal, Hydro-Québec, LVMH, Michelin, Nestlé, OPTEL, Solvay, Total et Umicore. Et c'est dans ce contexte que le CIRAIG a récemment tissé des liens avec la GBA dans le cadre du projet de passeport Batterie, liens en vertu desquels le CIRAIG agira potentiellement à titre de principal expert avisé pour le volet « émissions de GES et gestion de l'énergie » auprès de la GBA.

Équipe de travail, coordination et gestion de projet

La coordination et la gestion du projet, incluant l'administration financière et la reddition de comptes ainsi que le contrôle et l'assurance qualité, ont été assurées par Propulsion Québec en étroite collaboration avec M. Simon Thibault, pour le compte d'Investissement Québec. En plus de son rôle de directeur de projet, M. Thibault a aussi assuré le rôle de coordonnateur pour le volet « social et gouvernance ». Finalement, M. Thibault agissant à titre d'administrateur de la GBA et de co-président du Comité de pilotage du projet de passeport Batterie de la GBA, il a pu assurer un arrimage étroit entre le présent projet et les diverses initiatives menées à ce niveau.

Chez OPTEL, M. Ken Fallu, chef de la stratégie Mines et Environnement, agissait à titre de coordonnateur de projet pour le volet « technologie de traçabilité ». OPTEL étant aussi membre de la GBA et plus particulièrement du Comité expert avisé, il permettait aussi le lien avec ce Comité et l'arrimage du projet pilote ici proposé.

Au CIRAIG, Mme Sara Russo Garrido, directrice exécutive, agissait à titre de coordinatrice de projet pour le volet « émissions de GES et gestion de l'énergie ». Le CIRAIG a d'ailleurs récemment été sollicité par la

GBA afin d'agir à titre de consultant-expert auprès de la GBA en lien avec ce même volet, en plus d'être déjà actif auprès de plusieurs membres de cette initiative internationale dont Umicore et Total/SAFT.

Pour NMG, Mme Julie Paquet, VP Communications & Stratégie ESG, agissait à titre de représentante principale et ainsi assurait le lien entre les coordonnateurs et l'entreprise autant en phase d'avant-projet qu'au moment du pilotage. Elle a remplacé en cours de projet M. Frédéric Gauthier, directeur Développement durable, qui a assuré ce même rôle pendant la première moitié du projet.

En ce qui a trait à la gestion de projet, des comités techniques et de pilotage ont été établis et différents représentants ont été identifiés pour y siéger de façon régulière. La liste des membres de ces comités est fournie au [tableau 1](#).

Tableau 1

Liste des membres des comités de pilotage et technique

RÔLE	ORGANISME	REPRÉSENTANT(ES)	TITRE
Directeur de projet * Coordonnateur du volet « social et gouvernance »	IQ	Simon Thibault	Directeur de projet principal – Filière Batteries
Coordonnateur du volet « technologie de traçabilité » *	OPTEL	Ken Fallu Francis Perron Rachel Corbeil	Chef de la stratégie, mines et ressources naturelles Concepteur de solutions Gestionnaire de projet
Coordonnatrice du volet « émissions de GES et gestion de l'énergie » *	CIRAIG	Sophie Fallaha Sara Russo Garrido	Directrice exécutive Directrice adjointe
Représentant Industrie *	NMG	Julie Paquet	VP Communications et Stratégie ESG
Représentant Partenaire *	MERN	Frédéric Soucy	Conseiller au Bureau de coordination des projets majeurs et d'analyse des impacts économiques
Représentant Partenaire	RNCan	Nathalie Ross	Directrice adjointe de la Division des analyses de l'industrie et économiques
Représentant Partenaire	IQ	Éric Rondeau	Conseiller stratégique Électrification et Batteries (jusqu'au 15 sept. 2021)
Représentant Ministère	MELCC	Jenny Cliche**	Chef de la Division des dossiers horizontaux et stratégiques
Représentant Ministère	Recyc-Québec	Alexis Eisenberg	Conseiller à la PDG – Affaires gouvernementales et stratégies
Représentant Ministère	MEI***	Linda Tremblay	Conseillère à la Direction des produits industriels
Représentant Ministère	Société du Plan Nord	Jocelyn Douh��ret	Directeur du Bureau de commercialisation
Représentant Industrie	Association minière du Québec****	Micheline Caron	Directrice Environnement
Représentant Industrie	Association minière du Canada	Katherine Gosselin	Directrice du programme VDMD

* Siège aussi au Comité technique.

** Aussi désignée : Anne-Julie Harvey, Chef d'équipe intérimaire – Division des dossiers horizontaux et stratégiques.

*** Aussi désignées : M. Patrick Bouchard de la Direction des transports et de la mobilité et Mme Hua Zeng de la Direction de l'économie verte et de la logistique.

**** Aussi désigné : M. Maxime Lachance, coordonnateur aux Relations avec les communautés.

OBJECTIFS DU PROJET

L'objectif principal de ce projet pilote était de collecter et analyser des données issues des activités d'une mine québécoise verticalement intégrée (de l'extraction minière à la production de produits à valeur ajoutée) dans la chaîne de valeur de la batterie lithium-ion, le tout afin de nourrir la version 1.0 du passeport Batterie de la GBA. NMG, dont les opérations minières sont basées à Saint-Michel-des-Saints et celles de purification à Bécancour, a été retenue dans le cadre du projet pilote puisqu'il s'agit, d'une part, du seul projet de graphite intégré verticalement au Canada et, d'autre part, du seul offrant des capacités de production (en phase de démonstration) existantes ou en production à court terme autant au niveau de l'extraction minière que de la seconde transformation (production de produits de graphite à valeur ajoutée, dans le cas présent de graphite sphérique purifié et enrobé). Cette intégration verticale permet donc, au sein d'une même entité, de tracer les matériaux entre deux maillons clés de la portion amont de la chaîne de valeur du graphite dans les batteries.

Pour ce faire, le projet pilote a été divisé en deux phases. D'une part, une phase d'avant-projet a été réalisée afin de théoriser les modalités de mise en œuvre et d'intégration des mécanismes de traçabilité, et ce, à la fois pour les informations de nature environnementale (émissions de GES), sociale (droits humains et gouvernance) et technique (« Battery ID »).

Toutefois, il importe d'entrée de jeu de noter que pour ce dernier volet « Battery ID », puisque la portion de la chaîne de valeur ici visée n'atteint pas l'étape de l'assemblage des cellules ou packs batteries, elle n'a pas été traitée au-delà de la simple caractérisation technique du produit fini, c.-à-d. de graphite sphérique purifié. Cette étape a été couverte à l'interne chez NMG et, pour des raisons ayant trait au secret industriel et à la protection des informations confidentielles associées, les quelques informations afférentes n'ont pas été incluses au présent rapport.

La réalisation du projet a été complétée en deux phases principales. Une première phase préliminaire a tout d'abord permis de :

- Cartographier la chaîne de valeur du graphite;
- Identifier les sources d'émissions de GES et les paramètres nécessaires à leur évaluation (CIRAIG, NMG);
- Développer la stratégie de traçabilité applicable aux émissions de GES (CIRAIG);
- Identifier la plateforme technologique qui sera utilisée (OPTEL);
- Identifier les critères et normes applicables aux enjeux sociaux et de gouvernance et développer les mécanismes de reddition associés (IQ).

Ensuite, une seconde phase de pilotage a été réalisée en phase de démonstration chez NMG, et ce, afin de :

- Mettre en œuvre le système de traçabilité;
- Colliger des données statiques et dynamiques et assurer leur conformité avec les critères et normes identifiés en phase d'avant-projet;
- Valider la stratégie de traçabilité des paramètres ESG et suivi.

Considérant l'état d'avancement au niveau de la GBA en ce qui a trait à la définition des paramètres à tracer pour le volet "social", ceux-ci n'ont pu être couverts dans la seconde phase de pilotage susmentionnée. De plus amples détails sur ce sujet sont fournis à la section portant sur les critères et normes applicables aux enjeux sociaux et de gouvernance.

La Global Battery Alliance

La *Global Battery Alliance* (GBA) est née d'une collaboration public-privé regroupant quelque 70 organisations issues des milieux institutionnels et des secteurs de l'automobile, des batteries, des mines, des produits chimiques et de l'énergie. Elle fut fondée en 2017 par le Forum économique mondial avec pour objectifs d'établir d'ici 2030 une chaîne de valeur durable pour les batteries. Pour ce faire, la GBA a adopté une vision, laquelle a été rendue publique en 2019 et inclut dix principes directeurs :

- Maximiser la productivité des batteries;
- Permettre une seconde utilisation (vie) productive et sécuritaire;
- Mettre en place une économie circulaire des matériaux de batterie;
- Assurer une déclaration transparente des émissions de gaz à effet de serre et leur réduction progressive;
- Prioriser les mesures d'efficacité énergétique et accroître l'utilisation des énergies renouvelables;
- Favoriser la transition énergétique à l'aide des batteries;
- Créer des emplois de qualité et développer de nouvelles compétences;
- Éliminer le travail des enfants et le travail forcé;
- Protéger la santé publique et l'environnement et soutenir des pratiques commerciales et anticorruption responsables;
- Créer de la valeur localement et favoriser la diversification économique.

Passeport Batteries

Le passeport Batteries de la GBA est une représentation numérique d'une batterie qui transmet des informations sur toutes les exigences ESG et de cycle de vie applicables sur la base d'une définition complète d'une batterie durable. Chaque passeport Batterie sera un jumeau numérique de sa batterie physique activé par la plateforme numérique *Battery Passport*, laquelle offre une solution globale pour le partage sécurisé d'informations et de données. Cette plateforme vise à aller au-delà de la gestion des performances d'une seule batterie à celle de toutes les batteries sur l'ensemble de la chaîne de valeur de l'industrie.

Une fois en place, le programme du passeport Batteries comprendra :

- Un cadre de déclaration (de l'anglais « reporting ») mondial régissant les règles de mesure, d'audit et de divulgation des paramètres ESG tout au long de la chaîne de valeur des batteries;

- Un identifiant numérique pour les batteries contenant des données et des descriptions sur les performances ESG, l'historique et la provenance de la fabrication, ainsi que l'extension de la durée de vie des batteries et le recyclage;
- L'harmonisation des systèmes numériques collaborant tout au long de la chaîne de valeur pour rapporter les données dans le passeport de la batterie;
- Une étiquette (de l'anglais « label ») de qualité pour les batteries (basé sur les données rapportées dans la plateforme) pour faciliter les achats responsables des grands manufacturiers et des consommateurs.

L'objectif ultime est que cette plateforme numérique collecte, échange, rassemble et rapporte des données entre toutes les parties prenantes du cycle de vie afin de permettre la mise en place d'une chaîne de valeur durable pour les véhicules électriques (VE) et les batteries stationnaires. Elle rendra ainsi compte de manière transparente des progrès accomplis vers l'atteinte des objectifs ESG mondiaux tout au long de la chaîne de valeur des batteries afin d'éclairer l'élaboration de politiques pour les gouvernements, la société civile et d'élaborer des critères de performance pour l'industrie.

Autres projets pilotes menés par la GBA

La GBA prévoit en 2022 lancer deux à trois nouveaux projets pilotes, essentiellement en Europe. Ces projets visent dans la majorité des cas la portion « aval » de la chaîne de valeur, c.-à-d. de la fabrication de la cellule Li-ion à son intégration véhiculaire, en passant par l'assemblage des modules et packs batteries. Dans un seul cas, la portion mitoyenne de la chaîne de valeur (c.-à-d. la production de matériaux de cathodes et précurseurs) pourrait être couverte, mais cela demeure à confirmer. Toutefois, à ce jour, seul le projet québécois a été complété et, de ce fait, aucun autre résultat issu d'autres projets pilotes de la GBA ne peut être rapporté ici.

À cet effet, on notera que cette « avance » prise par le Québec au sein de la GBA s'est avérée fort bénéfique pour l'avancement de cette initiative mondiale alors que les méthodes et approches développées dans le cadre du présent projet ont pu être transmises au groupe de travail sur les émissions de GES par l'entremise du CIRAIG et d'OPTEL. Le CIRAIG a ainsi pu réaliser une revue diligente du cahier des règles (de l'anglais « rulebook ») développé par ce groupe de travail, et OPTEL est demeuré tout au long du projet (et encore à sa suite) très actif au sein des divers groupes de travail afin d'y partager son expertise sur les solutions technologiques de traçabilité disponibles.

Finalement, notons que Ressources naturelles Canada, Propulsion Québec et Investissement Québec sont des organisations membres et/ou partenaires de la GBA et de son projet de Passeport Batteries.

CONCEPT ET MÉTHODOLOGIE

Au Québec et ailleurs au Canada, les initiatives en responsabilité sociale et environnementale se multiplient et l'industrie des minéraux et métaux dits critiques et stratégiques (MCS) est au cœur de cette tendance mondiale autour de laquelle s'articule la transition énergétique et écologique. L'exemple le plus connu à ce sujet est clairement l'industrie des batteries lithium-ion. Or, la production des minéraux entrant dans la composition ainsi que de certaines composantes d'une batterie de ce type présente des risques sociaux et environnementaux importants. Ceux-ci sont à la fois sociaux (p. ex. travail des enfants, conditions de travail dangereuses, droits autochtones, etc.), et environnementaux (p. ex. empreinte carbone, utilisation de l'eau, perte de biodiversité, pollution atmosphérique, etc.) et ont un impact significatif sur la durabilité globale du produit final.

Il existe toutefois un outil pouvant être utilisé face à ce problème, et ce, en parallèle de l'adoption de normes et meilleures pratiques ESG dans l'industrie : la mise en place de mécanismes de traçabilité s'étendant tout au long de la chaîne de valeur d'une batterie, de la mine à son intégration dans un véhicule électrique, et démontrant la conformité aux dites normes et meilleures pratiques à chacune des étapes de production. Dans un tel contexte, la traçabilité s'avère en effet être un outil puissant basé sur la gestion des données massives et qui permet de suivre et de retracer un produit à travers les différentes étapes de production et transformation.

Les mécanismes de traçabilité permettent à la fois un suivi en temps réel et automatisé des données spécifiques à un produit ainsi qu'une mise en commun de l'ensemble des données, par exemple afin de déterminer les meilleures stratégies de gestion de l'énergie et de réduction des émissions de GES. Ces technologies de traçabilité fournissent dans un tel exemple aux entreprises, à leurs partenaires et à leurs consommateurs des informations fiables sur l'empreinte carbone d'un produit et permettent ainsi aux entreprises d'accélérer leur transition vers la carboneutralité.

De tels mécanismes de traçabilité sont basés sur l'intelligence artificielle et sur la gestion des données massives. Ils permettent de suivre un produit au fil des différentes étapes de production et transformation afin d'en garantir la provenance et ses caractéristiques. Un tel système de traçabilité permettrait par exemple, pour un produit donné, de vérifier le respect des normes en vigueur et des principes d'éthique, de gouvernance et de responsabilité sociale; de contrôler la qualité du produit et d'en optimiser la production; de gérer son empreinte carbone; ou de faire valoir d'autres caractéristiques distinctives pour sa commercialisation.

Le présent projet pilote, associé à l'initiative de passeport Batteries de la GBA, vise ultimement à libérer tout le potentiel environnemental et socio-économique des batteries d'ici 2030. À cet effet, on notera que, selon une étude réalisée en 2019 par la GBA, produites de manière durable et responsable, les batteries ont le potentiel d'aider à réduire les émissions mondiales du secteur de l'électricité et des transports de 30 % d'ici la fin de la décennie. À cette fin, le passeport Batteries fonctionnera telle une étiquette de qualité sur une plateforme mondiale de cycle de vie numérique pour le partage des données de la chaîne de valeur des batteries.

Dans le cadre du présent projet pilote, l'expertise du CIRAIG a été mise à profit afin de développer les mécanismes de suivi et de traçabilité des émissions de GES et des modes de gestion de l'énergie.

L'approche proposée repose sur l'arrimage fait par le CIRAIG entre l'analyse de cycle de vie (ACV) de la production de graphite et la traçabilité des données issues de cette analyse. Pour chaque intrant matériel (par exemple, diesel, soude caustique, etc.) intervenant dans chaque activité réalisée le long de la chaîne de valeur de NMG (et ultimement de la batterie dans le cadre du projet de la GBA), des facteurs d'émission normalisés ont été calculés en tenant compte des émissions de GES de niveaux 1 et 2 ainsi que de niveau 3 pour certains paramètres (p. ex. transport des intrants et extrants nécessaires à l'exploitation). Les données d'utilisation de ces intrants ont été collectées par OPTEL pour toutes les étapes de la chaîne de valeur et ainsi colligées le long du cycle de vie de manière à ce qu'un bilan global des émissions de GES soit ultimement établi d'une étape de production à l'autre (extraction minière, production des précurseurs, matériaux de cathodes et anodes, fabrication des cellules et intégration en pack batteries dans les véhicules électriques).

Il importe alors de bien déterminer quelles données sont jugées « matérielles » (significatives) et doivent donc être « tracées ». Pour ce faire, il existe plusieurs normes internationales reconnues telles que celle du *GHG Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard*, de même que les normes ISO 14040:44 encadrant la réalisation des ACV, et ISO 14067 encadrant l'empreinte carbone. Les liens pourront être faits avec les normes de comptabilisation et d'inventaires au niveau corporatif des GES tels que le *GHG Protocol A Corporate Accounting and Reporting Standard* (incluant *Accounting and Reporting Standard Amendment*) et les normes ISO 14064-1. Celles-ci sont d'ailleurs décrites dans le Guide de quantification des émissions de GES du MELCC (2019), assurant de ce fait un arrimage entre ce projet et les méthodes déjà utilisées au Québec entre autres dans le cadre du Système de plafonnement et d'échange de droits d'émission (SPEDE), ou « marché du carbone ».

Technologies utilisées

Afin de déployer rapidement le pilote, différentes technologies déjà développées par OPTEL ont été combinées afin d'atteindre les objectifs du projet. Ces technologies sont entièrement compatibles entre elles et ont été configurées afin de fournir les données et les fonctions requises pour la mise en œuvre de la solution.

OPTEL GeoTrace™

Il s'agit d'une application mobile fonctionnant sur un appareil Android ou iPhone et qui permet d'enregistrer les différentes activités reliées à la traçabilité. OPTEL GeoTrace™ est une solution de traçabilité pour les matières premières, fournissant des données qualitatives et quantitatives. Cette solution couvre toutes les exigences de traçabilité nécessaires à une visibilité complète sur la chaîne d'approvisionnement. La solution permet de colliger et transmettre facilement à la plateforme OPTEL des données telles que les données de production, les informations sur les produits, etc.

OPTEL GeoWeight™

Il s'agit d'une application de bureau dédiée permettant de formater et d'ingérer les informations fournies par un tiers à partir de fichiers Excel pour ensuite les transmettre à la plateforme OPTEL.

OPTEL Traceability Platform™ (OTP)

L'OTP est un outil en ligne permettant d'héberger les données et de les convertir en rapports et tableaux de bord informatifs personnalisés. Cet outil permet entre autres de gérer les droits d'accès, la structure des informations et d'y intégrer des calculs et des transformations. Elle permet aussi d'importer facilement des données à partir de diverses sources. Les sources de données relient les rapports aux collectes de données sous-jacentes. Chaque source dispose d'un connecteur unique, sécurisé, permettant de s'assurer que les données sont faciles à consulter et à utiliser.

Sécurité, confidentialité et partage

Au démarrage du projet, l'équipe d'OPTEL s'est assurée de prendre en compte les enjeux de sécurité et a mis en place les configurations nécessaires, s'assurant ainsi que l'information soit gérée de façon sécuritaire. Les principales caractéristiques de sécurité sont:

- Transmission des données (entrée / sortie) constamment cryptée;
- Accès aux données via un protocole de communication HTTPS;
- Hébergement des données dans une instance infonuagique conforme aux plus hauts standards, assurant le fonctionnement 24/7/365 et protégé contre les interruptions de services et les intrusions physiques;
- Sauvegardes de données effectuées toutes les 15 minutes et conservées pendant 35 jours;
- Procédures opérationnelles en place afin de garantir que seuls les membres de l'équipe de projet peuvent accéder aux données et modifier le code source;
- Développement logiciel régi par des procédures opérationnelles standard (SOP) qui incluent des politiques concernant la révision du code, les tests de sécurité des applications (AST) et les audits;
- Les systèmes d'exploitation, les réseaux, les bases de données et les applications sont surveillés en permanence. Des alertes ont été configurées;
- Plan de reprise après sinistre en place;
- Respect des législations sur la confidentialité des données et conformité au *Règlement général sur la protection des données* (RGPD).

Connectivité aux chaînes de blocs

Les technologies de chaîne de blocs (p. ex. *Hyperledger*) permettent un accès contrôlé aux données et créent un consensus autour de l'intégrité de ceux-ci. Ce type de technologie est notamment utilisé pour authentifier les utilisateurs et les transferts d'argent pour la cryptomonnaie. La plateforme OPTEL GeoTrace™ est entièrement compatible avec les chaînes de blocs. Étant indépendante de la chaîne, la plateforme peut lire et enregistrer dans n'importe quel registre. Cette polyvalence rend la plateforme capable de se connecter avec différents acteurs de la chaîne de valeur même s'ils utilisent des technologies différentes.

Confidentialité

Les plateformes utilisées n'ont recueilli que les informations suivantes (au-delà de l'information technique et environnementale pertinente) : le nom d'utilisateur, la fréquence, les données de localisation

et l'information de l'appareil utilisé, y compris, l'adresse IP, le système d'exploitation et le type de navigateur. Les systèmes utilisés sont conformes à toutes les lois et réglementations applicables en matière de protection des données et de confidentialité et des mesures organisationnelles et techniques appropriées ont été maintenues afin de protéger les données personnelles.

Partage de données

Dans le cadre de ce projet pilote, certaines informations ont dû être échangées et les systèmes en place ont permis de contrôler l'accès aux données de façon sélective en amont et en aval. Donc, à l'aide de sous-comptes, des autorisations sur les différents accès aux données ont été créées. Ainsi, le partage fut complété selon la configuration des différents rôles et privilèges de chaque membre de l'équipe de projet.

Solution déployée

La solution déployée permet ainsi d'effectuer la traçabilité du graphite en plus d'obtenir une mesure dynamique de l'empreinte carbone du graphite produit en utilisant la plateforme de chaîne d'approvisionnement intelligente d'OPTEL. Cette plateforme, composée de solutions matérielles et logicielles, permet la collecte de données tout au long du parcours, de la mine jusqu'à l'expédition. La solution apporte visibilité et transparence sur l'empreinte carbone de la chaîne d'approvisionnement.

La capture des données se fait de manière manuelle en utilisant l'application mobile OPTEL GeoTrace™ ou par téléversement des données via un fichier Excel. Les données sont alors transformées et sécurisées dans un environnement infonuagique, où les calculs et les algorithmes s'opèrent. Ces données ainsi formatées et nettoyées deviennent disponibles pour la visualisation. Les algorithmes d'analyse de cycle de vie déployés sur ces données permettent de caractériser l'empreinte carbone du produit et permettent également de déterminer les points chauds d'émission de GES.

Une application Web rend alors visible l'empreinte carbone du produit aux acteurs de la chaîne d'approvisionnement (selon les paramètres établis par, par exemple, le passeport Batteries de la GBA). Elle fournit des comparaisons par rapport aux performances de l'industrie, donne des indicateurs sur l'évolution de l'empreinte carbone du produit au cours du temps et fournit des indicateurs en conformité avec les standards nationaux et internationaux.

Cette solution peut de la même façon être appliquée à d'autres paramètres ESG que les émissions de GES moyennant un travail similaire à celui réalisé par le CIRAIG et lequel a permis la conversion des données opérationnelles en émissions de GES.

Les taux de conversion (ou facteurs d'émissions) utilisés dans la solution sont déterminés en se basant sur des données provenant de la littérature scientifique pour les données spécifiques au système étudié (p. ex. la production de PAX utilisé dans la mine) et sur les données de bases de données ACV (type ecoinvent ou GaBi) pour les données génériques (p. ex. la production d'électricité ou la combustion de diesel).

RÉSULTATS DU PILOTE

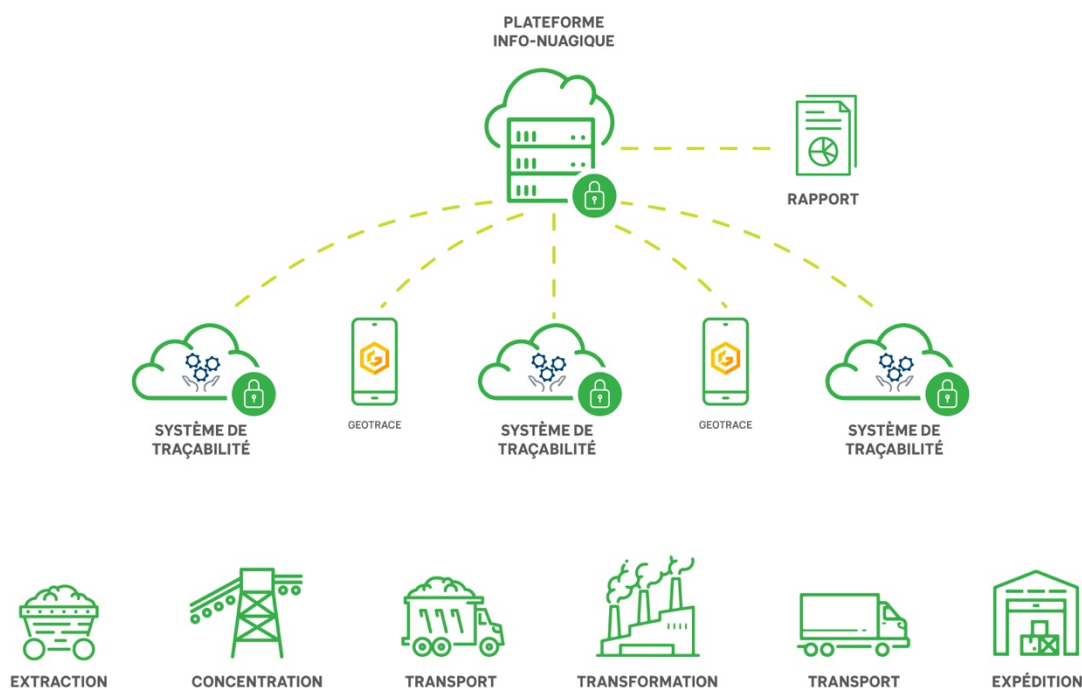
La solution technologique innovante développée dans ce projet repose sur l'arrimage entre les informations nécessaires afin de déterminer l'analyse de cycle de vie des produits et les données opérationnelles qui serviront à la traçabilité. L'analyse de cycle de vie dynamique ainsi créée permet d'apporter une transparence sur la chaîne d'approvisionnement en fournissant une visibilité sur l'empreinte carbone réelle de chaque produit ainsi que la production des GES pour chaque kilogramme de graphite produit.

Cartographier la chaîne de valeur du graphite

Afin d'obtenir une évaluation dynamique du cycle de vie basée sur des données capturées, la chaîne de valeur du graphite pour NMG a tout d'abord été analysée. Ainsi, avec les informations fournies par NMG, il a été possible de comprendre et cartographier les différentes étapes et opérations du dynamitage jusqu'à l'expédition (figure 4). Les différentes segmentations ont aussi considéré les points de contrôle opérationnel et de validation financière déjà effectués par NMG.

Figure 4

Architecture de traçabilité déployée dans le cadre du pilote



Suite à cette analyse, il a été établi que la valeur commune, c'est-à-dire l'unité traçable utilisée afin d'effectuer la traçabilité, serait le numéro de dynamitage puisque cet événement est commun sur l'ensemble des processus et lie les opérations d'extraction du minerai à la Colline (figure 5) avec les opérations de purification à l'usine, et ce, tout en considérant la qualité du matériel et les conditions d'entreposage. Finalement, la dernière étape de la traçabilité est l'expédition où des sacs de graphite sont préparés et identifiés à l'aide d'un numéro unique.

Il est à noter que dans le cadre du présent projet pilote, les opérations de micronisation, sphéronisation et enrobage à l'usine de Saint-Michel-des-Saints n'ont pas été considérées ainsi que la purification effectuée à Bécancour puisque ces étapes de production n'avaient pas encore atteint le stade attendu, c.-à-d. que les volumes de matières impliqués étaient trop

petits et conséquemment les émissions de GES associées non significatives. Cela dit, les taux de conversion pour les étapes de micronisation et sphéronisation ont déjà été déterminés et pourraient facilement être appliqués lorsque les niveaux de production de ces étapes seront jugés suffisants.



Figure 5 - Travaux de concassage sur le gisement de Nouveau Monde Graphite

Identifier les sources d'émissions de GES

Afin de faire les calculs et analyses nécessaires (Figure 6), les différentes sources d'émissions de GES ont été identifiées. Ainsi, des listes exhaustives ont été mises en place notamment pour les types d'opérations effectuées, la machinerie utilisée et les divers consommables (p. ex. réactifs, diesel, etc.) nécessaires à ces opérations (Figure 7). De plus, afin de réaliser une analyse de cycle de vie complète et conforme aux protocoles applicables, NMG a ajouté sa consommation d'électricité hebdomadaire à ses informations de production.

Figure 6

Paramètres du modèle GES

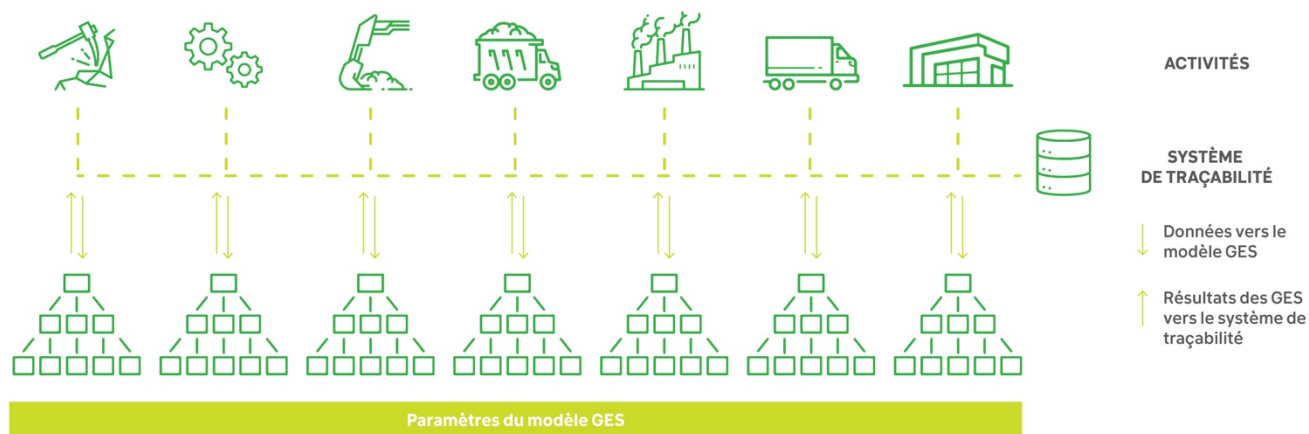


Figure 7

Configuration de l'application Optel GeoTrace

	OPÉRATIONS	MACHINERIE	CONSOMMABLES
	Préparation de patron Préparation de face libre Écaillage des murs Triage des blocs Tramac Chargement PAG Chargement NAG Chargement marginal Transport PAG Transport NAG Transport marginal Gestion des Stockpile Ouverture d'usine Hivernisation Pompage Gestion des Résidus miniers Supervision	Excavatrice CAT324 Excavatrice CAT315 Chargeuse JD544 Chargeuse CAT966 Fardier Camion 10 roues Génératrice Pompe centrifuge Bouteur CAT D5 Camion pompier Nivelieuse CAT140 Sableuse Camions d'épandage Camionnette du superviseur	Emulsion (kg) Anfo (kg) Détonateurs (un) MetalSorb (kg) Soude caustique (kg) Bicarbonate de sodium (kg) Polymère AMX239 (kg) Calcium (L) Sable (t) Agregats (t)

Développer la stratégie de traçabilité

Afin de relier les données de traçabilité avec les émissions de GES, le CIRAIG a développé une table de conversion ainsi que les méthodes de calcul associées et celles-ci ont été intégrées à la plateforme OPTEL (figure 8). Afin de déterminer l'empreinte carbone, les données opérationnelles entrées dans les solutions d'OPTEL par les équipes de NMG furent entre autres les kWh d'électricité, la quantité de diesel et de réactifs (p. ex. soude) utilisée, etc. Ces quantités furent ensuite multipliées par les empreintes carbone obtenues à partir de la base de données ECOINVENT 3.6 et de la littérature scientifique disponible.

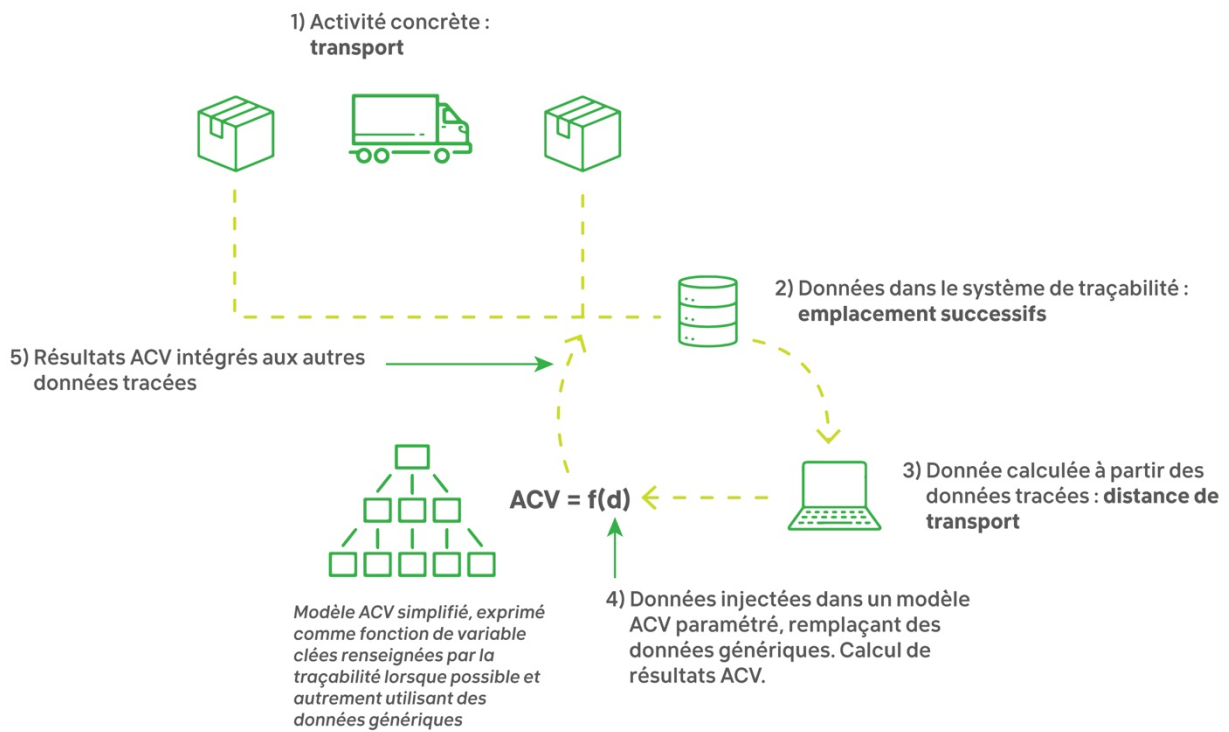
Les empreintes de chaque intrant obtenu ont ensuite été additionnées afin d'obtenir l'empreinte finale sur l'ensemble de la chaîne de valeur. Le détail des contributions de chaque intrant fut conservé afin de visualiser quels intrants sont les plus grands émetteurs de GES. L'empreinte carbone fut ensuite obtenue en additionnant tous les équivalents carbone (kg CO₂eq¹).

¹ Certains groupes scientifiques déterminent le pouvoir de forçage radiatif (~pouvoir de réchauffement climatique) pour chaque polluant. Le plus fameux groupe de recherche est le GIEC. Dans ce projet, les facteurs de la méthodologie IMPACT World+ sont utilisés. Ceux-ci sont basés sur les facteurs du GIEC, mais incluent de plus des boucles de rétroaction positive. Ces facteurs sont donc plus conservateurs que ceux du GIEC. Tout est ramené comparativement au pouvoir du dioxyde de carbone, c.-à-d. en kg CO₂eq.

- 1kgCO₂ = 1kgCO₂eq
- 1kgCH₄ = 36kgCO₂eq
- 1kgN₂O = 298kgCO₂eq
- ...

La liste complète des facteurs d'IMPACT World+ peut être consultée sur le site web <https://www.impactworldplus.org>.

Figure 8

Représentation conceptuelle du couplage AVC-Traçabilité – *une seule activité*

Identification des technologies utilisées

Considérant les informations déjà récoltées par NMG et les opérations en cours à la mine de démonstration, des technologies nécessitant le moins de changements possible par rapport aux opérations normales de l'entreprise ont été retenues. Par conséquent, la collecte des données au niveau de la Colline (la mine) fut complétée à l'aide d'un appareil mobile muni de l'application OPTEL GeoTrace™, alors qu'au niveau de l'usine, un processus de transfert de fichiers Excel contenant un résumé détaillé de la production avec plusieurs indicateurs a été mis en place (figure 9). C'est d'ailleurs dans ce document que la consommation d'électricité hebdomadaire a été ajoutée (figure 10).

Figure 9

Outils de collecte de données



Ainsi, pour chaque semaine de production, l'usine transmettait à OPTEL, par courriel, un fichier Excel comprenant les informations essentielles à la traçabilité et au calcul des GES. À la réception du fichier, l'information était extraite et envoyée dans la plateforme OPTEL à l'aide du logiciel OPTEL GeoWeight™ qui effectue la conversion de chaque ligne du fichier en événement de transformation avec pour intrant le numéro de dynamitage et comme sortant le numéro de sacs de graphite associés.



Figure 10 - Utilisation de l'application mobile Geotrace

De cette façon, la transformation du fichier Excel a permis entre autres d'extraire les informations suivantes :

- La date de production et le numéro du dynamitage associé;
- La quantité de MIBC (Méthylisobutylcétone) utilisé;
- Les quantités de diesel utilisé pour la flottation;
- La consommation d'électricité pour l'usine.

Mise en œuvre du système de traçabilité

Finalement, toutes ces étapes ont permis de produire différents tableaux de bord (tableaux 2, 3 et 4), à l'aide d'une application Web, lesquels permettent de visualiser la traçabilité et les émissions de GES équivalentes pour le graphite produit. Ainsi chaque sac de graphite purifié possède un numéro de série avec sa propre empreinte d'émission de gaz à effets de serre. De plus, ces informations pourraient être transmises à d'autres parties prenantes notamment dans le contexte du passeport Batteries de la GBA.

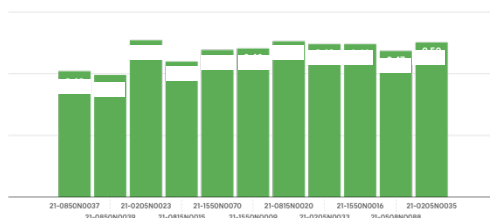
Tableau 2

Tableau de bord - GES par sac de concentré de graphite



Exemple de sac identifié

Émissions de CO₂ eq. (kg) par kg de graphite



DESCRIPTION SAC			OPÉRATION COLLINE		OPÉRATION USINE : CONCENTRATION		EMPREINTE CARBONE PAR KG
# identification	PSD	Poids (kg)	ID Dynamitage	kgCO ₂ eq/kg	Semaine	kgCO ₂ eq/kg	Total GES (kgCO ₂ eq/kg)
21-0850N0037					Sep 5, 2021		
21-0850N0039					Sep 12, 2021		
21-0205N0023					Oct 10, 2021		
21-0815N0015					Oct 24, 2021		
21-1550N0070					Oct 31, 2021		
21-1550N0009					Nov 7, 2021		
21-0815N0020					Nov 14, 2021		
21-0205N0033					Dec 5, 2021		
21-1550N0016					Dec 5, 2021		
21-0508N0088					Dec 12, 2021		
21-0205N0035					Dec 19, 2021		

Tableau 3

Tableau de bord - Détails des opérations - Colline

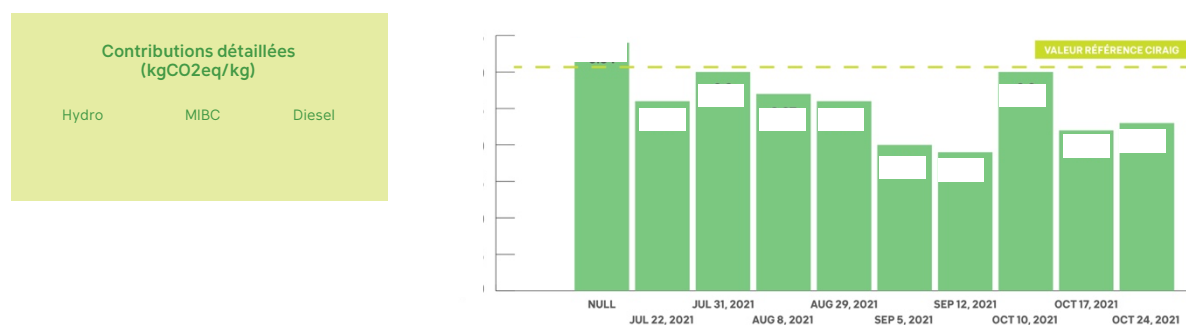
ID Dynamitage	Date	Type de machine	Opérations	Consommables	Nb. Hrs	Consommation L/hrs	Unités	CO2 Equivalent	Date Fin	Empreinte CO2 (kgCO2eq)
ST-555-01-07	Nov 9, 2021			Diesel		25	kgCO2eq/L	-		
ST-555-01-07	Nov 8, 2021			Diesel		25	kgCO2eq/L	-		
ST-555-01-07	Oct 20, 2021			Diesel		25	kgCO2eq/L	-		
ST-555-01-07	Oct 25, 2021			Diesel		25	kgCO2eq/L	-		
ST-555-01-07	Nov 18, 2021			Diesel		25	kgCO2eq/L	-		
ST-555-01-07	Nov 2, 2021			Diesel		25	kgCO2eq/L	-		
ST-555-01-07	Oct 26, 2021			Diesel		25	kgCO2eq/L	-		
ST-555-01-07	Oct 22, 2021			Diesel		25	kgCO2eq/L	-		
ST-555-01-07	Oct 29, 2021			Diesel		25	kgCO2eq/L	-		
ST-555-01-07	Nov 1, 2021			Diesel		25	kgCO2eq/L	-		
ST-555-01-07	Nov 10, 2021			Diesel		25	kgCO2eq/L	-		
ST-555-01-07	Nov 23, 2021			Diesel		25	kgCO2eq/L	-		
ST-555-01-07	Nov 17, 2021			Diesel		25	kgCO2eq/L	-		
ST-555-01-07	Oct 21, 2021			Diesel		25	kgCO2eq/L	-		
ST-555-01-07	Oct 27, 2021			Diesel		25	kgCO2eq/L	-		
ST-555-01-06	Jul 14, 2021			Diesel		25	kgCO2eq/L	-		
ST-555-01-06	Jul 13, 2021			Diesel		25	kgCO2eq/L	-		
ST-555-01-06	Jul 5, 2021			Diesel		25	kgCO2eq/L	-		
GRAND TOTAL										



Tableau 4

Tableau de bord - Détails des opérations – Usine

Semaine	ID Dynamitage	# identification	PSD	Poids (kg)	MIBC/kg	Hydroélectricité (kWh/kg)	Diesel (flotattion) kg/kg	kgCO2eq/kg
Dec 19, 2021	ST-555-01-07	21-1550N0019						
Dec 19, 2021	ST-555-01-07	21-0508N0090						
Dec 19, 2021	ST-555-01-07	21-0205N0035						
Dec 19, 2021	ST-555-01-07	21-0815N0026						
Dec 19, 2021	ST-555-01-07	21-0508N0089						
Dec 12, 2021	ST-555-01-07	21-0508N0088						
Dec 12, 2021	ST-555-01-07	21-0508N0086						



La mise en place du système permet ainsi un suivi précis et dynamique des émissions de gaz à effet de serre dans la chaîne d'approvisionnement. Le tableau 2 donne une visualisation de la quantité de GES émise chaque semaine et permet aussi de voir et d'analyser les variations liées à ces changements en lien avec les activités de transformation utilisées et ainsi de réduire l'empreinte environnementale de la chaîne de valeur.

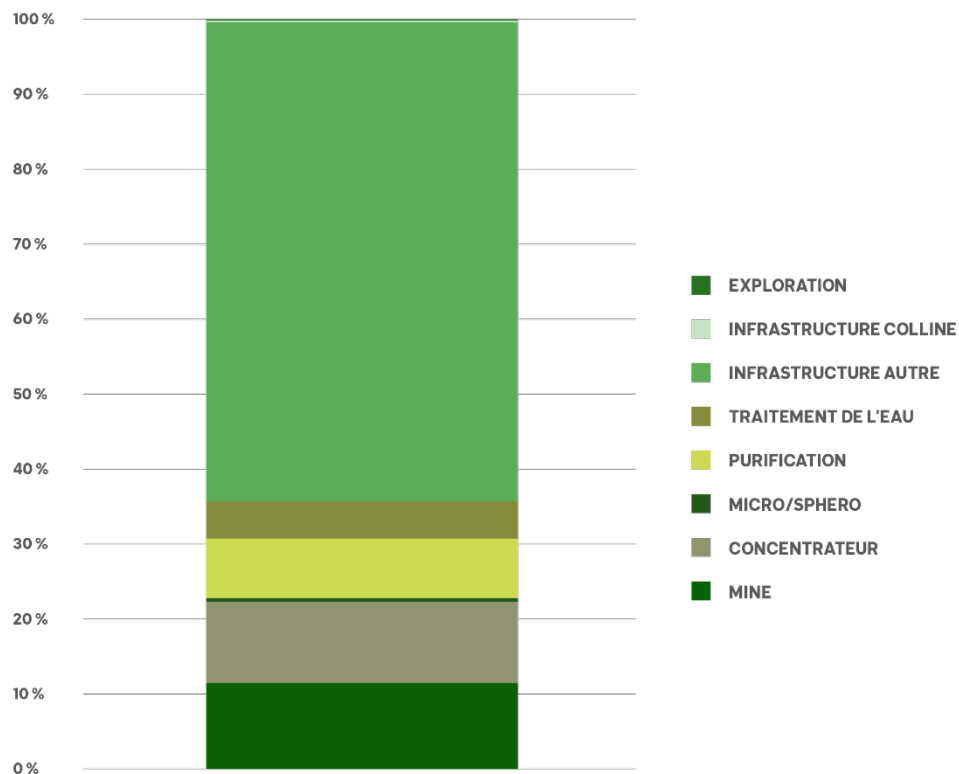
Empreinte carbone estimée

Au cours de ce projet, l'empreinte carbone moyenne d'un kilogramme de graphite purifié sortant de l'usine de Nouveau Monde a été déterminée. Cette empreinte a été estimée à XXXX kgCO2eq par kg de graphite purifié produit. Cependant, il importe de noter que cette empreinte ne peut être considérée comme étant représentative de la phase commerciale, et ce, puisque les opérations suivies dans le cadre du présent projet pilote ne l'ont été qu'en phase de démonstration, et donc par lot.

La figure 11 montre les contributions à l'empreinte carbone d'un kilogramme de graphite purifié des différentes étapes de production. On y voit que la grande majorité de l'empreinte provient de l'infrastructure autre que celle de la Colline (la mine). Ceci est dû au fait que l'on étudie un projet en phase de démonstration. Pour un projet en phase commerciale, la contribution de l'infrastructure devrait baisser significativement. On observe également que la mine et l'étape de concentration sont les deux principales sources d'émissions GES.

Figure 11

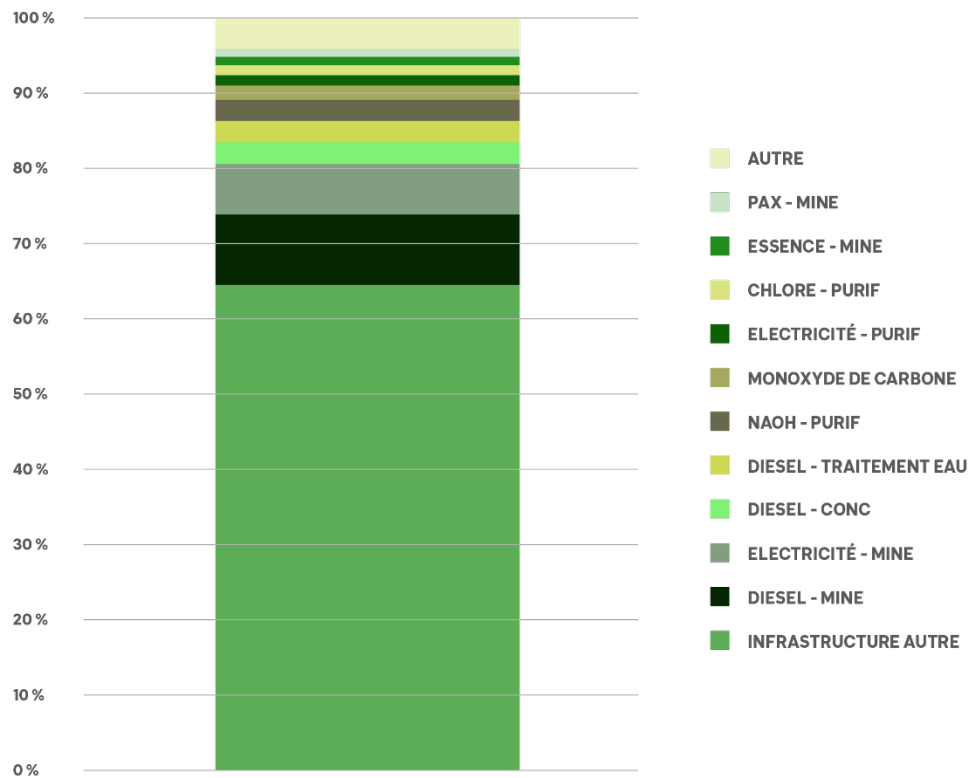
Contribution à l'empreinte carbone d'1 kg de graphite purifié des différentes étapes de production



La figure 12 permet d'identifier les consommables contribuant le plus à l'empreinte carbone d'un kg de graphite purifié. On observe que (si l'on exclue l'infrastructure) le diesel et l'électricité consommés à la mine sont les deux sources majeures de gaz à effet de serre. Les plus grands contributeurs non énergétiques sont la soude caustique, laquelle est utilisée lors de la purification, ainsi que les émissions directes de monoxyde de carbone.

Figure 12

Contribution à l'empreinte carbone d'1 kg de graphite purifié des différents consommables utilisés



CRITÈRES ET NORMES APPLICABLES AUX ENJEUX SOCIAUX ET DE GOUVERNANCE

Approche de la *Global Battery Alliance*

L'approche retenue dans le cadre du présent projet pilote fut celle développée par la GBA, c.-à-d. celle en cours de développement par le groupe de travail dédié aux enjeux du travail forcé des enfants et des Droits de l'Homme (de l'anglais « Child Labor and Human Rights »). Ce groupe de travail, piloté par la firme de consultants britannique Levin Sources, a développé trois principaux documents sur ces enjeux, lesquels se déclinent ainsi :

- **General Data Rulebook (GDR)** : ce document constitue en quelque sorte le « cahier de charges » du Passeport Batteries, c.-à-d. qu'il a pour objectif de formaliser la manière avec laquelle les données qualitatives afférentes aux aspects sociaux et de gouvernance sont colligées et rapportées. En effet, à la différence des paramètres environnementaux et économiques, pour lesquels les données à colliger sont généralement quantitatives et donc plus facilement colligées automatiquement par différents capteurs, registres de données numériques, etc., les données « sociales » sont plus souvent qualitatives et donc doivent être adéquatement gérées afin de s'assurer que leur collecte et leur traitement soient faits de manière homogène d'un site à l'autre, d'une entreprise à l'autre. Ce document sera décrit plus en détail à la prochaine sous-section du présent rapport.
- **Child Labor Index (CLI)** : il s'agit du cœur du travail accompli à ce jour par le groupe de travail et lequel a fait l'objet d'une phase récente de test de déploiement en conditions réelles par certains membres du groupe. Ce document sera décrit plus en détail à la prochaine sous-section du présent rapport.
- **Human Rights Risk Management Index (HRRMI)** : ce document dresse la liste des enjeux dits horizontaux, c.-à-d. les enjeux communs à tous les éléments couverts par le Passeport Batteries de la GBA ayant traits aux Droits de l'Homme. Ceux-ci incluent certes le travail forcé des enfants, mais aussi le travail forcé en général, l'équité, la diversité et l'inclusion, la torture, la cruauté et les traitements inhumains et dégradants, la santé et sécurité des travailleurs, la liberté d'association et de négociation collective, la qualité de vie, l'implication communautaire, et le respect des droits des peuples autochtones (Figure 13). Tous ces enjeux verront des indices spécifiques être définis par la GBA dans sa version finale, mais tous ces indices seront liés au HRRMI qui les reliera tous ensemble dans la grande catégorie des enjeux sociaux. Cela dit, le développement de cet indice « horizontal » n'en est qu'à ses balbutiements et, à ce jour, seuls le CLI et le CLGDR sont suffisamment avancés pour être décrits ci-après dans leurs grandes lignes.

Le General Data Rulebook

Le GDR a pour objectif principal de définir les règles générales ainsi que celles spécifiques à certains indices (il y en a 29 au total, tous listés à la [figure 13](#)) qui gouverneront la manière avec laquelle les données colligées seront gérées et transmises au Passeport Batteries, ainsi que leur stockage.

Les principes clés du GDR sont :

1. La collecte des données est réalisée à l'échelle du site de production.
2. Chaque indice doit produire des données compréhensibles, normalisées, précises, différenciantes, vérifiables et comparables.
3. Le Passeport Batteries cherche à s'appuyer sur les systèmes, protocoles critères et normes existants en matière de performance ESG et de gestion des données. Il n'est pas destiné à dupliquer les systèmes existants. Les règles ont été rédigées en gardant cet impératif à l'esprit.
4. Le Passeport Batteries vise à automatiser la collecte, la vérification et l'analyse des données dans la mesure du possible. Il a donc été développé de manière à maximiser l'interopérabilité avec les systèmes déjà utilisés par les entreprises. Les règles sont rédigées dans le but de ne pas nuire à l'efficacité des entreprises.
5. Les lacunes dans les données constituent un obstacle à la performance du système. Cela dit, les lacunes dans les données se produisent pour différentes raisons : par exemple, une donnée peut être manquante par manque de transparence volontaire ou en raison d'une impraticabilité technique. Ces deux situations sont fort différentes et donc les règles du Passeport se doivent de bien les différencier. Ainsi, dans un cas où une entreprise ne divulgue pas une donnée intentionnellement, son pointage global s'en trouve affecté négativement, alors que lorsque la donnée n'existe pas ou ne peut être colligée, son pointage global n'est pas touché de la même façon.

L'ensemble des règles définies dans le GDR visent ainsi à définir les paramètres de collecte, de gestion et de transmission des données telles que la fréquence des mises à jour, la modération du pointage global, les clauses applicables aux nouveaux membres (« période de grâce », etc.) favorisant l'amélioration progressive lors des premières années de déploiement, la pondération du pointage global, la crédibilité des données et les audits par de tierces parties indépendantes, la sécurité des données et la divulgation des données confidentielles et/ou commerciales, etc.

Dans le cas qui nous concerne avec le présent projet pilote, et tout particulièrement dans le cas du travail forcé des enfants, l'une de ces règles apparaît hautement d'intérêt et se doit d'être plus explicitement décrite ici : le « filtre d'éligibilité ». En vertu de cette règle, dans le cas du travail forcé des enfants, et potentiellement aussi pour d'autres indices à développer subséquentement, il a été décidé que pour les pays où le travail forcé des enfants n'est pas un enjeu réel en raison de lois et règlements en vigueur et strictement appliqués à l'échelle nationale (le tout étant défini en vertu de normes internationales reconnues), ces pays se verraient automatiquement exemptés de la compilation des données requises pour cet indice. Ainsi, dans le cas du Canada où les lois en vigueur rendent nul le risque de travail forcé des enfants, les entreprises y opérant un site de production n'auront pas à remplir le questionnaire afférent.

La principale conséquence de cette règle dans le cadre du présent projet pilote est que pour l'indice lié au travail forcé des enfants développé par la GBA, le projet de Nouveau Monde Graphite est automatiquement exempté de par sa localisation en sol canadien. Conséquemment, cet indice n'a pu être traité dans le cadre du présent projet pilote.

Un autre élément important devant être rapporté dans le présent rapport en lien avec le GDR est la manière avec laquelle le troisième principe directeur du GDR (voir ci-haut) sera mis en œuvre. En effet, à l'échelle mondiale, et tout particulièrement pour la portion « amont » de la chaîne de valeur des batteries, c.-à-d. de l'extraction minière à la transformation du minerai en produits à valeur ajoutée (p. ex. purification du graphite), il existe de nombreux critères, protocoles, normes, etc. régissant la manière avec laquelle les entreprises prennent en compte les enjeux ESG dans le cadre de leurs opérations. Le Passeport Batteries ne visant pas à dupliquer ceux-ci ou à s'y substituer, mais plutôt à bâtir sur l'expérience acquise au cours des dernières années, une vaste consultation sera amorcée par la GBA et, tout particulièrement, le groupe de travail sur le travail forcé des enfants et les Droits de l'Homme. Cette consultation² externe sera initiée au cours du premier trimestre de 2022 et visera à présenter le GDR et le CLI aux entités suivantes :

- *ASI Performance Standard;*
- *ASM Cobalt Framework (CAP Framework);*
- *Copper Mark;*
- *ICMM – Mining Principles;*
- *IRMA – Standard for Responsible Mining;*
- *Responsible Mica Initiative– Global Workplace standard for Mica processors;*
- *Responsible Steel Standard;*
- *RMI – Environmental, Social & Governance (ESG) Standard;*
- *Vers le développement minier durable (Towards Sustainable Mining).*

L'objectif visé par cette démarche est, d'une part, la simplification des documents préparés par la GBA, et d'autre part, la maximisation de l'interopérabilité entre ces critères et normes et les indices et règles développés dans le cadre du Passeport Batteries.

Le Child Labor Index

Le CLI est le premier indice développé par la GBA pour les enjeux sociaux et de gouvernance. Pour les enjeux environnementaux, le premier indice développé l'est actuellement pour les émissions de GES (voir notes à cet effet dans la section *Objectifs du projet – Global Battery Alliance* du présent rapport).

Le CLI a pour objectif de mesurer les efforts des entreprises actives le long de la chaîne de valeur des batteries afin d'éliminer le travail forcé des enfants, et ce, en leur attribuant un pointage global pour chaque site de production. Les principaux cadres de référence utilisés pour son élaboration sont :

² Pour le volet « émissions de GES », une consultation similaire a été menée par le groupe de travail concerné, mais cette fois à l'interne puisque les principaux groupes et acteurs experts en la matière sont membres dudit groupe de travail. Aussi, en ce qui a trait aux émissions de GES, divers protocoles (p. ex. ISO 14040 et 14044) déjà bien établis à l'échelle mondiale sont reconnus et utilisés par l'industrie de sorte qu'une telle consultation externe n'a pas été jugée pertinente.

- *International Labor Organization (ILO) Conventions on Child Labour;*
- *United Nations (UN) Guiding Principles on Business and Human Rights (UNGPs);*
- *OECD Due Diligence Guidance for Responsible Supply Chains of Minerals from Conflict-Affected and High-Risk Areas;*
- *UN Sustainable Development Goals;*
- *Children's Rights and Business Principles (CBRP).*

Le CLI consiste ultimement en un questionnaire basé sur des outils et normes existants parmi lesquels figurent :

- *UNICEF Children's Rights in Impact Assessment tool* (alignés sur les CBRP);
- *ILO-IOE Child Labour Guidance tool for business* (alignés sur les UNGPs);
- *The ILO-IOE Guide for Employers – Guide 2, How employers can eliminate child labour;*
- *OECD Practical actions for companies to identify and address the worst forms of child labour in mineral supply chains;*
- *Word Business Council for Sustainable Development (WBCSD) Tackling Child labour: an introduction for business leaders.*

Le questionnaire a été élaboré selon une approche de gestion des risques, c.-à-d. qu'il s'affaire à colliger principalement comment les entreprises gèrent le risque de travail forcé des enfants dans leurs opérations ainsi qu'auprès de leurs fournisseurs. Une seconde section du questionnaire dresse une liste de questions portant plus spécifiquement sur les droits des enfants.

1. Gestion du risque et contribution à l'élimination du travail forcé des enfants :
Ces questions évaluent les efforts des entreprises pour faire face au risque de travail des enfants dans leurs opérations, leurs chaînes d'approvisionnement et leurs environnements opérationnels. Ils sont groupés dans les sections suivantes :
 - 1.1 Engagement politique sur le droit des enfants à être à l'abri du travail forcé;
 - 1.2 Analyse des risques et de l'impact;
 - 1.3 Intégration et action;
 - 1.4 Surveillance, suivi et établissement de rapports;
 - 1.5 Correction;
 - 1.6 Efforts visant à prévenir le travail des enfants lorsque l'entreprise n'a pas causé ou contribué au travail des enfants, mais peut y être liée.
2. S'attaquer aux causes profondes du travail des enfants par le biais des droits des enfants :
Par exemple, des conditions de travail décentes, le salaire minimum, les pratiques d'achat, les pots-de-vin et la corruption, les relations gouvernementales et communautaires; cela inclut d'autres initiatives ou mesures que les entreprises peuvent prendre afin de lutter plus largement (systémiquement) contre le travail des enfants, c.-à-d. au-delà de leur cadre opérationnel.

Au final, le CLI fournira un pointage spécifique à un site, lequel sera compilé à l'échelle de la chaîne de valeur complète tel qu'illustré à la [figure 14](#). La manière avec laquelle ce pointage sera défini variera pour chacun des paramètres du Passeport Batteries et le sera donc conformément aux cahiers des règles (« rulebook ») qui seront définies pour chacun. Pour les paramètres qualitatifs tels ceux du CLI, le pointage sera fort probablement établi sous la forme d'un équivalent quantifiable (p. ex. à la question « avez-vous un programme de gestion et de suivi des plaintes », la réponse « oui » donnera deux points,

« non » aucun, et une réponse intermédiaire telle qu'un tel plan est en développement pourrait donner un point). Pour les paramètres quantitatifs, un tel ajustement ne sera pas requis et des seuils, par exemple d'émissions de GES, définiront les catégories pour le pointage applicable.

Finalement, il importe de noter que, tel que mentionné dans la sous-section traitant du GDR, dans le cadre du présent projet pilote, le projet de Nouveau Monde Graphite est automatiquement exempté en ce qui a trait à l'indice lié au travail forcé des enfants développé par la GBA, et ce, en raison de sa localisation en sol canadien. Conséquemment, cet indice n'a pu être traité dans le cadre du présent projet pilote.

RECOMMANDATIONS LIÉES À UN DÉPLOIEMENT EN PHASE COMMERCIALE AU QUÉBEC ET AU CANADA

Opérations en phase de démonstration

La principale contrainte opérationnelle à laquelle l'équipe de projet a fait face en cours de réalisation fut sans contredit le fait que le projet de NMG est en phase de démonstration et qu'ainsi les opérations ne sont pas en continu, mais bien par lot. Conséquemment, il n'a pas été possible avec ce projet pilote de démontrer l'applicabilité de la solution de traçabilité retenue pour des opérations en continu. Toutefois, il importe de noter que la solution retenue l'a été justement en raison de son opérabilité dans de telles situations et, tel que mentionné à la prochaine recommandation, le fait que les opérations n'aient pas été réalisées en continu a en fait nuit à son utilisation efficace et complète.

De plus, ceci est tout à fait normal dans l'industrie des batteries, le fait que l'entreprise soit en phase de démonstration a occasionné certains retards dans l'échéancier de développement du projet d'usine de micronisation et de sphéronisation à Saint-Michel-des-Saints ainsi que de purification à Bécancour et, conséquemment, il n'a pas été possible de tester en conditions réelles la solution de traçabilité développée à ces étapes de production chez NMG dans le cadre du présent projet. Toutefois, tout le travail requis à cette fin a été réalisé dans le cadre du présent projet et ce travail pourra aisément être mis en œuvre une fois que lesdites opérations de micronisation, de sphéronisation et de purification auront été lancées.

Conséquemment, il est recommandé que lors d'une phase ultérieure de ce projet, le cas échéant, le choix de l'entreprise partenaire et hôte du projet permette la réalisation d'activités de pilotage en mode continu, c.-à-d. dans le cadre d'opérations commerciales.

Collecte des données et automatisation

Malgré les bénéfices de la solution de traçabilité retenue et de la valorisation des données en tableaux de bord, un point important à considérer est l'implication des employés et des intervenants tout au long de la chaîne de valeur. Ainsi, lorsque la collecte d'information doit être faite manuellement alors que les opérations ne sont pas en continu et donc non suivies en continu, il est primordial d'avoir une compréhension optimale, une disponibilité et une collaboration complète des individus. L'utilisation de plusieurs sous-traitants alors que les opérations ne sont pas en continu rend très difficile l'obtention de données fiables et en temps réel. Ainsi, l'entrée des données en continu via une application mobile fonctionne bien lorsque celle-ci est bien intégrée dans les opérations quotidiennes, idéalement en continu, et toujours utilisée par les mêmes individus, lesquels ont été préalablement adéquatement formés à cette fin.

Par ailleurs, il importe de souligner que l'entreprise NMG souhaite, dans le cadre de ses opérations commerciales, maximiser la collecte automatisée et en continu des données opérationnelles, incluant celles indispensables pour les fins d'un Passeport Batteries. Cette approche, qu'englobent les concepts de manufacturier dit « innovant » ou « 4.0 », nous apparaît totalement arrimée à celle requise au succès

de l'adoption globale de la traçabilité dans l'industrie minière et manufacturière industrielle (p. ex. chimique dans le cas des batteries). Il est donc recommandé que, dans une phase ultérieure du projet, le cas échéant, un arrimage étroit soit réalisé entre le déploiement de la traçabilité et de solutions dites « 4.0 » (ou automatisées) au sein des opérations minières et manufacturières industrielles.

Autres recommandations

Dans un contexte de déploiement à grande échelle et impliquant plusieurs intervenants, il est recommandé que les éléments suivants soient pris en compte afin d'efficacité et d'optimalement mettre en valeur la traçabilité :

- La digitalisation et la cybersécurité sont des éléments critiques pour les entreprises et doivent être adressées promptement afin qu'elles soient en mesure de transmettre leurs données de manière conforme et sécuritaire. Considérant leurs différentes configurations et règles de sécurité informatique internes, des délais importants, pouvant aller à plusieurs mois, sont parfois à prévoir afin de permettre ces échanges. La cybersécurité est un élément critique pour les entreprises et doit être adressée promptement afin que celles-ci soient en mesure de transmettre leurs données de manière sécuritaire et confidentielle. Il est donc recommandé qu'une démarche plus globale, à l'échelle de l'industrie, soit menée en amont du déploiement de solutions de traçabilité (et donc de partage des informations entre différents intervenants) afin d'éviter que de tels enjeux apparaissent en cours de déploiement/développement. Cela dit, de tels enjeux ne sont pas uniques à l'industrie des batteries et l'expérience cumulée avec les années entre autres dans l'industrie pharmaceutique et alimentaire pourra aisément être transférée dans le cas présent.
- Une standardisation du marquage est à prioriser afin de permettre l'identification du générateur de la matière et s'assurer que la traçabilité soit maintenue tout au long de la chaîne de valeur. En codant selon les standards de GS1, c.-à-d. via un *Global Trade Item Number*® (GTIN) et un numéro de série inclus dans un code-barre ou code QR sur l'étiquette du produit, tous les partenaires commerciaux pourraient valider l'authenticité du produit et échanger des données en temps réel sur ses attributs, ses performances et ses activités. Notons d'ailleurs que les standards GS1 sont au cœur de la démarche préconisée par la GBA et son projet de Passeport Batteries. Il est donc recommandé que tout projet futur de traçabilité préconise dès à présent la conformité avec ces standards lors de son développement.
- La méthodologie proposée par la GBA pour son projet de Passeport Batterie focalise sur les opérations uniquement d'une mine et/ou d'une usine active dans la chaîne de valeur des batteries. Ceci signifie que les impacts environnementaux et sociaux associés aux étapes préalables à la mise en production ne sont pas considérés (p. ex. l'exploration minière, la construction des installations minières et/ou de l'usine de traitement, de purification, etc.). Bien que logique dans un contexte où il s'agit d'une industrie en forte croissance et donc où cohabitent des mines et usines datant de plusieurs décennies avec d'autres en construction actuellement, une telle décision n'est pas totalement arrimée sur les exigences d'une ACV complète selon les normes et protocoles applicables. Il pourrait ainsi être avantageux, dans le

cadre d'une phase subséquente, d'intégrer ces étapes préalables dans le bilan final d'une opération visée par la traçabilité, et ce, par exemple, en répartissant les émissions de GES associées à ces étapes préliminaires sur toute la durée de vie de ladite opération. Toutefois, un défi de taille sera associé à une telle approche, soit celui de devoir établir l'empreinte environnementale et sociale d'opérations existantes depuis des années, voire des décennies, de manière à les comparer équitablement avec de nouvelles exploitations. À la lumière de l'analyse réalisée à ce jour, il appert qu'une telle analyse incluant les étapes antérieures à la mise en exploitation sera difficilement applicable, d'où la décision de la GBA de ne pas en tenir compte à ce stade-ci de développement du Passeport Batteries.

CONCLUSION

L'objectif principal du projet était de collecter et analyser des données issues des activités d'une entreprise verticalement intégrée (de l'extraction minière à la production de produits à valeur ajoutée) dans la chaîne de valeur de la batterie lithium-ion. Nouveau Monde Graphite (NMG), une entreprise basée à Saint-Michel-des-Saints et à Bécancour, a été retenue parce qu'il s'agit de la seule ayant un projet de production de graphite intégré verticalement au Canada et offrant des capacités de production en cours (en phase de démonstration).

Le projet pilote a permis de :

- Suivre de manière précise et dynamique les émissions de GES associées aux opérations de NMG à Saint-Michel-des-Saints;
- Établir les taux de conversion applicables aux sources d'émissions opérationnelles de NMG;
- Mesurer l'empreinte carbone réelle du produit de NMG en phase de démonstration, laquelle n'est toutefois pas représentative de ce qu'elle sera en phase commerciale;
- Aider à la décision pour l'entreprise afin de réduire son empreinte environnementale;
- Documenter l'approche retenue par la GBA pour les aspects liés au travail forcé des enfants et aux Droits de l'Homme.

En cours de projet, le principal défi rencontré a eu trait au fait que le projet de NMG n'était qu'en phase de démonstration et qu'ainsi les opérations n'étaient pas en continu, mais bien par lot. Conséquemment, il n'a pas été possible avec ce projet pilote de démontrer l'applicabilité de la solution de traçabilité retenue pour des opérations en continu. Toutefois, il importe de noter que la solution retenue l'a été justement en raison de son opérabilité dans de telles situations et le fait que les opérations n'aient pas été réalisées en continu a en fait nui à son utilisation efficace et complète.

Cela dit, le projet a permis de statuer sur le fait que la solution ici développée afin de mesurer de façon dynamique l'empreinte carbone tout au long du cycle de vie d'un produit permettra aux compagnies minières québécoises et à ses partenaires de positionner le Québec à titre de meneur mondial dans la production responsable de matériaux pour batteries, avec notamment pour caractéristiques :

- Être prêt à partager les informations nécessaires à la traçabilité, dont notamment l'empreinte des GES;
- Effectuer la traçabilité de bout en bout dans toute la chaîne de valeur québécoise et ainsi faire la preuve d'origine;
- Attirer davantage d'investissements grâce à une image de marque garantissant la responsabilité sociale et environnementale des entreprises;
- Offrir un avantage compétitif et commercial aux entreprises québécoises grâce à des produits répondant aux normes environnementales et sociales de plus en plus élevées des utilisateurs finaux;
- Soutenir des chaînes de valeur complètes, durables et responsables.

ANNEXES

Figure 13

Liste des indicateurs retenus pour le Passeport Batteries de la GBA (extrait tiré de la présentation générale de la GBA datée de décembre 2021)

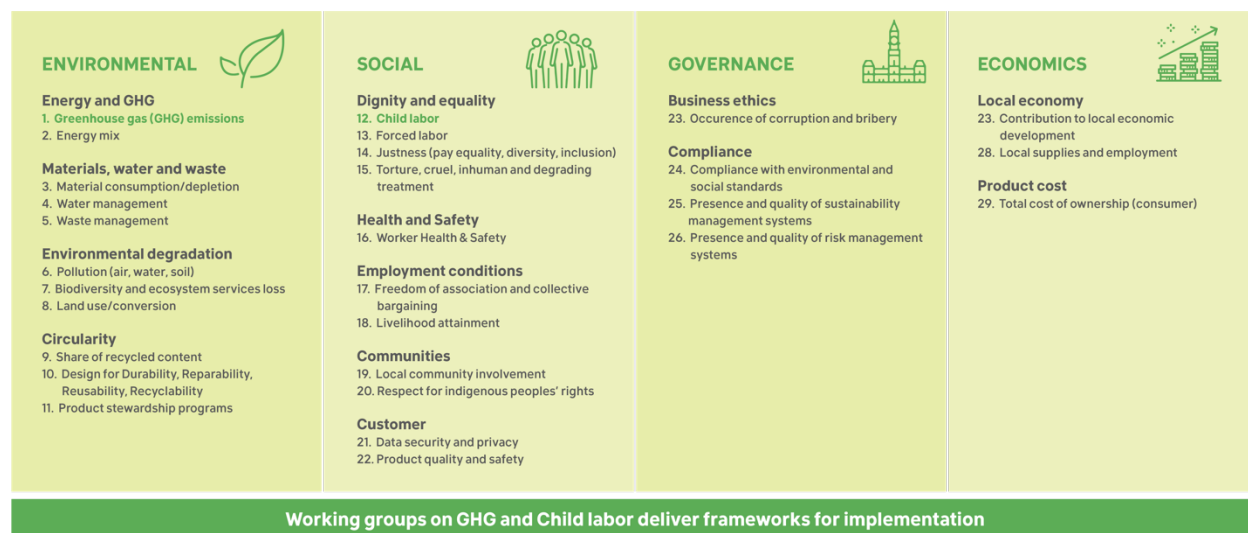
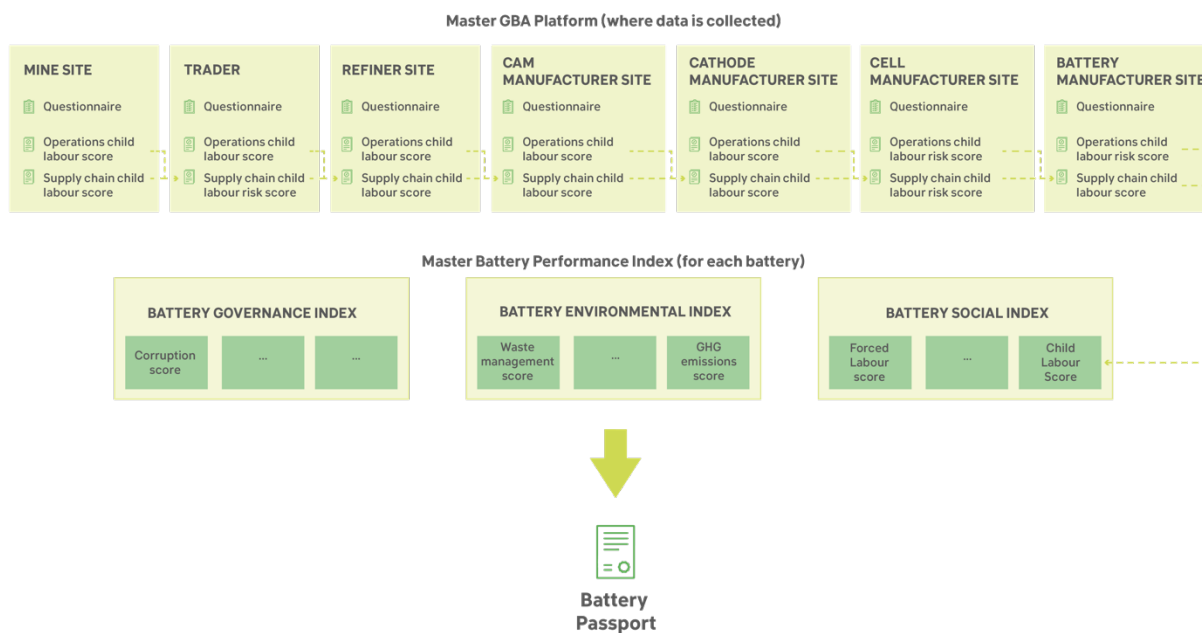


Figure 14

Agrégation du score modéré tout au long de la chaîne de valeur des batteries



Équipement	Consommation (L/Hrs)	Consommables
Foreuse D9	30	Diesel
Camion Émulsion	15	Diesel
Excavatrice CAT324	35	Diesel
Excavatrice CAT315	25	Diesel
Camions 10 roues	18	Diesel
Niveleuse CAT140	18	Diesel
Sableuse	18	Diesel
Camions d'épandage	18	Diesel
Chargeuse CAT966	14	Diesel
Buteur CAT D5	12	Diesel
Fardier	18	Diesel
Génératrice 200KWH	0	Diesel
Camion pompier	18	Diesel
Camionnette du superviseur	6,8	Diesel
Camionnette de l'arpenteur	7,5	Diesel
Camionnette de l'échantillonneur	7,5	Diesel
Camionnette du foreur	15	Diesel
Camionnette du dynamiteur	15	Diesel
Camionnette du représentant technique	15	Diesel
Chargeuse JD544	18	Diesel
Camion Flèche	15	Diesel

Consommables dans le calcul d'empreinte carbone	Source de la donnée
Diesel	ecoinvent v3.6 cut-off: "market for diesel, burned in building machine" GLO
Hydro-électricité	ecoinvent v3.6 cut-off: "market for electricity, medium voltage" CA-QC
Essence	ecoinvent v3.6 cut-off: "market for petrol, unleaded, burned in machinery" GLO
PAX	Pas de données pour PAX. Modélisé comme le xanthate. Modèle ACV pris de https://open.uct.ac.za/handle/11427/15597
Sodium hydroxyde, 50%	ecoinvent v3.6 cut-off: "market for sodium hydroxide, without water, in 50% solution state" GLO
Explosives	ecoinvent v3.6 cut-off: "market for explosive, tovox" GLO
MetalSorb (kg)	Pas de données pour metalsorb. Modélisé comme du sodium sulfide. Ecoinvent v3.6 cut-off: "market for sodium sulfide" GLO
Bicarbonate de sodium (kg)	ecoinvent v3.6 cut-off: "market for sodium bicarbonate" GLO
Polymère AMX239 (kg)	Pas de données pour AMX239. Modélisé comme du polyacrylamide. Ecoinvent v3.6: "market for polyacrylamide" GLO
MIBC	Pas de données pour MIBC. Modélisé comme du 4-méthyl-2-pentanone. Ecoinvent v3.6: "market for 4-methyl-2-pentanone" GLO
Diesel (flottaison)	ecoinvent v3.6 cut-off: "market for diesel" RoW
Petcoke	ecoinvent v3.6 cut-off: "market for petroleum coke" GLO
Chlore	ecoinvent v3.6 cut-off: "market for chlorine, liquid" RoW
Acide sulfurique	ecoinvent v3.6 cut-off: "market for sulfuric acid" RoW
Argon	ecoinvent v3.6 cut-off: "market for argon, liquid" RoW
Sulfite de sodium	ecoinvent v3.6 cut-off: "market for sodium sulfite" RoW
Hydrures de métal	ecoinvent v3.6 cut-off: "market for hazardous waste, for underground deposit" GLO
Sodium hydroxyde x18%	Procédé remis à l'échelle pour la concentration voulue. Ecoinvent v3.6 cut-off: "market for sodium hydroxide, without water, in 50% solution state" GLO