



L'impact du traitement des minéraux critiques et stratégiques (MCS) sur la formation minière au Québec

Analyse du programme de formation professionnelle

Conduite de machines de traitement du minerais



Conception, recherche et rédaction

Nicholas Thérour, conseiller Recherche et Projets
Institut national des mines

Collaboration à l'élaboration de la recherche

Florian Côté, consultant en analyse et développement de programmes d'études ou de formation
Collecto

Supervision

Christine Duchesneau, présidente-directrice générale
Institut national des mines

Mise en page et diffusion

Karine Lacroix, coordonnatrice Communications et Partenariats stratégiques
Institut national des mines

Maripier Viger, agente de communication
Institut national des mines

Révision linguistique

Gilles Bordage

Photographie de la page couverture

Mathieu Dupuis/Centre de formation professionnelle de la Baie-James

Le présent ouvrage a été produit par l'Institut national des mines et a reçu l'aide financière du ministère des Ressources naturelles et des Forêts dans le cadre du Plan québécois de valorisation des minéraux critiques et stratégiques. De plus, il s'inscrit en continuité avec l'ouvrage publié par l'Institut national des mines en 2024 et intitulé :

Programmation de recherche sur l'impact du traitement des minéraux critiques et stratégiques (MCS) sur la formation minière au Québec : Phase 1 – Recension documentaire et sélection des programmes d'études et de formation à étudier prioritairement.

Comment citer cet ouvrage :

Institut national des mines (2025). *L'impact du traitement des minéraux critiques et stratégiques (MCS) sur la formation minière au Québec : Phase 2 – Analyse du programme de formation professionnelle – Conduite de machines de traitement du minerai*. Études et rapports. Gouvernement du Québec. Rédigé par Nicholas Thérour, Val-d'Or, 46 p.

Pour toute demande de renseignement :

Institut national des mines
125, rue Self
Val-d'Or (Québec) J9P 3N2

Téléphone : 819 825-4667
info@inmq.gouv.qc.ca | inmq.gouv.qc.ca

ISBN : 978-2-555-01741-2 (Imprimé)
ISBN : 978-2-555-01742-9 (PDF)

Dépôt légal - Bibliothèque et Archives nationales du Québec
© Gouvernement du Québec, Institut national des mines (2025)



Avant-propos

Le plan stratégique 2023-2028 de l'Institut national des mines prévoit qu'en raison de la transformation rapide du secteur minier, l'organisme doit s'assurer que l'offre de formation minière du Québec reste constamment en adéquation avec la réalité et les besoins de cette industrie. Pour ce faire, l'Institut doit notamment identifier les besoins de formation d'aujourd'hui et de demain du secteur minier québécois. Dans un contexte qui est caractérisé à l'échelle mondiale par la volonté croissante des États industrialisés de sécuriser leurs approvisionnements en matière de minéraux critiques et stratégiques (MCS) et, à l'échelle nationale, par la volonté du gouvernement du Québec de valoriser ces mêmes minéraux présents sur son territoire, l'Institut contribue donc à ce que la formation minière offerte au Québec s'actualise en permanence pour que la main-d'œuvre du domaine minier possède toutes les qualifications requises pour exercer son travail de manière optimale dans ce secteur d'activité stratégique. Dans cette optique, le présent document met de l'avant des constats et propose des recommandations concernant l'actualisation du programme de formation professionnelle *Conduite de machines de traitement du minerais*. L'objectif est de veiller à ce que ce programme de formation soit en phase avec les besoins de formation et de compétences des mines de lithium et de graphite.

Ce rapport n'aurait pu être mené à terme sans la collaboration des entreprises de l'industrie minière actives dans le domaine des MCS ainsi que la contribution des centres de formation professionnelle du Québec ayant pris part au projet. L'Institut national des mines tient à les remercier pour leur apport majeur à la réalisation de ce document.

Table des matières

Avant-propos	3
Liste des tableaux	5
Lexique	6
Abréviations.....	7
Résumé	8
Introduction et mise en contexte.....	12
Objectifs du projet.....	12
CHAPITRE 1 Méthodologie	15
1.1. Méthodologie de la recherche	15
1.2. Étape 1 – Collecte d’information auprès des exploitations minières actuelles et futures de lithium et de graphite.....	17
1.3. Étape 2 – Collecte d’information auprès des établissements d’enseignement offrant le programme de formation professionnelle <i>Conduite de machines de traitement du minerai</i> ..	18
CHAPITRE 2 Synthèse des résultats des collectes d’information	19
2.1. Synthèse des informations recueillies auprès des mines et projets miniers du Québec exploitant ou comptant exploiter du lithium ou du graphite	19
2.2. Synthèse des informations recueillies auprès des centres de formation professionnelle.	26
CHAPITRE 3 Constats et recommandations	31
Conclusion	42
Annexes	43
Références.....	45

Liste des tableaux

Tableau 1

Constats et recommandations relativement au programme d'études professionnelles de *Conduite de machines de traitement du minéral*.....9

Tableau 2

Étapes du processus de recherche.....16

Lexique

Métallurgie

Dans le cadre de ce projet, le terme « métallurgie » fera référence à l'ensemble du processus de transformation de la matière minérale, ce qui inclut :

- la **minéralurgie**, soit l'« ensemble des techniques de traitement de matières minérales brutes ayant pour objet d'obtenir par voie physique, chimique ou thermique, des produits directement utilisables par l'industrie ou transformables » (Office québécois de la langue française, 2025b);
- la **métallurgie**, soit « les différentes opérations qui ont pour objet : a) l'extraction des métaux à partir des minerais, b) l'affinage des métaux bruts ainsi obtenus pour en éliminer les impuretés nuisibles, c) l'élaboration d'alliages, par fusion de différents métaux pour obtenir des propriétés particulières, d) les traitements chimiques, thermiques, mécaniques de ces métaux ou alliages » (Office québécois de la langue française, 2025a).

Mine active

Site minier dont la production a atteint au moins 60 % de sa capacité nominale (capacité inscrite dans la dernière étude technico-économique) (Ministère des Ressources naturelles et des Forêts, 2020b).

Minéraux critiques

Le gouvernement du Québec considère les minéraux critiques comme ceux qui revêtent aujourd'hui une importance économique pour des secteurs clés de notre économie, qui présentent un risque élevé en matière d'approvisionnement et qui n'ont pas de substituts offerts commercialement. Il s'agit par exemple du cuivre, de l'étain ou du zinc (Ministère des Ressources naturelles et des Forêts, 2020a).

Minéraux stratégiques

Le gouvernement du Québec considère les minéraux stratégiques comme les substances minérales nécessaires à la mise en œuvre de différentes politiques du Québec. Il s'agit par exemple du lithium, du graphite, du cobalt ou du nickel (Ministère des Ressources naturelles et des Forêts, 2020a).

Projet minier

Projet visant la mise en production d'une mine qui en est à l'étape de la mise en valeur du projet ou à l'étape de la construction et du rodage (Ministère des Ressources naturelles et des Forêts, 2020b).

Abréviations

CSMO Mines

Comité sectoriel de main-d'œuvre de l'industrie des mines

DEP

Diplôme d'études professionnelles

MCS

Minéraux critiques et stratégiques

PQVMCS

Plan québécois pour la valorisation des minéraux critiques et stratégiques

Résumé

En 2020, le gouvernement du Québec adoptait le Plan québécois pour la valorisation des minéraux critiques et stratégiques (PQVMCS). En cohérence avec sa mission consistant à soutenir le gouvernement dans l'exercice de sa responsabilité en matière d'éducation dans le secteur minier, l'Institut national des mines lançait en 2023-2024 une programmation de recherche. Celle-ci vise à mieux circonscrire les programmes d'études ou de formation qui devraient être actualisés (et de quelle manière ceux-ci devraient l'être) afin que la formation minière offerte au Québec soit en adéquation avec les besoins des nouvelles mines de lithium et de graphite en matière de traitement du minerai, soit l'étape du cycle minéral où le renforcement des compétences est jugé prioritaire par l'industrie (Institut national des mines, 2024).

Dans le cadre de ce rapport, le programme d'études professionnelles *Conduite de machines de traitement du minerai* sera analysé pour répondre aux questions suivantes :

- **Quels sont les principaux besoins de compétences et de formation pour les opératrices et les opérateurs de traitement du minerai travaillant dans les usines de traitement du minerai des mines de lithium et de graphite au Québec?**
- **Quelles modifications pourraient être apportées au programme de formation professionnelle *Conduite de machines de traitement du minerai* pour s'assurer que ce programme est en adéquation avec les besoins de compétences et de formation des usines de traitement du minerai des mines de lithium et de graphite?**

Pour apporter des réponses à ces interrogations, une méthodologie basée sur la réalisation de deux collectes d'information a été mobilisée. D'abord, des entrevues semi-dirigées ont été réalisées avec des mines et des projets miniers de lithium et de graphite. Ensuite, les deux établissements d'enseignement offrant le programme de formation professionnelle *Conduite de machines de traitement du minerai* ont également été interrogés dans le cadre d'entrevues semi-dirigées.

Les informations recueillies durant ces entrevues ont permis de faire émerger plusieurs constats et recommandations en ce qui a trait à l'actualisation du programme analysé au regard des réalités et des besoins de formation et de compétences des usines de traitement du minerai des mines et projets miniers de lithium et de graphite du Québec. Les principaux constats du rapport d'analyse pointent la nécessité de renforcer les compétences des personnes apprenantes pour que celles-ci soient en mesure de travailler optimalement dans des usines de traitement du minerai de lithium et de graphite caractérisées par un degré élevé d'automatisation et

d'instrumentation. Les constats mettent également en lumière des enjeux particulièrement cruciaux en ce qui a trait à la qualité du concentré produit au cours du processus de traitement de minerai (en particulier lors du procédé de flottation) ainsi que l'importance du maintien et de l'amélioration continue de la santé et de la sécurité au travail. Pour favoriser l'acquisition de ces compétences par les personnes apprenantes dans le cadre de leur parcours de formation, l'Institut national des mines formule 14 recommandations d'actualisation à l'égard du programme d'études professionnelles *Conduite de machines de traitement du minerai*. Les constats ainsi que les recommandations de ce rapport sont présentés dans le **tableau 1**.

Tableau 1 – Constats et recommandations relativement au programme d'études professionnelles Conduite de machines de traitement du minerai

CONSTAT	RECOMMANDATION
A) Comprendre en profondeur les phénomènes influençant le procédé de flottation	RECOMMANDATION 1 Que le programme développe chez les personnes apprenantes une compréhension approfondie des caractéristiques physicochimiques mobilisées lors du traitement du lithium et du graphite tout en favorisant leur capacité à mettre à jour et à développer leurs connaissances en la matière une fois sur le marché du travail.
	RECOMMANDATION 2 Que le programme s'assure que les personnes apprenantes comprennent bien les critères de qualité visés par les usines de traitement du lithium ou du graphite, leurs éléments constitutifs et leur importance dans la rentabilité de l'usine.
	RECOMMANDATION 3 Que le programme permette aux personnes apprenantes de s'approprier rapidement et efficacement les modes de fonctionnement des équipements les plus stratégiques du procédé de flottation, et ce, dans un contexte d'évolution technologique rapide.
	RECOMMANDATION 4 Que le programme s'assure que les personnes apprenantes connaissent la nature et le rôle des produits réactifs requis dans le procédé de flottation du lithium et du graphite et savent manipuler ceux-ci de manière sécuritaire.

B) Utiliser les données de manière appropriée et efficace	RECOMMANDATION 5 Que le programme de formation des opératrices et des opérateurs de traitement du minerai accorde une importance marquée au développement de leur capacité d’analyser et d’évaluer de manière critique les données numériques relatives au déroulement des opérations et au fonctionnement de leurs machines.
C) Développer une compréhension globale du fonctionnement de l’usine grâce à une utilisation efficace des outils numériques	RECOMMANDATION 6 Que le programme de formation renforce chez les personnes apprenantes la capacité d’utiliser les logiciels et les technologies numériques pour effectuer leurs tâches, comprendre les liens entre les étapes des procédés et améliorer la performance de leurs équipements dans un souci d’optimisation globale des opérations de l’usine.
D) Adapter son approche d’entretien et de réparation des équipements en adéquation avec le degré d’instrumentation et d’automatisation des différents circuits de l’usine	RECOMMANDATION 7 Que le programme de formation favorise le développement chez les personnes apprenantes des capacités nécessaires à l’adaptation de leur approche d’entretien et de diagnostic en fonction du degré d’automatisation ou d’instrumentation des équipements. RECOMMANDATION 8 Que le programme de formation prépare les personnes apprenantes à mettre en œuvre une approche de maintenance prédictive plutôt que préventive.
E) Collaborer avec les équipes d’entretien mécanique ou électrique pour la réparation ou la maintenance des équipements et transmettre efficacement l’information en matière d’entretien	RECOMMANDATION 9 Que le programme de formation prépare les personnes apprenantes à collaborer efficacement avec des travailleuses et travailleurs d’autres statuts et à transmettre l’information rapidement et en utilisant la bonne procédure, notamment en matière de maintenance et d’entretien.

F) Acquérir plus de connaissances et de savoir faire en matière de santé et de sécurité au travail	RECOMMANDATION 10 Que le programme de formation initie les élèves à la sécurité en ce qui concerne les dangers reliés au levage et au transport d'objets lourds ainsi que les dangers électriques. RECOMMANDATION 11 Que le programme de formation intègre spécifiquement l'application des règles et procédures de cadenassage parmi ses éléments de compétence.
G) Arriver sur le marché du travail en étant mieux outillé grâce à une prolongation des stages	RECOMMANDATION 12 Que le devis ministériel permette une augmentation substantielle des heures de stage de façon que les centres de formation professionnelle puissent coordonner l'horaire des stagiaires avec le rythme des périodes de travail du milieu de stage et mettre en place un stage en deux temps, soit un stage d'observation en première moitié de formation et un stage d'application en fin de formation.
H) Mettre en valeur dans le devis ministériel les attitudes recherchées dans les intentions éducatives du programme	RECOMMANDATION 13 Que le programme de formation développe explicitement des éléments et des critères pour que les attitudes comme le sens des responsabilités, l'autonomie et la polyvalence soient des objets d'enseignement et d'évaluation.
I) Sélectionner une dénomination plus représentative pour le programme	RECOMMANDATION 14 Que le programme de formation porte un nom plus représentatif de l'activité des opératrices et des opérateurs de traitement de minerais. Le nom « Opérations de traitement de minerais » est celui ayant été le plus évoqué lors d'entrevues menées auprès des mines et projets miniers de lithium et de graphite ainsi que des centres de formation professionnelle et apparaît comme étant pertinent à considérer.

Introduction et mise en contexte

En 2020, le gouvernement du Québec adoptait le Plan québécois pour la valorisation des minéraux critiques et stratégiques (PQVMCS). Par l'adoption de ce plan, le gouvernement démontrait sa volonté de faire en sorte que le Québec devienne un chef de file en matière de production, de transformation et de recyclage des MCS. Il est notamment prévu que les objectifs du PQVMCS pourront, entre autres, être atteints en « misant sur la formation et la création d'emplois de qualité » (Ministère des Ressources naturelles et des Forêts, 2020). Cette volonté gouvernementale consistant à améliorer la formation de la main-d'œuvre afin que celle-ci contribue pleinement au succès de ce projet d'envergure est d'ailleurs inscrite au cœur des principes directeurs du PQVMCS.

C'est dans ce contexte que la veille informationnelle réalisée par l'Institut national des mines, afin de surveiller et d'analyser en continu les grandes tendances du secteur minier susceptibles d'avoir un impact sur l'évolution de la formation minière, a permis de mettre en lumière la proportion croissante de référence aux MCS dans la documentation produite par les acteurs institutionnels, universitaires et privés ainsi que dans les différents médias sectoriels (minier), nationaux ou internationaux.

Dans ces circonstances, il devient stratégique pour l'Institut, dont la mission consiste à conseiller le gouvernement dans l'exercice de sa responsabilité en matière d'éducation dans le secteur minier, de se pencher sur l'impact de cet accroissement de la production, de la transformation et du recyclage des MCS sur l'offre de formation minière québécoise. C'est dans cette optique que l'Institut poursuit, par la réalisation de ce rapport qui s'inscrit en continuité avec un précédent rapport publié sur le sujet, sa programmation de recherche pluriannuelle amorcée en 2023-2024 visant à mieux définir les impacts associés au traitement des minéraux de lithium et de graphite sur la formation minière offerte au Québec. Dans ce rapport, l'Institut s'intéressera particulièrement au programme de formation professionnelle *Conduite de machines de traitement du minerai*, dont l'actualisation est jugée prioritaire afin qu'il réponde aux besoins spécifiques des mines actuelles et futures qui entendent procéder au traitement de ces deux minéraux stratégiques (Institut national des mines, 2024).

Objectifs du projet

Ce document représente la suite de la programmation de recherche pluriannuelle amorcée par l'Institut national des mines en 2023 et qui entend, à terme, clarifier l'incidence qu'aura sur l'offre de formation minière l'accroissement du nombre de mines effectuant le traitement du lithium et du graphite en territoire québécois. Dans le cadre de ce document, l'Institut s'appuie sur les conclusions du premier rapport de cette programmation de recherche pour déterminer quelles

compétences les futures opératrices et les futurs opérateurs des usines de traitement du minerai devraient acquérir dans le cadre de leur formation afin d’être en mesure de répondre adéquatement aux besoins exprimés par les complexes miniers de lithium et de graphite du Québec (Institut national des mines, 2024). Une fois ces compétences déterminées, il s’agira d’évaluer dans quelle mesure celles-ci figurent dans le devis ministériel du programme *Conduite de machines de traitement du minerai* en vigueur depuis 2004 et, si elles n’y figurent pas, d’en faire le constat et de proposer des recommandations d’actualisation visant à remédier à la situation.

Structure du document

Ce rapport est structuré autour de trois chapitres principaux. Le premier chapitre est l’occasion de définir l’approche méthodologique retenue pour élaborer le présent document. Par la suite, le deuxième chapitre explicite les principaux résultats à prendre en compte à la suite des enquêtes menées auprès des parties prenantes de l’industrie minière et du secteur de l’éducation. Finalement, le troisième chapitre présente les constats structurants qui émergent de l’analyse des informations recueillies, lesquels constats constituent la pierre angulaire des recommandations que l’Institut national des mines formule en ce qui a trait à l’actualisation du programme de formation *Conduite de machines de traitement du minerai* au regard des besoins de formation et de compétences des mines de lithium et de graphite du Québec.



Photographie : Mathieu Dupuis/Centre de formation professionnelle de la Baie-James



CHAPITRE 1

Méthodologie

1.1. Méthodologie de la recherche

L'approche méthodologique sélectionnée pour ce projet repose sur la réalisation de deux collectes d'information visant à trouver des réponses à deux questions primordiales dans le cadre d'une réflexion portant sur l'actualisation du programme *Conduite de machines de traitement du minerai* en vue de répondre aux besoins des exploitations minières de lithium et de graphite, soit :

- Quels sont les principaux besoins de compétences et de formation pour les opératrices et les opérateurs de traitement du minerai travaillant dans les usines de traitement du minerai des mines de lithium et de graphite au Québec?
- Selon les besoins identifiés par l'entremise de la question précédente, mais également en fonction des constats des établissements d'enseignement formant les futures opératrices et les futurs opérateurs de machines de traitement du minerai, quelles modifications pourraient être apportées au programme de formation professionnelle *Conduite de machines de traitement du minerai* pour s'assurer que le programme est en adéquation avec les besoins des exploitations minières traitant du lithium et du graphite?

La collecte d'information a été effectuée par le recours à l'entrevue semi-dirigée ainsi que par l'analyse du programme *Conduite de machines de traitement du minerai*. La période durant laquelle la recherche a été réalisée s'est échelonnée du 6 novembre 2024 au 29 janvier 2025. Le **tableau 2** synthétise les informations relatives à l'approche méthodologique utilisée dans le cadre de ce projet.

Tableau 2 – Étapes du processus de recherche

	ÉTAPE 1	ÉTAPE 2
		Collecte d'information auprès des établissements d'enseignement offrant le programme de formation professionnelle <i>Conduite de machines de traitement du minerai</i>
DESCRIPTION	Analyse des compétences recherchées chez les opératrices et les opérateurs de traitement du minerai par les usines de traitement du minerai des exploitations minières actuelles et futures de lithium et de graphite	Analyse du devis ministériel, des contenus d'apprentissage et des approches pédagogiques du programme <i>Conduite de machines de traitement du minerai</i> en vue d'une actualisation pour répondre aux besoins des exploitations minières de lithium et de graphite
SOURCE D'INFORMATION	Mines et projets miniers du Québec dont la ressource minérale principalement exploitée est le lithium ou le graphite	Centres de formation professionnelle offrant le programme <i>Conduite de machines de traitement du minerai</i>
MÉTHODE DE COLLECTE	Entrevues semi-dirigées	Entrevues semi-dirigées
PÉRIODE DE COLLECTE	Du 6 novembre 2024 au 8 novembre 2024	Du 13 janvier 2025 au 29 janvier 2025
NOMBRE D'ORGANISATIONS RÉPONDANTES	5	2

1.2. Étape 1 – Collecte d’information auprès des exploitations minières actuelles et futures de lithium et de graphite

Comme illustré dans le **tableau 2**, la première étape du processus de recherche consistait à mener à bien une collecte d’information auprès des exploitations minières actuelles et futures de lithium et de graphite. Cette collecte a porté sur les besoins de formation et de compétences des entreprises minières du Québec concernées par le traitement du minerai de lithium et de graphite relativement au poste d’opératrice ou d’opérateur de machines de traitement du minerai. Cette collecte de données a été effectuée par l’entremise d’entrevues semi-dirigées. Pour encadrer le déroulement de la collecte d’information, un guide d’entrevue a été élaboré par l’Institut national des mines et validé auprès d’une personne experte en matière de développement de formation en lien avec les réalités du marché du travail et d’actualisation de programmes d’études et de formation¹. Le guide d’entrevue, qui était composé de 19 questions ouvertes, a permis de structurer les entretiens menés auprès de 5 entreprises minières effectuant ou projetant d’effectuer du traitement de minerai de lithium ou de graphite au Québec, soit :

- **1 mine active;**
- **4 projets miniers.**

Les entreprises sélectionnées pour participer aux entrevues ont été choisies en fonction du fait qu’elles étaient officiellement reconnues par le ministère des Ressources naturelles et des Forêts comme des mines « actives, en maintenance ou en réouverture » ou encore comme des « projets miniers » exploitant ou comptant exploiter du lithium ou du graphite, et ce, en date du mois de décembre 2024².

Les entreprises répondantes ont participé aux entrevues entre le 6 et le 8 novembre 2024. Sur les cinq projets miniers ou mines ayant participé à l’enquête, deux sont des exploitations actuelles ou futures de graphite et trois, de lithium.

À la suite de cette collecte d’information réalisée auprès de l’industrie, un portrait détaillé des réalités spécifiques, des attentes et des besoins des usines de traitement du minerai des exploitations minières actuelles et futures de lithium et de graphite en matière de formation et de compétences recherchées pour les opératrices et les opérateurs de machines de traitement du minerai a été mis au jour. Cela a permis de dégager les principaux constats relativement à l’actualisation du programme analysé dans ce rapport, tout en favorisant la sélection des thématiques abordées dans la seconde collecte de données.

¹ Il s’agit du collaborateur à la réalisation du projet provenant de Collecto (Services regroupés en éducation).

² La carte des mines actives et en maintenance en décembre 2024 au Québec peut être consultée à l’**annexe I** et la carte des projets miniers en décembre 2024 au Québec peut être consultée à l’**annexe II**.

1.3. Étape 2 – Collecte d’information auprès des établissements d’enseignement offrant le programme de formation professionnelle *Conduite de machines de traitement du minerai*

Comme le montre le **tableau 2**, la seconde collecte de données a permis de documenter la position des établissements d’enseignement qui offrent la formation menant à occuper le poste d’opératrice ou d’opérateur de machines de traitement du minerai, soit le programme de formation professionnelle *Conduite de machines de traitement du minerai*, quant aux éléments prioritaires à actualiser dans le programme en vue de répondre aux besoins des mines actuelles et futures, et, en particulier, celles de lithium et de graphite. Pour réaliser cette collecte, la méthode utilisée a également été celle de l’entrevue semi-dirigée. Pour ce faire, un guide d’entrevue a été élaboré par l’Institut national des mines et validé auprès d’une personne experte en matière de développement de formation en lien avec les réalités du marché du travail et d’actualisation de programmes d’études et de formation. Un guide d’entrevue, articulé autour de 25 questions ouvertes, a servi à encadrer les entretiens réalisés auprès des deux seuls centres de formation professionnelle du Québec offrant le programme *Conduite de machines de traitement du minerai*, soit :

- **le Centre de formation professionnelle de la Baie-James;**
- **le Centre de formation professionnelle Val-d’Or (InforouteFPT, 2025).**

Les établissements d’enseignement ont participé aux entrevues le 13 et le 29 janvier 2025. Sur les deux centres de formation professionnelle ayant participé à l’enquête, un est situé dans la région administrative du Nord-du-Québec (Centre de formation professionnelle de la Baie-James) et l’autre, dans la région administrative de l’Abitibi-Témiscamingue (Centre de formation professionnelle Val-d’Or).

Cette collecte d’information a permis de saisir le point de vue des acteurs du domaine de l’éducation concernés par la qualification des opératrices et des opérateurs de machines de traitement du minerai sur l’adaptation de l’offre de formation au regard des besoins des exploitations de lithium et de graphite et, ainsi, de compléter le portrait global des enjeux entourant l’actualisation du programme analysé entamé lors de la précédente collecte.

CHAPITRE 2

Synthèse des résultats des collectes d'information

La collecte d'information menée pour élaborer ce rapport a permis de recueillir une somme importante de renseignements sur la vision des mines et des projets miniers du Québec actifs dans les filières du lithium et du graphite ainsi que des établissements d'enseignement à l'égard des éléments à prendre en compte dans le cadre d'une éventuelle actualisation du programme de formation professionnelle *Conduite de machines de traitement du minerai*.

La collecte d'information réalisée visait spécifiquement à circonscrire les besoins exprimés par les complexes miniers de lithium et de graphite du Québec en ce qui a trait à la formation offerte aux personnes apprenantes destinées à occuper des fonctions d'opératrice ou d'opérateur de machines de traitement du minerai dans leurs usines de traitement. Par conséquent, les renseignements recueillis portent sur l'ensemble des compétences associées aux opérations et aux tâches qui ont cours dans ces usines, et ne se limitent pas aux compétences liées exclusivement aux opérations qui sont spécifiques aux procédés de traitement du lithium et du graphite. Il en résulte que certains renseignements s'appliquent exclusivement aux usines des exploitations minières de lithium et de graphite, tandis que d'autres peuvent s'appliquer à l'ensemble des usines de traitement du minerai.

Le présent chapitre dresse une synthèse globale de l'information amassée à la suite de ces collectes d'information.

2.1. Synthèse des informations recueillies auprès des mines et projets miniers du Québec exploitant ou comptant exploiter du lithium ou du graphite

Procédé de flottation

Dans le cadre des entrevues réalisées auprès des mines et projets miniers de lithium et de graphite, l'Institut national des mines a porté une attention particulière aux enjeux liés au procédé de flottation, qui représente, selon les entreprises de lithium et de graphite interrogées, l'étape la plus stratégique dans le déroulement de leur procédé de concentration du minerai.

Le procédé de flottation met en action des réactions physicochimiques complexes qui demandent de la part des opératrices et des opérateurs une compréhension approfondie des principes scientifiques à leur base. Par conséquent, les entreprises ayant participé à l'enquête jugent que la formation offerte aux opératrices et aux opérateurs doit prendre soin d'expliquer les

phénomènes liés à ces réactions. Par ailleurs, puisque chacune des étapes de la flottation trouve sa raison d'être dans les caractéristiques propres aux substances minérales que sont le lithium et le graphite, les opératrices et les opérateurs doivent les connaître pour bien comprendre comment atteindre les normes de pureté requises. Pour les entreprises minières de lithium et de graphite, les critères de qualité du concentré produit sont au moins aussi importants que les objectifs de quantité de production, et, par conséquent, les opératrices et les opérateurs doivent bien comprendre ce que sont ces critères (ainsi que ce qui les affecte) au regard de la nature du lithium et du graphite et des types d'impuretés propres à ces minéraux. Les mines et projets miniers interrogés soulignent qu'il en est de même pour les produits réactifs utilisés. En effet, le rôle respectif de ces produits dans le procédé de flottation, leur impact sur le procédé et les interactions qui se déroulent dans le processus physicochimique doivent être maîtrisés par les opératrices et les opérateurs pour que leur travail soit effectué de manière optimale.

Enfin, puisque les usines de traitement de minerai de lithium et de graphite intègrent ou entendent intégrer dans les machines destinées à la réalisation du procédé de flottation une grande variété de capteurs pour le pH, la viscosité ainsi que d'autres données opérationnelles, les opératrices et les opérateurs doivent être en mesure de valider ces données. Celles-ci et ceux-ci doivent également s'assurer que ces données demeurent à l'intérieur des limites fixées en fonction des critères de qualité, et ce, tout en gérant les produits réactifs et en veillant au bon fonctionnement des machines. La connaissance des types de capteurs, des données qu'ils peuvent transmettre et des choix à faire à partir de celles-ci est donc fondamentale pour diriger les machines de flottation.

Automatisation des opérations

L'un des objectifs des entretiens menés auprès des mines et projets miniers de lithium et de graphique du Québec était de comprendre les tendances fortes des évolutions technologiques et leurs répercussions sur le travail des personnes, plus spécifiquement des opératrices et des opérateurs des usines de traitement de minerai.

Selon les entreprises interrogées, l'évolution la plus marquante des dernières années est la croissance de l'automatisation dans toutes les étapes des procédés de traitement. Celles-ci mentionnent en effet que, grâce aux avancées technologiques, il est possible d'augmenter l'autonomie des systèmes pour exécuter de manière automatisée certaines opérations, le tout dans un souci d'amélioration de la précision et de l'efficacité des interventions réalisées dans le circuit de traitement. Cette croissance de l'automatisation est rendue possible grâce au fait que les équipementiers proposent des modifications aux équipements existants ou même de nouveaux équipements qui minimisent les interventions manuelles et les erreurs opérationnelles. En conséquence, les opérations de traitement gagnent en rapidité et en efficacité, ce qui permet de régulariser les résultats obtenus au terme du procédé de traitement du minerai. De plus, l'automatisation de certaines tâches et activités favorise la prévention des accidents et l'amélioration générale de la sécurité des opératrices et des opérateurs. À titre d'exemple, le

gestionnaire d'une usine de traitement du minerai expliquait que l'automatisation des équipements de concassage permet de programmer ceux-ci pour qu'ils rejettent les intrants d'une taille inadéquate, ce qui réduit les blocages et donc les interventions physiques de déblocage pouvant entraîner des blessures.

Toutes les entreprises minières ayant participé à l'enquête ont évoqué les impacts de cette évolution technologique non seulement sur les opérations, mais également sur les compétences des personnes qui doivent les exécuter. Comme l'efficacité dans l'exécution des procédés est critique pour la rentabilité des opérations, la capacité des opératrices et des opérateurs de traitement du minerai à travailler de façon optimale dans cet environnement automatisé est au cœur des préoccupations des mines et projets miniers de lithium et de graphite. Toujours selon les organisations répondantes, cette amélioration de l'efficacité peut être obtenue par différents moyens, comme l'utilisation d'outils plus adéquats pour diminuer la charge de travail, la mise en place d'une meilleure organisation du travail ou encore par une meilleure détection des défaillances afin de diminuer les interventions humaines. Il est également mentionné que l'efficacité peut se voir améliorée par des changements dans le procédé de traitement, par exemple par l'introduction dans les nouvelles usines de traitement de lithium et de graphite d'une étape supplémentaire de filtration des résidus, ou encore par l'optimisation de l'exécution du procédé, par exemple en recourant à un équipement de tamisage plus efficace et plus précis.

Selon les mines et les projets miniers interrogés, l'automatisation d'un système repose essentiellement sur l'action des boucles de contrôle par lesquelles la partie commande du système reçoit des signaux émis par des capteurs situés dans la partie opérative et répond par des ordres envoyés aux actionneurs de la partie opérative. Chaque sorte de capteur réagit à un phénomène physique particulier, comme la température, la pression ou le mouvement, et le transforme en un signal envoyé à la partie commande, qui détermine la réaction appropriée et répond par un ordre à la partie opérative. Par conséquent, plus les capteurs sont sensibles et variés, plus les commandes sont pertinentes et plus les actions sont précises dans la partie opérative. Les boucles de contrôle sont supervisées par les opératrices et les opérateurs par le moyen d'interfaces où apparaissent les données fournies par les capteurs sur la matière en traitement et sur les actions posées par les moteurs, les valves ou autres actionneurs des machines. L'opératrice ou l'opérateur peut aussi observer des graphiques permettant de saisir rapidement les tendances des données et, éventuellement, être alerté par des alarmes qui signalent les dépassements de limites fixées par les directives de la salle de

La capacité des opératrices et des opérateurs de traitement du minerai à travailler de façon optimale dans cet environnement automatisé est au cœur des préoccupations des mines et projets miniers de lithium et de graphite.

contrôle de l'usine. Ainsi, le défi pour les opératrices et les opérateurs consiste à savoir analyser et interpréter toutes les données disponibles. Comme l'affirme une personne répondante d'une entreprise ayant participé à la collecte d'information, « les alarmes des instruments sont plus fiables que l'attention [des opératrices et] des opérateurs ». Cependant, avant d'intervenir à la suite du déclenchement d'une alarme, l'opératrice ou l'opérateur doit estimer la crédibilité des informations présentées par les écrans d'interface, puisqu'il arrive que des capteurs mal calibrés envoient des données erronées.

Les opératrices et les opérateurs doivent donc connaître et comprendre la nature des différents capteurs, leur mode de fonctionnement et les relations entre les données qu'ils transmettent pour pouvoir interpréter adéquatement ce que ces données signifient dans le déroulement réel du processus dont ils sont responsables.

Bien entendu, l'accroissement de l'automatisation ainsi que la présence accrue des capteurs dans les usines de traitement du minerai entraînent une transformation du travail des opératrices et des opérateurs de traitement de minerai. Les entretiens réalisés avec les personnes répondantes des usines de traitement des mines actuelles et futures de lithium et de graphite permettent de conclure que leur travail sera caractérisé par une réduction de l'activité manuelle et une augmentation des actes découlant d'un jugement sur une situation et d'une prise de décision. Dans les usines de traitement que les entreprises interrogées exploitent ou entendent exploiter, il est attendu que les opératrices et les opérateurs doivent à certains moments réagir à des signaux indiquant une urgence ou un incident qui demande une action rapide pour régler un problème. L'opératrice ou l'opérateur doit alors être en mesure d'effectuer un *troubleshooting* méthodique pour poser un diagnostic fiable et prendre une décision pertinente. Par exemple, la décision pourrait consister à effectuer le choix opportun quant au personnel à solliciter pour la réalisation d'une réparation urgente. Cette décision ne pourra être prise de façon éclairée que si le diagnostic posé par l'opératrice ou l'opérateur est adéquat et, donc, repose sur la prise en compte de toutes les données physiques et numériques pertinentes. À cet égard, une personne interrogée mentionne la nécessité pour les opératrices et les opérateurs de posséder « une vision de haut niveau », c'est-à-dire la capacité de saisir la globalité d'une situation. C'est le cas notamment pour une opératrice ou un opérateur responsable d'un circuit du procédé, pour qui il est essentiel de connaître en détail chaque étape de ce procédé pour discerner comment un incident dans une autre étape se répercute sur l'étape dont elle ou il est responsable.

Les personnes répondantes des usines de traitement des mines actuelles et futures de lithium et de graphite mentionnent que le travail de l'opératrice ou de l'opérateur sera caractérisé par une réduction de l'activité manuelle et une augmentation des actes découlant d'un jugement sur une situation et d'une prise de décision.

Outils numériques

L'automatisation des procédés demande de la part des opératrices et des opérateurs une certaine aisance dans l'utilisation d'outils numériques. Une opératrice ou un opérateur doit pouvoir lire les graphiques sur les écrans, changer la présentation pour valider les signaux des capteurs, gérer les alarmes et comprendre les variations dans la production. Les personnes répondantes interrogées ont insisté sur l'importance de maîtriser les principaux logiciels, comme ceux de traitement de texte, d'analyse de données numériques ou de communication. Dans le cours quotidien de son travail, une opératrice ou un opérateur pourra par exemple être appelé à réaliser un graphique pour illustrer des données de production, à entrer des données dans Excel ou encore à rédiger et transmettre un rapport sur un support numérique.

Maintenance et réparation des équipements, et collaboration avec le personnel de maintenance

Les mines et projets miniers de lithium et de graphite ayant participé à la collecte d'information mentionnent que, dans le cadre de leur travail, les opératrices et les opérateurs doivent prêter main-forte à des mécaniciennes ou des mécaniciens industriels ou à d'autres membres du personnel pour la réalisation de tâches urgentes ou compliquées de réparation ou d'entretien des équipements de traitement du minerai. Ces tâches peuvent être réalisées en collaboration avec l'équipe de maintenance, et, en fonction de l'organisation du travail des différentes usines, s'avérer occasionnelles ou plutôt fréquentes. À titre d'exemple, une opératrice ou un opérateur peut être appelé à participer à une opération de maintenance comme le changement de toile sur un tamis vibrant. La contribution d'une opératrice ou d'un opérateur dans ces circonstances est plus significative si celle-ci ou celui-ci connaît bien l'équipement faisant l'objet d'une intervention et si la compréhension des méthodes de travail et des procédures utilisées par les membres du personnel des autres métiers est connue. Le travail d'équipe est d'autant plus facilité si les opératrices et les opérateurs développent un réflexe collaboratif dès leur formation et si leurs capacités de communication sont bien développées. Dans un contexte où l'automatisation des procédés et l'instrumentation des équipements s'avèrent en croissance rapide, l'importance pour les opératrices et les opérateurs d'acquérir et de développer des compétences collaboratives apparaît d'ailleurs d'autant plus grande puisque l'intervention sur des équipements instrumentés peut revêtir un caractère plus complexe et nécessiter le recours à une plus grande diversité de membres du personnel de l'usine de traitement du minerai.

Les situations de travail occasionnent également des communications avec des personnes qui pratiquent d'autres métiers et professions, comme les techniciennes et les techniciens, les professionnelles et les professionnels, les gestionnaires, etc. Selon les entreprises interrogées, il est donc particulièrement important pour l'opératrice et l'opérateur de machines de traitement du minerai de comprendre les informations transmises par leurs collègues exerçant d'autres métiers ainsi que d'être compris de ces mêmes collègues, notamment en transmettant les informations selon les procédures en vigueur et en utilisant le vocabulaire technique adéquat.

La présence accrue de systèmes dotés de capteurs dans les nouvelles usines de traitement du minerai des mines et projets miniers de lithium et de graphite fera également évoluer la façon d'exécuter les tâches habituelles des opératrices et des opérateurs selon les entreprises répondantes. Par exemple, l'inspection régulière des circuits et des machines de traitement du minerai est toujours nécessaire, mais l'instrumentation accrue des systèmes fournit une quantité d'informations significativement plus importante sur l'état et le fonctionnement des équipements. Par exemple, sur un équipement instrumenté, un détecteur de chaleur ou de vibrations transmet non seulement une quantité importante de données sur l'écran de contrôle, mais peut également déclencher des alarmes avertissant de problèmes qui, en l'absence de capteurs, n'auraient possiblement pas été détectés aussi rapidement par les seuls moyens humains. En contexte d'automatisation et d'instrumentation accrues, les tournées d'inspection visuelle doivent se compléter par l'examen des données affichées sur les écrans de contrôle et l'interprétation critique de celles-ci.

Toujours en matière de maintenance, les entreprises interrogées soulignent que les systèmes de capteurs qui décrivent en temps réel l'état et le fonctionnement des machines de traitement du minerai permettent de suivre de manière beaucoup plus précise la progression de l'usure ou des bris qui affectent certaines parties ou pièces critiques des équipements. En analysant ces données, le système peut générer une prédiction de la durée de vie utile restante des pièces en question et ainsi permettre à l'opératrice ou à l'opérateur d'anticiper les problèmes potentiels et d'éviter les pannes. Les opératrices et les opérateurs peuvent donc avertir plus rapidement et efficacement les responsables de l'entretien et des réparations ou encore intervenir eux-mêmes sur ce qui relève de leurs compétences, le tout en optimisant les périodes prévues à cet effet par le calendrier d'entretien. Les entreprises ayant participé à la collecte d'information mentionnent que cette approche prédictive plutôt que préventive rend l'entretien plus efficace tout en évitant des coûts découlant d'arrêts imprévus ou de changements de pièces réalisés prématurément. Ce remplacement graduel de la maintenance préventive par la maintenance prédictive apparaît donc comme un phénomène particulièrement prononcé dans les nouvelles usines de traitement du minerai de lithium et de graphite en activité ou destinées à entrer en activité prochainement au Québec. Pour les opératrices et les opérateurs appelés à travailler dans des usines de traitement du minerai de lithium ou de graphite, les méthodes de maintenance traditionnelle des équipements ne seront plus adaptées. La prise de décisions éclairées fondées sur la consultation et la validation des données rendues disponibles par les différentes catégories de capteurs devra être privilégiée.

Santé et sécurité au travail

Selon les entreprises ayant participé à la collecte d'information, la santé et la sécurité au travail constituent une préoccupation constante des gestionnaires et du personnel des usines de traitement de minerai. Selon celles-ci, les processus d'opération des machines de traitement du minerai sont conçus en fonction de normes de sécurité strictes visant à permettre aux opératrices et aux opérateurs de réaliser leur travail de façon sécuritaire. Toutefois, dans l'exercice de ses

fonctions, l'opératrice ou l'opérateur doit participer au déplacement de charges lourdes ou volumineuses au sein de l'usine (par exemple lors du remplacement d'une pièce dans un équipement situé en hauteur). Il est donc essentiel que les règles de sécurité, notamment lors du levage ou de l'élingage de matériel ou encore lors de l'utilisation de machinerie mobile, soient bien comprises et respectées. Ces mêmes entreprises ont également souligné l'importance de sensibiliser les personnes apprenantes aux mesures de sécurité à appliquer en présence de dangers électriques. En outre, plusieurs mines et projets miniers interrogés ont réitéré l'importance que les consignes de cadenassage soient rigoureusement appliquées à l'occasion de tout travail sur un équipement ou une machine de traitement du minerai.

Attitudes recherchées

Certaines entreprises ayant participé à l'enquête ont insisté sur l'importance pour l'opératrice ou l'opérateur de présenter des comportements ou des attitudes qui lui permettent d'exercer ses compétences de façon aussi complète que possible. Ils ont principalement mentionné l'autonomie, la polyvalence et la conscience de l'importance de la qualité du travail. Le caractère essentiel de ces attitudes dans l'exercice du métier avait d'ailleurs déjà été souligné par le CSMO Mines en 2012 dans le cadre d'un rapport portant sur le métier d'opératrice ou d'opérateur de machines de traitement du minerai (CSMO Mines, 2012, p. 36). Il est possible de constater que ces mêmes qualités sont présentées comme « indispensables à l'exercice du métier » dans la rubrique des « Intentions éducatives » du programme d'études professionnelles (Ministère de l'Éducation, 2004, p. 8). Il est d'ailleurs possible de noter que d'autres attitudes sont également jugées pertinentes par les employeurs. En effet, ces derniers ont mentionné être à la recherche de personnes ayant une préoccupation constante pour la sécurité, faisant preuve de rigueur dans les inspections, aptes à réaliser un travail méticuleux, etc.

Organisation du travail

En ce qui concerne l'organisation du travail, plusieurs mines et projets miniers de lithium et de graphite ont mentionné tendre vers une description de tâches du poste d'opératrice ou d'opérateur de machines de traitement du minerai plus « générique », favorisant ainsi le fait que l'opérateur ou l'opératrice réalise son travail dans tous les secteurs de l'usine et non pas dans un seul secteur, et ce, dans l'objectif de pouvoir compter sur une main-d'œuvre polyvalente apte à travailler partout dans l'usine. Malgré le désir de la majorité des entreprises ayant participé à l'enquête de ne pas cantonner les opératrices ou les opérateurs à l'opération d'un seul circuit dans le cadre de leur travail, celles-ci soulignent toutefois qu'en tout début de carrière, elles ou ils seront appelés à travailler un certain temps aux opérations de concassage et de broyage, des opérations jugées moins complexes qui permettent à leur avis de préparer les opératrices ou opérateurs à s'occuper ultérieurement des autres circuits.

2.2. Synthèse des informations recueillies auprès des centres de formation professionnelle

Pour que le portrait des améliorations qu'il s'avère nécessaire d'apporter au programme d'études professionnelles *Conduite de machines de traitement du minerai* au regard des besoins des mines et projets miniers de lithium et de graphite soit complet, il convient également de considérer le point de vue des établissements d'enseignement qui offrent ce programme. Les deux centres de formation professionnelle offrant le programme ont donc fait part de leurs observations sur celui-ci et leur façon de l'enseigner dans le cadre d'entrevues menées par l'Institut national des mines.

Devis ministériel

Le programme actuel a été adopté en 2004 et n'a fait l'objet d'aucune mise à jour depuis sa mise en vigueur. La méthode de développement « par objectifs et standards » adoptée pour son élaboration lui permet de rester pertinent en grande partie, puisque le personnel enseignant offrant le programme est chargé d'adapter les contenus de cours au fur et à mesure que l'industrie met en place de nouvelles pratiques et implante de nouvelles technologies. Les objectifs énoncés dans le devis ministériel, sous la forme de 17 compétences, sont restés inchangés depuis 2004, tout comme les critères de performance associés. Cependant, les équipes chargées d'offrir le programme ont mentionné lors de la collecte d'information avoir modifié les contenus de cours et les méthodes d'enseignement afin d'actualiser la formation en fonction de l'évolution de l'industrie.

Nom du programme

Dans le cadre de la réalisation de ce rapport d'analyse, les centres de formation professionnelle offrant le programme à l'étude signalent que la dénomination de celui-ci porte à confusion. En effet, l'utilisation de l'expression « conduite de machines » amène parfois certaines personnes, tant parmi le grand public que parmi les parties prenantes du marché du travail, à comprendre que la formation porte sur la « conduite » de machinerie mobile plutôt que l'opération de machines fixes. Au cours des entrevues de collecte d'information, les centres de formation professionnelle ont décrit les effets occasionnés par cette confusion. Ils ont notamment souligné la complexification du processus de recrutement d'élèves et les enjeux administratifs découlant de l'abandon ou du changement de cursus par des élèves qui avaient commencé le programme sans comprendre réellement la nature de celui-ci. Par ailleurs, plusieurs entreprises interrogées par l'entremise de l'enquête ont également fait part de leur incompréhension en ce qui a trait au choix de ce nom pour désigner le programme. Selon ces entreprises, cette dénomination représente un enjeu non seulement pour les acteurs du monde de l'éducation, mais également pour ceux de l'industrie.

Conditions d'admission au programme

Les centres de formation professionnelle ayant participé à la collecte d'information indiquent que les conditions d'admission pourraient figurer parmi les éléments qu'une éventuelle révision de programme pourrait étudier. L'un des centres de formation professionnelle a par exemple mentionné que des tests de classement pourraient être mis à contribution afin de repérer plus en amont les élèves ayant besoin de formation d'appoint pour réussir leur parcours d'apprentissage. Les établissements d'enseignement offrant le programme constatent en effet que plusieurs personnes apprenantes s'inscrivant au programme ne possèdent pas le bagage mathématique ou scientifique suffisant ou encore les capacités de lecture appropriées pour suivre certains modules.

Guide de soutien à l'enseignement et formation continue du personnel enseignant

Les centres de formation professionnelle interrogés ont indiqué ne pas disposer de guides de soutien à l'enseignement comme ceux que le ministère de l'Éducation a élaborés pour certains autres programmes de formation professionnelle. Les membres des équipes chargées d'enseigner le programme doivent donc déterminer eux-mêmes les moyens pour atteindre les objectifs de formation. Pour mettre à jour leur enseignement, les membres du personnel enseignant interrogés ont mentionné assister à des colloques et à des conférences ainsi que consulter de la documentation décrivant les nouvelles technologies mises en place dans les usines de traitement du minerai. Selon les enseignantes et les enseignants consultés, cette documentation proviendrait généralement des entreprises minières.

Contenu d'apprentissage

En ce qui a trait aux changements que l'automatisation provoque dans les rôles des opératrices et des opérateurs, les enseignantes et les enseignants interrogés ont tenu à rappeler l'importance de transmettre à leurs élèves une conception de leur travail valorisant l'autonomie et la responsabilité. En effet, pour les membres du personnel enseignant ayant participé à l'enquête, l'opératrice ou l'opérateur doit demeurer responsable des opérations de sa machine et ne pas se reposer uniquement sur les orientations et les informations émanant de la salle de contrôle de l'usine.

De plus, pour pouvoir approfondir l'enseignement des bases scientifiques des procédés, le personnel enseignant juge que le programme devrait accorder plus de temps aux modules qui traitent d'opérations plus complexes comme la concentration par flottation (module 11) et le système de contrôle informatisé (module 10). Ce constat rejoint l'opinion émise par plusieurs entreprises interrogées dans le cadre de la réalisation de ce rapport voulant que les procédés complexes bénéficient d'une plus grande attention durant le parcours d'apprentissage des futures opératrices et des futurs opérateurs.

En somme, les centres de formation professionnelle interrogés expliquent que les notions transmises au cours de la formation sont suffisantes pour que la personne apprenante atteigne les exigences du seuil d'entrée sur le marché du travail. Cependant, il appartient à chaque entreprise de compléter cette formation à la suite de l'embauche de l'opératrice ou de l'opérateur en fonction de la réalité particulière de chaque usine de traitement du minerai. Les mines et projets miniers ayant participé à l'enquête partagent ce point de vue et estiment également qu'au terme de leur parcours d'apprentissage, les personnes diplômées sont généralement aptes à réaliser la plupart des tâches attendues au seuil d'entrée sur le marché du travail. Plusieurs de ces entreprises soulignent toutefois que, pour que les diplômées et les diplômés maîtrisent mieux l'ensemble des compétences recherchées à l'embauche, une attention particulière devrait être consentie aux compétences liées à l'informatique en général et aux systèmes de contrôle informatisés en particulier. Questionnés sur cet enjeu, les centres de formation professionnelle mentionnent être conscients que l'enseignement des compétences en informatique pourrait être renforcé. Cependant, ils soulignent qu'en raison de la durée restreinte du programme (900 heures) et des limites des moyens techniques disponibles, les compétences des personnes diplômées ne sont pas totalement en adéquation avec les exigences du marché du travail.

Critères de performance et d'évaluation

Les membres du personnel enseignant ayant participé à l'enquête estiment qu'il est crucial que leurs élèves comprennent bien les processus scientifiques à l'œuvre dans les procédés. Certains regrettent d'ailleurs de ne pas pouvoir approfondir cet aspect dans leur enseignement ainsi que dans leurs évaluations. Selon les personnes interrogées, les critères de performance gagneraient à être revus parce que les évaluations portent presque uniquement sur des « actions observables » de l'élève et ne tiennent pas assez compte de la compréhension par la personne apprenante des raisons qui sous-tendent la réalisation de ses actes. Il en résulte des instruments d'évaluation presque exclusivement pratiques, sans que les connaissances scientifiques soient suffisamment valorisées.

Stages

En ce qui concerne les stages, les objectifs, la durée et l'organisation de ceux-ci sont à revoir selon les centres de formation professionnelle. Un constat qui est d'ailleurs partagé par la quasi-totalité des entreprises interrogées. En effet, les stages ne participent pas qu'à l'intégration au marché du travail, ils contribuent également à l'apprentissage des compétences du programme. Il serait donc avantageux que la réalisation du stage ne se déroule pas exclusivement à la fin du parcours d'apprentissage. Ainsi, les élèves pourraient utiliser une partie des heures allouées au stage dès la première moitié de leur parcours d'apprentissage pour la réalisation d'activités d'observation et de familiarisation en milieu de travail. Cela faciliterait l'acquisition des contenus plus complexes qui devront être enseignés au cours de la dernière moitié de la formation. En outre, les centres de formation professionnelle comme les milieux de stage constatent que les stagiaires devraient suivre le rythme de travail du personnel des usines de traitement du minerai au cours de leur stage. Cela s'avère parfois difficile en raison du fait que le module 17 « Intégration au marché du travail » n'alloue pas suffisamment d'heures à la réalisation du stage (105 heures), alors que de nombreux milieux de travail du secteur minier proposent aux opératrices et aux opérateurs des horaires reposant sur des périodes de travail de 7 à 21 journées consécutives, chacune des journées comportant une prestation de travail de 12 heures (Ministère de l'Éducation, 2004, p. 51). Ces modifications permettraient une intégration plus efficace d'abord dans la formation et ensuite dans l'exercice du métier. Cependant, la mise en place de ces changements impliquerait sans doute une augmentation du nombre d'heures totales du programme.



CHAPITRE 3

Constats et recommandations

L'objectif du présent rapport consistait principalement à identifier les éléments du programme de formation professionnelle *Conduite de machines de traitement du minerai* nécessitant prioritairement une actualisation pour mieux répondre aux besoins des usines de traitement du minerai des mines de lithium et de graphite. La réalisation de ce rapport permet de dégager des constats et de formuler des recommandations à considérer afin de s'assurer que le prochain processus d'actualisation du programme permettra d'atteindre cet objectif. Les constats et les recommandations suivants découlent de l'ensemble de l'information colligée et analysée dans le cadre du présent rapport.

Constat A – Comprendre en profondeur les phénomènes influençant le procédé de flottation

Pour une usine de traitement du minerai, le choix du procédé de traitement repose en grande partie sur les caractéristiques du minerai et sur les qualités recherchées pour le produit final. La compétence d'une opératrice ou d'un opérateur repose sur une connaissance suffisante des aspects physiques et chimiques du minerai qu'elle ou il est appelé à traiter et une compréhension fine de chaque étape du procédé de traitement qu'elle ou il met en œuvre. Cette compréhension est nécessaire pour optimiser l'efficacité du procédé, la qualité du produit final et la sécurité des personnes et des biens.

La compréhension des caractéristiques physicochimiques du minerai et des phénomènes mobilisés par le procédé est particulièrement importante pour les opératrices et les opérateurs de flottation. Ce procédé est central dans le traitement des minerais de lithium et de graphite. Il s'agit d'un procédé de traitement très dynamique qui met en activité des phénomènes physicochimiques relativement complexes dans des conditions bien contrôlées. La tâche des opératrices et des opérateurs est relativement délicate puisqu'elles ou ils doivent comprendre avec précision le fonctionnement du procédé, notamment de quelle manière ce dernier sera influencé par les activités ou les perturbations qui interviennent aux étapes précédentes.

Le critère de qualité du concentré de lithium ou de graphite a une grande importance pour la rentabilité des opérations. L'opératrice ou l'opérateur doit connaître en détail les caractéristiques techniques du concentré que l'usine a l'intention de produire, pour évaluer avec précision les effets de chaque geste posé dans la conduite des opérations.

De plus, les opératrices et les opérateurs doivent s'adapter à des modèles d'équipements dont la conception évolue rapidement, tout en conservant à l'esprit que les principes fondamentaux du

procédé de flottation restent en vigueur malgré les évolutions technologiques. Parmi les évolutions technologiques en matière de flottation, il est possible de citer les nouveaux traitements ayant cours avant la flottation ou encore les différents modèles de cellules disponibles sur le marché afin de traiter un minerai qui possède des caractéristiques variables. Les opératrices et les opérateurs doivent ainsi montrer une bonne capacité d'apprendre à faire fonctionner, surveiller et entretenir les différents types de machines utilisées dans le cadre du procédé de flottation.

Le procédé de flottation utilise différents réactifs qui jouent chacun un rôle particulier. Les opératrices et les opérateurs doivent connaître et comprendre le rôle de chacun, leurs effets sur la performance du procédé, leurs paramètres opérationnels, les conditions strictes de leur utilisation sécuritaire et les dangers associés aux mélanges. Les mélanges de réactifs sont généralement faits de manière automatique, mais ils doivent être supervisés par l'opératrice ou l'opérateur. Certains produits mélangés par erreur ou par accident peuvent en effet se révéler très dangereux.

Ce constat, puisqu'il concerne directement le procédé de traitement des usines de traitement des mines de lithium et de graphite, devrait être considéré comme prioritaire pour l'actualisation du programme *Conduite de machines de traitement du minerai*.

RECOMMANDATION 1

- ❖ *Que le programme développe chez les personnes apprenantes une compréhension approfondie des caractéristiques physicochimiques mobilisées lors du traitement du lithium et du graphite tout en favorisant leur capacité à mettre à jour et à développer leurs connaissances en la matière une fois sur le marché du travail.*

RECOMMANDATION 2

- ❖ *Que le programme s'assure que les personnes apprenantes comprennent bien les critères de qualité visés par les usines de traitement du lithium ou du graphite, leurs éléments constitutifs et leur importance dans la rentabilité de l'usine.*

RECOMMANDATION 3

- ❖ *Que le programme permette aux personnes apprenantes de s'approprier rapidement et efficacement les modes de fonctionnement des équipements les plus stratégiques du procédé de flottation, et ce, dans un contexte où l'évolution technologique est rapide.*

RECOMMANDATION 4

- ❖ *Que le programme s'assure que les personnes apprenantes connaissent la nature et le rôle des produits réactifs requis dans le procédé de flottation du lithium et du graphite et savent manipuler ceux-ci de manière sécuritaire.*

Constat B – Utiliser les données de manière appropriée et efficace

Les progrès les plus notables réalisés au cours des dernières années dans les usines de traitement de minerai résident dans l'augmentation de l'automatisation. L'industrie cherche à optimiser ses processus grâce à des équipements qui permettent d'éviter autant que possible les manutentions manuelles. Pour les opératrices et les opérateurs, les tâches physiques deviennent moins prépondérantes, tandis que celles qui mobilisent leurs capacités d'interprétation, d'évaluation et de jugement gagnent en importance.

Parallèlement à l'automatisation, le degré d'instrumentation croissant des équipements a accru le rôle des capteurs dans toutes les étapes des procédés de traitement. Les capteurs transforment le travail des opératrices et des opérateurs en leur communiquant, en temps réel, un grand nombre de données sur différents paramètres. Les informations numériques et les alarmes qui s'affichent sur les écrans sont généralement fiables, mais pas toujours (par exemple, un capteur peut être incorrectement calibré). Afin de poser les gestes appropriés, les opératrices et opérateurs doivent évaluer la fiabilité de leur source et valider leur crédibilité. Pour exercer ce regard critique, elles et ils doivent comprendre la manière dont les données sont produites par les capteurs puis traitées par le logiciel.

Les opératrices et les opérateurs doivent également saisir les liens entre les données de sources différentes et interpréter leurs tendances, pour que leurs réactions soient adaptées aux changements perçus par les capteurs.

RECOMMANDATION 5

- ❖ *Que le programme de formation des opératrices et des opérateurs de traitement du minerai accorde une importance marquée au développement de leur capacité d'analyser et d'évaluer de manière critique les données numériques relatives au déroulement des opérations et au fonctionnement de leurs machines.*

Constat C – Développer une compréhension globale du fonctionnement de l'usine grâce à une utilisation efficace des outils numériques

Les opératrices et les opérateurs doivent maîtriser différents outils numériques dans la réalisation courante de leurs tâches, comme l'entretien de l'équipement ou la transmission des rapports de production. L'informatique constitue le moyen de communication privilégié entre les différents services et à l'intérieur de ceux-ci. La qualité des communications est une condition de l'efficacité du travail.

La complexité des procédés de traitement des minéraux stratégiques et la multiplication des technologies utilisées nécessitent de la part des opératrices et des opérateurs une vision globale et intégrée des opérations de l'usine. Dans le contexte des interrelations entre les étapes du traitement, une variation dans une étape se répercute sur la suivante et l'opératrice ou l'opérateur doit être capable de gérer les problèmes, de s'assurer que les différentes caractéristiques du procédé respectent les barèmes maximums et minimums spécifiés, sans toujours se référer à ses supérieurs. Elle ou il doit comprendre les causes des situations problématiques et les conséquences de ses propres décisions qui peuvent affecter globalement les opérations et leurs résultats.

Pour être en mesure de développer et de maintenir à jour une vision globale des opérations, l'opératrice ou l'opérateur doit utiliser de manière efficiente les outils numériques qui donnent accès à toutes les informations utiles à la compréhension de ce qui se passe dans l'usine. Elle ou il doit pouvoir lire les tableaux de données, utiliser différents logiciels et naviguer entre les interfaces pour se représenter un portrait détaillé permettant de poser les gestes appropriés à la situation. La maîtrise des outils informatiques est une compétence fondamentale pour l'exercice de cette fonction de travail.

RECOMMANDATION 6

- ❖ *Que le programme de formation renforce chez les personnes apprenantes la capacité d'utiliser les logiciels et les technologies numériques pour effectuer leurs tâches, comprendre les liens entre les étapes des procédés et améliorer la performance de leurs équipements dans un souci d'optimisation globale des opérations de l'usine.*

Constat D – Adapter son approche d’entretien et de réparation des équipements en adéquation avec le degré d’instrumentation et d’automatisation des différents circuits de l’usine

Les opératrices et les opérateurs doivent maîtriser leur tâche fondamentale qui consiste à maintenir leur équipement en bonne condition, à en déceler les bris et l’usure, et à prévenir les problèmes de production ainsi que les risques en matière de santé et de sécurité du travail. Dans leurs responsabilités d’opération et d’entretien de l’équipement, les opératrices et les opérateurs doivent travailler avec des machines et des mécanismes de plus en plus équipés de capteurs de différentes sortes. Les opératrices et les opérateurs doivent tenir compte de la présence et de l’impact opérationnel des capteurs dans le fonctionnement des machines et adapter en conséquence leurs méthodes d’intervention sur l’équipement. Les inspections doivent se faire avec une grande rigueur, tandis que le nettoyage et l’entretien doivent être réalisés avec des précautions particulières pour ne pas nuire au bon fonctionnement des capteurs.

Les informations provenant des capteurs engendrent un changement dans la façon même de concevoir le processus d’entretien. La ronde d’inspection n’est plus seulement visuelle, mais s’appuie aussi sur des outils technologiques.

Comme les capteurs fournissent de manière constante des informations précises sur le fonctionnement de certaines pièces critiques de l’équipement, ils peuvent informer les opératrices et les opérateurs sur l’évolution de l’usure ou encore sur le bris de ces pièces. Ainsi, au lieu de les réparer ou de les remplacer selon un échéancier préprogrammé, l’opératrice ou l’opérateur peut décider de le faire à un moment où l’état réel de la pièce le justifie, et au moment où l’arrêt des machines entraîne le moins de perte en matière de production (dans le cadre d’un arrêt planifié de la production par exemple). Le travail de l’opératrice ou de l’opérateur, passant de l’entretien préventif à l’entretien prédictif, demande ainsi une plus grande prise de décisions en raison du nombre croissant d’informations qui sont fournies par les capteurs et dont elle ou il doit tenir compte.

La responsabilité des opératrices ou des opérateurs s'exerce aussi dans le cadre de la réparation des équipements. Quand elle ou il constate un problème, l'opératrice ou l'opérateur doit appliquer des techniques de « troubleshooting » pour le diagnostiquer et préciser le plus possible son origine.

RECOMMANDATION 7

- ❖ *Que le programme de formation favorise le développement chez les personnes apprenantes des capacités nécessaires à l'adaptation de leur approche d'entretien et de diagnostic en fonction du degré d'automatisation ou d'instrumentation des équipements.*

RECOMMANDATION 8

- ❖ *Que le programme de formation prépare les personnes apprenantes à mettre en œuvre une approche de maintenance prédictive plutôt que préventive.*

Constat E – Collaborer avec les équipes d'entretien mécanique ou électrique pour la réparation ou la maintenance des équipements et transmettre efficacement l'information en matière d'entretien

Il est fréquent que des opératrices et des opérateurs assistent le personnel chargé de la maintenance dans des opérations qui occasionnent une coopération entre plusieurs métiers, notamment pour aider au déblocage, au changement de toiles sur tamis vibrant, au changement de manches dans les dépoussiéreurs, etc. Dans ces occasions de travail d'équipe entre métiers différents, chacun doit pouvoir s'appuyer sur l'autre. L'importance de la collaboration avec les équipes chargées de la maintenance constitue donc un élément de continuité dans le travail des opératrices et des opérateurs.

Cependant, la multiplication des capteurs et des autres outils d'instrumentation rend encore plus complexe et important de bien cibler le métier ou la profession à solliciter en cas de détection d'un problème sur un équipement. Cela nécessite de bien diagnostiquer le problème puis de le communiquer à la personne adéquate en utilisant le canal de communication requis (ex. : bon de travail), afin que les spécialistes appropriés soient appelés à intervenir le plus rapidement possible pour régler la situation.

RECOMMANDATION 9

- ❖ *Que le programme de formation prépare les personnes apprenantes à collaborer efficacement avec des travailleuses et travailleurs d'autres statuts et à transmettre l'information rapidement et en utilisant la bonne procédure, notamment en matière de maintenance et d'entretien.*

Constat F – Acquérir plus de connaissances et de savoir-faire en matière de santé et de sécurité au travail

Les opératrices et les opérateurs doivent posséder au moment de leur entrée sur le marché du travail des compétences en matière de santé et de sécurité au travail qui favorisent l'exercice sécuritaire de leur métier. Parmi les enjeux de santé et de sécurité au travail à prioriser, les entreprises interrogées ont notamment souligné les risques associés au levage et au déplacement de matériel et de charges lourdes. Ces opérations exigent en effet l'utilisation d'une multitude de modèles de machinerie mobile ainsi que la réalisation d'opérations d'élingage et de levage, créant ainsi des occasions d'accidents menaçant tant l'intégrité des personnes que celle des biens.

De plus, certaines tâches effectuées par les opératrices et les opérateurs peuvent mener à des accidents mettant l'électricité en cause si les mesures de santé et de sécurité au travail adéquates ne sont pas appliquées rigoureusement. Les enjeux de santé et de sécurité au travail en lien avec les dangers électriques revêtent donc un caractère prioritaire pour les usines de traitement du minerai de lithium et de graphite.

Le cadenassage, qui constitue un mécanisme de prévention incontournable à maîtriser et à mettre en œuvre pour réaliser un travail sécuritaire, est également au cœur des préoccupations des entreprises interrogées. Selon elles, il est essentiel que l'ensemble des notions entourant le recours à ce moyen de protection et de prévention soient enseignées dans le cadre du programme. En raison du rôle critique qu'occupe le cadenassage pour la sécurité des opératrices et des opérateurs, les centres de formation professionnelle offrant le programme ont pris l'initiative d'enseigner ce mécanisme de prévention, et ce, malgré le fait que le programme d'études professionnelles actuellement en vigueur ne traite aucunement du cadenassage.

Les entreprises offrent régulièrement des formations en interne sur ces dangers, mais les personnes diplômées devraient déjà dans leur programme en acquérir une connaissance suffisante pour se protéger des dangers inhérents à leurs activités et à celles de leurs collègues.

RECOMMANDATION 10

- ❖ *Que le programme de formation initie les élèves à la sécurité en ce qui concerne les dangers reliés au levage et au transport d'objets lourds ainsi que les dangers électriques.*

RECOMMANDATION 11

- ❖ *Que le programme de formation intègre spécifiquement l'application des règles et procédures de cadenassage parmi ses éléments de compétence.*

Constat G – Arriver sur le marché du travail en étant mieux outillé grâce à une prolongation des stages

Tous les programmes de formation qui préparent à des activités industrielles ou techniques impliquent une ou plusieurs périodes de stage qui permettent d’acquérir ou de perfectionner les compétences nécessaires à l’exercice de la profession visée. Le stage permet sans doute à l’élève de « s’intégrer au marché du travail », comme l’énonce le programme ministériel, mais c’est aussi un puissant outil pédagogique qui complète l’acquisition des compétences (Ministère de l’Éducation, 2004, p. 51).

Les stages permettent à l’élève de valider son choix de carrière en le plaçant dans les lieux, les horaires, les ambiances et autres conditions concrètes de travail. Ainsi, il peut se familiariser avec les caractéristiques du milieu de travail et des tâches à accomplir. Il doit mettre en pratique les connaissances, habiletés et attitudes acquises dans sa formation et parfois réaliser des activités de manière autonome. Cette portion de la formation est essentielle afin d’acquérir les compétences nécessaires pour amorcer une carrière d’opératrice ou d’opérateur de traitement de minerai.

De son côté, le milieu de travail profite de la présence des stagiaires; les personnes qui les supervisent peuvent observer leurs qualités, leur aisance et leurs difficultés, apprécier la valeur de la formation acquise et communiquer leur point de vue au personnel enseignant responsable. Le centre de formation professionnelle acquiert ainsi des informations capitales sur l’adéquation de son enseignement avec la réalité et les attentes du marché du travail.

RECOMMANDATION 12

- ❖ *Que le devis ministériel permette une augmentation des heures de stage afin que les centres de formation professionnelle puissent coordonner l’horaire des stagiaires en cohérence avec les périodes de travail du milieu de stage ainsi que mettre en place un stage en deux temps, soit un stage d’observation en première moitié de formation et un stage d’application en fin de formation.*

Constat H – Mettre en valeur dans le devis ministériel les attitudes recherchées dans les intentions éducatives du programme

L'une des tendances actuelles dans le processus d'embauche consiste à proposer aux opératrices et aux opérateurs une description de tâches variées, pour offrir plus d'occasions de travail et favoriser la rétention. L'intégration d'une opératrice ou d'un opérateur parmi le personnel d'une usine ne sert pas seulement à répondre à un besoin défini pour une courte période. Il s'agit plutôt de permettre à l'opératrice ou à l'opérateur d'entamer une carrière complète dans le domaine.

Depuis longtemps, le programme de formation outille les opératrices et les opérateurs de traitement du minerai avec plusieurs compétences techniques, comme la conduite d'équipements pour la comminution ou autres opérations de traitement, qui leur ouvrent un éventail de tâches possibles. Cependant, la capacité de passer d'une responsabilité à une autre dans le milieu de travail d'une opératrice ou d'un opérateur implique nécessairement des comportements et des attitudes qui permettent une adaptation efficace et un travail soigné. Ces qualités ont d'autant plus d'importance dans le contexte où la quantité d'information devant être prise en compte pour la réalisation des différentes tâches est en croissance rapide. L'employée ou l'employé doit comprendre le procédé dans sa globalité, valoriser la contribution de chaque opération et le rôle de chaque poste. Il doit être conscient de l'incidence de la qualité de son propre travail, quel qu'il soit. Ce sont des qualités personnelles comme la polyvalence et l'autonomie qui sont recherchées.

Le programme de formation consacre quelques lignes à ce type d'attitudes et de comportements nécessaires dans ses « Intentions éducatives ». Toutefois, même si elles sont présentées comme de grandes orientations du programme et « jugées indispensables à l'exercice du métier », elles ne sont développées explicitement dans aucun des objectifs (Ministère de l'Éducation, 2004, p. 8). Par conséquent, elles n'ont pas à être enseignées et ne sont pas évaluées dans la formation.

RECOMMANDATION 13

- ❖ *Que le programme de formation développe explicitement des éléments et des critères pour que les attitudes comme le sens des responsabilités, l'autonomie et la polyvalence soient des objets d'enseignement et d'évaluation.*

Constat I – Sélectionner une dénomination plus représentative pour le programme

Les centres de formation professionnelle et plusieurs entreprises ont fait part du fait qu'ils jugent que le nom du programme porte à confusion parce qu'il est restrictif et ne reflète pas dans leur globalité les compétences qu'il vise à faire acquérir ni le métier pour lequel il prépare les personnes apprenantes. Le travail des opératrices et des opérateurs participe de diverses façons à toutes les phases du traitement du minerai et ne se limite pas à la conduite de machines. L'expression « conduite de machines » dans le nom du programme, en plus de ne mettre l'accent que sur une seule partie du travail des opératrices et des opérateurs au détriment d'autres parties essentielles, favorise également la confusion avec la notion de conduite de machinerie mobile, faisant ainsi en sorte que plusieurs individus et organisations conçoivent le programme comme étant axé sur la formation d'opératrices et d'opérateurs d'engins mobiles.

Le programme de formation devrait porter un nom qui résume l'ensemble des activités que les diplômées et les diplômés devront mener à bien dans l'exercice de leur métier.

RECOMMANDATION 14

- ❖ *Que le programme de formation porte un nom plus représentatif de l'activité des opératrices et des opérateurs de traitement de minerai. Le nom « Opérations de traitement de minerai » est celui ayant été le plus évoqué lors d'entrevues menées auprès des mines et projets miniers de lithium et de graphite ainsi que des centres de formation professionnelle et apparaît comme étant pertinent à considérer.*

Conclusion

Dans le cadre de l'élaboration de ce rapport, l'Institut a cherché à établir de quelle manière la formation des personnes apprenantes appelées à travailler comme opératrices ou opérateurs dans les usines de traitement du minerai du secteur minier devrait être actualisée afin que le programme soit en mesure de répondre adéquatement aux besoins exprimés par les complexes miniers de lithium et de graphite qui devraient être de plus en plus nombreux au Québec au cours des prochaines années.

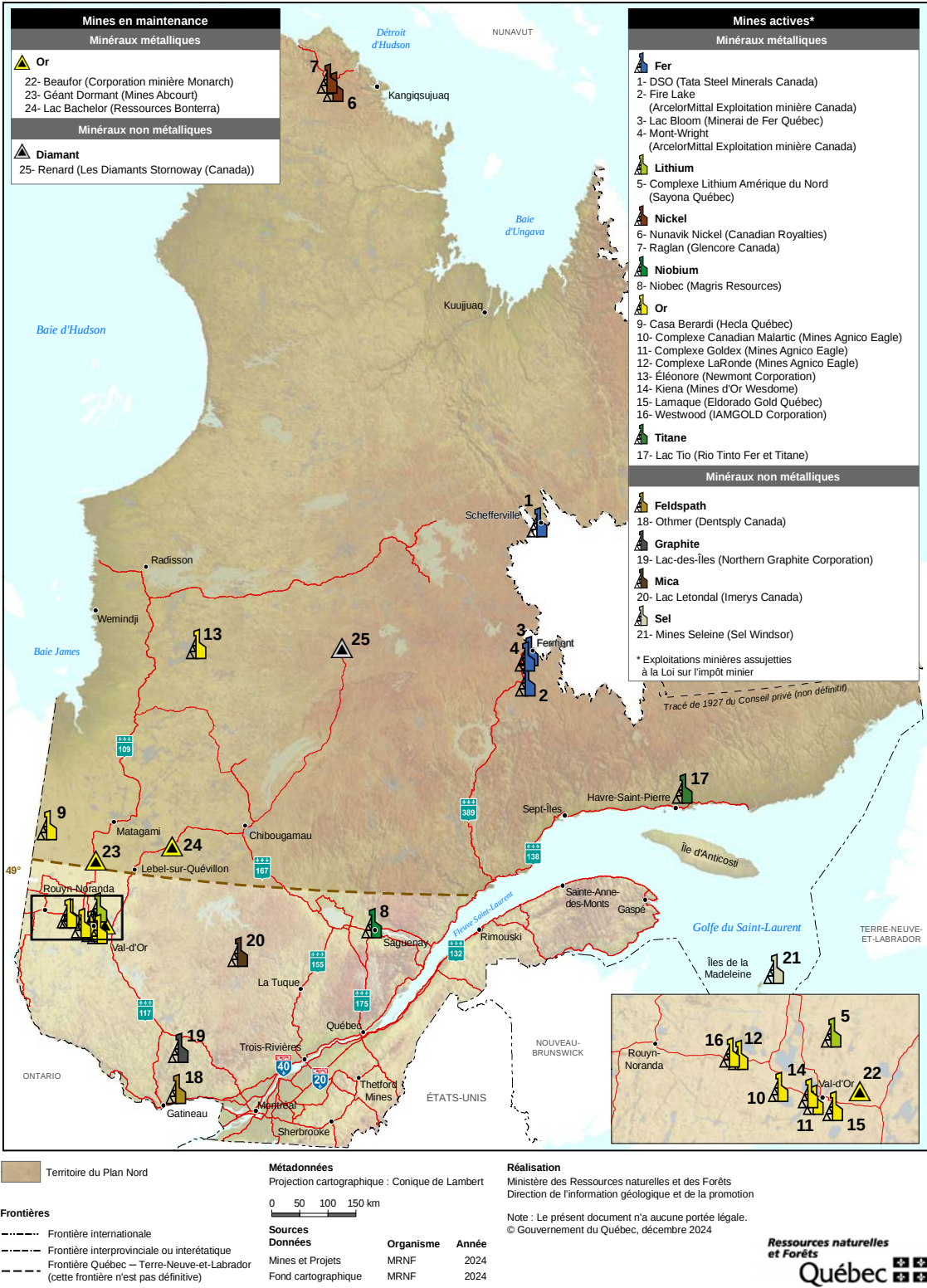
La réalisation de deux collectes de données distinctes, l'une auprès des mines et projets miniers de graphite et de lithium du Québec et l'autre auprès des établissements d'enseignement offrant le programme de formation professionnelle *Conduite de machines de traitement du minerai*, a permis de faire émerger des constats en ce qui a trait aux principales actions à mettre en place en matière d'actualisation du programme. Des recommandations découlant directement de ces constats ont également été formulées.

Parmi les principaux constats qui ressortent de ce rapport figurent ceux soulignant l'importance que la formation favorise le développement de compétences permettant d'utiliser optimalement les nouveaux outils numériques, de travailler efficacement avec les données émanant des équipements instrumentés et automatisés ainsi que d'adopter une approche de maintenance basée sur une vision prédictive plutôt que préventive. En ce qui concerne les compétences associées directement au procédé de traitement du minerai, celles-ci représentent une priorité à actualiser. Le développement d'une compréhension approfondie des caractéristiques physicochimiques mobilisées lors du traitement du minerai, en particulier lors du procédé de flottation, tout comme la maîtrise du concept de « critères de qualité » sont autant d'éléments constituant des priorités pour les usines actuelles et futures de traitement des mines de lithium et de graphite. Finalement, d'autres compétences, notamment en matière de santé et de sécurité au travail, ressortent comme étant primordiales à prendre en compte, tout comme certaines attitudes (la responsabilité, l'autonomie et la polyvalence) qui apparaissent comme particulièrement importantes à valoriser.

Les recommandations formulées dans le cadre du présent rapport reposent sur les constats réalisés durant l'enquête menée auprès des mines actuelles et futures de lithium et de graphite ainsi que des centres de formation professionnelle offrant le programme. Celles-ci suggèrent des éléments à prendre en compte dans le cadre de la prochaine mise à jour du programme *Conduite de machines de traitement du minerai* pour s'assurer que celui-ci est en adéquation avec les besoins des mines de lithium et de graphite du Québec.

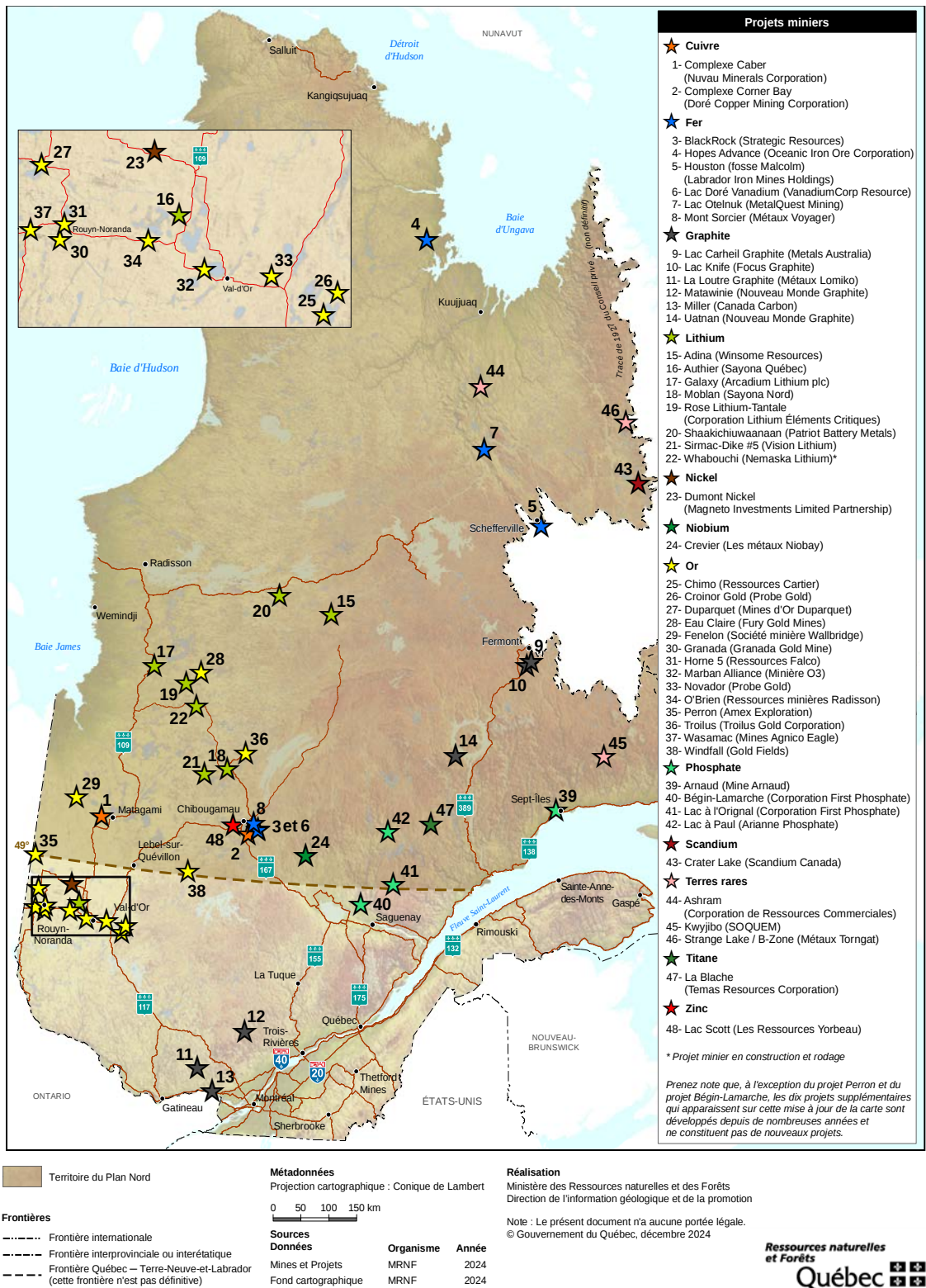
Annexes

Annexe I – Carte des mines actives et en maintenance au Québec en décembre 2024



Source : Ministère des Ressources naturelles et des Forêts, 2024a.

Annexe II – Carte des projets miniers au Québec en décembre 2024



Source : Ministère des Ressources naturelles et des Forêts, 2024b.

Références

CSMO Mines (2012). *Rapport d'analyse du métier d'opératrice ou d'opérateur de machines de traitement de minerai*. Québec : l'auteur.

InforouteFPT (2025). *Conduite de machines de traitement du minerai*. <https://www.inforoutefpt.org/formation-professionnelle/diplome-etudes-professionnelles/5274>

Institut national des mines (2024). *L'impact du traitement des minéraux critiques et stratégiques (MCS) sur la formation minière au Québec : le cas des mines de lithium et de graphite*. https://inmq.gouv.qc.ca/medias/files/Publications/Rapports_de_recherche/INMQ_MCS_Lithium_Graphite.pdf

Ministère de l'Éducation (2004). *Programme d'études professionnelles – Conduite de machines de traitement du minerai*. Québec : l'auteur.

Ministère des Ressources naturelles et des Forêts (2024a). *Mines actives et en maintenance* [Carte]. <https://mrnf.gouv.qc.ca/mines/publications/cartes-minieres/>

Ministère des Ressources naturelles et des Forêts (2020a). *Plan québécois pour la valorisation des minéraux critiques et stratégiques 2020-2025*. https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/energie-ressources-naturelles/publications-adm/plan-strategique/PL_valorisation_mineraux_critiques_strategiques.pdf

Ministère des Ressources naturelles et des Forêts (2020b). *Processus de développement minéral*. <https://mrnf.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/processus-developpement-mineral.pdf>

Ministère des Ressources naturelles et des Forêts (2024b). *Projets miniers* [Carte]. <https://mrnf.gouv.qc.ca/mines/publications/cartes-minieres/>

Office québécois de la langue française (2025a). *Métallurgie*. <https://vitrinelinguistique.oqlf.gouv.qc.ca/fiche-gdt/fiche/17027722/metallurgie>

Office québécois de la langue française (2025b). *Minéralurgie*. <https://vitrinelinguistique.oqlf.gouv.qc.ca/fiche-gdt/fiche/17027684/mineralurgie>



