



PROJET DE TERRES RARES KWYJIBO

**Rapport technique NI 43-101 Révisé -
Évaluation économique préliminaire**

Préparé par :

Rock Gagnon, Ing
DRA/Met-Chem
Yves A. Buro, Ing.
DRA/Met-Chem
Schadrac Ibrango, Géo., PhD, MBA
DRA/Met-Chem
Daniel Gagnon, Ing.
DRA/Met-Chem
Martin Stapinsky, Géo., M. Sc., Ph. D.
DRA/Met-Chem
Silvia Del Carpio, Ing., MBA
DRA/Met-Chem
Éric Laroche, Ing.
SMH Process Innovation

Date effective : 17 novembre 2017

Date rapport original : 2 août 2018

Date du rapport révisé : xx septembre 2018

AVIS IMPORTANT

Le présent rapport technique (le « **rapport** »), conforme aux normes et aux lignes directrices du Règlement 43-101, a été préparé pour Focus Graphite inc. (« **Focus** ») et SOQUEM inc. (« **SOQUEM** ») par Met-Chem, une division de DRA Americas Inc. (« **DRA/Met-Chem** »). La qualité de l'information, les conclusions et les estimations présentées ici s'accordent au niveau d'effort des services de DRA/Met-Chem, en se basant sur : i) l'information disponible au moment de la préparation; ii) les données obtenues de sources externes; iii) les hypothèses, les modalités et les conditions présentées dans ce rapport. Le présent rapport peut être déposé en tant que rapport technique auprès des autorités en valeurs mobilières canadiennes conformément au Règlement 43-101 sur l'information relative aux projets miniers. Sauf à des fins prévues par les lois canadiennes sur les valeurs mobilières, toute autre utilisation du présent rapport par n'importe quelle autre tierce partie est au seul risque de cette partie.

Le présent rapport technique contient des estimations, des projections et des conclusions qui sont considérées comme de l'information prospective au sens des lois canadiennes applicables. Les énoncés prospectifs sont basés sur le point de vue de la personne qualifiée (« **PQ** ») responsable au moment où ils ont été faits, mais comportent le plus souvent des risques et des incertitudes d'une certaine importance. Même si chacune des personnes qualifiées responsables a cherché à reconnaître les facteurs qui pourraient faire en sorte que les événements ou les résultats actuels soient sensiblement différents de ceux qui sont indiqués dans ce rapport, il peut exister d'autres facteurs qui pourraient faire en sorte que les événements et les résultats soient en réalité différents de ceux anticipés, estimés ou souhaités. Rien ne garantit que l'information prospective contenue dans ce rapport s'avérera exacte, puisque les résultats réels et les événements futurs pourraient être sensiblement différents de ceux anticipés dans ces énoncés ou cette information. Par conséquent, le lecteur ne doit pas s'en remettre outre mesure à l'information prospective. L'information prospective est faite en date d'effet de ce rapport technique et aucune des PQ n'assume aucune obligation de les actualiser ou de les réviser en vue de refléter de nouveaux événements ou de nouvelles circonstances, sauf si requis par la loi.

IMPORTANT NOTICE

This Technical Report ("**Report**"), following National Instrument 43-101 rules and guidelines, was prepared for Focus Graphite Inc. ("**Focus**") and SOQUEM Inc. ("**SOQUEM**") by Met-Chem, a division of DRA Americas Inc. ("**DRA/Met-Chem**"). The quality of information, conclusions and estimates contained herein is consistent with the level of effort involved in DRA/Met-Chem's services, based on: i) information available at the time of preparation, ii) data supplied by outside sources, and iii) the assumptions, conditions, and qualifications set forth in this Report. This Report can be filed as a Technical Report with Canadian Securities Regulatory Authorities pursuant to National Instrument 43-101, Standards of Disclosure for Mineral Projects. Except for the purposes legislated under Canadian securities laws, any other uses of this Report by any third party are at that party's sole risk.

This Technical Report contains estimate, projections and conclusions that are forward-looking information within the meaning of applicable laws. Forward-looking statements are based upon the responsible Qualified Person's ("**QP**") opinion at the time they are made but, in most case, involve significant risks and uncertainty. Although each of the responsible QPs has attempted to identify factors that could cause actual events or results to differ materially from those described in this Report, there may be other factors that could cause events or results not be as anticipated, estimated or projected. There can be no assurance that forward-looking information in this Report will prove to be accurate, as actual results and future events could differ materially from those anticipated in such statements or information. Accordingly, readers should not place undue reliance on forward-looking information. Forward-looking information is made as of the effective date of this Technical Report, and none of the QPs assume any obligation to update or revise it to reflect new events or circumstances, unless otherwise required by applicable laws.

DATE ET PAGE DE SIGNATURES

Date effective : 17 novembre 2017

Date du rapport original : 2 août 2018

Date du rapport révisé : xx septembre 2018

« Document original signé »

Rock Gagnon, ing.
xx septembre 2018
DRA/Met-Chem

« Document original signé »

Martin Stapinsky, géo., M. Sc., Ph. D.
xx septembre 2018
DRA/Met-Chem

« Document original signé »

Yves A. Buro, ing.
xx septembre 2018
DRA/Met-Chem

« Document original signé »

Silvia Del Carpio, ing., MBA
xx septembre 2018
DRA/Met-Chem

« Document original signé »

Schadrac Ibango, géo., PhD, MBA
xx septembre 2018
DRA/Met-Chem

« Document original signé »

Éric Larochelle, ing.
xx septembre 2018
SMH Process Innovation

« Document original signé »

Daniel Gagnon, ing.
xx septembre 2018
DRA/Met-Chem

TABLE DES MATIÈRES

1	Résumé.....	1
1.1	English Summary.....	1
1.1.1	<i>Introduction.....</i>	1
1.1.2	<i>Description and property location.....</i>	1
1.1.3	<i>Accessibility, Climate, Local Resources, Infrastructure, and Physical Geography.....</i>	4
1.1.4	<i>History.....</i>	4
1.1.5	<i>Geological Setting and Mineralization.....</i>	5
1.1.6	<i>Mineral Deposit Types.....</i>	7
1.1.7	<i>Exploration.....</i>	7
1.1.8	<i>Drilling on REE targets in the Kwijibo Area.....</i>	8
1.1.9	<i>Sample Preparation, Analysis and Security.....</i>	8
1.1.10	<i>Data Verification by DRA/Met-Chem.....</i>	9
1.1.11	<i>Mineral Processing and Metallurgical Test Work.....</i>	9
1.1.12	<i>Mineral Resource Estimates.....</i>	11
1.1.13	<i>Mining Methods.....</i>	14
1.1.14	<i>Recovery Methods.....</i>	14
1.1.15	<i>Project Infrastructure.....</i>	15
1.1.16	<i>Market Studies and Contracts.....</i>	15
1.1.17	<i>Environmental Studies, Permits, and Social or Community Impacts.....</i>	16
1.1.18	<i>Capital and Operating Costs.....</i>	18
1.1.19	<i>Economic Analysis.....</i>	19
1.1.20	<i>Interpretation and Conclusions.....</i>	22
1.1.21	<i>Recommendations.....</i>	28
1.2	Résumé Français.....	31
1.2.1	<i>Introduction.....</i>	31
1.2.2	<i>Description et emplacement du terrain.....</i>	31
1.2.3	<i>Accessibilité, climat, ressources locales, infrastructure et géographie physique.....</i>	34
1.2.4	<i>Historique.....</i>	34
1.2.5	<i>Contexte géologique et minéralisation.....</i>	35
1.2.6	<i>Types de gîtes minéraux.....</i>	37
1.2.7	<i>Exploration.....</i>	37
1.2.8	<i>Forage sur les cibles ETR du secteur Kwijibo.....</i>	38
1.2.9	<i>Préparation, analyse et sécurité des échantillons.....</i>	39
1.2.10	<i>Vérification des données par DRA/Met-Chem.....</i>	39
1.2.11	<i>Essais de traitement des minerais et essais métallurgiques.....</i>	40
1.2.12	<i>Estimations des ressources minérales.....</i>	42
1.2.13	<i>Méthodes d'exploitation.....</i>	45
1.2.14	<i>Méthodes de récupération.....</i>	45
1.2.15	<i>Infrastructures du projet.....</i>	46
1.2.16	<i>Études de marché et contrats.....</i>	46
1.2.17	<i>Études environnementales, permis et conséquences sociales ou sur la collectivité.....</i>	48
1.2.18	<i>Coût d'investissement et coût d'opération.....</i>	49
1.2.19	<i>Analyse économique.....</i>	51
1.2.20	<i>Interprétation et Conclusions.....</i>	54
1.2.21	<i>Recommandations.....</i>	60
2	Introduction.....	63
2.1	Destinataire et Mandat.....	63
2.2	Source of Information.....	63

2.2.1	Personnes qualifiées	63
2.3	Date effective et déclaration	65
2.4	Visite de terrain.....	65
2.5	Unités de mesure et monnaie.....	65
3	Recours à d'autres experts.....	66
4	Description et emplacement du terrain	67
4.1	Emplacement de la propriété.....	67
4.2	Titres miniers, superficie.....	67
4.3	Droits, obligations.....	70
4.4	Les droits miniers au Québec.....	70
4.5	Obligations environnementales	71
4.6	Permis requis.....	71
4.7	Autres facteurs et risques.....	71
5	Accessibilité, climat, ressources locales, infrastructure et géographie physique	72
5.1	Accès au terrain.....	72
5.2	Géographie physique.....	72
5.3	Végétation	72
5.4	Faune	72
5.5	Climat	72
5.6	Infrastructure	73
5.7	Droits de surface.....	73
6	Historique.....	74
6.1	Propriétaires antérieurs et changements de propriété.....	74
6.2	Travaux d'exploration historiques	75
6.3	Ressources minérales et production historiques	75
7	Contexte géologique et minéralisation.....	76
7.1	Géologie régionale.....	76
7.2	Géologie locale.....	80
7.3	Minéralisation	82
8	Types de gîtes minéraux.....	86
9	Travaux d'exploration.....	88
10	Forage.....	93
10.1	Introduction.....	93
10.2	Procédures de terrain, méthodes de forage	93
10.3	Description de carotte, échantillonnage.....	95
10.4	Campagne de forage de 1994	96
10.5	Campagne de forage de 1995.....	97
10.6	Campagne de forage de 1998.....	97
10.7	Campagne de forage de 2011.....	98
10.8	Campagne de forage de 2012.....	99
10.9	Campagne de forage de 2013.....	99
10.10	Conclusions générales	100
11	Préparation, analyse et sécurité des échantillons.....	102
11.1	Préparation des échantillons pour envoi au laboratoire.....	102

11.2	Sécurité et, chaîne de traçabilité	102
11.3	Analyses, campagnes de forage de 1994, 1995 et 1998	103
11.4	Réanalyses en 2010-2011 des zones minéralisées des sondages de 1994 à 1998	103
11.5	Analyses, campagnes de forage de 2011 et de 2012	104
11.5.1	<i>Analyses</i>	104
11.5.2	<i>Mesures de densité</i>	106
11.6	Analyses, campagne de forage de 2013	107
11.6.1	<i>Analyses</i>	107
11.6.2	<i>Mesures de densité</i>	108
11.7	Assurance de la qualité-Contrôle de la qualité (AQ/CQ) des laboratoires	108
11.7.1	<i>Système qualité</i>	108
11.7.2	<i>Accréditation, certification des laboratoires</i>	108
11.8	Assurance de la qualité-Contrôle de la qualité (AQ/CQ) de SOQUEM	109
11.8.1	<i>Échantillons de contrôle de la qualité – Sondages de 1994 à 1998</i>	109
11.8.2	<i>Échantillons de contrôle de la qualité – Sondages de 2011, 2012 et 2013</i>	109
11.8.3	<i>Certification du matériel de référence (standard Josette)</i>	110
11.8.4	<i>Comparaison inter-laboratoires</i>	110
11.8.5	<i>Conclusions de DRA/Met-Chem</i>	113
12	Vérification des données	115
12.1	Vérification des données par DRA/Met-Chem	115
12.1.1	<i>Visite du terrain</i>	115
12.1.2	<i>Visite des bureaux et de la carothèque de SOQUEM</i>	116
12.1.3	<i>Résultats de la visite du terrain de la Personne Qualifiée</i>	116
12.1.4	<i>Échantillons de vérification par DRA/Met-Chem</i>	118
12.1.5	<i>Vérification de la banque de données</i>	126
12.1.6	<i>Vérification des résultats des échantillons de contrôle de SOQUEM</i>	127
12.1.7	<i>Sondages jumelés</i>	131
12.2	Conclusions générales	132
13	Essais de traitement des minerais et essais métallurgiques	134
13.1	Introduction	134
13.2	Traitement des minerais	134
13.2.1	<i>Caractéristiques de broyabilité</i>	134
13.2.2	<i>Séparation magnétique</i>	135
13.2.3	<i>Flottation</i>	136
13.3	Hydrométallurgie	137
13.3.1	<i>Généralité</i>	137
13.3.2	<i>Lixiviation</i>	137
13.3.3	<i>Pré-neutralisation</i>	139
13.3.4	<i>Métathèse des ETR</i>	140
13.3.5	<i>Lixiviation des solides de la métathèse</i>	141
13.3.6	<i>Extraction par solvant</i>	142
13.4	Recommandations	144
14	Estimations des ressources minérales	145
14.1	Définitions	145
14.2	Procédures d'Estimation des Ressources Minérales	146
14.3	Base de données de Forage et vérification des données	147
14.3.1	<i>Base de données de forage</i>	147
14.3.2	<i>Vérifications des données</i>	148
14.4	Procédures de Modélisation Géologique	148

14.5	Analyse statistique par zone	150
14.6	Normalisation de Support (Composites)	151
14.7	Analyse variographique	155
14.8	Densité	158
14.9	Implémentation du Modèle de Blocs/Paramètres	159
14.10	Interpolation des Ressources Minérales	160
14.11	Validation des Ressources Minérales	161
14.12	Classification des Ressources Minérales	164
14.13	Énoncé des Ressources Minérales	165
15	Estimations des réserves minérales	168
16	Méthodes d'exploitation	169
16.1	Méthodes d'exploitation	169
16.1.1	<i>Méthode de longs trous transversaux</i>	<i>169</i>
16.1.2	<i>Méthode de longs trous longitudinaux</i>	<i>171</i>
16.2	Paramètres d'exploitation	173
16.2.1	<i>Taux de production</i>	<i>173</i>
16.2.2	<i>Quarts de travail</i>	<i>173</i>
16.2.3	<i>Teneur de coupure</i>	<i>173</i>
16.2.4	<i>Dilution et récupération</i>	<i>173</i>
16.2.5	<i>Chargement et transport</i>	<i>174</i>
16.3	Développement souterrain	174
16.3.1	<i>Accès à la mine</i>	<i>174</i>
16.3.2	<i>Développements dans la mine</i>	<i>175</i>
16.3.3	<i>Monteries de ventilation</i>	<i>175</i>
16.4	Services miniers	176
16.4.1	<i>Entretien mécanique et entrepôt</i>	<i>176</i>
16.4.2	<i>Bureaux et salle de refuge</i>	<i>176</i>
16.4.3	<i>Remblayage et support de terrain</i>	<i>176</i>
16.4.4	<i>Dénoyage</i>	<i>177</i>
16.4.5	<i>Alimentation électrique</i>	<i>177</i>
16.5	Équipements	178
16.6	Main d'œuvre	179
16.7	Plan minier	179
17	Méthodes de récupération	180
17.1	L'usine de traitement de minerai	180
17.1.1	<i>Critères de conception de procédé</i>	<i>180</i>
17.1.2	<i>Bilan massique et hydrique</i>	<i>181</i>
17.1.3	<i>Schéma de procédé et description de procédé</i>	<i>182</i>
17.2	Usine hydrométallurgique	186
17.2.1	<i>Critères de conception de procédé</i>	<i>186</i>
17.2.2	<i>Bilan massique et hydrique</i>	<i>187</i>
17.2.3	<i>Schémas et description de procédé</i>	<i>189</i>
18	Infrastructures du projet	191
18.1	Infrastructure du projet – Zone de la mine	191
18.1.1	<i>La route d'accès principale et les voies d'accès au chantier</i>	<i>193</i>
18.1.2	<i>Alimentation électrique principale</i>	<i>193</i>
18.1.3	<i>Bâtiments du site</i>	<i>193</i>
18.1.4	<i>Camp permanent</i>	<i>194</i>

18.1.5	<i>Gestion des eaux</i>	195
18.1.6	<i>Services du site</i>	195
18.1.7	<i>Électricité et communications</i>	196
18.1.8	<i>Automatisation</i>	196
18.1.9	<i>Gestion des résidus</i>	196
18.2	Infrastructure du projet – Zone de l'usine hydrométallurgique	197
18.2.1	<i>La route d'accès principale et les voies d'accès au chantier</i>	199
18.2.2	<i>Alimentation électrique principale</i>	199
18.2.3	<i>Bâtiments du site</i>	199
18.2.4	<i>Gestion des eaux</i>	200
18.2.5	<i>Services du site</i>	200
18.2.6	<i>Électricité et communications</i>	201
18.2.7	<i>Automatisation</i>	201
18.2.8	<i>Gestion des résidus</i>	201
19	Études de marché et contrats	202
19.1	Introduction aux éléments de terres rares	202
19.1.1	<i>Éléments de terres rares : petit marché, grand besoin</i>	202
19.1.2	<i>Rarement enrichis dans la nature</i>	203
19.2	Classification et terminologie	203
19.2.1	<i>Divisés arbitrairement en terres rares « légères » et « lourdes »</i>	203
19.3	Utilisations finales et applications des terres rares	204
19.4	Consommation mondiale antérieure en OTRT par catégories d'utilisations finales	205
19.5	Consommation mondiale antérieure en OTRT par oxydes	207
19.6	Production mondiale antérieure d'OTRT par pays	208
19.7	Production mondiale antérieure d'OTRT par oxydes	209
19.8	Prix antérieurs des terres rares par oxydes	211
19.9	Demande mondiale en OTRT prévue par catégories d'utilisations finales	213
19.10	Demande mondiale en OTRT prévue par oxydes	214
19.11	Production mondiale d'OTRT prévue par pays	216
19.12	Production mondiale d'OTRT prévue par oxydes	217
19.13	Équilibre prévu entre la production mondiale et la demande mondiale en OTRT	218
19.14	Prix des terres rares prévus par oxydes	220
19.15	Valeur prévue de la production de terres rares de Kwijibo	221
19.16	Points clés et principales conclusions	223
19.17	Contrats	224
20	Études environnementales, permis et conséquences sociales ou sur la collectivité	225
20.1	Études environnementales	225
20.2	Contexte environnemental et social	225
20.2.1	<i>Sommaire des études environnementales de référence</i>	225
20.2.2	<i>Conditions existantes</i>	226
20.2.3	<i>Identification préliminaire des enjeux</i>	228
20.3	Caractérisation et gestion du minerai, du concentré et des résidus miniers	228
20.4	Contexte réglementaire et permis	229
20.4.1	<i>Gouvernement provincial</i>	229
20.4.2	<i>Gouvernement fédéral</i>	233
20.4.3	<i>Autorité municipale</i>	236
20.5	Impact social et sur la communauté	236
20.5.1	<i>Consultation des parties prenantes</i>	236

20.5.2	<i>Préoccupations des communautés concernées</i>	237
20.6	Fermeture et réhabilitation du site minier.....	237
20.7	Conclusions	238
21	Coûts d'investissement et coûts opérationnels	239
21.1	Estimation du coût d'investissement.....	239
21.1.1	<i>Portée de l'estimation</i>	239
21.1.2	<i>Résumé des coûts d'investissements</i>	240
21.1.3	<i>Base de l'estimation - générale</i>	241
21.1.4	<i>Devise</i>	241
21.1.5	<i>Développement des coûts</i>	241
21.1.6	<i>Période de travaux de construction</i>	241
21.1.7	<i>Fret, droits et taxes</i>	242
21.2	Estimation – site de la mine	242
21.2.1	<i>Mine</i>	243
21.2.2	<i>Procédé</i>	244
21.2.3	<i>Installations de gestion des résidus</i>	245
21.2.4	<i>Transport du concentré et des produits</i>	246
21.2.5	<i>Distribution électrique principale et automatisation</i>	246
21.2.6	<i>Infrastructures</i>	247
21.2.7	<i>Coûts indirects</i>	248
21.2.8	<i>Contingences</i>	250
21.2.9	<i>Coûts de fermeture</i>	250
21.3	Estimation – usine hydrométallurgique	250
21.3.1	<i>Usine hydrométallurgique</i>	251
21.3.2	<i>Installations de gestion des résidus</i>	253
21.3.3	<i>Distribution électrique</i>	253
21.3.4	<i>Infrastructures</i>	253
21.3.5	<i>Coûts indirects</i>	254
21.3.6	<i>Contingences</i>	256
21.3.7	<i>Coûts de fermeture</i>	256
21.4	Coûts d'investissement de maintien	256
21.5	Coûts opérationnels.....	256
21.5.1	<i>Coûts opérationnels de la mine</i>	257
21.5.2	<i>Coûts opérationnels du concentrateur</i>	258
21.5.3	<i>Coûts opérationnels de l'usine hydrométallurgique</i>	260
21.5.4	<i>Coûts opérationnels généraux et administratifs</i>	262
21.5.5	<i>Redevances minérales</i>	262
21.6	Exclusions	263
22	Analyse économique	264
22.1	Hypothèses.....	264
22.1.1	<i>Hypothèses Macro-Économiques</i>	264
22.1.2	<i>Régime d'imposition</i>	265
22.1.3	<i>Hypothèses Techniques</i>	266
22.2	Modèle financier et résultats	266
22.3	Analyse de sensibilité	270
23	Terrains adjacents	272
24	Autres données et renseignements pertinents	273
25	Interprétation et conclusions	274
25.1	Conclusions	274
25.1.1	<i>Géologie</i>	274

25.1.2	<i>Estimations des ressources minérales</i>	275
25.1.3	<i>Méthode d'exploitation</i>	275
25.1.4	<i>Traitement des minerais et hydrométallurgie</i>	275
25.1.5	<i>Études de marché</i>	277
25.1.6	<i>Environnement</i>	277
25.1.7	<i>Coûts d'investissement et opérationnels</i>	277
25.1.8	<i>Analyse économique</i>	278
25.2	<i>Évaluation des risques</i>	278
25.2.1	<i>Mine souterraine et concentrateur</i>	278
25.2.2	<i>Usine hydrométallurgique</i>	279
25.3	<i>Opportunités</i>	279
26	Recommandations	280
26.1	<i>Mine souterraine et concentrateur</i>	280
26.1.1	<i>Géologie</i>	280
26.1.2	<i>Estimations des ressources minérales</i>	280
26.1.3	<i>Méthode d'exploitation</i>	281
26.1.4	<i>Traitement des minerais</i>	281
26.1.5	<i>Environnement</i>	281
26.2	<i>Usine hydrométallurgique</i>	282
26.2.1	<i>Localisation de l'usine hydrométallurgique</i>	282
26.2.2	<i>Hydrométallurgie</i>	282
26.2.3	<i>Résidus</i>	282
26.2.4	<i>Environnement</i>	282
27	Références	283
27.1	<i>Géologie</i>	283
27.2	<i>Essais métallurgiques</i>	286
27.3	<i>Étude de marché</i>	286
28	Liste des abréviations	287
29	Attestation de la personne qualifiée	292

LISTE DES TABLEAUX

Table 1.1 – Drilling History	8
Table 1.2 – Summary of Results of Davis Tube Magnetic Separation Tests by Hazen	10
Table 1.3 – Rare Earth Recovery by Operation	11
Table 1.4 – Reagent Consumption in the Hydrometallurgical Plant	11
Table 1.5 – Resource Estimate for the Josette Zone	13
Table 1.6 – Summary of CAPEX (\$ '000).....	18
Table 1.7 – OPEX Summary.....	19
Table 1.8 – Financial Results for the Base Case Scenario	19
Table 1.9 – Rare Earths Recovery by Unit Operation	24
Table 1.10 – Summary of the Hydromet Plant Reagents	25
Table 1.11 – Summary of the Economic Analysis Results	26
Tableau 1.1 – Historique de forage	38
Tableau 1.2 – Résumé des résultats des essais de séparation magnétique par Tube Davis chez Hazen	40
Tableau 1.3 – Récupération des terres rares par secteur.....	41
Tableau 1.4 – Consommation de réactifs de l'usine hydrométallurgique	42
Tableau 1.5 – Estimation des ressources de la Zone Josette.....	44
Tableau 1.6 – Résumé des coûts d'investissement ('000 \$).....	50
Tableau 1.7 – Résumé des coûts opérationnels.....	50
Tableau 1.8 – Résultats financiers pour le scénario de base.....	51
Tableau 1.9 – Récupération des Terres Rares par secteur	56
Tableau 1.10 – Sommaire de réactifs de l'usine hydrométallurgique.....	57
Tableau 1.11 – Sommaire des résultats de l'analyse économique	58
Tableau 2.1 – Personnes Qualifiées et leurs Sections Respectives de Responsabilité.....	64
Tableau 9.1 – Résumé des travaux d'exploration dans le secteur Kwjyibo de la propriété.....	89
Tableau 10.1 – Compilation des métrages forés dans le quadrant NE de la propriété Kwjyibo lors des différentes campagnes.....	93
Tableau 11.1 – Principales méthodes de préparation utilisées pas ALS	105
Tableau 11.2 – Procédures analytiques utilisées par ALS.....	105
Tableau 11.3 – Codes des procédures analytiques d'Actlabs (2013)	107
Tableau 12.1 – Description des échantillons de vérification de la personne qualifiée	119
Tableau 12.2 – Résultats des échantillons de vérification de la personne qualifiée	121
Tableau 12.3 – Résultats des échantillons de contrôle dans les échantillons de vérification de la personne qualifiée	123
Tableau 12.4 – Résultats des analyses originales et en double des 36 échantillons de vérification de la personne qualifiée de DRA/Met-Chem (32 échantillons et 4 doubles).....	125
Tableau 12.5 – Comparaison des résultats d'analyses (n=82) des éléments critiques du Standard Josette avec les valeurs certifiées.....	128
Tableau 12.6 – Résultats des analyses originales et en double des échantillons de contrôle de SOQUEM (2011-2013)	130
Tableau 13.1 - Indices de broyabilité pour le MM1	134
Tableau 13.2 - Résumé des résultats des essais de séparation magnétique par COREM.....	135
Tableau 13.3 - Résumé des résultats des essais de séparation magnétique par Tube Davis chez Hazen	135
Tableau 13.4 - Résumé des résultats des séries de productions LIMS par Hazen.....	136
Tableau 13.5 – Récupération des Terres Rares par secteur	137
Tableau 13.6 - Résumé des résultats des essais de sélections des acides	138

Tableau 13.7 - Résultats des essais de concentration et température des acides	139
Tableau 13.8 - Résumé des résultats de la réaction de métathèse par Hazen.....	141
Tableau 13.9 - Résumé des résultats de la réaction de métathèse par Hazen.....	141
Tableau 13.10 - Résumé des résultats d'extraction par solvant par Hazen	142
Tableau 14.1 – Statistique sur les forages par année de réalisation pour l'Horizon Josette	147
Tableau 14.2 – Items présents dans la base de données de ressources	147
Tableau 14.3 – Statistiques descriptives des échantillons de la zone Nord-Est	151
Tableau 14.4 – Statistiques descriptives des échantillons de la zone Sud-Ouest	151
Tableau 14.5 – Statistiques Descriptives des Composites de la zone Nord-Est.....	153
Tableau 14.6 – Statistiques Descriptives des Composites de la zone Sud-Ouest.....	153
Tableau 14.7 – Paramètres du module de blocs.....	160
Tableau 14.8 – Paramètres d'interpolation	161
Tableau 14.9 – Comparaison entre teneurs des Composites et du Modèle de Bloc.....	161
Tableau 14.10 – Estimation des ressources de la Zone Josette	166
Tableau 16.1 – Équipements miniers.....	178
Tableau 16.2 – Main d'œuvre	179
Tableau 16.3 – Plan minier Horizon Josette	179
Tableau 17.1 – Critères de conception de l'usine de traitement de minerai.....	181
Tableau 17.2 – Résumé du bilan massique du concentrateur	181
Tableau 17.3 – Critères de conception de l'usine hydrométallurgique.....	186
Tableau 17.4 – Sommaire de réactifs de l'usine hydrométallurgique	187
Tableau 21.1 – Résumé des coûts d'investissement ('000 \$).....	240
Tableau 21.2 – Taux de change	241
Tableau 21.3 – Résumé des coûts directs – installations de la mine et du concentrateur	243
Tableau 21.4 – Coûts directs – mine	244
Tableau 21.5 – Coûts directs – installations de traitement du minerai	244
Tableau 21.6 – Coûts directs – installations de gestion des résidus.....	246
Tableau 21.7 – Coûts directs – distribution électrique et les communications	247
Tableau 21.8 – Coûts directs – infrastructures	248
Tableau 21.9 – Coûts indirects	248
Tableau 21.10 – Résumé des coûts directs – usine hydrométallurgique	251
Tableau 21.11 – Coûts directs – installations de procédé.....	251
Tableau 21.12 – Coûts directs – installations de gestion des résidus.....	253
Tableau 21.13 – Coût direct – distribution électrique.....	253
Tableau 21.14 – Coûts directs – infrastructures	254
Tableau 21.15 – Coûts indirects	254
Tableau 21.16 – Résumé des coûts opérationnels	257
Tableau 21.17 – Résumé des coûts opérationnels annuels pour la mine.....	257
Tableau 21.18 – Résumé des coûts opérationnels annuels pour le concentrateur.....	259
Tableau 21.19 – Résumé des coûts opérationnels annuels pour l'usine hydrométallurgique.....	260
Tableau 21.20 – Résumé des coûts G&A.....	262
Tableau 22.1 – Résultats financiers pour le scénario de base.....	264
Tableau 22.2 – Hypothèses macro-économiques pour le scénario de base.....	264
Tableau 22.3 – Hypothèses Techniques.....	266
Tableau 22.4 – Résumé de l'analyse économique du projet	268
Tableau 22.5 – Tableau de flux de trésorerie – scénario de base	269
Tableau 25.1 – Récupération des Terres Rares par secteur	276
Tableau 25.2 – Sommaire de réactifs de l'usine hydrométallurgique.....	276
Tableau 25.3 – Sommaire des résultats de l'analyse économique	278

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 – Location of the Kwyjibo Property	2
Figure 1.2 – Claim map of the Kwyjibo Property	3
Figure 1.3 – After-Tax Cash Flow and Cumulative Cash Flow Profiles.....	20
Figure 1.4 – Sensitivity of Pre-Tax NPV and IRR to variations in CAPEX, OPEX, Price and Exchange Rate ...	21
Figure 1.5 – Sensitivity of After-Tax NPV and IRR to Variations in CAPEX, OPEX, Price and Exchange Rate	22
Figure 1.6 – Localisation de la propriété Kwyjibo.....	32
Figure 1.7 – Carte des claims de la propriété Kwyjibo	33
Figure 1.8 – Flux de trésorerie après impôts et profils de flux de trésorerie cumulatif	51
Figure 1.9 – Sensibilité de la VAN et du TRI avant impôts à des changements en : CAPEX, OPEX, Prix et Taux.....	53
Figure 1.10 – Sensibilité de la VAN et du TRI après impôts à des changements en : CAPEX, OPEX, Prix et Taux.....	53
Figure 4.1 – Localisation générale de la propriété Kwyjibo	68
Figure 4.2 – Carte des claims de la propriété Kwyjibo	69
Figure 7.1 – Localisation de la propriété Kwyjibo dans la Province de Grenville2007	77
Figure 7.2 – Géologie de la région englobant la propriété Kwyjibo	78
Figure 7.3 – Contexte géologique des zones minéralisées du secteur Kwyjibo.....	81
Figure 7.4 – Localisation des indices	83
Figure 10.1 – Localisation des sondages des campagnes de 1994 à 2013, et des tranchées TR 95-29 et TR 95-30, sur l'horizon Josette	94
Figure 12.1 – Analyses du Néodyme dans les échantillons originaux et les doubles de la Personne qualifiée	125
Figure 12.2 – Analyses du Néodyme du standard Josette.....	129
Figure 12.3 – Analyses originales et double pour le Néodyme	131
Figure 12.4 – Graphique de comparaison des résultats d'analyses des sondages jumelés 95—29 et 12-61	133
Figure 13.1 - Résultats des essais de purification – étape de précipitation sélective.....	140
Figure 13.2 - Résumé des résultats d'extraction par solvant par Hazen	143
Figure 14.1 – Vue 3D du solide de la magnétite	150
Figure 14.2 – Histogramme des Longueurs d'Échantillonnage.....	152
Figure 14.3 – Histogramme de OTRT pour les composites de la zone Sud-Ouest.....	154
Figure 14.4 – Histogramme de OTRT pour les composites de la zone Nord-Est.....	155
Figure 14.5 – Variogramme omnidirectionnel avec la variable facteur.....	156
Figure 14.6 – Variogramme directionnel N40°	157
Figure 14.7 – Variogramme combiné suivant l'axe des trous	158
Figure 14.8 – Modèle régressif entre la densité et le Fe ₂ O ₃ (%)	159
Figure 14.9 – Vue 3D (vers le Nord) du Modèle de Blocs de ressources	162
Figure 14.10 – Vue 2D d'une section type sur la Zone Nord Est	163
Figure 14.11 – Vue 2D d'une section type sur la Zone Nord Est	164
Figure 16.1 – Développement et chantiers de l'Horizon Josette	169
Figure 16.2 – Méthode de longs trous transversaux	170
Figure 16.3 – Méthode typique d'exploitation par longs trous longitudinaux	172
Figure 16.4 - Portail et accès à la mine souterraine de Kwyjibo	175
Figure 17.1 – Résumé du bilan hydrique du concentrateur	182
Figure 17.2 – Schéma de procédé simplifié.....	183
Figure 17.3 – Résumé du bilan de l'usine hydrométallurgique	188

Figure 18.1 – Arrangement général du site.....	192
Figure 18.2 – Arrangement général du site.....	198
Figure 19.1 – Les éléments de terres rares comprennent la famille des lanthanides, plus le scandium et l'yttrium	203
Figure 19.2 – À leur sous-couche 4f, les ETR légères ont des électrons non appariés alors que les ETR lourdes ont uniquement des électrons appariés	204
Figure 19.3 – Huit principales catégories d'utilisations finales des terres rares, avec exemples des utilisations finales importantes pour chaque catégorie	205
Figure 19.4 – Consommation mondiale annuelle en OTRT par catégories d'utilisations finales de 2010 à 2017	206
Figure 19.5 – Consommation mondiale annuelle en OTRT par oxydes de 2010 à 2017	208
Figure 19.6 – Production minière mondiale d'OTRT par pays de 2010 à 2017	209
Figure 19.7 – Production minière mondiale en OTRT par oxydes de 2010 à 2017.....	210
Figure 19.8 – Prix intérieurs annuels moyens des OTR en Chine de 2010 à 2017	212
Figure 19.9 – Variation annuelle moyenne des prix par rapport à l'année précédente de 2010 à 2017	213
Figure 19.10 – Demande mondiale annuelle en OTRT prévue par catégories d'utilisations finales de 2018 à 2025	214
Figure 19.11 – Demande mondiale annuelle en OTRT prévue par oxydes de 2018 à 2025	215
Figure 19.12 – Production mondiale annuelle d'OTRT prévue par pays de 2018 à 2025	217
Figure 19.13 – Production mondiale annuelle d'OTRT prévue par oxydes de 2018 à 2025	218
Figure 19.14 – Équilibre prévu entre la production mondiale annuelle d'OTRT et la demande mondiale annuelle en OTRT de 2018 à 2025	219
Figure 19.15 – Prix intérieurs annuels moyens des OTR prévus en Chine de 2018 à 2025	221
Figure 19.16 – Abondance relative et valeur relative en oxydes dans la production potentielle de Kwjijibo	222
Figure 19.17 – Valeur annuelle moyenne prévue de la production d'OTRT de Kwjijibo de 2021 à 2025	223
Figure 20.1 - Rivière Manitou.....	227
Figure 20.2 – Procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement au Québec méridional	232
Figure 22.1 – Flux de trésorerie après impôts et profils de flux de trésorerie cumulatif	267
Figure 22.2 – Sensibilité de la VAN et du TRI avant impôts à des changements en : CAPEX, OPEX, Prix et Taux.....	271
Figure 22.3 – Sensibilité de la VAN et du TRI après impôts à des changements en : CAPEX, OPEX, Prix et Taux.....	271
Figure 23.1 – Localisation des terrains adjacents à la Propriété Kwjijibo	272
Figure 24.1 – Échéancier préliminaire	273

LISTE DES ANNEXES

Annexe A – SOQUEM, Propriété Kwjijibo, Liste des claims et description

1 RÉSUMÉ

1.1 English Summary

1.1.1 INTRODUCTION

Met-Chem, a division of DRA Americas Inc. (“**DRA/Met-Chem**”) provided engineering and integration services for the various aspects of this Preliminary Economic Assessment (“**PEA**”) study of the Kwyjibo Project (“**Project**”) with contributions from other specialists. The study includes a resource estimate, an underground mine, a concentrator, the infrastructure related to the mining operation, a hydrometallurgy plant (with assistance from SMH Process Innovation) and its infrastructure, tailings from the mine and the plant, an estimate of capital and operational costs (with support from SMH Process Innovation), market research (by Adamas Intelligence) and an economic analysis.

This technical report was prepared by DRA/Met-Chem in accordance with National Instrument (NI) 43-101 Standards of Disclosure for Mineral Projects for SOQUEM Inc., a subsidiary of Ressources Québec and a leader in mineral exploration in Québec, and Focus Graphite Inc. (“**Focus**”), a private Canadian company listed on the TSX Venture Exchange under the symbol “FMS”.

1.1.2 DESCRIPTION AND PROPERTY LOCATION

The Kwyjibo Property (“**Property**”) is located 125 km northeast of the city of Sept-Îles, in the Côte-Nord administrative region of the Province of Québec (Figure 1.1). The Property is also located in the territory for the Plan Nord, which has a mandate to enhance the mining, energy, social, cultural and tourism potential of Québec north of the 49th parallel. The Property consists of 116 contiguous map-designated claims covering an area of 6,283.48 hectares (Figure 1.2).

The rare earth element (“**REE**”) showings are in the northeast quadrant of the Property. The Josette showing is located near the centre of the Property, near the intersection of Zone 20/UTM coordinates 341 000E and 5 658 000N (51.05°N and 65.27°W). The complete list of Property claims can be found in Appendix A.

The claims are registered in the name of SOQUEM Inc. and Focus Graphite Inc., each with a 50% interest in the mining titles. All claims on the Property are active and valid until December 2019. An excess of statutory work of more than \$7.8 million is recorded for these claims. A royalty equal to 1.5% of the net smelter return (“**NSR**”), in the event of commercial operation, is owed to Iron Ore Company of Canada Inc.

Figure 1.1 – Location of the Kwjijbo Property

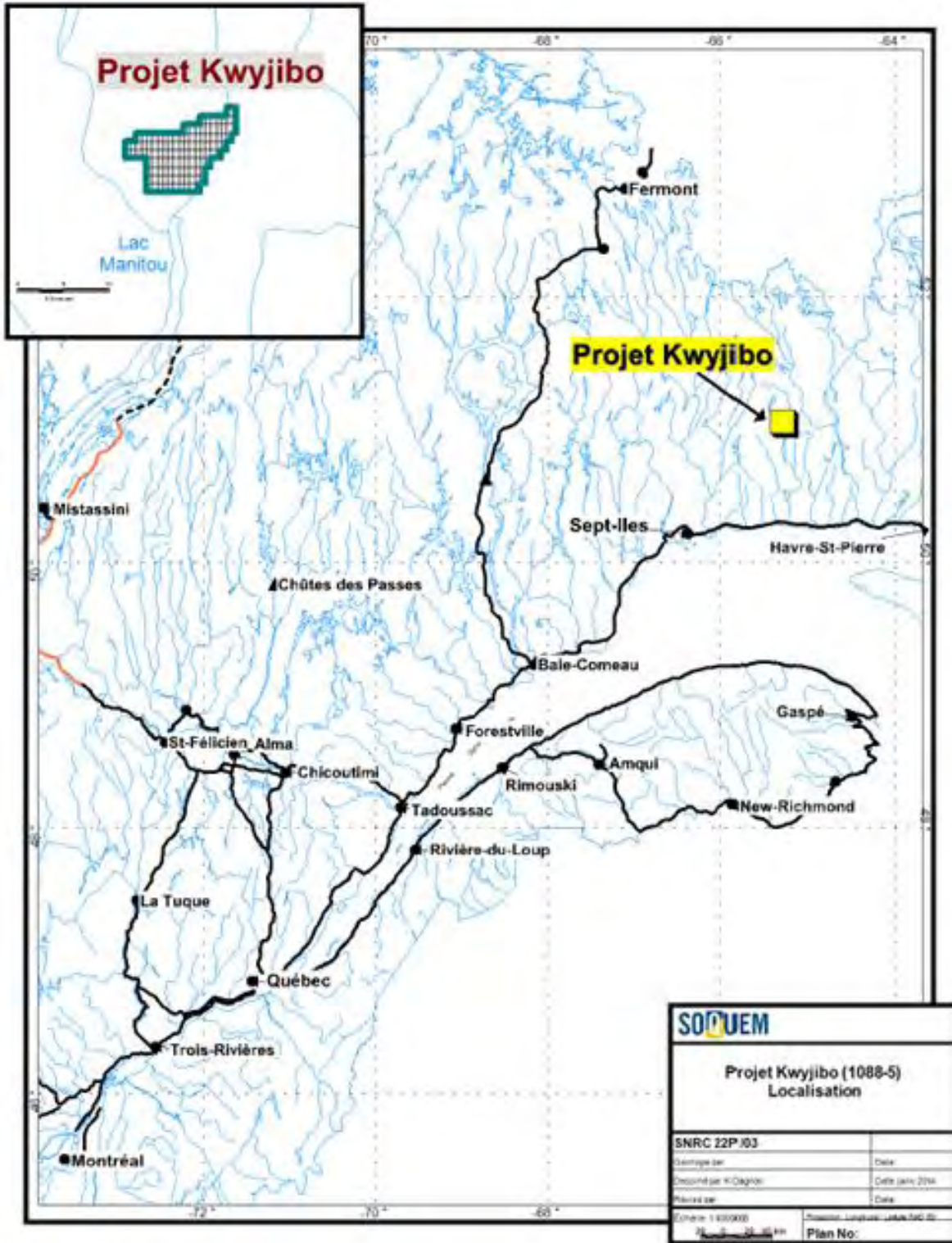
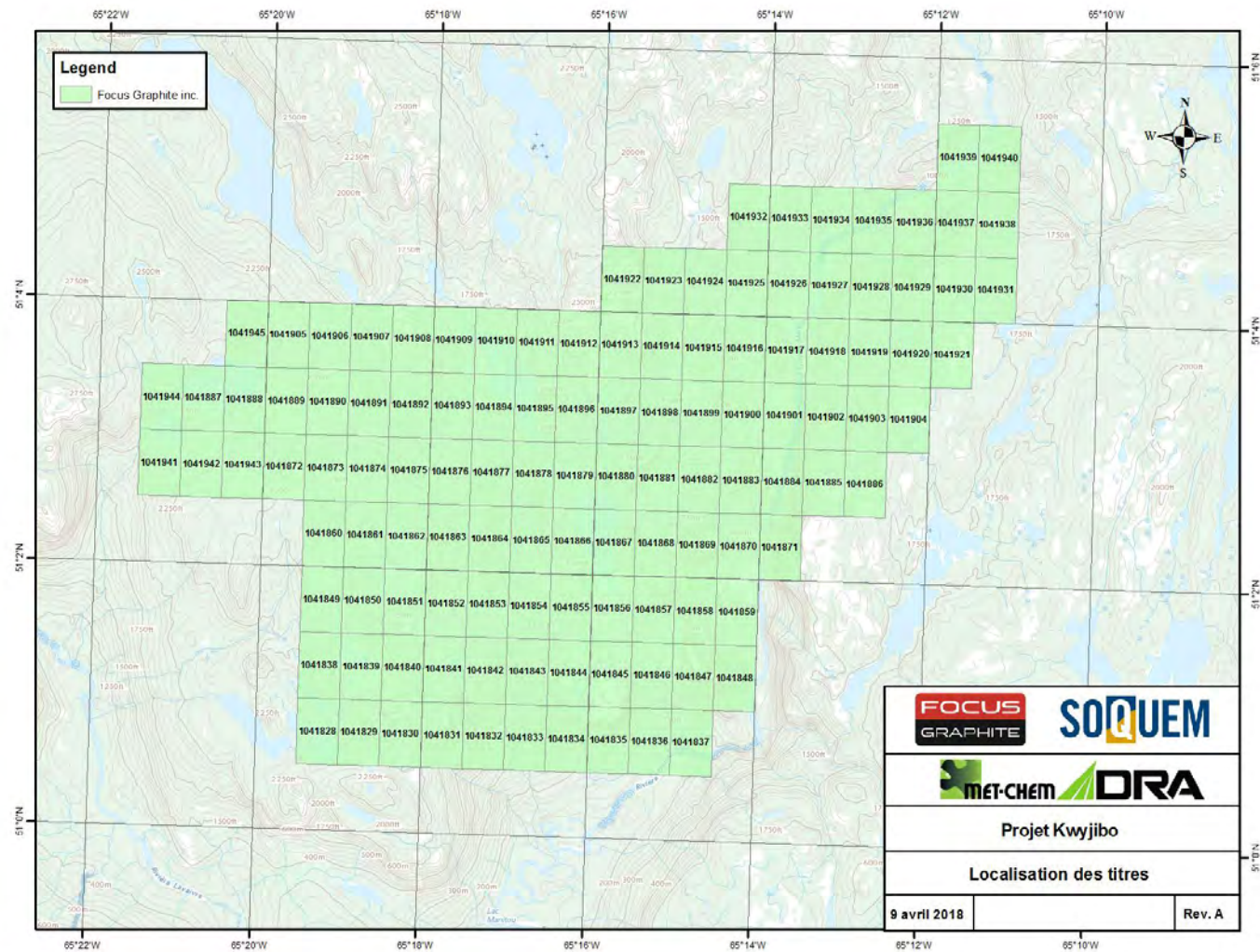


Figure 1.2 – Claim map of the Kwjijibo Property



1.1.3 ACCESSIBILITY, CLIMATE, LOCAL RESOURCES, INFRASTRUCTURE, AND PHYSICAL GEOGRAPHY

The Kwyjibo Property is located in an isolated setting and is only accessible by helicopter or seaplane from Sept-Îles. Movements in the field are difficult because of the considerable topographic relief and lack of roads.

The Property is located in the Canadian Shield, in the Lac Magpie Massif of the Basse-Côte-Nord Plateau. The region is characterized by several peaks and plateaus, some of which exceed 800 metres, interspersed with rivers flowing into valleys. The Property is located on the southern flank of one of these plateaus. Glacial deposits cover the area, but the bedrock crops out in many of the higher points.

The Manitou River crosses the Property at its eastern extremity and one of its tributaries crosses the Josette deposit. Several lakes are found on the Property and in its surroundings.

No infrastructure is present on the Property. The city of Sept-Îles is home to a major airport and port facilities that can accommodate high-tonnage ore carriers. Experienced mining contractors can be found in Sept-Îles, Port-Cartier and Baie-Comeau. If needed, qualified mining personnel could also come from the Fermont iron mine area.

Hydroelectric lines from Churchill Falls, Labrador, follow the Quebec North Shore and Labrador Railway (“**QNS&L**”) line, located 25 km west of the claims. However, they cannot supply the Kwyjibo mine.

1.1.4 HISTORY

1.1.4.1 *Former Owners and Property Changes*

SOQUEM was the first company to hold the Kwyjibo Property when it staked the original claims in 1993. Between 1995 and 1996, SOQUEM and Iron Ore Company of Canada Inc. (« **IOC** »), which held a 65% interest in the claims, jointly carried out exploration work within an area extending up to 100 km on either side of the QNS&L railway line. IOC retains a 1.5% NSR royalty on the claims.

In late 1997, Matamec Exploration Inc. obtained the right to acquire a 50% interest in the Property in exchange for \$2.5 million in exploration expenditures but withdrew from the project in 1999. Under a joint venture agreement with SOQUEM in 2001, Uranor Inc. evaluated the uranium potential of Kwyjibo, but withdrew from the project in 2003.

In 2010, Focus Metals Inc., which became Focus Graphite Inc. in 2012, concluded an agreement with SOQUEM to acquire a 50% interest in the Property by conducting \$3 million in exploration work over five (5) years, including \$1 million to be spent over the first two (2) years. By September 2012, Focus had invested more than \$3 million and was granted the 50% interest. SOQUEM carried out the exploration work but Focus retained the right to become operator by paying \$50,000.

1.1.4.2 *Historical Exploration Work*

Mapping programs conducted by the Ministère des Mines du Québec in 1955-1956 were the first documented exploration work in the region of the Property. Other work was carried out in 1960 and from 1996 to 1999.

The Ministère de l'Énergie et des Ressources Naturelles ("**MERN**") du Québec conducted a regional survey of lake sediments samples in 1988 that revealed Cu-Zn-REE and Cu-Ni-Co anomalies. The anomalies in the Kwyjibo area were Cu-REE. It is generally acknowledged that this work led to the discovery of the Kwyjibo REE showings.

1.1.4.3 *Mineral Resources and Historical Production*

The Property has not been the subject of any previous mineral resource estimate or mineral production.

1.1.5 GEOLOGICAL SETTING AND MINERALIZATION

1.1.5.1 *Regional Geology*

The Property is located in the Grenville Geological Province and encompasses numerous showings along the southeast margin of the Canatiche Complex. The following geological entities are found in the vicinity of the Property:

- The Canatiche Complex contains orthogneiss, slices of paragneiss, biotite ± hornblende and magnetite granite, leucogranite, metagabbro and swarms of pegmatite dykes. The southern limit of the Canatiche Complex is a thrust fault contact with the Manitou Complex.
- The Manitou Complex is represented by a supracrustal sequence of granites, quartzofeldspathic gneiss, pyroxene-hornblende gneiss and amphibolites. The complex forms a belt 1 km to 2 km wide on the western side of the Property. It hosts magnetite-rich deposits in the Lac Marmont area, south of Lac Manitou.
- The Havre-Saint-Pierre Anorthosite Suite, to the east and south, consists of a spectrum of anorthosite-leuconorite-norite-leucogabbro-mangerite, with accessory gabbro and troctolite. The borders of the massif contain layers of pyroxenite locally mineralized in Cu-Ni-(Co-REE).
- The Tortue Anorthosite, situated to the SW of the Kwyjibo area, contains similar lithologies to the Havre-Saint-Pierre Anorthosite Suite. A leuconorite unit along the border of the massif is characterized by Cu-Ni-(Co-REE-Au) showings.
- Composite alkaline intrusions of mafic to felsic composition.

All the units are cut by syn- to post-tectonic granites and pegmatites. The rocks in the Property area are metamorphosed to upper amphibolite facies and, except for the late bodies, are foliated to varying degrees and were subjected to tectonic transport to the NNW.

1.1.5.2 Local Geology

The Property is underlain by the Manitou Complex to the south and the Canatiche Complex to the north. The Canatiche leucogranite hosts Mesoproterozoic iron oxide deposits and showings, with significant concentrations of Cu-REE-P-F-Mo-U-Au, including the Josette Horizon. Folding and boudinage affected the associated magnetites and breccias.

1.1.5.3 Mineralization

The Kwyjibo area hosts roughly a dozen polymetallic showings and deposits over a distance of four (4) km. The Kwyjibo mineralization, identified from the beginning of work as iron oxide-copper-gold ("IOCG") type of mineralization, is currently considered the best IOCG exploration target in Québec.

The iron oxide mineralization of the Josette Horizon contains high Cu-REE-P-F-Mo-U grades and some gold. In addition to the Josette Horizon, the main showings are Malachite, Fluorite, Andradite, Grabuge, Lingis and Gabriel, which extend over a distance of 1.2 km on the Property. Apart from the Josette Horizon, which is the subject of this study, most of these zones contain low grades of copper and REE.

The mineralizing event that formed the hydrothermal iron formation is related to the Grenville orogeny, but the majority of the REE and Fe-Cu sulphides were remobilized and deposited during the later stages. The mineralized zones at Kwyjibo display a complex history of alteration resulting from the combined effect of hydrothermal and meteoric fluids and a strong structural control.

The mineralization in the Josette Horizon is found in three (3) zones:

- The Upper Breccia is composed of magnetite veins with variable amounts of fluorine, localized veins of specular hematite, and muscovite-rich layers. The thickness of the Upper Breccia ranges from 1 m to 10 m and contains very low grades of REE.
- The Central Magnetite Zone is a hydrothermal iron formation that contains high grades of REE, as well as Cu, P and F. The magnetite is heterogeneous, brecciated and contains massive magnetite lenses, disseminated apatite, hornblende, quartz and chalcopryrite. The magnetite is brecciated by stockworks of metasomatic veins of secondary magnetite and veins of apatite-britholite-allanite±kainosite, accompanied by andradite, hornblende, titanite and, locally, clinopyroxene, scapolite, plagioclase, siderite, calcite and quartz. The largest proportion of REE is carried by apatite, britholite, allanite and kainosite in veins of calcsilicate minerals, whereas massive magnetite contains lower concentrations. Late veins of pyrite, pyrrhotite and chalcopryrite cut the brecciated magnetite. The thickness of this zone varies from 1 m to 40 m as a result of boudinage and thinning along the flanks of folds.
- The Lower Breccia Zone consists of lenticular veins of magnetite. The thickness of this zone ranges from 1 m to more than 40 m. These rocks are cut or replaced by stockworks and veins of calcsilicate minerals, which contain little to no magnetite. These veins cross the contact

between magnetite and leucogranite. The volume and number of veins decreases with increasing distance from the magnetite.

The mineralized zones are cut by intrusions of deformed mafic rocks metamorphosed to amphibolite facies and by late Grenvillian granite and pegmatite dykes.

1.1.6 MINERAL DEPOSIT TYPES

IOCG-type deposits are characterized by large quantities of iron in the form of weakly titaniferous magnetite-hematite, as well as by anomalously high concentrations of Cu, Au, REE, P, U, Ag or Co. Deposits of this type are generally controlled by structural or stratigraphic constraints and display spatial and temporal associations with intense Na-Ca-K metasomatic events.

The origin of IOCG deposits is the result of magmatic-hydrothermal activity commonly related to continental-scale intrusions of granitic composition. The setting for this type of mineralization is late- to post-orogenic, extensional, intra-cratonic, intra-arc or back-arc, at shallow to moderate crustal depths, even though deposits with a metamorphic association appear to be related to compressive forces.

In the early 1990s, SOQUEM came to realize that the mineralization in the Kwijibo area of the Property shared many similarities with IOCG-type mineralization. It is this deposit model that guided subsequent prospecting and exploration work.

1.1.7 EXPLORATION

Following the MERN's discovery of Cu-Zn-REE anomalies in 1988, SOQUEM undertook a detailed lake sediment survey in 1993, followed by a heliborne magnetometric ("MAG"), electromagnetic ("EM") survey and a prospecting program. This work led to the discovery of copper and copper-REE showings about ten kilometres north of Lac Manitou. The mineralization in the Kwijibo area was discovered during follow-up work comprising new heliborne MAG and EM surveys as well as ground MAG and radiometrics, induced polarization, soil geochemistry, and rock, lake sediment and stream sediment sampling programs.

In 1988, borehole EM surveys, soil geochemistry surveys, and mineral processing tests were carried out jointly with Matamec Explorations Inc. In 1999-2001, SOQUEM completed mineralogical and lithogeochemical studies and preliminary metallurgical test work. In 2000-2003, SOQUEM, with Uranor Inc., conducted a radiometric survey. In 2009, SOQUEM commissioned a heliborne EM survey and a study of REE potential.

Since 2010, SOQUEM and Focus have been resampling and reassaying the main mineralized zones drilled from 1994 to 1998 on the Josette and Fluorine grids. Hammer prospecting has also been carried out, along with surface Beep Mat (MAG and EM) and Transient Domain EM (TDEM) surveys, an environmental study on the quality of surface water, hyperspectral imaging of the drill core from 2011, and metallurgical test work. Channel and lithogeochemical samples have been collected from the Gabriel, Grabuge and Andradite showings and assayed. The Josette standard

has been certified, and the performance of the ALS and Actlabs laboratories for the 2011 to 2013 assay programs have been evaluated by a third-party laboratory (Accurassay).

1.1.8 DRILLING ON REE TARGETS IN THE KWYJIBO AREA

All drilling on the Property was carried out by SOQUEM and all core is available. Drilling campaigns targeting REE mineralization started in 1994 and the last campaign took place in 2013. The core from exploration holes drilled from 1994 to 1998 was BQ diameter, whereas more recent campaigns used NQ core. In addition to the holes listed in Table 1.1 fourteen (14) drill holes produced 2,018 m of HQ-diameter core for metallurgical test work.

Table 1.1 – Drilling History

Date	Number of holes	Meterage (m)
1994	16	1,593
1995	18	2,353
1998	6	1,582
2011	12	2,604
2012	31	4,255
2013	42	8,506
Total	125	20,893

All holes from 2011 to 2013 were oriented and surveyed using high-precision GPS units and deviations were measured. The majority of the drill holes cut the Josette Horizon perpendicularly or at a high angle. Since 1994, core logging was done using the MERN's codes and the same sampling method was applied to each drill campaign.

1.1.9 SAMPLE PREPARATION, ANALYSIS AND SECURITY

Quarter-core samples of mineralized zones from 1994-1998 drill holes were reanalyzed in 2010-2011, whereas samples from 2011 to 2013 consisted of half-core samples.

Samples from the 2011 and 2012 drilling campaigns were sent to ALS Minerals Laboratories, whereas those from 2013 were analyzed by Actlabs. REE and trace elements were analyzed by ICP-MS following lithium borate fusion and acid dissolution of samples. Major elements were analyzed by ICP-AES after fusion, followed by acid digestion. Volatile elements in samples from the magnetite mineralized zone were analyzed by aqua regia digestion and ICP-MS finish. Base metals and silver were analyzed by ICP-AES following four (4) acid digestion. Gold was analyzed by fire assay on 30-g split samples with AAS finish. Sulfur and carbon were analyzed in a LECO analyzer, whereas fluorine was analyzed using a selective membrane electrode following fusion and acid leaching of samples. Loss on ignition was measured in a combustion oven at 1000°C.

Density measurements were taken on a large number of drill core samples using the immersion method, both by the laboratory and by SOQUEM.

SOQUEM inserted duplicates (half-core), blanks and one certified project standard (Josette) in all sample shipments sent to the laboratory for quality control purposes. To compensate for the use of a single standard, commercial standards with a range of grades were also introduced into the sample stream, among samples used to compare the results of ALS and Actlabs by a third-party laboratory, Accurassay. This comparative study demonstrated that ICP-MS analysis following lithium borate fusion was the best analytical method for REE, and that results of reanalyses by ICP-MS showed a good correlation with the original results of ALS and Actlabs, despite a certain background noise, showing no significant bias. Analytical results for the various standards vary within the confidence interval of certified grades, with no significant bias, and are thus adequate, although a certain variability was observed and attributed to the difficulty in obtaining reliable mass balance results.

1.1.10 DATA VERIFICATION BY DRA/MET-CHEM

Qualified Persons (“QP”) from DRA/Met-Chem conducted a field visit on August 22, 2017, during which samples were collected for independent control analyses.

Analytical results for the Josette standard are acceptable, despite the difficulty in obtaining mass balance results close to 100%, as previously noted by Accurassay. Duplicates reproduce the original assays in a satisfactory but not particularly remarkable manner. However, a good correlation is observed between the average values of the originals and duplicates in the SOQUEM and QP samples, in the validation work by Accurassay and in the analytical results for metallurgical samples.

Analytical results for the QP samples taken by DRA/Met-Chem generally confirmed the results of control samples taken by SOQUEM and the conclusions of the verification program by Accurassay.

DRA/Met-Chem concludes, like Accurassay, that the low variability and lack of systematic bias do not preclude the use of these analytical results for a resource estimate.

1.1.11 MINERAL PROCESSING AND METALLURGICAL TEST WORK

1.1.11.1 Ore Processing Tests

In 2013 and 2014, two (2) metallurgical test work programs were carried out by COREM to characterize samples from the Property. The first program investigated various alternatives for concentrating the elements found in the deposit, mainly magnetic separation and flotation. The second program focused on four samples from the Josette Horizon. These tests included: comminution tests, magnetic separation, phosphate and silicate flotation, a mineralogical study and a preliminary study on rare earth concentrate leaching.

Comminution test results yielded a Bond rod mill work index of 4.72 kWh/t and a Bond ball mill work index of 10.9 kWh/t. The Bond abrasion index is very low, at 0.0316 g.

Magnetic separation tests performed by COREM and Hazen helped optimize performance. Results obtained by Hazen during tests aiming to identify the optimal grind size are presented in Table 1.2.

Table 1.2 – Summary of Results of Davis Tube Magnetic Separation Tests by Hazen

Grain size, P ₈₀ (µm)	Product	Recovery (%)		
		Weight	Fe	La-Lu +Y
87	Magnetic	60.9	89.9	8.1
	Non-magnetic	39.1	10.1	91.9
48	Magnetic	60.7	88.6	4.1
	Non-magnetic	39.3	11.4	95.9
32	Magnetic	58.4	88.0	2.9
	Non-magnetic	41.6	12.0	97.1

Source: Hazen Research Inc. (2017) Project 12322

Flotation tests were also conducted but will not be used as the concentrator does not include a flotation circuit since flotation is not required for the magnetitite resources in the Josette Northeast Zone.

1.1.11.2 Metallurgical Test Work

Two (2) test work programs were conducted by Hazen Research (projects 12182 and 12322). The first, in 2015 and 2016, was designed to investigate acid leaching. In this study, the most appropriate type of acid was determined, as well as the efficiency of leach extraction on flotation concentrate at variable acid concentration and temperature conditions using various types of acid.

The second program, conducted from 2016 to 2017, was designed to develop a complete process flowsheet for the extraction of REE. This program focused on processing material from the Josette Northeast massive magnetitite zone (MM1) using direct leaching following magnetic separation.

REE recovery during each step of the process is summarized in Table 1.3.

Table 1.3 – Rare Earth Recovery by Operation

Operation	TREE + Y (%)	HREE (%)
Leaching	98	96
Neutralization	>99	>99
Releaching	98*	98*
Reneutralization	99	>99
Metathesis	>99	>99
Final leaching	82	81
Solvent extraction	>99	>99
Cumulative recovery	77.97**	80.4**

* Expert hypothesis and calculation based on initial tests done by HAZEN Research. Optimized extraction after a second leaching step. Additional tests required to confirm the optimal recovery after a second leaching stage.

** Represents the cumulative TREE + Y and HREE recovery in the non-magnetic concentrate.

Reagents required in the hydrometallurgical plant are summarized in Table 1.4.

Table 1.4 – Reagent Consumption in the Hydrometallurgical Plant

Operation	Reagent, kg/t concentrate			
	HCl	CaCO ₃	MgO	50% NaOH
Leaching	504	n/a	n/a	n/a
Neutralization	n/a	322	20	n/a
Releaching	42	n/a	n/a	n/a
Reneutralization	n/a	n/a	267	n/a
Metathesis	n/a	n/a	n/a	30
Final leaching	33	n/a	n/a	n/a
Solvent extraction	n/a	n/a	n/a	59
n/a = not applicable				

1.1.12 MINERAL RESOURCE ESTIMATES

DRA/Met-Chem was mandated by SOQUEM to prepare the maiden mineral resource estimate on the Kwijibo Project. The database used for this estimate includes 109 diamond drill holes completed between 1994 and 2013, spanning the lateral extent of the Josette Horizon. Of these 109 holes, 96 were NQ and HQ-diameter diamond drill holes, for a total of 16,938.5 linear metres, drilled in 2011, 2012 and 2013. The remaining thirteen (13) holes were drilled in BQ diameter for a total of 2,229.7 m. According to the database, drill holes from the 2011 campaign amount to 2,159 m, whereas drill holes from the 2012 campaign total 4,255 m. Drill holes from the 2013 campaign total 10,524 m, including HQ-diameter holes drilled for metallurgical test work.

The database contains analytical results for 15 elements of the rare earth series in addition to copper, P₂O₅, CaO, MgO, fluorine and iron. All elements were interpolated in the resulting block model. A regression analysis of iron and density was used to convert block volumes into tonnage, based on the iron content interpolated for each block. A histogram of sampling lengths over the course of the various drilling campaigns shows that 55% of samples were taken at 1-metre lengths, whereas 34% were sampled at 1.5-metre lengths.

The first step in the mineral resource estimation for the Project was to develop a 3D model of the mineralization, by first generating 2D sections using a section interpretation approach. This approach involves the digitization of polygons respecting lithological contacts on sections that correspond to vertical cuts of the geological domain hosting the mineralization. Digitized 2D polygons are then joined together from one section to the next, to generate a 3D volume.

A decision was made to standardize the sample length by generating 1.5-metre composites, which were then used for the interpolation of mineral resources. Blocks of 10 m × 10 m × 5 m (X, Y and Z axes, respectively) were used to break down the area of interest into equidimensional units. This decision is based on the concept of Selective Mining Units, on the average spacing between drill holes used to inform the estimation, and on the projected size of equipment to be used during mining operations. Variographic analysis was performed to establish geostatistical parameters for the mineralization and ultimately, to guide the selection of appropriate parameters for the mineral resource estimate.

Resource interpolation was performed using the inverse square distance method. In this approach, each block is interpolated using composites that are weighed according to their distance from the block centroid.

According to CIM standards, a mineral resource must demonstrate reasonable prospects for economic extraction. However, the Kwijibo deposit occurs at depth and the only possible option is an underground mine. Thus, blocks were not constrained by an economic pit shell.

The mineral resource estimate was prepared by Schadrac Ibrango, P. Geo., PhD, MBA, Lead Geology and Hydrogeology for DRA/Met-Chem, or by third parties under his direct supervision. Estimated resources were classified based on CIM definitions for the classification of measured, indicated and inferred resources. Criteria used by the qualified person in this estimate are based on the confidence level and the geological and grade continuity. CIM Definition Standards for Mineral Resources are provided in Section 14.2.

The mineral resource estimate, for each zone of interest in the Josette deposit, is summarized in Table 1.5. The effective date of the mineral resource estimate is November 17, 2017, which corresponds to the date of the latest version of the database received from SOQUEM.

Table 1.5 – Resource Estimate for the Josette Zone

RESOURCES	Tonnes ('000)	TOTAL	REO By Element														Light and Heavy TREO		Types of Products			Fe ₂ O ₃ (%)	P ₂ O ₅ (%)			
			TREO (%)	La ₂ O ₃ (%)	Ce ₂ O ₃ (%)	Pr ₂ O ₃ (%)	Nd ₂ O ₃ (%)	Sm ₂ O ₃ (%)	Eu ₂ O ₃ (%)	Gd ₂ O ₃ (%)	Tb ₂ O ₃ (%)	Dy ₂ O ₃ (%)	Ho ₂ O ₃ (%)	Er ₂ O ₃ (%)	Tm ₂ O ₃ (%)	Yb ₂ O ₃ (%)	Lu ₂ O ₃ (%)	Y ₂ O ₃ (%)	Light REO (%)	Heavy REO (%)	Nd ₂ O ₃ + Pr ₂ O ₃ (%)			Dy ₂ O ₃ (%)	Other REO + Y ₂ O ₃ (%)	
Josette Northeast Zone																										
Measured	1,634	3.34	0.44	1.02	0.13	0.55	0.11	0.01	0.11	0.02	0.11	0.02	0.06	0.01	0.04	0.00	0.70	2.25	1.09	0.68	0.11	2.55	54.69	4.73		
Indicated	2,340	3.49	0.45	1.06	0.14	0.57	0.12	0.01	0.12	0.02	0.12	0.02	0.07	0.01	0.04	0.00	0.74	2.34	1.15	0.71	0.12	2.66	52.54	5.34		
M + I	3,974	3.43	0.45	1.04	0.13	0.56	0.12	0.01	0.12	0.02	0.11	0.02	0.06	0.01	0.04	0.00	0.72	2.3	1.12	0.69	0.11	2.62	53.42	5.09		
Inferred	1,116	4.04	0.54	1.24	0.16	0.66	0.14	0.01	0.14	0.02	0.13	0.03	0.08	0.01	0.05	0.00	0.83	2.73	1.31	0.81	0.13	3.09	49.81	5.96		
Josette Southwest Zone																										
Measured	775	1.8	0.23	0.55	0.07	0.29	0.06	0.01	0.06	0.01	0.06	0.01	0.03	0.00	0.02	0.00	0.38	1.21	0.59	0.36	0.06	1.38	54.14	3.8		
Indicated	2,167	1.74	0.23	0.54	0.07	0.28	0.06	0.01	0.06	0.01	0.06	0.01	0.03	0.00	0.02	0.00	0.37	1.17	0.57	0.35	0.06	1.34	52.2	3.47		
M + I	2,942	1.76	0.23	0.54	0.07	0.28	0.06	0.01	0.06	0.01	0.06	0.01	0.03	0.00	0.02	0.00	0.37	1.18	0.57	0.35	0.06	1.35	52.71	3.56		
Inferred	209	1.51	0.20	0.47	0.06	0.24	0.05	0.01	0.05	0.01	0.05	0.01	0.03	0.00	0.02	0.00	0.32	1.02	0.49	0.3	0.05	1.16	40.14	3.83		
Combined Zones																										
Measured	2,409	2.84	0.37	0.87	0.11	0.46	0.10	0.01	0.10	0.02	0.09	0.02	0.05	0.01	0.03	0.00	0.59	1.92	0.93	0.58	0.09	2.18	54.51	4.43		
Indicated	4,507	2.65	0.35	0.81	0.10	0.43	0.09	0.01	0.09	0.01	0.09	0.02	0.05	0.01	0.03	0.00	0.56	1.78	0.87	0.53	0.09	2.03	52.38	4.44		
M + I	6,916	2.72	0.35	0.83	0.11	0.44	0.09	0.01	0.09	0.02	0.09	0.02	0.05	0.01	0.03	0.00	0.57	1.83	0.89	0.55	0.09	2.08	53.12	4.44		
Inferred	1,325	3.64	0.49	1.11	0.14	0.59	0.13	0.01	0.12	0.02	0.12	0.02	0.07	0.01	0.04	0.00	0.75	2.46	1.18	0.73	0.12	2.78	48.28	5.62		

Cautionary note and other relevant information:

1. The economic viability of mineral resources that are not mineral reserves has not been demonstrated. The mineral resource estimate could be materially affected by environmental, permitting, legal, title-related, taxation, socio-political or marketing issues, or any other relevant issue.
2. The mineral resources were estimated following the definition standards of the Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum (CIM) for mineral resources and mineral reserves, prepared by the CIM Standing Committee on Reserve Definitions and adopted by the CIM Council on May 10, 2014.
3. The inferred mineral resources in this estimate have a lower level of confidence than that applying to indicated resources and must not be converted into mineral reserves. It is reasonably expected that the majority of Inferred Resources could be upgraded to Indicated Resources with continued exploration.
4. TREO (total rare earth oxides) = La₂O₃ + Ce₂O₃ + Pr₂O₃ + Nd₂O₃ + Sm₂O₃ + Eu₂O₃ + Gd₂O₃ + Tb₂O₃ + Dy₂O₃ + Ho₂O₃ + Er₂O₃ + Tm₂O₃ + Yb₂O₃ + Lu₂O₃ + Y₂O₃
5. LREO (light rare earth oxides) = La₂O₃ + Ce₂O₃ + Pr₂O₃ + Nd₂O₃ + Sm₂O₃ (as used by Hazen Research Inc.)
6. HREO (heavy rare earth oxides) = Eu₂O₃ + Gd₂O₃ + Tb₂O₃ + Dy₂O₃ + Ho₂O₃ + Er₂O₃ + Tm₂O₃ + Yb₂O₃ + Lu₂O₃ + Y₂O₃ (as used by Hazen Research Inc.)
7. The effective date of the resource estimate is November 17, 2017

1.1.13 MINING METHODS

The Josette Horizon deposit will be mined by mechanized underground methods. The underground mine will be accessed through a surface portal located near the concentrator, linked to the deposit by a ramp. Longitudinal and transverse long-hole mining methods will be employed. The mineralised material will be extracted from the stopes by scoop trams and transported to the concentrator in underground trucks via the ramp. The initial development will be carried out by a contractor and the owner will be responsible for the commercial production. The annual production rate, to produce 10,000 tonnes of total rare earth oxides (“TREO”), is estimated at 387,000 tonnes per year, on average. The Josette Horizon will be mined at this production rate over a 10-year period at an average grade of 3.29 % TREO. All tailings from the concentrator will be returned underground as stope backfill, thereby maximizing the amount of mineral resources that can be extracted. Over the mine life, the underground operation—including supervision, engineering, operations and maintenance—will require 142 employees per day to operate 20 hours per day, 5 days per week, 52 weeks per year.

1.1.14 RECOVERY METHODS

1.1.14.1 Concentrator

The processing plant consists of a crushing circuit and a concentrator, where grinding, magnetic separation, thickening and filtration will be performed. The concentrator is designed to separate a rare earth concentrate from the magnetic tailings. Both products will be thickened and filtered.

The concentrator will produce a concentrate that will be shipped to the hydrometallurgical plant by truck. The tailings will be returned underground in the form of paste backfill.

The plant capacity is based on a production rate of 10,000 tonnes per year of TREO. The average weight recovery at the concentrator is 45 %, and the recovery of REE is 95.5 %. These values are based on the results of applicable metallurgical tests conducted to date. The crushing system is designed to operate at 65 % availability and the concentrator at 90 % availability. The concentrator will process 387,000 tonnes of mineralised material per year.

The processing plant will include the following key areas:

- A crushing and material rehandling zone with an ore bin and vibrating feeders to feed the concentrator;
- The concentrator comprising a grinding circuit, magnetic separation and the thickening of concentrate and tailings;
- Filtration of the concentrate (and tailings) and the truck loading facilities;
- A paste backfill plant.

Services required to ensure the plant runs smoothly include a supply of fresh water, process water, gland water and fire protection water. Compressed air systems for filters and other equipment are also included.

1.1.14.2 Hydrometallurgical Plant

The test work programs also provided the basis for a preliminary design of the rare earth recovery flowsheet. The hydrometallurgical plant (“**hydromet plant**”) is designed to produce 10,000 tonnes per year of rare earth oxides (“**REO**”), at 90% availability. It includes seven (7) circuits designed to separate the gangue and other impurities from the REE. The hydrometallurgical process begins with HCl leaching, followed by reduction of ferric into ferrous ions. Then comes the precipitation of rare earth phosphates via neutralization of the pregnant solution, followed by a second cycle of leaching and neutralization. The following steps are metathesis and a final leaching step prior to solvent extraction.

Chlorides generated in the hydromet plant will be recycled at the hydrochloric acid regeneration plant where they will be transformed into sulphates while generating hydrochloric acid, which will be recirculated to the hydromet plant. The sulphates will then be calcined, generating sulphur gas that will be used to regenerate sulphuric acid.

1.1.15 PROJECT INFRASTRUCTURE

The Project infrastructure is divided into two (2) areas: the **mine area** and the **hydrometallurgy area**.

The mine area includes the 5.0 MW power plant; the main access road and access roads to the site; site preparation; electrical distribution and communications; fire protection; fresh water, drinking water and wastewater treatment system; auxiliary buildings; fuel storage; and the tailings and site water management facilities. A camp is planned for the mining operation and construction activities.

The hydrometallurgy area will be located outside the mine site. It includes the extension of the main access road and access roads to the industrial site; site preparation; the electrical substation; electrical distribution and communications; fire protection; fresh water, drinking water and wastewater treatment system; auxiliary buildings; and the tailings and site water management facilities.

1.1.16 MARKET STUDIES AND CONTRACTS

Global demand for certain REE is expected to drive strong growth over the next few years with little or no new production to compensate. As China, the world’s largest producer of rare earths, continues to clamp down on the illegal production of REE in the country, Adamas Intelligence predicts that the global production of some REE could in fact decrease.

Over the next decade, Adamas Intelligence believes that the supply trend—a fundamental principle of rare earth market demand — will create opportunities to develop several new rare earth mines outside of China, insofar as these new mines are economically viable and their production is mainly composed of the REE with the highest market demand.

SOQUEM has retained the services of Adamas Intelligence to provide a historical overview of the global rare earth market from 2010 to 2017 and to forecast global supply, demand and prices from 2018 to 2025 to determine whether the Kwjibbo rare earth project can meet the needs of the evolving market.

From 2012 to 2017, Adamas Intelligence estimates that global annual TREO production decreased at a Compound Annual Growth Rate (“CAGR”) of -1.3% while annual global TREO consumption increased at a CAGR of 3.0%, leading to increased supply risks for end-users of “critical” REE in high demand, such as neodymium, praseodymium, dysprosium and terbium.

Even though production is increasing in China and Australia, and despite the addition of 20,000 tonnes from new TREO production capacity elsewhere on the planet, Adamas Intelligence expects the global market to be under-producing for neodymium, praseodymium, lanthanum, dysprosium and certain other REO from 2018 to 2025, resulting in the depletion of previously accumulated inventory and, ultimately, a shortage of these materials if production does not increase further.

The Kwjibbo Project will produce 10,000 tonnes of TREO per year. Approximately 80% of Kwjibbo’s annual TREO production will consist of lanthanum oxide, cerium oxide, neodymium oxide and yttrium oxide. Nevertheless, Adamas Intelligence predicts that approximately 85% of the product value of Kwjibbo’s TREOs (i.e., revenue) will result from neodymium oxide, praseodymium oxide, dysprosium oxide and terbium oxide. Adamas Intelligence refers to all of these as “critical” REE because they are essential for clean energy and electric mobility applications, and there is a high risk of supply shortages in the next 10 to 15 years.

From a commercial, logistical and economic point of view, the large amount of critical value REE in Kwjibbo’s potential TREO production indicates that the future mine could generate nearly 85% of its revenue only through the sale of 24% of its production.

The Kwjibbo Project provides strong economic exposure to the permanent magnets sector, the fastest growing end-use category and the most in need of additional rare earth supply, according to the supply and demand forecasts of Adamas Intelligence.

Adamas Intelligence predicts that the basket value of the Kwjibbo TREO will total \$34.07 US per kilogram in 2021 and will steadily increase to \$39.25 US per kilogram in 2025.

1.1.17 ENVIRONMENTAL STUDIES, PERMITS, AND SOCIAL OR COMMUNITY IMPACTS

A review of the available information provided a preliminary portrait of the various sites at the Kwjibbo Project and of the potential associated environmental and human issues. To date, little

environmental and socio-economic information has been collected to support the Project. Nevertheless, some activities have been carried out on the site of the mining project and with stakeholders.

In 2011, SOQUEM began a program to characterize and monitor the quality of surface water on the Kwyjibo property. Water samples from streams and lakes likely to be affected by the Project were collected and analyzed for the regulated parameters, as well as for elements typically associated with rare earth deposits. The data will be used to document baseline water quality on the site.

In addition, SOQUEM and Focus conducted First Nations outreach activities. Representatives of the Innu Takuaikan Uashat Mak Mani-Utenam (ITUM) Band Council and traditional users of the Project area were met several times since 2011. During the meetings, stakeholder concerns were discussed and noted. These mainly included: the preservation of ancestral territory, possible disturbances, water contamination, radioactivity, site rehabilitation if the Project does not move forward, and the possible involvement of community members in the Project.

Based on these characteristics and regulations, the Project will be subject to a provincial environmental assessment for both the mine site and the hydrometallurgy plant site, and an environmental assessment screening for the mine under the federal environmental review process. The Project will also have to meet the requirements of several other municipal, provincial and federal laws and regulations. Although the Project is still at the preliminary stage of development, it is already possible to identify the main anticipated impacts based on observations of similar mining projects under similar conditions.

The impacts of the Project will be largely related to the footprint of the site's infrastructure and the mining area. Some habitats could be greatly affected by the loss of some of the soil, vegetation and wetlands as a result of tree cutting during site preparation and the construction of access and mining infrastructure. Impacts are also anticipated on surface water and groundwater systems and quality caused by construction of the mining infrastructure and site drainage. Finally, noise, air and water pollution originating from the site and its activities could negatively affect the current use of the land and hinder certain land use activities.

Nevertheless, the Project footprint is limited — only 0.21 km² — given that it is an underground mine and that the mine workings will be progressively backfilled with mine tailings during and after operation. In addition, appropriate mitigation measures will have to be put in place to limit potential impacts.

As for the site of the hydrometallurgy plant, particular attention will be paid to the design of the facilities in order to reduce the anticipated environmental impacts. The main issue will be the disposal of plant tailings, which will contain, among other things, radioactive elements. Studies will be conducted to select the best option for environmental, social and technical management.

1.1.18 CAPITAL AND OPERATING COSTS

1.1.18.1 Capital Cost Estimate

The scope of the capital cost (“**CAPEX**”) estimate covers the construction of a new mining facility, a processing plant (concentrator) with a capacity of 387,000 tonnes per year, and a hydromet plant which will process roughly 174,150 tonnes of concentrate per year from the concentrator and has a capacity of 10,000 tonnes of total rare earth oxides (“**TREO**”) per year.

The CAPEX comprises all material, equipment, manpower and freight required for the preliminary development of the mine, the processing facilities, the tailings management facilities and impoundments, and all infrastructure and services necessary to support the mining operation.

The CAPEX prepared for this PEA is based on a Class 4 estimation according to the 47R-11 recommended practice of the *Association for the Advancement of Cost Engineering* (“**AACE**”), with an accuracy of 35%. Some elements of the CAPEX may not have reach this level of accuracy. However, the global estimate is within the expected accuracy range.

The CAPEX estimate includes direct and indirect costs as well as unexpected costs. Provisions for sustaining capital are also included, mainly to expand the underground mining operation and to increase the volume of the tailings storage impoundment. Site closure and rehabilitation costs were also estimated.

Table 1.6 presents the initial and sustaining capital over the life of the Project.

Table 1.6 – Summary of CAPEX (\$ '000)

Description	Mine and Concentrator	Hydrometallurgy	Total (\$ '000)
Direct costs	270,380	221,785	492,165
Indirect costs and owner costs	83,380	55,011	142,391
Contingency	51,551	41,520	93,071
Total initial capital	405,311	318,316	723,627
Closure cost	2,300	4,000	6,300
Sustaining capital	15,682	3,136	18,818

Due to rounding, some totals may not correspond with the sum of the separate figures.

1.1.18.2 Operating Cost Estimate

The Operating cost estimate (“**OPEX**”) covers extraction, processing, general and administration and site services. Table 1.7 summarizes these costs.

The information used to establish the OPEX was sourced from internal databases and external sources, particularly for materials, services and consumables. All amounts are in Canadian dollars, unless otherwise noted.

Table 1.7 – OPEX Summary

Description	Cost for a typical year ¹ (\$/year)	Average cost ² (\$/tonne milled)	Average cost ² (\$/tonne TREO)	Average cost ² (%)
Mine	17,333,850	*45.48	*1,856	12.8
Concentrator	18,113,450	46.80	1,910	13.2
Hydrometallurgy plant	85,572,379	221.12	9,024	62.3
General and administration costs	9,486,943	**26.72	**1,090	7.5
Mining royalties	5,661,571	14.63	597	4.1
Total OPEX	136,168,192	354.74	14,478	100.0

1 Typical years are represented by Years 2 to 9. Annual production is 387,000 tonnes milled or 9,483 tonnes TREO.
 2 Average costs are calculated over the life of the mine: years 1 to 10.
 * Mining costs vary by year. For a typical year, the cost is \$44.78/tonne milled and \$1,828/tonne TREO.
 ** G&A costs vary by year. For a typical year, the costs are \$24.51/tonne milled and \$1,000/tonne TREO.

1.1.19 ECONOMIC ANALYSIS

1.1.19.1 Financial Model and Results

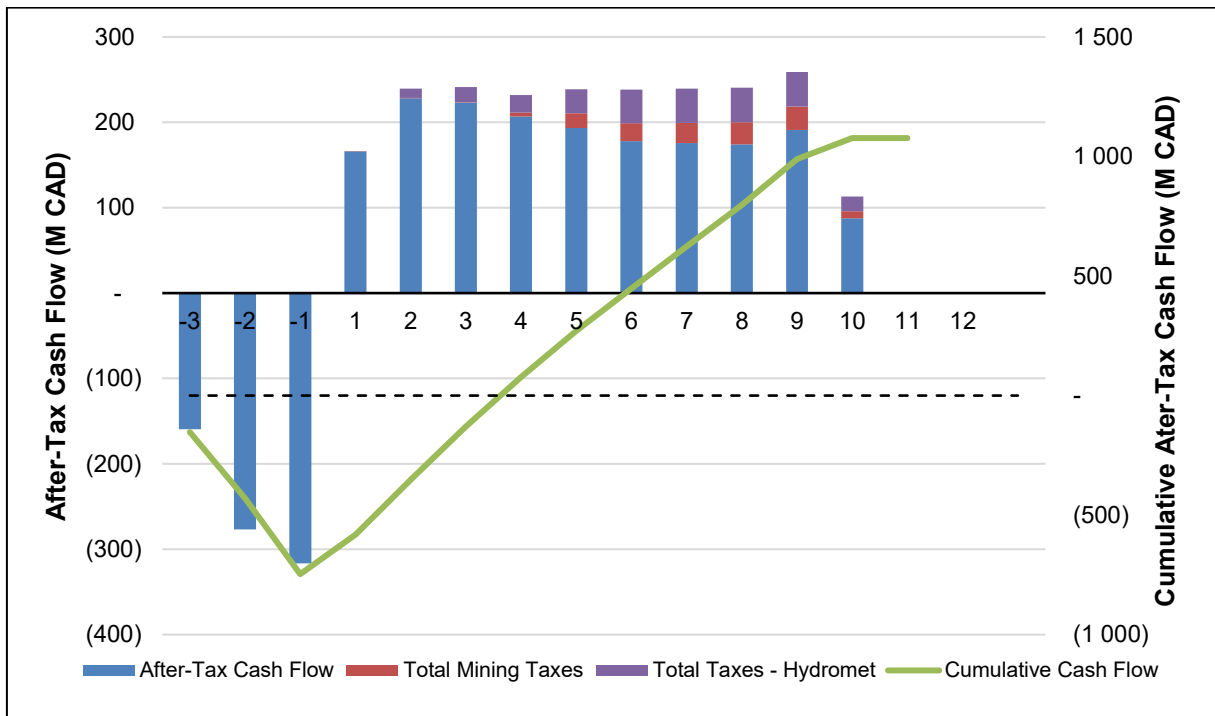
Table 1.8 summarizes the economic results for the base case scenario for the Kwijibo Project. The evaluation was conducted on an equity basis of 100%.

Table 1.8 – Financial Results for the Base Case Scenario

Financial results	Unit	Pre-tax	After tax
NPV @ 8%	M CAD	564.0	373.9
IRR	%	21.2	17.8
Repayment period	Year	3.4	3.6

Figure 1.3 below shows the cash flow after taxes and the cumulative cash flow profiles for the base case conditions. The repayment period was calculated to be 3.6 years and is indicated in the figure as the point at which the after-tax cumulative cash flow profile crosses the dotted line.

Figure 1.3 – After-Tax Cash Flow and Cumulative Cash Flow Profiles



Total pre-production capital costs are estimated at \$723.6 Million. Based on the life of mine of 10 years, the sustaining capital requirement is estimated at \$18.8 million. Mine closure costs, in the form of payments to a trust fund at the beginning of the project, are estimated at \$6.3 million.

Total revenue for the duration of the Project is estimated at \$3.5 billion, or an average of \$975 per tonne milled. Total OPEX is estimated at \$1.3 billion, or an average of \$355 per tonne milled.

The financial results indicate a pre-tax net present value (“**NPV**”) calculated to be \$564.0 million at a discount rate of 8%. The internal rate of return (“**IRR**”) is 21.2% and the repayment period is 3.4 years.

The after-tax NPV is \$373.9 M at a discount rate of 8%. The after-tax IRR is 17.8% and the repayment period is 3.6 years.

1.1.19.2 Sensitivity Analysis

A sensitivity analysis was conducted to assess the impact of changes in CAPEX, OPEX, the revenue from the sale of products (“**Price**”) and the USD:CAD exchange rate (“**Rate**”) on the Project’s NPV at 8% (base case scenario) and the IRR. Each variable was studied separately. An interval of ±30% with 10% increments was applied to CAPEX, OPEX and Price. For the USD:CAD exchange rate, values of 0.70 to 1.00 were used (relative variations of -12.5% to 25%). The USD proportion of the cost estimate was used to adjust each exchange rate assumption.

The pre-tax sensitivity analysis is illustrated in Figure 1.4. The NPV and IRR are more sensitive to changes in Price and Rate than changes in Capex or Opex. If the average price of the TREO concentrate drops by 29.6% (approximately \$24,100 US/tonne), the NPV at 8% is zero (0). This is confirmed by a drop in IRR to the dotted line representing a rate of return of 8%.

In addition, if CAPEX increases by 30% (relative variation of 30%), IRR drops to approximately 15% and NPV lowers to CAD \$373 M.

The same conclusions can be drawn from the after-tax sensitivity analysis, as shown in Figure 1.5. However, the break-even points are lower. A drop in the average price of TREO concentrate of 25.3% (\$25,600 US/tonne) brings the NPV to zero (0). A 25% increase in the exchange rate (1.0 USD:CAD) results in an NPV of 98.3 M CAD. The IRR confirms these results.

Figure 1.4 – Sensitivity of Pre-Tax NPV and IRR to variations in CAPEX, OPEX, Price and Exchange Rate

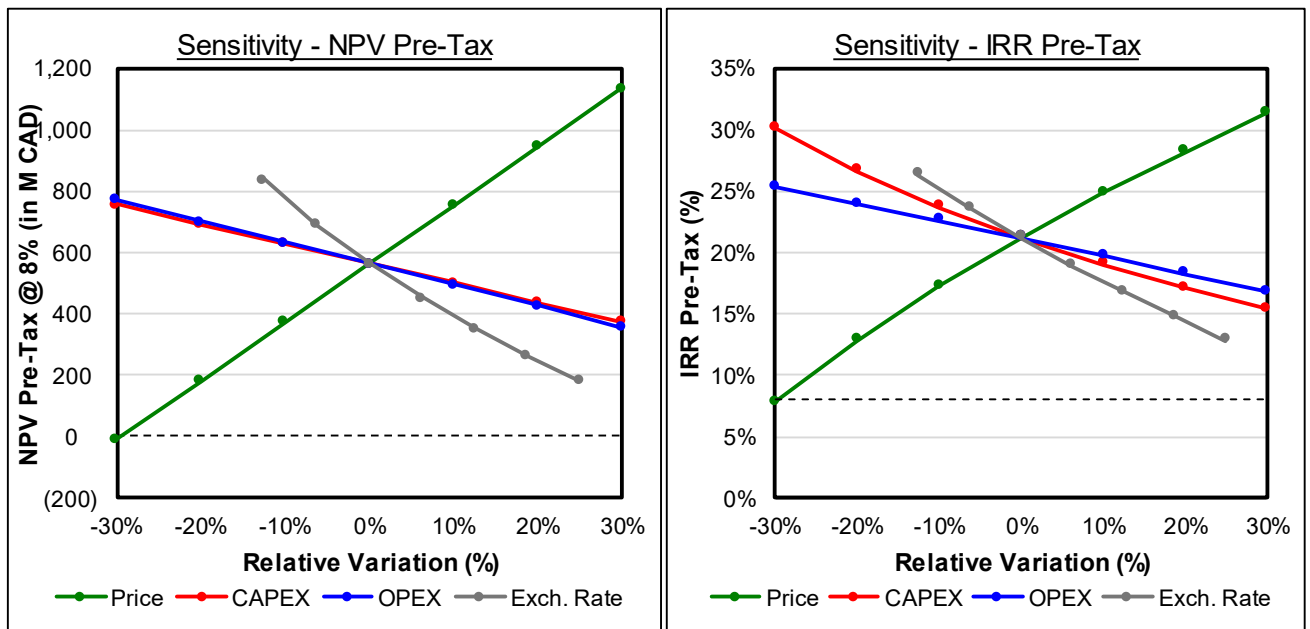
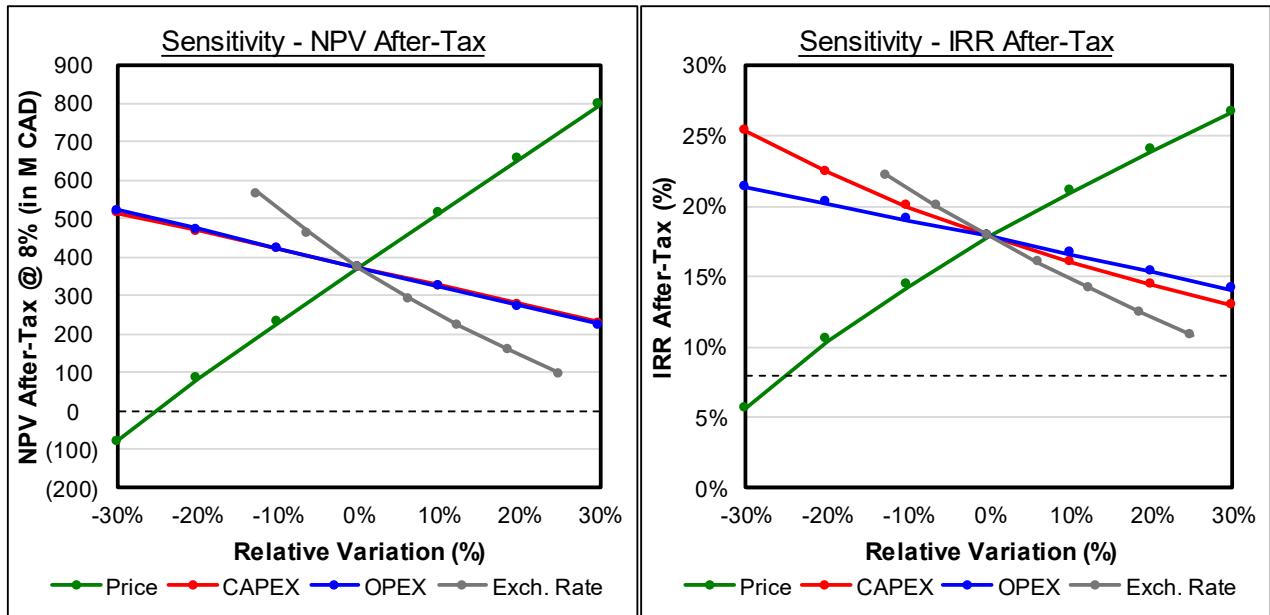


Figure 1.5 – Sensitivity of After-Tax NPV and IRR to Variations in CAPEX, OPEX, Price and Exchange Rate



1.1.20 INTERPRETATION AND CONCLUSIONS

The Kwjyibo Rare Earth Project is located 125 km northeast of the city of Sept-Îles, in the Côte-Nord administrative region of the Province of Québec to develop an underground mine as well as a hydrometallurgical plant to extract REE found in the deposit.

1.1.20.1 Conclusions

The PEA results show a significant potential for the rare earths deposit from the Josette Horizon on the Kwjyibo property with an IRR of 21.7% before taxes considering only the magnetite portion of the Josette Northeast Zone. Capital investment costs for the project implementation are \$723 million with a total operating cost of \$14,478 CAD /t TREO versus an average value of \$34,250 US/t TREO.

a. Geology

- ✓ The rare earth mineralization of the Josette Horizon deposit on the Kwjyibo property was clearly identified upon its discovery as an IOCG type of mineralization and this has always guided SOQUEM's exploration work;
- ✓ The core description, sampling, and analyses were performed according to industry best practices; the same lithological codes, sampling method, and analysis methods were applied for all drilling campaigns; this ensures good consistency in the data used for resource estimation;

- / 1994-1998 drilling data were verified and validated; all significant mineralized zones were reassayed;
- / All drilling campaigns' core, pulps and rejects are well preserved; some rejects and pulps from Accurassay are missing, due to the closure of the laboratory, but the original core remains available;
- / The tight drillhole spacing provides a good definition of the structure continuity and grades of the Josette NE and SO zones;
- / A significant validation effort was made by Accurassay, at SOQUEM's request, to certify the Josette standard and validate laboratories' performance;
- / An impressive amount of density determinations were conducted using the immersion method that provides the in-situ density;
- / Rare earth analyses are subject to some variability, as demonstrated by Accurassay's verification work, which was confirmed by DRA/Met-Chem's review of the control samples introduced by SOQUEM and the Qualified Person's verification samples;
- / The variability of the analytical results is mainly explained by the multiple calibrations during sample analysis by different laboratories, and by the difficulty in obtaining a mass balance reconciliation to 100% for some samples;
- / Nevertheless, the variability in the analyses and the bias observed locally are not significant and both Accurassay and DRA/Met-Chem concluded that the risks and uncertainties related to sampling and analyses do not likely appear to have an impact on the reliability of the results used in the resource estimate.

b. Mineral Resource Estimation

This Report presents the first mineral resource estimate on the Kwijibo Project and focused only on the magnetitite zone of the Josette Horizon deposit that provided the best potential to date. Of the two (2) zones considered, the Northeast Zone offers the greatest economic potential due to its highest total rare earths and P_2O_5 contents. The Lower Breccia Zone, poorer in rare earths and in P_2O_5 , has been abandoned during the development of the resource model, but remains an area of potential short-term interest depending on the evolution of rare earth and P_2O_5 prices on the international market.

The work performed made it possible to highlight a rare earth element enrichment zone at depth on the Northeast Zone which was unfortunately only tested by a single drill hole. This zone appears to indicate an extension at depth towards the end of the Northeast Zone. It offers potential that should be tested during subsequent exploration work.

c. Mining Method

The Josette Horizon rare earth deposit on the Kwijibo property can be mined underground for 10 years at a daily rate of 1,000 tonnes (365,000 tonnes per year) not including tonnes of

mineralised material related to development. The average grade of TREO over 10 years is estimated at 3.29%.

There are many opportunities to extend the life of the operation, as the deposit is open at depth and laterally. The PEA has also only considered the recovery of the magnetite of the Northeast Zone. The other REE bearing structures are less developed for the moment but could be investigated in the future if results of drilling, metallurgical tests and the market justify it.

d. Mineral Processing and Hydrometallurgy

The test work programs performed at COREM and Hazen Research allowed the development of a simple concentrator that includes crushing and grinding stages prior to Low Intensity Magnetic Separation. The products are thickened and filtered, and the concentrate is transported to the hydrometallurgical plant. The anticipated weight recovery of the non-magnetic concentrate from the plant feed is 45% for a rare earths recovery of 95.5%.

Hydrometallurgical tests done at Hazen Research studied the flotation concentrates leach efficiencies by varying the acid type, the concentration and the temperature. It also allowed to develop a complete extraction process for rare earths. Following these tests, it was established that economical recovery of rare earths in the non-magnetic concentrate of the Kwjibbo deposit is possible. The respective recoveries of the hydrometallurgical plant steps are as follow:

Table 1.9 – Rare Earths Recovery by Unit Operation

Operation	TREE + Y (%)	HREE (%)
Leaching	98	96
Neutralization	>99	>99
Releaching	*98	*98
Reneutralization	99	>99
Methathesis	>99	>99
Final leaching	82	81
Solvent extraction	>99	>99
Cumulative recovery	**77,97	**80,4

* Expert hypothesis and calculation based on initial tests done by HAZEN Research. Optimized extraction after a second leaching step. Additional tests required to confirm the optimal recovery after a second leaching stage.

** Represents the cumulative TREE + Y and HREE recovery in the non-magnetic concentrate.

A cumulative recovery of 77.97% of total rare earths and yttrium was obtained at the hydromet plant. This recovery is 80.4% for the heavy rare earths (Eu + Gd + Tb + Dy + Ho + Er + Tm + Yb + Lu + Y).

The reagents required in the hydromet plant are summarized here:

Table 1.10 – Summary of the Hydromet Plant Reagents

Operation Unit	Consumption (kg/t of concentrate)			
	HCl	CaCO ₃	MgO	50% NaOH
Leaching	504	n/a	n/a	n/a
Neutralization	n/a	322	20	n/a
Releaching	42	n/a	n/a	n/a
Renutralization	n/a	n/a	267	n/a
Methathesis	n/a	n/a	n/a	30
Final leaching	33	n/a	n/a	n/a
Solvent extraction	n/a	n/a	n/a	59
n/a = not applicable				

e. Market Study

Market perspectives for rare earths are favourable according to the market study done by Adamas Intelligence. Price projection for the Kwijibo Project production is estimated at \$34,250 US per tonne of product. Adamas Intelligence forecasts an increase in the long-term price, but the PEA kept the value of products constant over the mine life.

f. Environment

Most of the environmental and social studies have not been started to document the baseline site conditions and identify all the issues in the areas that could be impacted by the project. The currently available information is rather limited. Despite the lack of collected environmental data, it is possible to conclude that:

- / The project footprint is limited with 0.21 km² as an underground mine is considered and progressive backfilling of the mined-out stopes with waste material and tailings is planned;
- / The potential impacts anticipated at mine site will primarily concern the ecosystems, water resources and the territory users;
- / Tailings management at the hydrometallurgical plant will be a significant environmental issue to be addressed for project acceptability;
- / The identified environmental problems can be managed adequately with proper mitigating measures put in place to limit the potential impacts;
- / Given the type of project and its context, the project stakeholders concerns will be key components to integrate in the environmental and social impact assessment of the project.

The evaluation of the potential impacts mentioned above will be detailed during the preparation of the environmental and social impact study and considering the optimized project components.

g. Capital and Operating Costs

The Capital Cost estimate prepared for this PEA is based on a class 4 estimate, as per recommended practice 47R-11 of the *Association for the Advancement of Cost Engineering* (« **AACE** ») with a precision of 35%.

The information supporting the cost estimate has been sufficiently developed to allow equipment sizing and to evaluate the costs with the required accuracy.

h. Economic Analysis

The economic analysis results of the Kwijibo Project demonstrates a positive economic potential at this stage of the project. The following table summarizes the results of the analysis:

Table 1.11 – Summary of the Economic Analysis Results

Throughput ^a	tpy	387,000
TREO production	tpy	9,483
Total revenue	'000 CAD	3,463,348
Total CAPEX	'000 CAD	723,627
Mine & Concentrator	'000 CAD	405,311
Hydromet Plant	'000 CAD	318,316
Total OPEX ^b	'000 CAD	1,259,752
OPEX	CAD/t feed	355
OPEX	CAD/t TREO	14,478
Pre-tax		
NPV (discount rate = 8%)	'000 CAD	564,023
IRR	%	21.2%
Payback period	years	3.5
After-tax		
NPV (discount rate = 8%)	'000 CAD	373,857
IRR	%	17.8%
Payback period	years	3.7

^a Throughput Year 2 onwards

^b Total OPEX includes royalties, mining, processing, transport costs and municipal taxes (if applicable)

1.1.20.2 Risk Assessment

Many economical risks are not under the control of the project sponsors. The rare earths market price and the exchange rates applicable during construction and operation are amongst them.

The preliminary nature of the costs developed for this PEA are such that the resources cannot be qualified as reserves. This requires a more detailed study which should be performed as a next step.

a. Mine and Concentrator

The risks associated with the mine site installations are related to the preliminary nature of the information and hypothesis used during the estimation of the investment costs. Geotechnical studies will be required to adequately design the buildings foundations and equipment. A better understanding of the hydrology and the hydrogeology will be needed to establish a more accurate planning water requirements and water management for these installations.

The concentrator equipment sizing such as thickeners and filters is not supported by adequate testing. More tests will also be needed to support the crushing and milling equipment design to finalize selection and validate operating costs. To minimize risks, conservative hypotheses have been used based on DRA/Met-Chem expertise.

b. Hydrometallurgical Plant

The risks associated to the hydrometallurgical plant are of two types:

- / The limited scope of the work, although largely sufficient for this study, contains certain uncertainties with respect to the recovery values obtained. Hypotheses have been used during the results analysis and contain an element of risk;
- / The scale of tests used (laboratory tests) is not sufficient to evaluate the operability of the equipment on a commercial scale.

Appropriate tests must be done in the next project stages to lower these risks.

1.1.20.3 Opportunities

Despite the limited mine life, the PEA results are favorable. To improve these results, an increase in mineral resources would allow an increase in the investment profitability. The deposit is interpreted to extend at depth and there is a high potential of finding additional quality resources.

The Breccia located under the magnetite horizon also contains rare earths. The concentration is lower, but it could be possible to increase this concentration by adding flotation to the concentrator. To do this, further development tests will be required to achieve adequate recoveries and grades whilst maintaining acceptable operating costs.

Similarly, the Josette Southwest zone could be upgraded with an expansion of the concentrator. These modifications could potentially be implemented later in the life of the Project to maximize the return on investment and reduce risks.

1.1.21 RECOMMENDATIONS

Based on the preliminary economic results, it is recommended that the Kwijibo Project proceed to the next steps in project definition, specifically a more comprehensive study of the Project's potential (prefeasibility study) and the initiation of certain required environmental studies, as well as the collection of data on the socio-economic context of the Project.

The cost of the prefeasibility study and associated activities is estimated at \$2.2 Million. This includes additional metallurgical test work to refine the process at the hydromet plant and to properly size equipment at both sites, as well as geotechnical and hydrogeological investigations.

The cost of the environmental and social activities that should be initiated amounts to \$1.0 Million. Details are provided below in the relevant sections.

1.1.21.1 *Underground mine and concentrator*

a. Geology

The following changes concerning information and data of a geological nature are recommended for future drilling programs:

- / Prepare a set of written procedures for the exploration and drilling work that can be easily consulted by anyone involved;
- / Take photographs of the core before sawing;
- / Use several commercial standards with different values for REE and other elements of importance for the Project; the most useful standards are those with grades close to the cut-off grades of the deposit and to the modal value, among other things;
- / Use certified barren blanks to detect possible cases of contamination;
- / Attempt to determine the reason for the difficulty in obtaining a mass balance within acceptable limits in the case of some samples;
- / Ideally, use only one main laboratory and a third-party laboratory for verification work; the currently available analytical data came from six different laboratories, which complicates the interpretation of the results when monitoring precision and accuracy.

b. Mineral Resource Estimates

Additional exploration work is recommended to test the extension at depth of the rare earths and P₂O₅ enriched Josette Northeast zone. This work should consist of approximately 2,000 m of drilling in 4 or 5 holes ranging in length from 450 m to 500 m. The cost of this additional exploration work is estimated at \$800,000, but was not included in the budget as it is not necessary to make the Project viable.

c. Mining Methods

DRA/Met-Chem recommends including hydrogeological studies among the subsequent studies to determine whether there are major sources of seepage in the rock mass, as well as geotechnical studies to verify the ground support requirements and to optimize stope dimensions.

d. Ore Processing

To confirm the selection of concentrator equipment, additional grinding tests will be necessary. The material used for these tests can then be used in other metallurgical tests that serve to optimize the process or characterize the products.

Concentrator tailings will be used to backfill underground stopes. It will be important to understand their chemistry and mechanical behaviour to design the backfill plant and detail the associated operating costs. This will require a preliminary test program for the prefeasibility phase. The tailings samples will also be used for sedimentation and filtration tests to validate the hypotheses made in the current study or to select an alternative technology.

Concentrate sedimentation and filtration tests will also be necessary. In addition, the concentrate produced will be used as feed for additional hydrometallurgical tests.

A detailed test work program will be required for the next phase of the Project. to determine the quantity of material required to produce sufficient concentrate and tailings to run the necessary tests and develop an information base.

e. Environment

Based on the results of the PEA, SOQUEM and Focus should begin some of the required environmental studies and start gathering data on the socio-economic context of the Project. In addition, the least invasive field work activities should be prioritized in the short term.

Suggested activities include:

- / Continue surface water sampling activities as well as taking flow measurements of certain rivers;
- / Start inventory activities of fauna and flora in the Project area;
- / Measure groundwater depth, sampling of groundwater as well as permeability tests in certain existing drill holes;
- / Start searching the literature for socio-economic data on the Project area;
- / Continue stakeholder consultation and engagement activities.

Finally, for the continuation of the activities, SOQUEM and Focus should renew their commitment as the leading players in the Project to facilitate contacts with stakeholder representatives and to maintain a bond of trust.

1.1.21.2 Hydrometallurgy Plant

a. Location of Hydrometallurgical Plant

During this Study, DRA/Met-Chem assumed that the hydromet plant would be located at Pointe-Noire near Sept-Îles. DRA/Met-Chem recommends evaluating alternative locations of the hydromet plant to make the best decision for the Project. Various factors, such as economic and social aspects, must be considered.

b. Hydrometallurgy

It is recommended that the following actions be included in the next steps of the hydrometallurgical studies:

- / Supplementary optimization work to increase rare earths recovery during the metathesis step and the post-metathesis leaching step;
- / Continue and improve calcium removal in the steps before metathesis to limit the competition of calcium for rare earths;
- / Evaluate the use of a reagent other than CaCO_3 , which increases the amount of contained calcium during neutralization;
- / Evaluate the use of a reagent other than MgO , which represents an additional cost during neutralization.

c. Hydromet Plant Tailings

The possibility of recovering sulphate from gypsum should be evaluated as this could potentially reduce the quantity of sulphuric acid needed.

d. Environment

Once the hydromet plant site has been determined, certain characterization studies and work activities will undoubtedly be required. Some of these could be started.

1.2 Résumé Français

1.2.1 INTRODUCTION

Met-Chem, une division de DRA Americas inc. (« **DRA/Met-Chem** ») a fourni des services d'ingénierie et d'intégration des divers aspects de cette étude d'Évaluation Économique Préliminaire (« **EEP** ») du projet Kwyjibo avec la participation de certains autres spécialistes. L'étude comprend une estimation des ressources, une mine souterraine, un concentrateur, les infrastructures reliées à l'opération minière, une usine hydrométallurgique (avec le support de SMH Process Innovation) et son infrastructure, les résidus de la mine et de l'usine hydrométallurgique, l'estimation des coûts d'investissement et d'opération (avec le support de SMH Process Innovation), une étude de marché (par Adamas Intelligence) et l'analyse économique.

Ce rapport technique (« **le Rapport** ») a été préparé par DRA/Met-Chem en conformité avec les termes standards de divulgation pour les projets miniers du Règlement 43-101 (NI 43-101) pour SOQUEM inc. (« **SOQUEM** »), une filiale de Ressources Québec et un chef de file dans l'exploration minière au Québec, et Focus Graphite inc. « **Focus** », une société canadienne privé listé à la bourse du TSX-Venture sous le sigle « **FMS** ».

1.2.2 DESCRIPTION ET EMLACEMENT DU TERRAIN

La propriété Kwyjibo (« **Propriété** ») est située à 125 km au nord-est de la ville de Sept-Îles, dans la région administrative de la Côte-Nord, Province de Québec (Figure 1.6). La Propriété est également localisée dans le territoire du Plan Nord dont le but est de mettre en valeur le potentiel minier, énergétique, social, culturel et touristique du territoire québécois situé au nord du 49e parallèle. La Propriété est formée de 116 claims désignés sur carte (« **CDC** ») contigus couvrant une superficie de 6 283,48 hectares (Figure 1.7).

Les indices minéralisés en éléments des terres rares (« **ETR** ») se trouvent dans le quadrant nord-est de la Propriété. L'indice Josette est situé proche du centre de la Propriété, vers l'intersection des coordonnées UTM, Zone 20, 341 000E et 5 658 000N (51,05°N et 65,27°W). La liste complète des claims se retrouve en Annexe A.

Les claims sont enregistrés au nom de SOQUEM inc., et de Focus Graphite inc., chacun détenant 50 % des droits miniers. Tous les claims de la Propriété sont actifs et valides jusqu'en décembre 2019. Un excédent de travaux statutaires de plus de 7,8 M \$ est rattaché à ces claims. Une redevance égale à 1,5 % du rendement net de fonderie (« **NSR** »), advenant une exploitation commerciale, est due à la Compagnie minière IOC inc. (« **IOC** »).

Figure 1.6 – Localisation de la propriété Kwjibo

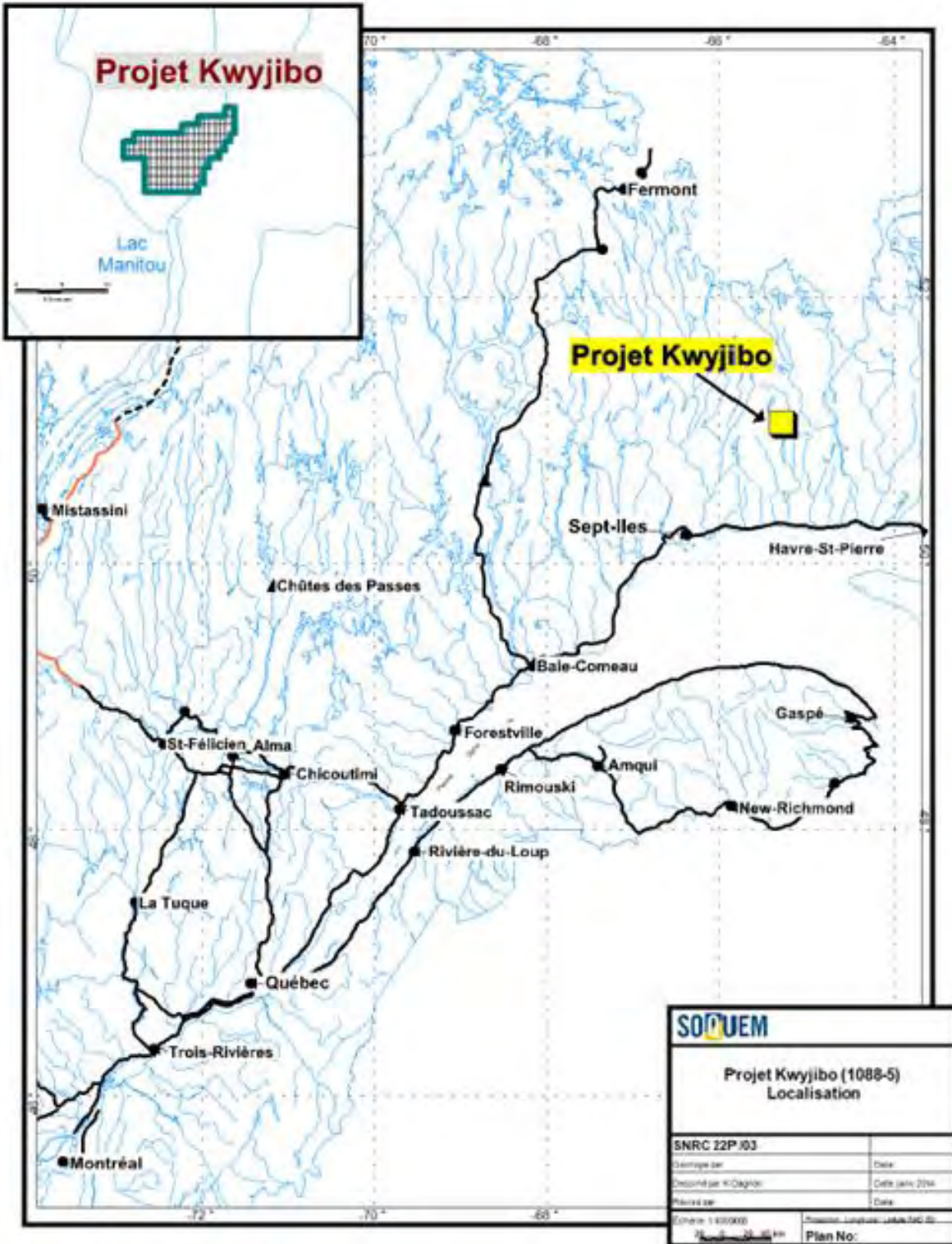
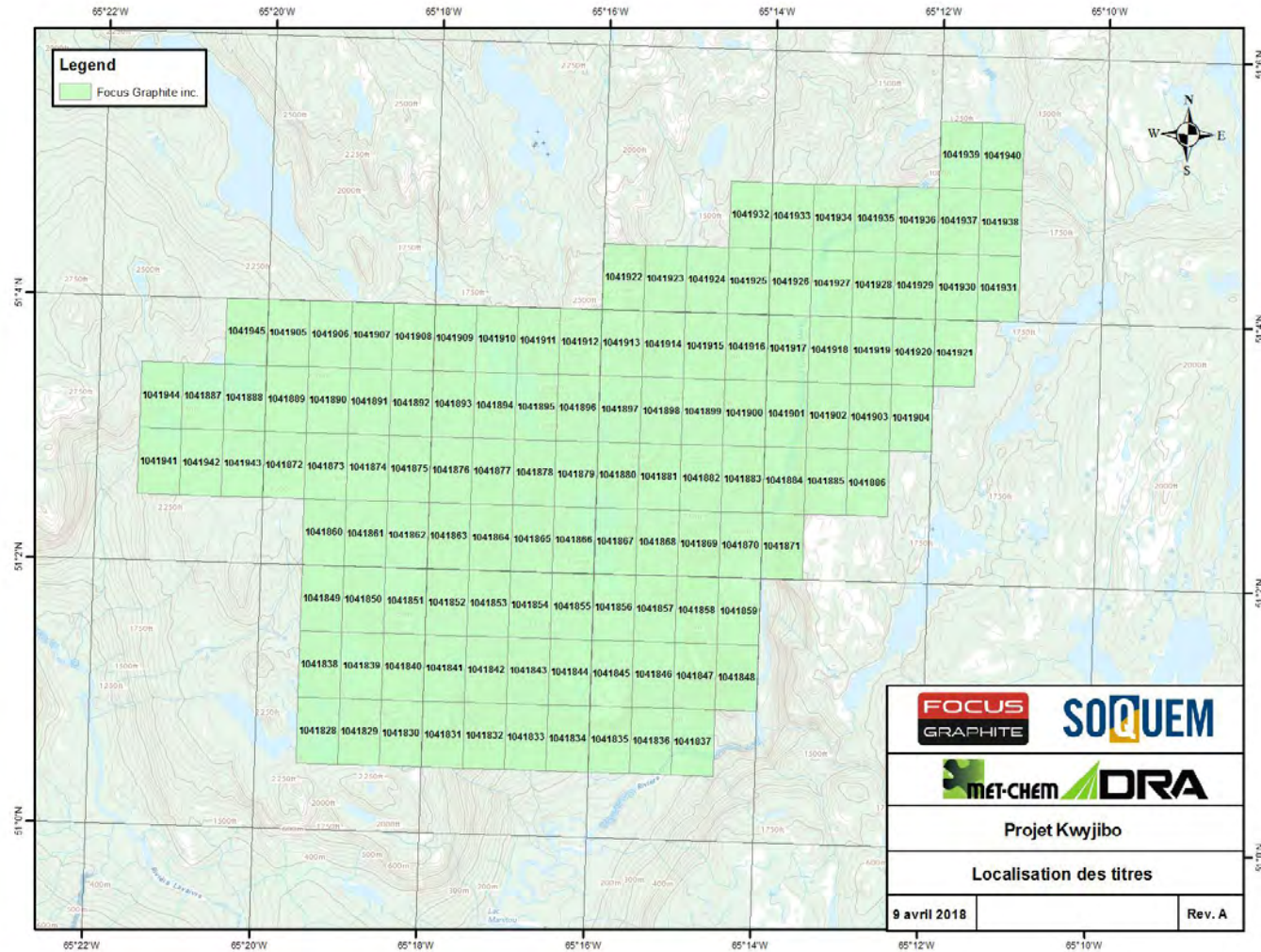


Figure 1.7 – Carte des claims de la propriété Kwjibbo



1.2.3 ACCESSIBILITÉ, CLIMAT, RESSOURCES LOCALES, INFRASTRUCTURE ET GÉOGRAPHIE PHYSIQUE

La Propriété Kwyjibo est localisée en milieu isolé et le seul moyen d'accès est l'hélicoptère ou l'hydravion, au départ de Sept-Îles. Les déplacements sur le terrain sont ardues en raison du fort relief topographique et de l'absence de routes.

La Propriété se trouve dans le Bouclier canadien, dans le massif du lac Magpie du plateau de la Basse-Côte-Nord. La région est caractérisée par plusieurs sommets et plateaux, dont certains dépassent les 800 mètres, entrecoupés de rivières qui s'écoulent dans des vallées encaissées. La Propriété est localisée sur le flanc sud d'un de ces plateaux. La région est recouverte de dépôts glaciaires, mais bon nombre d'affleurements sont visibles sur les hauteurs.

La Propriété est traversée à son extrémité est par la rivière Manitou et un de ses affluents passe au-dessus du dépôt Josette. Plusieurs lacs se retrouvent sur la Propriété et dans ses environs.

Aucune infrastructure n'existe sur la Propriété. La ville de Sept-Îles regroupe un aéroport important ainsi que des installations portuaires pouvant accueillir des minéraliers de fort tonnage. Des entrepreneurs expérimentés en exploitation minière sont présents à Sept-Îles, Port-Cartier et Baie-Comeau. Au besoin, du personnel minier qualifié pourrait aussi provenir de la région des mines de fer de Fermont.

Les lignes hydro-électriques partant de Churchill Falls, au Labrador, suivent le tracé de la voie ferrée de la Quebec North Shore and Labrador Railway (« **QNS&L** »), située à 25 km à l'ouest des claims. Elles ne peuvent toutefois pas alimenter la mine Kwyjibo.

1.2.4 HISTORIQUE

1.2.4.1 *Propriétaires antérieurs et changements de propriété*

SOQUEM est le détenteur original de la propriété Kwyjibo, dont les premiers claims furent jalonnés en 1993. Entre 1995 et 1996, SOQUEM et IOC, qui détenait un intérêt de 65 % sur les claims, accomplirent des travaux d'exploration à l'intérieur d'un secteur qui s'étendait à 100 km de part et d'autre de la voie ferrée de la QNS&L.

En fin 1997, Matamec Exploration inc. obtint le droit d'acquérir un intérêt de 50 % dans la Propriété en contrepartie d'investissements en exploration de 2 500 000 \$ mais se retira du projet en 1999. Sous une entente de coparticipation avec SOQUEM en 2001, Uranor inc. évalua le potentiel uranifère de Kwyjibo, mais se retira du projet en 2003.

En 2010, Focus Metals inc., devenu Focus Graphite inc. en 2012, conclut une entente avec SOQUEM dans le but d'acquérir une participation de 50 % dans la Propriété en effectuant des travaux totalisant 3 M \$ sur cinq (5) ans dont 1 M \$ à dépenser au cours des deux (2) premières années. En septembre 2012, Focus avait investi plus de 3 M \$ et le 50 % de la propriété lui fut octroyé. SOQUEM dirige les travaux d'exploration et Focus a la possibilité de devenir opérateur en versant 50 000 \$.

1.2.4.2 Travaux d'exploration historiques

Des campagnes de cartographie exécutées par le Ministère des Mines du Québec en 1955-1956 furent les premiers travaux d'exploration documentés dans la région de la Propriété dans les années 1960, de 1996 à 1999.

Le Ministère de l'Énergie et des Ressources Naturelles (« MERN ») a mené un levé régional d'échantillonnage de sédiments de lac en 1988 qui a mis en évidence des anomalies en Cu-Zn-ETR et en Cu-Ni-Co. Celles du secteur Kwijibo sont des anomalies en Cu-ETR. Ces travaux sont considérés comme ayant conduit à la découverte des indices en ETR de Kwijibo.

1.2.4.3 Ressources minérales et production historiques

La Propriété n'a été l'objet d'aucune estimation des ressources minérales avant ce jour et d'aucune production minérale.

1.2.5 CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET MINÉRALISATION

1.2.5.1 Géologie régionale

La Propriété Kwijibo est localisée dans la province géologique du Grenville et elle englobe certains des nombreux indices qui se retrouvent en bordure sud-est du complexe de Canatiche. Les ensembles géologiques suivants recouvrent les environs de la Propriété:

- Complexe de Canatiche qui contient des orthogneiss, des écailles de paragneiss, un granite à biotite ± hornblende et magnétite, un leucogranite, du métagabbro et des essaims de dykes de pegmatites. La limite sud du complexe de Canatiche est un contact de faille de chevauchement avec le complexe de Manitou.
- Complexe de Manitou qui se manifeste par une séquence supracrustale dans laquelle se retrouvent des granites, des gneiss quartzofeldspathiques, des gneiss, à pyroxène-hornblende et des amphibolites. Ce complexe forme une lanière d'un à deux (1 à 2) km de largeur à l'ouest de la Propriété. Le complexe renferme les dépôts riches en magnétite du secteur du Lac Marmont, au sud du lac Manitou.
- Suite Anorthositique de Havre-Saint-Pierre, présente à l'est et au sud, couvre le spectre anorthosite-leuconorite-norite-leucogabbro-mangérite, avec accessoirement du gabbro et de la troctolite. Les bordures du massif comportent des niveaux de pyroxénite localement minéralisés en Cu-Ni-(Co-ETR).
- Anorthosite de Tortue, localisée au SW du secteur Kwijibo, contient des lithologies similaires à la Suite Anorthositique de Havre-Saint-Pierre. Ce massif présente à sa bordure une unité leuconoritique caractérisée par la présence d'indices minéralisés en Cu-Ni-(Co-ETR-Au).
- Intrusions composites alcalines, de composition mafique à felsique.

Toutes ces unités sont recoupées par des granites syn- à post-tectoniques et des pegmatites. Les roches de la région de la Propriété ont été métamorphosées au faciès des amphibolites supérieur et, à part les entités tardives, sont foliées à divers degrés et ont subi un transport tectonique vers le N-NO.

1.2.5.2 Géologie locale

La Propriété chevauche le complexe Manitou, au sud, et le complexe de Canatiche, au nord. Le leucogranite de Canatiche est l'hôte de dépôts et d'indices d'oxyde de fer d'âge mésoprotérozoïque, avec des teneurs importantes en Cu-ETR-P-F-Mo-U-Au, dont fait partie l'horizon Josette. Des plissements et boudinages ont affecté les magnétites et les brèches qui y sont associées.

1.2.5.3 Minéralisation

Le secteur Kwyjibo est l'hôte d'une dizaine d'indices polymétalliques et de dépôts connus qui s'étendent sur une distance de quatre (4) km. La minéralisation de Kwyjibo, identifiée dès le début des travaux comme étant de type oxydes de fer-Cu-Au (*iron oxide-copper-gold* ou « **IOCG** »), est présentement considérée comme la meilleure cible d'exploration d'IOCG au Québec.

La minéralisation d'oxyde de fer de l'horizon Josette contient des teneurs importantes en Cu-ETR-P-F-Mo-U et peu d'or. En plus de l'horizon Josette, les principaux indices connus, soit Malachite, Fluorite, Andradite, Grabuge, Lingis et Gabriel, s'étendent sur une distance de 1,2 km sur la Propriété. Hormis l'horizon Josette, qui est l'objet de cette étude, la plupart de ces zones contiennent de basses teneurs en cuivre et ETR.

L'évènement minéralisateur qui est à l'origine de la formation de fer hydrothermale est relié à l'orogénèse de Grenville, mais la plus grande partie des ETR et des sulfures de Fe-Cu ont été remobilisés et déposés au cours des phases plus tardives. Les zones minéralisées de Kwyjibo affichent une histoire d'altération complexe résultant de l'effet combiné des fluides hydrothermaux et météoriques et d'un contrôle structural prononcé.

La minéralisation dans l'horizon Josette se retrouve dans trois (3) zones:

- La Brèche supérieure qui est composée de veines de magnétite avec des quantités variables de veinules de fluorine, localement des veines d'hématite spéculaire et de lits riches en muscovite. L'épaisseur de la Brèche supérieure varie d'un à dix mètres (1 à 10 m) et contient de très faibles teneurs en ETR.
- La zone centrale à magnétite est une formation de fer hydrothermale qui contient des teneurs élevées en ETR, ainsi que du Cu, P et F. La magnétite est hétérogène, bréchifiée et contient des lentilles de magnétite massive, de l'apatite disséminée, de la hornblende, du quartz et de la chalcopyrite. La magnétite est bréchifiée par des stockwerks de veines métasomatiques de magnétite secondaire et de veines d'apatite-britholite-allanite±kainosite, accompagnées d'andradite, hornblende, titanite et, localement, de clinopyroxène, scapolite, plagioclase, sidérite, calcite et quartz. La plus grande partie des ETR se trouve dans l'apatite,

la britholite, l'allanite et la kainosite des veines de minéraux calcosilicatés, alors que la magnétite massive renferme des teneurs plus faibles. Des veines tardives de pyrite, pyrrhotite et de chalcopryrite recoupent la magnétite bréchifiée. L'épaisseur de cette zone varie d'un mètre (1 m) à plus de 40 m, résultat de boudinage et d'amincissement dans les flancs des plis.

- La zone de Brèche inférieure consiste en veines lenticulaires de magnétite. L'épaisseur de cette zone varie d'un mètre (1 m) à plus de 40 m. Ces roches sont recoupées ou remplacées par des stockwerks et veines de minéraux calcosilicatés, qui contiennent ou non de la magnétite. Ces veines chevauchent la limite entre la magnétite et le leucogranite. L'importance et le nombre de ces veines décroissent à mesure qu'on s'éloigne de la magnétite.

Les zones minéralisées sont recoupées par des intrusions de roches mafiques déformées et métamorphisées au faciès des amphibolites et sont traversées par des dykes de granite et pegmatite tardi-grenvilliens.

1.2.6 TYPES DE GÎTES MINÉRAUX

Les gîtes de type IOCG se définissent par la présence d'importantes quantités de fer sous forme de magnétite-hématite faiblement titanifère, ainsi que par des teneurs anormalement élevées en Cu, Au, ETR, P, U, Ag ou Co. Les dépôts de ce type sont généralement régis par des contraintes structurales ou stratigraphiques et sont en association spatiale et temporelle avec des phénomènes de métasomatisme Na-Ca-K intense.

L'activité magmatique-hydrothermale communément reliée à des intrusions à l'échelle continentale de composition granitique est à l'origine de ces dépôts. Ce type de minéralisation est localisé dans des milieux tardi- ou post-orogéniques, en extension, intra-cratoniques, intra-arcs ou arrière-arcs, à faible ou moyenne profondeur de la croûte, quoique les dépôts d'association métamorphique semblent être reliés à des contraintes de compression.

Dès le début des années 1990, SOQUEM a réalisé que la minéralisation dans le secteur Kwjibo de la Propriété partage de nombreuses similitudes avec le type IOCG. C'est ce modèle de minéralisation qui a guidé les travaux de prospection et d'exploration.

1.2.7 EXPLORATION

À la suite de la découverte des anomalies en Cu-Zn-ETR par le MERN en 1988, SOQUEM a entrepris en 1993 un levé de sédiments de lac détaillé suivi d'un levé de magnétométrie (« **MAG** »), électro-magnétique (« **EM** ») hélicoptère et d'une campagne de prospection. Ces travaux ont conduit à la découverte d'indices de cuivre et de cuivre-terres rares à une dizaine de kilomètres au nord du lac Manitou. La minéralisation du secteur de Kwjibo fut découverte par des travaux de suivi comprenant de nouveaux levés de MAG et EM hélicoptères, de MAG et radiométrie

au sol, de polarisation provoquée, de géochimie de sols, de roches, de sédiments de fond de lac et de sédiments de ruisseaux.

En 1988, des levés EM en forage, de la géochimie de sols et des essais de traitement de minerai furent accomplis lors du partenariat avec Matamec Explorations inc. En 1999-2001, SOQUEM fit exécuter des études minéralogiques, lithogéochimiques et des tests métallurgiques préliminaires. En 2000-2003, SOQUEM, avec Uranor inc., exécuta un levé radiométrique. Ensuite, jusqu'en 2009, SOQUEM organisa un levé EM hélicoptéré ainsi qu'une étude sur le potentiel en ETR.

Depuis 2010, SOQUEM et Focus ont rééchantillonné et réanalysé les zones minéralisées importantes des sondages de 1994 à 1998 sur les grilles Josette et Fluorine. Des travaux de prospection au marteau et au tapis MAG & EM (*Beep Mat*), un levé Transient Domain EM (« **TDEM** ») de surface, une étude environnementale sur la qualité des eaux de surface, l'imagerie hyperspectrale sur la carotte de 2011 et des essais métallurgiques ont aussi été exécutés. Du rainurage et des analyses de lithogéochimie ont été réalisés sur les indices Gabriel, Grabuge et Andradite. Le standard Josette a été certifié et la performance des laboratoires ALS et Actlabs (Ancaster, Ontario) sur les analyses de 2011 à 2013 a été évaluée par un laboratoire tiers (Accurassay de Thunder Bay, Ontario).

1.2.8 FORAGE SUR LES CIBLES ETR DU SECTEUR KWYJIBO

Tout le forage sur la Propriété a été exécuté par SOQUEM et toute la carotte est disponible. Le forage visant la minéralisation en ETR a débuté en 1994 et la dernière campagne date de 2013. La carotte des sondages d'exploration de 1994-1998 est de diamètre BQ et de taille NQ pour les campagnes plus récentes. En plus des sondages énumérés dans le Tableau 1.1, 14 sondages ont produit 2 018 m de carotte de diamètre HQ (63.5 mm) utilisée pour des essais métallurgiques.

Tableau 1.1 – Historique de forage

Date	Nombre de sondages	Métrage (m)
1994	16	1 593
1995	18	2 353
1998	6	1 582
2011	12	2 604
2012	31	4 255
2013	42	8 506
Total	125	20 893

Tous les sondages de 2011 à 2013 furent orientés et arpentés à l'aide de récepteurs GPS de haute précision et la déviation a été mesurée. La grande majorité des sondages a recoupé l'horizon Josette perpendiculairement ou à fort angle. Depuis 1994, la description de carotte a été

faite en utilisant les codes du MERN et la même méthode d'échantillonnage a été appliquée à chacune des campagnes de forage.

1.2.9 PRÉPARATION, ANALYSE ET SÉCURITÉ DES ÉCHANTILLONS

Des quarts de carotte des zones minéralisées de 1994-1998 ont été réanalysés en 2010-2011, alors que les échantillons de 2011 à 2013 consistaient en moitiés de carotte.

Les échantillons des campagnes de forage de 2011 et 2012 étaient acheminés au laboratoire d'ALS Minerals et ceux de 2013 ont été analysés par Actlabs. Les terres rares et les éléments traces ont été analysés par ICP-MS à la suite d'une fusion au borate de lithium de l'échantillon et une dissolution à l'acide. Les éléments majeurs ont été analysés par ICP-AES, après fusion, suivie d'une digestion à l'acide. Les éléments volatils ont été analysés par la méthode de digestion à l'eau régale avec une finition par ICP-MS dans la zone minéralisée de la magnétite. Les métaux usuels et l'argent ont été analysés par ICP-AES suivant une digestion à quatre (4) acides. L'or a été déterminé par pyroanalyse sur des prises de 30 g avec un finissage par AAS. Le soufre et le carbone ont été analysés par four Leco, alors que le fluor était analysé par électrode à membrane sélective après fusion de l'échantillon et lessivage à l'acide. La perte au feu était mesurée par four à combustion à 1 000° C.

La densité a été mesurée par la méthode d'immersion sur un très grand nombre d'échantillons de carotte, en laboratoire et par SOQUEM.

SOQUEM a inséré des doubles (demi-carotte), des blancs et un standard certifié (Josette) de Projet dans tous les envois au laboratoire afin de servir de contrôle de la qualité des analyses. Pour pallier l'utilisation d'un standard unique, des standards commerciaux avec différentes teneurs ont été introduits entre les échantillons du programme de comparaison entre les résultats d'ALS et d'Actlabs par le laboratoire tiers Accurassay. Cette étude a montré que l'analyse par ICP-MS précédée d'une fusion au borate de lithium s'est avérée comme étant la meilleure méthode pour les ETR, et que les résultats des réanalyses par ICP-MS se corrèlent bien avec les résultats originaux d'ALS et d'Actlabs pour les ETR, malgré un certain bruit, mais sans biais important. Les résultats d'analyses des différents standards oscillent à l'intérieur des niveaux de confiance des teneurs certifiées, sans biais important, et sont donc acceptables, même si une certaine variabilité attribuée à la difficulté d'obtenir un bilan de masse fiable a été observée.

1.2.10 VÉRIFICATION DES DONNÉES PAR DRA/MET-CHEM

Une visite du terrain de Personnes Qualifiées (« **PQ** ») de DRA/Met-Chem a été effectuée le 22 août 2017 et des échantillons ont été choisis pour des analyses de contrôle indépendant.

Les résultats des analyses du standard Josette sont acceptables, malgré la difficulté à obtenir un bilan de masse proche de 100 %, comme l'avait déjà observé Accurassay. Les doubles reproduisent de manière satisfaisante les analyses originales, sans toutefois le faire de manière particulièrement remarquable. Cependant, une bonne correspondance existe entre les moyennes

des originaux et des doubles, dans les échantillons de SOQUEM, de la PQ, des travaux de validation faits par Accurassay et les résultats d'analyses des échantillons métallurgiques.

Les résultats d'analyses des échantillons indépendants de la PQ de DRA/Met-Chem ont généralement confirmé les résultats des échantillons de contrôle de SOQUEM et les conclusions du travail de validation d'Accurassay.

DRA/Met-Chem conclut, tout comme Accurassay, que cette faible variabilité et l'absence de biais systématique ne compromettent pas l'utilisation des résultats dans le calcul des ressources.

1.2.11 ESSAIS DE TRAITEMENT DES MINERAIS ET ESSAIS MÉTALLURGIQUES

1.2.11.1 Essais de traitement des minerais

En 2013 et 2014, deux (2) projets d'essais métallurgiques ont été effectués par COREM afin caractériser des échantillons de la propriété Kwijibo. Le premier projet a exploré les différentes options de concentration des éléments présents dans le gisement avec la séparation magnétique et la flottation. Le deuxième projet a évalué quatre échantillons provenant de l'horizon Josette de la propriété Kwijibo. Les essais effectués comprenaient : la broyabilité, la séparation magnétique, la flottation des phosphates et des silicates, une étude minéralogique et une étude préliminaire sur la lixiviation des concentrés de terres rares.

Les résultats de broyabilité ont donné des indices de 4,72 et 10,9 kWh/t pour les indices de Bond pour broyeur à barres et broyeur à boulets respectivement. L'indice d'abrasion de Bond est très faible à 0.0316 g.

Les essais de séparation magnétique de COREM et Hazen ont permis d'optimiser la performance de séparation. Les résultats de Hazen pour identifier la maille de broyage préférentielle sont présentés au Tableau 1.2.

Tableau 1.2 – Résumé des résultats des essais de séparation magnétique par Tube Davis chez Hazen

Granulométrie, P ₈₀ (µm)	Produit	Récupération (%)		
		Poids	Fe	La-Lu +Y
87	Magnétique	60,9	89,9	8,1
	Non-mag.	39,1	10,1	91,9
48	Magnétique	60,7	88,6	4,1
	Non-mag.	39,3	11,4	95,9
32	Magnétique	58,4	88,0	2,9
	Non-mag.	41,6	12,0	97,1

Source: Hazen Research Inc. (2017) Projet 12322

Des essais de flottation ont également été réalisés, mais le concentrateur ne l'utilise pas car les ressources de magnétite de la zone Josette nord-est n'en a pas besoin.

1.2.11.2 Essais métallurgiques

Deux (2) programmes d'études ont été effectués chez Hazen Research (projets 12182 et 12322). Le premier, chevauchant 2015 et 2016, avait pour but d'évaluer la lixiviation par l'acide. Cette étude a déterminé le type approprié d'acide ainsi que l'efficacité d'extraction possible pour la lixiviation des concentrés de flottation en variant le type d'acide, la concentration, et la température.

Le deuxième programme, chevauchant 2016 et 2017, avait pour but de développer un procédé complet pour l'extraction des terres rares. Ce projet se concentrait sur le traitement du minerai provenant de la zone magnétite massive de Josette Nord-est (MM1) avec une lixiviation directe après la séparation magnétique.

Les récupérations des terres rares dans chacun des secteurs sont résumées au Tableau 1.3.

Tableau 1.3 – Récupération des terres rares par secteur

Unité d'opération	ETRT + Y (%)	Terres rares lourdes (%)
Lixiviation	98	96
Neutralisation	>99	>99
Re lixiviation	*98	*98
Re neutralisation	99	>99
Métathèse	>99	>99
Lixiviation Finale	82	81
Extraction par Solvant	>99	>99
Récupération Cumulative	**77,97	**80,4

* Hypothèse d'expert et calcul en fonction des essais initiaux effectués par HAZEN Research. Extraction optimisée après une deuxième étape de lixiviation. Autres tests requis pour confirmer l'extraction optimale après une deuxième étape de lixiviation.

** Représente la récupération cumulative d'ETRT + Y et Terres rares lourdes dans le concentré non magnétique

Les réactifs requis dans l'usine hydrométallurgique sont résumé au Tableau 1.4.

Tableau 1.4 – Consommation de réactifs de l’usine hydrométallurgique

Unité d’opération	Réactif, kg/t concentré			
	HCl	CaCO ₃	MgO	50 % NaOH
Lixiviation	504	s.o.	s.o.	s.o.
Neutralisation	s.o.	322	20	s.o.
Re lixiviation	42	s.o.	s.o.	s.o.
Re neutralisation	s.o.	s.o.	267	s.o.
Métathèse	s.o.	s.o.	s.o.	30
Lixiviation Finale	33	s.o.	s.o.	s.o.
Extraction par Solvant	s.o.	s.o.	s.o.	59
s.o. = sans-objet				

1.2.12 ESTIMATIONS DES RESSOURCES MINÉRALES

DRA/Met-Chem a reçu le mandat de SOQUEM de réaliser la première estimation de ressources minérales du projet Kwijibo. La base de données utilisée comprend 109 forages carottiers réalisés entre 1994 et 2013 répartis sur l’étendue de l’horizon Josette. De ces 109 trous, 96 ont consisté en du forage au diamant (calibres NQ et HQ) pour un total de 16 938,5 m linéaires forés en 2011, 2012 et 2013. Les treize (13) autres trous ont été forés sur le diamètre BQ pour un total de 2097,2 m. De cette base de données les trous provenant de la campagne de forage de 2011 totalisent un métrage 2 159 m, tandis que ceux provenant de la campagne de forage de 2012 totalisent un métrage de 4 255 m. Les trous provenant de la campagne de forage de 2013 totalisent un métrage de 10 524,5 m, incluant les sondages forés sur le diamètre HQ pour les essais métallurgiques.

La base de données contient des résultats analytiques de 15 éléments constitutifs de la série des terres rares ainsi que le cuivre, le P₂O₅, le CaO, le MgO, le fluor ainsi que le fer. Tous ces éléments ont été interpolés dans le modèle de blocs résultant. Une régression a été établie entre le fer la densité et utilisée pour la conversion des volumes des blocs en tonnage dépendamment de la teneur en fer interpolée dans chaque bloc. L’histogramme des longueurs d’échantillonnage sur le projet tout au cours des différentes campagnes de forages réalisées montre que 55 % des échantillons avaient une longueur échantillonnée de 1 m, tandis que 34 % avaient une longueur d’échantillonnage de 1,5 m.

La première étape dans le processus d’estimation des ressources minérales du projet Kwijibo a consisté au développement d’un modèle 3D de la minéralisation en générant d’abord des sections 2D utilisant l’approche de l’interprétation en section. Cette approche permet de numériser premièrement des polygones, en respectant les contacts lithologiques, sur des sections correspondant à des découpages verticaux du domaine géologique encaissant la minéralisation. Les polygones 2D numérisés sont ensuite joints ensemble, section après section, pour résulter en un volume en 3 dimensions.

Il a été décidé de normaliser la longueur d'échantillonnage en créant des composites de 1,5 m qui seront utilisés pour l'interpolation des ressources minérales. Des blocs de 10 m × 10 m × 5 m, respectivement dans la direction X, Y et Z, ont été utilisés pour discrétiser le domaine d'intérêt du projet en dimensions égales. Ce choix est à la fois guidé par la notion d'unité sélective d'exploitation (« **Selective Mining Unit** »), par l'espacement moyen de trous de forages qui constituent la source d'information pour l'estimation, et également par la taille projetée des équipements qui seront utilisés durant l'exploitation minière. Une analyse variographique a été effectuée afin de déterminer les paramètres géostatistiques de la minéralisation et ultimement pour guider à un choix approprié des paramètres d'estimation des ressources minérales.

L'interpolation des ressources a été faite en utilisant la méthode de l'inverse de la distance à la puissance de 2. Suivant cette approche chaque bloc est interpolé en utilisant des composites dont le poids est pondéré en fonction de la distance les séparant du centroïde du bloc.

Suivant les standards de l'ICM une ressource minérale doit démontrer un prospect raisonnable pour une extraction économique. Toutefois, le gisement de Kwijibo se situe en profondeur et la seule exploitation envisageable est celle d'une mine souterraine. De ce fait, il n'apparaissait pas nécessaire de limiter les blocs estimés par une quelconque fosse économique.

L'estimation de ressources minérales a été effectuée par Schadrac Ibrango, géo., Ph.D, MBA, Chef géologie et hydrogéologie chez DRA/Met-Chem, ou par des tierces sous sa supervision directe. La classification des ressources estimées respecte la définition de l'ICM pour la classification de ressources mesurées, indiquées et présumées. Les critères utilisés par la personne qualifiée dans cette démarche reposent sur la confiance et la continuité de la géologie et des teneurs. Les standards de définition de l'ICM pour la classification des ressources sont fournis dans le chapitre 14.2.

Un résumé des ressources estimées, par zones d'intérêt de l'indice Josette, est présenté au Tableau 1.5. La date effective de l'estimation des ressources minérales est le 17 novembre 2017, laquelle correspond à la réception de la dernière version de la base de données de SOQUEM.

Tableau 1.5 – Estimation des ressources de la Zone Josette

RESOURCES	Tonnes *1 000	TOTAL	OTR par élément														OTRT légères ou lourdes		Types de produits						
			OTRT (%)	La ₂ O ₃ (%)	Ce ₂ O ₃ (%)	Pr ₂ O ₃ (%)	Nd ₂ O ₃ (%)	Sm ₂ O ₃ (%)	Eu ₂ O ₃ (%)	Gd ₂ O ₃ (%)	Tb ₂ O ₃ (%)	Dy ₂ O ₃ (%)	Ho ₂ O ₃ (%)	Er ₂ O ₃ (%)	Tm ₂ O ₃ (%)	Yb ₂ O ₃ (%)	Lu ₂ O ₃ (%)	Y ₂ O ₃ (%)	OTR légères (%)	OTR lourdes (%)	Nd ₂ O ₃ + Pr ₂ O ₃ (%)	Dy ₂ O ₃ (%)	Other REO + Y ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	P ₂ O ₅ (%)
Zone Josette Nord-est																									
Mesurées	1 634	3,34	0,44	1,02	0,13	0,55	0,11	0,01	0,11	0,02	0,11	0,02	0,06	0,01	0,04	0,00	0,70	2,25	1,09	0,68	0,11	2,55	54,69	4,73	
Indiquées	2 340	3,49	0,45	1,06	0,14	0,57	0,12	0,01	0,12	0,02	0,12	0,02	0,07	0,01	0,04	0,00	0,74	2,34	1,15	0,71	0,12	2,66	52,54	5,34	
M + I	3 974	3,43	0,45	1,04	0,13	0,56	0,12	0,01	0,12	0,02	0,11	0,02	0,06	0,01	0,04	0,00	0,72	2,3	1,12	0,69	0,11	2,62	53,42	5,09	
Présumées	1 116	4,04	0,54	1,24	0,16	0,66	0,14	0,01	0,14	0,02	0,13	0,03	0,08	0,01	0,05	0,00	0,83	2,73	1,31	0,81	0,13	3,09	49,81	5,96	
Zone Josette Sud-ouest																									
Mesurées	775	1,8	0,23	0,55	0,07	0,29	0,06	0,01	0,06	0,01	0,06	0,01	0,03	0,00	0,02	0,00	0,38	1,21	0,59	0,36	0,06	1,38	54,14	3,8	
Indiquées	2 167	1,74	0,23	0,54	0,07	0,28	0,06	0,01	0,06	0,01	0,06	0,01	0,03	0,00	0,02	0,00	0,37	1,17	0,57	0,35	0,06	1,34	52,2	3,47	
M + I	2 942	1,76	0,23	0,54	0,07	0,28	0,06	0,01	0,06	0,01	0,06	0,01	0,03	0,00	0,02	0,00	0,37	1,18	0,57	0,35	0,06	1,35	52,71	3,56	
Présumées	209	1,51	0,20	0,47	0,06	0,24	0,05	0,01	0,05	0,01	0,05	0,01	0,03	0,00	0,02	0,00	0,32	1,02	0,49	0,3	0,05	1,16	40,14	3,83	
Zones combinées																									
Mesurées	2 409	2,84	0,37	0,87	0,11	0,46	0,10	0,01	0,10	0,02	0,09	0,02	0,05	0,01	0,03	0,00	0,59	1,92	0,93	0,58	0,09	2,18	54,51	4,43	
Indiquées	4 507	2,65	0,35	0,81	0,10	0,43	0,09	0,01	0,09	0,01	0,09	0,02	0,05	0,01	0,03	0,00	0,56	1,78	0,87	0,53	0,09	2,03	52,38	4,44	
M + I	6 916	2,72	0,35	0,83	0,11	0,44	0,09	0,01	0,09	0,02	0,09	0,02	0,05	0,01	0,03	0,00	0,57	1,83	0,89	0,55	0,09	2,08	53,12	4,44	
Présumées	1 325	3,64	0,49	1,11	0,14	0,59	0,13	0,01	0,12	0,02	0,12	0,02	0,07	0,01	0,04	0,00	0,75	2,46	1,18	0,73	0,12	2,78	48,28	5,62	
Mise en garde et autres informations pertinentes :																									
1. La viabilité économique de ressources minérales qui ne sont pas des réserves minérales n'a pas été démontrée. L'estimation des ressources minérales pourrait être sérieusement affectée par des enjeux environnementaux, liés aux permis, juridiques, liés aux titres, fiscaux, sociopolitiques, liés à la commercialisation ou d'autres enjeux pertinents.																									
2. Les ressources minérales ont été estimées en utilisant les normes de l'Institut canadien des mines, de la métallurgie et du pétrole (ICM) sur les définitions des ressources et des réserves minérales préparées par le comité permanent de l'ICM sur les définitions des réserves et adoptées par le conseil de l'ICM le 10 mai 2014.																									
3. Les ressources minérales présumées comprises dans cette estimation ont un niveau de confiance inférieur à celui qui s'applique aux ressources minérales indiquées et ne doivent pas être converties en réserves minérales. Il est raisonnable de s'attendre à ce que la majorité des ressources minérales présumées puissent être converties en ressources minérales indiquées suivant des travaux d'exploration plus poussés.																									
4. OTRT = La ₂ O ₃ + Ce ₂ O ₃ + Pr ₂ O ₃ + Nd ₂ O ₃ + Sm ₂ O ₃ + Eu ₂ O ₃ + Gd ₂ O ₃ + Tb ₂ O ₃ + Dy ₂ O ₃ + Ho ₂ O ₃ + Er ₂ O ₃ + Tm ₂ O ₃ + Yb ₂ O ₃ + Lu ₂ O ₃ + Y ₂ O ₃																									
5. OTR légères = La ₂ O ₃ + Ce ₂ O ₃ + Pr ₂ O ₃ + Nd ₂ O ₃ + Sm ₂ O ₃ (tel qu'employé par Hazen Research Inc.)																									
6. OTR lourdes = Eu ₂ O ₃ + Gd ₂ O ₃ + Tb ₂ O ₃ + Dy ₂ O ₃ + Ho ₂ O ₃ + Er ₂ O ₃ + Tm ₂ O ₃ + Yb ₂ O ₃ + Lu ₂ O ₃ + Y ₂ O ₃ (tel qu'employé par Hazen Research Inc.)																									
7. La date d'effet de l'estimation des ressources est le 17 novembre 2017																									

1.2.13 MÉTHODES D'EXPLOITATION

Le dépôt minéralisé de l'Horizon Josette sera exploité par méthodes d'exploitation souterraines mécanisées. La mine souterraine sera accédée par un portail à la surface, près du concentrateur, relié à une rampe jusqu'au dépôt. Les méthodes de minage long trous longitudinaux et transversaux seront utilisées. Le minerai sera soutiré des chantiers par chargeuses navettes et transporté au concentrateur par camions souterrains via la rampe. Le développement initial sera exécuté par contracteur et la production commerciale par le propriétaire. Le taux de production annuelle de minerai pour produire 10 000 t tonnes d'OTRT est estimée en moyenne à 387 000 tonnes par an. L'Horizon Josette sera exploité à ce taux de production pour une durée de 10 ans avec une teneur moyenne de 3,29 % OTRT. Tous les résidus générés par le concentrateur seront retournés sous terre pour les besoins de remblayage des chantiers et permettre l'extraction d'un maximum de ressources minéralisées. Durant la vie de la mine, l'opération souterraine, incluant la supervision, l'ingénierie, l'opération et l'entretien aura besoin d'en moyenne 142 employés pour opérer 20 heures par jour, 5 jours semaine, 52 semaines par année.

1.2.14 MÉTHODES DE RÉCUPÉRATION

1.2.14.1 Concentrateur

L'usine de traitement de minerai est composée du système de concassage et du concentrateur où se retrouvent le broyage, la séparation magnétique, l'épaississement et la filtration. Le but du concentrateur est de faire une séparation entre un concentré de terres rares et les rejets magnétiques. Les deux produits seront épaissis et filtrés.

Le concentrateur va produire un concentré qui va être transporté à l'usine hydrométallurgique par camion. Les résidus vont être retournés dans la mine souterraine sous forme de remblai en pâte.

La capacité de l'usine est basée sur une production de 10 000 tonnes par année d'oxydes de terres rares (« OTRT »). La récupération poids moyenne du concentrateur est de 45 % avec une récupération de 95,5 % de terres rares. Ces valeurs sont basées sur les résultats applicables des essais métallurgiques réalisés à ce jour. Le système de concassage est conçu pour opérer avec 65 % de disponibilité et le concentrateur avec 90 %. Le concentrateur va usiner 387 000 tonnes de minerai par an.

L'usine de traitement de minerai va comprendre les secteurs principaux suivants :

- La zone de concassage et stockage du minerai avec un silo et des alimentateurs vibrant afin d'alimenter le concentrateur;
- Le concentrateur comprenant le broyage, la séparation magnétique et l'épaississement du concentré et les résidus;
- La zone de filtration du concentré (et résidus) avec aire de chargement des camions;
- La zone de remblais en pâte.

Les services requis pour opérer efficacement l'usine sont également prévus soit les systèmes d'alimentation en eau fraîche, de procédé, de joint d'étanchéité et de protection d'incendie. Il y aura également les systèmes d'air comprimés pour les filtres et les autres utilisateurs.

1.2.14.2 Usine hydrométallurgique

Les programmes d'essais ont permis la conception préliminaire du procédé de récupération des terres rares. L'usine d'hydrométallurgie est conçue pour produire 10 000 tonnes par année d'oxydes de terres rares avec une disponibilité de 90 %. Elle comporte sept (7) secteurs qui ont pour but de séparer la gangue et les impuretés des terres rares. Le procédé hydrométallurgique débute avec la lixiviation au HCl suivi de la réduction des ions Ferriques en Ferreux. Vient ensuite la précipitation des terres rares en phosphates par la neutralisation de la liqueur mère suivie d'une deuxième étape de lixiviation et de neutralisation. Les étapes suivantes sont la métathèse et une dernière étape de lixiviation avant l'extraction par solvant.

Les chlorures générés par l'usine hydrométallurgique sont recyclés à l'usine de régénération d'acide chlorhydrique ou ils sont transformés en sulfates tout en générant l'acide chlorhydrique qui sera recirculé à l'usine hydrométallurgique. Les sulfates seront par la suite calcinés, générant le gaz soufré qui servira à régénérer l'acide sulfurique.

1.2.15 INFRASTRUCTURES DU PROJET

Les infrastructures se divisent en deux (2) zones soit la **zone de la mine** et la **zone hydrométallurgique**.

La zone de la mine comprend la centrale électrique de 5.0 MW, la route d'accès principale et les voies d'accès au chantier, les travaux généraux du site, la distribution électrique et la communication, la protection incendie, l'eau fraîche, l'eau potable et le système de traitement des eaux usées, les bâtiments auxiliaires, l'entreposage de carburant ainsi que les installations de gestion des résidus et de l'eau du site. Un camp est prévu pour l'opération minière et les activités de construction.

La zone hydrométallurgique sera localisée hors du site de la mine. Elle comprend le prolongement de la route d'accès principale et les voies d'accès au site industriel; les travaux généraux du site; la sous-station électrique; la distribution et la communication; la protection incendie; l'eau fraîche; l'eau potable et le système de traitement des eaux usées; les bâtiments auxiliaires; ainsi que les installations de gestion des résidus et de l'eau du site.

1.2.16 ÉTUDES DE MARCHÉ ET CONTRATS

La demande mondiale pour certains éléments de terres rares est appelée à croître fortement au cours des prochaines années avec très peu ou pas de nouvelle production pour compenser. En effet, comme la Chine, le plus important producteur de terres rares de la planète, continue de sévir par rapport à la production illégale de terres rares dans le pays, Adamas Intelligence prévoit que la production mondiale de certains éléments de terres rares pourrait en fait diminuer.

Au cours des dix prochaines années, Adamas Intelligence est d'avis que l'évolution de l'offre – un des principes fondamentaux de la demande pour le marché des terres rares – entraînera des opportunités de développer plusieurs nouvelles mines de terres rares en dehors de la Chine, dans la mesure où ces nouvelles mines sont économiquement viables et que leur production est majoritairement constituée des éléments de terres rares dont le marché a le plus besoin.

SOQUEM a retenu les services d'Adamas Intelligence pour lui fournir un aperçu historique du marché mondial des terres rares de 2010 à 2017 et prévoir l'offre mondiale, la demande et les prix de 2018 jusqu'en 2025 afin de déterminer si son projet de terres rares Kwijibo, peut répondre aux besoins du marché évolutif.

De 2012 à 2017, Adamas estime que la production mondiale annuelle d'OTRT a diminué à un Taux de Croissance Annuel Composé (« TCAC ») de -1,3 % alors que la consommation mondiale annuelle d'OTRT a augmenté à un TCAC de 3,0 %, menant à une hausse des risques en matière d'offre pour les utilisateurs finaux d'éléments de terres rares « critiques » en forte demande, tels le néodyme, le praséodyme, le dysprosium et le terbium.

Même si la production s'accroît en Chine et en Australie, et malgré l'ajout de 20 000 tonnes issues d'une nouvelle capacité de production en OTRT ailleurs sur la planète, Adamas prévoit que le marché mondial sera continuellement en sous-production pour le néodyme, le praséodyme, le lanthane, le dysprosium et certains autres oxydes de terres rares de 2018 à 2025, donnant lieu à l'épuisement des stocks accumulés antérieurement et, ultimement, à une pénurie de ces matériaux si la production n'augmente pas davantage.

Le projet de terres rares de Kwijibo produira 10 000 tonnes d'OTRT par an. Approximativement 80 % de la production annuelle d'OTRT de Kwijibo sera constituée d'oxyde de lanthane, d'oxyde de cérium, d'oxyde de néodyme et d'oxyde d'yttrium. Néanmoins, Adamas prévoit qu'approximativement 85 % de la valeur du produit des OTRT de Kwijibo (c.-à-d. le revenu) découlera de l'oxyde de néodyme, de l'oxyde de praséodyme, de l'oxyde de dysprosium et de l'oxyde de terbium – Adamas Intelligence se réfère à tous ces éléments en tant qu'éléments de terres rares « critiques » parce qu'ils sont essentiels à des applications dans le secteur de l'énergie propre et celui de la mobilité électrique et qu'il existe un risque élevé de pénuries de l'offre dans les 10 à 15 prochaines années.

Du point de vue commercial, logistique et économique, la grande quantité d'éléments de terres rares critiques de valeur dans la production d'OTRT potentielle de Kwijibo dénote que la future mine pourrait générer près de 85 % de ses revenus seulement par la vente de 24 % de sa production.

Le projet Kwijibo offre une forte exposition économique au secteur des aimants permanents, celui qui connaît la croissance la plus rapide dans la catégorie d'utilisations finales et qui a le plus besoin d'une offre supplémentaire en terres rares, selon les prévisions de l'offre et de la demande d'Adamas Intelligence.

Adamas Intelligence prévoit que la valeur du panier de la production d'OTRT de Kwyjibo totalisera 34,07 \$ US par kilogramme en 2021 et augmentera de manière constante jusqu'à 39,25 \$ US par kilogramme en 2025.

1.2.17 ÉTUDES ENVIRONNEMENTALES, PERMIS ET CONSÉQUENCES SOCIALES OU SUR LA COLLECTIVITÉ

Une revue de l'information disponible a été réalisée dans le but de brosser un portrait préliminaire des différents sites du projet Kwyjibo et des enjeux environnementaux et humains qui pourraient leur être associés. Jusqu'à maintenant, peu d'information environnementale et socio-économique a été recueillie pour soutenir le projet. Néanmoins, quelques activités ont été réalisées sur le site du projet minier et auprès des parties prenantes concernées.

En effet, SOQUEM a amorcé en 2011 un programme de caractérisation et de suivi de la qualité de l'eau de surface sur la propriété minière. Des échantillons d'eau provenant des cours d'eau et lacs susceptibles d'être affectés par le projet ont été prélevés et analysés pour les paramètres réglementés, ainsi que pour des éléments chimiques typiquement associés aux gisements de terres rares. Les données recueillies serviront à documenter la qualité initiale des eaux sur le site.

Également, des activités d'information des Premières nations ont été menées par SOQUEM et Focus. Des représentants du Conseil de bande des Innus de Uashat mak Mani-Utenam (ITUM) et des utilisateurs traditionnels du territoire concerné par le projet ont été rencontrés à plusieurs reprises depuis 2011. Lors des rencontres, les préoccupations des parties prenantes concernées ont été discutées et notées. Ces dernières concernaient principalement: la préservation du territoire ancestrale; les nuisances possibles; la contamination de l'eau; la radioactivité; la remise en état des lieux, si le projet ne va pas de l'avant; et l'implication possible des membres de la communauté dans le projet.

En fonction de ces caractéristiques et de la réglementation, le projet Kwyjibo devra suivre le processus d'évaluation environnemental provincial pour le site de la mine et pour le site de l'usine hydrométallurgique, et une évaluation environnementale de dépistage serait requise pour la mine dans le cadre du processus fédéral. Il devra aussi respecter les exigences de plusieurs autres lois et règlements municipaux, provinciaux et fédéraux. Bien que le projet soit encore à un stade préliminaire de développement, il est déjà possible d'identifier les principaux impacts potentiels anticipés sur la base d'observations effectuées sur des projets miniers similaires réalisés dans des conditions semblables.

Ainsi, les impacts du projet seront associés en grande partie à l'empreinte des infrastructures du site et de la zone d'exploitation minière. Certains habitats pourraient être grandement affectés par la perte d'une partie des sols, de la végétation et des terres humides, suite à la coupe d'arbres pour la préparation du site et la construction des accès et des infrastructures minières. Des impacts sont également anticipés sur le régime et la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines attribuables à la construction des infrastructures minières et au drainage du site. Finalement, le site et les activités qui s'y dérouleront pourraient gêner, par le bruit et la pollution de l'air ou de l'eau, l'utilisation actuelle du territoire et certaines activités qui s'y déroulent.

Néanmoins, l'empreinte du projet sera limitée avec 0,21 km², compte tenu qu'il s'agit d'une mine souterraine et qu'on procédera au comblement progressif des galeries souterraines, pendant et après exploitation, à l'aide des résidus miniers. De plus, des mesures d'atténuation appropriées seront mises en place pour limiter les impacts potentiels.

Quant au site de l'usine hydrométallurgique, une attention particulière sera apportée dans la conception des installations afin de réduire les impacts environnementaux anticipés. Le principal enjeu consistera en la disposition des résidus de l'usine qui contiendront entre autres des éléments radioactifs. Des études seront menées pour choisir la meilleure option de gestion environnementale, sociale et technique.

1.2.18 COÛT D'INVESTISSEMENT ET COÛT D'OPÉRATION

1.2.18.1 Estimation des coûts d'investissement

La portée de cette estimation consiste en la construction d'une nouvelle installation minière, d'une usine de traitement de minerai (concentrateur) d'une capacité de 387 000 tonnes par année, et d'une usine d'hydrométallurgique (« **usine hydromet** ») qui traitera environ 174 150 tonnes de minerai enrichi en provenance de l'usine de traitement du minerai (concentrateur) et d'une capacité de 10 000 tonnes d'OTRT par année.

Le CAPEX comprend le matériel, les équipements, la main-d'œuvre et le fret requis pour le développement préliminaire de la mine, les installations de traitement de minerai, l'entreposage et la gestion des résidus, ainsi que toutes les infrastructures et services nécessaires pour soutenir l'exploitation.

Le CAPEX préparé pour cette EEP est basé sur une estimation de classe 4, selon la pratique recommandée 47R-11 de l'*Association for the Advancement of Cost Engineering* (« **AACE** ») avec une précision de 35 %. Certains éléments du CAPEX peuvent ne pas atteindre ce niveau de précision. Cependant, l'estimation globale se situe dans les paramètres de la précision prévue.

L'estimation du coût en capital comprend les coûts en capital directs et indirects ainsi que les imprévus. Des provisions pour les coûts de maintien sont également incluses, principalement pour l'expansion des opérations minières souterraines et des piles de stockage des résidus. Les montants pour la fermeture et la réhabilitation du site ont également été estimés.

Le Tableau 1.6 présente les coûts initiaux et de maintien pour la durée de vie du Projet.

Tableau 1.6 – Résumé des coûts d'investissement ('000 \$)

Description	Mine et Concentrateur	Hydrométallurgie	Total ('000 \$)
Coûts directs	270 380	221 785	492 165
Coûts indirects et du propriétaire	83 380	55 011	142 391
Contingence	51 551	41 520	93 071
Total coûts d'investissement	405 311	318 316	723 627
Coût de fermeture	2 300	4 000	6 300
Coûts de maintien	15 682	3 136	18 818

Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre aux totaux indiqués.

1.2.18.2 Estimation des coûts opérationnels

Les coûts opérationnels estimés pour le Projet Kwyjibo couvrent l'extraction, le traitement du minerai, l'administration générale et les services au site. Le Tableau 1.7 présente le résumé de ces coûts.

Les sources d'information utilisées pour établir les coûts opérationnels comprennent les bases de données internes et les sources externes, en particulier pour les matériaux, les services et les consommables. Tous les montants sont en dollars canadiens (CAD), à moins d'indication contraire.

Tableau 1.7 – Résumé des coûts opérationnels

Description	Coût pour une année typique ¹ (\$/année)	Coût moyen ² (\$/tonne usinée)	Coût moyen ² (\$/tonne OTRT)	Coût moyen ² (%)
Mine	17 333 850	*45,48	1 856*	12,8
Concentrateur	18 113 450	46,80	1 910	13,2
Usine hydrométallurgique	85 572 379	221,12	9 024	62,3
Frais généraux et administratifs	9 486 943	**26,72	**1 090	7,5
Redevances minérales	5 661 571	14,63	597	4,1
Total coût opérationnel	136 168 192	354,74	14 478	100,0

¹ Les années typiques sont années 2 à 9. Ceci représente une production annuelle de 387 000 tonnes usinées ou 9 483 tonnes OTRT.

² Les coûts moyens sont calculés pour la durée de vie de la mine : Années 1 à 10.

* Les coûts de mine varient par année. Pour une année typique, les coûts sont 44,78 \$/tonne usinée et 1 828 \$/tonne OTRT.

** Les frais G&A varient par année. Pour une année typique, les frais sont 24,51 \$/tonne usinée et 1 000 \$/tonne OTRT.

1.2.19 ANALYSE ÉCONOMIQUE

1.2.19.1 Modèle financier et résultats

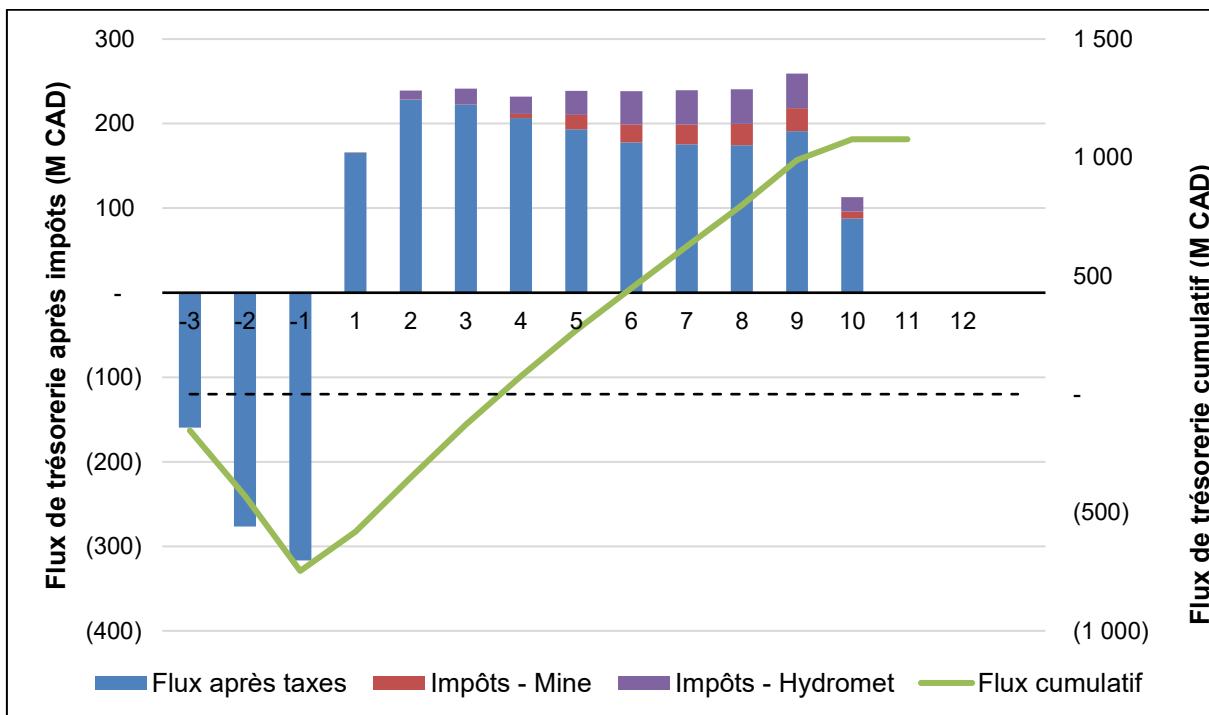
Le Tableau 1.8 résume les résultats économiques pour le scénario de base du projet Kwijibo. L'évaluation a été réalisée sur la base d'une équité de 100 %.

Tableau 1.8 – Résultats financiers pour le scénario de base

Résultats financiers	Unité	Avant impôts	Après impôts
VAN @ 8 %	M CAD	564,0	373,9
TRI	%	21,2	17,8
Période de remboursement	Année	3,4	3,6

La Figure 1.8 ci-dessous montre le flux de trésorerie après impôt et les profils de flux de trésorerie cumulatif du projet pour les conditions de base. La période de remboursement a été calculée à 3,6 ans et elle est indiquée dans la figure comme étant le point où la courbe de flux de trésorerie cumulatif après impôt croise la ligne pointillée.

Figure 1.8 – Flux de trésorerie après impôts et profils de flux de trésorerie cumulatif



Les coûts en capital totaux de production préliminaire ont été évalués à 723,6 M \$. Étant donné que la durée de vie de la mine est de 10 ans, les besoins en capital de maintien ont été estimés

18,8 M \$. Les coûts de fermeture de la mine, sous la forme de paiements dans un fond fiduciaire au début du projet, ont été estimés à 6,3 M \$.

Le total des revenus pour la durée du projet a été estimé à 3,5 milliards de dollars, soit une moyenne de 975 dollars par tonne usinée. Les coûts opérationnels totaux ont été estimés à 1,3 milliard de dollars, soit une moyenne de 355 dollars par tonne usinée.

Les résultats financiers indiquent une valeur actualisée nette calculée avant impôts (« **VAN** ») de 564.0 M \$ à un taux d'actualisation de 8 %. Le taux de rentabilité interne (« **TRI** ») est 21,2 % et la période de remboursement est 3,4 ans.

La VAN après impôts est 373,9 M \$ à un taux d'actualisation de 8 %. Le TRI après impôts est 17.8 % et la période de remboursement est 3,6 ans.

1.2.19.2 Analyse de sensibilité

Une analyse de sensibilité a été réalisée pour évaluer l'impact des variations sur le CAPEX, les coûts opérationnels (« **OPEX** »), les revenus de la vente des produits (« **Prix** ») et la variation du taux de change USD / CAD (« **Taux** ») sur la VAN du projet à 8 % (le scénario de base) et le TRI. Chaque variable a été examinée une à la fois. Un intervalle de ± 30 % avec des incréments de 10 % a été appliqué aux CAPEX, OPEX et Prix. Pour le taux de change USD / CAD, des valeurs de 0,70 à 1,00 (des variations relatives de -12,5 % à 25 %) ont été utilisées. Le contenu en USD associé avec l'estimation des coûts a été utilisé pour ajuster les estimés de chaque hypothèse de taux de change.

L'analyse de sensibilité avant impôts est illustrée dans la Figure 1.9. La VAN et le TRI sont plus sensibles aux changements dans le Prix et le taux de change qu'aux changements dans le CAPEX ou OPEX. Si le prix moyen du concentré de OTRT baisse de 29.6 % (approximativement à 24 100 \$ USD / tonne), la VAN à 8 % est égale à zéro (0). Ceci est confirmé par une baisse du TRI jusqu'à la ligne pointillée qui représente un taux de rentabilité de 8 %.

En outre, si le CAPEX augmente de 30 % (variation relative de 30 %), le TRI tombe approximativement à 15 % et le VAN baisse à 373 M CAD.

Les mêmes conclusions peuvent être tirées des résultats après impôts de l'analyse de sensibilité, comme montré à la Figure 1.10. Cependant, les points de seuil de rentabilité sont plus bas. Une baisse du prix moyen du concentré OTRT de 25,3 % (25 600 \$ USD / tonne) entraîne une VAN égale à zéro (0). De plus, une augmentation du taux de change de 25 % (1,0 USD / CAD) entraîne une VAN de 98.3 M CAD. L'analyse TRI confirme ces résultats.

Figure 1.9 – Sensibilité de la VAN et du TRI avant impôts à des changements en : CAPEX, OPEX, Prix et Taux

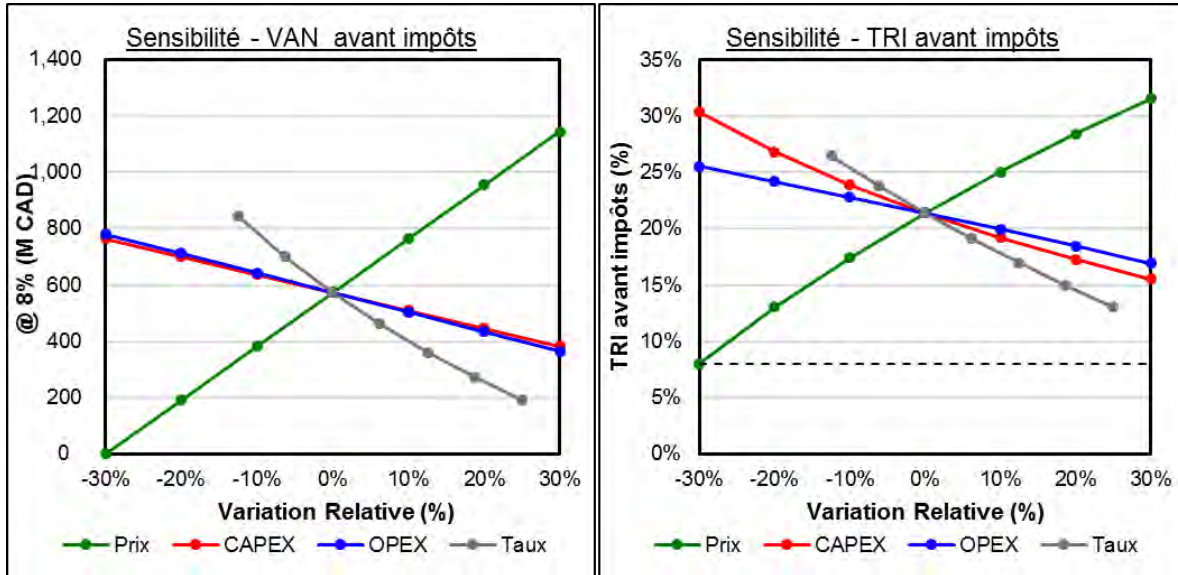
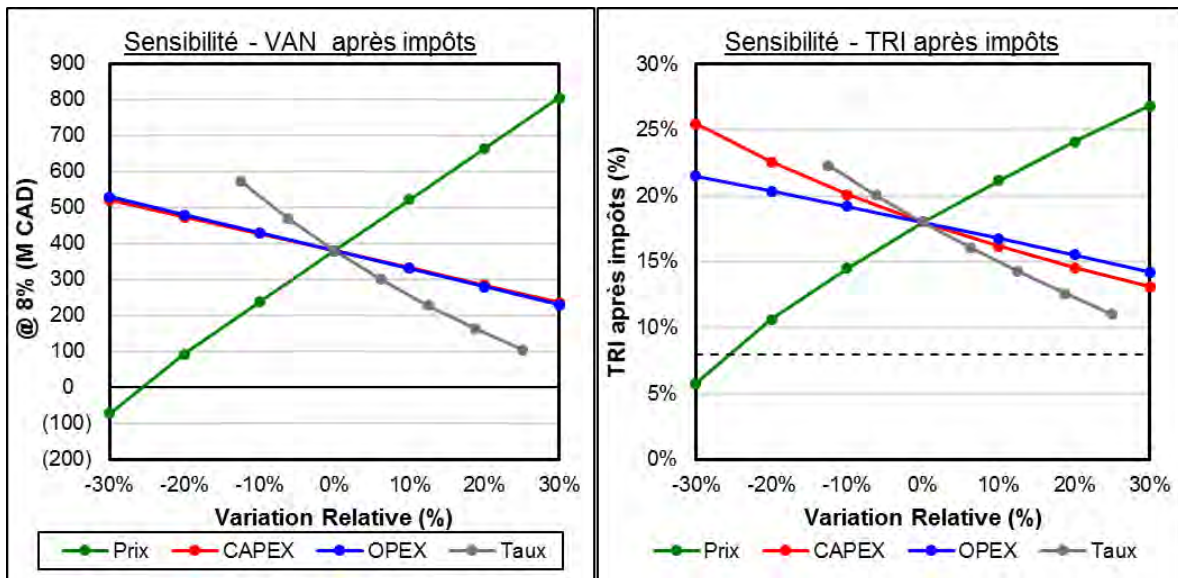


Figure 1.10 – Sensibilité de la VAN et du TRI après impôts à des changements en : CAPEX, OPEX, Prix et Taux



1.2.20 INTERPRÉTATION ET CONCLUSIONS

Le projet de Terres Rares Kwyjibo concerne le développement d'une mine souterraine située à 125 km au nord-est de Sept-Îles ainsi qu'une usine hydrométallurgique pour l'extraction des terres rares contenues dans le gisement.

1.2.20.1 Conclusions

Les résultats de l'ÉÉP démontrent un potentiel intéressant pour le dépôt de terres rares de l'Horizon Josette sur la propriété Kwyjibo avec un TRI de 21.2 % avant impôt en considérant seulement la portion de magnétite de la zone Josette Nord-Est. Les coûts d'investissement en capital pour la mise en place di projet sont de 723 M\$ avec un coût opérationnel total de 14 478 CAD/t OTRT contre une valeur moyenne de 34 250 USD/t OTRT.

a. Géologie

- / La minéralisation du dépôt de terres rares de l'Horizon Josette sur la propriété Kwyjibo a été bien identifiée dès la découverte comme étant de type IOCG et ce modèle a toujours guidé les travaux d'exploration de SOQUEM;
- / La description de carotte, l'échantillonnage et les analyses ont été faits selon les bonnes pratiques de l'industrie; les mêmes codes lithologiques, la même méthode d'échantillonnage et les mêmes méthodes d'analyses ont été appliqués lors de toutes les campagnes de forage; ceci assure une bonne homogénéité des données utilisées pour l'estimation des ressources;
- / Les données de forage de 1994-1998 ont été vérifiées et validées; toutes les zones minéralisées importantes ont été réanalysées;
- / La carotte de toutes les campagnes de forage et les pulpes et rejets sont bien conservés; certains rejets et pulpes provenant d'Accurassay manquent, en raison de la fermeture du laboratoire, mais la carotte originale reste disponible;
- / La maille de forage serrée fournit une bonne définition de la continuité de la structure et des teneurs du dépôt Josette NE et SO;
- / Un grand effort de validation a été fait par Accurassay, à la demande de SOQUEM, pour certifier le standard Josette et valider la performance des laboratoires;
- / Une quantité impressionnante de déterminations de la densité a été faite, en utilisant la méthode d'immersion qui fournit la densité in-situ;
- / Les analyses de terres rares sont affectées d'une certaine variabilité, démontrée par les travaux de vérification d'Accurassay, ce que DRA/Met-Chem a confirmé par l'examen des échantillons de contrôle introduits par SOQUEM et par les échantillons de vérification de la Personne Qualifiée;

- / La variabilité des résultats d'analyses s'explique principalement par les multiples calibrations lors des analyses des échantillons par différents laboratoires, et par la difficulté à obtenir un bilan de masse proche de 100 % pour certains échantillons;
- / Malgré tout, la variabilité dans les analyses et le biais observé localement ne sont pas importants et, autant Accurassay que DRA/Met-Chem sont arrivés à la conclusion que les risques et incertitudes reliés à l'échantillonnage et aux analyses ne semblent pas être susceptibles d'avoir une incidence sur la fiabilité des résultats utilisés dans l'estimation des ressources;

b. Estimations des ressources minérales

Ce rapport présente les premières estimations de ressources minérales sur le projet Kwyjibo et a uniquement porté sur la zone à magnétite de l'Horizon Josette qui fournissait le meilleur potentiel mis à ce jour sur le permis. Des deux (2) zones considérées, la zone Nord-Est est celle qui offre le plus de potentiel économique de par ses plus fortes teneurs en terres rares totales et en P_2O_5 . La zone de la brèche inférieure, plus pauvre en terres rares et en P_2O_5 , a été abandonnée en cours de développement du modèle de ressources, mais demeure toujours une zone pouvant présenter un intérêt à court terme en fonction de l'évolution des prix des terres rares et du P_2O_5 sur le marché international.

Le travail effectué a permis de mettre en évidence une zone d'enrichissement en terres rares en profondeur sur la zone Nord-Est qui a malheureusement été testée par un seul trou de forage. Cette zone semble indiquer un plongement en profondeur vers l'extrémité de la zone Nord-Est. Elle offre un potentiel qui devrait être testé lors des travaux d'exploration subséquents.

c. Méthode d'exploitation

Le dépôt de terres rares de l'Horizon Josette sur la propriété Kwyjibo est exploitable par méthode souterraine pendant 10 ans à un taux journalier de 1 000 tonnes pour les chantiers (365 000 tonnes par an) en plus de tonnes de minerai reliées au développement. La teneur moyenne de OTRT sur les 10 années est estimée à 3.29 %.

Les possibilités de rallonger la vie de l'exploitation sont nombreuses, car le dépôt est ouvert en profondeur et latéralement. L'EEP a aussi seulement étudié l'exploitation de la magnétite de l'Horizon Josette Nord-Est, les autres étant peu développés pour l'instant, mais pourront être investigués dans le futur si des résultats de forage, d'essais métallurgiques et de marché le justifie.

d. Traitement des minerais et hydrométallurgie

Les programmes d'études effectués chez COREM et Hazen Research ont permis de développer un concentrateur simple qui comprend des étapes de concassage et broyage avant une séparation magnétique à basse intensité. Les produits sont épaissis et filtrés et le concentré est transporté vers l'usine hydrométallurgique. La récupération poids anticipée du

concentré non-magnétique du concentrateur est de 45 % pour une récupération de terres rares de 95.5 %.

Les essais hydrométallurgiques chez Hazen Research ont évalué l'efficacité d'extraction possibles pour la lixiviation des concentrés en variant le type d'acide, la concentration et la température. Ils ont aussi permis de développer un procédé complet pour l'extraction des terres rares. Suite à ces programmes d'essais, l'évaluation des résultats a permis d'établir que la récupération économique des terres rares contenues dans le concentré non-magnétique de Kwyjibo est possible. Le procédé développé montre qu'il est possible et potentiellement économique d'extraire les terres rares de la Propriété Kwyjibo. Les récupérations respectives des secteurs de l'usine hydrométallurgique sont les suivantes :

Tableau 1.9 – Récupération des Terres Rares par secteur

Unité d'opération	ETRT + Y (%)	Terres rares lourdes (%)
Lixiviation	98	96
Neutralisation	>99	>99
Re lixiviation	*98	*98
Re neutralisation	99	>99
Métathèse	>99	>99
Lixiviation finale	82	81
Extraction par Solvant	>99	>99
Récupération Cumulative	**77,97	**80,4

* Hypothèse d'expert et calcul en fonction des essais initiaux effectués par HAZEN Research. Extraction optimisée après une deuxième étape de lixiviation. Autres tests requis pour confirmer l'extraction optimale après une deuxième étape de lixiviation.

** Représente la récupération cumulative d'ETRT + Y et Terres rares lourdes dans le concentré non magnétique

Une récupération cumulative de 77,97% des terres rares totales et de l'yttrium est obtenue à l'usine hydrométallurgique. Une récupération de 80,4% est obtenue pour les terres rares lourdes (Eu + Gd + Tb + Dy + Ho + Er + Tm + Yb + Lu + Y).

Les réactifs requis dans l'usine hydrométallurgique sont résumés ici :

Tableau 1.10 – Sommaire de réactifs de l'usine hydrométallurgique

Unité d'Opération	Consommation (kg/t de concentré)			
	HCl	CaCO ₃	MgO	50 % NaOH
Lixiviation	504	s.o.	s.o.	s.o.
Neutralisation	s.o.	322	20	s.o.
Re lixiviation	42	s.o.	s.o.	s.o.
Re neutralisation	s.o.	s.o.	267	s.o.
Métathèse	s.o.	s.o.	s.o.	30
Lixiviation finale	33	s.o.	s.o.	s.o.
Extraction par solvant	s.o.	s.o.	s.o.	59
s.o. = sans objet				

e. Études de marché

Les perspectives de marché pour les terres rares sont favorables selon l'étude de marché réalisée par Adamas Intelligence. La projection de prix de la production du Projet Kwjibo est estimée à 34 250 USD par tonne de produit. Adamas Intelligence prévoit une augmentation des prix à long terme, mais l'EEP considère la valeur des produits constante sur la vie de la mine.

f. Environnement

La majorité des études de caractérisation environnementale et sociale requises n'ont pas été amorcées pour documenter les conditions initiales et identifier tous les enjeux dans les zones pouvant être influencées par le projet. L'information disponible actuellement est plutôt limitée. Néanmoins, malgré le peu d'information environnementale recueillie, il est possible de conclure que:

- / l'empreinte du projet sera limitée avec 0,21 km² puisqu'il est prévu de construire une mine souterraine et de combler de façon progressive les chantiers souterrains exploités à l'aide de stériles et de résidus du concentrateur;
- / les impacts potentiels anticipés au site de la mine concerneront principalement les écosystèmes, les ressources en eau et les utilisateurs du territoire;
- / la gestion des résidus au site de l'usine hydrométallurgique constituera un enjeu environnemental important à adresser pour l'acceptation du projet;
- / les problématiques environnementales identifiées pourront être gérées de façon adéquate à l'aide de mesures d'atténuation appropriées mises en place pour limiter les impacts potentiels;
- / compte tenu du type de projet et du contexte, les préoccupations des parties prenantes du projet sont des éléments majeurs à intégrer dans l'évaluation environnementale et sociale du projet.

L'évaluation des impacts potentiels mentionnés précédemment sera effectuée de façon détaillée lors de la préparation de l'étude d'impact environnemental et social et en fonction des composantes optimisées du projet.

g. Coûts d'investissement et opérationnels

Le CAPEX préparé pour cette EEP est basé sur une estimation de classe 4, selon la pratique recommandée 47R-11 de l'Association for the Advancement of Cost Engineering (« **AACE** ») avec une précision de 35 %.

L'information qui supporte l'estimation des coûts a été suffisamment développée pour permettre de faire le dimensionnement des équipements et autres afin d'évaluer les coûts avec la précision requise.

h. Analyse économique

Les résultats de l'analyse économique du projet Kwijibo démontrent un potentiel économique intéressant à cette étape de projet. Le Tableau 1.11 résume les résultats de l'analyse réalisée :

Tableau 1.11 – Sommaire des résultats de l'analyse économique

Alimentation d'usine ^a	tpa	387,000
Production OTRT	tpa	9,483
Revenu total	'000 CAD	3,463,348
Investissement total	'000 CAD	723,627
Mine & concentrateur	'000 CAD	405,311
Usine hydromet	'000 CAD	318,316
Coût d'opération ^b	'000 CAD	1,259,752
Coût d'opération	CAD/t usinée	355
Coût d'opération	CAD/t OTRT	14,478
Avant impôt		
VAN (taux d'intérêt = 8 %)	'000 CAD	564,023
TRI	%	21.2 %
Période de recouvrement	ans	3.5
Après impôt		
VAN (taux d'intérêt = 8 %)	'000 CAD	373,857
TRI	%	17.8 %
Période de recouvrement	ans	3.7

^a Alimentation d'usine à partir de la 2^e année

^b Les coûts opérationnels incluent les redevances, les coûts de la mine, de procédés et de transports et les taxes municipales (le cas échéant)

1.2.20.2 Évaluation des risques

Plusieurs risques économiques sont hors de contrôle des promoteurs du projet. Les prix de marché des terres rares et les taux de change en vigueur pendant la construction et l'opération du projet en font partie.

La nature préliminaire des coûts développés dans cette étude fait en sorte qu'on ne peut qualifier les ressources comme des réserves. Ceci doit faire l'objet d'une étude plus détaillée.

a. Mine souterraine et concentrateur

Les risques associés aux installations du site de la mine sont liés à la nature préliminaire des informations et aux hypothèses utilisées dans l'estimation des coûts d'investissement. Des travaux d'investigation géotechniques seront requis pour concevoir adéquatement les fondations des bâtiments et des équipements. Une meilleure compréhension de l'hydrologie et de l'hydrogéologie va permettre de faire une planification plus précise des besoins de gestion des eaux et des sources d'approvisionnement des installations.

Le dimensionnement des équipements du concentrateur n'est pas supporté par des essais adéquats dans le cas de plusieurs équipements importants comme les épaisseuriers et les filtres. Les essais qui supportent le dimensionnement des équipements de concassage et broyage doivent également être bonifiés pour s'assurer de leur adéquation avec les besoins d'usinage. Pour minimiser ces risques, des hypothèses conservatrices ont été utilisées dans une certaine mesure sur la base de l'expérience de DRA/Met-Chem.

b. Usine hydrométallurgique

Les risques associés à l'usine hydrométallurgique sont de deux types :

- / l'étendue limitée des travaux, quoiqu'amplement suffisante pour cette étape de projet, comporte certaines incertitudes face aux valeurs de récupérations obtenues. Certaines hypothèses ont été utilisées lors de l'évaluation des résultats ce qui comporte un certain risque;
- / l'échelle utilisée (bancs d'essais en laboratoire) n'est pas suffisante pour évaluer l'opérabilité des équipements à l'échelle commerciale.

Les essais appropriés doivent être réalisés dans les prochaines étapes du projet pour diminuer ces risques.

1.2.20.3 Opportunités

Malgré la durée de vie limitée de la mine, les résultats économiques de l'EEP sont favorables. Afin d'améliorer ces résultats, l'augmentation des ressources permettrait d'augmenter la rentabilité de l'investissement. Le dépôt semble se poursuivre en profondeur et les possibilités de trouver des ressources supplémentaires du même type que celles qui ont été considérées dans cette étude sont élevées.

Le minerai de la brèche située en-dessous de la magnétite contient des terres rares également. Sa teneur est plus faible, mais il est possible d'augmenter le taux de concentration en ajoutant un système de flottation. Pour ce faire, il faudrait faire des essais de développement afin d'obtenir des récupérations et des teneurs adéquates tout en gardant les coûts d'opération acceptables.

De même, la zone Josette Sud-Ouest pour être concentrée davantage avec une mise à niveau du concentrateur. Ces modifications pourraient être mises en place plus tard dans la vie du projet afin de maximiser le retour sur l'investissement et réduire les risques.

1.2.21 RECOMMANDATIONS

Sur la base des résultats économique préliminaires du projet, il est recommandé de procéder aux étapes de définition du projet suivantes soit une étude plus précise du potentiel du projet (étude de préfaisabilité) et d'initier certaines des études environnementales sectorielles requises, ainsi que la collecte de données sur le contexte socio-économiques associé au projet.

Les coûts associés à l'étude de préfaisabilité et aux activités associées sont estimés à 2.2\$ millions. Ceci inclut les essais métallurgiques supplémentaires pour raffiner le procédé de l'usine hydrométallurgique et dimensionner les équipements des deux (2) sites et des travaux géotechniques et hydrogéologiques.

Les coûts associés aux études environnementales requises sont estimés à 1.0\$ million. Les détails sont fournis plus bas dans les sections spécifiques.

1.2.21.1 Mine souterraine et concentrateur

a. Géologie

Les changements suivants concernent l'information des données concernant la géologie et sont recommandés lors de campagnes de forage futures:

- / Préparer un jeu de procédures écrites pour les travaux d'exploration et de forage pouvant aisément être consultées par toute personne concernée;
- / Prendre des photos de la carotte, avant sciage;
- / Utiliser plusieurs standards commerciaux à différentes valeurs en ETR et éléments d'importance pour le projet; l'utilisation de standards à teneurs proches des teneurs de coupure du dépôt et du mode, entre autres, sont les plus utiles;
- / Utiliser des blancs certifiés propres à déceler des cas possibles de contamination;
- / Tenter de déterminer la source de la difficulté pour certains échantillons à obtenir un bilan de masse dans les limites acceptables;
- / Idéalement, utiliser un seul laboratoire principal et un laboratoire tiers pour les vérifications; les données analytiques disponibles en ce moment proviennent de six laboratoires différents, ce qui complique l'interprétation des résultats pour le suivi de la précision et de l'exactitude des résultats.

b. Estimations des ressources minérales

Des travaux d'exploration subséquents sont recommandés pour tester l'extension en profondeur de secteur d'enrichissement en terres rares et en P_2O_5 sur la zone Nord-Est. Ces travaux devront consister en du forage pour métrage estimé de 2 000 m reparté sur 4 à 5 forages de profondeur variant de 450 m à 500 m. Ces coûts additionnels d'exploration sont estimés à 800 000\$ mais n'ont pas été inclus dans le budget puisque ces travaux ne sont pas nécessaires pour rendre le projet viable.

c. Méthode d'exploitation

Pour la partie minière, DRA/Met-Chem recommande dans les études subséquentes de procéder à des études hydrogéologiques afin de déterminer s'il y a des venues d'eau importantes dans le massif rocheux ainsi que des études géotechniques pour valider les besoins en soutènement et optimiser la taille des chantiers.

d. Traitement des minerais

Afin de confirmer la sélection des équipements du concentrateur, des essais de broyage supplémentaires seront requis. Le matériel utilisé lors de ces essais peut par la suite être repris dans d'autres essais minéralurgiques qui serviront à concevoir ou caractériser les produits.

Les résidus seront utilisés pour remblayer les chantiers souterrains. Il sera important de comprendre leur chimie et leur comportement mécanique pour concevoir l'usine de remblais et préciser les coûts d'opération associés. Ceci demandera un programme d'essais préliminaire pour l'étape de préfaisabilité. Les échantillons de résidus seront également utilisés pour faire des essais de sédimentation et de filtration pour valider les choix de l'étude actuelle ou choisir une technologie différente au besoin.

Pour le concentré, des essais de sédimentation et filtration seront également nécessaires. De plus, le concentré produit servira à alimenter des tests hydrométallurgiques supplémentaires.

Un inventaire complet des essais à compléter dans la prochaine étape du projet devra être fait pour estimer la quantité de matériel à utiliser pour produire suffisamment de concentré et de résidus pour réaliser les essais nécessaires au développement des informations désirées.

e. Environnement

En fonction des résultats de l'évaluation économique préliminaire, SOQUEM et Focus devraient amorcer en 2018 certaines des études environnementales sectorielles requises, ainsi que la collecte de données sur le contexte socio-économiques associé au projet. De plus dans le contexte du projet, les activités de terrain les moins invasives devraient être privilégiées à court terme.

Les activités suggérées consistent en :

- / la poursuite des activités d'échantillonnage des eaux de surface, ainsi que la prise de mesures de débit de certains cours d'eau;

- / le début des activités d'inventaire de la faune et la flore dans la zone du projet;
- / la mesure de la profondeur de l'eau souterraine, son échantillonnage ainsi que la réalisation d'essais de perméabilité dans certains forages miniers existants;
- / le début de la recherche documentaire des données socio-économiques associées à la zone du projet;
- / la poursuite des activités de consultation et d'engagement des parties prenantes.

Finalement pour la poursuite des activités, la direction de SOQUEM et Focus devrait renouveler son engagement comme premier intervenant dans le projet afin de faciliter les contacts avec les représentants des parties prenantes et pour assurer un lien de confiance.

1.2.21.2 Usine hydrométallurgique

a. Localisation de l'usine hydrométallurgique

Dans cette étude, DRA/Met-Chem a pris pour hypothèse que l'usine hydrométallurgique serait située à la Pointe-Noire près de Sept-Îles. DRA/Met-Chem recommande d'évaluer les différentes localisations possibles de l'usine hydrométallurgique afin de faire le meilleur choix pour le projet. Divers facteurs comme les aspects économiques ainsi que les aspects sociaux doivent être pris en compte.

b. Hydrométallurgie

Il est recommandé d'inclure les actions suivantes lors des prochaines étapes d'études hydrométallurgique :

- / des travaux d'optimisation supplémentaires sont suggérés afin d'augmenter la récupération des terres rares dans les étapes de métathèse et de re-lixiviation après métathèse;
- / poursuivre et améliorer l'enlèvement du calcium dans une étape précédant la métathèse afin de limiter la compétition du calcium envers les terres rares;
- / évaluer l'utilisation d'un réactif autre que le CaCO_3 qui augmente la quantité de calcium contenu lors de la neutralisation;
- / évaluer l'utilisation d'un réactif autre que le MgO qui représente un coût supplémentaire lors de la neutralisation.

c. Résidus

Il est recommandé d'évaluer la possibilité de récupérer le sulfate provenant du gypse afin de potentiellement réduire la quantité d'acide sulfurique requise.

d. Environnement

Une fois le site de l'usine hydrométallurgique choisi, certaines études et travaux de caractérisation seront sans doute requis. Certains de ces derniers pourraient alors être amorcés.

2 INTRODUCTION

Le présent rapport a pour objet de fournir des informations scientifiques et techniques sur le potentiel minéral du projet de Terres Rares Kwyjibo localisé dans la région administrative de la Côte-Nord, province de Québec, Canada, à environ 125 km au nord-est de la ville portuaire de Sept-Îles. Le Projet est localisé dans le territoire couvert par le Plan Nord dont l'objectif est de mettre en valeur le potentiel minier, énergétique, social, culturel et touristique du territoire québécois situé au nord du 49^e parallèle.

2.1 Destinataire et Mandat

Met-Chem, une division de DRA Americas inc. (« **DRA/Met-Chem** ») a fourni des services d'ingénierie et d'intégration des divers aspects de cette étude d'Évaluation Économique Préliminaire (« **EEP** ») du projet Kwyjibo avec la participation de certains autres spécialistes. L'étude comprend une estimation des ressources, une mine souterraine, un concentrateur, les infrastructures reliées à l'opération minière, une usine hydrométallurgique (avec le support de SMH Process Innovation) et son infrastructure, les résidus de la mine et de l'usine hydrométallurgique, l'estimation des coûts d'investissement et d'opération (avec le support de SMH Process Innovation), une étude de marché (par Adamas Intelligence) et l'analyse économique.

Ce rapport technique a été préparé par DRA/Met-Chem en conformité avec les termes standards de divulgation pour les projets miniers du Règlement 43-101 (« **NI 43-101** ») pour SOQUEM inc. (« **SOQUEM** »), une filiale de Ressources Québec et un chef de file dans l'exploration minière au Québec, et Focus Graphite inc. (« **Focus** »), une société canadienne privée listée à la bourse du TSX-Venture sous le sigle « **FMS** ».

2.2 Source of Information

2.2.1 PERSONNES QUALIFIÉES

Les responsabilités pour la préparation des différentes sections de ce rapport sont montrées dans le Tableau 2.1 ci-dessous.

Tableau 2.1 – Personnes Qualifiées et leurs Sections Respectives de Responsabilité

Chapitre	Titre	Personnes Qualifiées
1	Résumé	Rock Gagnon et PQ concernées
2	Introduction	Rock Gagnon
3	Recours à d'autres experts	Rock Gagnon
4	Description et emplacement du terrain	Yves Buro
5	Accessibilité, climat, ressources locales, infrastructure et géographie physique	Yves Buro
6	Historique	Yves Buro
7	Contexte géologique et minéralisation	Yves Buro
8	Types de gîtes minéraux	Yves Buro
9	Travaux d'exploration	Yves Buro
10	Forage	Yves Buro
11	Préparation, analyse et sécurité des échantillons	Yves Buro
12	Vérification des données	Yves Buro
13 sauf 13.3	Essais de traitement des minerais et essais métallurgiques	Rock Gagnon
13.3	Hydrométallurgie	Eric Larochelle (SMH)
14	Estimation des ressources minérales	Schadrac Ibrango
15	Estimation des réserves minérales	Non- applicable
16	Méthodes d'exploitation	Daniel Gagnon
17, 17.1	Méthodes de récupération	Rock Gagnon
17.2	Usine hydrométallurgique	Eric Larochelle (SMH)
18	Infrastructure du projet	Rock Gagnon
19	Études de marché et contrat	Rock Gagnon
20	Études environnementales, permis et conséquences sociales ou sur la collectivité	Martin Stapinsky
21	Coûts d'investissement et coûts opérationnels	Rock Gagnon et PQ concernées
22	Analyse économique	Silvia Del Carpio
23	Terrains adjacents	Yves Buro
24	Autres données et renseignement pertinents	Rock Gagnon
25	Interprétation et conclusions	Rock Gagnon et PQ concernées
26	Recommandations	Rock Gagnon et PQ concernées
27	Références	Rock Gagnon et PQ concernées

2.3 Date effective et déclaration

La date effective de cette estimation des ressources est le 17 novembre 2017. Les auteurs estiment que les hypothèses de base contenues dans les renseignements ci-dessus sont factuelles et exactes et que les interprétations sont raisonnables. Les auteurs se sont appuyés sur ces données et n'ont aucune raison de croire que des faits importants ont été retenus. Les auteurs n'ont également aucune raison de douter de la fiabilité de l'information présentée ici.

2.4 Visite de terrain

Cette section fournit les détails de l'inspection personnelle sur la propriété par les personnes qualifiées.

M. Yves A. Buro, ing. a visité la propriété minière le 22 août 2017. M. Buro a eu l'occasion d'examiner les travaux d'exploration effectués par SOQUEM, notamment la coupe de lignes, la cartographie géologique, l'échantillonnage et le forage. M. Buro a également visité les bureaux et la carothèque de SOQUEM située à Val-d'Or les 24 et 25 août 2017 dans le cadre de la seconde partie de la visite de terrain.

M. Rock Gagnon, ing. a visité la propriété minière le 22 août 2017. M. Gagnon a accompagné M. Buro et a eu l'occasion de constater les travaux d'exploration effectués par SOQUEM.

2.5 Unités de mesure et monnaie

Dans le présent rapport, tous les montants sont en dollars canadiens («CAD» ou «\$»), sauf indication contraire, les prix des produits de base étant généralement exprimés en dollars américains («USD»). Les quantités sont généralement indiquées dans les unités métriques du système international unités («SI»), les pratiques canadiennes et internationales standards sont utilisées, y compris la tonne métrique («tonne», «t») pour le poids et le kilomètre («km») ou le mètre («m») pour les distances. Les abréviations utilisées dans ce rapport se trouvent dans le chapitre 28.

3 RECOURS À D'AUTRES EXPERTS

Les auteurs de la partie géologie et ressources de ce Rapport ne sont pas qualifiés pour donner une opinion légale sur les différentes ententes et royautés qui touchent la propriété Kwyjibo. Les documents fournis par SOQUEM et les rapports enregistrés par SOQUEM à titre de travaux statutaires ont été utilisés dans les chapitres : 1.2.3 Description et emplacement du terrain, 1.2.4 Historique, 6.1 Propriétaires antérieurs et changements de propriété. Les Rapports de travaux suivants représentent la plus importante source d'information utilisée pour décrire les différentes transactions, soit les :

- GM 54187; Perry, C., 1995;
- GM 55005; Perry, C., Roy, I., 1997;
- GM 8046; Roy, I., février 1999;
- GM 67330; Perreault, S., Artinian, B., 2012;
- GM 69518; Perreault, S., 2015.

Les références de ces documents sont fournies dans le chapitre 27 – Références.

Toutes les utilisations de documents extérieurs traitant de géologie sont indiquées au fur et à mesure dans le texte et figurent dans le chapitre 27 Références.

En juillet 2018, DRA/Met-Chem a utilisé l'application Gestim Plus du Ministère de l'Énergie et des Ressources Naturelles du Québec (« **MERN** ») qui offre un accès direct aux données du Registre des droits miniers, réels et immobiliers du Québec, pour vérifier l'état des titres miniers détenus par SOQUEM. L'information concernant la liste des claims et leur superficie, les détenteurs, les dates d'expiration, les travaux et droits requis, les excédents de travaux, a été consultée et se retrouve dans les chapitres 1.2.3 et 4.2 – Description et emplacement du terrain, titres miniers, superficie. DRA/Met-Chem n'a pas fait de vérifications concernant les questions légales associées aux claims.

Une étude de marché a été préparée par Adamas Intelligence, consultants indépendants. Le chapitre 19 résume les informations clés de cette étude sur l'aperçu et les perspectives du marché des Terres Rares. Adamas Intelligence a été mandatée pour réaliser une étude de marché afin d'évaluer les marchés cibles potentiels pour les Terres Rares du projet Kwyjibo et de ses produits spécifiques. DRA/Met-Chem a examiné le contenu du rapport d'étude de marché et estime qu'il fournit un aperçu raisonnable du marché passé et actuel des éléments des Terres Rares ainsi que des projections.

4 DESCRIPTION ET EMPLACEMENT DU TERRAIN

4.1 Emplacement de la propriété

La propriété Kwyjibo, précédemment connue sous le nom de propriété Manitou, est située à 125 km au nord-est de la ville de Sept-Îles, en Moyenne-Côte-Nord du Québec, sur la rive nord du golfe du Saint-Laurent (Figure 4.1). Elle est localisée dans la région administrative de la Côte-Nord, sur le territoire public de la municipalité régionale de comté (MRC) de la Minganie et est incorporée dans le territoire non-organisé (TNO) de la municipalité de lac Jérôme. La propriété chevauche les limites territoriales de deux communautés innues : Uashat mak Mani-Utenam à l'ouest, et Ekuanishit (Mingan) à l'est.

La propriété se trouve dans le Feuille 22P03 du quadrillage du Système national de référence cartographique (« **SNRC** »). Les indices minéralisés en terres rares (« **ETR** ») se trouvent dans le quadrant nord-est de la propriété et l'indice Josette est situé proche du centre de la propriété, approximativement à l'intersection des coordonnées UTM, Zone 20, 341 000E et 5 658 000N (51,05°N et 65,27°W), à environ 10 km au nord du Lac Manitou.

4.2 Titres miniers, superficie

La propriété est formée de 116 claims désignés sur carte (CDC) contigus couvrant une superficie de 6 283.48 hectares (ha) (Figure 4.2). La liste des claims et les détails concernant leur statut se trouvent à l'Annexe A.

Les claims sont présentement enregistrés sous le nom de SOQUEM inc., à 50 % et à titre de responsable, et de Focus Graphite inc. pour le second 50 %. Aucune mention de Territoire incompatible et aucune contrainte ou découverte d' U_3O_8 ne figurent au dossier du registraire (Gestim) du MERN.

SOQUEM a pour mission de favoriser l'exploration, la découverte et la mise en valeur de propriétés minières au Québec. Elle a participé à plus de 350 projets d'exploration et pris part à d'importantes découvertes d'or, de diamants, de lithium et de plusieurs autres minéraux (source : site Internet de SOQUEM).

Focus est une compagnie d'exploration minière et de développement fondée le 6 septembre 1992 sous la Loi canadienne sur les sociétés par actions, avec une adresse au 945 Princess St., Kingston, Ontario. Focus est enregistrée à la Bourse de croissance TSX de Toronto (Toronto Stock Exchange Venture Market) et sur le marché financier américain de gré-à-gré OTCQX (transactions « **Over-the-counter** »). La compagnie est active dans l'acquisition, l'exploration et le développement de propriétés minières, principalement au Québec et principalement sur des projets de graphite et d'éléments de terres rares (source : site Internet de Focus).

Figure 4.1 – Localisation générale de la propriété Kwjibo

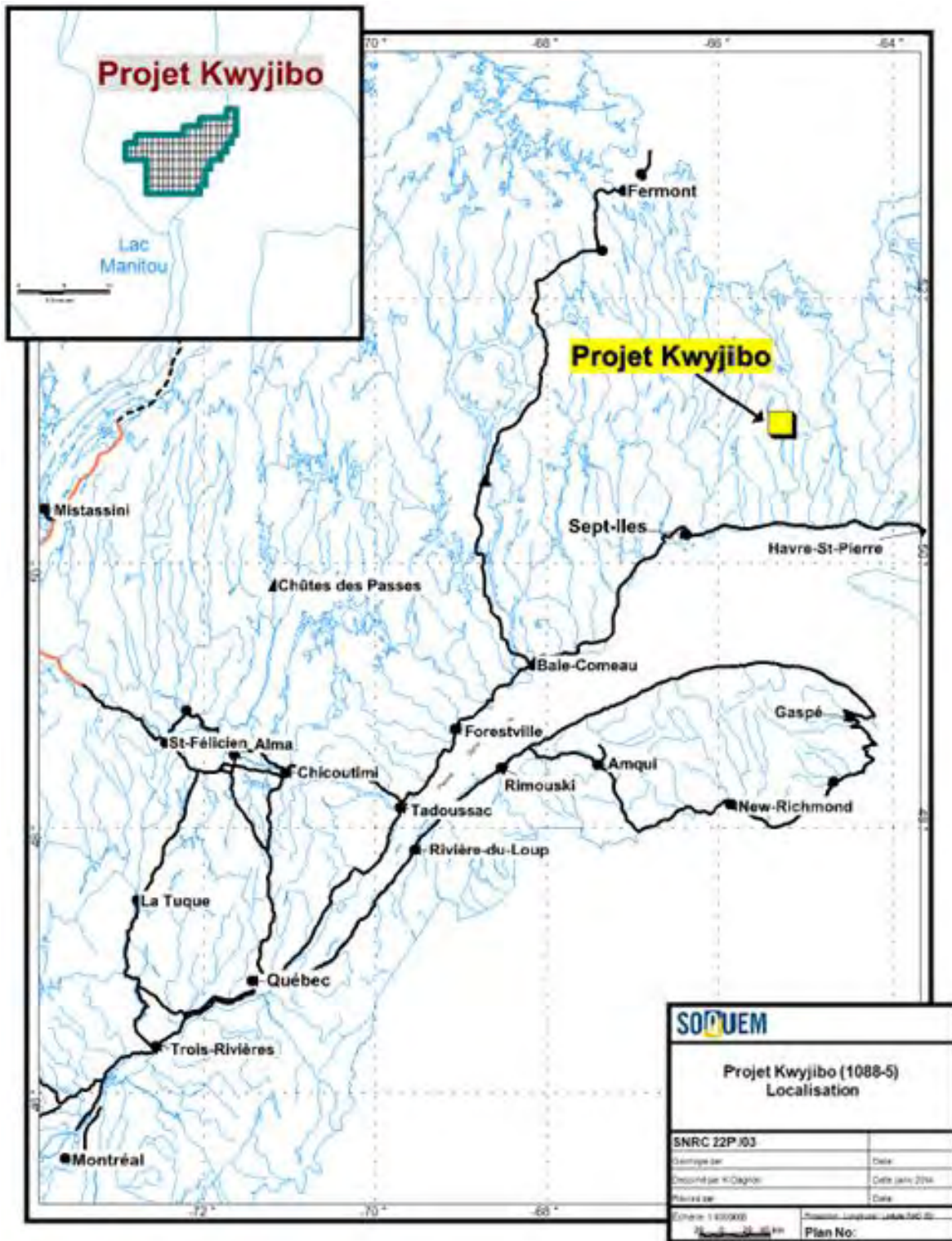
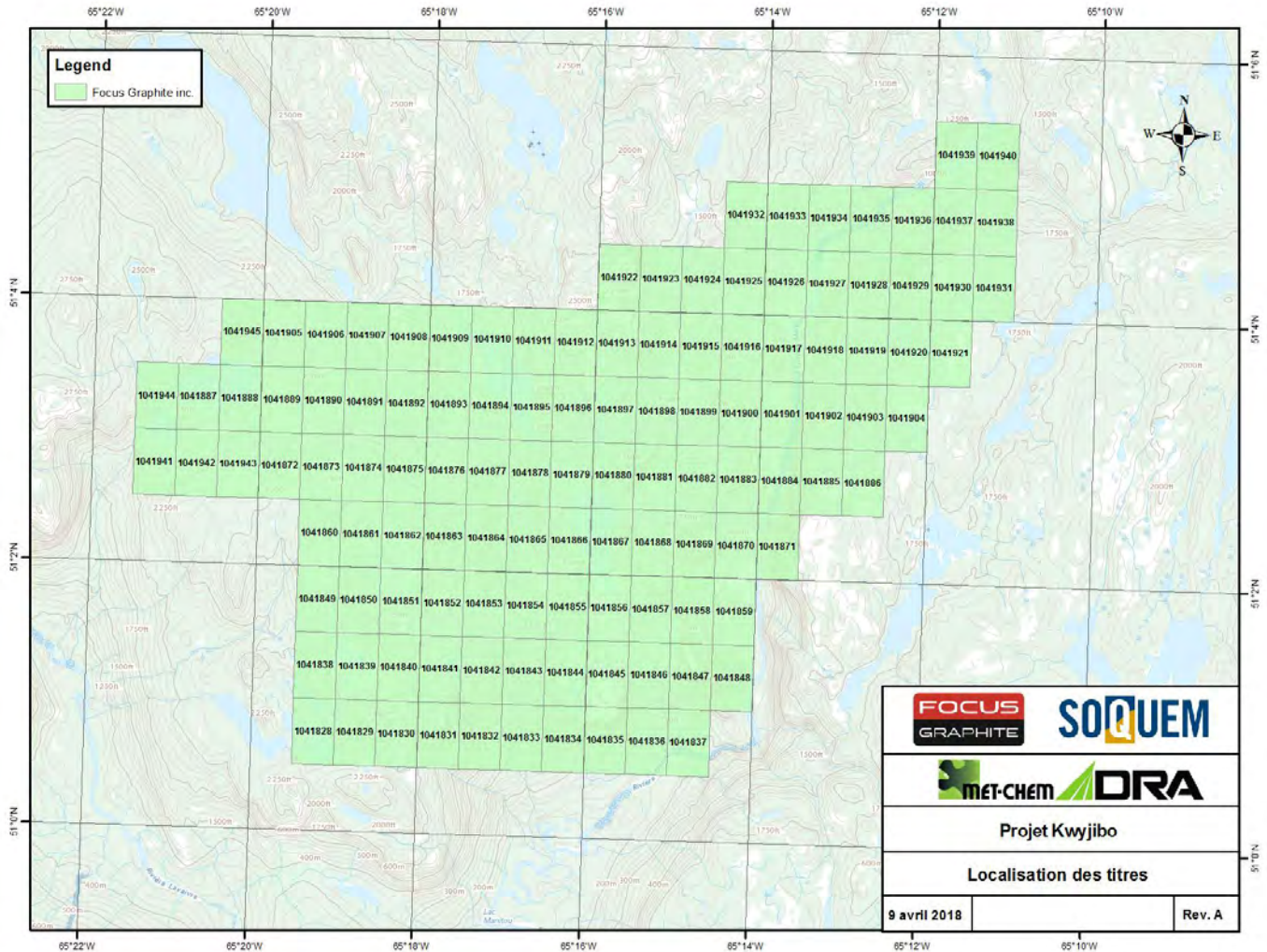


Figure 4.2 – Carte des claims de la propriété Kwjijbo



À l'origine, les claims ont été jalonnés sur le terrain, en territoire non cadastré, puis convertis et enregistrés comme claims désignés sur carte. Chaque claim couvre une superficie variant de 54,12 à 54,21 ha et cinq d'entre eux ont été agrandis lors de la conversion en février 2002 (Loi sur les mines, Article 42.2). La propriété n'a pas été arpentée, mais les limites des claims désignés sur carte correspondent à des limites de lots qui sont officiellement définies par coordonnées UTM selon un pré découpage du territoire.

Depuis novembre 2000, le principal mode d'acquisition du claim au Québec est la désignation sur carte, et ce procédé rend les claims incontestables.

4.3 Droits, obligations

Tous les claims de la propriété sont actifs et portent une date d'expiration du 11 décembre 2019. L'excédent de travaux statutaires requis est 7 853 478,23 \$. Les travaux requis au prochain renouvellement correspondent à 188 500 \$ et les droits requis à 7 434,44 \$.

L'excédent de travaux est concentré dans le quadrant NE de la propriété, mais peut être appliqué au renouvellement de tous claims qui sont compris à l'intérieur d'un cercle ayant un rayon de 4,5 km à partir du centre du claim pour lequel il y a un excédent.

Une redevance égale à 1,5 % du rendement net de fonderie (NSR), advenant l'exploitation commerciale de la Propriété Manitou, est due à Compagnie Minière IOC inc. sur la plus grande majorité des claims, pour toute la durée de l'exploitation commerciale.

4.4 Les droits miniers au Québec

Le claim est le seul titre d'exploration valable au Québec et s'obtient principalement par désignation sur carte. Le claim confère à son titulaire le droit exclusif de chercher toutes les substances minérales du domaine de l'État, à l'exception des dépôts meubles.

Pour obtenir un claim, le requérant doit compléter le formulaire de désignation sur carte par GESTIM Plus, une application géomatique accessible sur le Web qui offre un accès instantané aux données actualisées du Registre des droits miniers, réels et immobiliers du Québec. L'avis de désignation sur carte doit être accompagné du paiement complet des droits fixés par règlement à défaut de quoi, la demande sera refusée.

Les claims ont une validité de deux ans et peuvent être renouvelés indéfiniment pour des périodes de deux ans, à condition de payer les frais de renouvellement et d'exécuter un minimum de travaux d'exploration, selon certaines conditions.

Les montants requis pour les renouvellements des claims de la propriété Kwyjibo et pour les travaux statutaires correspondent aux tarifs applicables aux claims situés au sud de la latitude 52° N.

Au besoin, les travaux excédentaires sur un claim peuvent être étendus au renouvellement de tout autre claim qui se trouve dans un rayon de 4,5 km à partir du centre géométrique du claim dont sont tirés les crédits.

Le titulaire a droit à l'accès aux claims pour exécuter des travaux d'exploration. Toutefois, le titulaire doit obtenir une autorisation avant d'accéder à des terres concédées à des fins autres que minières ou à celles qui font l'objet d'un bail d'exploitation de substances minérales de surface,

Le titulaire de claim ne peut, sur les terres du domaine de l'État, ériger ou maintenir une construction sans obtenir du ministre une autorisation, à moins que ce ne soit un type de construction défini par le ministre qui ne nécessite pas d'autorisation. Les constructions

temporaires qui peuvent être facilement démontées et transportées font généralement partie de ces dernières.

L'information dans ce chapitre n'est qu'une description sommaire de quelques droits et obligations reliées aux claims. La description complète et officielle des droits et obligations attachés aux titres miniers se trouve dans la Loi sur les mines (site Internet de Publications Québec).

4.5 Obligations environnementales

En juillet 2012, SOQUEM a mandaté la firme de génie-conseil Roche ltée pour poursuivre une étude environnementale de base sur la qualité des eaux de surface de trois lacs et deux cours d'eau. Suivant les conclusions des rapports de Roche, la qualité de l'eau observée en 2012, 2013 et 2014 des cinq sites situés à l'intérieur de la propriété et de celui à la tête du lac Manitou était bonne. De l'information détaillée sur les questions environnementales se trouve dans le chapitre 20 Études environnementales de ce rapport.

Toutes les phases de développement de la propriété seront sujettes à des règles environnementales reliées, notamment, à la préservation de la qualité de l'air et de l'eau, la restauration des lieux, l'évacuation des déchets, etc.

Un déversement de faibles quantités de carburant diesel et d'huile hydraulique lors de la campagne de forage de 2011 a été nettoyé par les employés de SOQUEM. DRA/Met-Chem n'a observé aucun problème environnemental qui pourrait survenir suite à des travaux précédents lors de la visite du terrain. Les sites de forage visités ont été nettoyés et revégétés.

DRA/Met-Chem n'est pas au courant d'obligations environnementales particulières qui touchent la propriété. Cependant, DRA/Met-Chem n'a pas vérifié les obligations environnementales qui pourraient découler d'actions précédentes.

4.6 Permis requis

Les permis requis pour effectuer les travaux d'exploration, de dynamitage et de forage précédents ont été octroyés à SOQUEM. La mise en production éventuelle d'un gisement entraînera l'obtention de différents permis émis par différents ministères au Québec et au Canada.

DRA/Met-Chem ne voit aucune raison qui pourrait justifier le refus d'octroi d'un permis à l'avenir qui empêcherait la conduite de travaux supplémentaires sur la propriété.

4.7 Autres facteurs et risques

DRA/Met-Chem a seulement vérifié la validité des titres ou des droits sur la propriété, selon l'information sur les claims disponibles sur le registre Gestim. DRA/Met-Chem n'est au courant d'aucun facteur ou risque important qui pourrait affecter l'accès, les titres miniers ou le droit et la possibilité d'exécuter des travaux sur la propriété.

5 ACCESSIBILITÉ, CLIMAT, RESSOURCES LOCALES, INFRASTRUCTURE ET GÉOGRAPHIE PHYSIQUE

5.1 Accès au terrain

La propriété Kwyjibo est localisée en milieu isolé, à 125 km au nord-est de Sept-Îles sans accès par voie terrestre ou navigable (Figure 4.1). Le seul moyen de transport et de ravitaillement du camp est l'hélicoptère ou l'hydravion, au départ de la base du lac Rapide à Sept-Îles. Les déplacements sur le terrain sont ardues en raison du fort relief topographique et de l'absence de routes.

5.2 Géographie physique

La propriété Kwyjibo se trouve dans la région physiographique du Bouclier canadien, dans le massif du lac Magpie du plateau de la Basse-Côte-Nord. La région est caractérisée par plusieurs massifs rocheux entrecoupés de rivières qui s'écoulent dans des vallées encaissées. Plusieurs sommets et plateaux environnants composés principalement d'anorthosite et de gabbro dépassent les 800 mètres.

La propriété Kwyjibo est localisée sur le flanc sud d'un de ces plateaux. La région a connu les grandes invasions glaciaires du Quaternaire et le substratum rocheux est recouvert de dépôts glaciaires et fluvio-glaciaires dans les vallées, mais bon nombre d'affleurements se retrouvent sur les hauteurs. La région est caractérisée par une abondance de lacs et de rivières.

La propriété Kwyjibo est traversée à son extrémité est par la rivière Manitu et un de ses affluents coule au-dessus de l'horizon Josette. Plusieurs lacs se retrouvent sur la propriété et le lac Manitu se trouve à environ 10 km au sud.

5.3 Végétation

La région est caractérisée par la forêt boréale composée principalement d'épinettes noires et d'épinettes blanches, de bouleaux blancs et de peupliers faux-trembles dans les zones abritées des vents du nord et du nord-ouest. Les plateaux et les sommets sont caractérisés par une végétation alpine-nordique et les sommets dépassant les 800 mètres, sont généralement recouverts d'une végétation rabougrie ou sont complètement dénudés.

5.4 Faune

La région abrite des troupeaux de caribous forestiers, ainsi que l'original, l'ours noir et la martre qui ont été observés sur la propriété. La plupart des lacs sont peuplés d'ombles de fontaine et les grands lacs contiennent des populations de touladi (truite grise).

5.5 Climat

Le climat y est généralement froid et humide avec une température moyenne annuelle oscillant entre -10°C et + 0.6°C. Les étés sont relativement doux avec quelques pointes au-dessus de 22°

et les hivers sont particulièrement rigoureux avec des accumulations de neige importantes dans les vallées. Les données précises sur le climat dans la région de la propriété manquent, car la station météorologique la plus proche étant à Sept-Îles est de peu d'utilité vu la proximité du fleuve St-Laurent.

Malgré tout, des exploitations minières canadiennes fonctionnent toute l'année même dans des conditions climatiques plus rudes qui prévalent dans des régions plus au nord.

5.6 Infrastructure

Aucune infrastructure n'existe sur la propriété, à part quelques vestiges du camp d'exploration utilisé par SOQUEM lors de ses programmes d'exploration.

La ville la plus proche, Sept-Îles, regroupe un aéroport important (Code AITA: YZV; Code OACI: CYZV) ainsi que des installations portuaires pouvant accueillir des minéraliers de fort tonnage. Les infrastructures minières situées à proximité de la ville sont adaptées au traitement et à l'expédition de minerai de fer. Des entrepreneurs spécialisés dans des travaux liés à l'exploitation minière ou à la construction de barrages hydro-électriques sont présents à Sept-Îles, Port-Cartier et Baie-Comeau. Du personnel minier qualifié peut se trouver dans la région de Sept-Îles, Port Cartier ou dans les environs des mines de fer de la région de Fermont. Tous les services de base auxquels on peut s'attendre d'une ville de 25 000 habitants sont disponibles à Sept-Îles.

La voie ferrée de la Quebec North Shore and Labrador Railway (« **QNS&L** ») est située à 25 km à l'ouest des claims, ce qui constitue un atout majeur pour le projet dans une éventuelle exploitation minière.

Les lignes hydro-électriques de haut voltage (735 kV) provenant de Churchill Falls, au Labrador, suivent le tracé de la voie ferrée de la QNS&L, une filiale de la minière IOC, qui achemine le minerai de fer des régions de Schefferville, Labrador City et Wabush vers Sept-Îles.

Les cours d'eau, dont la Rivière Manitou qui se trouve à l'est de la propriété et les lacs se trouvant sur la propriété devraient suffire à subvenir aux besoins en eau d'une exploitation minière.

5.7 Droits de surface

Le secteur Kwijibo n'occupe qu'une partie de la propriété et il apparaît évident que la superficie entourant la minéralisation d'ETR de Kwijibo est suffisante pour les besoins d'une exploitation minière.

6 HISTORIQUE

6.1 Propriétaires antérieurs et changements de propriété

SOQUEM est le détenteur original de la propriété Kwjibo, dont les premiers claims (293 en tout) furent jalonnés en 1993, à la suite de ses travaux dans la région qui ont débuté en 1991. À l'origine, le projet était connu sous le nom de Projet Nipissis et la propriété était dénommée propriété Manitou avant de changer de nom pour Projet Kwjibo à partir de 1998.

Une convention de coparticipation signée le 13 avril 1995 entre SOQUEM et IOC octroyait un intérêt indivis de 65 % sur les 308 claims de 1994, augmentés à 372 en 1995, que SOQUEM détenait dans la Propriété Manitou, maintenant appelée propriété Kwjibo. Cette entente prévoyait la réalisation d'un vaste programme de travaux d'exploration à l'intérieur d'un secteur d'une superficie de plus de 45 000 km² dont les limites sont localisées 100 km de part et d'autre de la voie ferrée de la QNS&L.

Cette convention fut modifiée par lettre d'entente datée du 9 janvier 1996 signifiant le retrait d'IOC du partenariat. Par lettre du 22 octobre 1997, IOC confirmait la cession à SOQUEM de l'intérêt de 65 % qu'elle détenait dans la propriété. En considération de cette cession, SOQUEM convenait de verser à IOC une redevance égale à 1,5 % du revenu net de la fonderie, advenant l'exploitation commerciale de la Propriété Manitou et ce, pour toute la durée de l'exploitation commerciale.

En vertu d'une entente conclue avec SOQUEM en décembre 1997, Matamec Exploration inc. (Matamec) obtint le droit d'acquérir un intérêt de 50 % dans la propriété composée à ce moment de 337 claims en contrepartie d'investissements en exploration de 2 500 000 \$ en 5 ans, dont la somme de 350 000 \$ devant être dépensée au cours de la première année. En 1999 Matamec se retira du projet.

Une entente de coparticipation entre SOQUEM et Uranor inc. couvrant plusieurs cibles, dont la propriété Kwjibo, fut conclue en 2001. Entre autres, Uranor évalua le potentiel uranifère de Kwjibo et quelques études pétrographiques s'ensuivirent. Étant donné les valeurs relativement faibles en uranium, Uranor se retira du projet en 2003.

Les claims jalonnés furent convertis en 116 claims désignés sur carte (CDC) en 2002.

Le 3 août 2010, Focus Metals inc. conclut une entente d'option avec SOQUEM dans le but d'acquérir une participation de 50 % dans la propriété Kwjibo en effectuant des travaux d'exploration totalisant 3 M \$ sur cinq ans, dont 1 M \$ à dépenser au cours des deux premières années. En mai 2012, Focus Metals inc. changea de dénomination sociale pour Focus Graphite inc. Au mois de septembre, Focus avait investi plus de 3 M\$ depuis août 2010 et le 50 % de la propriété lui fut octroyé par SOQUEM.

SOQUEM gère les travaux d'exploration effectués à ce jour et Focus a la possibilité de devenir opérateur en payant 50 000 \$ en espèces ou en émettant un bloc d'actions ordinaires d'une valeur de 50 000 \$.

6.2 Travaux d'exploration historiques

Des travaux de cartographie exécutés par le Ministère des Mines du Québec en 1955-1956 dans la région du lac Manitou furent les premiers travaux d'exploration documentés dans la région de la propriété. Cependant, les résultats n'apparaissent que dans des rapports préliminaires (Jenkins, 1956 et 1957).

Dans les années 1960, le Ministère des Richesses naturelles a réalisé un programme de reconnaissance couvrant la région de la propriété (Franconi, Sharma et Laurin; 1975).

Entre 1996 et 1999, le MERN réalisa un important programme de cartographie géologique couvrant une vaste superficie, incluant le secteur de Kwyjibo (Chevé et al., 2001, Gobeil et al., 2003, Clark, 2003).

Le MERN a mené un vaste levé géochimique de 5 500 échantillons de sédiments de lacs durant l'été 1988 qui a mis en évidence des anomalies en Cu-Zn-ETR, dont celles du secteur Kwyjibo, et en Cu-Ni-Co (Beaumier, 1989). Ces travaux peuvent être considérés comme ayant conduit à la découverte des indices ETR de Kwyjibo.

Une étude métallogénique de la région, qui englobe le secteur de la propriété Kwyjibo, a été publiée par le MERN (Clark, 2003).

6.3 Ressources minérales et production historiques

Aucune estimation des ressources minérales sur la propriété n'a été faite avant ce jour et aucune production minérale n'a été obtenue de la propriété.

7 CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET MINÉRALISATION

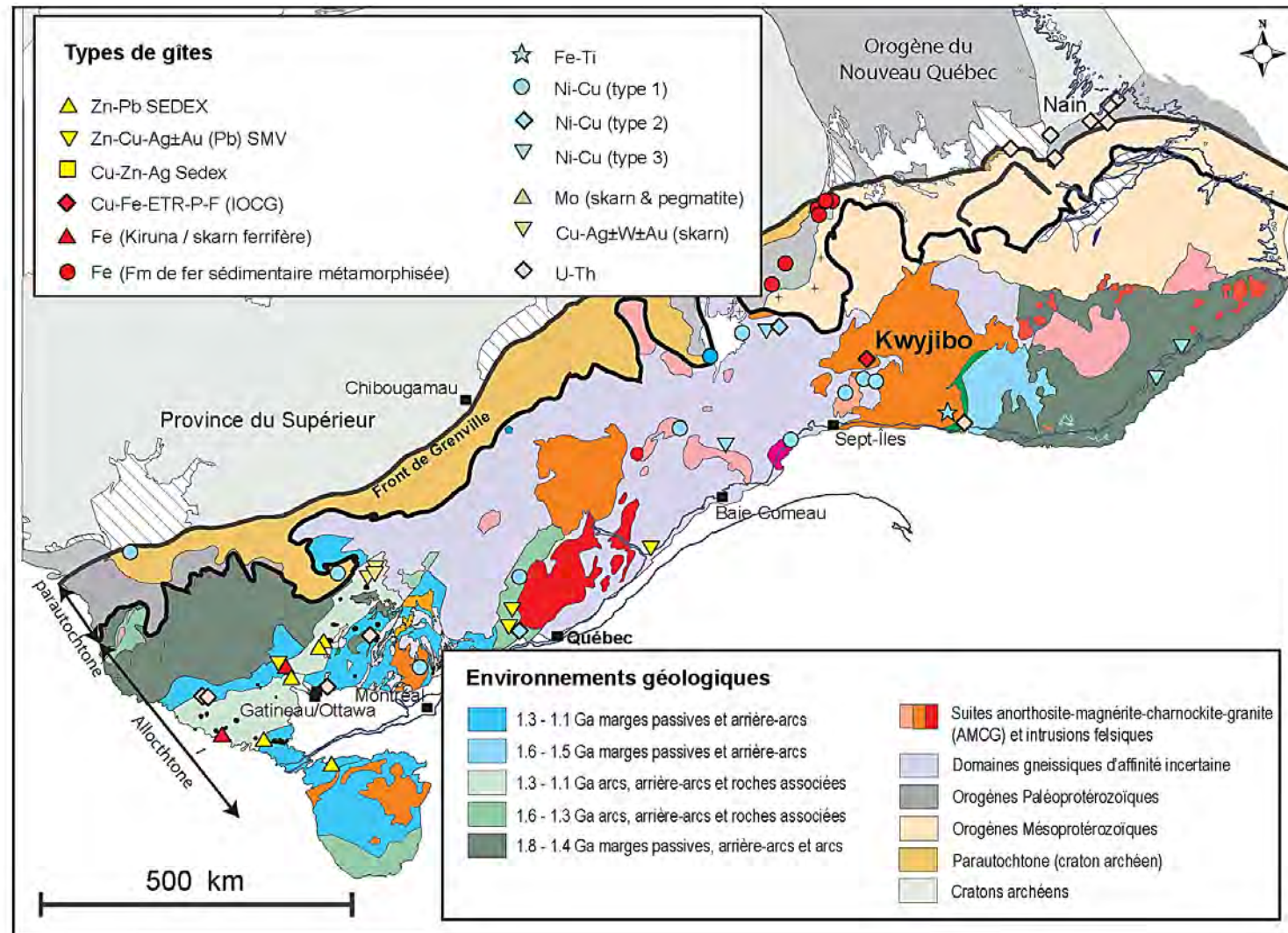
7.1 Géologie régionale

La propriété Kwyjibo est localisée dans la province géologique du Grenville, à environ 125 km au nord-est de Sept-Îles (Figure 7.1). Elle englobe certains des nombreux indices associés aux différents faciès texturaux de magnétite et d'hématite qui se retrouvent en bordure sud-est du complexe granitoïde de Canatiche.

Les grands ensembles lithologiques qui recouvrent les environs de la propriété sont représentés par les entités géologiques suivantes (Figure 7.2) :

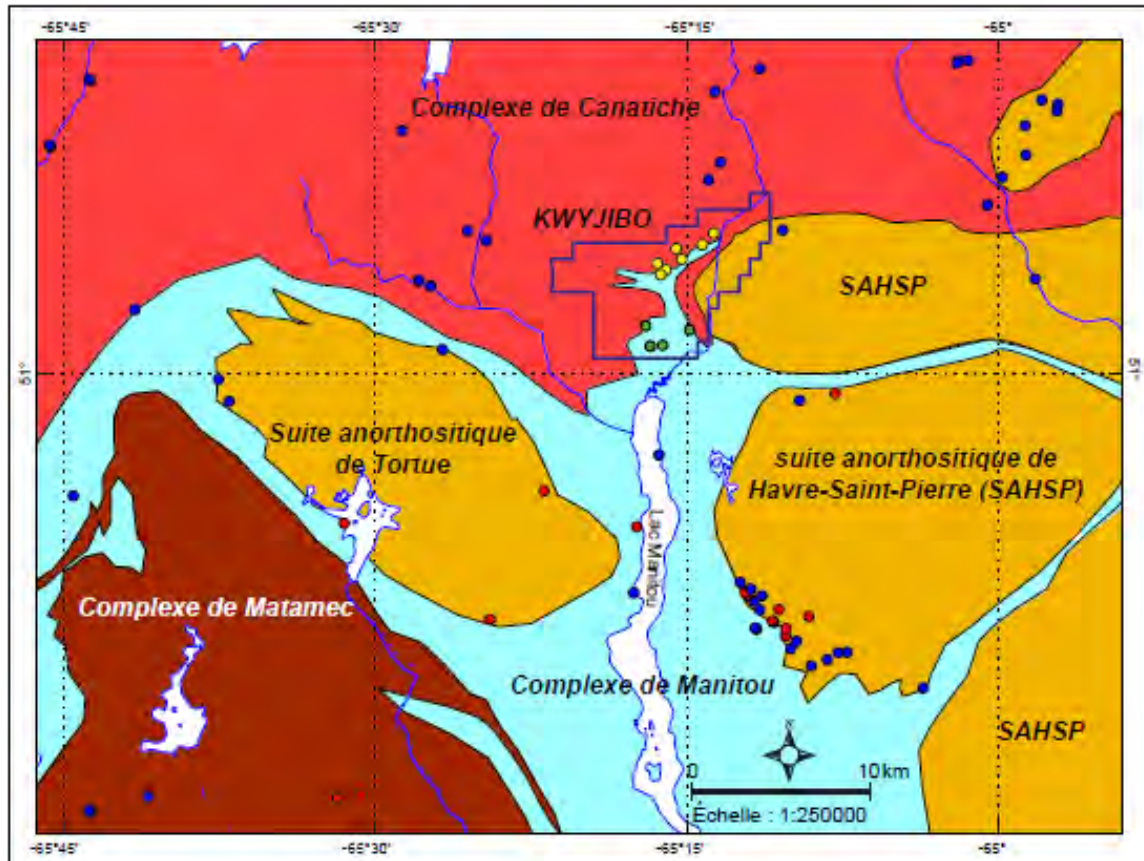
- Complexe de Canatiche (env. 1,18 Ga);
- Complexe de Manitou (<1,59 Ga, ou en partie plus ancien);
- Suite Anorthositique de Havre-Saint-Pierre (env. 1,13–1,06 Ga);
- Anorthosite de Tortue;
- Suite de granites discordants, syn- à post-tectoniques (1,03 Ga);
- Intrusions composites alcalines, de composition mafique à felsique (1,01–0,99 Ga) (Gobeil et al. 2003; Wodicka et al. 2003; D.W. Davis, non publié, 2004).

Figure 7.1 – Localisation de la propriété Kwjibo dans la Province de Grenville¹2007



¹ Modifiée de Corriveau et Al – 2007

Figure 7.2 – Géologie de la région englobant la propriété Kwjibio²



Légende

Suite anorthositique de Havre-Saint-Pierre
Lobe de Sheldrake (1150 à 1129 Ma)
Anorthosite, gabbro, norite, pyroxénite


Complexe de Canatiche
1181 Ma à 1168 Ma
Granite, gneiss granitique, gabbro,
magnétite, pegmatite

Complexe de Matamec (1350 à 1378 Ma)
Gabbro et monzonite

Complexe de Manitou (< 1166 Ma)
Paragneiss, gneiss à hornblende,
amphibolite, gneiss granitique,
granite et pegmatite

Minéralisations

- Fe-ETR-Cu-P
- Cu-Zn
- Ni-Cu-Co
- Cu-Ni

 Périmètre de la propriété
minière de Kwjibio

² Géologie tirée du SIGÉOM

a. Complexe de Canatiche

Le complexe de Canatiche contient des orthogneiss d'âge indéterminé, ainsi que des écailles de paragneiss et un granite à biotite ± hornblende plus récent (1181 ± 2 Ma), un leucogranite (1175 ± 5 Ma) et une pegmatite (Clark et al., 2005). Le granite à biotite ± hornblende contient de la magnétite, est de type métalumineux à peralumineux, anorogénique (A-type) et intraplaque (Clark et al., 2005 et références citées).

La limite sud du complexe de Canatiche est en contact de faille de chevauchement avec le complexe de Manitou reliée à la période de métamorphisme culminant de 1083-1076 Ma attribuée à la phase de l'épisode Ottawa de l'orogénèse grenvillienne (Clark et al., 2005). Toutes ces unités sont recoupées par des granites tardi-orogéniques et des pegmatites associées à l'orogénèse de Rigolet de l'orogénie grenvillienne (Gauthier et al., 2004 and Clark et al., 2005).

Un nombre élevé d'indices associés aux différents faciès texturaux de magnétite et d'hématite se retrouvent en bordure sud-est du complexe granitoïde de Canatiche.

b. Complexe de Manitou

Le Complexe de Manitou se manifeste par une séquence supracrustale vieille de 1 166 Ma (Chevé et al. 2001) dans laquelle se retrouvent des gneiss quartzofeldspathiques, des granites et des gneiss à pyroxène-hornblende (Gobeil et al., 2003).

Le Complexe de Manitou se limite à une lanière de 1 à 2 km de largeur pincée entre l'anorthosite de Tortue et le Complexe de Canatiche, dans la région à l'ouest de la propriété (Chevé, S., Gobeil, A., Clark, T., et Togola, N., 2001).

Le Complexe de Manitou renferme les dépôts riches en magnétite du secteur du Lac Marmont, au sud du lac Manitou.

c. Suite anorthositique de Havre-Saint-Pierre

La Suite anorthositique de Havre-Saint-Pierre forme un massif intrusif de forme très irrégulière d'environ 150 km de diamètre. Ce massif est interprété comme le résultat de la coalescence jusqu'à environ 1 062 Ma, de plusieurs amas anorthositiques (Gobeil et al., 1999b, 2000). La suite anorthositique couvre le spectre anorthosite-leuconorite-norite-leucogabbro-mangérite, avec accessoirement du gabbro et de la troctolite (Gobeil et al., en préparation). Les bordures du massif sont localement dominées par du gabbronorite, de la norite et des séquences litées ou rubanées anorthositiques, leuconoritiques et noritiques comportant des niveaux de pyroxénite localement minéralisés en Cu-Ni-(Co-ÉGP-Eu) (Saint-Germain, P., 2002).

d. Anorthosite de Tortue

L'Anorthosite de Tortue, localisée au SW du secteur Kwjibo, contient des lithologies similaires à la Suite anorthositique de Havre-Saint-Pierre (anorthosite et leuconorite), accompagnées de gabbros, de norites, de pyroxénites et de roches monzonitiques foliées et ocellées. L'Anorthosite de Tortue présente à sa bordure une unité leuconoritique d'environ 500 m de large caractérisée par la présence d'indices minéralisés en Cu-Ni-(Co-ÉGP-Au),

d'un litage décimétrique à métrique et d'une foliation magmatique bien développée (Saint-Germain, P., 2002).

Toutes les roches de la région ont été métamorphosées au faciès des amphibolites supérieur et, à part les entités tardives, sont foliées à divers degrés.

L'étude des linéations tectono-métamorphiques souligne un transport tectonique vers le N-NW dans la région de la propriété (Chevé, S., Gobeil, A., Clark, T, et Togola, N., 2001).

7.2 Géologie locale

La propriété chevauche deux complexes lithotectoniques séparés par une faille de chevauchement régionale: le complexe Manitou, composé principalement de roches supracrustales, au sud, et le complexe de Canatiche, formé principalement de roches granitiques au nord (Figure 7.3). À proximité de la minéralisation de Kwyjibo, le complexe de Manitou forme une bande entre le complexe de Canatiche et le complexe du Havre-Saint-Pierre.

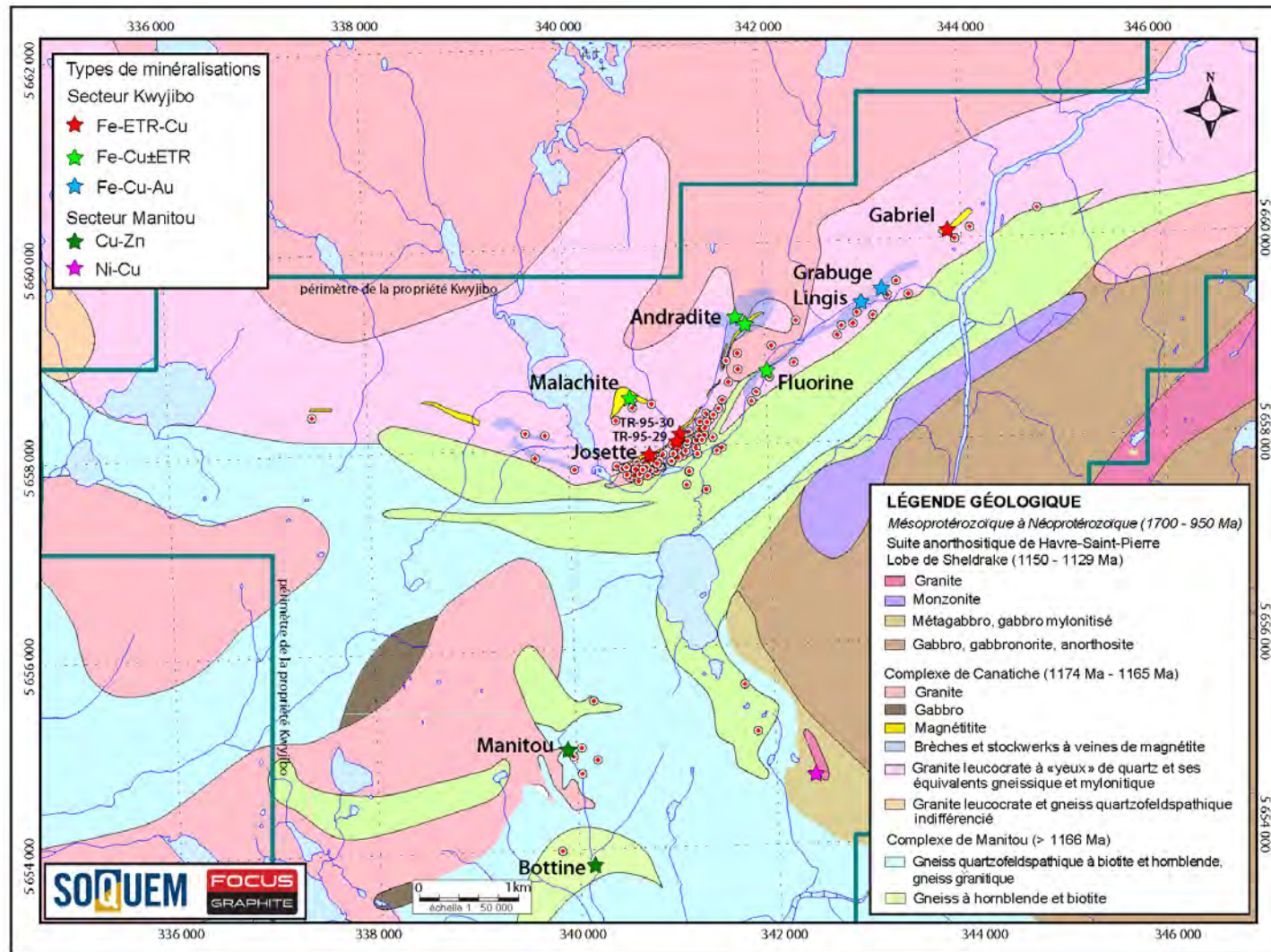
La propriété est l'hôte de dépôts et d'indices d'oxyde de fer d'âge mésoprotérozoïque, avec des teneurs importantes en Cu-ETR-P-F-Mo-U-Au.

Le leucogranite est métasomatique et des bandes de mylonite ont été recoupées en forage proche du contact du chevauchement avec le gneiss à hornblende-biotite du complexe Manitou. Le leucogranite hôte de l'horizon Josette est clairement folié ou gneissique.

Une unité décrite comme un gneiss granitique "bréchique" représente un horizon repère qui repose structuralement au-dessus de la magnétite minéralisée. Cette brèche pourrait être d'origine volcanoclastique et signifier que le leucogranite fait partie d'un complexe volcanique felsique (Gauthier et al., 2004). Certains y voient plutôt une brèche d'origine tectonique ou hydraulique (Clark et al., 2005).

Des plissements et boudinages sont observés à toutes échelles, dans les magnétites et dans les brèches riches en magnétite qui y sont associées.

Figure 7.3 – Contexte géologique des zones minéralisées du secteur Kwijibo



7.3 Minéralisation

Deux types de minéralisation se retrouvent sur la propriété Kwyjibo, le sud de la propriété avec des minéralisations cupro-zincifère et le quadrant NE de la propriété avec des indices de Cu-ETR-P-F-Mo-U.

La partie sud de la propriété est caractérisé par des minéralisations cupro-zincifères sédimentaires de type SEDEX (sédimentaire-exhalatif) localisée dans le complexe de Manitou. Les travaux d'exploration et de forage, ainsi que les résultats concernant ce secteur (indice Manitou et indice Bottine) ne sont pas décrits dans ce Rapport, car ils ne sont pas pertinents en ce qui concerne la présente étude portant sur le gîte d'ETR de Josette.

Le secteur Kwyjibo est l'hôte d'une dizaine d'indices polymétalliques et de dépôts connus, dont le gîte Josette, qui s'étendent sur une distance de 4 km. Cette minéralisation d'oxyde de fer est d'âge mésoproterozoïque, et contient des teneurs importantes en Cu-ETR-P-F-Mo-U et plus ou moins importantes en or. En plus du dépôt Josette, les principaux indices connus, soit Malachite, Fluorite, Andradite, Grabuge, Lingis et Gabriel, s'étendent sur une distance de 1,2 km sur la propriété. Hormis l'Horizon Josette, la plupart de ces zones contiennent de basses teneurs en cuivre et ETR (Figure 7.4).

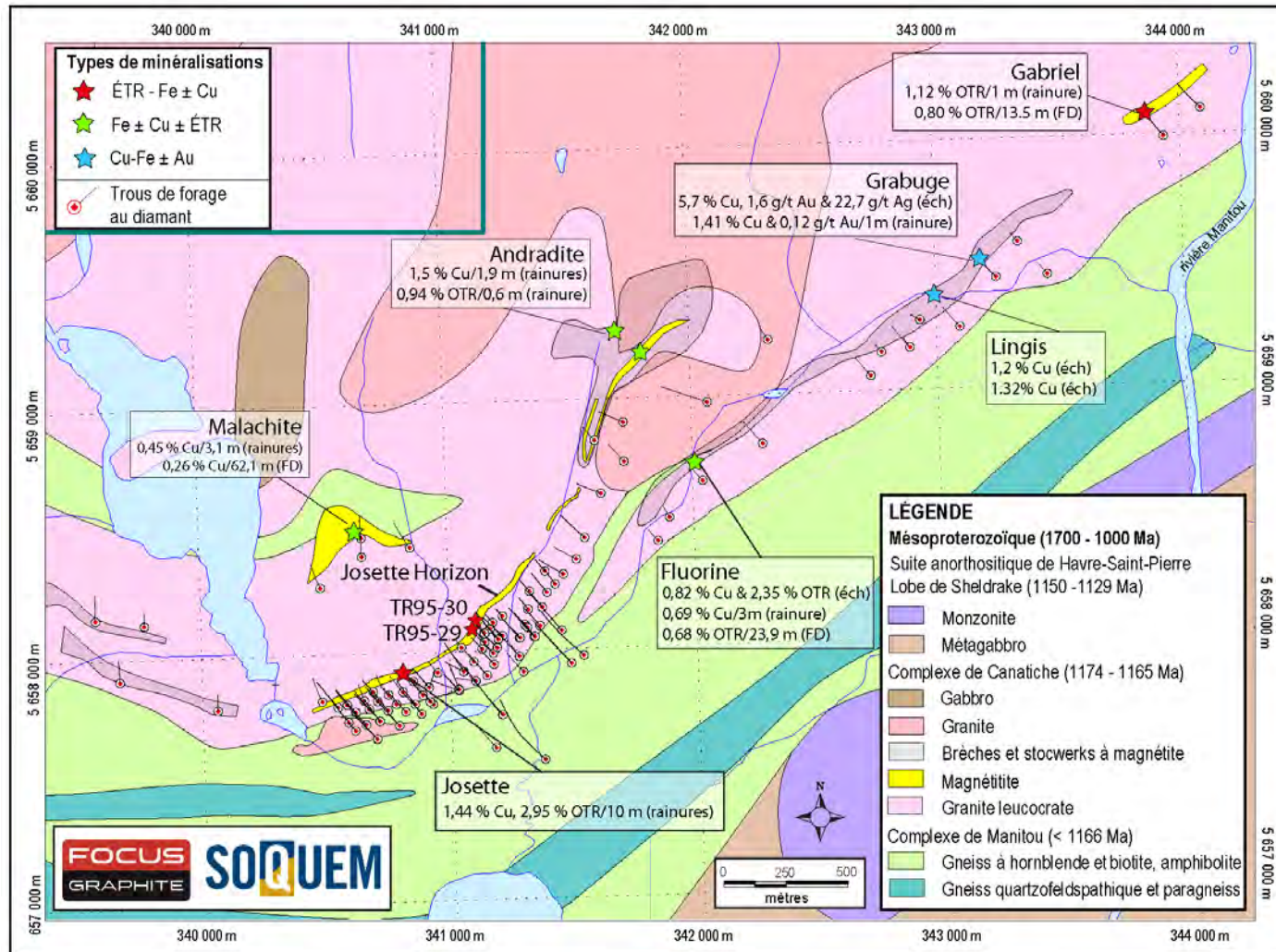
La minéralisation de Kwyjibo était déjà identifiée sur la propriété en 1993 comme minéralisation de type oxydes de fer-Cu-Au (iron oxide-copper-gold (« **IOCG** »)). Le gîte de Kwyjibo est considéré maintenant comme la meilleure cible d'exploration d'IOCG au Québec. La minéralisation de la zone Josette est l'objet de l'estimation des ressources et de cette étude.

L'évènement minéralisateur qui est à l'origine de la formation de fer hydrothermale a commencé lors d'un raccourcissement crustal relié à l'orogénèse de Grenville. Cependant, la plus grande partie des ETR et des sulfures de Fe-Cu ont été remobilisés et déposés au cours des phases d'extension plus tardives (Gauthier et al., 2004, Clark et al., 2005 et 2010).

Les zones minéralisées de Kwyjibo affichent une histoire d'altération complexe, qui est le résultat de l'effet combiné des fluides hydrothermaux et météoriques et d'un contrôle structural prononcé (Clark et al., 2005 et 2010).

Des différences importantes entre les indices relèvent essentiellement des variations d'épaisseurs, des extensions latérales et en profondeur de la magnétite, de la proportion entre la magnétite massive et les brèches à veines de magnétite, de l'importance de la deuxième génération de magnétite et finalement du contenu minéralogique et de la présence ou non de terres rares et de chalcopryrite.

Figure 7.4 – Localisation des indices



La minéralisation de l'indice Malachite, encaissée dans un gneiss quartzo-feldspathique et un schiste à hornblende-biotite, se loge dans de la magnétite massive et bréchique et dans une brèche dont la matrice est riche en magnétite. La chalcopryrite est disséminée avec la magnétite et l'apatite dans les fragments de granite dans une brèche à magnétite. La chalcopryrite se retrouve également dans des veinules de magnétite massive associée à de l'épidote-amphibole-biotite-apatite lenticulaire.

L'indice Andradite est constitué en majeure partie de brèches avec des veines de magnétite recoupant le granite leucocrate et d'un niveau lenticulaire de magnétite massive intercalée dans un gneiss calcosilicaté à fluorine et andradite. Ce gneiss est caractérisé par un rubanement de roches enrichies en fluorine, andradite, pyrite, et localement de la chalcopryrite, alternant avec le granite leucocrate altéré à divers degrés. Des veines de quartz-hématite, stratiformes à discordantes par rapport à la gneissosité régionale, sont communes dans l'indice Andradite (Perreault, S., 2015).

L'horizon Josette est composé de formation de fer hydrothermale, connue sous le nom de magnétite massive et bréchifiée, ainsi que de brèches et de stockwerks de magnétite et des veines de calco-silicates dans un leucogranite gneissique. L'indice Josette renferme les meilleures teneurs en ETR.

Les descriptions suivantes sont très largement tirées du rapport « *Kwyjibo, a REE-enriched iron oxides-copper-gold (IOCG) deposit* » (Perreault, S. et Lafrance, B.; 2015).

La minéralisation dans l'horizon Josette se retrouve dans trois zones:

- La Brèche supérieure qui est composée de veines de magnétite avec des quantités variables de veinules de fluorine, localement avec des veines centimétriques à décimétriques d'hématite spéculaire et de lits riches en muscovite. La Brèche supérieure est bien développée dans le gneiss fragmentaire et peut être interprétée comme un tuf à lapilli métamorphisé. L'épaisseur de la Brèche supérieure varie de 1 m à 10 m et contient de très faibles teneurs en ETR.
- La zone centrale à magnétite est une formation de fer hydrothermale qui contient plus de 50 % de magnétite et des teneurs élevées en ETR, ainsi que du Cu, P et F. La magnétite est une roche hétérogène, bréchifiée, avec des lentilles centimétriques à décimétriques de magnétite massive à grain fin, d'apatite disséminée, hornblende, quartz et chalcopryrite. La magnétite est bréchifiée par des stockwerks de veines métasomatiques de magnétite secondaire et de veines d'apatite-britholite-allanite±kainosite, accompagnées d'andradite, hornblende, titanite et, localement, de clinopyroxène, scapolite, plagioclase, sidérite, calcite et quartz. Des veines d'apatite et de britholite interdigitées sont typiquement rouges et indiquent généralement de hautes teneurs en ETR. Des veines tardives de pyrite et de pyrrhotite avec ou sans chalcopryrite recoupe la magnétite bréchifiée.

La plus grande partie des ETR se trouve dans l'apatite, britholite, allanite et kainosite des veines de minéraux calco-silicatés, alors que la magnétite massive renferme des teneurs

plus faibles. L'épaisseur de la zone à magnétite varie de 1 m à plus de 40 m, résultat de boudinage à grande échelle et de réduction de l'épaisseur dans les flancs de plis.

- La zone de Brèche inférieure consiste en veines centimétriques à décimétriques lenticulaires, en strates et boudins de magnétite à grain fin alignées selon la foliation régionale du leucogranite. L'épaisseur de cette zone varie de 1 m à plus de 40 m. Ces roches sont recoupées ou remplacées par des stockwerks et veines de minéraux calcosilicatés, qui contiennent ou non de la magnétite. Ces veines chevauchent la limite entre la magnétite et le leucogranite. L'importance des stockwerks et le nombre de veines décroissent à mesure qu'on s'éloigne de la magnétite. Typiquement, le leucogranite est affecté d'une intense altération potassique et d'hématisation tardive. Dans la partie la plus profonde, au nord-est de l'horizon Josette, la minéralisation devient plus importante dans la Brèche inférieure que dans la Zone à magnétite.

Les zones minéralisées sont recoupées par des intrusions de roches mafiques qui ont été déformées et métamorphosées au faciès des amphibolites et sont traversées par des dykes de granite et pegmatite tardi-grenvilliens.

Les variogrammes le long des trous (« downhole ») suggèrent une certaine nature rythmique dans la magnétite centrale.

8 TYPES DE GÎTES MINÉRAUX

La caractérisation et classification des dépôts de type IOCG comme type distinct de minéralisation résultent principalement de la découverte en 1975 du gisement Olympic Dam en Australie, et des nombreuses études qui en ont découlé.

La classification des gîtes de type IOCG repose sur une définition de plusieurs paramètres pour les distinguer de gîtes analogues ou ressemblants, afin de construire un modèle d'exploration fiable. À titre d'exemple, les minéralisations d'oxyde de fer-apatite de type Kiruna et les skarns ferrifères ne sont pas à proprement parler des dépôts IOCG, mais ils partagent certains traits distinctifs avec les IOCG.

Les critères définissant les IOCG incluent leurs caractéristiques géochimiques (altération), leur environnement tectonique et géologique, la source des fluides minéralisateurs, des métaux et des autres éléments.

L'information qui suit dans ce chapitre est largement tirée du rapport « *Kwyjibo, a REE-Enriched Iron Oxide-Copper-Gold (IOCG) Deposit* » (Perreault S., et Lafrance, B., 2015).

Les gîtes de type IOCG se caractérisent par la présence d'importantes quantités de fer sous forme de magnétite-hématite faiblement titanifère, ainsi que de teneurs anormalement élevées en cuivre, or, terres rares, phosphore, uranium, argent ou cobalt (Barton, 2014).

Les dépôts de ce type sont généralement régis par des contraintes structurales ou stratigraphiques et sont en association spatiale et temporelle avec des phénomènes de métasomatisme Na-Ca-K intense et envahissant.

L'activité magmatique-hydrothermale communément reliée à des intrusions à l'échelle continentale de composition granitique de type I (précurseur igné) ou S (précurseur sédimentaire) est à l'origine de ces dépôts. Ce type de minéralisation est localisée dans des milieux tardi- ou post-orogéniques, en extension, intra-cratoniques, intra-arcs ou arrière-arcs, à faible ou moyenne profondeur de la croûte (Barton, 2014), quoique les dépôts d'association métamorphique semblent être reliés à des contraintes de compression (Corriveau, 2007; Groves et al., 2010; Barton, 2014).

Le gisement géant riche en hématite et Cu-U-Au Olympic Dam en Australie contient environ 0,3 à 3,0 % de terres rares, avec fort enrichissement en terres rares légères (Barton, 2014). Les terres rares sont présentes dans l'apatite et dans diverses phases accessoires de phosphates (monazite, xenotime, britholite), fluorocarbonates (bastnasite, synchysite) et silicates (allanite) (Barton, 2014).

Les principaux éléments contenant des terres rares du gisement riche en magnétite de Kiruna en Suède, qui est un gisement d'oxydes de fer-apatite à l'autre extrémité du spectre du type IOCG, sont principalement l'apatite, mais aussi la titanite et l'allanite. La teneur moyenne en terres rares des gisements de ce type varie de 0,33 % à 0,66 %.

Dès le début des années 1990, SOQUEM a réalisé que la minéralisation de la région de Kwijibo partage de nombreuses similitudes avec le type IOCG (Perry et Raymond, 1996). Parmi ces caractères distinctifs se trouvent une anomalie magnétique régionale et des patrons d'altération comprenant :

- Enrichissement en fer;
- Altération sodique-calcique (Clark et al., 2005, 2010);
- Altération potassique accompagnée d'appauvrissement en sodium;
- Silicification et veines de quartz;
- Hématitisation (hématite spéculaire);
- Teneurs anormales en F, P, ETR, Y, Cu, Mo, Th, et localement U.

Le type de gîtes IOCG a servi de modèle pour guider les travaux de prospection et d'exploration dans le secteur Kwijibo de la propriété. Ce modèle a servi dès le début des travaux d'exploration exécutés par SOQUEM et il a été confirmé depuis comme étant valide.

9 TRAVAUX D'EXPLORATION

Un levé de géochimie de sédiments de lacs en 1988 par le Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec (MERQ) a mené à la découverte des anomalies en Cu-Zn-ETR, et en Cu-Ni-Co, de la région de la propriété Kwyjibo. Suite à cette découverte, différents types de travaux d'exploration de suivi ont été exécutés par SOQUEM et IOC, de 1991 à 1996, à l'intérieur d'une vaste région qui s'étendait jusqu'à 100 km de part et d'autre de la voie ferrée de la QNS&L. Ces travaux consistaient principalement en cartographie et prospection, levés de sédiments de lacs et de géophysique EM/MAG.

Durant la campagne de terrain de 1993, un levé de sédiments de lac plus détaillé mené par SOQUEM, suivi d'un levé MAG/EM hélicopté et d'une campagne de prospection, ont conduit à la découverte d'indices de cuivre et cuivre-terres rares à une dizaine de kilomètres au nord du lac Manitou (Perry, 1994, GM 55005). La minéralisation du secteur de Kwyjibo fut donc découverte suite à des travaux de suivi d'anomalies générées par un levé régional de sédiments de fond de lac, qui coïncident avec une anomalie magnétique régionale de forme curvilinéaire. SOQUEM jalonna 293 claims et débuta la coupe de ligne et un levé PP/MAG. La propriété était connue sous le nom de Propriété Manitou, Projet Nipissis, avant de prendre le nom de Propriété Kwyjibo, en 1998.

Les travaux d'exploration exécutés par SOQUEM sont résumés dans le Tableau 9.1 à partir des descriptions détaillées qui sont présentées dans des rapports soumis au MERN par SOQUEM à titre de résultats de travaux statutaires. Ces rapports sont disponibles sur le site Internet Gestim sous les titres suivants : Perry, C., 1995, GM 54187; Perry, C., et Roy, I., 1997, GM 55005; Roy, I., février 1999, GM 8046; Perreault, S., et Artinian, B., 2012, GM 67330; Perreault, S., 2015, GM 69518 et sont cités sous le chapitre 27 – Références.

Quoique l'indice de cuivre-zinc Manitou se trouve à l'intérieur de la propriété, les travaux qui s'y rapportent sont exclus de ce Rapport, car ils n'ont aucun impact sur l'interprétation de la minéralisation en ETR et de l'estimation des ressources dans le secteur Kwyjibo. Cette information n'est donc pas considérée comme pertinente pour les besoins de cette EEP.

Tableau 9.1 – Résumé des travaux d'exploration dans le secteur Kwijibo de la propriété

Compagnie	Date	Travaux d'exploration dans le secteur Kwijibo
SOQUEM - IOC (Coparticipation)	1991	Début de travaux de cartographie, géochimie et géophysique dans la région de la propriété
	1993	<ul style="list-style-type: none"> • Prospection • Coupe de lignes (21,43 km) • Rainurage (indice Fluorine) • Levé de magnétométrie (MAG) au sol (18,55 km) et de Polarisation provoquée (PP); par Géophysique Sigma inc. • Levé MAG/EM hélicoptère (sur plusieurs blocs) • Sédiments de fond de lac, sédiments de ruisseaux • 293 claims jalonnés
	1994	<ul style="list-style-type: none"> • Cartographie • Prospection et levé radiométrique (indice Fluorine) • Coupe de lignes (2 réseaux, 31,9 km; ligne de base, 4,8 km) • Levé de PP et MAG au sol; par Géosig inc. • Levés de géochimie de ruisseaux (37 échantillons), sols (horizon B, 169 éch.) et roches, par 14,3 m de rainurage (indices Fluorine & Josette) • Échantillonnage pour lithogéochimie sur blocs et affleurements • 15 claims supplémentaires jalonnés (total de 308)
	1995	<ul style="list-style-type: none"> • Cartographie • Étude pétrographique au microscope électronique à balayage et à la microsonde • Prospection et décapage & dynamitage (5 tranchées; 30,55 m de rainurage et 48 échantillons; 5 échantillons provenant d'affleurements) • Coupe de lignes (28,3 km & 2,0 km de ligne de base) • Levé de PP et MAG au sol (26,8 km) par Geosig inc. • Levé radiométrique/MAG hélicoptère (sur l'ensemble de la propriété, par Sial Géoscience inc. • Levé MAG au sol • Levé radiométrique au sol • Levés de géochimie de sols (343 éch.) et de roches (118 éch.) • Jalonnement de claims (portant le total à 372)

Compagnie	Date	Travaux d'exploration dans le secteur Kwjijibo
SOQUEM - Matamec	1998	<ul style="list-style-type: none"> • Levé électromagnétique (diagraphie EM) de type Pulse-EM dans 4 sondages (95-34B; 98-43, -44, -48), par Crone Geophysics Ltd et Val-d'Or-SAGAX inc. de Val-d'Or • Levés de géochimie de sols (24 éch.) • Travaux de Thèse de maîtrise, A. Cayer (proposition de travaux pour 1999) • Valorisation du potentiel en éléments des terres rares et yttrium (par microsonde); T. Birkett, SOQUEM • Essais de traitement de minerai (50 kg de l'horizon Josette) au Centre de Recherches minérales (rapport interne) • Abandon de claims, ramenant le total à 337 claims
SOQUEM	1999	<ul style="list-style-type: none"> • Étude minéralogique des phosphates, ETR et yttrium; Mariano, 1999 (rapport interne); • Étude minéralogique, pétrographique, lithogéochimique et traitement de minerai; Birkett, 1999 (rapport interne)
	2000-2001	<ul style="list-style-type: none"> • Tests métallurgiques préliminaires chez Lakefield Research (rapport interne) • Thèse de deuxième cycle (M.Sc.) sur la propriété Kwjijibo; Cayer, 2001
SOQUEM - Uranor	2001	<ul style="list-style-type: none"> • Travaux d'exploration réalisés par Uranor; Genest et al., 2003 (GM 60172) • Levé radiométrique, par SOQUEM
SOQUEM	2002	<ul style="list-style-type: none"> • Thèse de deuxième cycle (M.Sc.) sur la propriété Kwjijibo; Magrina, 2002
	2003	<ul style="list-style-type: none"> • Supervision de deux thèses de deuxième cycle (M.Sc.) ayant pour cadre la propriété Kwjijibo (Cayer, 2001 et Magrina, 2002) • Travail sur une étude de préfaisabilité pour la récupération des terres rares
	2005-2006	<ul style="list-style-type: none"> • Levé hélicoptère électromagnétique VTEM (domaine du temps) sur toute la propriété, par Geotech Ltd., Toronto;
	2008-2009	<ul style="list-style-type: none"> • Étude sur le potentiel en ETR; par Genivar (à la demande de SOQUEM; rapport interne)

Compagnie	Date	Travaux d'exploration dans le secteur Kwjijibo
SOQUEM-Focus	2010	<ul style="list-style-type: none"> • Rééchantillonnage et réanalyse de tout le spectre des ETR, éléments en traces et majeurs, principaux métaux usuels et précieux des meilleures zones minéralisées des sondages de 1994 à 1998 sur les grilles Josette et Fluorine • Validation des journaux de sondage de 1994-1998 • Compilation de données • Mise à jour de l'interprétation et modélisation des anomalies EM obtenues lors du levé VTEM aéroporté • Cartographie • Localisation au GPS des indices minéralisés de la propriété • Relocalisation au GPS de la plupart des sondages historiques • Prospection au marteau & tapis MAG & EM (« Beep Mat »), cartographie (vérification de l'extension NE de l'indice Josette vers Andradite) • Suivi des anomalies du levé hélicopté de MAG/VTEM • Rainurage et lithogéochimie des indices Gabriel, Grabuge et des brèches de l'indice Andradite
	2011	<ul style="list-style-type: none"> • Coupe de lignes (78 km) et rafraîchissement sur les grilles Josette, Ouest-Josette, Fluorine et Grabuge-Gabriel • Cartographie • Étude environnementale de base sur la qualité des eaux de surface de 3 lacs et 2 cours d'eau, par Génie-conseil Roche Ltée (Norda Stelo) (2011-2012)
	2012	<ul style="list-style-type: none"> • Coupe de lignes (42 km) • Levé TDEM (In-Loop) de surface; Abitibi Géophysique inc., novembre 2012 • Contrôle de qualité des levés TDEM par MB Géosolutions inc. (rapport interne) • Imagerie hyperspectrale sur les carottes de forage de 2011 par Photonic Knowledge. • Étude sur les opportunités métallurgiques associées à l'indice Josette située sur la propriété Kwjijibo au nord de Sept-Îles par Services métallurgiques Metchib de Chibougamau.
	2013-2014	<ul style="list-style-type: none"> • Essais métallurgiques au laboratoire de COREM, Québec avec suivi par groupe-conseil Roche. • Étude détaillée de cinquante (50) lames minces polies du projet Kwjijibo par COREM
	2014	Évaluation de la performance des laboratoires ALS (analyses de 2011 et 2012), Actlabs (2013) par un laboratoire tiers (Accurassay)
	2014-2015	Deuxième phase d'essais métallurgiques au laboratoire de COREM, Québec avec suivi par groupe-conseil Norda Stelo.
	2015-2016	Troisième phase d'essai métallurgique chez Hazen Research inc. situé à Golden, Colorado (USA) avec suivi par le groupe-conseil Norda Stelo et par Éric Larochelle, de SMH Process Innovation.

Compagnie	Date	Travaux d'exploration dans le secteur Kwjijibo
	2016-2017	Quatrième phase d'essai métallurgique chez Hazen Research inc. situé à Golden, Colorado (USA) avec suivi par le groupe-conseil Norda Stelo et par Éric Larochelle, de SMH Process Innovation.

De manière très générale, les méthodes et paramètres des travaux de prospection, d'échantillonnage et des levés de géochimie et de géophysique ont été appliqués selon les meilleures normes de l'industrie ont été exécutés par des personnes expérimentées. Les méthodes d'échantillonnage étaient appropriées et ont efficacement découvert plusieurs zones et types de minéralisation sur la propriété.

L'évolution et l'adaptation des méthodes d'exploration se sont fait de manière logique à partir des travaux de reconnaissance (sédiments de lacs), stratégiques (sédiments de ruisseaux, levés héliportés) et tactiques (rainurage, échantillonnage), pour générer les cibles qui ont été testées en phases de forage successives. Une certaine continuité caractérise ce projet que SOQUEM a dirigé dès la découverte en ETR à cette étude économique.

Les résultats significatifs de ces travaux, en ce qui concerne le projet d'ETR de Kwjijibo, ont permis la récolte d'information géologiques, structurales, minéralogiques, métallurgiques et géochimiques qui a amené à cette première estimation de ressources. Les travaux d'échantillonnage n'ont pas introduit de biais important puisque les teneurs en ETR dans les affleurements ont été généralement confirmées par forage et par des tests métallurgiques.

10 FORAGE

10.1 Introduction

Toute l'information dans ce chapitre représente un résumé des rapports de travaux soumis au MERN par SOQUEM à titre de travaux statutaires (GM 54187, GM 55005, GM 58046, GM 67330, GM 69518; 27 Références).

Les sondages exécutés sur le secteur Manitou (indices Manitou et Bottine, sur la grille A) au sud de la propriété sont exclus de ce chapitre, car ils visaient une minéralisation de type SEDEX qui n'a aucune incidence sur la minéralisation en terres rares du secteur Kwyjibo qui est l'objet de l'estimation des ressources et de la présente étude.

10.2 Procédures de terrain, méthodes de forage

Tout le forage dans le secteur Kwyjibo a été exécuté par SOQUEM et entièrement en forage au diamant (carotté). Le nombre de sondages et les métrages exécutés lors de chaque campagne sont présentés dans le Tableau 10.1 et la localisation des sondages est illustrée dans la Figure 10.1.

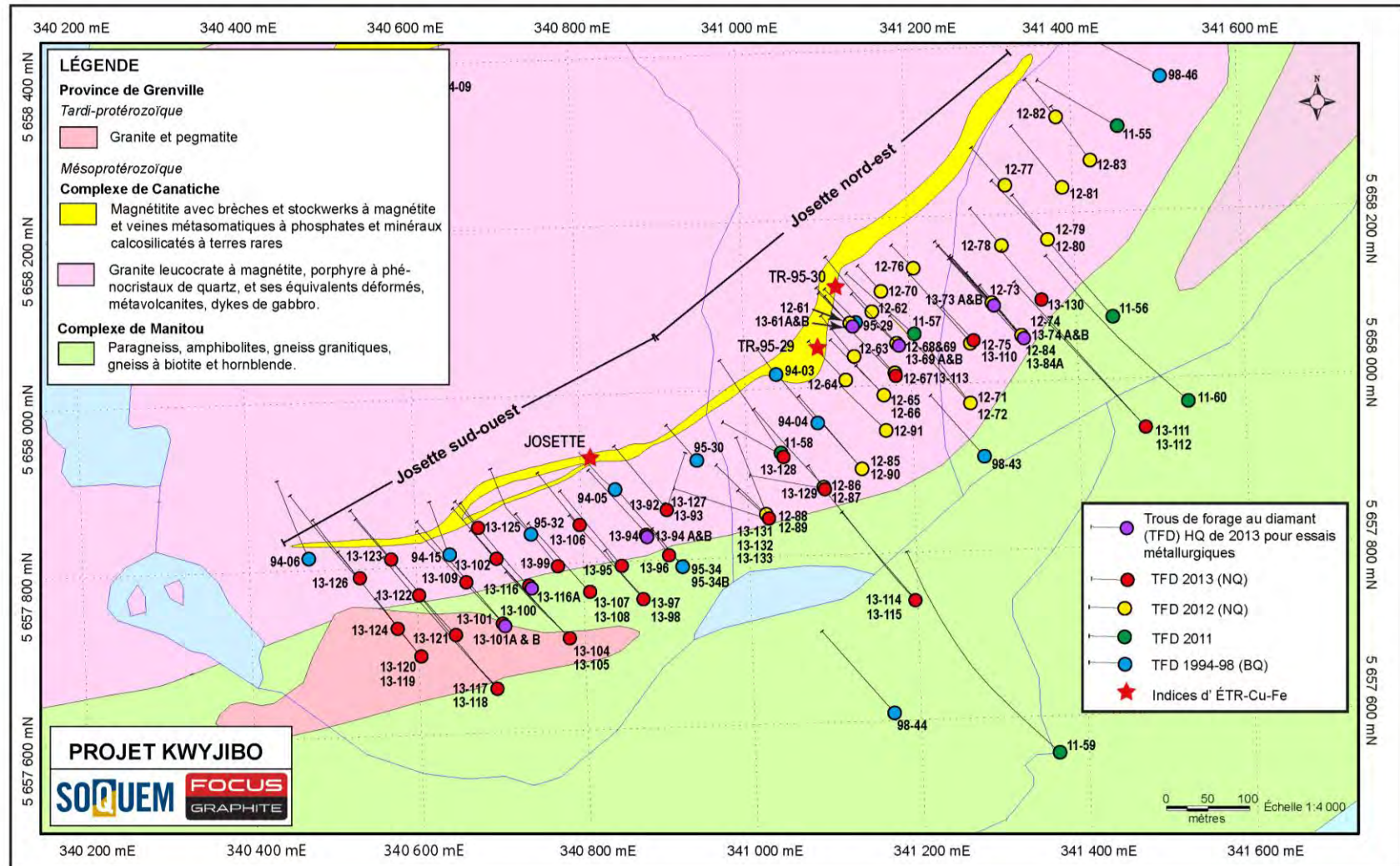
Étant donné l'isolement de la propriété, les foreuses et les équipements ont été élingués par hélicoptère sur les différents sites de forage. Les boîtes de carotte ont été transportées par hélicoptère depuis les sites de forage vers le camp Kwyjibo pour description et échantillonnage.

Tableau 10.1 – Compilation des métrages forés dans le quadrant NE de la propriété Kwyjibo lors des différentes campagnes

Date	Sondage exploration		Sondage pour métallurgie	
	Nombre de sondages	Métrage (m)	Nombre de sondages	Métrage (m)
1994	16	1 593		
1995	18	2 353		
1998	6	1 582		
2011	12	2 604		
2012	31	4 255		
2013	42	8 506	14	2 018
Total	125	20 893	14	2 018

Tous les sondages de 2011 à 2013 furent localisés et orientés par les géologues à l'aide d'un système d'alignement de foreuse Reflex North Finder APS (Azimuth Pointing System) de la compagnie Reflex. Cet instrument fonctionne grâce à des récepteurs GPS de haute précision et n'est donc pas affecté par les champs magnétiques.

Figure 10.1 – Localisation des sondages des campagnes de 1994 à 2013, et des tranchées TR 95-29 et TR 95-30, sur l'horizon Josette



La déviation des anciens sondages (1994-1998) était mesurée à l'aide de tubes à l'acide qui n'indiquent que l'inclinaison du trou. Chacun des trous de 2011, 2012 et 2013 a fait l'objet de mesures de déviation à l'aide d'un instrument DeviFlex, de la compagnie Devico. La susceptibilité magnétique des roches n'influence pas l'instrument qui utilise trois accéléromètres et quatre jauges de tension pour le calcul de changement d'azimut et d'inclinaison du trou. Cet appareil est donc adapté aux roches magnétiques telles que celles du projet Kwyjibo.

Une déviation relativement faible a été notée dans la plupart des sondages de 2011 à 2013. Les géologues de SOQUEM exigeaient des foreurs qu'ils utilisent une barre hexagonale et un manchon aléreur (« reamer ») de 18 pouces (45,7 cm) dont le but est de réduire la déviation.

Le calibre de la carotte de forage est de dimension BQ (36,5 mm) pour les sondages de 1994 à 1998 et de NQ (47,6 mm) pour les sondages d'exploration de 2011, 2012 et 2013. La carotte de 2013 utilisée pour les tests métallurgiques est de diamètre HQ (63,5 mm). Ces dimensions de carotte correspondent à celles qui étaient aux normes de la période à laquelle le forage a eu lieu.

L'arpentage des collets (localisation, azimut et inclinaison) fut effectué avec le même instrument Reflex North Finder APS fixé à un support qui s'insère dans le tube (casing) du sondage, à la fin du forage. Les spécifications de ces instruments indiquent que la localisation dans l'espace est de précision décimétrique et les azimut et inclinaison sont de l'ordre d'une fraction de degré.

Tous les tubes ont été laissés dans les trous, protégés par un couvercle vissé. Une longue tige est soudée sur le couvercle afin de faciliter le repérage des sondages et le numéro des sondages est généralement poinçonné sur des plaques d'aluminium.

La grande majorité des sondages ont recoupé l'horizon Josette perpendiculairement ou à fort angle, ce qui fut facilité par le pendage général de 50° à 55° de la minéralisation.

DRA/Met-Chem ne voit aucun facteur dans les procédures de terrain et la réalisation des campagnes de forage qui pourraient avoir une incidence importante sur la fiabilité des résultats. Les mesures GPS prises sur le terrain par la personne qualifiée de DRA/Met-Chem ont confirmé la précision de la localisation des collets mesurés.

10.3 Description de carotte, échantillonnage

La description de la carotte de forage de 2011 à 2013 a été faite sur le site, aux installations du camp de SOQUEM.

Les géologues de SOQUEM ont consigné leurs descriptions de la carotte de forage dans le logiciel spécialisé SOQUEM Log. Finalement, les données de forage de toutes les campagnes ont été vérifiées, recodées au besoin, puis transférées dans le logiciel spécialisé Géotic Log, de Géotic inc., Val-d'Or. Ce logiciel contient des systèmes de validation des données saisies.

Toute la description de carotte depuis 1994 est faite en utilisant les codes de la nomenclature pour les lithologies contenues dans la Légende générale de la carte géologique (MB 96-28), et

cahier de Géofiche (DV-2009-04) disponibles dans le SIGÉOM, le système d'information géominière à référence spatiale en ligne du MERN

Les principaux paramètres enregistrés lors de la description de la carotte incluent : les coordonnées des collets et les déviations des sondages, les lithologies principales et secondaires, les altérations, minéralisations, veines, données structurales de base et analyses. Les mesures du taux de récupération de la carotte, de la Désignation de la qualité de la roche (RQD) et de la susceptibilité magnétique ont aussi été prises par les géologues.

La seule lacune observée par la Personne qualifiée de DRA/Met-Chem dans les activités de description de carotte est l'omission de la photographie de la carotte. Ce manquement est en partie atténué par le fait que la carotte pour toutes les campagnes de forage peut être examinée, au besoin, car elle est bien conservée par SOQUEM dans un emplacement sécurisé à Val-d'Or.

Les géologues de SOQUEM ont utilisé une longueur nominale d'échantillons de 1,0 m dans les zones à magnétite et 1,5 m dans les brèches. Ces longueurs pouvaient varier de $\pm 0,50$ m afin de respecter les contacts des lithologies ou des changements abrupts de type ou intensité de minéralisation. Tous les sondages, à part le 12-81 qui s'est avéré stérile, ont été échantillonnés en continu par SOQUEM, à part quelques vides notés dans la banque de données de forage.

La majorité des échantillons des sondages historiques (88,7 %) ont une longueur de 0,8 à 1,6 m alors qu'un peu plus de 92 % de tous les échantillons des campagnes de 2011 à 2013 ont une longueur variant de 1,0 m à 1,5 m.

DRA/Met-Chem pense que la longueur des échantillons des campagnes de forage historiques et récentes varie assez peu et elle procure suffisamment de détails sur la minéralisation. L'échantillonnage est approprié pour le type de minéralisation de Kwijibo.

La longueur de carotte est proche de l'épaisseur vraie de la minéralisation puisque la majorité des sondages ont recoupé les zones à des angles approchant les 90 degrés et du fait que la déviation est modérée. De plus, la déviation a été mesurée dans les trois dimensions dans la plus grande partie des sondages, soit ceux de 2011 à 2013. L'épaisseur vraie est obtenue lors de la modélisation des zones minéralisées en trois dimensions.

10.4 Campagne de forage de 1994

Le forage de 1994 fut exécuté pour SOQUEM entre le 28 juillet et le 27 septembre par Forage Pelletier ltée. de Cap-Chat. La campagne consistait en 16 sondages sur les grilles Fluorine B, C et D correspondant à 1 593,12 m de carotte.

Le but principal de la campagne de forage était de vérifier les principaux axes polarisables ainsi que l'extension en profondeur des indices connus sur la propriété.

Généralement, les axes polarisables ont été expliqués par la présence de sulfures et localement (94-06) la source d'anomalies de chargeabilité était interprétée comme le résultat de la présence

de spécularite, muscovite ou pyrite disséminée. En outre, le pendage de la zone Josette mesuré en surface a été confirmé par cette campagne de forage.

10.5 Campagne de forage de 1995

Le forage de 1995 fut exécuté pour SOQUEM entre le 9 août et le 26 septembre par Forages Dominik Ltée. de Val-d'Or. La campagne consistait en 18 sondages, correspondant à 2 352,67 m de carotte forés sur les grilles Fluorine B, C, D et E.

Le but de la campagne de forage était de vérifier les principaux axes polarisables, l'extension en profondeur des indices connus sur la propriété, le prolongement de l'indice Josette en profondeur et l'extension vers l'ouest de la zone Malachite.

Généralement, les axes polarisables ont été expliqués par la présence de spécularite et magnétite, pyrite massive ou disséminée et de chalcopryrite disséminée. Le pendage mesuré en surface a aussi été confirmé. La présence d'un dyke mafique qui masque la minéralisation a été détectée dans le sondage 95-34.

Le forage a montré que le pendage et l'épaisseur de la zone Josette demeurent constants jusqu'à la profondeur verticale de 175 m.

Aucune valeur anormale en terres rares n'a été décelée dans la zone Malachite. Les sondages de 1995 qui ont intersecté la zone relativement proche de la surface (au-dessus de 100 m) ne permettent pas de déterminer si le faible pendage de la zone observé en surface devient plus abrupt en profondeur et si la zone est connectée avec la zone Josette.

10.6 Campagne de forage de 1998

Le forage de 1998 fut exécuté entre le 24 août et le 23 septembre par Forage Garant et Frères inc. de Rouyn-Noranda. La campagne consistait en 6 sondages, correspondant à 1 582 m de carotte sur les grilles Josette et Fluorine-Est.

L'un des buts principaux de la campagne de forage était de vérifier les extensions vers l'est et en profondeur d'indice Josette, qui contenait des valeurs en cuivre notables. L'autre objectif visait la minéralisation en chalcopryrite disséminée dans l'éponte inférieure de la magnétite intersectée dans le sondage 94-11.

Les sondages de 1998 n'ont pas intersecté de minéralisation en cuivre d'intérêt économique dans les extensions latérales et en profondeur de l'indice Josette. Les sondages vérifiant la minéralisation du sondage 94-11 ont recoupé un mince horizon de magnétite, ou simplement une zone d'altération, qui confirme le pendage à 50° vers le SE. L'importance de magmatisme mafique, qui se traduit par de nombreux dykes déformés qui recoupent la magnétite sous l'indice Josette, a été mise en évidence par ces sondages.

10.7 Campagne de forage de 2011

Le programme de forage au diamant de 2011 a commencé à la mi-septembre pour se terminer le 17 novembre. Le forage a été réalisé par Forage G4 Canada ltée. de Val-d'Or et consistait en 2 604 m de carotte répartis sur 12 trous. Le programme de 2011 tendait principalement vers les objectifs suivants et a obtenu les résultats décrits ci-dessous:

- Valider la présence de la zone minéralisée au-delà de l'horizon Josette, vers le NE, entre les indices Josette et Grabuge.

La magnétite et des zones bréchiques ainsi que des zones à forte altération calcosilicatée ont été intersectées

- Expliquer les anomalies VTEM associées à la zone minéralisée de l'horizon Josette.

Les anomalies VTEM ont été expliquées par la présence en forage de la formation de fer entourée de brèche à magnétite accompagnée de sulfures conducteurs (pyrite, pyrrhotine et chalcopryrite)

- Expliquer la présence de certaines anomalies VTEM et vérifier l'extension en profondeur de l'horizon de magnétite de l'indice Gabriel.

La magnétite massive à bréchique a été intersectée par forage, avec la meilleure valeur en terres rares totales (OTRT) de 0,9 %.

- Vérifier la poursuite en profondeur de la minéralisation cupro-aurifère de l'indice Grabuge.

Un dyke de granitoïde massif a recoupé la formation de fer Grabuge sauf pour une vingtaine de mètres de formation de fer bréchique à hématite, la zone cible.

- Expliquer la nature d'une anomalie Pulse-EM en profondeur de l'horizon Josette NE.

La magnétite n'a pas été retrouvée, mais une zone de brèches à magnétite avec hématite spéculaire est présente. Les sulfures étant absents, l'anomalie EM n'a pas été expliquée. Cette zone de brèches laissait présager la présence d'un niveau de magnétite plus en profondeur.

- Expliquer une anomalie VTEM et retracer en profondeur l'extension de l'horizon Josette vers le NE, en direction de l'indice Andradite.

L'anomalie VTEM n'a pas été intersectée telle que modélisée. La magnétite massive contient des sulfures et elle est localement bréchifiée. Les deux indices sont scindés, reliés seulement par une partie moins massive, plus bréchique.

De manière générale, la campagne de forage de 2011 a permis de tirer les conclusions suivantes :

- La puissance de la magnétite et des zones de brèches est variable et les épaisseurs les plus significatives et les meilleures teneurs sont localisées dans le secteur des tranchées TR-95-29 et 95-30;

- La magnétite est minéralisée en profondeur et les zones de brèches dans le secteur de Josette sont aussi porteuses de minéralisation en terres rares;
- L'horizon Josette NE passe par un amincissement vers le NE dû à un phénomène de boudinage;
- Le contenu en terres rares est plus faible (< 1 % OTRT) dans l'extension NE de l'indice Josette NE, la puissance de la magnétite y est moindre et les brèches à magnétite sont appauvries en terres rares;
- Le potentiel en terres rares de l'horizon Josette est confirmé;
- Toutes les unités sont recoupées par des dykes felsiques et mafiques.

10.8 Campagne de forage de 2012

La campagne de forage de 2012 s'est déroulée entre le 18 août et le 8 octobre, à l'aide d'une foreuse de Forage Orbit-Garant inc. de Val-d'Or.

Au total, 31 trous ont été forés, ce qui représente 4 255 m de carotte. Tous les sondages se trouvent sur le secteur Josette NE, à des distances de 50 m le long de lignes NO-SE espacées de 50 à 100 m. L'intervalle entre les sondages était resserré à 25 m dans le secteur des tranchées TR-95-29 et TR-95-30.

Le but principal de cette campagne de forage était de vérifier la continuité et la puissance de la magnétite latéralement et en profondeur. Le forage de 2012 a confirmé les teneurs, les épaisseurs et la continuité de la minéralisation en Fe-terres rares-Cu dans la partie NE de l'horizon Josette sur une longueur totale en direction de 600 m. Les résultats de ces sondages confirment la haute teneur en éléments critiques d'ETR, en particulier en Nd et en Y dans la minéralisation de l'horizon Josette.

En outre, la campagne de forage de 2012 a permis de définir une zone d'enrichissement en terres rares et en cuivre sur une longueur de 250 m et une épaisseur de 20 à 40 m qui a été suivie jusqu'à une profondeur atteignant 200 m. Le forage a montré que la minéralisation se poursuit en profondeur.

10.9 Campagne de forage de 2013

La campagne de forage de 2013 s'est déroulée entre le 28 août et le 5 octobre avec l'utilisation de deux foreuses de Forage G4 Canada Ltée. de Val-d'Or. Un total de 10 524 m a été foré dans 56 trous. De ce total, 42 sondages représentant 8 506 m de carotte de dimension NQ servaient à l'exploration et la définition de la minéralisation et 14 trous pour un total de 2 018 m de carotte de diamètre HQ ont été utilisés pour la phase 2 des essais métallurgiques effectués par le laboratoire de COREM, à Québec (Tableau 10.1).

Les trous de dimension NQ sont localisés sur l'horizon Josette SO, à l'exception de six d'entre eux forés sur l'horizon Josette NE afin de suivre la zone minéralisée en profondeur dans le secteur des sondages 12-74 et 12-84.

La grande majorité des forages ont recoupé l'horizon Josette perpendiculairement ou à fort angle par rapport au pendage de 50° à 55°, à l'exception des sondages 10885-13-128, 13-129, 13-131, 13-132 et 13-133 qui ont intersecté l'horizon Josette selon un angle moyen à faible par rapport à la direction, en raison de la présence d'un ruisseau qui empêchait d'installer la foreuse directement sur ces sections. Les mesures de déviation permettent de calculer l'épaisseur vraie de la minéralisation intersectée par ces sondages dans le modèle en 3D.

La campagne de forage de 2013 visait à évaluer le potentiel en terres rares de la portion sud-ouest de l'horizon Josette et à combler des vides dans la grille de forage de la portion NE.

Le forage réalisé en 2013 dans la partie Josette NE a confirmé le potentiel en profondeur de la zone enrichie en terres rares du secteur des forages 11-60 et 12-84. Les sondages réalisés dans le secteur Josette SO ont permis de corroborer le potentiel en terres rares de cette partie de l'horizon Josette. Toutefois, les sondages indiquent des teneurs en terres rares plus faibles dans cette portion que dans le secteur Josette NE, malgré des épaisseurs apparentes plus élevées que les géologues interprètent comme des épaissements locaux par plissement de la zone minéralisée.

10.10 Conclusions générales

Peu de détails sont disponibles sur les procédures mises en œuvre par les géologues lors des campagnes de 1994-1998. Cependant, le forage, la description de carotte et l'échantillonnage étaient effectués par des géologues expérimentés de SOQUEM. De plus, toute la carotte depuis le début du projet est disponible et SOQUEM a pu valider les descriptions de la carotte et rééchantillonner toutes les zones minéralisées importantes. Le fait que les mêmes codes lithologiques et la même longueur d'échantillons étaient utilisés a facilité la tâche de validation entreprise par SOQUEM. L'inclusion des données des sondages historiques dans la banque de données maîtresse est donc pertinente et justifiée.

Le forage de 2011 à 2013 a été exécuté avec soin et selon les techniques éprouvées dans l'industrie. La récupération de la carotte atteignait un pourcentage généralement très élevé, ce qui élimine le problème de non-représentativité des échantillons. La longueur des échantillons est appropriée.

La localisation des collets et la déviation des sondages étaient mesurées avec des instruments de précision en 2011, 2012 et 2013. Seule la déviation de l'inclinaison des sondages historiques était mesurée par des tests à l'acide assez espacés. La déviation en azimut n'est donc pas déterminée pour ces sondages. Toutefois, les sondages historiques utilisés dans l'estimation des ressources représentent un nombre restreint du total (12 sur 96 sondages). Le manque d'information sur la déviation en azimut de ces sondages ne devrait pas influencer de manière perceptible les résultats de l'estimation des ressources.

Le forage s'est concentré sur l'horizon Josette et a démontré la présence de teneurs en ETR plus élevées dans la partie NE, comparativement à Josette SO, ce qui se reflète dans les ressources (Chapitre 14 - Estimation des ressources minérales).

DRA/Met-Chem pense qu'une bonne homogénéité entre les longueurs des échantillons de toutes les campagnes de forage, l'utilisation des mêmes codes lithologiques et l'exécution du travail par des géologues d'expérience de SOQUEM contribuent à générer des résultats fiables propres à être utilisés dans une ÉÉP sur l'horizon Josette.

DRA/Met-Chem pense que la maille de forage est suffisamment serrée pour définir la minéralisation de la zone Josette NE et SO avec un degré de confiance satisfaisant pour une estimation de ressources minérales.

DRA/Met-Chem ne voit aucune raison de croire que des facteurs liés au forage, entièrement carotté, à l'échantillonnage ou à la récupération de la carotte, pourraient avoir une incidence importante sur l'exactitude et la fiabilité des résultats pour les besoins de l'estimation des ressources et l'étude présente. DRA/Met-Chem a pu constater que la carotte des sondages historiques est complète et bien conservée, et que les résultats qui pouvaient être validés par SOQUEM, particulièrement les données analytiques, l'ont été.

11 PRÉPARATION, ANALYSE ET SÉCURITÉ DES ÉCHANTILLONS

11.1 Préparation des échantillons pour envoi au laboratoire

Les moitiés de carotte des campagnes de 1994 à 1998 envoyées au laboratoire pour analyses étaient obtenues par utilisation d'une fendeuse de carotte. Les échantillons des zones minéralisées de 1994-1998 réanalysés en 2010-2011 ont été préparés par SOQUEM en sciant la demi carotte restante en deux parties, dont un quart fut conservé et l'autre fut envoyé au laboratoire. La carotte des sondages de 1994-1998 est de diamètre BQ (36,5 mm), dimension qui était couramment utilisée à l'époque.

Les échantillons de 2011 à 2013 consistaient généralement en moitiés de carotte coupées à la scie à lame diamantée dans les zones de magnétite, alors qu'une fendeuse à carotte hydraulique fut utilisée dans les zones de brèches. Des quarts de carotte sciée furent utilisés pour les doubles servant d'échantillons de contrôle.

La préparation des échantillons était faite au camp de SOQUEM, par des personnes expérimentées. Afin d'éviter toute contamination entre les échantillons, l'eau des scies à roche n'était pas recirculée et les fendeuses de carotte étaient nettoyées après chaque échantillon. Les échantillons étaient mis dans des sacs en polyéthylène fermés avec des attache-câbles autobloquants en nylon.

DRA/Met-Chem pense que l'utilisation d'une scie à lame diamantée pour dédoubler la carotte fendue de 1994-1998 est judicieuse, car elle fournit deux quarts plus semblables que si elle avait été séparée à nouveau avec une fendeuse à carotte. Le sciage de la carotte dans la magnétite, de préférence à l'utilisation de la fendeuse à carotte, augmente la similitude entre les deux moitiés.

11.2 Sécurité et, chaîne de traçabilité

Les boîtes de carotte furent transportées par hélicoptère jusqu'au camp où les géologues décrivaient la carotte et préparaient les échantillons. Les boîtes de carotte mises sur palettes et les sacs d'échantillons étaient transportés à Sept-Îles par hélicoptère, puis acheminés par transporteur routier vers la carothèque de Val-d'Or ou vers les laboratoires d'analyses. Par mesure de sécurité, les échantillons n'étaient jamais transportés avec les boîtes de carotte dans le même trajet en hydravion vers Sept-Îles.

SOQUEM conservait ainsi toute la chaîne de traçabilité et la sécurité de la carotte et des échantillons, de la foreuse au laboratoire. La carotte, ainsi que les rejets et les pulpes retournées des laboratoires, sont présentement dans un espace clôturé et sécurisé à Val-d'Or.

Les résultats d'analyses étaient accessibles seulement au géologue de projet et au directeur-adjoint de SOQUEM. Les banques de données sont gérées par des personnes d'expérience et sous protection du département des technologies informatiques (« TI »), qui prépare, entre autres, des copies de sauvegarde sur support rigide (disques compacts (« CD »)).

DRA/Met-Chem n'a aucune raison de croire que l'intégrité des échantillons a pu être compromise le long de leur cheminement de la foreuse vers les laboratoires.

11.3 Analyses, campagnes de forage de 1994, 1995 et 1998

Les analyses de terres rares des années 1994 à 1998 étaient faites principalement par la méthode instrumentale d'activation neutronique (INAA) à l'exception de quelques trous où la fluorescence X (XRF) a été utilisée.

Les terres rares étaient analysées sur les lithologies radioactives ou sur les échantillons contenant de la fluorine. Le contenu en or et en platinoïdes fut déterminé par pyroanalyse. Les éléments majeurs furent aussi analysés par la méthode du plasma sur quelques échantillons provenant des sondages 94-04 et 94-11. Les échantillons ont été analysés au laboratoire Chimitec Itée. (maintenant ALS-Chemex) de Val-d'Or.

En fait, seules quelques terres rares (La, Ce, Nd, Sm, Y) étaient analysées avec le cuivre, l'or, l'argent, quelques éléments traces et les éléments majeurs dans certains sondages.

Il est important de rappeler que les zones minéralisées importantes des sondages de 1994-1998 utilisées dans l'estimation des ressources présentées dans ce rapport ont été réanalysées en 2010-2011.

11.4 Réanalyses en 2010-2011 des zones minéralisées des sondages de 1994 à 1998

Entre les mois de décembre 2010 et janvier 2011, SOQUEM a rééchantillonné les meilleures intersections minéralisées des sondages forés pendant la période de 1994-1998 sur les grilles Josette et Fluorine. Ces échantillons formés de quarts de carotte ont été expédiés au laboratoire ALS de Val-d'Or pour analyses.

Les échantillons sur l'horizon Josette sont au nombre de 205, auxquels s'additionnent les échantillons de contrôle. Le but du programme de réanalyses mis sur pied par SOQUEM était de mettre à niveau la base de données avec des résultats provenant des mêmes méthodes d'analyse et pour les mêmes éléments pour chacun des sondages d'intérêt. L'étude d'Accurassay de 2014, dont le but était de comparer les résultats des laboratoires utilisés par SOQUEM, a montré que l'analyse par plasma par couplage inductif et spectrométrie de masse (ICP-MS) d'une pastille fondue dissoute à l'acide est la méthode la plus fiable pour la minéralisation en terres rares de Kwyjibo.

L'interprétation par SOQUEM des résultats analytiques du programme de rééchantillonnage montre que ces résultats se corrèlent bien avec ceux qui ont été obtenus pour les mêmes sondages des années antérieures (1994-1998) à l'exception du P₂O₅ dont les valeurs des réanalyses sont inférieures aux données historiques. Des différences notables dans les teneurs en terres rares ont aussi été observées entre les paires d'analyses de 1994-1998 et 2010-2011. SOQUEM donne les explications suivantes à ces différences:

- Différences et erreurs analytiques entre les méthodes utilisées en 1994-98 (INAA et XRF) et en 2010 (ICP-MS et ICP-AES, analyse par plasma par couplage inductif et spectrométrie d'émission atomique);
- Utilisation de quarts de carotte de dimension BQ (1994-1998) comparativement à des moitiés de carotte de diamètre NQ analysées en 2010;
- Nature friable des demi-carottes de forage séparées en deux quarts;
- Utilisation de composites de 4 mètres pour certains sondages dont les morceaux de carotte s'étaient mélangés durant le transport des boîtes;
- Distribution hétérogène des minéraux porteurs de terres rares à l'intérieur des sections minéralisées.

DRA/Met-Chem n'a pas examiné en détail les résultats d'Accurassay, mais la présentation des résultats dans le rapport de SOQUEM (Perreault, S., Artinian, B., 2012) fournit des explications raisonnables et invoque des phénomènes qui affectent les analyses géochimiques qui ne sont pas inhabituels.

11.5 Analyses, campagnes de forage de 2011 et de 2012

11.5.1 ANALYSES

Un total de 852 échantillons constitué de 804 demi-carottes de calibre NQ, de 13 doubles (1,6 %), provenant de deux quarts de carottes, de 17 échantillons du standard Josette (2,1 %) et de 18 blancs (2,2 %), formés d'un quartzite ont été analysés en 2011.

Pour la campagne de forage de 2012, un total de 1 335 échantillons ont été analysés provenant de 1 253 demi-carottes, de 24 doubles (1,9 %), de 27 (2,2 %) échantillons du standard Josette et de 31 blancs (2,5 %), formés d'un quartzite.

Les échantillons des campagnes de forage de 2011 et 2012 étaient acheminés au laboratoire d'ALS Minerals à Val-d'Or pour être broyés et pulvérisés. Par la suite, les pulpes étaient envoyées à ALS à Vancouver pour être analysées pour les éléments des terres rares, les éléments en traces et majeurs, le soufre, le carbone, le fluor, l'or, l'argent et les métaux usuels (Tableaux 1.2 et 1.3).

Les terres rares et les éléments traces ont été analysés par ICP-MS sur une pastille contenant 2 g de l'échantillon ayant subi une fusion au borate de lithium, suivie d'une dissolution à l'acide. Pour les teneurs dépassant les seuils maxima des techniques analytiques, la pulpe est réanalysée en utilisant un plus grand volume d'échantillon.

Les éléments majeurs ont été déterminés par la fusion de l'échantillon au borate de lithium, suivi d'une digestion à l'acide puis analysés par spectrométrie par émission atomique avec couplage de plasma inductif (ICP-AES).

Les éléments volatils ont été analysés par la méthode de digestion à l'eau régale avec une finition par ICP-MS dans la zone minéralisée de la magnétite et les métaux usuels (cuivre, molybdène, plomb, zinc) et l'argent ont été analysés en utilisant une digestion à quatre acides, puis analysés par ICP-AES.

L'or a été déterminé par pyroanalyse sur des prises de 30 g avec un finissage par AAS.

Le soufre et le carbone ont été analysés par four de combustion Leco, alors que le fluor était analysé par électrode à membrane sélective après fusion de l'échantillon et lessivage à l'acide. La perte au feu était mesurée par four de combustion à 1 000 °C.

Les principales méthodes de préparation et d'analyses utilisées par ALS sont identifiées par des codes présentés dans les Tableaux 1.2 et 1.3.

Tableau 11.1 – Principales méthodes de préparation utilisées pas ALS

Code ALS	Description
WEI-21	Poids échantillon reçu
LOG-22	Entrée échantillon - Reçu sans code-barre
CRU-QC	Test concassage QC
CRU-31	Granulation = 70 % < 2 mm
PUL-QC	Test concassage QC
SPL-21	Échantillon fractionné – diviseur « riffle » (lamelles)
PUL-31	Pulvérisé à 85 % >75 µm

Tableau 11.2 – Procédures analytiques utilisées par ALS

Code ALS	Description	Instrument
ME-MS81	Fusion 38 éléments	ICP-MS
ME-ICP06	Roche entière et Totale	ICP-AES
ME – MS81h	Catégorie élevée REE par fusion	ICP-MS
ME-4ACD81	Métaux par digestion de 4 acides	ICP-AES
Cu-OG62	Teneur marchande Cu – quatre acides	Variable
Pb-OG62	Teneur marchande Pb – quatre acides	Variable
Ag – OG62	Teneur marchande Ag – 4 acides	Variable
Au – AA23	Or par pyroanalyse sur 30 g, fini par AAS	AAS
ME – MS42	Éléments associés à l'or	ICP-MS

Code ALS	Description	Instrument
C – IR07	Total carbone	Leco
C – GAS05	Carbone minéral (CO ₂)	Four de combustion
S – IR08	Soufre total	Leco
F – ELE81a	F par électrode à membrane sélective	WST-SIM
F – ELE82	F - teneur élevée - fusion, lessivage à l'acide citrique, électrode à membrane sélective	WST-SIM
OA-GRA05	Perte par calcination	Four à 1 000°C
OA – GRA08a	Densité relative avec enduit de cire	WST-SEQ

En 2012 et en 2013, lorsque le cuivre dépassait le seuil maximal autorisé par la calibration des instruments ICP-MS (10 000 ppm), il était réanalysé soit par digestion à l'eau régale et une finition par spectrométrie d'absorption atomique (AAS) ou ICP-OES, réanalysés avec une digestion à quatre acides suivis d'une finition à l'ICP-OES ou réanalysés avec une fusion au peroxyde de sodium suivi d'une finition à l'ICP-OES.

Pour la campagne 2012, lorsque les teneurs pour certains éléments de terres rares et de cuivre dépassaient les limites analytiques supérieures, les pulpes originales étaient réanalysées en utilisant un plus grand volume de l'échantillon et une calibration adaptée aux hautes teneurs. Dans ces cas, toutes les terres rares étaient réanalysées, quoique, seules les terres rares dépassant le seuil maximal étaient parfois réanalysées.

11.5.2 MESURES DE DENSITÉ

La grande majorité des sections de carottes analysées de la campagne de forages de 2012 ont fait l'objet de mesures de densité. La plupart de ces mesures ont été réalisées au laboratoire ALS, à Val-d'Or, à l'exception de celles des sondages 12-61 à 12-66 qui ont été faites à l'entrepôt de SOQUEM. La méthode d'immersion a été utilisée, en suivant un strict protocole incluant la mesure de standards et de doubles. La corrélation entre la densité et la teneur en Fe₂O₃ a aussi été calculée par SOQUEM.

Un calcul rapide de DRA/Met-Chem montre que les 160 mesures effectuées par SOQUEM indiquent une bonne corrélation entre la densité et la teneur en fer des échantillons. Même si cette corrélation ne suffit pas à démontrer que les mesures de densité ont été faites avec soin, elle tend à montrer que les résultats des mesures sont fiables.

11.6 Analyses, campagne de forage de 2013

11.6.1 ANALYSES

Un total de 3 646 échantillons constitués de 3 504 demi-carottes, de 40 doubles (1,1 %), de 49 échantillons du standard interne Josette (1,4 %) et de 53 blancs (1,5 %) ont été analysés en 2013.

Les échantillons furent envoyés aux installations d'Actlabs à Val-d'Or pour être broyés, puis pulvérisés. Par la suite, les pulpes étaient envoyées au laboratoire à Ancaster en Ontario, pour être analysées pour les éléments des terres rares, les métaux usuels, les éléments en traces et majeurs, le soufre, le carbone et le fluor. Les Codes des différentes analyses faites par Actlabs sont présentés dans le Tableau 11.3.

Les terres rares et les éléments traces ont été analysés par la méthode utilisant la fusion au borate de lithium d'une pastille contenant 2 g de l'échantillon, suivie d'une dissolution à l'acide, puis analysés par ICP-MS. Pour les teneurs dépassant les seuils maximaux des techniques analytiques, la pulpe est réanalysée en utilisant un plus grand volume de l'échantillon. Les éléments majeurs ont été analysés par la fusion au borate de lithium, suivie d'une digestion à l'acide, puis analysés par ICP-AES.

Le fluor a été analysé par électrode ionique sélective (ISE) suite à la fusion et dissolution à l'acide de l'échantillon.

En plus des analyses des échantillons de 2013, le rééchantillonnage de quelques sections non analysées des sondages historiques de 1994 à 1998 a permis de combler certains vides et ainsi obtenir les analyses complètes pour certaines zones minéralisées.

Tableau 11.3 – Codes des procédures analytiques d'Actlabs (2013)

Code Actlabs	Description	Instrument
8-REE	Éléments majeurs, terres et éléments rares	Fusion, ICP/MS
WRA4B2	Éléments en traces (WRA)	Fusion, ICP/MS
4F-C-IR	C et S	Infrarouge
FUS-ISE	Fluor par fusion, dissolution à l'acide, analyse	Électrode ionique sélective (ISE)
8-F	Fluor; fusion spécifique (Test de la présence de fluorine, affecte le bilan de masse)	Électrode ionique sélective (ISE)

En 2013, une nouvelle calibration de l'appareil ICP-MS utilisé par Actlabs permettait l'analyse des hautes teneurs en terres rares.

11.6.2 MESURES DE DENSITÉ

Les déterminations de la densité sur 726 échantillons et 18 doubles ont été faites par Techni-Lab S.G.B. Abitibi inc., à Ste-Germaine-Boulé, dont ACTLABS était le propriétaire. Les mesures ont été effectuées par immersion (Codes TMT-G5G2, TMT-G2) sur de grands échantillons, soit la longueur totale de l'échantillon de carotte destiné à l'analyse.

La méthode par immersion fournit la densité « in-situ », qui est celle qui est utilisée dans les calculs de ressources. Les mesures de densité sur des échantillons de longueur égale à celle des échantillons fournissent une meilleure exactitude des valeurs et permettent une vérification par corrélation avec la teneur en fer (magnétite) des échantillons.

La majorité des résultats obtenus par Techni-Lab varie entre 2,6 et 4,5 et le mode s'établit à 2,8. Les mesures varient entre 1,66 et 5,05 soit deux extrêmes valeurs que l'on peut considérer comme suspects. Les doubles fournissent des résultats dont les différences affectent la deuxième décimale seulement.

DRA/Met-Chem confirme que la technique de l'immersion est la bonne méthode pour déterminer la densité in-situ. L'utilisation de doubles et d'échantillons de masse importante augmente la fiabilité des résultats.

11.7 Assurance de la qualité-Contrôle de la qualité (AQ/CQ) des laboratoires

11.7.1 SYSTÈME QUALITÉ

Les programmes de qualité des laboratoires utilisés par SOQUEM incluent des contrôles aux stades de la préparation des échantillons et des analyses. Les laboratoires utilisent un système de contrôle de la qualité par l'utilisation d'échantillons de contrôles, blancs, standards et doubles et la calibration régulière des instruments. Les résultats sont fournis aux clients avec les résultats d'analyses sur les fichiers Excel.

Les laboratoires participation à des programmes de tests inter-laboratoires et à des audits internes et externes réguliers et sont exploités sous un système de gestion de laboratoire (Laboratory Information Management System, LIMS). Ce système inclut la gestion, le suivi et la traçabilité des méthodes, des données, des résultats et des ressources disponibles, entre autres, et comporte une interface avec les tous instruments de mesures.

11.7.2 ACCRÉDITATION, CERTIFICATION DES LABORATOIRES

Les laboratoires principaux ALS, Actlabs, de même que les laboratoires tiers (Accurassay, Acme, Maxxam et AGAT) utilisés pour les échantillons du projet, sont indépendants, accrédités et certifiés dans toutes leurs succursales. Ils œuvrent sous un système de gestion de la qualité conforme aux exigences de l'Organisation internationale de normalisation ISO/IEC 17025:2005 et ISO 9001:2015 pour des méthodes analytiques spécifiques.

Actlabs est aussi accrédité aux normes CAN-P-1579 CAN-P-1579/Mineral Analysis, du Conseil Canadien des normes pour les analyses minérales et essais géologiques. Les détails sur ces accréditations et les différentes procédures analytiques sont disponibles sur les sites Internet des laboratoires³. Le laboratoire Accurassay a fermé ses portes en début 2017.

11.8 Assurance de la qualité-Contrôle de la qualité (AQ/CQ) de SOQUEM

11.8.1 ÉCHANTILLONS DE CONTRÔLE DE LA QUALITÉ – SONDAGES DE 1994 À 1998

Les détails sur le système de contrôle de la qualité utilisé lors des campagnes de forage de 1994-1998 ne sont pas fournis dans les rapports d'activités. Cependant, les zones minéralisées importantes ont été rééchantillonnées par SOQUEM en 2010-2011 et ces nouvelles analyses ont été utilisées dans l'estimation des ressources.

Par conséquent, les résultats des analyses des sondages historiques n'ont aucune incidence sur l'estimation des ressources. Il faut noter cependant, que les échantillons de 1994-1998 avaient la même longueur nominale que ceux des campagnes plus récentes. En outre, certaines vérifications et validations ont été faites par SOQUEM puisque toute la carotte des sondages historiques est disponible.

11.8.2 ÉCHANTILLONS DE CONTRÔLE DE LA QUALITÉ – SONDAGES DE 2011, 2012 ET 2013

Pour tous les travaux d'exploration, SOQUEM insère des doubles, des blancs et des matériaux de référence certifiés commerciaux (standards) dans les envois au laboratoire afin de servir de contrôle de la qualité des analyses. Cependant, aucun standard commercial représentatif de la minéralisation de Kwyjibo n'était disponible pour les campagnes de 2011 à 2013. Un standard interne de projet a donc été généré en utilisant un échantillon provenant de la minéralisation de l'indice Josette. Ce matériel a fait l'objet d'une certification par le laboratoire Accurassay de Thunder Bay, Ontario, en 2013 (rapport non publié).

SOQUEM a utilisé ce seul standard, qui a des teneurs typiques de la minéralisation en terres rares, cuivre, molybdène, fer et phosphore de la zone Josette et, naturellement, la même matrice. Ce standard est désigné comme Standard Josette.

Pour pallier l'utilisation d'un standard unique, des standards commerciaux avec différentes teneurs ont été introduits entre les échantillons de pulpes et rejets du programme de réanalyses organisé par le laboratoire tiers Accurassay pour comparaison entre les résultats d'ALS et d'Actlabs.

Un échantillon du standard Josette a été introduit pour chaque trou de 2012 et 2013. Lorsque le nombre d'échantillons dépassait 50, deux (2) échantillons de standard étaient insérés à un intervalle de 50 échantillons.

Des blocs de quartzite de haute pureté provenant de la mine du Petit lac Malbaie, en Charlevoix, exploitée par SITEC ont été utilisés comme blanc par les géologues de SOQUEM. Ce matériel

³ www.alsglobal.com; www.actlabs.com; www.bureauveritas.com; www.agatlabs.com

est non certifié et contient des teneurs en silice de plus de 96 %, de faibles quantités d'alumine (de l'ordre de 0,2 à 0,5 %) et d'oxyde de fer (0,45 à 0,70 %). Le quartzite contient en général moins de 150 ppm de terres rares. Malgré tout, quelques-uns des 84 échantillons analysés présentaient des valeurs anormales en certaines terres rares (Ce, La, Nd, Y), en zirconium et en phosphore. Ces teneurs reflètent la présence de zircon, de monazite et de xénotime dans le quartzite. Un examen visuel par les géologues de SOQUEM de ce quartzite a confirmé la présence de petits cristaux de minéraux foncés en faible quantité. Un blanc a été introduit dans chaque trou. Cependant, lorsque le nombre d'échantillons dépassait 50, deux (2) blancs étaient insérés à des pas de 50 échantillons.

Les doubles utilisés par SOQUEM lors des campagnes de forage de 2011-2013 consistaient en deux quarts de carotte préparés par sciage et envoyés au laboratoire.

Tous les échantillons de contrôle étaient insérés dans les échantillons de routine au camp de SOQUEM.

SOQUEM conclut que les analyses des doubles de 2011-2013 montrent une très bonne corrélation entre les analyses originales et en double.

11.8.3 CERTIFICATION DU MATÉRIEL DE RÉFÉRENCE (STANDARD JOSETTE)

En 2013, SOQUEM a demandé à Accurassay de certifier les teneurs du matériel provenant de la minéralisation Josette afin de servir de standard. Un échantillon typique de 25 kg a été recueilli sur l'indice Josette puis a été préparé par la Table de concertation minière de la Baie-James, à Chibougamau.

Des échantillons de ce matériel ont été analysés dans cinq (5) laboratoires, dont ALS et Actlabs, pour définir les teneurs de référence en terres rares, en cuivre, en molybdène, en fer et phosphore.

Ces analyses multiples ont permis d'établir des valeurs certifiées et des intervalles de confiance pour le standard Josette. Les résultats de cette étude sont consignés dans un rapport intitulé « *Internal Reference Material – 2013 Project Summary Follow-up Report* » soumis le 7 janvier 2014 (rapport inédit).

11.8.4 COMPARAISON INTER-LABORATOIRES

a. Introduction

En février 2014, SOQUEM a mandaté Accurassay pour évaluer la performance des laboratoires qui ont analysé les carottes de forage de 2011 et 2012 (ALS) et 2013 (Actlabs). Les buts que SOQUEM avait fixés pour cette étude étaient de déterminer:

- / L'exactitude des résultats générés par Actlabs et ALS par comparaison de leur performance;
- / Une différence possible dans les résultats analytiques entre les deux laboratoires;

- / Une différence possible entre les résultats d'analyses par :
 - ICP-MS et fluorescence X (XRF) pour certains éléments de terres rares;
 - ICP-MS et l'activation neutronique pour d'autres éléments de terres rares;
- / Un décalage possible entre les deux méthodes ICP et une dérive qui pourrait affecter les mesures.

Les descriptions qui suivent sont tirées et résumées d'un rapport émis par Accurassay intitulé: « *2014 Kwyjibo Re-Assay Project Technical Summary, Dr. David Brown, Accurassay Laboratories Ltd.* » (inédit).

Un choix de 634 pulpes et de 292 rejets provenant d'échantillons qui avaient été analysés par ALS en 2011 et 2012 et par Actlabs en 2013 fut envoyé à Accurassay en 2014 pour réanalyses. Ces 926 échantillons représentent environ 12 % des pulpes et 5,5 % des rejets originaux des campagnes de 2011, 2012 et 2013.

Accurassay était chargé, à titre de laboratoire tiers, de coordonner les envois aux laboratoires pour effectuer les analyses nécessaires et interpréter les résultats. Accurassay prit soin des analyses ICP-OES et par XRF sur disques de verre et sur pastilles pressées, mais confia en sous-traitance la plus grande partie des analyses à ACME Labs pour les analyses ICP-MS et à Maxxam (tous deux membres du Groupe Bureau Veritas) pour les analyses par Activation neutronique (INNA).

Des réanalyses par ICP-MS, ICP-OES et XRF (disques de verre) furent faites sur tous les échantillons originaux d'Actlabs. Une partie des échantillons d'Actlabs ont aussi été soumis à des analyses par INNA et par XRF sur des pastilles pressées. Les échantillons d'ALS furent réanalysés par les mêmes méthodes que les échantillons d'Actlabs, sauf pour la méthode INNA qui ne fut pas utilisée. SOQUEM avait inclus des matériaux de référence certifiés dans ses envois et Accurassay y a ajouté les siens, après consultation avec SOQUEM. Les standards commerciaux qui ont été insérés par SOQUEM avec le standard interne Josette sont :

- / SY-4 pour les basses teneurs en terres rares;
- / OKA-2 et REE-1 pour les très hautes teneurs en terres rares;
- / OREAS-504B pour le cuivre et le molybdène.

Au total 72 échantillons de ces standards, ainsi que le standard Josette, ont été insérés à tous les 10 échantillons de pulpes et de rejets. Un blanc de méthode (granite) du laboratoire d'Accurassay a été inséré tous les 50 échantillons.

Les rejets extraits d'échantillons qui avaient été analysés auparavant ont été soumis aux mêmes analyses que les pulpes, sauf pour la méthode INNA qui ne fut pas utilisée.

b. Réanalyses de pulpes par ICP-MS

Accurassay a déduit que les résultats pour les terres rares provenant des deux laboratoires indiquent une bonne corrélation entre les analyses originales et les réanalyses des pulpes.

Malgré tout, un certain bruit attribué à de la dispersion dans les résultats d'analyses dû à des erreurs de mesures expérimentales normales et quelques différences entre les laboratoires est apparent. Quelques interversions de numéros d'échantillons ont été retrouvées, mais ont été corrigées.

Un biais systématique, mais relativement léger, a été observé entre les analyses d'ALS et d'ACME, ce qu'Accurassay attribua aux multiples calibrations des instruments lors des analyses des différents lots d'échantillons, alors que tous les échantillons analysés par ACME l'étaient en un même temps.

c. Analyses par ICP-OES

Selon Accurassay, les réanalyses de cuivre et molybdène par la méthode ICP-OES au laboratoire d'Accurassay indiquent une précision moins bonne que pour la méthode ICP-MS, particulièrement pour les analyses d'Actlabs.

De fait, ces métaux ne semblent pas représenter un grand intérêt dans l'économie du projet.

d. Analyses par XRF (disques de verre)

Les analyses des échantillons de minéralisation en ETR montrent que le bilan massique est généralement bas. Cette tendance avait déjà été remarquée par Accurassay dans tous les résultats des essais inter-laboratoires (round-robin) lors de la certification du standard Josette. Ce déficit de bilan massique soulève certains doutes quant à l'exactitude des mesures XRF après fusion pour les échantillons et le standard Josette. Il semble donc que la méthode de XRF sur disques de verre ne convient pas au projet.

e. Analyses par XRF (pastilles pressées)

L'yttrium est le seul élément commun aux analyses par ICP et par XRF sur pastilles pressées. Les teneurs obtenues par analyses XRF sont en moyenne plus élevées que celles issues des analyses par ICP. Il semble que le système ICP soit calibré pour des teneurs en traces. La variabilité élevée des résultats obtenus sur pastilles pressées peut être attribuée à l'effet de matrice et de grains.

f. Analyses par Activation neutronique (INNA)

Les résultats d'analyses par la méthode d'Activation neutronique subissent un effet de saturation causé par des teneurs proches des limites supérieures de détection de la méthode.

Maxxam avait émis une mise en garde sur le fait qu'un grand nombre d'échantillons de Kwjibo contenaient des teneurs trop élevées pour cette méthode.

g. Analyses des rejets

Les analyses des rejets montrent une bonne corrélation avec les résultats des pulpes, dans le sens où les tendances des valeurs moyennes des deux populations sont parallèles. Comme on pouvait s'y attendre, les corrélations sont moins bonnes pour les rejets que pour les pulpes.

Toutes les observations faites pour les pulpes s'appliquent aux résultats d'analyses des rejets.

h. Analyses des Standards (ou Matériaux de référence certifiés)

De manière générale, les résultats d'analyses des différents standards utilisés lors de la vérification des laboratoires ALS et Actlabs oscillent à l'intérieur des niveaux de confiance des teneurs certifiées, et sont donc acceptables dans la plupart des cas, mais ne sont certainement pas parfaits. Accurassay attribueait cette variabilité à la difficulté d'obtenir un bilan de masse fiable. Aucun biais systématique n'a cependant été observé.

i. Conclusions générales d'Accurassay

Les conclusions suivantes découlent de cette contre-vérification:

- / Les résultats analytiques des laboratoires ALS et Actlabs sont reproductibles. Les résultats des réanalyses par ICP-MS se corrélaient bien avec les résultats originaux pour les terres rares, malgré un certain bruit expliqué par des erreurs expérimentales résultant principalement de différences de calibration entre les laboratoires;
- / Aucun biais majeur n'a été décelé. L'intégrité et la continuité des données historiques ont été validées;
- / L'utilisation de la fluorescence par rayon X pour analyser les terres rares n'est pas recommandée à cause des effets de matrice liés aux pastilles pressées et aux difficultés à obtenir un bilan massique proche de 100 %;
- / L'activation neutronique est à éviter à cause de ses limitations analytiques pour mesurer les hautes teneurs en terres rares;
- / Les résultats produits par le laboratoire ALS sont en général un peu plus précis que ceux du laboratoire Actlabs. Toutefois, les résultats de ces deux laboratoires sont acceptables;
- / L'utilisation de la méthode d'analyse par ICP-MS précédée d'une fusion au borate de lithium pour mesurer la teneur des éléments de terres rares a été le meilleur choix parmi les différentes méthodes analytiques disponibles.

11.8.5 CONCLUSIONS DE DRA/MET-CHEM

La description de carotte a été faite à l'aide d'un logiciel spécialisé développé par SOQUEM, qui contient des modules de validation de saisie de données. Toutes les données de forage de toutes les campagnes ont été homogénéisées par SOQUEM et transférées dans le logiciel Géotic™. L'utilisation de logiciels spécialisés pour décrire la carotte fait partie des bonnes pratiques, en vertu des validations sur les données. En outre, les mêmes codes lithologiques ont été utilisés au cours de toutes les campagnes de forage, toutes exécutées par SOQUEM.

La carotte de forage dans la magnétite a été généralement sciée pour obtenir une demi-carotte pour envoi au laboratoire, ce qui est plus susceptible de générer des échantillons identiques que

l'utilisation des fendeuses à carotte. Les quarts de carotte utilisés comme échantillons de contrôle (double) et pour les réanalyses des anciens sondages ont aussi été séparés à la scie à lame diamantée.

Les zones minéralisées importantes dans les sondages historiques ont été réanalysées, ce qui fournit des résultats homogènes entièrement basés sur les mêmes méthodes d'analyses. L'utilisation d'un seul matériel de référence certifié, le standard Josette, n'est pas idéale, mais cette lacune a été comblée par l'insertion de standards commerciaux par SOQUEM et par Accurassay parmi les échantillons servant à l'évaluation des résultats d'ALS et d'Actlabs par le laboratoire tiers Accurassay.

Le nombre d'échantillons de contrôle utilisé par SOQUEM dans les différentes campagnes de forage atteint 4,0 à 6,6 %, ce qui n'est pas très élevé, mais les résultats d'analyses ont été validés par l'étude d'Accurassay.

Les blancs non certifiés utilisés par SOQUEM contiennent de faibles teneurs en terres rares, ce qui restreint leur habilité à vérifier la contamination possible entre les échantillons au laboratoire. Malgré ce défaut, les blancs ont détecté un exemple d'interversion d'échantillon indiquée par des teneurs typiques de granite-gneiss sous l'identité d'un blanc, mais aucun cas flagrant de contamination. DRA/Met-Chem recommande l'utilisation de blancs certifiés pour les prochaines campagnes de forage.

Les doubles introduits par les géologues de SOQUEM sont formés de quarts de carotte. Le plus petit volume de ces échantillons introduit probablement une variance un peu plus élevée, mais il demeure le meilleur choix pour les doubles de carotte.

Les mesures de densité ont été faites par la méthode appropriée d'immersion, sur un très grand nombre d'échantillons, par les laboratoires et par SOQUEM. Une grande partie des résultats ont été soumis à un contrôle de qualité comportant un pourcentage de déterminations de densité en double et à une validation partielle par corrélation avec les teneurs en fer des échantillons. Il faut noter que Techni-Lab a utilisé de grands volumes d'échantillons pour les mesures, ce qui est excellent.

L'étude d'Accurassay a aussi démontré que la méthode d'analyses des terres rares par ICP utilisée par les laboratoires pour les échantillons de Kwyjibo est la plus fiable. Ces méthodes d'analyses sont éprouvées et couramment utilisées par les laboratoires.

Les laboratoires utilisés par SOQUEM sont tous bien connus, de bonne réputation, d'expérience et entièrement accrédités et certifiés.

DRA/Met-Chem pense que les procédures concernant les mesures de sécurité, la description de la carotte et l'échantillonnage effectués par SOQUEM, ainsi que la préparation et l'analyse des échantillons sont adéquates. Elles ne semblent pas susceptibles d'engendrer des erreurs ou des biais qui pourraient affecter de manière sensible les résultats d'analyses, et les résultats peuvent donc être utilisés pour une estimation des ressources.

12 VÉRIFICATION DES DONNÉES

12.1 Vérification des données par DRA/Met-Chem

Une visite du terrain de Personnes qualifiées de DRA/Met-Chem a été effectuée en conformité avec les exigences du Règlement 43-101 (Visite récente du terrain, Article 6.2., paragraphe 1; 9 mai 2016) et de l'Instruction générale (Paragraphe 1) et 2) sous l'Article 6.2).

Des échantillons provenant des différentes campagnes de forage ont été choisis pour analyses de contrôle de Personne qualifiée indépendante. La banque de données de forage a été examinée et validée pour les besoins de l'estimation des ressources et la méthodologie utilisée par les géologues de SOQUEM pour la collecte de données, les analyses et les résultats du système d'Assurance qualité ont été examinés par la Personne qualifiée de DRA/MET-Chem.

12.1.1 VISITE DU TERRAIN

Une visite du projet Kwyjibo, situé à 125 km au nord-est de la ville de Sept-Îles, a été effectuée le 22 août 2017 par Yves A. Buro, ing., Département de Géologie & Mines, et Rock Gagnon, ing., Ingénieur de procédé et Directeur de projet, à titre de Personnes qualifiées indépendantes pour le compte de DRA/Met-Chem.

M. Serge Perreault, géo., Géoscientifique principal chez SOQUEM, a organisé la visite et nous a guidés vers les différents points d'intérêt de la propriété. Monsieur Perreault est le responsable du projet pour SOQUEM qui est le gestionnaire du projet conjoint. M. Perreault a supervisé les travaux de terrain récents à titre de Personne qualifiée et a participé à plusieurs publications et présentations du projet Kwyjibo.

Marc-André Bernier, géo., Géoscientifique principal à la Table jamésienne de concertation minière (TJCM) de Chibougamau, et conseiller technique de Focus, le partenaire de SOQUEM détenant 50 % du projet, nous a accompagnés sur le terrain.

En raison de l'absence d'accès à la propriété par voie terrestre, un hélicoptère a été nolisé pour la visite, ce qui a permis l'observation des différents dépôts et indices minéralisés sur la propriété et le survol de la région entre la propriété et la voie de chemin de fer QNS&L, puis le long de la voie jusqu'à l'approche de Sept-Îles.

Les principales zones et indices minéralisés et plusieurs sites de forage ont été survolés ou examinés au sol. Les observations sur les rainurages des affleurements ont été comparées avec les informations sur les cartes géologiques et d'analyses présentées par S. Perreault.

Y.A. Buro a relevé le collet d'une quinzaine de sondages et de quatre affleurements ou tranchées à l'aide d'un GPS portable. Les collets des sondages jumelés 12-61 et 95-29 ont été observés sur le terrain.

Aucune activité n'était en cours sur la propriété lors de notre visite.

La visite du terrain est considérée comme une visite récente, selon les directives du Règlement 43-101 (Article 6.2 §1) puisque le terrain n'a pas fait l'objet de travaux scientifiques ou techniques importants entre la date de la visite et celle du dépôt du rapport technique. La visite a permis aux personnes qualifiées de DRA/Met-Chem de prendre connaissance de la situation du terrain, d'observer la géologie et la minéralisation et de vérifier les travaux accomplis.

12.1.2 VISITE DES BUREAUX ET DE LA CAROTHÈQUE DE SOQUEM

La seconde partie de la visite du terrain de la Personne qualifiée de DRA/Met-Chem eut lieu les 24 et 25 août 2017 aux bureaux et à la carothèque de SOQUEM, à Val-d'Or.

Les sujets de discussions entre Y.A. Buro et S. Perreault couvraient principalement les points suivants : titres miniers, géologie, type et modèle génétique de la minéralisation, historique du projet, méthode d'implantation des sondages, description et échantillonnage de carotte, mesures de densité, laboratoires utilisés et méthodes analytiques, procédures d'AQ/CQ, construction et validation de la banque de données. Les données du projet nécessaires à la rédaction du rapport furent transférées à DRA/Met-Chem peu après la visite.

L'examen de carotte et le choix des échantillons de vérification par Y.A. Buro, se sont déroulés lors de la visite aux bureaux et à la carothèque de SOQUEM.

12.1.3 RÉSULTATS DE LA VISITE DU TERRAIN DE LA PERSONNE QUALIFIÉE

12.1.3.1 Géologie – Revue par la Personne Qualifiée

La géologie, le modèle génétique et la minéralisation en terres rares de Kwijibo sont bien connus grâce aux nombreux travaux scientifiques et techniques accomplis par SOQUEM depuis les années 1990 et par différents chercheurs. La littérature fournit plusieurs articles scientifiques, dont certains issus de SOQUEM, spécifiques à la minéralisation de Kwijibo et d'autres plus généraux sur le type de minéralisation IOCG (Chapitre 27, Références). Le modèle IOCG est utilisé par SOQUEM dans ses travaux de développement du projet.

Du point de vue de l'estimation des ressources minérales, la géométrie de la zone Josette est relativement simple et la continuité géologique est bien établie par forage à maille serrée. La constance dans la continuité des teneurs en terres rares apparaît par simple observation des sections de forage. Cette continuité le long de la direction et du pendage est confirmée par les variogrammes (Chapitre 14 – Estimation des ressources minérales).

12.1.3.2 Procédures AQ/CQ

SOQUEM ne possède pas de procédures applicables aux travaux de terrain et de forage en version écrite, mais les consignes étaient transmises verbalement aux géologues par le responsable du projet. La rédaction de procédures utilisées par SOQUEM est en cours. La disponibilité de procédures écrites qui peuvent être consultées à tout moment fait partie intégrante d'un système de la qualité.

12.1.3.3 Collet des sondages

Le collet des sondages a été localisé par SOQUEM après forage à l'aide d'un GPS de haute précision. Les coordonnées des collets de sondages relevées sur le terrain par Y.A. Buro à l'aide d'un GPS portable correspondent à celles qui ont été saisies dans la banque de données. Les différences entre les paires de mesures sont largement en-deçà des limites de précision des GPS portables.

12.1.3.4 Affleurements

La localisation des tranchées par le GPS portable lors de la visite de terrain correspond à leur localisation sur les plans. Les résultats d'analyses des rainures concordent avec l'intensité de minéralisation basée sur la présence de magnétite et/ou de veines de minéraux calcosilicatés, selon nos observations visuelles sur le terrain.

12.1.3.5 Examen de carotte

La photographie de la carotte n'a pas été faite, mais la carotte pour tous les sondages forés sur la propriété est disponible. DRA/Met-Chem recommande de photographier toute la carotte lors des prochaines campagnes de forage, ce qui fait partie des bonnes pratiques courantes de l'industrie.

La carotte pour tous les sondages forés sur la propriété Kwyjibo depuis 1994 est entreposée à Val-d'Or. Les boîtes de carotte sont rangées dans des étagères protégées des éléments par un toit et sont à l'intérieur d'un espace entouré d'une haute clôture et muni d'un système de sécurité en restreignant l'entrée. Le contenu de chaque boîte de carotte est identifié à l'aide de rubans d'impression par embossage en aluminium agrafés sur l'extrémité des boîtes en bois. Les rejets et les pulpes retournées par le laboratoire sont entreposés dans de grandes et robustes boîtes en plastique généralement utilisées comme contenants à sable et à sel, avec couvercle verrouillable.

Les zones minéralisées, soit les magnétite et brèches supérieure et inférieure, et les épontes de six (6) sondages (12-78, 13-112, 12-74, 12-84, 13-69A et 13-61) ont été examinées par Y.A. Buro.

Les mesures de profondeurs des contacts entre les différentes lithologies et entre les échantillons dans les zones minéralisées des six (6) sondages vérifiés correspondent aux profondeurs indiquées par les blocs des foreurs. Les métrages ainsi que les descriptions des lithologies et de la minéralisation ont été comparés avec les données indiquées par les journaux de sondage imprimés à partir de la banque de données et aucune erreur n'a été relevée par Y.A. Buro.

Les billets détachables du carnet d'échantillons du laboratoire indiquent les profondeurs de chaque l'intervalle échantillonné et sont agrafés dans le fond la boîte au contact supérieur des échantillons. Un défaut des billets détachables, remarqué par Y.A. Buro sur plusieurs projets, se trouve dans l'impression, en rouge, du numéro d'échantillon qui pâlit jusqu'à disparaître avec le temps. Les géologues de SOQUEM pliaient généralement ces billets avant de les insérer sous la carotte au contact des échantillons. Les marques au crayon gras indiquant les contacts des échantillons sont souvent détruites lors de la séparation de la carotte en deux. Des carnets avec

des codes de barre fournis par le laboratoire étaient utilisés pendant les campagnes de forage de 2012 à 2013.

Les teneurs en terres rares totales correspondent bien aux observations visuelles faites par la personne qualifiée de DRA/Met-Chem. Ces teneurs sont principalement liées à la présence de veines de calcosilicates de couleur caractéristique et au pourcentage de magnétite.

Deux cas seulement où le contact entre la magnétite et la brèche ou un dyke aurait dû être fixé à quelques centimètres de leur position ont été remarqués par Y.A. Buro. Par exemple, dans le sondage 12-74, l'intervalle entre 119,50 m et 120,25 m est décrit sous Lithologie secondaire comme une roche calco-silicatée, bréchifiée contenant 20 % de magnétite, suivi d'une pegmatite, alors que l'échantillon 128489 a été pris entre 119,0 m et 120,0 m. Cependant, cet échantillon se trouve à l'intérieur d'une lithologie principale de Gneiss granitique bréchique allant de 117,40 m à 122,15 m dont les contacts n'ont pas été chevauchés par les échantillons. Dans ce cas, la moyenne des analyses pour la lithologie principale n'est donc pas modifiée.

La personne qualifiée de DRA/Met-Chem peut raisonnablement assurer que ces différences minimales ne sont pas susceptibles d'influencer les teneurs ou tonnages de l'estimation des ressources. Aucune autre erreur n'a été notée lors de l'examen des six (6) sondages et, sur la base de ces observations, les résultats de l'échantillonnage semblent suffisamment fiables pour être utilisés dans une estimation de ressources minérales.

12.1.4 ÉCHANTILLONS DE VÉRIFICATION PAR DRA/MET-CHEM

Des échantillons ont été choisis indépendamment par Y.A. Buro, la Personne qualifiée, pour servir de vérification des analyses originales.

Les échantillons de vérification furent choisis de manière à obtenir une couverture géographique générale du gîte, en direction et en profondeur, et représentent la gamme complète de basses à hautes teneurs en OTRT variant de 0,451 % à 12,018 % (Tableau 12.1).

Des 32 échantillons sélectionnés, 24 proviennent de la Zone Josette NE et 8 de la Zone Josette SO. Les échantillons ont été choisis à des profondeurs variant de 35 à 312 m, dans des sondages forés en 2011, 2012 et 2013.

Les rejets ont été utilisés de préférence aux quarts de carotte qui introduisent une variabilité accrue reliée à la différence de volume de l'échantillon original formé de la moitié de la carotte. Cependant, les rejets de l'intervalle à haute teneur du sondage 13-112 et 11-58 n'ont pas pu être localisés, probablement en raison de la fermeture du laboratoire Accurassay. La seconde moitié ou des quarts de carotte ont donc été utilisés pour ces échantillons (Tableau 12.1).

Quatre (4) doubles, trois (3) standards Josette et trois (3) blancs ont été insérés pour servir d'échantillons de contrôle de ces analyses.

Les échantillons furent assemblés et expédiés au laboratoire AGAT à Val-d'Or (AGAT) par les soins de SOQUEM pour être préparés puis renvoyés à SOQUEM sous forme de pulpes. Les

pulpes ont été renumérotées par SOQUEM, après insertion des échantillons de contrôle (Tableau 12.1) pour être renvoyées au laboratoire pour analyses. Cette procédure a permis de soumettre les échantillons "à l'aveugle" au laboratoire.

Comme tous les laboratoires utilisés par SOQUEM, AGAT est un laboratoire indépendant, de bonne renommée, accrédité et certifié aux standards ISO 9001 et ISO/IEC 17025.

Tableau 12.1 – Description des échantillons de vérification de la personne qualifiée

N° de trou	De (m)	À (m)	N° ALS/Act	N° AGAT	Matériel	Contrôle	% OTRT Originales
12-62	35	36	181174	E6648951	Rejet		4.103
12-62	36	37	181175	E6648952	Rejet		2.178
12-62	39	40	181178	E6648953	Rejet		4.479
12-62	40	41	181179	E6648954	Rejet		3.552
12-84	157	158	1005217	E6648955	Rejet		0.522
12-84	158	159	1005218	E6648956	Rejet		1.129
12-84	159	160	1005219	E6648957	Rejet		2.027
12-84	160	161	1005220	E6648958	Rejet		0.494
13-94	86	87	33915	E6648959	Rejet		0.921
13-94	87	88	33916	E6648960	Rejet		1.867
				E6648961		Blanc	
				E6648962		Standard	
13-94	88	89	33917	E6648963	Rejet		2.560
13-94	89	90	33918	E6648964	Rejet		2.120
13-94	89	90	33918	E6648965	Rejet	Double	2.120
13-96	151	152	34077	E6648966	Rejet		1.804
13-96	152	153	34078	E6648967	Rejet		1.211
13-96	160	161	34086	E6648968	Rejet		1.643
13-96	160	161	34086	E6648969	Rejet	Double	1.643
13-96	162	163	34088	E6648970	Rejet		0.842
13-113	124	125	35399	E6648971	Rejet		0.609
13-113	125	126	35400	E6648972	Rejet		0.451
				E6648973		Blanc	
				E6648974		Standard	
13-113	126	127,2	35401	E6648975	Rejet		1.035

N° de trou	De (m)	À (m)	N° ALS/Act	N° AGAT	Matériel	Contrôle	% OTRT Originales
13-113	127,2	128,2	35402	E6648976	Rejet		3.561
13-115	263	264	35582	E6648977	Rejet		1.212
13-115	264	265	35583	E6648978	Rejet		3.083
13-115	265	266	35585	E6648979	Rejet		2.419
13-115	268	269	35588	E6648980	Rejet		0.652
13-112	285	286	35340	E6648981	1/2 carotte		6.188
13-112	288	289	35343	E6648982	1/2 carotte		5.578
13-112	292	293	35349	E6648983	1/4 carotte		12.018
13-112	292	293	35349	E6648984	1/4 carotte	Double	12.018
				E6648985		Blanc	
				E6648986		Standard	
13-112	311	312	35365	E6648987	1/2 carotte		1.896
11-58	76,4	77,5	420765	E6648988	1/4 carotte		4.359
11-58	76,4	77,5	420765	E6648989	1/4 carotte	Double	4.359
11-58	80,3	81,15	420769	E6648990	1/2 carotte		7.439
11-58	91	92	420781	E6648991	1/2 carotte		1.658
11-58	95	96	420785	E6648992	1/2 carotte		0.949

Les échantillons avaient été analysés antérieurement par ALS et Actlabs et ont été réanalysés par AGAT par les mêmes méthodes de fusion suivie d'ICP-OES ou ICP-MS (Code 201-378). Les éléments majeurs ont été analysés par XRF sur des pastilles de fusion (Code 201-676). L'or a été analysé par pyro-analyse (Fire Assay) avec finissage par AAS (Code 202-051). Les résultats d'analyses des ETR critiques et des OTRT utilisés pour la vérification de DRA/Met-Chem sont présentés dans le Tableau 12.2. Les certificats du laboratoire avec les analyses complètes sont disponibles.

Tableau 12.2 – Résultats des échantillons de vérification de la personne qualifiée

N° AGAT	OTRT		Terres rares critiques									
	OTRT (%)		Dy ₂ O ₃ (%)		Eu ₂ O ₃ (%)		Nd ₂ O ₃ (%)		Tb ₂ O ₃ (%)		Y ₂ O ₃ (%)	
	Original	Double	Original	Double	Original	Double	Original	Double	Original	Double	Original	Double
E6648951	4.103	4.382	0.096	0.094	0.013	0.013	0.759	0.822	0.017	0.015	0.565	0.583
E6648952	2.178	2.344	0.105	0.109	0.008	0.009	0.321	0.344	0.016	0.016	0.698	0.715
E6648953	4.479	4.711	0.110	0.126	0.015	0.015	0.769	0.828	0.021	0.020	0.742	0.776
E6648954	3.552	4.118	0.109	0.145	0.013	0.015	0.597	0.707	0.021	0.022	0.790	0.876
E6648955	0.522	0.541	0.017	0.019	0.002	0.002	0.092	0.092	0.003	0.003	0.105	0.099
E6648956	1.129	1.168	0.038	0.038	0.005	0.005	0.199	0.205	0.007	0.006	0.232	0.203
E6648957	2.027	2.306	0.067	0.075	0.007	0.008	0.335	0.404	0.011	0.011	0.466	0.466
E6648958	0.494	0.593	0.019	0.021	0.002	0.003	0.083	0.104	0.004	0.003	0.106	0.100
E6648959	0.921	1.114	0.042	0.048	0.004	0.005	0.129	0.167	0.007	0.007	0.252	0.267
E6648960	1.867	2.116	0.070	0.074	0.007	0.007	0.288	0.338	0.012	0.011	0.428	0.446
E6648963	2.56	2.889	0.082	0.091	0.009	0.010	0.423	0.510	0.013	0.014	0.508	0.528
E6648964	2.12	2.514	0.067	0.076	0.008	0.009	0.366	0.465	0.012	0.012	0.381	0.422
E6648966	1.804	1.989	0.058	0.064	0.006	0.007	0.300	0.341	0.010	0.010	0.379	0.371
E6648967	1.211	1.319	0.040	0.044	0.005	0.005	0.202	0.222	0.007	0.007	0.256	0.265
E6648968	1.643	1.761	0.050	0.052	0.006	0.007	0.294	0.317	0.009	0.008	0.295	0.292
E6648970	0.842	0.755	0.036	0.032	0.003	0.003	0.125	0.110	0.006	0.005	0.219	0.198
E6648971	0.609	0.626	0.017	0.017	0.002	0.002	0.082	0.085	0.003	0.003	0.135	0.128
E6648972	0.451	0.469	0.012	0.012	0.002	0.002	0.054	0.057	0.002	0.002	0.100	0.100

N° AGAT	OTRT		Terres rares critiques									
	OTRT (%)		Dy ₂ O ₃ (%)		Eu ₂ O ₃ (%)		Nd ₂ O ₃ (%)		Tb ₂ O ₃ (%)		Y ₂ O ₃ (%)	
	Original	Double	Original	Double	Original	Double	Original	Double	Original	Double	Original	Double
E6648975	1.035	1.220	0.027	0.032	0.004	0.004	0.160	0.189	0.004	0.005	0.190	0.204
E6648976	3.561	4.119	0.114	0.126	0.013	0.014	0.582	0.701	0.020	0.019	0.712	0.791
E6648977	1.212	1.381	0.041	0.048	0.005	0.006	0.203	0.237	0.007	0.008	0.257	0.269
E6648978	3.083	3.418	0.086	0.101	0.012	0.013	0.551	0.628	0.016	0.016	0.504	0.597
E6648979	2.419	2.740	0.080	0.091	0.009	0.010	0.398	0.471	0.014	0.014	0.495	0.574
E6648980	0.652	0.755	0.024	0.027	0.003	0.003	0.101	0.121	0.004	0.004	0.149	0.159
E6648981	6.188	6.241	0.208	0.213	0.023	0.022	1.014	1.075	0.035	0.033	1.266	1.270
E6648982	5.578	6.642	0.164	0.195	0.025	0.028	0.994	1.225	0.030	0.032	0.902	1.144
E6648983	12.018	12.930	0.383	0.414	0.041	0.043	1.948	2.216	0.064	0.066	2.282	2.362
E6648987	1.896	2.101	0.046	0.050	0.006	0.006	0.342	0.406	0.009	0.008	0.301	0.292
E6648988	4.359	4.438	0.151	0.133	0.013	0.014	0.649	0.726	0.019	0.020	0.876	0.848
E6648990	7.439	7.178	0.282	0.227	0.024	0.024	1.166	1.225	0.037	0.035	1.530	1.384
E6648991	1.658	1.748	0.049	0.047	0.006	0.006	0.266	0.308	0.008	0.007	0.330	0.267
E6648992	0.949	0.981	0.025	0.024	0.003	0.003	0.153	0.169	0.004	0.004	0.168	0.142

Tableau 12.3 – Résultats des échantillons de contrôle dans les échantillons de vérification de la personne qualifiée

N° Échantillon	Type	Dy ₂ O ₃ (%)	Eu ₂ O ₃ (%)	Nd ₂ O ₃ (%)	Tb ₂ O ₃ (%)	Y ₂ O ₃ (%)	OTRT (%)	SiO ₂ (%)
E6648961	Blanc	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001	0.011	>100
E6648973		0.000	0.000	0.002	0.000	0.001	0.009	99.40
E6648985		0.001	0.000	0.006	0.000	0.007	0.036	99.30
E6648962	Standard Josette	0.086	0.010	0.471	0.013	0.505	2.894	
E6648974		0.084	0.010	0.462	0.012	0.522	2.883	
E6648986		0.083	0.010	0.461	0.012	0.519	2.873	
Valeur certifiée		0.080	0.009	0.413	0.013	0.506		
E6648964	Original	0.077	0.009	0.465	0.012	0.422	2.514	
E6648965	Double	0.077	0.009	0.461	0.012	0.381	2.448	
E6648968	Original	0.053	0.007	0.317	0.008	0.292	1.761	
E6648969	Double	0.053	0.007	0.322	0.008	0.288	1.776	
E6648983	Original	0.423	0.043	2.216	0.066	2.362	12.930	
E6648984	Double	0.471	0.047	2.368	0.073	2.616	13.900	
E6648988	Original	0.136	0.014	0.726	0.020	0.848	4.438	
E6648989	Double	0.159	0.015	0.805	0.023	0.984	4.963	

Le critère de la différence relative (différence absolue entre les deux (2) échantillons d'une même paire divisée par leur moyenne) est une mesure généralement acceptée pour déterminer le seuil d'acceptabilité lors de la comparaison des résultats provenant de deux (2) laboratoires. Le seuil d'acceptabilité pour les rejets correspond à des différences de 20 % et moins dans 90 % des cas. Les rejets, demis et quarts de carotte ont été utilisés comme double des échantillons originaux. Selon ce critère, les analyses en double des éléments critiques passent le test, sauf le Nd (Tableau 12.4). En plus, la différence entre la moyenne des analyses originales et celle des doubles ne devrait pas excéder 5 %, ce qui n'est pas le cas pour tous les éléments vérifiés par DRA/Met-Chem (Tableau 12.4).

Sur la base des analyses des échantillons de la Personne qualifiée, DRA/Met-Chem pense que les résultats indiquent que les réanalyses reproduisent généralement les données originales de manière acceptable, quoique pas de manière remarquablement élevée. À titre d'exemple, les analyses en double de Nd sont légèrement moins proches des analyses originales que ceux des autres éléments critiques et affichent un léger biais systématique (Figure 12.1). Les résultats des doubles des échantillons de la Personne qualifiée indiquent un certain degré de variabilité semblable à celui qui a été observé par Accurassay dans son étude de vérification des laboratoires.

La variabilité entre les analyses originales et celles des doubles peut être attribuée principalement aux facteurs suivants :

- Le fait que les échantillons de la Personne qualifiée ont été analysés en un seul lot, alors que les originaux l'ont été à différents moments, donc lors de multiple calibration des laboratoires entre 2011 et 2013 et par deux (2) laboratoires;
- Les légères différences de calibration qui peuvent exister entre les laboratoires ALS et Actlabs (échantillons originaux) et AGAT;
- La difficulté à obtenir un bilan de masse (Total %) proche de 100 %; les trois (3) analyses du standard Josette ont un total calculé de 85,90 %, 86,00 % et 86,40 %, ce qui est en-dessous du seuil généralement accepté de 97 % ou 98 %; ce problème de bilan de masse a déjà été observé par Accurassay.

Figure 12.1 – Analyses du Néodyme dans les échantillons originaux et les doubles de la Personne qualifiée

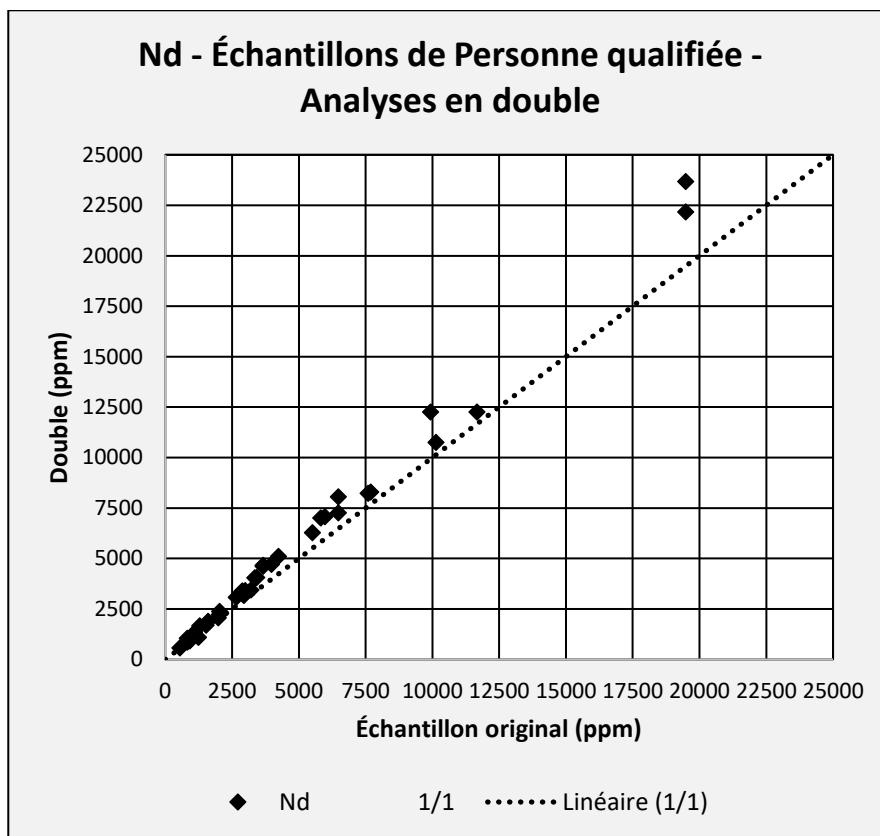


Tableau 12.4 – Résultats des analyses originales et en double des 36 échantillons de vérification de la personne qualifiée de DRA/Met-Chem (32 échantillons et 4 doubles)

Oxydes	Maximum (%)	Minimum (%)	Différence relative de plus de 20 %	Moyenne		
				Original (%)	Double (%)	Différence (%)
Dy ₂ O ₃	28,05	0,97	2	0,094	0,100	7,2
Eu ₂ O ₃	17,59	0,00	0	0,010	0,011	7,6
Nd ₂ O ₃	25,20	0,25	6	0,478	0,549	14,9
Tb ₂ O ₃	23,10	0,00	1	0,015	0,016	1,5
Y ₂ O ₃	23,66	0,00	2	0,568	0,595	4,7
OTRT	19,00	0,85	0	2,908	3,012	3,6

Les trois (3) blancs insérés dans les échantillons de contrôle ont des valeurs excédant 99 % de silice, ce qui indique qu'il n'y a pas eu d'erreur ou d'interversion dans leur numérotation. Les teneurs en terres rares sont faibles, ce qui correspond au quartzite non certifié utilisé et n'indiquent aucune contamination flagrante. Les trois (3) analyses du standard Josette ont fourni des résultats pour les ETR critiques qui sont proches des valeurs certifiées (Tableau 12.2).

En raison du nombre restreint d'échantillons de contrôle, il n'est pas possible de tirer des conclusions basées sur des calculs statistiques. Cependant, les résultats des échantillons de la Personne qualifiée indiquent une certaine variabilité, mais aucun biais systématique, tout comme les résultats des travaux d'Accurassay, et ne font donc apparaître aucune raison de croire que les analyses originales ne sont pas fiables. Les échantillons de la Personne qualifiée indépendante indiquent que les analyses des terres rares sont suffisamment fiables pour être utilisées dans une estimation des ressources.

12.1.5 VÉRIFICATION DE LA BANQUE DE DONNÉES

La banque de données de forage a subi une première phase de vérification par les géologues de SOQUEM, et, notamment par le transfert de toute l'information dans le logiciel Géotic Log™ qui contient un système de validation des données saisies. Cette banque de données vérifiée a été transmise à DRA/Met-Chem.

Des vérifications ponctuelles de la banque de données ont été faites au bureau de DRA/Met-Chem à Montréal afin de la valider avant de préparer le modèle 3D.

Les vérifications concernaient principalement les points suivants :

- Superpositions ou vides entre des unités lithologiques principales ou les échantillons;
- Doublons de numéros d'échantillons;
- Comparaison des résultats d'analyses, en général, et des plus hauts teneurs en terres rares, entre les certificats originaux et la banque de données;
- Valeurs hors normes, notamment dans les coordonnées, le RQD, la récupération de carotte, la déviation des trous, la longueur des échantillons, les résultats d'analyses.

La comparaison des résultats d'une série de certificats originaux du laboratoire pris au hasard par DRA/Met-Chem, pour chaque campagne de forage, avec les entrées dans la banque de données n'a révélé aucune erreur dans le transfert des données du laboratoire. Quelques erreurs causées lors de la conversion en oxydes des analyses du laboratoire fournies en éléments ont été trouvées. À titre d'exemple, les échantillons 420522 à 420531 du sondage 11-52 affichent des zéros et quelques 0.0001 dans les colonnes des oxydes Eu_2O_3 , Tb_2O_3 Tm_2O_3 . Dans les colonnes Eu, Tb et Tm, qui représentent les résultats fournis par le laboratoire, les teneurs correspondent aux valeurs normales pour ces éléments (Certificat TB11234897 du 2011-10-25). Quelques erreurs d'identification de colonnes calculées par SOQUEM ont été décelées dans la feuille *Géochimie* de la banque de données Excel : les mêmes chiffres se trouvent sous les colonnes *Fe*, *SiO₂_moyenne* et *Fe₂O₃_moyenne*, alors que ces valeurs sont celles du SiO_2 .

Il semble donc que des erreurs se soient glissées lors des transformations par SOQUEM des éléments en équivalent oxydes. Pour pallier ces erreurs, DRA/Met-Chem a importé les données brutes du laboratoire dans le logiciel minier pour les calculs de ressources, avec conversion par le logiciel des éléments des terres rares en oxydes.

Une valeur en thorium a été retrouvée dans la colonne du terbium dans les analyses du standard Josette. Cette erreur a été corrigée et n'affecte pas la banque de données originales du laboratoire utilisée pour l'estimation des ressources.

Le calcul du RQD est fait correctement sur la base des intervalles tels qu'indiqués par les marques des foreurs. Le 94 % des mesures de RQD sont égales ou excèdent un RQD de 75 % (bonne qualité de massif rocheux), ou le 92 % des valeurs atteignent un RQD de 90 % et plus (excellente qualité). Quelques erreurs ont été notées dans des mesures figurant en centimètres plutôt qu'en mètres la feuille *Géotechnique* de la banque de données. Ces erreurs peuvent facilement être corrigées et n'ont aucun impact sur l'estimation des ressources présentées dans ce rapport, mais seront certainement utiles aux ingénieurs miniers. Le taux de récupération de carotte s'élève à 96 % et plus pour pratiquement toutes les mesures (96 %).

Les valeurs de Perte au feu (« **PAF** ») varient de -5 à 13 % et près de 95 % de ces valeurs se trouvent entre un gain et une perte de -0,5 % à 3,5 %. Ces pourcentages ne se démarquent pas d'autres projets, particulièrement de ceux contenant de la minéralisation riche en magnétite.

Les valeurs de bilan de masse (Total %) varient de 69,82 % à 102,00 %. Certaines valeurs manquent dans la banque de données. Les valeurs acceptables, entre 97,5 % et 102,0 %, représentent le 84,3 % de toutes les valeurs. Le problème de bilan de masse a été étudié par Accurassay (Chapitre 12 – Vérification des données).

12.1.6 VÉRIFICATION DES RÉSULTATS DES ÉCHANTILLONS DE CONTRÔLE DE SOQUEM

a. Standards

Le standard Josette a été utilisé par SOQUEM lors des campagnes de 2011-2013. La valeur certifiée et l'intervalle de confiance ont été comparés aux résultats des 82 analyses du standard disponible dans la banque de données de SOQUEM. Les résultats des éléments critiques ont été utilisés pour les besoins de la vérification par DRA/Met-Chem (Tableau 12.5).

Tableau 12.5 – Comparaison des résultats d'analyses (n=82) des éléments critiques du Standard Josette avec les valeurs certifiées

	Analyte (ppm)	Dy ₂ O ₃	Eu ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Tb ₂ O ₃	Y ₂ O ₃
Standard Josette	Valeurs certifiées	0,080	0,0095	0,4134	0,0134	0,5061
	Écart-type (S)	0,002	0,0003	0,0332	0,0004	0,0228
Résultats des analyses du standard (n=82)	Moyenne	0,079	0,0098	0,4291	0,0135	0,5003
	Écart-type (S)	0,003	0,0005	0,0196	0,0007	0,0235
	Maximum	0,088	0,0115	0,4957	0,0148	0,6007
	Minimum	0,072	0,0084	0,3942	0,0116	0,4546
	Résultats de 2011-2012	Forte variabilité entre ±3S	Forte variabilité; dérive	Variabilité modérée; entre la moyenne et +2S; biais	Forte variabilité; dérive	Forte variabilité; Entre la moyenne et ±2S
	Résultats de 2013	Variabilité modérée à forte; principalement entre la moyenne et -2S; dérive	Variabilité modérée; Proche de la moyenne et entre la moyenne et +2S; à noter les teneurs très faibles	Proche de la moyenne, très légèrement en-dessus de la moyenne	Variabilité modérée à forte; principalement entre la moyenne et -2S	Variabilité modérée; proche de la moyenne, et -2S; biais
	2011-2013; différence relative dépassant	+3S	1	10	0	3
	-3S	2	1	0	4	0

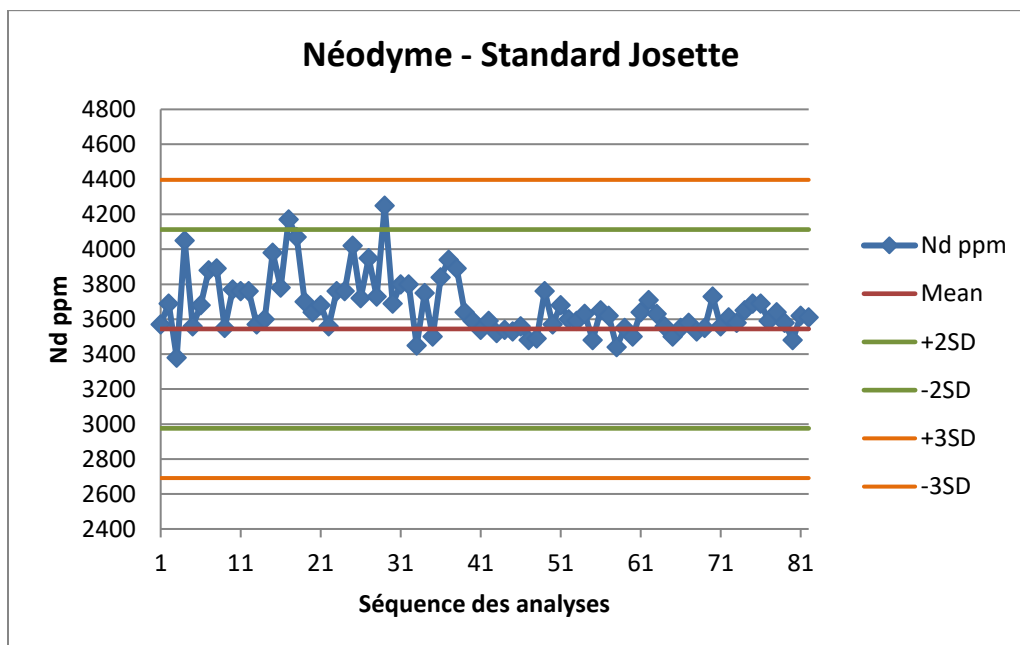
Les résultats des analyses du standard Josette en 2013 indiquent une nette amélioration par rapport aux analyses de 2011-2012 qui se traduit par la diminution de la variabilité des résultats pour les éléments vérifiés par DRA/Met-Chem, soit les éléments de terres rares critiques. Cette observation est bien illustrée par les analyses de Nd (Figure 12.2).

Si le seuil d'acceptation des résultats des standards est défini par la moyenne et trois écart-types, ce que DRA/Met-Chem considère comme raisonnable si la moyenne et les écart-types certifiés du standard ont été utilisés, les résultats des analyses du standard Josette sont acceptables. L'euporium dépasse légèrement la norme, ce qui peut être en partie dû à ses basses teneurs.

Le seuil de trois écart-types plutôt que deux, est acceptable puisque la variance entre des analyses uniques des échantillons du projet est plus élevée que celle obtenue par les multiples analyses de la certification du standard auxquelles on les compare.

En guise de vérification, DRA/Met-Chem a généré les graphiques pour les terres rares critiques et n'a relevé aucune différence avec ceux de SOQUEM. DRA/Met-Chem a aussi testé la méthode de calcul de la moyenne et des écart-types des résultats d'analyses, plutôt que d'utiliser les valeurs certifiées du standard. Des conclusions semblables peuvent être tirées en utilisant les deux méthodes de calculs.

Figure 12.2 – Analyses du Néodyme du standard Josette



b. Blancs

Un (1) des 88 Blancs dans les analyses de SOQUEM indique une interversion d'échantillons (sondage 11-49) par ses teneurs en éléments qui correspondent à celles d'un granite. La contamination possible en éléments de terres rares ne peut pas être évaluée puisque ce

blanc n'est pas certifié et que des zircons et petits cristaux non identifiés ont été observés par SOQUEM dans le quartzite utilisé.

c. Double

Les résultats des doubles utilisés par SOQUEM lors des campagnes de forage de 2011 à 2013 et des réanalyses de 2010 ont été examinés par DRA/Met-Chem. Comme pour les doubles d'échantillons de la Personne qualifiée, le critère de la différence relative a été appliqué aux éléments critiques pour déterminer les seuils d'acceptabilité. Un maximum de différence relative de 20 % dans 90 % des cas a été utilisé pour les doubles de terrain, soit le même critère que pour des doubles de rejets. Ceci est probablement justifié par le fait que les doubles consistaient en quarts de carotte, même si peu d'information semble exister la littérature au sujet de la marge de tolérance pour les quarts ou même les demis carotte. Le plus petit volume de ces échantillons peut introduire une variance un plus élevée que dans le cas de doubles de rejets, ce qui devrait ajouter une certaine tolérance au test de la moyenne relative.

Aucun des éléments critiques ne passe le test des différences de 20 %, mais les moyennes des analyses originales sont proches de celles des doubles, même lorsqu'elle est calculée sur un petit nombre d'analyses (Tableau 12.6). Un exemple de corrélation entre les analyses originales et les doubles pour le Nd est présenté dans la Figure 12.3. La difficulté citée précédemment à calculer un bilan de masse proche de 100 % se reflète dans des différences importantes entre le Total % calculés pour l'original et le double à l'intérieur de certaines paires d'échantillons. Sur 70 analyses dans la banque de données, 23 ont des valeurs de moins de 97 % parmi des pourcentages qui varient de 73,07 % à 101,96 %.

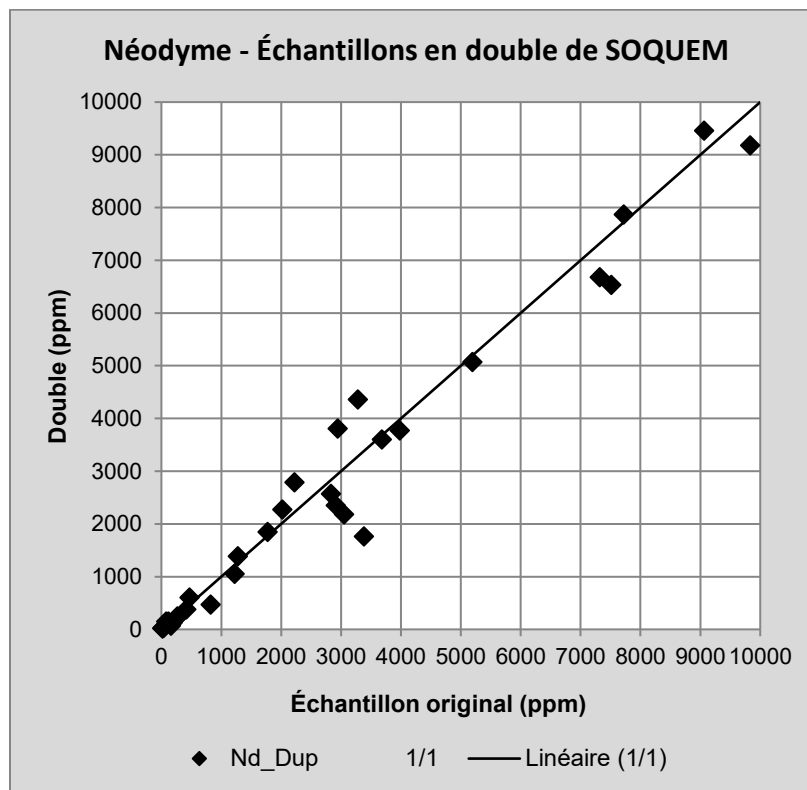
Malgré cette variabilité modérée expliquée par un bruit de fond causé par les analyses faites dans le même temps, mais par différents laboratoires à des périodes différentes, les moyennes des analyses originales et des doubles varient en parallèle. Ceci a été observé par Accurassay lors de la comparaison de la performance des laboratoires.

Tableau 12.6 – Résultats des analyses originales et en double des échantillons de contrôle de SOQUEM (2011-2013)

Oxydes	Nombre de paires	Maximum (%)	Minimum (%)	Différence relative de plus de 20 %	Moyenne		
					Originaux (%)	Doubles (%)	Différence (*) (%)
Dy ₂ O ₃	37	0,211	0,000	7	0,051	0,049	-4,3
Eu ₂ O ₃	37	0,242	0,000	7	0,012	0,012	-1,5
Nd ₂ O ₃	37	1,147	0,002	13	0,266	0,257	-3,5
Tb ₂ O ₃	37	0,036	0,000	9	0,009	0,008	-3,8
Y ₂ O ₃	32	1,352	0,000	8	0,335	0,321	-4,1

(*) Calculé sur des valeurs non arrondies

Figure 12.3 – Analyses originales et double pour le Néodyme



Vu la bonne correspondance entre les moyennes des deux (2) populations (originaux et double), et si l'on considère les validations faites par Accurassay et les analyses des échantillons métallurgiques, DRA/Met-Chem conclut, tout comme Accurassay, que les doubles reproduisent de manière satisfaisante les analyses originales, sans toutefois le faire de manière particulièrement remarquable. DRA/Met-Chem pense que cette faible variabilité ne compromet pas l'utilisation des résultats dans le calcul des ressources et ne constitue pas un facteur modifiant dans la classification des ressources.

12.1.7 SONDAGES JUMELÉS

Le sondage 12-61 foré en 2012, et qui représente une longueur de 81,18 m a servi à jumeler le sondage 95-29, d'une longueur de 81,08 m, afin de valider l'information historique. Le sondage de 2012 a été placé à environ 8 m au sud-ouest du collet du sondage 95-29 qu'il vérifie, et se trouve à une hauteur plus élevée de 6 m. La distance entre les deux (2) sondages est considérée comme un peu élevée et peut contribuer à décroître la corrélation des teneurs entre les deux (2) sondages.

Malgré cette distance, et le fait que des quarts de carotte ont été utilisés et que les zones minéralisées n'ont pas été découpées par des échantillons de longueurs identiques dans les deux (2) sondages, les teneurs en OTRT varient de façon très similaire dans les deux (2) sondages (Figure 12.4).

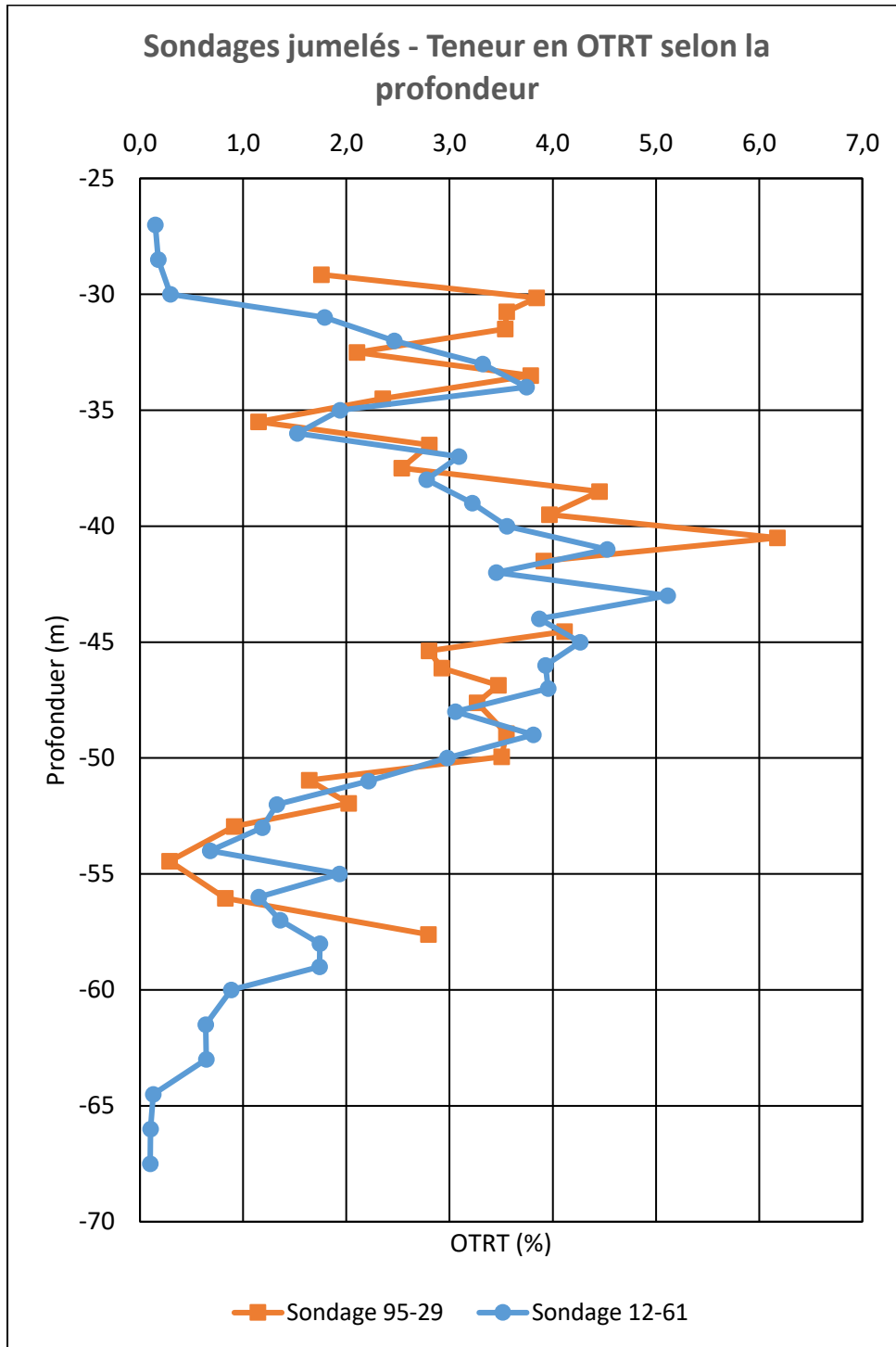
La moyenne de l'unité supérieure de 25,5 m dans le sondage 12-61 s'élève à 2,811 % de OTRT, alors que la zone correspondante dans le sondage 95-29 est de 23,5 m à une teneur moyenne de 3,028 % OTRT, si on exclut un dyke de pegmatite de 1,85 m qui recoupe la zone dans le sondage 1088-95-29. La partie inférieure du sondage 1088-95-29 a recoupé un gneiss.

En conclusion, on peut raisonnablement affirmer que le sondage foré en 2012 a clairement validé les résultats d'analyses des OTRT du sondage historique.

12.2 Conclusions générales

Les travaux de vérification des données par la Personne qualifiée de DRA/Met-Chem ont généralement confirmé les résultats des vérifications faites par Accurassay et n'ont relevé aucun problème qui rendrait les données inadéquates pour les besoins de l'estimation des ressources.

Figure 12.4 – Graphique de comparaison des résultats d’analyses des sondages jumelés 95—29 et 12-61



13 ESSAIS DE TRAITEMENT DES MINERAIS ET ESSAIS MÉTALLURGIQUES

13.1 Introduction

En 2013 et 2014, deux (2) projets d'essais métallurgiques ont été effectués par le Consortium de recherche appliquée en traitement et transformation des substances minérale (« **COREM** ») à Québec, afin caractériser des échantillons de la propriété Kwyjibo. Le premier projet (T1475, 2014) a exploré préliminairement les différentes options de concentration des éléments présents dans le gisement avec la séparation magnétique et la flottation.

Les essais métallurgiques du deuxième projet de COREM (T1544, 2015) ont évalué quatre échantillons provenant de l'horizon Josette de la propriété Kwyjibo. La propriété Kwyjibo a deux zones d'intérêt : la zone magnétite massive (MM) et la zone de brèches. La sélection des échantillons a été faite par SOQUEM. Deux échantillons ont été pris de la région Nord-Est (MM1 et BR1) et deux (2) échantillons de la région Sud-Ouest (MM2 et BR2). Les essais effectués comprenaient : la broyabilité, la séparation magnétique, la flottation des phosphates et des silicates, une étude minéralogique, et une étude préliminaire sur la lixiviation des concentrés de terres rares.

En 2015 à 2016, une étude de lixiviation à l'acide a été effectuée par Hazen Research (« **Hazen** ») de Golden au Colorado (projet 12182). Cette étude a déterminé les pourcentages d'extraction possibles pour la lixiviation des concentrés de flottation en variant le type d'acide, la concentration, et la température.

En 2016 à 2017, d'autres essais métallurgiques ont été effectués par Hazen (projet 12322) pour développer un procédé complet pour l'extraction des terres rares. Ces essais ont été menés sur la zone magnétite massive de Josette Nord-Est (MM1) avec une lixiviation directe après la séparation magnétique.

13.2 Traitement des minerais

13.2.1 CARACTÉRISTIQUES DE BROYABILITÉ

La détermination des caractéristiques de broyabilité préliminaire a été effectuée par COREM. Trois (3) indices étaient mesurés : l'indice de Bond pour broyeur à barres, l'indice de Bond pour broyeur à boulets et l'indice d'abrasion de Bond. Les résultats sont présentés dans Tableau 13.1. Les échantillons sélectionnés pour les essais ont été considérés comme représentatif selon l'équipe de géologie de SOQUEM.

Tableau 13.1 - Indices de broyabilité pour le MM1

Paramètre	Valeur mesurée
Indice de Bond pour broyeur à barres, RWI (kWh/t)	4,72
Indice de Bond pour broyeur à boulets, B _{wi} (kWh/t)	10,9
Indice d'abrasion de Bond, A _i (g)	0,0316

Source: COREM (2014) Projet T1475

13.2.2 SÉPARATION MAGNÉTIQUE

Des essais préliminaires de séparation magnétique ont été réalisés avec la méthode du Tube Davis et avec un séparateur magnétique de basse intensité (« **SMBI** » mieux connu sous l'appellation *Low Intensity Magnetic Separator* (« **LIMS** »)) par COREM (projets T1475 et T1544). Dans les premiers essais, COREM a exploré l'option de faire un concentré de fer avec la séparation magnétique. La quantité de soufre et de phosphore était trop élevée pour rencontrer les normes requises pour alimenter une aciérie. Dans les essais suivants, des tests ont été effectués pour enlever le fer comme résidu. Les résultats sont présentés dans le Tableau 13.2.

Tableau 13.2 - Résumé des résultats des essais de séparation magnétique par COREM

Échantillon	Granulométrie, P ₈₀ (µm)	Champ magnétique, G	Récupération du produit non-magnétique (%)			
			Poids	Y ₂ O ₃	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃
MM1	75	500	83,1	97,8	98,7	98,7
		600	48,0	92,8	95,4	93,8
		700	42,7	90,8	93,5	92,3
		1 000	39,8	89,8	91,2	90,7

Source: COREM (2015) *Projet T1544*

Afin de réduire les pertes en terres rares, d'autres essais de séparation magnétique par Tube Davis et au SMBI ont été faits par Hazen. La distribution des terres rares en fonction de la finesse de broyage a été déterminée à l'aide du Tube Davis en traitant trois (3) échantillons broyés à granulométries différentes : 87 µm, 48 µm, et 32 µm (voir Tableau 13.3).

Tableau 13.3 - Résumé des résultats des essais de séparation magnétique par Tube Davis chez Hazen

Granulométrie, P ₈₀ (µm)	Produit	Récupération (%)		
		Poids	Fe	La-Lu +Y
87	Magnétique	60,9	89,9	8,1
	Non-mag.	39,1	10,1	91,9
48	Magnétique	60,7	88,6	4,1
	Non-mag.	39,3	11,4	95,9
32	Magnétique	58,4	88,0	2,9
	Non-mag.	41,6	12,0	97,1

Source: Hazen Research Inc. (2017) *Projet 12322*

Les essais préliminaires de SMBI par Hazen sont cohérents avec ceux de COREM qui ont été réalisés précédemment mais ont démontré qu'un broyage plus fin améliore la performance de séparation magnétique. L'analyse du produit magnétique a montré un entraînement mécanique de minéraux contenant les terres rares. Un arrangement dégrossissage / nettoyage a été utilisé

pour les tests ultérieurs. Six (6) séries de production SMBI utilisant l'arrangement dégrossissage / nettoyage ont été réalisées afin de générer l'alimentation pour l'hydrométallurgie. Un résumé des résultats est présenté dans le Tableau 13.4.

Tableau 13.4 - Résumé des résultats des séries de productions LIMS par Hazen

Essai	Granulométrie, P ₈₀ (µm)	Produit	Récupération (%)		
			Poids	Fe	La-Lu +Y
# 1	46 à 48	Magnétique	55,6	86,9	4,1
		Non-mag.	44,4	13,1	95,9
# 2		Magnétique	55,3	86,7	4,2
		Non-mag.	44,7	13,3	95,8
# 3		Magnétique	55,9	88,0	4,5
		Non-mag.	44,1	12,0	95,5
# 4		Magnétique	55,5	86,0	4,1
		Non-mag.	44,5	14,0	95,9
# 5		Magnétique	55,2	87,0	4,5
		Non-mag.	44,8	13,0	95,5
# 6		Magnétique	55,1	86,3	4,4
		Non-mag.	44,9	13,7	95,6

Source: Hazen Research Inc. (2017) Projet 12322

13.2.3 FLOTTATION

Des essais de flottation ont été effectués par COREM (projets T1475 et T1544). Dans le projet T1475, COREM a produit un concentré de cuivre de haute teneur avec un échantillon qui provient d'une tranchée dans la région de Josette. Par la suite, cet échantillon a été établi comme non-représentatif du gisement. D'autres tests ont été effectués pour produire un concentré d'apatite.

Dans le projet T1544, plusieurs méthodologies ont été évaluées pour concentrer les terres rares. La flottation des sulfures a été testée dans le but d'augmenter la teneur en terres rares en rejetant un concentré de sulfures (très faible perte de terres rares). Par la suite, trois méthodologies pour concentrer les terres rares ont été évaluées : (1) flottation avec un collecteur de type sulfolane, (2) flottation des phosphates (porteur de terres rares), ou (3) flottation des phosphates suivis par dépression des silicates. Les silicates sont aussi porteurs de terres rares et donc cette option donne deux concentrés avec des valeurs économiques différentes. Les options 2 et 3 avaient une meilleure performance que l'option 1 donc l'option 1 a été rejetée. Les concentrés de flottation avaient des bonnes récupérations et teneurs de terres rares avec les options 2 et 3 pour les quatre zones : MM1, MM2, BR1 et BR2. Il a été conclu que la méthode de flottation devrait être choisie en fonction des résultats hydrométallurgiques. En fin de compte, la flottation n'a pas été retenue pour l'EEP qui se concentre sur la zone MM1 de magnétite de Josette Nord-Est car la teneur du

concentré de séparation magnétique satisfait les besoins de l'usine hydrométallurgique pour ce matériel.

13.3 Hydrométallurgie

13.3.1 GÉNÉRALITÉ

Deux (2) programmes d'études ont été effectués chez Hazen Research (projets 12182 et 12322). Le premier, chevauchant 2015 et 2016, avait pour but d'évaluer la lixiviation par l'acide. Cette étude a déterminé le type approprié d'acide ainsi que l'efficacité d'extraction possible pour la lixiviation des concentrés de flottation en variant le type d'acide, la concentration, et la température.

Le deuxième programme, chevauchant 2016 et 2017, avait pour but de développer un procédé complet pour l'extraction des terres rares. Ce projet se concentrait sur le traitement du minerai provenant de la zone magnétite massive de Josette Nord-est (MM1) avec une lixiviation directe après la séparation magnétique.

Les récupérations des terres rares dans chacun des secteurs sont résumées au Tableau 13.5.

Tableau 13.5 – Récupération des Terres Rares par secteur

Unité d'Opération	TREE + Y (%)	HREE (%)
Lixiviation	98	96
Neutralisation	>99	>99
Re lixiviation	*98	*98
Re neutralisation	99	>99
Métathèse	>99	>99
Lixiviation Finale	82	81
Extraction par Solvant	>99	>99
Récupération Cumulative	**77,97	**80,4

* Hypothèse d'expert et calcul en fonction des essais initiaux effectués par HAZEN Research. Extraction optimisée après une deuxième étape de lixiviation. D'autres tests permettront de confirmer l'extraction optimale après une deuxième étape de lixiviation.

** Représente la récupération cumulative d'ETRT + Y dans le concentré non magnétique

13.3.2 LIXIVIATION

Une étude comportant une série d'essais a été effectuée afin de déterminer l'efficacité d'extraction de différents acides à différentes conditions de lixiviation et sur les concentrés provenant des échantillons MM1 et BR1. L'objectif initial de l'étude était la sélection de l'acide à être utilisé dans les essais subséquents. L'étude évaluait les acides chlorhydrique (HCl), nitrique (HNO₃) et sulfurique (H₂SO₄). D'un point de vue technique, les acides chlorhydrique et nitrique ont obtenu des extractions similaires et notablement supérieures aux extractions avec l'acide Sulfurique.

Seules les acides HCl et HNO₃ ont par la suite été utilisées pour les essais à différentes températures et concentrations.

Tableau 13.6 montre les résultats des essais de sélections des acides.

Tableau 13.6 - Résumé des résultats des essais de sélections des acides

ID lixiviation acide	Concentré type	Lixiviant	Extraction (%)			
			ETR légers	ETR lourds	ETR lourds + Y	ETRT + Y
3859-12	BR1 Combined	6M HCl	90	77	77	86
3859-14	BR1 Combined	6M H ₂ SO ₄	76	43	38	64
3859-16	BR1 Combined	6M HNO ₃	90	53	50	77
3859-11	MM1 Combined	6M HCl	92	84	84	89
3859-13	MM1 Combined	6M H ₂ SO ₄	44	44	44	44
3859-15	MM1 Combined	6M HNO ₃	97	93	92	95

Notes : Lixiviation maintenue pour 4h à 60°C avec une densité de pulpe initiale de 20 %

ETR légers : Éléments des terres rares légers (La – Sm)

ETR lourds : Éléments des terres rares lourds (Eu – Lu)

ETR lourds + Y : Éléments des terres rares lourds plus Y (Eu – Lu, Y)

ETRT + Y : Éléments des terres rares totaux plus Y (La – Lu, Y)

Les essais suivants ont étudié l'effet de la température et de la concentration sur la lixiviation.

Les températures étudiées sont ambiantes et 90°C tandis que les concentrations d'acide ont été choisies pour correspondre à 90, 110 et 150 % de la stœchiométrie. Ceci s'est traduit par des concentrations de 3.6 et 4.2 M pour l'HCl et de 2.5, 3.6 et 4.2 M pour le HNO₃.

Tableau 13.7 montre un résumé des résultats.

Tableau 13.7 - Résultats des essais de concentration et température des acides

	Concentré	Lixiviant	Temperature, °C	Extraction, %			
				LREE	HREE	HREE + Y	TREE + Y
3859-34	BR1 Combined	3.6M HCl	24-30	69	42	36	59
3859-36	BR1 Combined	3.6M HCl	90	96	90	89	94
3859-38	BR1 Combined	4.2M HCl	20-25	61	40	36	53
3859-40	BR1 Combined	4.2M HCl	90	97	92	93	96
3859-29	BR1 Combined	6M HCl	19-24	68	40	34	57
3859-12	BR1 Combined	6M HCl	60	90	77	77	86
3859-31	BR1 Combined	6M HCl	90	94	92	92	94
3859-16	BR1 Combined	6M HNO ₃	60	90	53	50	77
3859-41	BR1 Phosphate	6M HCl	60	92	86	85	90
3859-25	BR1 REE-Silicate	6M HCl	60	91	77	72	87
3859-33	MM1 Combined	3.6M HCl	20-29	73	69	66	71
3859-35	MM1 Combined	3.6M HCl	90	92	86	85	90
3859-37	MM1 Combined	4.2M HCl	21-29	75	71	67	73
3859-39	MM1 Combined	4.2M HCl	90	93	88	87	91
3859-28	MM1 Combined	6M HCl	23-28	81	71	68	77
3859-27	MM1 Combined	6M HCl	90	93	90	88	91
3859-30	MM1 Combined	6M HCl	90	93	90	89	92
3859-11	MM1 Combined	6M HCl	60	92	84	84	89
3859-15	MM1 Combined	6M HNO ₃	60	97	93	92	95
3859-42	MM1 Combined	6M HNO ₃	23-45	79	71	69	76
3859-43	MM1 Combined	6M HNO ₃	90	92	88	87	91
3859-23	MM1 Phosphate	6M HCl	60	91	84	81	87
3859-50	MM1 Phosphate	2.5M HNO ₃	22-28	65	68	66	65
3859-45	MM1 Phosphate	3.6M HNO ₃	20-30	71	70	67	70
3859-46	MM1 Phosphate	4.2M HNO ₃	19-33	76	71	68	73
3859-49	MM1 Phosphate	6M HNO ₃	21-44	82	73	70	78
3859-48	MM1 Phosphate	6M HNO ₃	60	89	77	75	84
3859-24	MM1 REE-Silicate	6M HCl	60	91	84	81	88

Notes: Lixiviation 4 h et 20% solide.

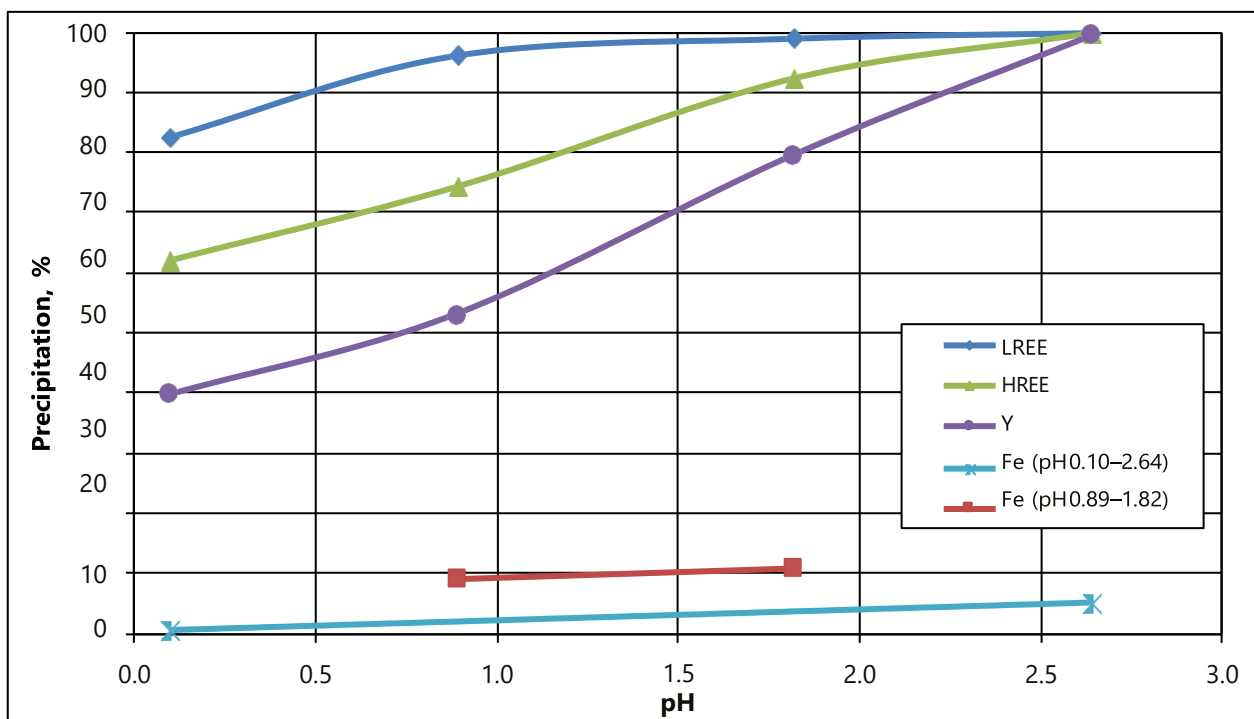
LREE: Light rare earth elements (La - Sm) HREE: Heavy rare earth elements (Eu - Lu)

HREE + Y: Heavy rare earth elements plus Y (Eu - La, Y) TREE + Y: Total rare earth elements plus Y (La - Lu, Y)

13.3.3 PRÉ-NEUTRALISATION

Dans le cadre du développement du procédé Kwijibo des essais de purification de la liqueur mère ont été effectués. La purification comporte quatre (4) étapes dont la première implique la neutralisation et précipitation des terres rares en phosphates. Une série de tests a été effectuée sur les échantillons de liqueur mère provenant de la lixiviation à l'acide chlorhydrique. Quatre tests ont été effectués afin de déterminer le pH optimal afin de séparer les terres rares des ions calcium, aluminium, fer et phosphate. Les ions ferriques ont été identifiés comme interférant avec la récupération des ETR. Deux (2) essais ont été faits sur des échantillons où l'on avait réduit les ions ferriques en ions ferreux. La Figure 13.1 montre qu'essentiellement tous les ETR sont précipités à un pH de 2.64 laissant derrière la majorité du calcium, l'aluminium et le fer.

Figure 13.1 - Résultats des essais de purification – étape de précipitation sélective



Une seconde étape de lixiviation et précipitation est requise afin de réduire la concentration du calcium à un niveau acceptable pour la métathèse des ETR. Cette seconde étape a été effectuée en lixiviant avec du HCl et en neutralisant à l'aide de MgO. Le calcium a chuté de 7.3 p/p % à 0.7 p/p % en neutralisant à pH 2.7.

13.3.4 MÉTATHÈSE DES ETR

L'étape suivante est la métathèse des ETR. Dans cette étape les solides précipités par la neutralisation précédente passe de la forme phosphate à la forme hydroxyde. Treize (13) tests ont été effectués à différentes conditions d'opération. Les conditions ayant permis la meilleure récupération sont 160°C en utilisant un excès stœchiométrique de 350 % de NaOH à 50 %. Par contre, il a été déterminé que la présence de calcium dans le précipité de phosphate réduit la récupération des terres rares. Des analyses XRD ont permis de confirmer la présence de fluorophosphate de calcium dans le solide d'hydroxyde de terre rare. Ce dernier réduirait la récupération des terres rares en ne réagissant pas avec le NaOH pour former un hydroxyde soluble dans la solution. Les résultats sont présentés dans le Tableau 13.8. Les essais ont démontré qu'une conversion totale des terres rares était possible.

Tableau 13.8 - Résumé des résultats de la réaction de métathèse par Hazen

ID test	Température (°C)	Temps de Réaction (min)	NaOH, (% pds)	NaOH Excès Stœchio-métrique (%)	Conc. Ca (%)	Extraction (%)	
						P	F
T1	22	120	10	95	1.84	20	56
T2	22	240	30	170	7.29	41	40
T3	55	240	30	170	7.29	25	13
T4	90	240	30	170	7.29	41	20
T5	22	240	30	170	7.29	70	92
T6	22	240	30	170	7.29	75	s.o.
T7	22	60	50	600	9.60	39	86
T8	160	60	50	590	9.60	42	83
T9	360	60	100	330	9.60	40	84
T10	160	180	50	300	7.34	68	s.o.
T11	160	180	50	300	7.34	60	s.o.
T12	160	120	50	350	0.680	90	97
T13	160	90	50	380	1.22	86	91

s.o. = sans objet

13.3.5 LIXIVIATION DES SOLIDES DE LA MÉTATHÈSE

Les solides d'hydroxyde de terres rares ont ensuite été lixivés à l'aide d'une solution d'acide chlorhydrique. Les résultats des huit (8) essais sont montrés dans le Tableau 13.9. Une récupération de 82 % a été obtenue.

Tableau 13.9 - Résumé des résultats de la réaction de métathèse par Hazen

ID Lixiviation	Métathèse ID	pH	Ca (%)	Récupération (%)
L1	T6	4.10	10.9	24
L2	T7	3.03	10.9	14
L3	T8	3.91	16.5	0
L4	T9	3.72	15.9	0
L5	T12	2.79	1.46	80
L6	T10	2.86	11.0	0
L7	T11	2.72	11.8	0
L8	T13	3.08	2.17	76

Il est clair que la présence de calcium dans les solides de départ diminue grandement la récupération des terres rares. Le calcium présent apporte suffisamment de phosphate aux solides

pour empêcher les terres rares de se dissoudre en les précipitant sous forme de phosphates de terres rares.

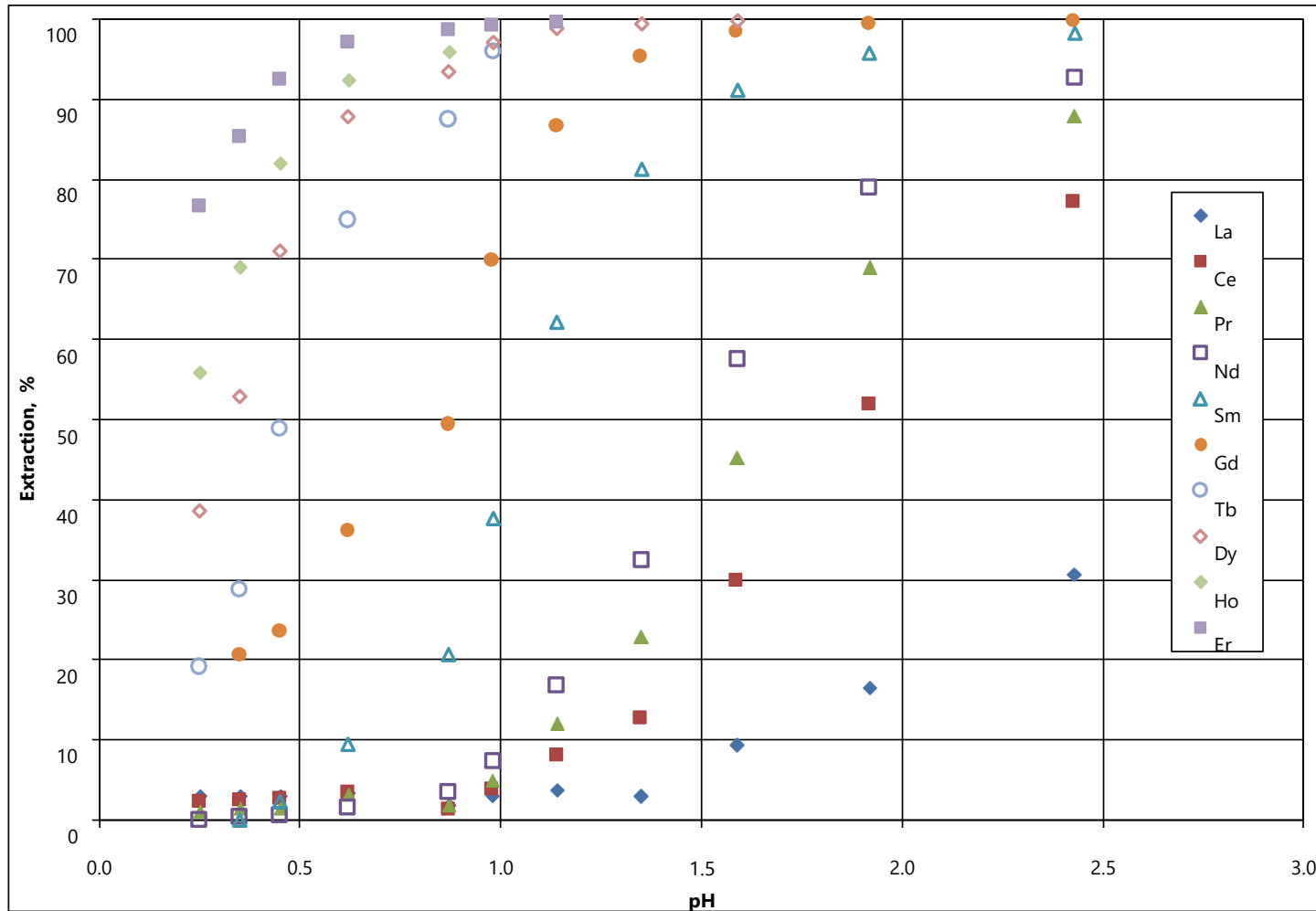
13.3.6 EXTRACTION PAR SOLVANT

Des essais d'extraction par solvant ont été effectués afin de déterminer le pH requis pour l'extraction ainsi que les coefficients de séparations des ETR contenus dans la solution purifiée de chlorures de terres rares. Un total de onze (11) tests ont été faits à des ratios fixes d'organique sur aqueux et à différent pH. Une série de courbes d'extraction ont été développées et les coefficients de séparations ont été calculés. Il a été démontré que l'extraction des terres rares contenues dans la solution purifiée de chlorure obtenues par le procédé Kwyjibo est comparable aux données de littérature. Les résultats sont montrés dans le Tableau 13.10. La Figure 13.2 par Hazen montre l'efficacité d'extraction des ETR. Cette figure montre particulièrement l'efficacité élevé d'extraction des ETR lourds.

Tableau 13.10 - Résumé des résultats d'extraction par solvant par Hazen

Séparation	Coeff. de séparation, β	
	Expérimental	Littérature
La/Ce	4.7	1.3
Ce/Pr	1.8	1.1
Pr/Nd	1.6	1.2
Nd/Sm	7.0	2.0
Sm/Eu	2.8	2.0
Eu/Gd	1.6	1.5
Gd/Tb	3.3	2.4
Tb/Dy	2.3	1.6
Dy/Ho	1.8	2.6
Ho/Er	2.6	1.3

Figure 13.2 - Résumé des résultats d'extraction par solvant par Hazen



13.4 Recommandations

Pour les aspects de traitement de minerais, il est recommandé de faire des essais afin de confirmer le schéma de traitement et de dimensionner les équipements. Les éléments suivants demandent des essais supplémentaires :

- Le broyage (broyeur semi-autogère et rebroyage);
- Assèchement des produits (épaississage, filtration);
- Remblai en pâte.

Il est recommandé de poursuivre les essais afin d'optimiser le procédé et la récupération des terres rares dans les étapes de métathèse et de re-lixiviation après métathèse. En particulier, des essais approfondis doivent être effectués afin de limiter au maximum la présence de calcium et/ou de phosphates dans l'étape de lixiviation des solides de la métathèse des terres rares qui reprécipite ces dernières en phosphate non soluble dans la lixiviation.

Le procédé Kwijibo, quoi que très avantageux contient tout de même des étapes de lixiviations et neutralisations successives qui demandent des quantités importantes de réactifs. Ces étapes ayant pour but de séparer les terres rares du calcium, des travaux supplémentaires permettraient de réduire grandement la demande en réactifs de ces étapes ou même l'élimination des certaines étapes.

Des essais supplémentaires devraient aussi être effectués afin de valider la possibilité de régénérer certains réactifs.

14 ESTIMATIONS DES RESSOURCES MINÉRALES

14.1 Définitions

Suivant la version finale de définition des standards de l'ICM devenue effective le 1^{er} février 2001 et par la suite révisée le 10 mai 2014:

Une ressource minérale est une concentration ou une occurrence de diamants, d'une substance inorganique solide naturelle ou d'une substance organique fossilisée solide naturelle incluant les métaux de base, les métaux précieux et d'une teneur ou d'une qualité telle qu'elles présentent des perspectives raisonnables d'extraction rentable. La localisation, la quantité, la teneur, les caractéristiques géologiques et la continuité d'une ressource minérale sont connues, estimées ou interprétées à partir d'évidences et de connaissances géologiques spécifiques, incluant l'échantillonnage.

Une ressource minérale présumée constitue la partie de la ressource minérale dont on peut estimer la quantité et la teneur ou qualité sur la base de preuves géologiques et d'un échantillonnage restreint et dont on peut raisonnablement présumer, sans toutefois la vérifier, de la continuité de la géologie et des teneurs. L'estimation est fondée sur des renseignements et un échantillonnage restreint, recueillis à l'aide de techniques appropriées à partir d'emplacements tels des affleurements, des tranchées, des puits, des chantiers et des sondages.

En raison de l'incertitude liée à cette catégorie, on ne peut émettre l'hypothèse que des ressources minérales présumées passeront, en tout ou en partie, à une catégorie supérieure, les ressources minérales indiquées ou mesurées, par suite de travaux d'exploration. Le degré de confiance de l'estimation est insuffisant pour permettre la mise en application significative de paramètres techniques et économiques ou pour permettre une évaluation de la viabilité économique qu'il serait justifié de rendre publique. Les ressources minérales présumées doivent être exclues des estimations formant la base des études de faisabilité ou autres études économiques.

Une ressource minérale indiquée constitue la partie de la ressource minérale dont on peut estimer la quantité et la teneur ou qualité, la densité, la forme et les caractéristiques physiques avec un niveau de confiance suffisant pour permettre la mise en place appropriée de paramètres techniques et économiques en vue de justifier la planification minière et l'évaluation de la viabilité économique du gisement. L'estimation est fondée sur des renseignements détaillés et fiables relativement à l'exploration et aux essais, recueillis à l'aide de techniques appropriées à partir d'emplacements tels des affleurements, des tranchées, des puits, des chantiers et des sondages dont l'espacement est assez serré pour émettre une hypothèse raisonnable sur la continuité de la géologie et des teneurs.

Une ressource minérale mesurée constitue la partie des ressources minérales dont la quantité et la teneur ou qualité, la densité, la forme et les caractéristiques physiques sont si bien établies que l'on peut les estimer avec suffisamment de confiance pour permettre une considération adéquate de paramètres techniques et économiques en vue de justifier la planification de la production et l'évaluation de la viabilité économique du gisement. L'estimation est fondée sur des

renseignements détaillés et fiables relativement à l'exploration et aux essais, recueillis à l'aide de techniques appropriées à partir d'emplacements tels des affleurements, des tranchées, des puits, des chantiers et des sondages dont l'espacement est assez serré pour confirmer à la fois la continuité de la géologie et des teneurs.

14.2 Procédures d'Estimation des Ressources Minérales

L'estimation des ressources minérales du projet Kwjijibo intègre les étapes procédurales suivantes :

- Validation de la base de données reçue de SOQUEM sous format Excel;
- Son importation dans MS Torque le module de gestion de bases de données, sous environnement SQL, implémenté dans MineSight® v. 9.00;
- Génération de statistiques descriptives de base afin d'analyser les comportements statistiques des différentes variables présentent dans la base de données;
- Interprétation géologique en sections 2D;
- Génération d'enveloppes de volumes 3D correspondant aux corps minéralisés des différentes zones du projet;
- Analyses variographiques sur variables principales afin de déterminer les paramètres géostatistiques du gisement qui guideront l'interpolation des blocs discrétisés;
- Analyse statistique sur les longueurs d'échantillonnage et choix d'une longueur appropriée pour la normalisation (composites);
- Génération d'un modèle de blocs 3D;
- Implémentation de tous les paramètres requis pour l'interpolation;
- Interpolation des ressources minérales portant sur 19 variables de qualité portant sur les terres rares (15 variables), le CaO, le Fe₂O₃, le Fluor et le P₂O₅. Cette première interpolation est basée sur la méthode de l'inverse de la distance élevé au carré;
- Interpolation en utilisant une deuxième méthode d'interpolation qu'est l'inverse de la distance à la puissance 1;
- Validation des résultats;
- Classification des ressources minérales interpolées en suivant les normes et standards de l'ICM et du NI 43-101;
- Énoncé des ressources minérales de l'Horizon Josette du projet Kwjijibo.

14.3 Base de données de Forage et vérification des données

14.3.1 BASE DE DONNÉES DE FORAGE

La base de données complète de forage a été fournie en format Excel par SOQUEM de 06 septembre 2017. La base de données de forage reçue contenait 109 trous de forage dont la réalisation est sporadiquement étalée entre 1994 et 2013. La longueur des trous présents varie de 52 m à 536 m tandis que les azimuts couverts varient de 20° à 342°. La plongée des trous présents varie de -40° à -90°. Le Tableau 14.1 présente un récapitulatif des forages présents dans la base de données fournie par année de réalisation. On observe que l'essentiel des forages utilisés dans le présent calcul de ressources provient de forages réalisés principalement durant la campagne de forage de 2013 et accessoirement durant les campagnes de forage de 2011 et de 2012. Les éléments analysés intègrent des métaux de base (cuivre, argent, zinc, plomb, etc.), de la géochimie (fer, silicates, aluminium, etc.) ainsi que le groupe des terres rares qui est composé de 15 éléments. Les terres rares, en plus de leur présence par élément, existent également dans la base de données par groupe à savoir les terres rares légères, les terres rares lourdes, les terres rares critiques ainsi que les terres rares totales.

Tableau 14.1 – Statistique sur les forages par année de réalisation pour l'Horizon Josette

Année de réalisation	Nombre de forages	Métrage total foré	Longueur Échantillonnée
1994	5	472,6	239,3
1995	5	667,2	272,1
1998	3	1 089,9	34,6
2011	9	2 159,1	676,3
2012	31	4 255,1	1 613,3
2013	56	10 524,4	3 666,2
TOTAL	109	19 168,3	6 501,8

Les données nécessaires à la présente estimation de ressources minérales ont été extraites de la base de données brute reçue du client et structurées de manière à être importées dans MS Torque, le module de gestion de base de données, travaillant sous environnement SQL, de MineSight® v. 9.00. Les champs présents dans la base de données résultante de ressources sont présentés dans le Tableau 14.2.

Tableau 14.2 – Items présents dans la base de données de ressources

Fichier	Champs
---------	--------

Collet	Sondage, Estant, Nordant, Élévation., Azimut, Profondeur, Inclinaison
Déviaton	Sondage, Profondeur, Azimut, Inclinaison
Litho	Sondage, De, À, LCODE, Description
Analyses	Sondage, De_m, À_m, Sample ID, Ce ₂ O ₃ %, Dy ₂ O ₃ %, Er ₂ O ₃ %, Eu ₂ O ₃ %, Gd ₂ O ₃ %, Ho ₂ O ₃ %, La ₂ O ₃ %, Lu ₂ O ₃ %, Nd ₂ O ₃ %, Pr ₂ O ₃ %, Sm ₂ O ₃ %, Tb ₂ O ₃ %, Tm ₂ O ₃ %, Y ₂ O ₃ %, Yb ₂ O ₃ %, Cu%, P ₂ O ₅ %, SG, OTRT%, Fe ₂ O ₃ %, CaO%, MgO%, F%

14.3.2 VÉRIFICATIONS DES DONNÉES

Les étapes suivantes ont été suivies afin de vérifier et valider la base de données reçue de SOQUEM:

- Vérification d'une éventuelle présence d'incohérence ou de valeurs inhabituelles dans la localisation des trous de forage ainsi que leur élévation;
- Recherche d'incohérence pour les valeurs minimales et maximales pour variable de qualité, ceci pour s'assurer que toutes les valeurs présentent dans la base de données sont localisées dans la gamme de valeurs admissibles;
- Recherche d'incohérence dans les unités lithologiques ainsi que pour d'éventuelles superpositions d'intervalles dans les lignes de lithologies et d'analyses;
- Recherche de sauts inexplicables dans les intervalles de description lithologique;
- Recherche de valeurs répétées dans les intervalles ou les échantillons pris.

La première étape de validation a été complétée dans Excel avant que la base de données résultante ne soit importée dans MS Torque. Une autre étape de validation subséquentement complétée consistait en une comparaison d'une partie des résultats analytiques tels que présentés sur les certificats d'analyses reçus des laboratoires utilisés avec les données telles que rentrées dans la base de données reçue du client. Les différences trouvées, qui sont peu nombreuses, furent corrigées dans la base de données finale utilisée pour l'estimation des ressources minérales.

14.4 Procédures de Modélisation Géologique

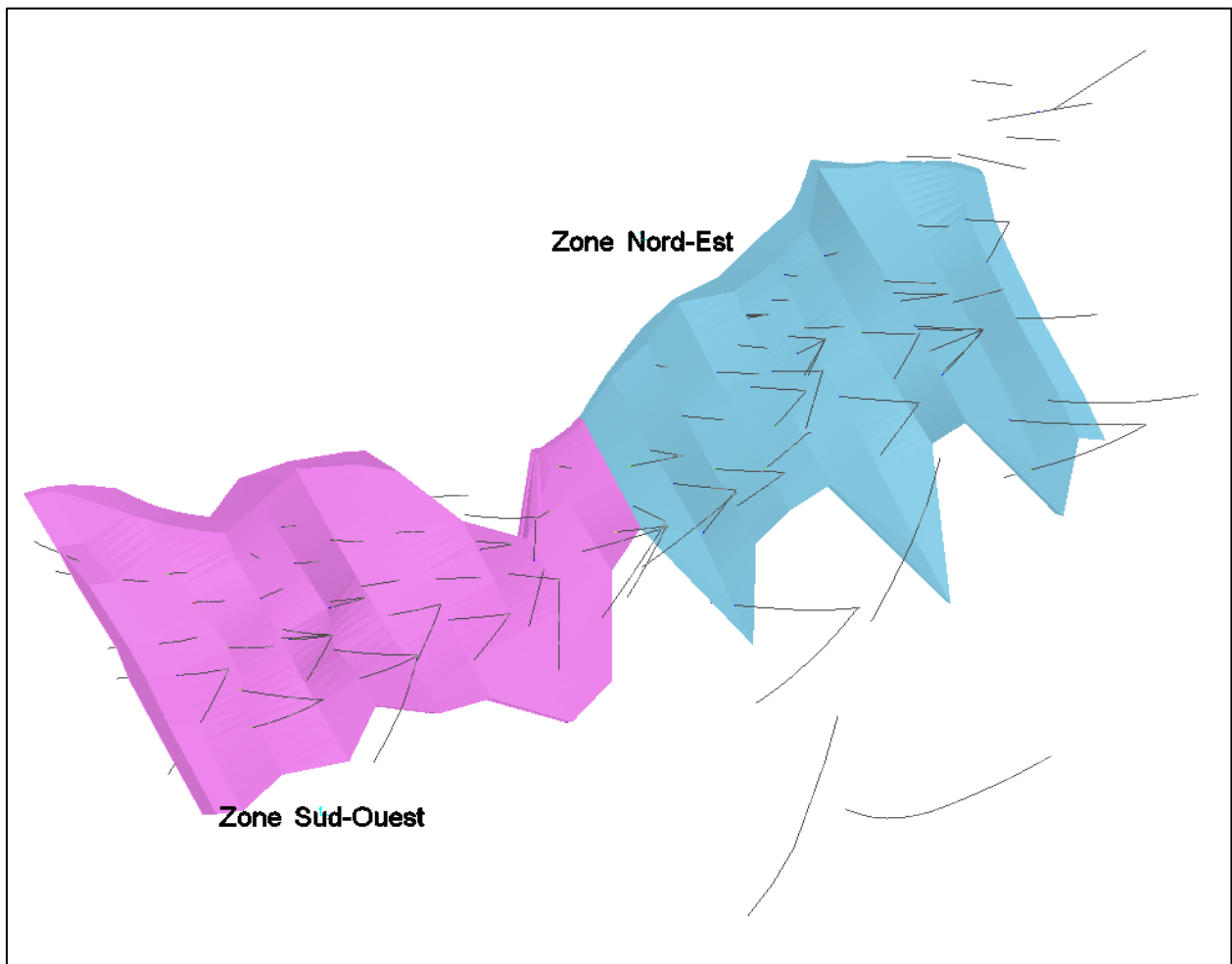
La modélisation géologique a été complétée une fois la base de données de forage importée dans MineSight® v. 9.00 et une dernière étape de validation des données, cette fois visuelle, complétée directement dans le logiciel 3D. Un croisement des données analytiques de forages avec les descriptions lithologiques résulte en un fichier où une description lithologique est assignée à chaque échantillon. Des sections verticales où sont projetés en 2D les forages environnants chaque section ont été générées. Le pas des sections générées est de 50 m, puisque les forages ont été réalisés suivant une grille avec un espacement moyen de 50 m. La numérisation de la minéralisation en 2D a concerné deux principales enveloppes que sont la magnétite et la zone de la brèche inférieure. Ces deux unités sont les hôtes des minéralisations cuprifères et en terres

rares. La zone de la brèche inférieure est essentiellement encaissée dans un gneiss et composée principalement de veines de magnétite, avec en proportion variable, des veines et veinules de fluorine et de minéraux calcosilicatés. La magnétite, une formation de fer d'origine hydrothermale, forme le cœur de l'essentiel des zones minéralisées avec les plus hautes teneurs en terres rares, P_2O_5 et en cuivre. Vu la nature de la minéralisation qui est composée de magnétite et de zones de brèche, le terme magnétite utilisé ici est plus général et les critères de coupure utilisés pour tracer les limites de la minéralisation sont plus en relation avec les teneurs en terres rares.

La configuration de la minéralisation permet également de discriminer nettement au sein même de la magnétite de l'Horizon Josette une zone Nord-Est nettement plus riche en terres rares et P_2O_5 et une zone Sud-Ouest plus pauvre en ces éléments (Figure 10.1). Afin de faire ressortir cette signature distincte, deux enveloppes distinctives de magnétite ont été modélisées respectivement pour la zone Nord-Est et la zone Sud-Ouest.

Les polygones ont été numérisés en sections de manière à être projetés dans les airs au-delà de la topographie. Pour chaque domaine les polygones numérisés sur les sections verticales 2D ont été joints ensemble pour résulter en un volume 3D. Les volumes 3D résultants ont été ensuite recoupés par la surface topographique de manière à ne conserver que la partie se situant sous la surface topographique. La topographie utilisée est une surface du domaine public fournie par le gouvernement fédéral du Canada. Même si un solide géologique a été développé lors des premières étapes des calculs de ressources, il est apparu par la suite plus judicieux de focaliser le développement du modèle de blocs sur la zone de la magnétite, la zone de la brèche inférieure présentant un plus faible potentiel économique en considérant les conditions de marché du moment. La Figure 14.1 montre une vue en perspective 3D de la magnétite à travers ses composantes Nord-Est et Sud-Ouest.

Figure 14.1 – Vue 3D du solide de la magnétite



14.5 Analyse statistique par zone

Les solides 3D générés pour les zones Nord-Est et Sud-Ouest ont été utilisés comme contraintes pour exporter les résultats d'analyses appartenant à chaque domaine. Des statistiques descriptives furent ensuite générées afin d'apprécier, de manière comparative, le comportement des différentes variables de qualité qui sont d'intérêt dans le présent calcul de ressources minérales. Vu leur grand nombre, les terres rares sont regroupées sous 4 familles d'intérêt que sont les terres rares légères, lourdes, critiques et totales. Les Tableaux 0.17 et 0.18 présentent respectivement les statistiques obtenues pour les zones Nord-Est et Sud-Ouest de la magnétite.

Tableau 14.3 – Statistiques descriptives des échantillons de la zone Nord-Est

	Moy. Pond.	Écart-Type	Cov	Min.	Max.	Nbre d'éch.
Cu %	0,23	0,20	0,86	0,00	1,60	501
P₂O₅ %	4,8	2,78	0,58	0,00	19,16	499
SG (unité)	3,88	0,56	0,15	2,58	4,78	248
OTRT (%)	3,25	1,74	0,54	0,02	12,55	501
OTR légères (%)	2,20	1,20	0,54	0,02	8,578	501
OTR lourdes (%)	1,05	0,57	0,54	0,01	3,98	501
OTR critiques (%)	1,35	0,73	0,54	0,01	5,12	501

Tableau 14.4 – Statistiques descriptives des échantillons de la zone Sud-Ouest

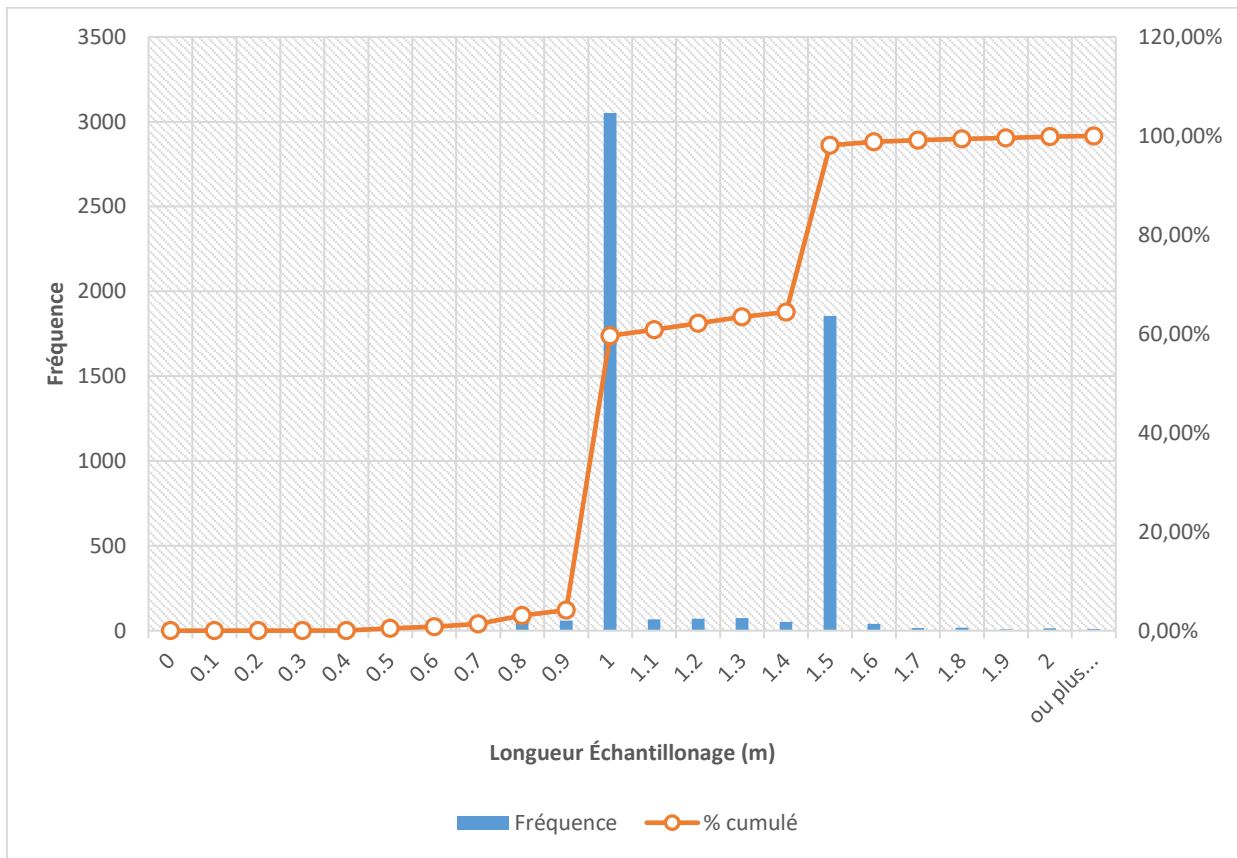
	Moy. Pond.	Écart-Type	Cov	Min.	Max.	Nbre d'éch.
Cu %	0,16	0,30	1,84	0,00	3,97	838
P₂O₅ %	2,82	2,02	0,71	0,00	14,05	832
SG (unité)	3,68	0,54	0,15	2,57	4,77	186
OTRT (%)	1,07	0,87	0,81	0,01	5,88	838
OTR légères (%)	0,74	0,62	0,84	0,00	4,08	838
OTR lourdes (%)	0,33	0,27	0,83	0,01	1,91	838
OTR critiques (%)	0,43	0,35	0,82	0,01	2,45	838

Les moyennes générées sont des moyennes pondérées, ceci afin que les longueurs soient normalisées. Ces statistiques sur les données d'entrées qui serviront à l'interpolation des ressources minérales montrent une zone Nord-Est qui est beaucoup plus riche en terres rares et en P₂O₅ que ce qui est observé sur la zone Sud-Ouest de la magnétite. Le cuivre est certes légèrement plus élevé sur la zone Nord-Est mais on note globalement que sa concentration dans les zones minéralisées est relativement faible. La densité est relativement plus élevée dans la zone Nord-Est, ce qui apparaît normal étant donné que la minéralisation est encaissée dans la magnétite qui est dense.

14.6 Normalisation de Support (Composites)

Étant donné que les échantillons pris durant les différentes campagnes de forage du projet ont des longueurs différentes, il apparaissait nécessaire de les normaliser afin que tous aient le même poids avant l'interpolation. Ce processus de normalisation du support d'échantillonnage est appelé « **compositing** » dans le langage courant en anglais. Le choix de la longueur de normalisation doit se baser sur une analyse statistique des longueurs d'échantillonnage.

Figure 14.2 – Histogramme des Longueurs d'Échantillonnage



À cette fin l'histogramme des longueurs d'échantillonnage a été généré et présenté à la Figure 14.2. On y observe que 55 % des échantillons pris au travers des différentes campagnes de forage avaient 1 m tandis que 34 % avaient 1,5 m. Un souci à travers le processus de normalisation est d'éviter un découpage excessif d'échantillons de grande longueur en échantillons de petite longueur avec cependant des teneurs identiques. La normalisation doit en effet consister plus en un processus d'agrégation que de désagrégation. Seulement 2 % des échantillons présents dans la base de données de forage ont une longueur d'échantillonnage supérieure à 1,5 m. Pour ce faire, il a été trouvé judicieux de choisir 1,5 m comme longueur de normalisation des échantillons pour qu'ils aient un même support théorique. Cela permet à tous les échantillons d'avoir un même poids, en termes de longueur, lors de l'interpolation. La normalisation a été faite par longueur constante de 1,5 m et tous les reliquats de composites de longueur inférieure à 0,5 m ont été écartés afin d'assurer une bonne représentativité et éviter un éventuel biais qu'aurait pu introduire des composites de faible longueur.

Des statistiques descriptives (Tableaux 0.19 et 0.20) ont été régénérées après le processus de normalisation et comparées aux statistiques des échantillons par zone précédemment discutées à la section 14.5. Cet exercice vise à s'assurer que le processus de normalisation des longueurs

d'échantillonnage n'a pas introduit de biais important. Les histogrammes des terres totales pour les deux zones interpolées sont fournis aux Figures 0.17 et 0.18.

Tableau 14.5 – Statistiques Descriptives des Composites de la zone Nord-Est

	Moyenne	Écart-TYPE	Cov	Min.	Max.	Nbre Cpstes
P₂O₅ %	5,02	2,58	0,51	0,22	17,51	346
OTRT (%)	3,46	1,54	0,44	0,09	12,2	346
OTR légères (%)	2,33	1,04	0,45	0,06	8,44	346
OTR lourdes (%)	1,13	0,51	0,45	0,04	3,75	346

Tableau 14.6 – Statistiques Descriptives des Composites de la zone Sud-Ouest

	Moyenne	Écart-TYPE	Cov	Min.	Max.	Nbre Cpstes
P₂O₅ %	3,04	1,81	0,6	0,01	11,39	572
OTRT (%)	1,14	0,78	0,68	0,01	5,28	572
OTR légères (%)	0,78	0,54	0,69	0,00	3,56	572
OTR lourdes (%)	0,36	0,27	0,75	0,01	2,61	572

Figure 14.3 – Histogramme de OTRT pour les composites de la zone Sud-Ouest

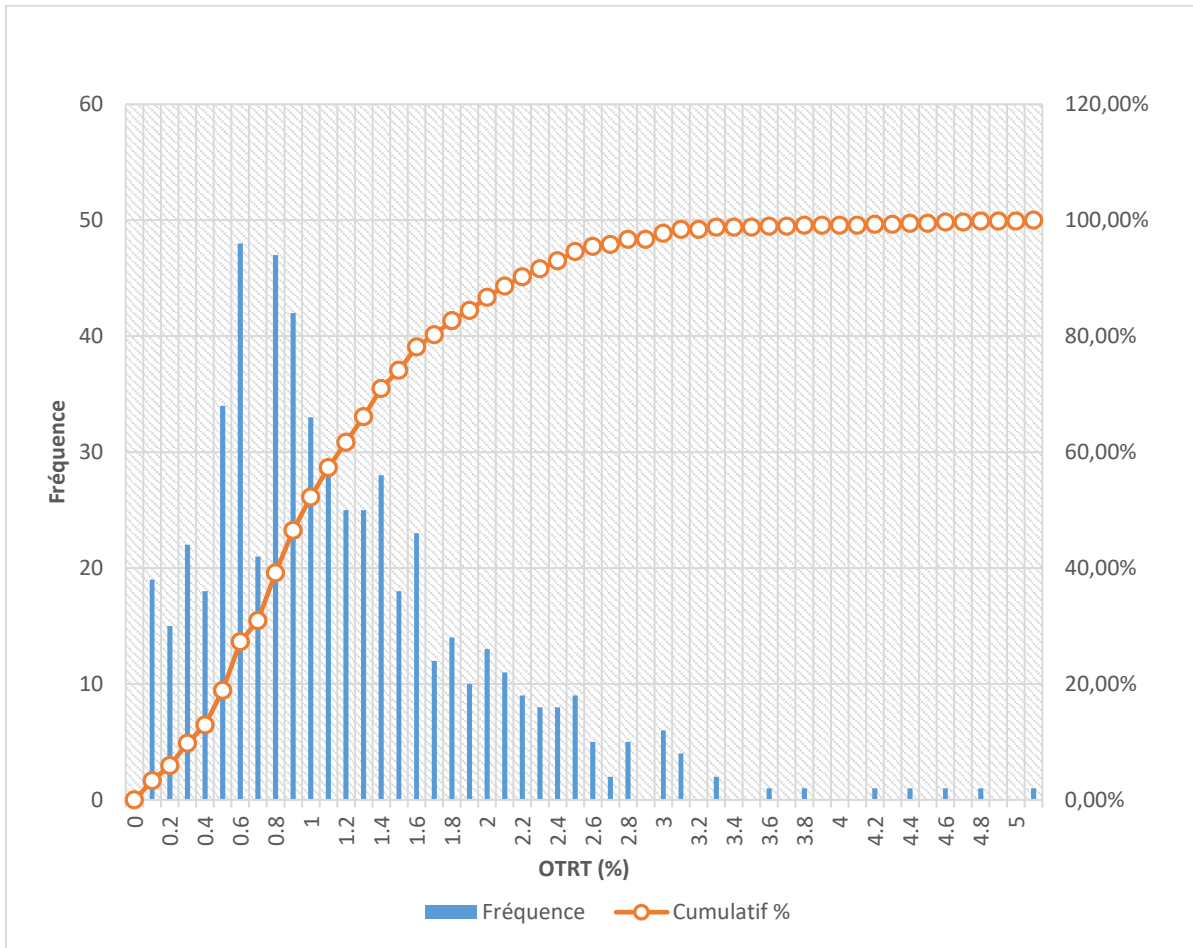
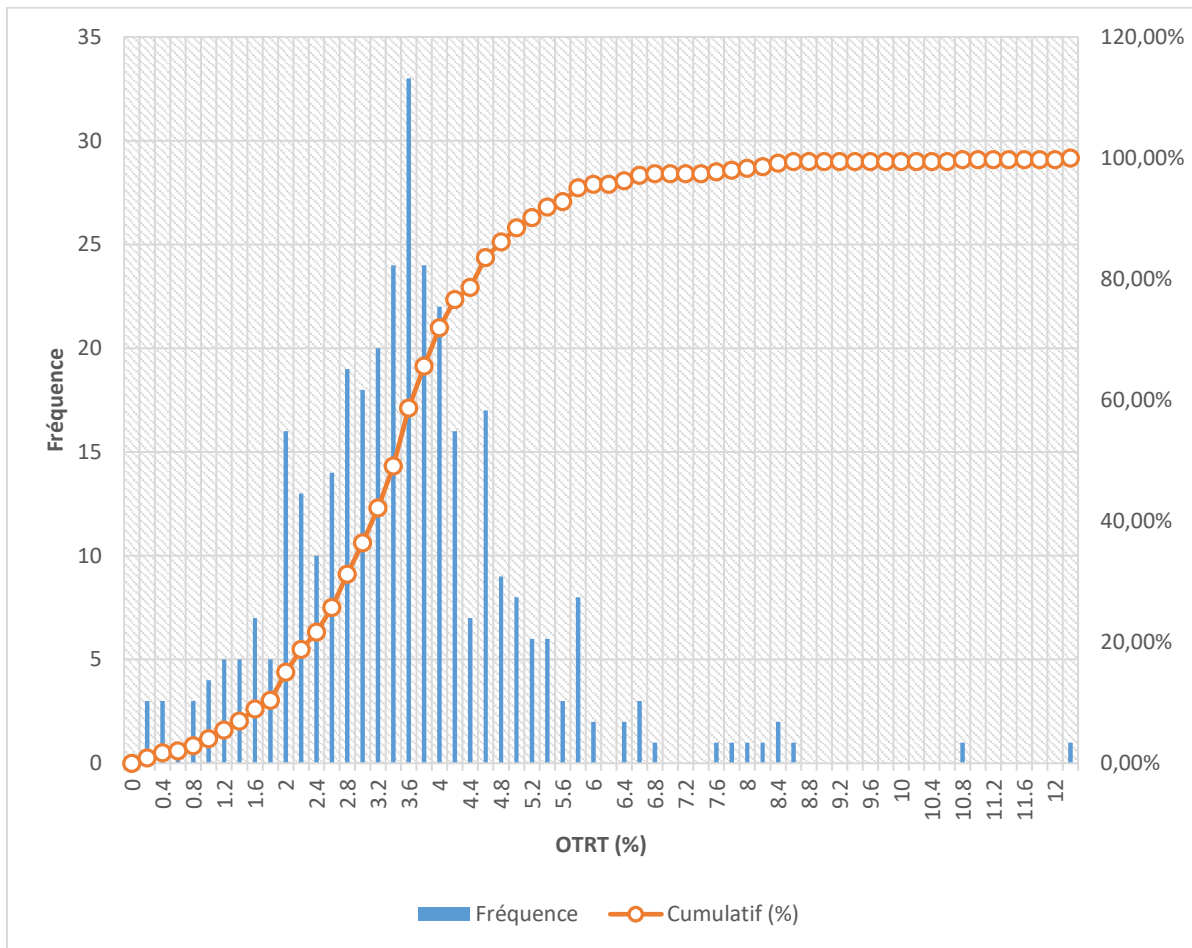


Figure 14.4 – Histogramme de OTRT pour les composites de la zone Nord-Est



14.7 Analyse variographique

Une analyse variographique a été effectuée afin de déterminer les paramètres géostatistiques de la minéralisation et ultimement procéder à un choix optimal des paramètres devant guider l'interpolation des ressources minérales. Cette analyse variographique a porté sur les terres rares totales et aussi sur un facteur obtenu en multipliant la teneur en terres rares totales par la longueur du composite. L'analyse s'est focalisée sur la zone Nord-Est où la minéralisation apparaît nettement plus continue. La portée globale omnidirectionnelle obtenue avec le TREEO est de 265 m. Pour cette même variable, la meilleure anisotropie a été obtenue suivant un axe majeur situé dans une direction de N40° sans plongement avec une portée de 200 m. Le variogramme obtenu est alors de moindre qualité que le variogramme globale. Cependant, aucun variogramme de qualité acceptable n'a pu être défini dans l'axe semi-majeur orthogonal à l'axe majeur.

Avec la variable facteur le variogramme omnidirectionnel obtenu présente une portée de 180 m et est de bonne qualité. Le meilleur variogramme directionnel est obtenu suivant l'axe principal du gisement, également à une direction de N40°, avec une portée de 260 m. Ce variogramme

présente une meilleure qualité que celle obtenue uniquement avec le OTRT comme variable d'entrée. Ici aussi il n'a pas été possible de définir un variogramme de qualité acceptable dans l'axe semi-majeur orthogonal à l'axe majeur. Le variogramme combiné, considéré comme une alternative à la définition de l'axe mineur, généré suivant l'axe des trous de forage présente une portée de 11 m. Pour la variable facteur, les variogrammes omnidirectionnel, directionnel, suivant l'axe majeur et combiné suivant l'axe des trous de forages sont présentés sur les Figures 0.19 à 0.21.

Figure 14.5 – Variogramme omnidirectionnel avec la variable facteur

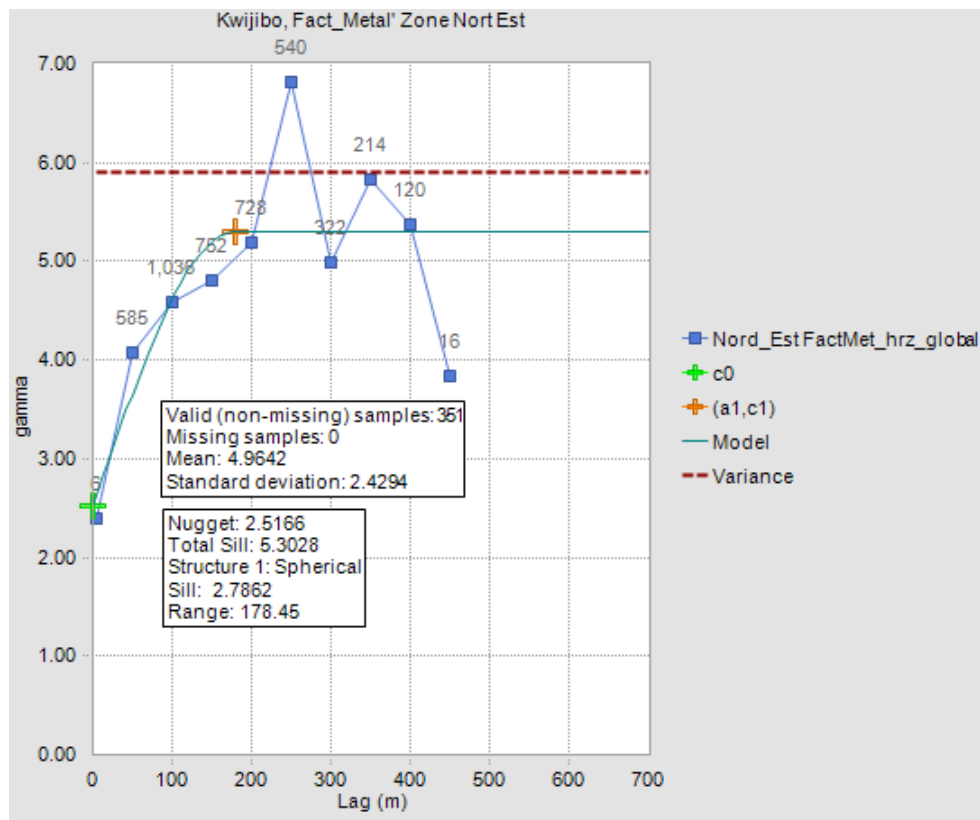


Figure 14.6 – Variogramme directionnel N40°

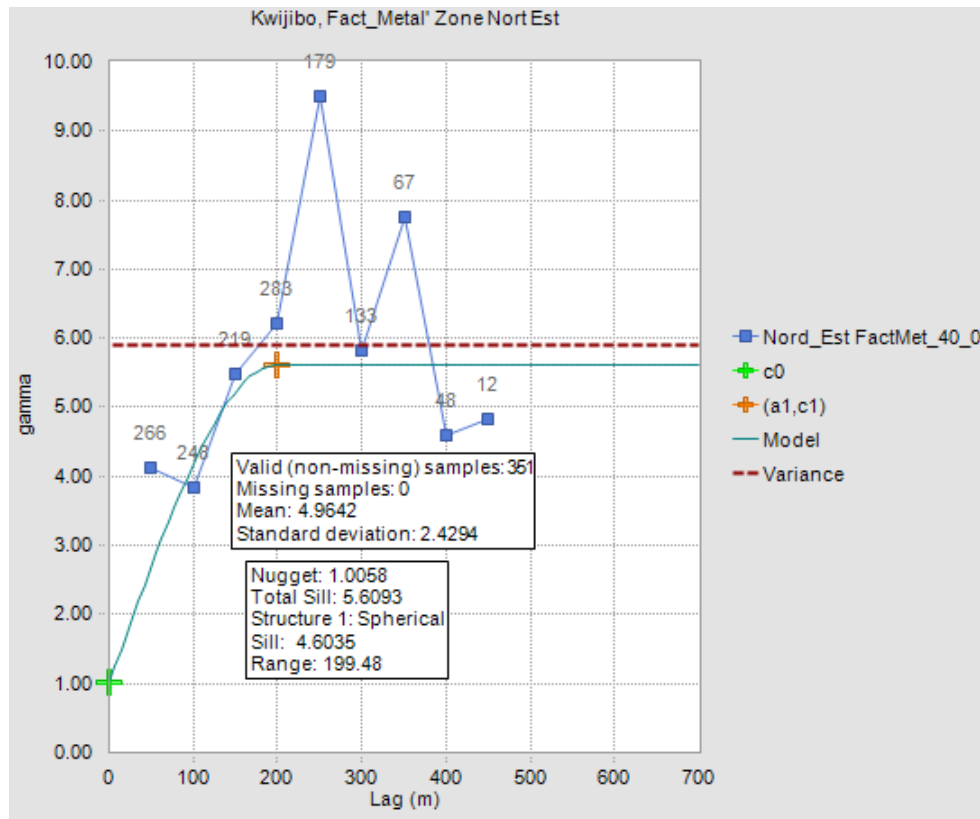
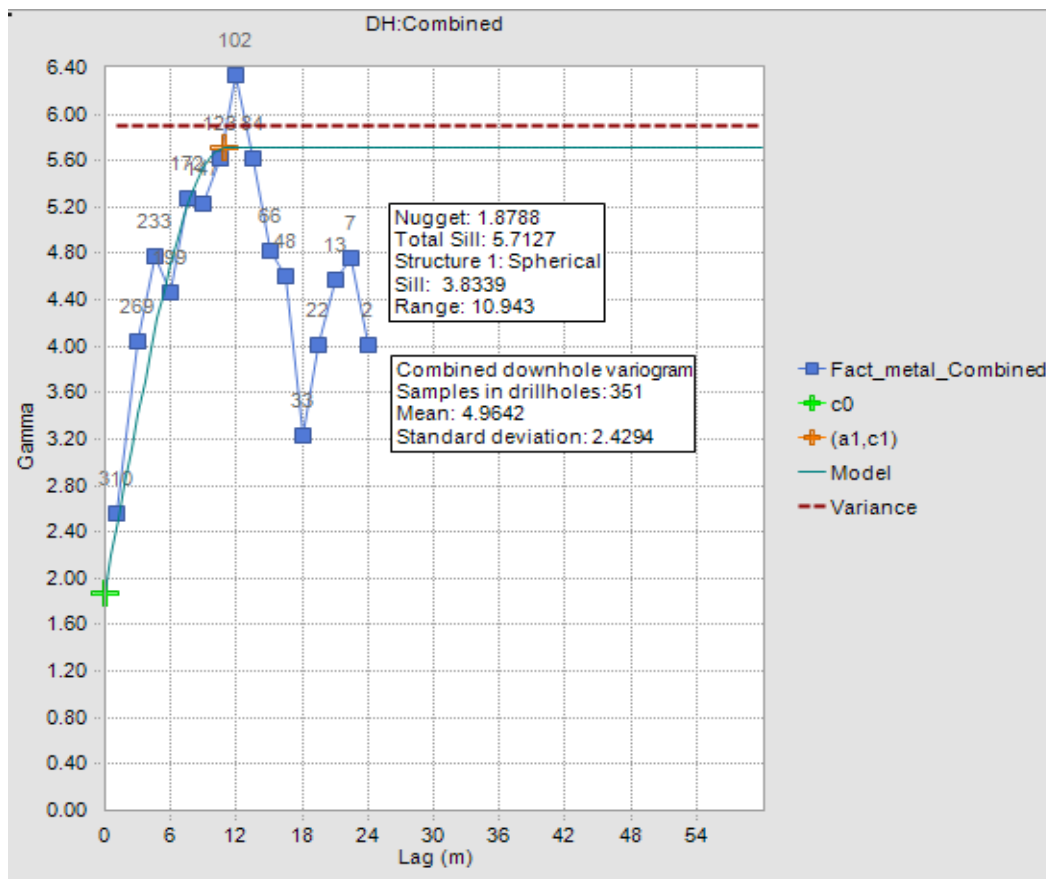


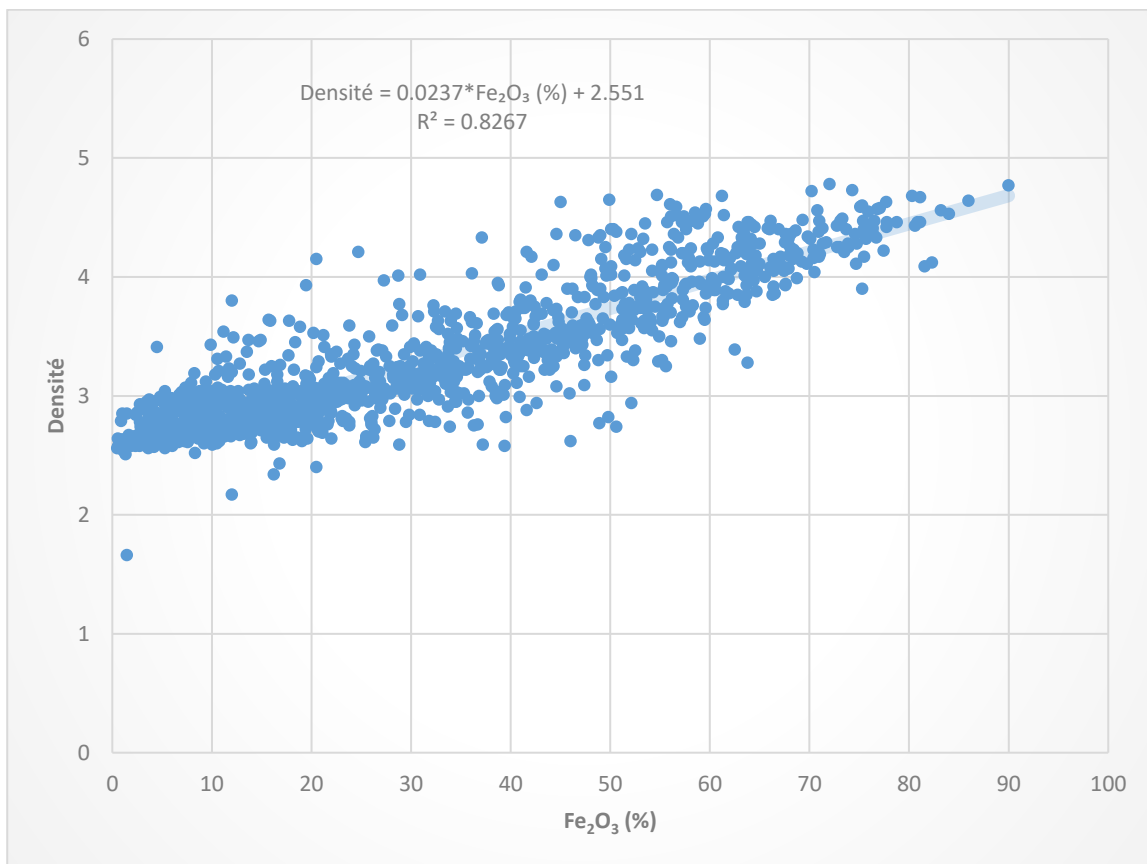
Figure 14.7 – Variogramme combiné suivant l'axe des trous



14.8 Densité

Quatre cent trente-quatre (434) mesures de densité par immersion présentent dans la base de données de forage reçue ont été utilisées pour développer un modèle régressif avec le fer, minéral avec lequel la densité montre une bonne corrélation avec un coefficient de corrélation de 0,83. L'équation régressive obtenue a été utilisée pour convertir le volume de chaque bloc interpolé en tonnage. La Figure 14.8 montre le digramme de dispersion entre la densité et la teneur en Fe_2O_3 ainsi que l'équation régressive obtenue.

Figure 14.8 – Modèle régressif entre la densité et le Fe₂O₃ (%)



14.9 Implémentation du Modèle de Blocs/Paramètres

Un modèle de blocs a été créé en utilisant le programme MineSight® pour générer une grille de blocs réguliers afin d'estimer les teneurs et les tonnages. La taille des blocs a été choisie en gardant sous considération l'espacement moyen des trous de forages qui fournissent les données d'entrées pour la présente estimation, la notion d'unité d'exploitation minière sélective ainsi que la taille projetée des équipements miniers qui seront utilisés durant l'exploration. Une règle des pratiques de l'industrie consiste à considérer des blocs dont la taille se situe entre la moitié (½) et le quart (¼) de l'espacement moyen entre les trous de forages. La taille des blocs est un paramètre important pour des estimations qui sont basées sur des approches géostatistiques telles que le Krigeage (Krigeage Ordinaire, Krigeage Simple, Krigeage d'Indicateurs, etc.). Dans un tel cas, la variance de Krigeage, laquelle représente un paramètre de qualité de l'estimation, est fonction de la distance entre le centroïde du bloc interpolé et de la situation géographique des échantillons ayant servi à son estimation.

Les forages ont été réalisés suivant une grille d'espacement de 50 m dans la zone Sud-Ouest et certains endroits de la zone Nord-Est ont été forés aux 25 m. Prenant ces faits en considération l'auteur a trouvé approprié de considérer des blocs de 10 m × 10 m respectivement suivant les

axes X et Y du gisement. Une taille verticale de 5 m a été considérée afin d'accommoder les types d'équipements miniers projetés.

Tableau 14.7 – Paramètres du module de blocs

Direction	Minimum (UTM*)	Maximum (UTM*)	Taille des blocs	Nombre de blocs	Origine du Modèle (UTM*)
Estant (X)	339 400	342 800	10	340	339 400
Nordant (Y)	5 656 400	5 660 000	10	360	5 656 400
Élévation (Z)	-400	1 000	5	280	1 000
Rotation	s/o	s/o	s/o	s/o	s/o

* UTM, NAD 83, Zone 20
 s/o = sans objet

14.10 Interpolation des Ressources Minérales

L'interpolation des ressources minérales de la magnétite de l'indice Josette de la propriété Kwijibo a été faite en utilisant la méthode de l'inverse de la distance au carré. Dans sa formulation, la méthode appartient à la famille des approches d'estimation non géostatistiques. Dans une telle situation, les composites sélectionnés pour interpoler un bloc donné sont pondérés en fonction de leur distance au centre du bloc. Les plus grands poids sont accordés aux composites les plus proches du centroïde du bloc. Une méthode d'inverse simple de la distance a été utilisée à des fins de validation de l'estimée réalisée par la méthode de l'inverse de la distance au carré. Le choix de cette méthode tient compte de l'impossibilité qu'il y a eu pour définir des variogrammes de qualité acceptable suivant l'axe semi-majeur.

Trois (3) passes successives d'interpolation ont été utilisées dans cette estimation. Pour la première passe la taille de l'ellipse de recherche a été fixée à 150 m × 150 m × 20 m. Le nombre maximal et minimal de composites pour interpoler un bloc a été respectivement fixé à 15 et 9. Le nombre maximum de composites permis pour le même trou a été fixé à 3. La combinaison de ces deux contraintes résulte au fait qu'un minimum de trois (3) forages est requis pour interpoler un bloc durant cette passe.

Pour la deuxième passe, la taille de l'ellipse de recherche a été maintenue identique à la première passe, mais le nombre minimum de composites pour interpoler un bloc a été ramené à 6, le reste des paramètres étant inchangé. Ceci résulte par le fait qu'un minimum de deux (2) forages est maintenant requis pour interpoler un bloc durant cette passe.

Durant la troisième passe la taille de l'ellipse de recherche a été portée à 250 m × 250 m × 40 m pour permettre l'interpolation des blocs encore non interpolés dans les enveloppes de la minéralisation. Cette fois-ci, le nombre minimum de composites pour interpoler un bloc a été ramené à trois résultant au fait qu'un seul trou de forage est maintenant suffisant pour qu'un bloc soit estimé. Les paramètres utilisés pour l'interpolation sont présentés dans le Tableau 14.8.

Tableau 14.8 – Paramètres d'interpolation

Items	Description		
Méthode d'interpolation	IDW2		
Normalisation	Par longueur fixe de 1.5 m, suppression des composites < 0.5 m		
Écrêtage statistique	N/A		
Ellipse de recherche (orientation)	Az: 50°, Dip: -45°		
Passes d'interpolation	Passé 1	Passé 2	Passé 3
Nombre min. de composites par bloc	9	6	3
Nombre max. de composites par bloc	15	15	15
Nombre max. de composites par Trou	3	3	3
Taille de l'ellipse suivant l'axe majeur	150	150	250
Taille de l'ellipse suivant l'axe semi-majeur	150	150	250
Taille de l'ellipse suivant l'axe mineur	20	20	40

14.11 Validation des Ressources Minérales

Les teneurs de blocs de ressources estimées ont été comparées avec les teneurs des composites qui ont été les données d'entrées pour l'estimation. Une bonne adéquation a été trouvée et il a naturellement été constatée que les blocs ont les meilleurs estimés sont ceux qui ont été informés par plusieurs trous de forages durant la première et la seconde passe. Le Tableau 14.9 présente une comparaison entre les teneurs des composites et celles du modèle de blocs, sans distinction des zones. Un léger biais vers le haut est observé dans les teneurs estimées des blocs et est principalement attribuable à l'effet de l'estimation des blocs durant la troisième passe. En effet cette passe estime des blocs en se basant sur l'information reçue à partir d'un seul trou de forage. D'ailleurs cette estimation de la troisième passe renvoie aux ressources qui seront classifiées par la suite dans la catégorie des ressources inférées, qui sont incertaines par nature.

Tableau 14.9 – Comparaison entre teneurs des Composites et du Modèle de Bloc

	OTRT (%)	CaO (%)	Fe₂O₃ (%)	F (%)	P₂O₅ (%)
Blocs	2,7	11,6	52,2	1,1	4,5
Composites	2,3	10,6	49,7	1,0	4,0

Une autre étape de validation des résultats a consisté en des visualisations 2D (plans et sections) et 3D en comparant les teneurs des blocs estimés versus celles des composites. L'adéquation était de bonne qualité principalement pour les blocs générés lors de la première et de la deuxième

pas de d'interpolation. La Figure 14.9 montre une vue 3D des blocs estimés tandis que la Figure 14.10 et la Figure 14.11 montrent des sections types où les ressources sont classifiées.

Figure 14.9 – Vue 3D (vers le Nord) du Modèle de Blocs de ressources

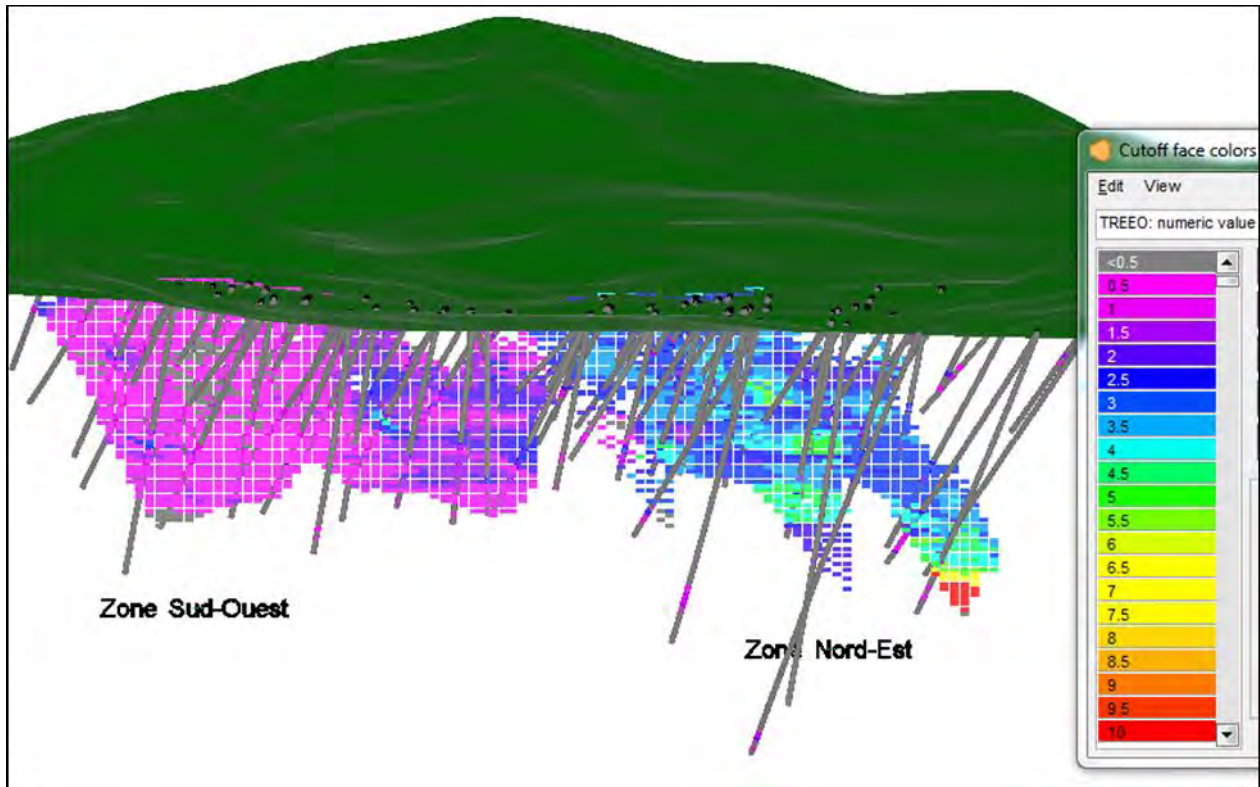


Figure 14.10 – Vue 2D d'une section type sur la Zone Nord Est

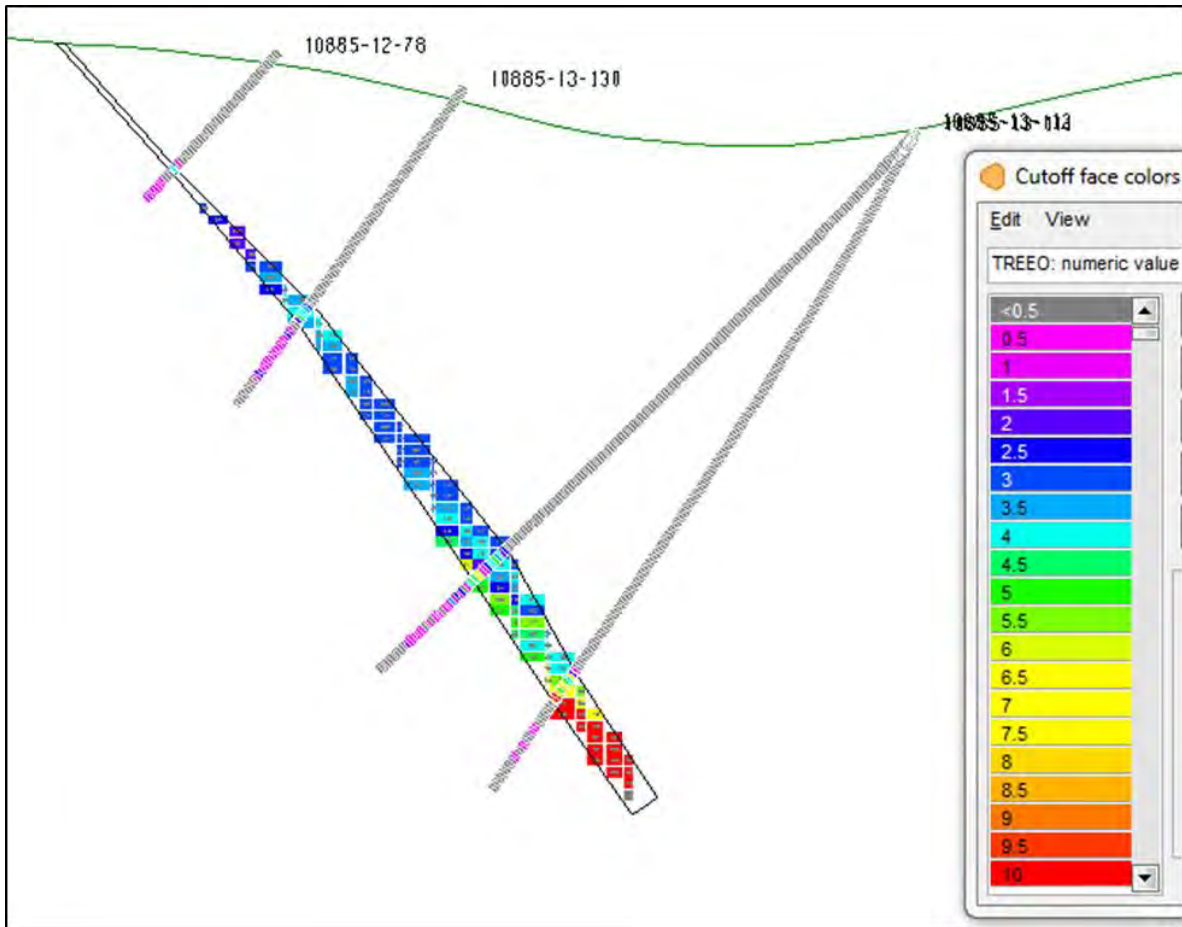
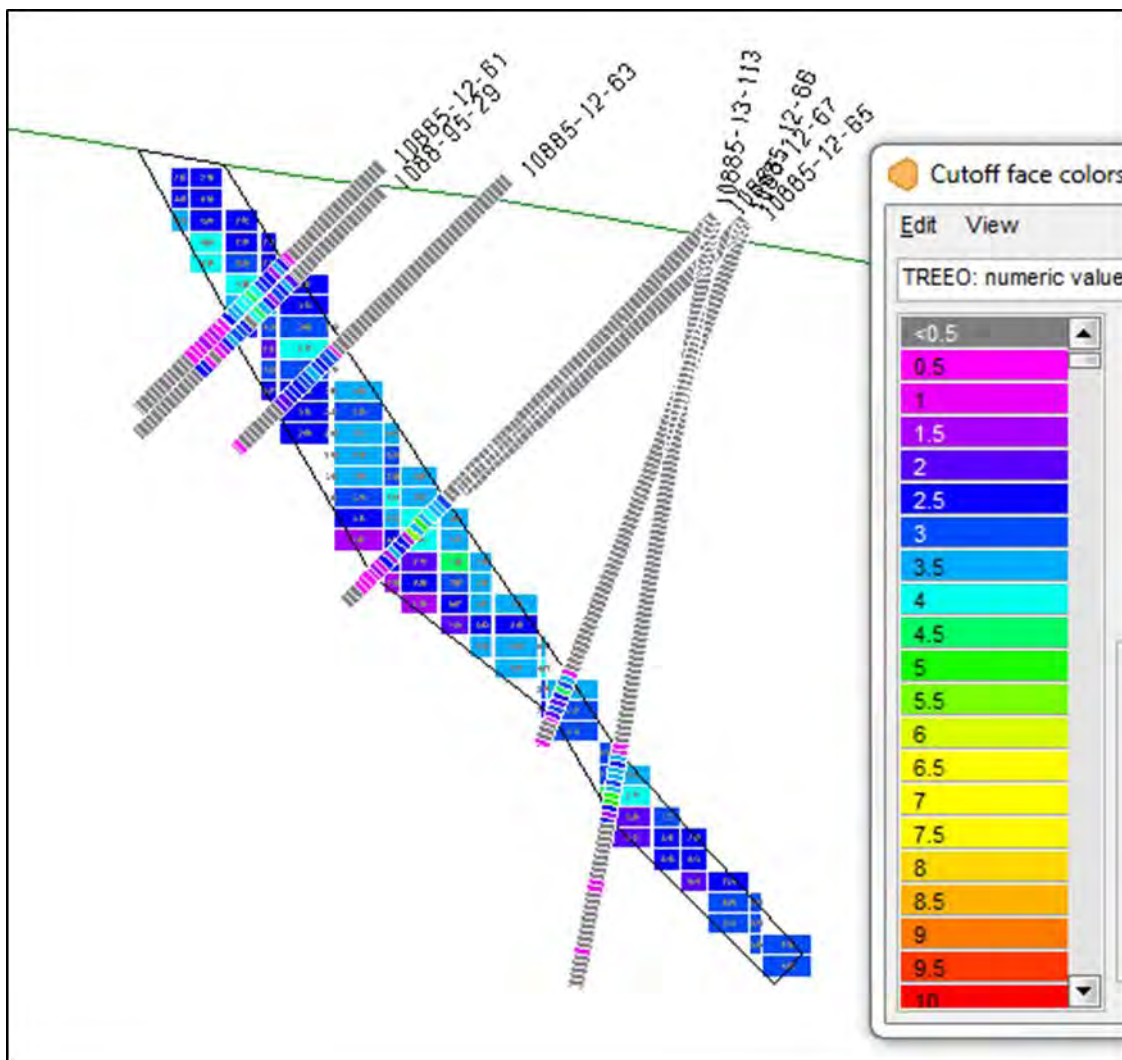


Figure 14.11 – Vue 2D d'une section type sur la Zone Nord Est



14.12 Classification des Ressources Minérales

La classification des ressources minérales est basée sur la confiance et sur la continuité de la géologie et des teneurs, lesquelles sont généralement en relation avec la densité de forage. Les zones qui sont mieux forées sont généralement mieux connues et comprises que les zones moins densément forées qui sont considérées comme présentant un moindre niveau de confiance. Cependant il peut arriver que même une maille de forage très serrée ne permette pas d'assurer une continuité de la géologie et des teneurs. Il peut s'agir des dépôts montrant un extrême effet de pépité.

L'auteur a pris en considération les aspects suivants dans sa démarche pour classer les ressources minérales de la magnétite de l'indice Josette sur la propriété Kwijibo :

- la maille de forage qui est assez serrée avec un espacement de 50 m, et localement 25 m, entre les forages;
- le programme de QA/QC qui a été élaboré de manière professionnelle tout au cours des différentes campagnes de forages. Les résultats obtenus attestent de ce haut niveau de professionnalisme, démontrant ainsi le haut niveau de fiabilité des données utilisées pour les présentes estimations;
- les tests métallurgiques préliminaires effectués;
- la bonne compréhension qu'on a du gisement.

Prenant tous ces aspects en considération l'auteur a trouvé judicieux de classer tous les blocs de ressources estimées lors de la première passe dans la catégorie des Ressources Minérales Mesurées. Il s'agit de blocs dont la définition a requis de l'information provenant au moins de trois forages distincts dans le voisinage immédiat. Tous les blocs estimés durant la seconde passe d'interpolation ont été classifiés comme Ressources Minérales Indiquées. Les blocs estimés durant la troisième passe d'interpolation ont été classifiés dans la catégorie des Ressources Minérales Présumentées.

14.13 Énoncé des Ressources Minérales

Suivant les définitions et les standards de l'ICM une ressource minérale doit démontrer un prospect raisonnable d'une extraction économique rentable. Le gisement de l'indice Josette est un gisement enfoui en profondeur excluant ainsi toute option d'extraction par méthode de fosse à ciel ouvert. Vu la nature du gisement qui est composé d'une série de terres rares à laquelle s'ajoute du P₂O₅ la teneur de coupure « **cut-off** » utilisée pour définir les ressources minérales est basée sur la valeur économique de chaque bloc comparativement au coût moyen requis pour son extraction. Il a été estimé que l'extraction de chaque tonne de minerai requiert en moyenne un coût de 333 dollars canadiens. Ainsi, tous les blocs dont le revenu escompté est supérieur à 333 \$ CA/t sont considérés dans l'énoncé de Ressources Minérales de la magnétite de l'indice Josette de la propriété Kwijibo.

La teneur de coupure a été évaluée avec les paramètres économiques suivants :

- Coût de production mine : 50 \$/t minée;
- Coût de production concentrateur : 45 \$/t usinée;
- Coût de production usine hydromet : 215 \$/t usinée
- Frais généraux : 23 \$/t usinée;
- Taux de récupération global usine : 75 %;
- Prix de vente : 42,81 \$ CA/kg de OTRT.

Le Tableau 14.10 présente les ressources minérales de la zone Nord-Est et de la zone Sud-Ouest de la magnétite de la Zone Josette.

Tableau 14.10 – Estimation des ressources de la Zone Josette

RESOURCES	Tonnes *1 000	TOTAL	OTR par élément														OTRT légères ou lourdes		Types de produits						
			OTRT (%)	La ₂ O ₃ (%)	Ce ₂ O ₃ (%)	Pr ₂ O ₃ (%)	Nd ₂ O ₃ (%)	Sm ₂ O ₃ (%)	Eu ₂ O ₃ (%)	Gd ₂ O ₃ (%)	Tb ₂ O ₃ (%)	Dy ₂ O ₃ (%)	Ho ₂ O ₃ (%)	Er ₂ O ₃ (%)	Tm ₂ O ₃ (%)	Yb ₂ O ₃ (%)	Lu ₂ O ₃ (%)	Y ₂ O ₃ (%)	OTR légères (%)	OTR lourdes (%)	Nd ₂ O ₃ + Pr ₂ O ₃ (%)	Dy ₂ O ₃ (%)	Other REO + Y ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	P ₂ O ₅ (%)
Zone Josette Nord-est																									
Mesurées	1 634	3,34	0,44	1,02	0,13	0,55	0,11	0,01	0,11	0,02	0,11	0,02	0,06	0,01	0,04	0,00	0,70	2,25	1,09	0,68	0,11	2,55	54,69	4,73	
Indiquées	2 340	3,49	0,45	1,06	0,14	0,57	0,12	0,01	0,12	0,02	0,12	0,02	0,07	0,01	0,04	0,00	0,74	2,34	1,15	0,71	0,12	2,66	52,54	5,34	
M + I	3 974	3,43	0,45	1,04	0,13	0,56	0,12	0,01	0,12	0,02	0,11	0,02	0,06	0,01	0,04	0,00	0,72	2,3	1,12	0,69	0,11	2,62	53,42	5,09	
Présumées	1 116	4,04	0,54	1,24	0,16	0,66	0,14	0,01	0,14	0,02	0,13	0,03	0,08	0,01	0,05	0,00	0,83	2,73	1,31	0,81	0,13	3,09	49,81	5,96	
Zone Josette Sud-ouest																									
Mesurées	775	1,8	0,23	0,55	0,07	0,29	0,06	0,01	0,06	0,01	0,06	0,01	0,03	0,00	0,02	0,00	0,38	1,21	0,59	0,36	0,06	1,38	54,14	3,8	
Indiquées	2 167	1,74	0,23	0,54	0,07	0,28	0,06	0,01	0,06	0,01	0,06	0,01	0,03	0,00	0,02	0,00	0,37	1,17	0,57	0,35	0,06	1,34	52,2	3,47	
M + I	2 942	1,76	0,23	0,54	0,07	0,28	0,06	0,01	0,06	0,01	0,06	0,01	0,03	0,00	0,02	0,00	0,37	1,18	0,57	0,35	0,06	1,35	52,71	3,56	
Présumées	209	1,51	0,20	0,47	0,06	0,24	0,05	0,01	0,05	0,01	0,05	0,01	0,03	0,00	0,02	0,00	0,32	1,02	0,49	0,3	0,05	1,16	40,14	3,83	
Zones combinées																									
Mesurées	2 409	2,84	0,37	0,87	0,11	0,46	0,10	0,01	0,10	0,02	0,09	0,02	0,05	0,01	0,03	0,00	0,59	1,92	0,93	0,58	0,09	2,18	54,51	4,43	
Indiquées	4 507	2,65	0,35	0,81	0,10	0,43	0,09	0,01	0,09	0,01	0,09	0,02	0,05	0,01	0,03	0,00	0,56	1,78	0,87	0,53	0,09	2,03	52,38	4,44	
M + I	6 916	2,72	0,35	0,83	0,11	0,44	0,09	0,01	0,09	0,02	0,09	0,02	0,05	0,01	0,03	0,00	0,57	1,83	0,89	0,55	0,09	2,08	53,12	4,44	
Présumées	1 325	3,64	0,49	1,11	0,14	0,59	0,13	0,01	0,12	0,02	0,12	0,02	0,07	0,01	0,04	0,00	0,75	2,46	1,18	0,73	0,12	2,78	48,28	5,62	
Mise en garde et autres informations pertinentes : <ol style="list-style-type: none"> La viabilité économique de ressources minérales qui ne sont pas des réserves minérales n'a pas été démontrée. L'estimation des ressources minérales pourrait être sérieusement affectée par des enjeux environnementaux, liés aux permis, juridiques, liés aux titres, fiscaux, sociopolitiques, liés à la commercialisation ou d'autres enjeux pertinents. Les ressources minérales ont été estimées en utilisant les normes de l'Institut canadien des mines, de la métallurgie et du pétrole (ICM) sur les définitions des ressources et des réserves minérales préparées par le comité permanent de l'ICM sur les définitions des réserves et adoptées par le conseil de l'ICM le 10 mai 2014. Les ressources minérales présumées comprises dans cette estimation ont un niveau de confiance inférieur à celui qui s'applique aux ressources minérales indiquées et ne doivent pas être converties en réserves minérales. Il est raisonnable de s'attendre à ce que la majorité des ressources minérales présumées puissent être converties en ressources minérales indiquées suivant des travaux d'exploration plus poussés. OTRT = La₂O₃ + Ce₂O₃ + Pr₂O₃ + Nd₂O₃ + Sm₂O₃ + Eu₂O₃ + Gd₂O₃ + Tb₂O₃ + Dy₂O₃ + Ho₂O₃ + Er₂O₃ + Tm₂O₃ + Yb₂O₃ + Lu₂O₃ + Y₂O₃ OTR légères = La₂O₃ + Ce₂O₃ + Pr₂O₃ + Nd₂O₃ + Sm₂O₃ (tel qu'employé par Hazen Research Inc.) OTR lourdes = Eu₂O₃ + Gd₂O₃ + Tb₂O₃ + Dy₂O₃ + Ho₂O₃ + Er₂O₃ + Tm₂O₃ + Yb₂O₃ + Lu₂O₃ + Y₂O₃ (tel qu'employé par Hazen Research Inc.) La date d'effet de l'estimation des ressources est le 17 novembre 2017 																									

Des Ressources Minérales ne peuvent être considérées comme des Réserves Minérales jusqu'à ce qu'elles aient démontré une viabilité économique. Des considérations environnementales, légales, en relation avec les titres ou les impôts, socio-politiques, en relation avec le marché ou tout autres aspects peuvent matériellement affecter l'estimation des Ressources Minérales. La quantité et les teneurs rapportées pour les Ressources Minérales Présumées sont incertaines par leur nature et il n'y a pas eu suffisamment de travaux d'exploration pour définir ces ressources minérales présumées comme des ressources minérales indiquées ou des ressources minérales mesurées. Il reste incertain si des travaux d'exploration subséquents résulteront en un sur-classement des ressources minérales présumées dans la catégorie des ressources minérales indiquées ou mesurées.

15 ESTIMATIONS DES RÉSERVES MINÉRALES

L'ICM et les Autorités des Marchés Canadiens proscrivent l'estimation de réserves minérales dans une EEP. Aucune réserves minérales n'ont donc été estimées dans cette EEP.

16 MÉTHODES D'EXPLOITATION

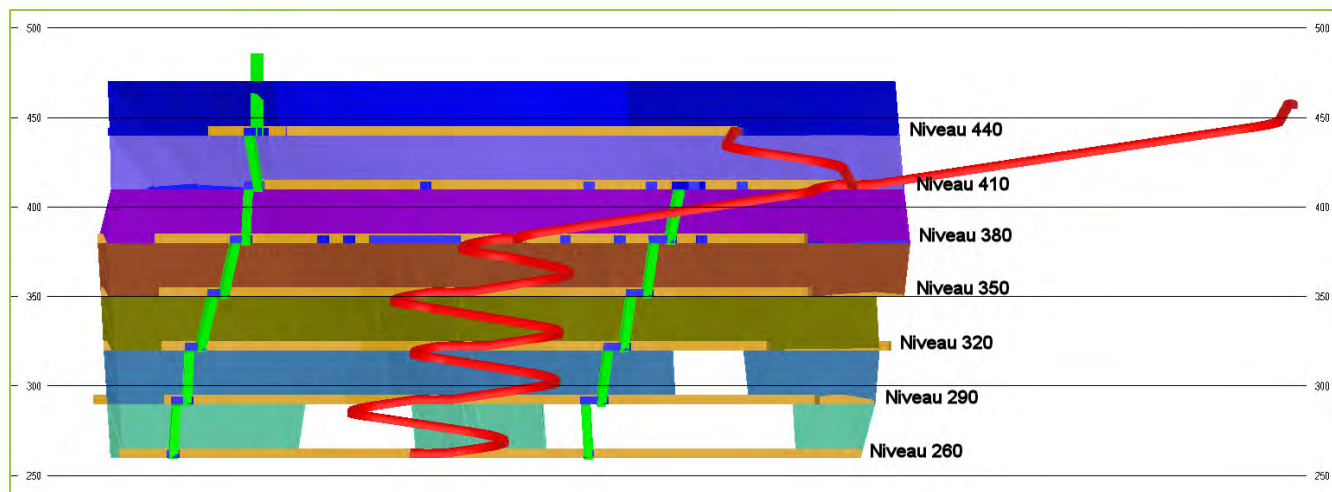
Cette section présente le choix et l'explication des méthodes d'exploitation pour le dépôt de l'Horizon Josette du projet Kwyjibo, les paramètres d'exploitation, l'estimation des ressources exploitables, le développement minier, le plan minier, et les besoins en équipements et main d'œuvre.

16.1 Méthodes d'exploitation

Le dépôt minéralisé de l'Horizon Josette sera exploité par des méthodes d'exploitation souterraines. Quoiqu'une méthode d'exploitation à ciel ouvert pourrait être envisageable, autant du point de vue technique qu'économique, les dirigeants de SOQUEM et Focus ont préféré que DRA/Met-Chem se concentre sur des méthodes d'exploitation souterraines afin de minimiser les effets sur l'environnement. Le gisement sera accédé de la surface par une rampe (descenderie) excavée tout près de l'usine de traitement.

Deux (2) méthodes d'exploitation souterraines sont préconisées, soit la méthode de longs trous transversaux et la méthode de longs trous longitudinaux. Le gisement sera découpé en chantiers de 30m de hauts et de largeur variable selon la méthode. La Figure 16.1 présente le développement souterrain et les zones exploitables de l'Horizon Josette. Les méthodes d'exploitation sont décrites ci-après.

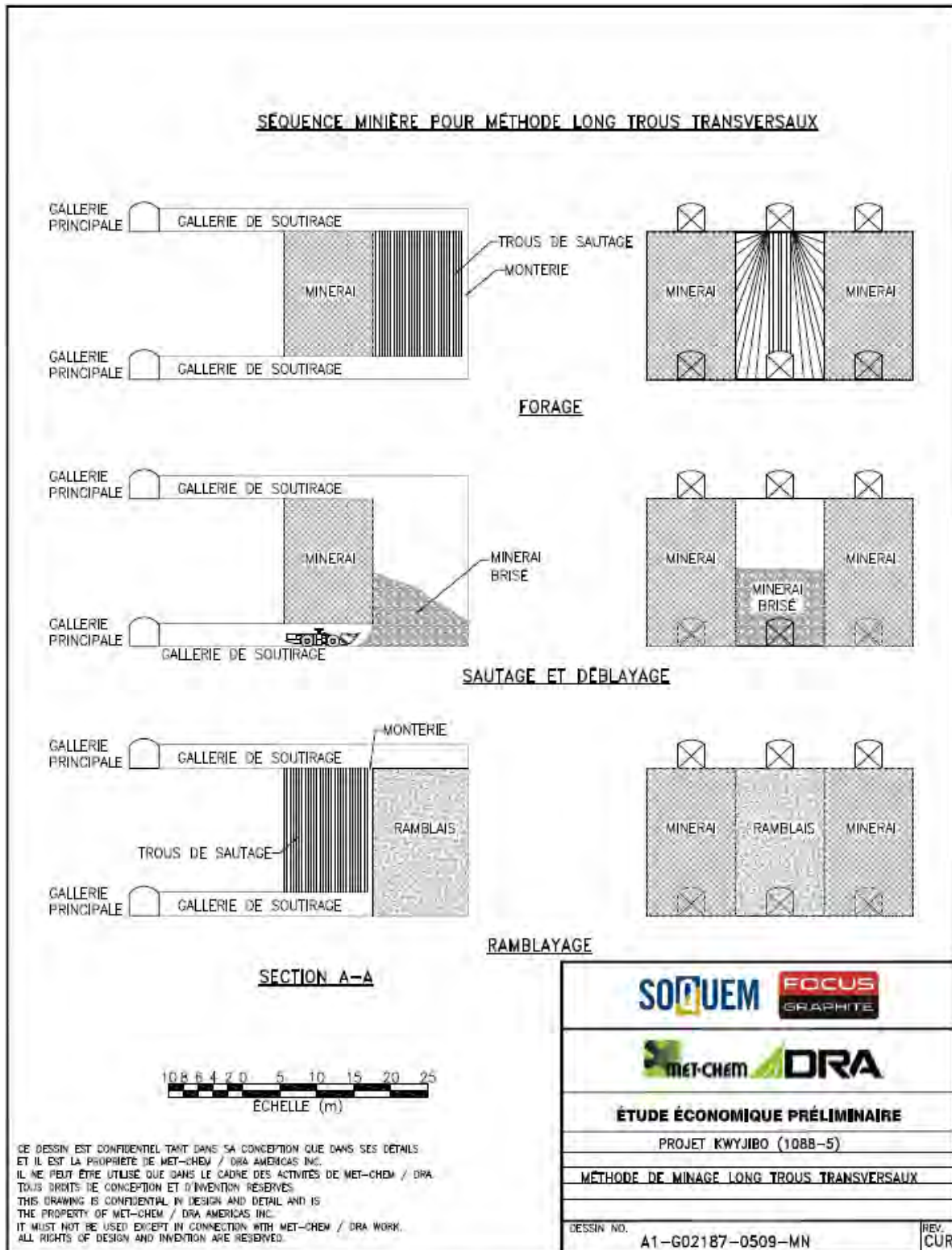
Figure 16.1 – Développement et chantiers de l'Horizon Josette



16.1.1 MÉTHODE DE LONGS TROUS TRANSVERSAUX

La portion centrale du gisement présente un volume suffisamment important pour permettre de découper des blocs de bonnes dimensions et permettre l'utilisation de la méthode appelée longs trous transversaux. La Figure 16.2 montre une représentation schématique de la méthode.

Figure 16.2 – Méthode de longs trous transversaux



Cette méthode consiste à exploiter des chantiers perpendiculairement à la puissance (largeur) du gisement et de les exploiter en séquence du haut vers le bas et latéralement. Les chantiers sont accédés par travers-bancs (galeries de forage ou points de soutirages) perpendiculaires au gisement et reliés à une galerie de roulage commune.

Le forage des chantiers se fait par foreuse longs trous dans le haut des chantiers et le soutirage par le bas à l'aide de chargeuses navettes. Les chargeuses navettes déversent le matériel excavé dans des camions souterrains qui acheminent le matériel minéralisé vers le concasseur en surface et le stérile vers des haldes aussi en surface, ou dans des chantiers vides déjà exploités.

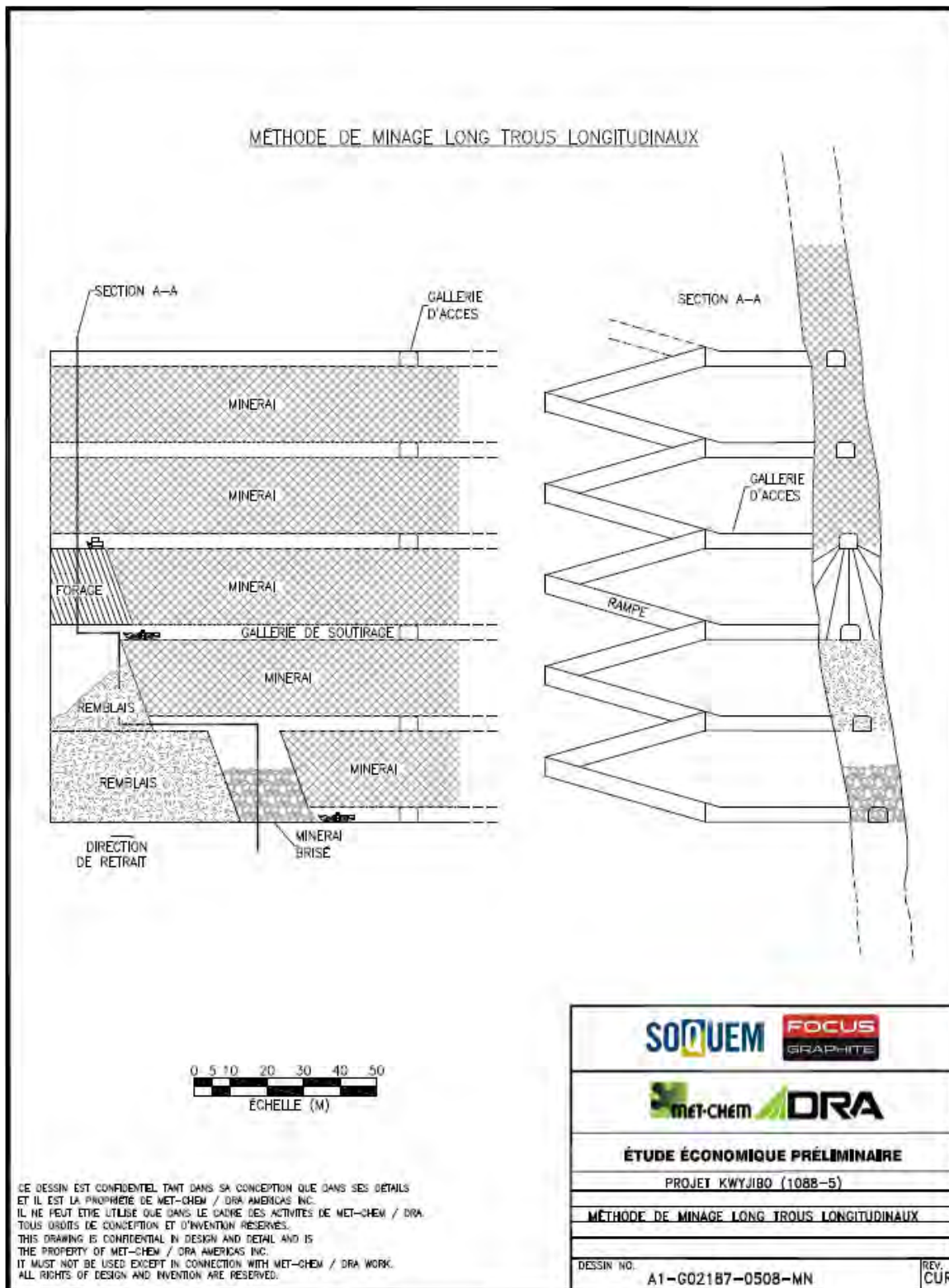
Afin de récupérer le maximum de matériel minéralisé et éviter de laisser des piliers de soutènement et des effondrements, le gisement sera découpé en chantiers primaires et secondaires, exploités en séquence. Les chantiers primaires vidés seront remplis de remblai en pâte cimenté pour soutenir l'éponte supérieure, réduire les effondrements des parois et permettre l'exploitation des chantiers adjacents sans laisser de piliers de support.

16.1.2 MÉTHODE DE LONGS TROUS LONGITUDINAUX

Cette méthode d'exploitation s'applique dans les zones plus étroites du gisement, là où la largeur est entre 6 et 15 m. Ces zones sont situées aux deux extrémités de la zone minéralisée.

L'exploitation et le découpage des chantiers par la méthode de longs trous longitudinaux se font parallèlement au gisement en retraitant d'une extrémité vers l'intérieur. Une fois qu'un chantier est exploité, il est remblayé immédiatement avec du remblai en pâte. Pendant la période de consolidation et de durcissement du remblai, l'exploitation se fait à l'autre extrémité du gisement et ainsi de suite. Les chantiers longs trous longitudinaux sont reliés aux galeries de roulage à intervalle régulier perpendiculairement à la zone minéralisée. La Figure 16.3 illustre la méthode.

Figure 16.3 – Méthode typique d'exploitation par longs trous longitudinaux



16.2 Paramètres d'exploitation

16.2.1 TAUX DE PRODUCTION

Le taux de production a été établi en fonction de la production annuelle de concentré de Terres Rares déterminé à 10 000 tonnes par an. Ce taux de production nécessite en moyenne 387 000 tonnes de matériel minéralisé par an. En considérant le minerai accumulé en préproduction, il faudra une production journalière de 1 000 tonnes des chantiers. En plus de cette production de matériel minéralisé, il faudra en moyenne exploiter 200 tonnes de stérile par jour. Ce stérile proviendra essentiellement des galeries de roulage, travers-bancs et rampes.

16.2.2 QUARTS DE TRAVAIL

La mine Kwyjibo sera exploitée sur deux (2) quarts de travail de dix (10) heures par jours, cinq (5) jours par semaine.

16.2.3 TENEUR DE COUPURE

Comme pour les ressources, la teneur de coupure utilisée pour estimer les ressources exploitables est basée sur la valeur économique de chaque bloc comparativement au coût moyen requis pour son extraction. Il a été estimé que l'extraction de chaque tonne de minerai requiert en moyenne un coût de 333 dollars canadiens basé sur les paramètres donnés ci-dessous. Tout matériel minéralisé sous cette valeur de coupure est considéré comme stérile.

Teneur de coupure économique = $(\text{Taux de récupération usine} \times \text{teneur} \times \text{prix de vente}) =$
coût de production mine + coût de production concentrateur et usine hydromet + frais généraux = 333\$

- Coût de production mine : 50 \$/t minée;
- Coût de production concentrateur : 45 \$/t usinée;
- Coût de production usine hydromet : 215 \$/t usinée
- Frais généraux : 23 \$/t usinée;
- Taux de récupération global usine : 75 %;
- Prix de vente : 42,81 \$ CA/kg de OTRT.

16.2.4 DILUTION ET RÉCUPÉRATION

La dilution, stérile ou matériel sous la teneur de coupure, est estimée à 8 % pour les chantiers transversaux et longitudinaux. La teneur de dilution est estimée à 0 % OTRT. Cette hypothèse est conservatrice puisque l'éponte supérieure est constituée de brèche qui contient des terres rares de moindre teneur.

La récupération, soit la portion de matériel minéralisé effectivement récupérée dans les chantiers par rapport aux ressources minérales originales, est estimée à 95 % pour les chantiers transversaux et longitudinaux.

16.2.5 CHARGEMENT ET TRANSPORT

Le matériel minéralisé et le stérile seront excavés des différents endroits d'exploitation (chantiers, galeries, rampes) par des chargeuses navettes qui déchargeront les déblais dans des camions souterrains. Ces camions remonteront la rampe vers la surface jusqu'au portail et ensuite vers le concasseur pour le matériel minéralisé ou la halde à stérile. Il faut noter que lorsque possible, le stérile sera entreposé sous terre dans des chantiers secondaires vides.

16.3 Développement souterrain

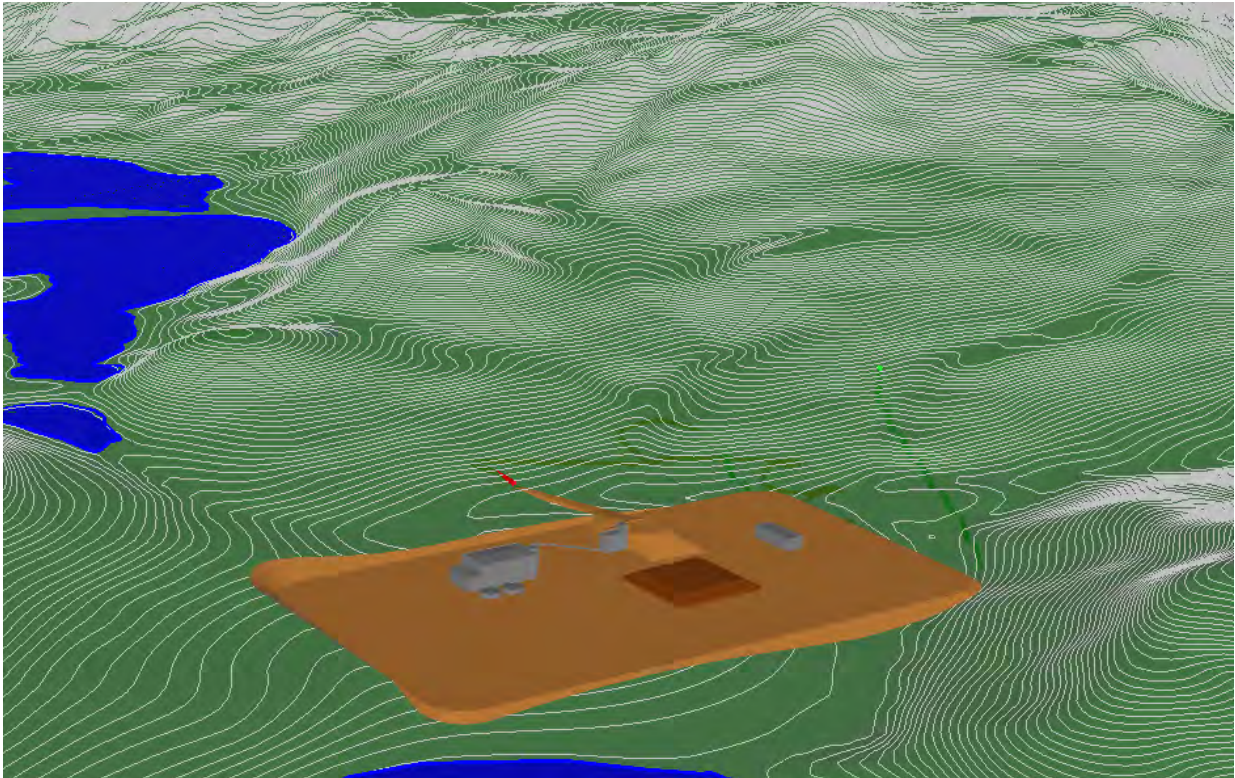
16.3.1 ACCÈS À LA MINE

L'accès à la mine se fera par une rampe ayant 5 m de large x 5,8 m de haut. Un portail sera excavé non loin de l'usine et des bureaux administratifs permettant aux employés d'accéder rapidement aux installations souterraines. La Figure 16.4 présente la localisation du portail et de la rampe.

La décision d'exploiter le gisement par une rampe depuis la surface a été justifiée par une étude comparative (Trade-off Study) entre l'accès par rampe et l'accès par un puits de production.

Du au faible tonnage de production, la faible profondeur (connue à date) du gisement, et le coût en capital d'un puits de loin beaucoup plus important que le coût d'une rampe (20M\$ vs 10M\$), incluant équipements et excavations, l'étude a indiqué que la rampe était un choix justifié.

Figure 16.4 - Portail et accès à la mine souterraine de Kwyjibo



16.3.2 DÉVELOPPEMENTS DANS LA MINE

Le développement de la rampe principale se fera suivant les dimensions de 5,0 m x 5,8 m de haut. Par la suite, le développement des galeries de niveaux et de chantiers se fera selon les dimensions de 5,0 m de large x 5,0 m de haut. Cette dimension standard sera utilisée dans le minerai tout comme dans le stérile.

Cette dimension permettra l'utilisation de chargeuse navette de 6 m³ et de camions à profil bas de 42 tonnes.

16.3.3 MONTERIES DE VENTILATION

Pour ventiler la mine sur son ensemble, il est prévu d'excaver une monterie de ventilation du style « raisebore » ou trou alésé ayant 4 m de diamètre aux extrémités de la zone minéralisée principale. Le fonçage de cette monterie sera fait pour rejoindre la surface et le niveau 410. À partir du niveau 410, l'air sera distribué aux niveaux inférieurs via des monteries du style « drop raise » ayant 3 m x 3m. Un système de contrôle de portes de ventilation sera construit de façon à ce que chaque niveau puisse extraire un volume d'air en fonction des travaux et des besoins. Le système de porte va permettre à l'air de se rendre au point le plus bas de la mine et d'ensuite balayer l'ensemble des niveaux pour sortir via un autre système de monteries qui lui, sera aspirant.

Le système de ventilation comprend les ventilateurs principaux qui seront installés au niveau 410. L'installation au niveau 410 permet de réduire le bruit en surface et de faciliter la maintenance puis qu'elle se fera en milieu souterrain où la température sera plus clémente qu'à l'extérieur durant les mois d'hivers. Un système de chauffage de l'air est prévu en hiver afin d'avoir une température de plus de 4°C en tout temps sous terre.

La distribution de l'air aux endroits de travail se fera à l'aide de ventilateurs secondaires. Ces ventilateurs seront activés par les opérateurs aux besoins.

Un volume de 250 000 CFM d'air sera nécessaire pour assurer que les travaux puissent se dérouler tout en respectant les normes du travail.

16.4 Services miniers

16.4.1 ENTRETIEN MÉCANIQUE ET ENTREPÔT

Un garage sera excavé au niveau 380 pour l'entretien et la réparation des véhicules. Il est prévu que l'ensemble des travaux au niveau de l'entretien se réalise sous terre.

Adjacent au garage, un entrepôt sera excavé pour contenir un minimum de pièces de rechange. Un entrepôt principal sera construit en surface et le matériel sera acheminé sous terre en fonction des besoins.

16.4.2 BUREAUX ET SALLE DE REFUGE

Des bureaux pour les contremaîtres et superviseurs seront excavés au niveau 380 tout près du garage. Une salle à dîner sera aussi excavée au niveau 380 pour les travailleurs. Cette salle à dîner servira aussi de salle de refuge en cas d'incidents.

16.4.3 REMBLAYAGE ET SUPPORT DE TERRAIN

Une usine de remblai en pâte est prévue pour le bon fonctionnement de la séquence d'extraction des chantiers et au niveau de la stabilité de l'ensemble de la mine. Les deux méthodes d'exploitation préconisées dans l'approche de l'extraction des chantiers nécessitent un remblai en pâte pour leur bon fonctionnement et maximiser la récupération des chantiers.

Le réseau de distribution du remblai se fera par un trou reliant la surface au niveau 410. À partir du niveau 410, le remblai poursuivra sa course horizontalement dans un système de conduites pour ensuite redescendre via des trous conçus à cette fin et atteindre les niveaux inférieurs. Ceci permettra au remblai d'être acheminé sur le niveau et dans le chantier désiré.

L'exploitation des galeries et des chantiers de Kwyjibo tient compte que les galeries seront boulonnées et que le toit des chantiers câblés afin de limiter au maximum les chutes de roc. Ce support de terrain est tenu en compte dans les coûts d'investissement et de production.

16.4.4 DÉNOYAGE

Comme toute mine en production, l'eau est nécessaire pour le bon fonctionnement des équipements de forage et le contrôle des poussières. Il est donc prévu d'excaver sur chaque niveau et aux endroits requis des puisards de façon à accumuler l'eau de production et l'eau souterraine qui percolera naturellement dans la mine. Un système de pompage va recueillir l'eau des puisards et l'acheminer à l'aide d'un système de tuyauterie vers la surface pour être finalement disposé.

La boue accumulée dans les puisards sera retirée à l'aide d'une chargeuse au moment opportun et entreposée dans un chantier en cours de remblayage.

16.4.5 ALIMENTATION ÉLECTRIQUE

La mine sera alimentée en électricité depuis la surface par une série de câbles haute-tensions. Une sous-station principale au niveau 410 distribuera l'électricité à de plus petites sous-stations portatives sur chaque niveau afin d'alimenter les équipements électriques suivants :

- Ventilateur(s) principal au niveau 410 ;
- Ventilateurs secondaires sur les autres niveaux ;
- Compresseur d'air ;
- Foreuses de production longs trous ;
- Foreuses de développement type Jumbo ;
- Boulonneuses ;
- Pompes et éclairage des ateliers, bureaux et salle à dîner.

La distribution principale sera de 4160 V jusqu'aux sous-stations électriques. Chaque sous-station électrique assurera une distribution de 600 V, 220 V et 110 V en fonction des besoins du secteur. Ces sous-stations seront portatives et déplaçables en fonction des besoins de la mine. Elles seront installées dans des excavations prévues à cette fin.

16.5 Équipements

Le développement et la mise en production de la mine nécessiteront une quarantaine (40) d'équipements miniers variés comme indiqué au Tableau 16.1. L'achat de ces équipements sera progressif et en fonction des besoins.

Tableau 16.1 – Équipements miniers

Équipement	Type	Unités
Développement		
Foreuse Jumbo	2 boom	2
Boulonneuse		3
Chargement explosifs		1
Chargeuse navette	6 m ³	2
Production et soutirage de chantiers		
Foreuse longs trous	40m, 100mm (dia)	2
Foreuse de services	60m, 100mm (dia)	1
Foreuse de câble	40m	1
Chargeuse navette	6 m ³	4
Camions	20 tonnes	6
Service mine		
Plateforme -ciseau		3
Camion plateforme		1
Machine à béton projeté		1
Tracteur de livraison		1
Tracteur de services		2
Tracteur de supervision et ingénierie		6
Véhicule de transport de personnel		2
Niveleuse		1
Camion diesel et lubrifiants		1
Total		40

16.6 Main d'œuvre

La main-d'œuvre requise pour opérer la mine en fonction des différents départements est estimée à 89 par quart de jour, et 53 par quart de nuit. Le Tableau 16.2 présente les besoins par poste et par quart.

Tableau 16.2 – Main d'œuvre

Force ouvrière opération minière		
	Jour	Nuit
	1 ^{er} quart	2 ^e quart
Supervision	5	4
Développement	9	9
Production	16	16
Services	10	--
Entretien	23	19
Électriciens	9	5
Ingénierie	11	--
Géologie	6	--
Sous-total	89	53
Total mine opération	142	

16.7 Plan minier

Un plan minier de développement et de production a été établi pour le gisement de Kwyjibo, basé sur le taux de production de 1 000 tonnes de matériel minéralisé par jour et les besoins en développement de galeries et rampes. Le plan minier présenté au Tableau 16.3 tient compte de la dilution et de la récupération donnée dans le chapitre □.

Le plan minier à une durée de 10 ans, ou 3.55 Mt à 3.29 % OTRT, basé sur les ressources exploitables du gisement de l'horizon Josette.

Tableau 16.3 – Plan minier Horizon Josette

Production	Unité	Pré production	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Années 6-10
Tonnage chantier	tonne	150 000	364 000	368 000	363 000	381 000	393 000	1 532 000
Teneur Moyenne	% OTRT	2,86	2,86	3,05	3,47	3,26	3,47	3,29
Tonnage stérile	tonne	301 000				61 000	42 000	63 500
Développement	m	6 500	420	300	300	1 300	1 000	1 647

17 MÉTHODES DE RÉCUPÉRATION

17.1 L'usine de traitement de minerai

L'usine de traitement de minerai est composée du système de concassage et du concentrateur où se retrouve le broyage, la séparation magnétique, l'épaississement et la filtration. Le but du concentrateur est de faire une séparation entre un concentré de terres rares et les rejets magnétiques.

Les procédés unitaires du minerai tout-venant comprennent : le concassage, le broyage primaire, le broyage secondaire, la séparation magnétique, l'épaississement du concentré et des résidus, la filtration du concentré et la filtration ou le remblai en pâte des résidus.

Le concentrateur va produire un concentré qui va être transporté à l'usine hydrométallurgique par camion. Les résidus vont être retournés dans la mine souterraine sous forme de remblai en pâte. Ceci ne sera pas possible durant les premiers mois d'exploitation de la mine, donc les résidus vont être filtrés et empilés dans une halde en surface durant cette période.

17.1.1 CRITÈRES DE CONCEPTION DE PROCÉDÉ

La conception de l'usine de traitement de minerai cible la production d'un concentré d'oxyde terres rares avec le moins de pertes possibles. La capacité de l'usine est basée sur une production de 10 000 t/a d'oxydes de terres rares. La récupération poids moyenne du concentrateur est de 45 % avec une récupération de 95.5 % de terres rares. Ces valeurs sont basées sur les résultats applicables des essais métallurgiques réalisés à ce jour.

La zone de concassage et le concentrateur fonctionneront 24 heures par jour, sept (7) jours par semaine, 52 semaines par année. La disponibilité projetée de la zone de concassage est de 65 % et 90 % pour le concentrateur.

Le débit d'alimentation du concentrateur a été établi à 1 060 tonnes sèches par jour ou un débit nominal de 49,1 tonnes sèches de minerai par heure. Le Tableau 17.1 résume la base de conception de l'usine de traitement.

Tableau 17.1 – Critères de conception de l’usine de traitement de minerai

Paramètres	Unités	Valeur
Taux de traitement de minerai tout-venant	Tonnes sèches par année	387 000
Taux de production de concentré	Tonnes sèches par année	174 150
Disponibilité du concasseur	Pourcentage	65,0
Disponibilité du concentrateur	Pourcentage	90,0
Taux nominal du concasseur	Tonnes sèches par heure	68,0
Taux nominal du concentrateur	Tonnes sèches par heure	49,1
Récupération poids du concentrateur	Pourcentage	45.0
Récupération de terres rares du concentrateur	Pourcentage	95.5

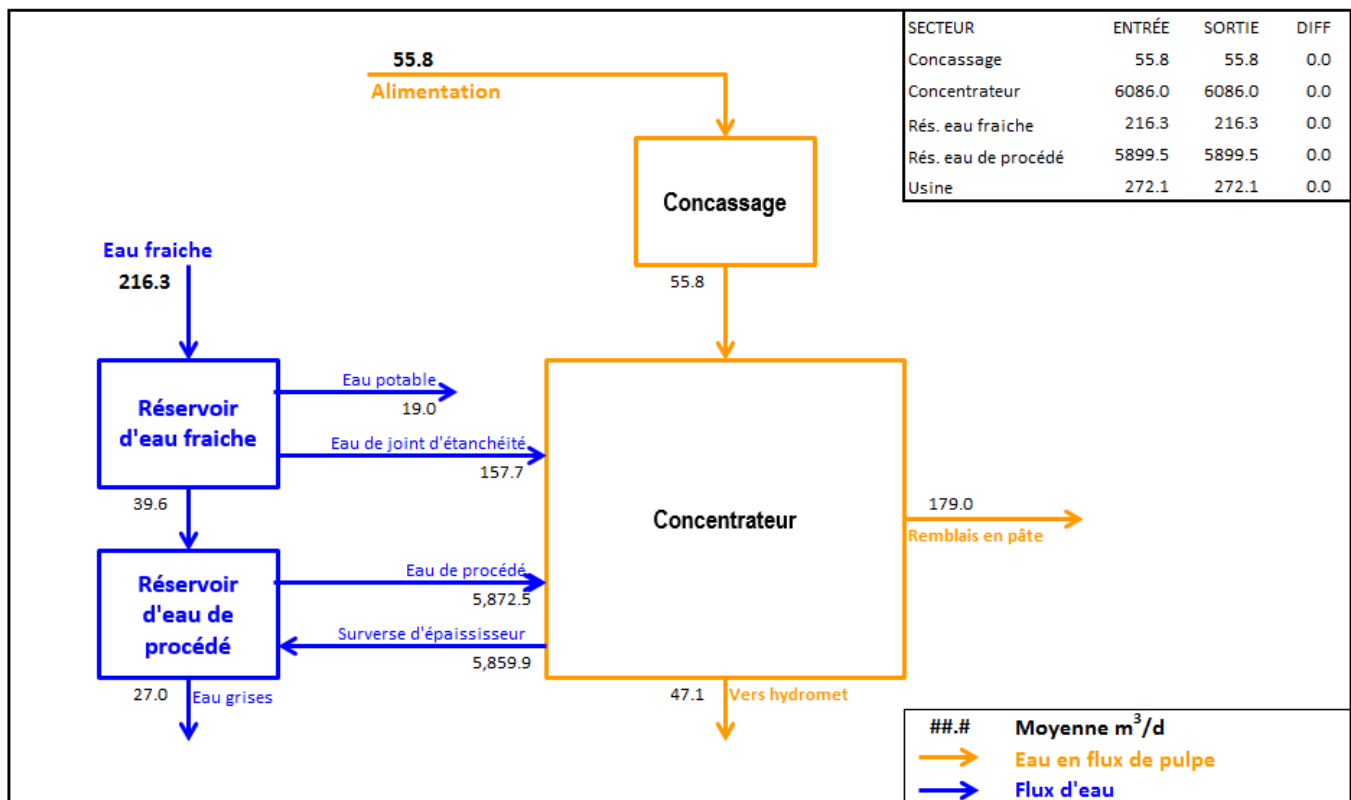
17.1.2 BILAN MASSIQUE ET HYDRIQUE

Le bilan massique du concentrateur est basé sur les critères de conception ci-dessous et est résumé dans Tableau 17.2. Les débits massiques sont en tonnes par jour (t/j) et les débits volumétriques sont en mètres cubes par jour (m³/j). Le bilan hydrique est résumé dans Figure 17.1.

Tableau 17.2 – Résumé du bilan massique du concentrateur

Masse entrant le concentrateur				Masse sortant le concentrateur			
Flux	Solides	Eau	Masse totale	Flux	Solides	Eau	Masse totale
	(t/j)	(m ³ /j)	(t/j)		(t/j)	(m ³ /j)	(t/j)
Minerai	1 060	56	1 116	Concentré vers l'hydromet	476	47	523
Eau fraîche	0	216	216	Remblais en pâte	584	179	763
				Eau potable	0	19	19
				Eaux grises	0	27	27
Totale entrant	1 060	272	1 332	Totale sortant	1 060	272	1 332

Figure 17.1 – Résumé du bilan hydrique du concentrateur



17.1.3 SCHÉMA DE PROCÉDÉ ET DESCRIPTION DE PROCÉDÉ

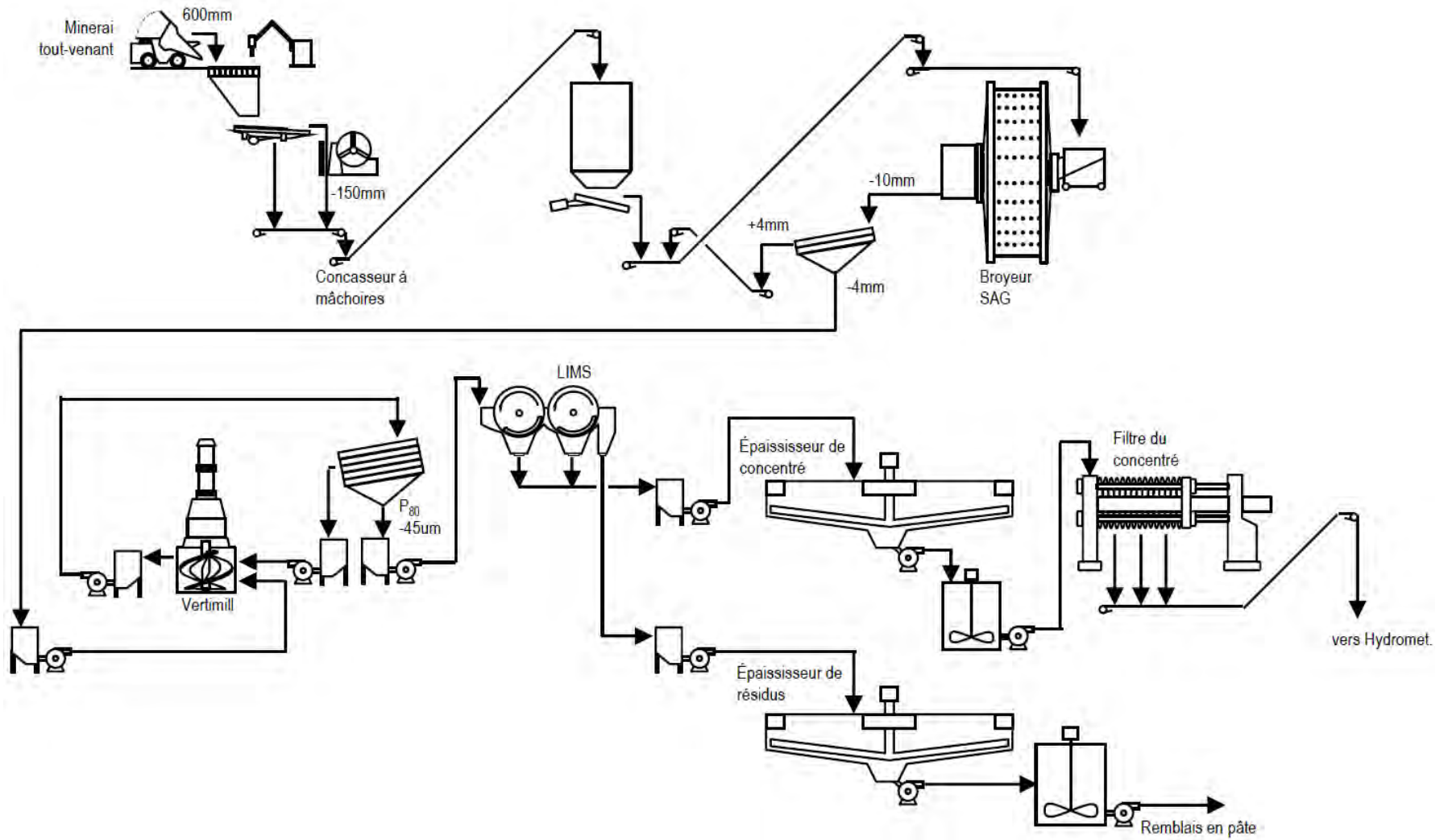
Le schéma de procédé simplifié résume les flux de procédé des circuits principaux de l'usine de traitement de minerai (Figure 17.2).

L'usine de traitement de minerai va comprendre les secteurs principaux suivants :

- Le zone de concassage et stockage du minerai avec un silo et des alimentateurs vibrant afin d'alimenter le concentrateur;
- Le concentrateur comprenant le broyage, la séparation magnétique et l'épaississement du concentré et les résidus;
- Le zone de filtration du concentré (et résidus) avec aire de chargement des camions;
- Le zone de remblais en pâte.

La description du procédé par zone se trouve dans les sections ci-dessous.

Figure 17.2 – Schéma de procédé simplifié



17.1.3.1 Concassage et Stockage

Les camions de mine déversent le minerai tout-venant dans une trémie d'alimentation. Des grilles statiques au-dessus de la trémie empêchent les particules surdimensionnées d'alimenter le concasseur à mâchoires. Un alimentateur crible vibrant alimente le concasseur à mâchoires qui concasse le minerai de 600 mm à 150 mm. Le minerai concassé est transporté via convoyeur au silo de minerai. Le silo de minerai a une capacité de 1 750 tonnes de matériel. Le minerai concassé est retiré du silo, et transféré sur le convoyeur d'alimentation du broyeur primaire par des alimentateurs vibrants.

17.1.3.2 Broyage primaire et secondaire

Le broyeur primaire semi-autogène (SAG) opère en circuit fermé avec un tamis vibrant à simple pont. Le matériel -4 mm passant le tamis tombe dans une boîte de pompe où il est pompé vers le circuit de broyage secondaire. Le matériel +4 mm retenu par le tamis est retourné vers l'alimentation du broyeur semi-autogène via trois (3) convoyeurs.

Le broyeur « vertimill » (broyage secondaire) opère en circuit fermé avec quatre (4) tamis vibrants ultrafins en parallèle. Le matériel -53µm passant les tamis tombe dans une boîte de pompe où il est pompé vers le circuit de séparation magnétique. Ce matériel a un P₈₀ de 45 µm (80 % passant 45µm). Le matériel +53 µm retenu par le tamis tombe dans une boîte de pompe où il est retourné vers l'alimentation du broyeur « vertimill ».

17.1.3.3 Séparation magnétique

Après que le matériel ait été broyé, il passe par deux (2) stages de séparation magnétique en série. La fraction non-magnétique des deux stages de séparation est pompée vers le circuit d'épaississement du concentré. La fraction magnétique du premier stage est envoyée vers le deuxième stage afin d'éviter l'entraînement de concentré dans les résidus. La fraction magnétique du deuxième stage est pompée vers le circuit d'épaississement des résidus.

Le concentré non-magnétique de la séparation magnétique va récupérer 95,5 % des terres rares en gardant seulement 45 % de la masse.

17.1.3.4 Circuit d'épaississement et filtration du concentré

Le concentré de la séparation magnétique est pompé vers l'épaississeur du concentré. La sousverse de l'épaississeur est pompée à 60 %w/w solides vers un réservoir tampon avant d'être pompée aux filtres-presses. La surverse de l'épaississeur est retournée au réservoir d'eau de procédé.

Le circuit de filtration du concentré comprend deux (2) filtres-presses à plaques verticales (1 en opération, 1 en stand-by) et produit des gâteaux à 91 %w/w solides. Les gâteaux de concentré sont déchargés par gravité dans des baies de stockage et sont chargés dans des camions par une chargeuse frontale.

17.1.3.5 Circuit d'épaississement des résidus et préparation de remblais en pâte

Le produit magnétique de la séparation magnétique est pompé vers l'épaississeur des résidus. La sousverse de l'épaississeur est pompée à 80 %w/w solides vers un réservoir de garde avant d'être pompée au circuit de préparation de remblais en pâte. La surverse est retournée au réservoir d'eau de procédé.

Le remblai en pâte est préparé en batch en mélangeant les résidus avec du ciment. Le remblai en pâte est pompé vers la mine avec une pompe à piston.

Dans les premiers mois d'opérations, les résidus sont filtrés avec un des deux filtres-presses de concentré. Les gâteaux de résidus sont déchargés par gravité dans une baie de stockage et sont chargés par chargeuse frontale dans un camion et transportés vers la pile temporaire des résidus.

17.1.3.6 Services d'eau et d'air du concentrateur

La demande totale en eau est basée sur la consommation d'eau nominale.

a. Eau fraîche

L'eau fraîche sera alimentée par un ruisseau ou un puits. L'eau sera pompée vers un réservoir d'eau fraîche et un réservoir d'eau d'incendie à un taux nominal de 216 m³/j. L'eau fraîche sera utilisée pour l'eau d'appoint de l'eau de procédé, pour l'eau de joint d'étanchéité des pompes, pour l'eau potable, et pour des utilités diverses. L'eau fraîche requise représente 216 m³/j.

b. Eau de procédé

L'eau de procédé est recyclée de la surverse des épaisseurs. Le système compte deux (2) pompes d'eau de procédé. L'eau fraîche d'appoint dans l'eau de procédé représente 31 m³/j.

c. Eau de joint d'étanchéité

Le système d'eau de joint d'étanchéité comprend deux (2) pompes d'eau de joint d'étanchéité qui sont branchées au réservoir d'eau fraîche. L'eau de joint d'étanchéité représente 158 m³/j.

d. Eau d'incendie

L'eau d'incendie provient du réservoir d'eau d'incendie et est distribuée par le système de protection incendie du concentrateur avec des pompes à incendie et un réseau de distribution d'eau incendie dédié.

e. Air comprimé

Il y a deux (2) compresseurs dans le concentrateur: un pour l'air d'usine et l'air d'instrument, et un dédié pour les filtres-presses.

17.2 Usine hydrométallurgique

L'usine d'hydrométallurgie comporte sept (7) secteurs qui ont pour but de séparer la gangue et les impuretés des terres rares. Le procédé hydrométallurgique débute avec la lixiviation au HCl suivi de la réduction des ions ferriques en ferreux vient ensuite la précipitation des terres rares en phosphates par la neutralisation de la liqueur mère suivie d'une deuxième étape lixiviation et de neutralisation. Les étapes suivantes sont la métathèse et une dernière étape de lixiviation avant l'extraction par solvant.

17.2.1 CRITÈRES DE CONCEPTION DE PROCÉDÉ

La conception de l'usine d'hydrométallurgie cible la production de 3 produits de terres rares avec le moins de perte de terres rares récupérable possible. Les débits de conception de l'usine sont basés sur une production de 10 000 tonnes par année d'oxydes de terres rares. La conception de l'usine est basée sur une récupération cumulative de 78,0 % de terres rares. Ces valeurs sont basées sur les résultats applicables des essais hydrométallurgiques réalisés à ce jour. Les critères de conception progresseront avec la disponibilité des nouvelles données de test.

L'usine sera en opération 24 heures par jour, sept (7) jours par semaine, 52 semaines par année. La disponibilité projetée est de 90 %.

Le débit d'alimentation de concentré non-magnétique sera de 476 tonnes sèches par jour ou un débit nominal de 22,0 tonnes sèches de minerai par heure. Le Tableau 17.3 résume la base de conception de l'usine de traitement.

Tableau 17.3 – Critères de conception de l'usine hydrométallurgique

Paramètres	Unités	Valeur
Taux de traitement du concentré	Tonnes sèches par année	174 150
Disponibilité de l'usine	Pourcentage	90,0
Taux nominal de production de l'usine	Tonnes sèches par heure	1,20
Récupération de terres rares de l'hydrométallurgie	Pourcentage	78,0

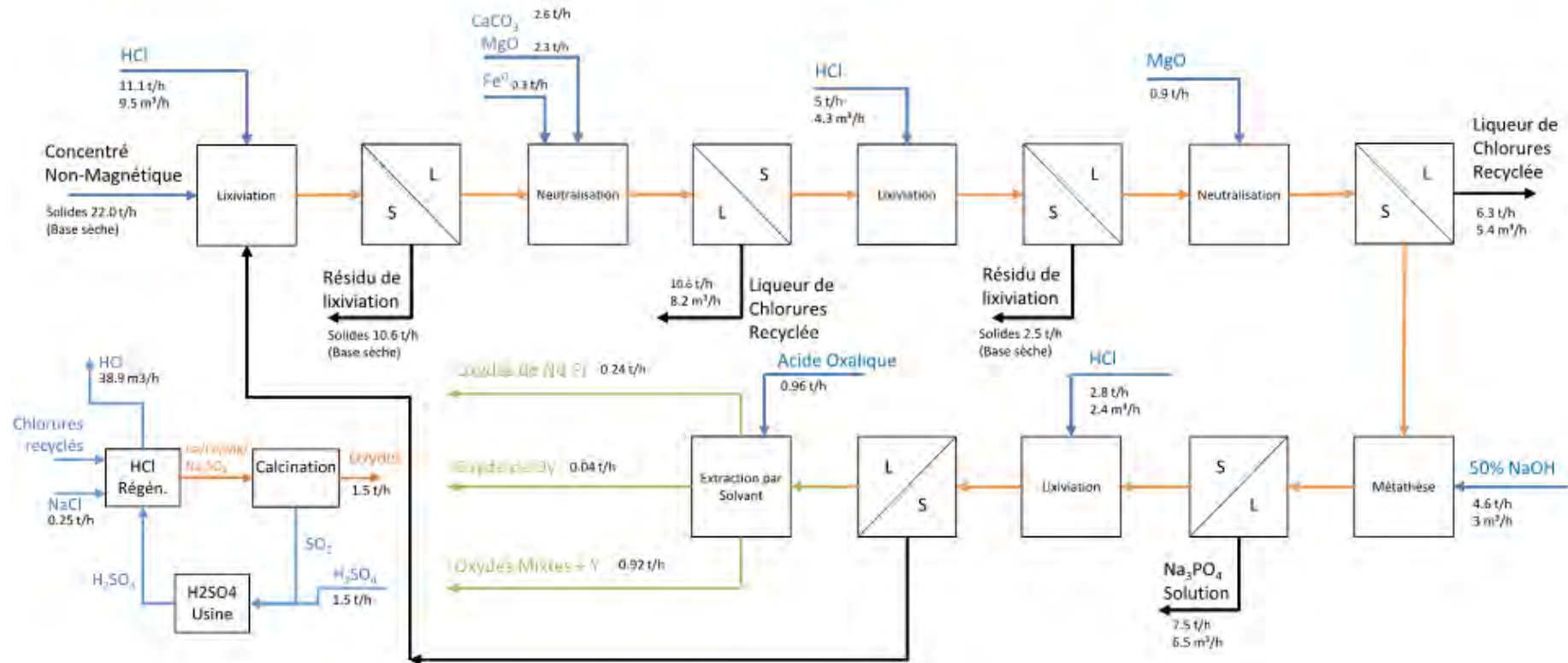
17.2.2 BILAN MASSIQUE ET HYDRIQUE

Le Tableau 17.4 montre un résumé des débits des réactifs en ratio du concentré alimenté à l'usine hydrométallurgique. Le bilan massique de l'usine d'hydrométallurgie est basé sur les critères de conception ci-dessous et est résumé dans la Figure 17.3.

Tableau 17.4 – Sommaire de réactifs de l'usine hydrométallurgique

Unité d'Opération	Consommation (kg/t de concentré)			
	HCl	CaCO ₃	MgO	50 % NaOH
Lixiviation	504	s.o.	s.o.	s.o.
Neutralisation	s.o.	322	20	s.o.
Re-lixiviation	42	s.o.	s.o.	s.o.
Re-neutralisation	s.o.	s.o.	267	s.o.
Métathèse	s.o.	s.o.	s.o.	30
Lixiviation Métathèse	33	s.o.	s.o.	s.o.
Extraction par solvant	s.o.	s.o.	s.o.	59
s.o. = sans objet				

Figure 17.3 – Résumé du bilan de l'usine hydrométallurgique



17.2.3 SCHÉMAS ET DESCRIPTION DE PROCÉDÉ

Le concept initial suivant l'étude préliminaire de l'usine hydrométallurgique comporte les unités d'opérations suivantes :

1. Lixiviation (HCl) ;
2. Réduction du Fer ;
3. Neutralisation Primaire ;
4. Re-Lixiviation des Phosphates ;
5. Neutralisation Finale ;
6. Métathèse ;
7. Lixiviation Finale ;
8. Récupération des chlorures ;
9. Extraction par Solvant ;
10. Usine d'Acide Sulfurique.

Les unités d'opération sélectionnées sont de nature conventionnelle et ont été utilisées dans une multitude de procédés existants et ont été présentées dans plusieurs travaux de littérature.

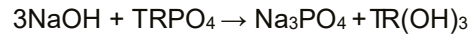
La lixiviation primaire a pour but de mettre en solution la très grande majorité des terres rares comprises dans le concentré non-magnétique afin de les séparer des impuretés dans les étapes subséquentes. Le concentré non-magnétique est alimenté à un taux de 22 t/h et combiné à 9.5 m³/h d'acide chlorhydrique 36 %. La lixiviation s'opère à 90°C pour une durée de 4 heures. La pulpe est ensuite filtrée. Le filtrat contenant les terres rares est ensuite acheminé vers l'étape de réduction du Fer alors que les résidus sont acheminés au parc à résidus.

Le filtrat est combiné à 0.3 t/h de Fer métallique. Ceci a pour but de convertir le chlorure ferrique (Fe³⁺) en chlorure ferreux (Fe²⁺) plus soluble à bas pH. La solution est ensuite neutralisée. Le CaCO₃ (2.6 t/h) est initialement utilisé afin de neutraliser la majeure partie de l'acide libre abaissant la concentration à 10 g/L. Le MgO (2.3 t/h) est ensuite utilisé afin de neutraliser la solution jusqu'à un pH 2.6. L'élévation du pH provoque la précipitation des terres rares sous forme de phosphate. La pulpe est filtrée et le filtrat est acheminé à l'étape de récupération des chlorures.

Des essais supplémentaires ont démontré qu'il est requis d'effectuer une étape de purification supplémentaire afin de rejeter le maximum du calcium des terres rares précipitées. Pour se faire une seconde lixiviation est effectuée en contactant le solide avec 4.3 m³/h de HCl 36 %. La pulpe est filtrée avant la neutralisation afin d'éliminer une portion des impuretés. Les non solubles filtrés sont combinés au résidu de lixiviation primaire au parc à résidus. Le filtrat est neutralisé jusqu'à pH 2.7 par l'ajout de 0.9 t/h de MgO ce qui provoque la précipitation des terres rares en phosphates tout en limitant la précipitation simultanée du calcium.

La pulpe est filtrée et le filtrat est acheminé à l'étape de récupération des chlorures. Le solide est acheminé à l'étape de métathèse où les phosphates de terres rares sont transformés en hydroxydes à une température de 160°C selon la réaction suivante par l'ajout de 3 m³/h d'une

solution de NaOH à 50 %. Le Na₃PO₄ formé étant soluble, demeure dans la solution alors que les hydroxydes de terres rares demeurent insolubles.



Une dernière étape de lixiviation avec 2.4 m³/h de HCl 36 % solubilise les hydroxydes de terres rares en chlorures. Suite à cette étape, la solution de chlorures de terres rares est suffisamment pure pour être acheminée à l'étape d'extraction et de séparation par solvant.

Les terres rares sont extraites de façon conventionnelle à l'aide d'une solution organique de PC88 ((2-ethylhexyl) acide phosphonique, mono(2-ethylhexyl) ester) dans un solvant désaromatisé (EXXsol D80). Les terres rares sont ensuite séparées en trois produits suivants les coupures Nd-Pr, Dy, et le mix des terres rares restantes et de l'yttrium. Les chlorures sont ensuite précipités par l'ajout d'acide oxalique (0.96 t/h total). Les trois (3) produits sont subséquemment calcinés afin d'obtenir les produits finaux d'oxydes de terres rares.

Les solutions de chlorures sont combinées et acheminées vers l'usine de régénération d'acide chlorhydrique. Ces derniers sont transformés en sulfates à l'aide d'acide sulfurique 96 % tout en régénérant le HCl (39.8 m³/h) qui sera recyclé aux différents utilisateurs.

Les sulfates seront calcinés en générant des oxydes (25.8 t/h) et en générant le gaz soufré qui alimentera l'usine de production d'acide sulfurique qui fournira le H₂SO₄ utilisé pour la régénération du HCl.

Les pertes en chlorures seront compensées par l'ajout de NaCl (0.25 t/h) à l'usine de régénération de HCl.

Les pertes de sulfate générées par la non-conversion du gypse en oxyde seront compensées par l'ajout d'acide sulfurique (1.5 t/h).

17.2.3.1 Services d'usine hydrométallurgique

a. Eau de procédé

L'eau de procédé est recyclée de la surverse des épaisseurs et le filtrat des filtres. L'eau douce d'appoint représente 40 m³/d.

b. Eau de joint d'étanchéité

Le système d'eau de joint d'étanchéité comprend deux (2) pompes d'eau de joint d'étanchéité qui sont branchées au réservoir d'eau douce. L'eau de joint d'étanchéité représente 158 m³/d.

c. Eau d'incendie

L'eau d'incendie provient du réservoir d'eau d'incendie et est distribuée par le système de protection incendie du concentrateur avec des pompes à incendie et un réseau de distribution d'eau incendie dédié.

d. Air comprimé

Il y a deux (2) compresseurs dans le secteur de l'hydrométallurgie: un pour l'air d'usine et l'air d'instrument, et un dédié pour les filtres-presses.

18 INFRASTRUCTURES DU PROJET

Cette section décrit les infrastructures, les bâtiments et les autres installations telles que les routes d'accès et la ligne électrique, qui sont nécessaires pour le traitement des terres rares.

Toutes les informations topographiques pour localiser les infrastructures sont basées sur les données topographiques de Ressources Naturelles Canada.

Aucune étude géotechnique n'a été effectuée pour l'infrastructure de surface, y compris le concentrateur et les rejets miniers. Des études géotechniques devront être réalisées lors de la prochaine phase afin de confirmer les critères de conception civile liés aux fondations des broyeurs, de l'usine de traitement et des autres infrastructures telles que les bureaux administratifs et la centrale d'énergie.

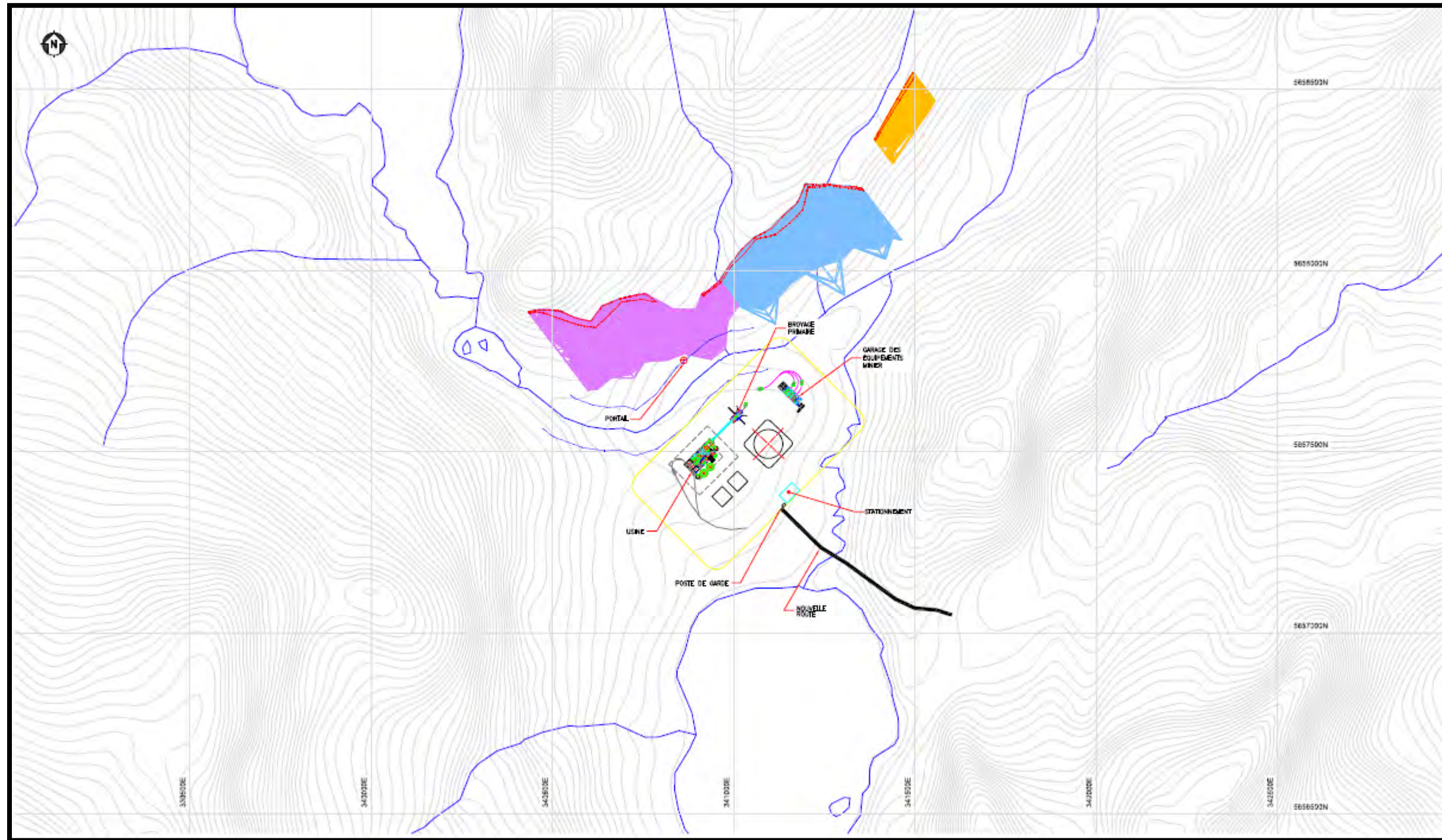
Les sections suivantes décrivent les deux (2) zones couvertes par cette étude - la zone de la mine et la zone hydrométallurgie. La principale route d'accès est incluse dans la zone de la mine.

18.1 Infrastructure du projet – Zone de la mine

L'infrastructure du projet comprend la centrale électrique, la route d'accès principale et les voies d'accès au chantier, les travaux généraux du site, la distribution électrique et la communication, la protection incendie, l'eau fraîche, l'eau potable et le traitement des eaux usées, les bâtiments auxiliaires, l'entreposage de carburant ainsi que les installations de gestion des résidus et de l'eau.

Le plan d'arrangement général et d'accès au site est présenté à la Figure 18.1.

Figure 18.1 – Arrangement général du site



18.1.1 LA ROUTE D'ACCÈS PRINCIPALE ET LES VOIES D'ACCÈS AU CHANTIER

La conception de la route d'accès principale est de classe 2 selon la classification du Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (**MERN**). Une étude de comparaison préliminaire a été réalisée afin d'identifier deux (2) options possibles pour cette route d'accès.

Une option envisageait la construction d'une route entre le chemin de fer QSN&L et le site, soit une distance d'environ 50 km. L'autre option envisageait la construction d'une route entre le site de l'usine et la route 138, sur une distance d'environ 137 km. Bien que la comparaison des coûts ait favorisé la route la plus courte, la route la plus longue offrait une plus grande flexibilité pour le déplacement des matériaux et du personnel. L'option de train offrait seulement un jour par semaine pour le déplacement des matériaux et du personnel.

La route d'accès principale retenue commence à la route 138 existante et suit généralement une direction nord vers le site du projet. La route d'accès sera conçue avec une pente maximale de huit (8) % et évitera les ruisseaux et les rivières.

Deux (2) postes de garde principales ont été prévues pour sécuriser les lieux. Une première sera placée à l'entrée de la principale route d'accès connectée à route 138 et l'autre sera située avant l'entrée du site. L'aire de stationnement pour les travailleurs et les visiteurs sera située à l'extérieur de l'entrée du site avec accès par un poste de garde.

18.1.1.1 Voies de service

Les voies de service relient la barrière principale aux zones de traitement, à la pile de stockage de matières premières, à la zone du concasseur et aux zones de résidus miniers. Les routes desservant l'usine d'explosifs, l'entrepôt de la mine et le garage seront fournis par l'entrepreneur minier.

Toutes les voies de service seront de huit (8) mètres de large, sauf indication contraire.

18.1.2 ALIMENTATION ÉLECTRIQUE PRINCIPALE

En l'absence d'un réseau électrique à proximité, une centrale électrique composée de trois (3) génératrices de 1 800 kW plus une (1) génératrice standby fournira la puissance nécessaire pour les opérations de l'usine et de la mine.

18.1.3 BÂTIMENTS DU SITE

18.1.3.1 Bâtiment du concasseur

Le bâtiment du concasseur est isolé et conventionnel. Il contient le brise-roche, la trémie, l'alimentation, le concasseur à mâchoires, les convoyeurs, l'appareil de dépoussiérage, etc.

Les dimensions du bâtiment du concasseur sont de 12 m de large par 24 m de long et 17 m de haut. Le brise-roche et la trémie sont situés dans un abri.

18.1.3.2 *Silo de minerai concassé*

Le minerai concassé provenant du bâtiment du concasseur sera transporté par un convoyeur jusqu'au silo de 10 m en diamètre et de 13 m de haut. Le silo reposera sur une fondation en béton et alimentera deux (2) convoyeurs qui amèneront le minerai concassé jusqu'au bâtiment du concentrateur.

18.1.3.3 *Bâtiment du concentrateur*

Le bâtiment du concentrateur est isolé et conventionnel. Ce bâtiment mesure 80 mètres de long par 37 mètres de large et 24 mètres de haut. Une zone d'entreposage à l'intérieur du bâtiment est prévue avec un chargeur frontal pour le chargement de produits dans les camions pour la livraison à l'usine d'hydrométallurgie.

Le bâtiment du concentrateur comprend des salles électriques, une salle de compresseurs, un entrepôt ainsi que des ateliers d'entretien mécanique et électrique.

Le vestiaire des employés, la cafétéria et les bureaux seront situés aux deuxième et troisième étage du bâtiment, au-dessus de la salle de compresseur.

Les cinq (5) génératrices diesel seront installées à proximité du bâtiment du concentrateur.

18.1.3.4 *Bâtiment d'entretien de l'équipement minier*

Un garage sera excavé au niveau 380 pour l'entretien et la réparation des véhicules. Il est prévu que l'ensemble des travaux au niveau de l'entretien se réalise sous terre.

Adjacent au garage, un entrepôt sera excavé pour contenir un minimum de pièces de rechange. Un entrepôt principal sera construit en surface et le matériel sera acheminé sous terre en fonction des besoins.

18.1.3.5 *Entrepôt*

Une installation d'entreposage est requise pour l'entreposage des pièces et des stocks nécessaires à l'opération de l'usine et de la mine. Les pièces sensibles seront entreposées dans les zones prévues dans l'installation d'entretien de la mine et du concentrateur.

18.1.4 **CAMP PERMANENT**

En raison de l'isolement du projet, soit une distance de deux (2) heures de Sept-Îles, un camp comprenant des logements pour 200 travailleurs sera fourni lors de la phase construction. Le programme de construction opérera avec des rotations selon un principe de 21 jours de travail / 7 jours de congé. Les installations de cuisine, chambres simples avec une salle de bain, salle de

loisirs, salles de conférence et entrée principale sont fournies. L'eau, l'électricité et les systèmes sanitaires sont fournis et sont décrits ci-dessous.

18.1.5 GESTION DES EAUX

Des puits artésiens seront aménagés près du concentrateur pour fournir l'eau fraîche, l'eau d'incendie et l'eau potable.

Un fossé de drainage sera prévu pour évacuer l'eau de la surface du site vers le bassin de collecte. La qualité de l'eau sera analysée avant d'être acheminée vers l'usine de traitement.

18.1.6 SERVICES DU SITE

18.1.6.1 *Traitement de l'eau potable*

Pour fournir de l'eau potable aux employés, il est prévu d'utiliser un système de traitement de l'eau par membrane d'ultrafiltration.

18.1.6.2 *Traitement des eaux usées sanitaires*

Un système de traitement des eaux usées sanitaires est prévu pour le concentrateur, les bureaux et le camp permanent conçu pour environ 200 personnes. Aucun autre système de traitement des eaux usées sanitaires n'est prévu pour le site.

Une unité de traitement sanitaire des eaux usées de type modulaire utilisant un procédé de type "Rotating Biological Contactor" ("RBC") est prévue. Les eaux usées sanitaires et de douche sont collectées par des tuyauteries souterraines et acheminées dans les unités de traitement des eaux usées modulaires. Les boues devront être enlevées environ deux (2) fois par année par un entrepreneur local.

À l'usine de résidus, des toilettes portatives seront installées près du dôme central.

18.1.6.3 *Station d'entreposage et de ravitaillement en carburant*

Les réservoirs de carburant pour les générateurs seront situés près des générateurs. Les réservoirs de carburant seront horizontaux à double paroi. Ces réservoirs n'ont pas besoin de bermes spéciales pour contenir les fuites. La zone d'entreposage de carburant sera protégée par des clôtures. Il est prévu que les réservoirs de carburant soient dimensionnés pour les livraisons de mazout une fois par semaine.

18.1.6.4 *Protection incendie*

Une boucle de protection incendie est prévue autour de la zone des installations de traitement afin de distribuer l'eau de protection contre les incendies aux différents bâtiments situés dans la cette zone du site. Les installations de traitement seront équipées de systèmes de gicleurs. Une (1) pompe à diesel et une (1) pompe jockey sont incluses.

18.1.7 ÉLECTRICITÉ ET COMMUNICATIONS

La puissance totale requise pour alimenter l'usine de traitement, la mine et les autres infrastructures telles que bureaux, atelier mécanique, laboratoire, salles électriques, entrepôt, guérite ainsi que les pertes dans les transformateurs et les artères sera fourni par la centrale électrique. La demande de puissance a été estimée à partir de la liste des équipements mécaniques du projet. Elle est évaluée à 5.0 MW. Le chauffage du concentrateur et des installations se fera principalement par récupération d'énergie des génératrices.

Le site minier aura besoin d'énergie électrique pour alimenter les ventilateurs et fournir les systèmes électriques souterrains. Tous les équipements miniers (jumbo, foreuses, pompes) fonctionneront au diesel. L'air de ventilation de la mine sera chauffé au propane.

18.1.8 AUTOMATISATION

Les installations de production seront contrôlées et supervisées de la salle de contrôle centrale situé dans le concentrateur. Elle sera équipée d'un système de « Supervisory Control And Data Acquisition » (« **SCADA** »).

Le système de contrôle est basé sur l'utilisation de « Programmable Logic Controller » (« **PLC** ») pour tous les équipements importants de l'usine. Un réseau en anneau est proposé pour réduire le risque d'indisponibilité et en réduire la durée.

Le système de contrôle proposé est construit avec un équipement d'automatisation industriel standard et il est facilement extensible.

Un réseau Ethernet sera installé dans le concentrateur. Le système de communication proposé comprend un (1) câble à fibres optiques (24 fibres) avec des panneaux de connexions pour la station PLC et la station de l'opérateur. Le réseau de communication PLC et les stations de l'opérateur vont utiliser différentes fibres d'un même câble.

Les télécommunications pour le projet comprennent toutes les communications de surface incluant les voies de télécommunication, les espaces et les câbles structurés, le réseau IP, les communications mobiles, les communications Wi-Fi, les communications vocales fixes, la sécurité, le contrôle d'accès, la surveillance par vidéo et le réseau du système.

18.1.9 GESTION DES RÉSIDUS

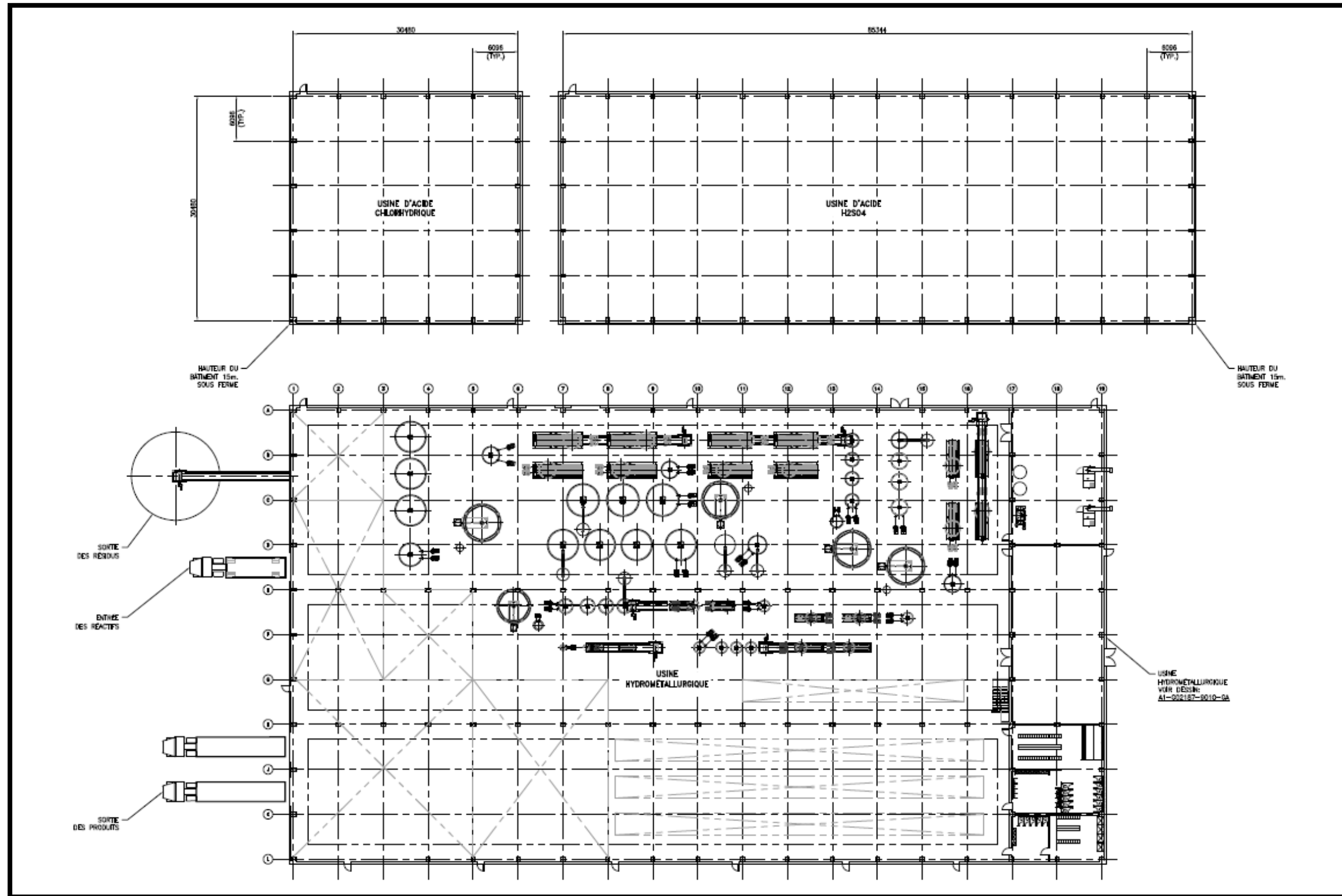
Les résidus de la première année de production seront entreposés dans une zone près du concentrateur. Le stock de résidus filtrés comprendra des résidus miniers non générateurs d'acide et sera redirigé vers l'usine de remblai de la mine pour être utilisé dans la mine souterraine. Tous les résidus produits après la première année de production seront dirigés vers les zones souterraines exploitées.

18.2 Infrastructure du projet – Zone de l'usine hydrométallurgique

L'infrastructure requise pour l'usine hydrométallurgique comprend la route d'accès principale et les voies d'accès au chantier, les travaux généraux du site, la distribution électrique et la communication, la protection incendie, l'eau fraîche, l'eau potable et le traitement des eaux usées, les bâtiments auxiliaires, l'entreposage de carburant ainsi que les installations de gestion des résidus et de l'eau du site.

Le plan d'arrangement général pour l'usine hydrométallurgique est présenté à la Figure 18.2.

Figure 18.2 – Arrangement général du site



18.2.1 LA ROUTE D'ACCÈS PRINCIPALE ET LES VOIES D'ACCÈS AU CHANTIER

La route d'accès principale existe dans la zone de Pointe Noire et sera prolongée vers l'usine hydrométallurgique proposée. Le poste de garde sera positionné devant l'entrée du site. L'aire de stationnement pour les travailleurs et les visiteurs sera située à l'extérieur de l'entrée du site avec accès par le poste de garde.

Les routes de service donnent accès à la porte principale et aux diverses installations. Les routes de service auront huit (8) m de large, à moins d'indication contraire.

18.2.2 ALIMENTATION ÉLECTRIQUE PRINCIPALE

La puissance requise pour les installations de l'usine hydrométallurgique sera fournie par le réseau existant d'Hydro-Québec jusqu'à une sous-station située près de l'usine.

18.2.3 BÂTIMENTS DU SITE

18.2.3.1 Réception de concentré et entreposage

Un dôme préfabriqué sera fourni sur une trémie pour le déchargement par camion de produit concentré. Le concentré sera transporté par convoyeur à des réserves intermédiaires avant aller à l'usine hydrométallurgique.

Les dimensions de l'installation de déchargement par camion seront de 13 mètres par 20 mètres et 17 mètres de haut.

18.2.3.2 Bâtiment de l'usine

Le bâtiment de l'usine sera isolé de type conventionnel. Ce bâtiment mesure 110 mètres par 61 mètres et 22 mètres de haut. Une zone d'entreposage à l'intérieur du bâtiment est prévue. Le bâtiment comprend des salles électriques, des salles de compresseurs, un entrepôt ainsi que des ateliers d'entretien mécanique et électrique.

Le vestiaire des employés, la cafétéria et les bureaux seront situés au deuxième étage du bâtiment, au-dessus de la salle de compresseur et électrique.

18.2.3.3 Usine de régénération d'acide chlorhydrique

L'usine de régénération d'acide chlorhydrique « HCl » est un système modulaire conçu et fourni par un fournisseur de HCl. L'usine sera située à côté de l'usine d'acide sulfurique et de l'usine hydrométallurgique. Normalement, l'installation de HCl n'est pas couverte par une structure. Généralement, ce type d'installation est ouvert aux intempéries.

18.2.3.4 *L'usine d'acide sulfurique*

L'usine d'acide sulfurique est un système modulaire conçu et fourni par un fournisseur d'acide sulfurique. L'usine sera située à côté de l'usine de régénération de HCl et de l'usine hydrométallurgique. Généralement, ce type d'installation est ouvert aux intempéries.

18.2.4 GESTION DES EAUX

Tous les besoins concernant l'eau pour cette zone seront fournis par le réseau d'eau potable existant à Pointe-Noire. Tous les systèmes d'eau pour le site de l'usine sont inclus.

Les installations de gestion des résidus, le bassin de polissage qui recueille l'eau de ruissellement et le drainage de l'emplacement seront conçus pour se conformer à la Directive 019 sur la qualité de l'eau. Avant de libérer l'eau vers le fleuve St-Laurent, la qualité de l'eau sera analysée. Dans le cas où un traitement supplémentaire de l'eau serait requis, des dispositions seront prises pour traiter l'eau adéquatement.

18.2.5 SERVICES DU SITE

18.2.5.1 *Traitement de l'eau potable*

L'eau potable sera fournie par le réseau de Pointe-Noire. Tous les services d'eau potable sur le site sont inclus dans les coûts d'investissement.

18.2.5.2 *Traitement des eaux usées sanitaires*

Les systèmes de traitement des eaux usées sanitaires seront connectés au réseau existant de Pointe-Noire. Tout le réseau d'eaux usées sanitaires du site est inclus dans le Capex.

18.2.5.3 *Station d'entreposage et de ravitaillement en carburant*

Les réservoirs de carburant pour l'équipement mobile seront situés dans le site de l'usine. Les réservoirs de carburant seront horizontaux à double paroi. Ces réservoirs n'ont pas besoin de bermes spéciales pour contenir les fuites. La zone d'entreposage de carburant sera clôturée. Il est prévu que les réservoirs de carburant seront dimensionnés pour les livraisons de mazout une fois par semaine.

18.2.5.4 *Protection incendie*

Une boucle de protection incendie est prévue autour de la zone des installations de traitement afin de distribuer l'eau de protection contre les incendies aux différents bâtiments situés dans la zone du site. Les diverses normes seront respectées pour la mise en place des systèmes de protection d'incendie. Une (1) pompe électrique, une (1) pompe diesel et une (1) pompe jockey sont incluses.

18.2.6 ÉLECTRICITÉ ET COMMUNICATIONS

La puissance totale requise pour alimenter l'usine hydrométallurgique et les autres infrastructures telles que bureaux, atelier mécanique, laboratoire, salles électriques, entrepôt, poste de garde, chauffage de l'usine ainsi que les pertes dans les transformateurs et les artères sera fournie par le réseau existant d'Hydro-Québec. La demande de puissance a été estimée à partir de la liste d'équipement mécanique préparée pour le projet. Elle est évaluée à 63 MW.

18.2.7 AUTOMATISATION

Le projet comprend des installations de production comme l'usine hydrométallurgique, l'usine de régénération de HCl, et l'usine d'acide sulfurique.

Les installations de production sont contrôlées et supervisées de la salle de contrôle centrale située dans l'usine hydrométallurgique. Elle sera équipée d'un système « Supervisory Control And Data Acquisition » (« **SCADA** »).

Le système de contrôle est basé sur l'utilisation de Programmable Logic Controller (« **PLC** ») pour tous les équipements importants de l'usine. Un réseau en anneau est proposé pour réduire le risque d'indisponibilité et d'en réduire la durée.

Le système de contrôle proposé est construit avec des équipements d'automatisation industriels standards et il est facilement extensible.

Un réseau Ethernet sera installé dans l'usine hydrométallurgique. Le système de communication proposé comprend un (1) câble à fibres optiques (24 fibres) avec des panneaux de connections pour la station PLC et la station de l'opérateur. Le réseau de communication PLC et les stations de l'opérateur vont utiliser différentes fibres d'un même câble.

Les télécommunications pour le projet comprennent toutes les communications de surface incluant les voies de télécommunication, les espaces et les câbles structurés, le réseau IP, les communications mobiles, les communications Wi-Fi, les communications vocales fixes, la sécurité, le contrôle d'accès, la surveillance par vidéo et le réseau du système. On présume que le réseau sans fil est disponible et convenable pour la communication cellulaire.

18.2.8 GESTION DES RÉSIDUS

Les résidus générés dans l'usine seront non générateurs de drainage minier acide. Le tonnage des résidus annuel sera approximativement 200 000 tonnes ou 136 000 m³ de matériaux. Une zone de 350 m par 350 m et de 15 m de haut est requise pour contenir tous les résidus de traitement produit au cours du cycle de vie de l'usine. La zone des résidus sera protégée par une membrane, des matériaux de digue imperméables et un fossé de collecte entourant les digues. L'eau de ruissellement sera traitée comme il se doit avant d'être rejetée dans l'environnement.

19 ÉTUDES DE MARCHÉ ET CONTRATS

19.1 Introduction aux éléments de terres rares

19.1.1 ÉLÉMENTS DE TERRES RARES : PETIT MARCHÉ, GRAND BESOIN

Comparativement à des éléments en abondance similaire dans la nature, comme le cuivre, le plomb et l'étain, la production mondiale annuelle d'éléments de terres rares est particulièrement faible. Néanmoins, les éléments de terres rares sont aujourd'hui essentiels pour les technologies au cœur des initiatives en matière d'énergie propre sur la planète et sont devenus des éléments critiques aux gadgets et aux appareils électroniques omniprésents dans notre société moderne. Les éléments de terres rares sont utilisés en petite quantité, mais sont présents dans des centaines de technologies, de matériaux et de procédés des plus diversifiés à l'échelle mondiale, dans des applications commerciales, industrielles, sociales, médicales et environnementales.

Les éléments de terres rares sont des éléments essentiels des ampoules à faible consommation énergétique, sont au cœur des génératrices d'éoliennes à entretien minime et jouent un rôle « moteur » dans les plus récents véhicules hybrides, hybrides rechargeables et électriques produits à ce jour. En tant que constituants indispensables aux trois technologies mentionnées ci-dessus, les éléments de terres rares sont devenus un pilier des macro-initiatives gouvernementales mondiales visant à améliorer l'efficacité énergétique, à augmenter la capacité de générer des énergies renouvelables et à réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Les éléments de terres rares favorisent une production plus efficace d'hydrocarbures à partir de pétrole brut et sont utilisés dans le craquage catalytique pour piéger les métaux et gaz toxiques qui seraient autrement rejetés dans l'environnement. Les éléments de terres rares sont utilisés dans les pots catalytiques des véhicules à essence pour convertir les polluants nocifs des gaz d'échappement en des substances moins dommageables ainsi que dans les catalyseurs ajoutés au carburant pour gérer l'accumulation des particules contenues dans les émissions des pots catalytiques pour les véhicules diesel.

Les éléments de terres rares sont présents dans les batteries rechargeables d'à peu près tout, du vélo électrique à la brosse à dents, et sont utilisés pour fabriquer des aimants puissants pour des centaines d'applications, notamment les lecteurs de disque dur, les haut-parleurs, les téléphones cellulaires, les moteurs vibrants et les robots industriels. Ils sont aussi utilisés dans la fabrication des lentilles de caméra, des contenants en verre, des diluants à peinture, des produits de traitement de l'eau, des fertilisants et des revêtements d'isolation thermique pour les moteurs et les turbines d'avion à réaction. Les éléments de terres rares sont employés dans des applications en médecine et en défense ainsi que dans des alliages, des appareils électroniques et des écrans de visualisation pour des applications aérospatiales. En seulement quelques décennies, les éléments de terres rares ont rapidement envahi la structure des nouvelles technologies et de l'industrie moderne et ont démontré qu'il est extrêmement difficile de les reproduire ou de les remplacer.

19.1.2 RAREMENT ENRICHIS DANS LA NATURE

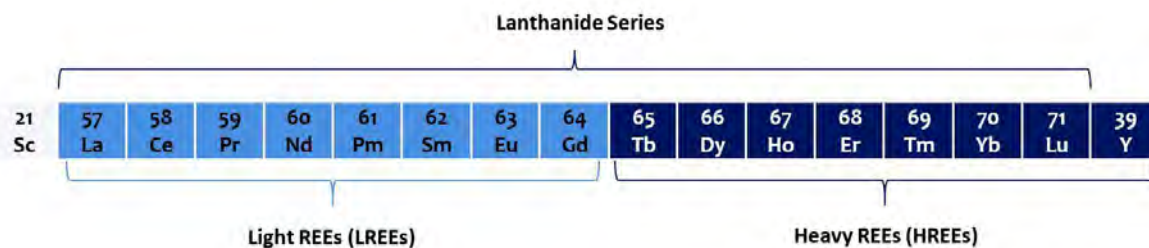
Malgré leur nom trompeur, les éléments de terres rares ne sont pas très rares dans la nature, mais sont plutôt peu concentrés en quantités économiquement significatives pour l'extraction, en raison de certaines caractéristiques physiques et chimiques qui favorisent leur vaste dissipation dans la plupart des types de roches. En fait, le lanthane, le cérium, le néodyme, l'yttrium et le scandium sont plus abondants que le plomb dans l'écorce terrestre, alors que le praséodyme, le dysprosium, le samarium, le gadolinium, l'erbium et l'ytterbium sont plus abondants que l'étain. Malgré cela, Adamas estime que la production mondiale des 15 éléments de terres rares combinés (sous forme d'oxydes) en 2017 n'est que de 138 891 tonnes, comparativement à 19,7 millions de tonnes de cuivre, 4,7 millions de tonnes de plomb et 290 000 tonnes d'étain, selon la U.S. Geological Survey.

19.2 Classification et terminologie

19.2.1 DIVISÉS ARBITRAIREMENT EN TERRES RARES « LÉGÈRES » ET « LOURDES »

Dans le tableau périodique des éléments de Mendeleïev, les éléments de terres rares comprennent la famille des lanthanides, plus l'yttrium et le scandium (Figure 19.1). L'yttrium est classé comme un élément de terres rares en raison de ses similitudes avec les lanthanides, notamment son rayon ionique et ses propriétés chimiques, alors que le scandium est classé comme un élément de terres rares en raison de sa tendance à se concentrer dans plusieurs des mêmes minéraux. Aux fins de ce rapport, l'offre, la demande et les prix du prométhium (famille des lanthanides) et du scandium (élément proche des lanthanides) n'ont pas été traités.

Figure 19.1 – Les éléments de terres rares comprennent la famille des lanthanides, plus le scandium et l'yttrium ⁴

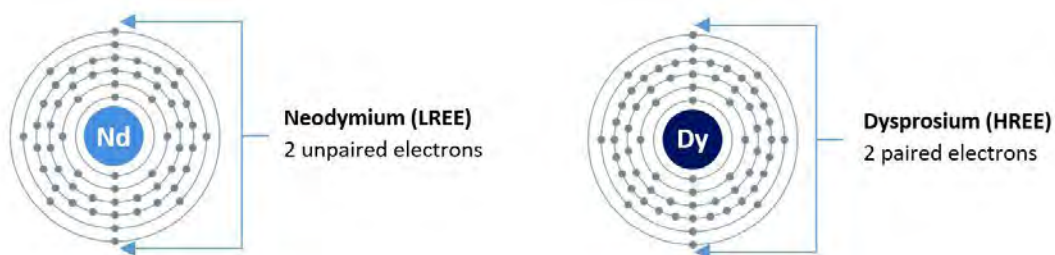


Les éléments de terres rares sont arbitrairement classés soit en éléments de terres rares « légères » (ETR légères) ou en oxydes de terres rares « légères » (OTR légères), soit en éléments de terres rares « lourdes » (ETR lourdes) ou en oxydes de terres rares « lourdes » (OTR lourdes) selon leur arrangement électronique. Plus simplement, les ETR légères ont un nombre croissant d'électrons non appariés à leur sous-couche 4f, à partir du lanthane qui n'a aucun électron non apparié jusqu'au gadolinium qui a sept électrons non appariés. D'autre part, les ETR lourdes ont des électrons appariés – un électron tournant dans le sens horaire et un autre dans

⁴ Source : Rapport d'Adamas Intelligence intitulé « Rare Earth Market Study for Kwyjibo Preliminary Economic Assessment », février 2018, 7.

le sens antihoraire (Figure 19.2). Les propriétés physiques et la réactivité chimique de l'yttrium ressemblant à celles des ETR lourdes, il est donc classé comme tel par l'industrie et le milieu universitaire.

Figure 19.2 – À leur sous-couche 4f, les ETR légères ont des électrons non appariés alors que les ETR lourdes ont uniquement des électrons appariés ⁵



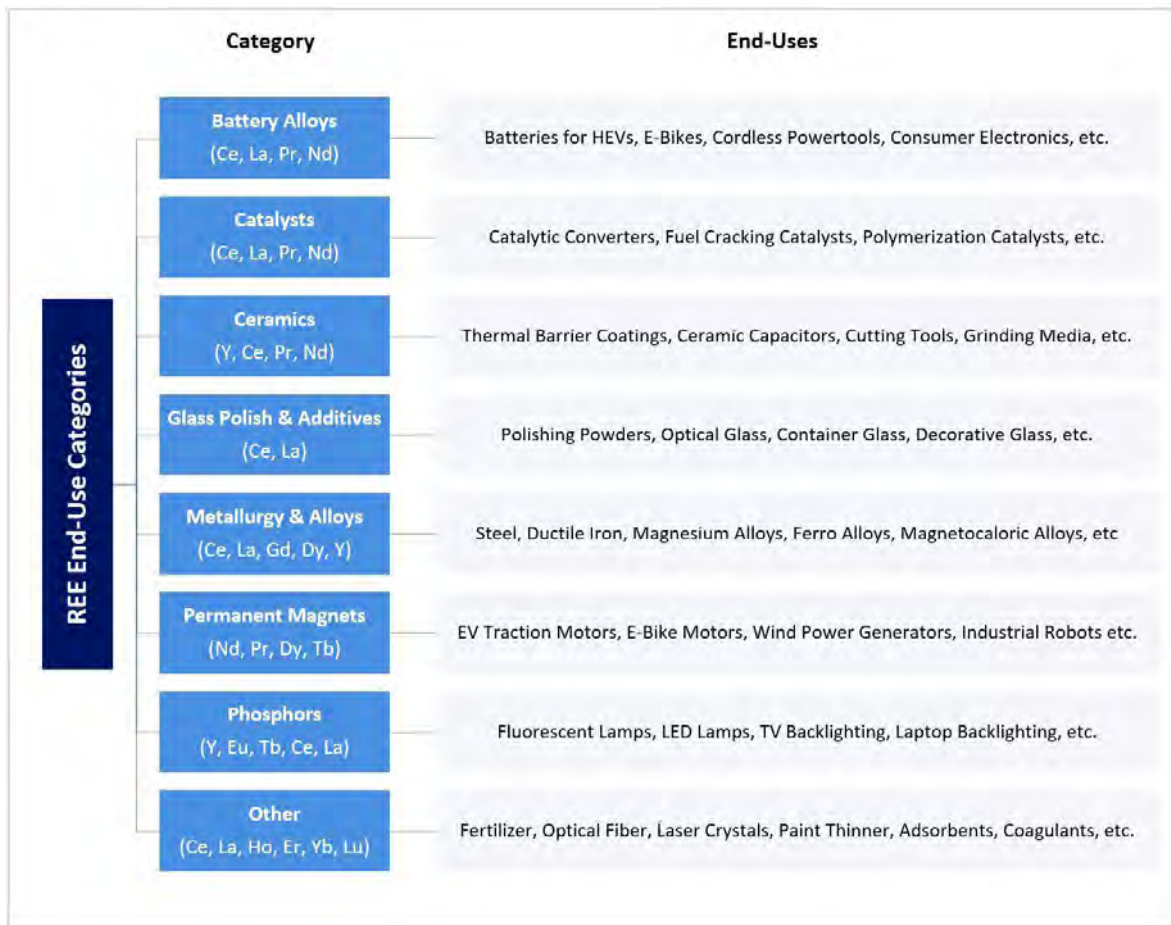
19.3 Utilisations finales et applications des terres rares

Les éléments de terres rares sont utilisés dans des centaines d'utilisations finales et d'applications à caractère unique qui peuvent être regroupées en huit catégories distinctes d'utilisations finales : 1) alliages pour batterie; 2) catalyseurs; 3) céramiques, pigments et glaçures; 4) poudres de polissage et additifs pour le verre; 5) métallurgie et alliages; 6) aimants permanents; 7) luminophores; 8) « autres » utilisations finales et applications.

La Figure 19.3 ci-dessous donne un aperçu des utilisations finales et des applications importantes pour chaque catégorie et indique quels éléments de terres rares sont les plus utilisés dans chacune d'elles.

⁵ Ibid, 7

Figure 19.3 – Huit principales catégories d'utilisations finales des terres rares, avec exemples des utilisations finales importantes pour chaque catégorie ⁶



19.4 Consommation mondiale antérieure en OTRT par catégories d'utilisations finales

Comme détaillé dans l'étude de marché approfondie de 825 pages nommée « *Rare Earth Market Outlook to 2025* », la firme de recherche indépendante, Adamas Intelligence, estime que de 2010 à 2017 la consommation mondiale d'OTRT pour la production d'aimants permanents a augmenté à un TCAC de 4,3 %, passant de 24 580 tonnes à 33 036 tonnes, en raison de la forte croissance de la demande pour les aimants permanents au néodyme (aimants NdFeB) qui sont utilisés dans les moteurs de traction des véhicules électriques, les génératrices d'éoliennes, les robots industriels et une vaste gamme d'appareils électroniques grand public. Durant la même période, Adamas Intelligence estime que la consommation mondiale d'OTRT pour les catalyseurs a augmenté à un TCAC de 2,3 %, passant de 35 855 tonnes à 42 018 tonnes, compte tenu de la forte croissance de la demande d'oxyde de lanthane pour la production de catalyseurs destinés

⁶ Ibid, 8

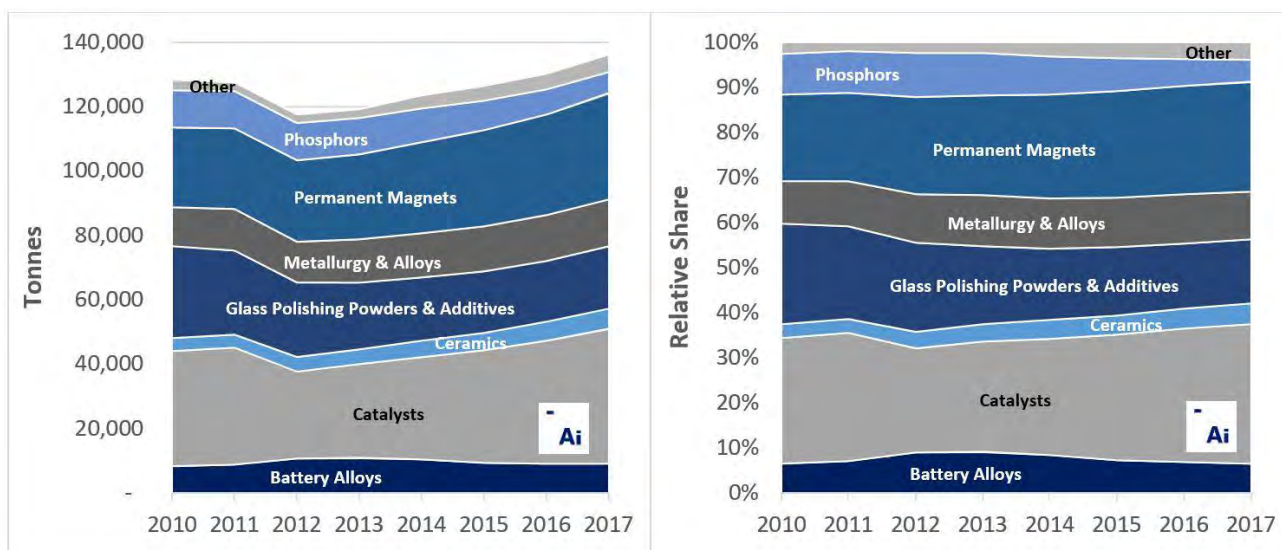
au craquage catalytique et des revêtements enrichis en cérium utilisés dans les pots catalytiques (Figure 19.4).

De même, de 2010 à 2017, Adamas Intelligence estime que la consommation mondiale d'OTRT pour la métallurgie et les alliages a augmenté à un TCAC de 2,7 %, passant de 12 121 tonnes à 14 581 tonnes, alors que la consommation mondiale d'OTRT pour la production d'alliages à l'usage de batteries au nickel-métal-hydrure a augmenté à un TCAC de seulement 1,1 %, passant de 8 269 tonnes à 8 912 tonnes (Figure 19.4).

De 2010 à 2017, Adamas Intelligence estime que la consommation mondiale d'OTRT utilisée dans les poudres de polissage et les additifs pour le verre a diminué globalement à un TCAC de -5,5 %, passant de 28 709 tonnes à 19 390 tonnes, du fait de la montée du prix des terres rares à la moitié de 2011, ce qui a incité certains utilisateurs de poudre de polissage à adopter de solutions de remplacement. De même, de 2010 à 2017, Adamas Intelligence estime que la consommation mondiale d'OTRT dans les luminophores a diminué globalement à un TCAC de -7,7 %, passant de 11 674 tonnes à 6 649 tonnes, à mesure que les consommateurs adoptaient de plus en plus les ampoules DEL plutôt que les ampoules fluorescentes.

Finalement, de 2010 à 2017, Adamas estime que la consommation mondiale d'OTRT pour la production d'une variété de céramiques, de pigments et de glaçures a augmenté à un TCAC de 7,1 %, passant de 3 875 tonnes à 6 262 tonnes, et que la consommation mondiale d'OTRT des « autres » utilisations finales et applications telles que les cristaux pour laser, la fibre optique et les fertilisants a augmenté à un TCAC de 7,3 %, passant de 3 275 tonnes à 5 359 tonnes (Figure 19.4).

Figure 19.4 – Consommation mondiale annuelle en OTRT par catégories d'utilisations finales de 2010 à 2017 ⁷



⁷ Ibid, 9

19.5 Consommation mondiale antérieure en OTRT par oxydes

De 2010 à 2017, Adamas Intelligence estime que la consommation mondiale d'OTRT issue la combinaison de toutes les utilisations et applications finales a augmenté globalement à un TCAC de 2,6 %, passant de 128 359 tonnes à 136 206 tonnes. Comme illustré à la Figure 19.5, de 2010 à 2012, la demande mondiale en OTRT a chuté de plus de 10 000 tonnes à la suite de la montée du prix des terres rares en 2011. Depuis, la demande a augmenté d'approximativement 3,0 % annuellement, puisque les prix se sont stabilisés à des niveaux plus raisonnables.

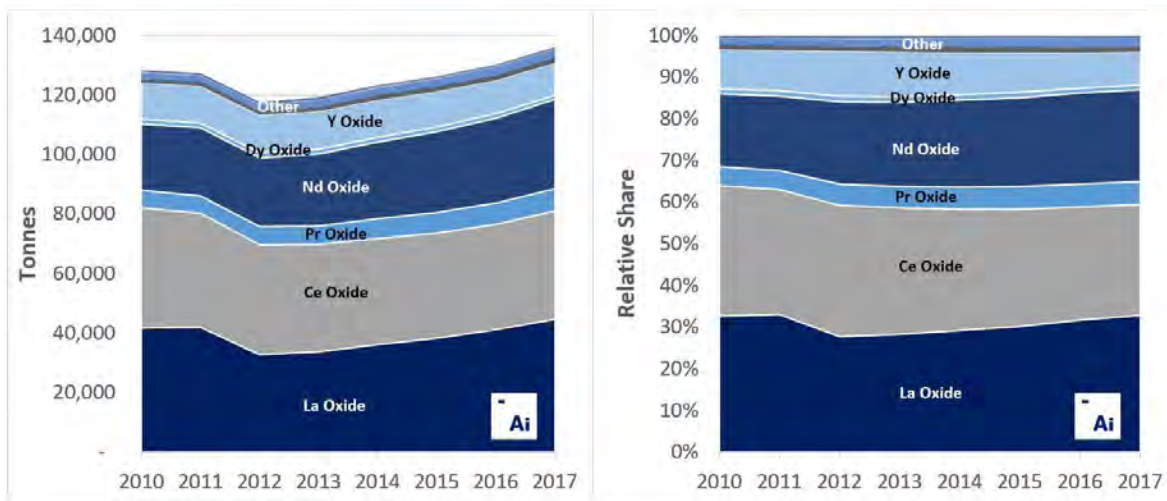
De 2012 à 2017, Adamas Intelligence estime que la consommation mondiale d'oxyde de cérium (ou équivalent en oxyde) a diminué à un TCAC de -0,4 %, passant de 37 127 tonnes à 36 337 tonnes, compte tenu d'une baisse de la demande de poudres de polissage à base de cérium. Au cours de la même période, Adamas Intelligence estime que la consommation mondiale d'oxyde de lanthane (ou équivalent en oxyde) a augmenté à un TCAC de 6,5 %, passant de 32 718 tonnes à 44 760 tonnes, du fait de la hausse de la demande dans les applications reliées aux catalyseurs (Figure 19.5).

De 2012 à 2017, Adamas Intelligence estime que la consommation mondiale d'oxyde de néodyme et d'oxyde de praséodyme – les principaux intrants de terres rares pour les aimants permanents NdFeB – a augmenté à un TCAC combiné de 5,1 %, passant de 29 163 tonnes à 37 470 tonnes (Figure 19.5).

Au cours de la même période, Adamas estime que la consommation mondiale d'oxyde de dysprosium (ou équivalent en oxyde), lequel est utilisé en parallèle avec le néodyme et le praséodyme dans les aimants NdFeB de qualité, a diminué à un TCAC de -2,2 %, passant de 1 651 tonnes à 1 476 tonnes, coïncidant avec les efforts de certains fabricants d'aimants permanents de produire des aimants de qualité à haute température, en ajoutant de faibles concentrations de dysprosium.

De 2012 à 2017, Adamas Intelligence estime que la consommation mondiale d'oxyde d'yttrium – utilisé principalement dans les luminophores pour les ampoules fluorescentes – a diminué à un TCAC de -3,3 %, passant de 12 667 tonnes à 10 725 tonnes, alors que la consommation d'oxyde de terbium, lequel est aussi utilisé dans les luminophores pour les ampoules fluorescentes, a diminué à un TCAC de -12,7 %, passant de 363 tonnes à 184 tonnes. Finalement, Adamas Intelligence estime que la consommation combinée de tous les autres oxydes de terres rares a augmenté à un TCAC de 5,7 % de 2012 à 2017, passant de 3 988 tonnes à 5 253 tonnes (Figure 19.5).

Figure 19.5 – Consommation mondiale annuelle en OTRT par oxydes de 2010 à 2017⁸



19.6 Production mondiale antérieure d’OTRT par pays

De 2010 à 2017, Adamas Intelligence estime que la production mondiale annuelle d’OTRT a augmenté globalement à un TCAC pour ainsi dire négligeable de 0,2 %, passant de 136 617 tonnes à 138 892 tonnes (Figure 19.6).

Comme illustré à la Figure 19.6 ci-dessous, Adamas Intelligence estime que la production légale d’OTRT de la Chine (c.-à-d. la production qui est conforme aux quotas établis par le gouvernement) a augmenté légèrement de 2010 à 2017. Toutefois, au cours de la même période, Adamas estime que la production illégale d’OTRT de la Chine (c.-à-d. la production en dehors du cadre des quotas établis par le gouvernement) a diminué substantiellement, se traduisant par une diminution nette de 7,7 % de la production globale d’OTRT pour la Chine – passant de 126 850 tonnes en 2010 à 117 100 tonnes en 2017.

De 2010 à 2017, Adamas Intelligence estime que la production annuelle d’OTRT aux É.-U. a diminué d’approximativement 5 000 tonnes en 2010 à zéro tonne en 2016 et en 2017, à la suite de la faillite de Molycorp et de la fermeture de la mine Mountain Pass (Figure 19.6).

De 2013 à 2017, subséquemment au début de la production à la mine Mt Weld en Australie, Adamas estime que la production annuelle d’OTRT de l’Australie a augmenté de 1 140 tonnes à approximativement 16 500 tonnes – octroyant à l’Australie une part de 12 % de l’offre mondiale en OTRT (Figure 19.6).

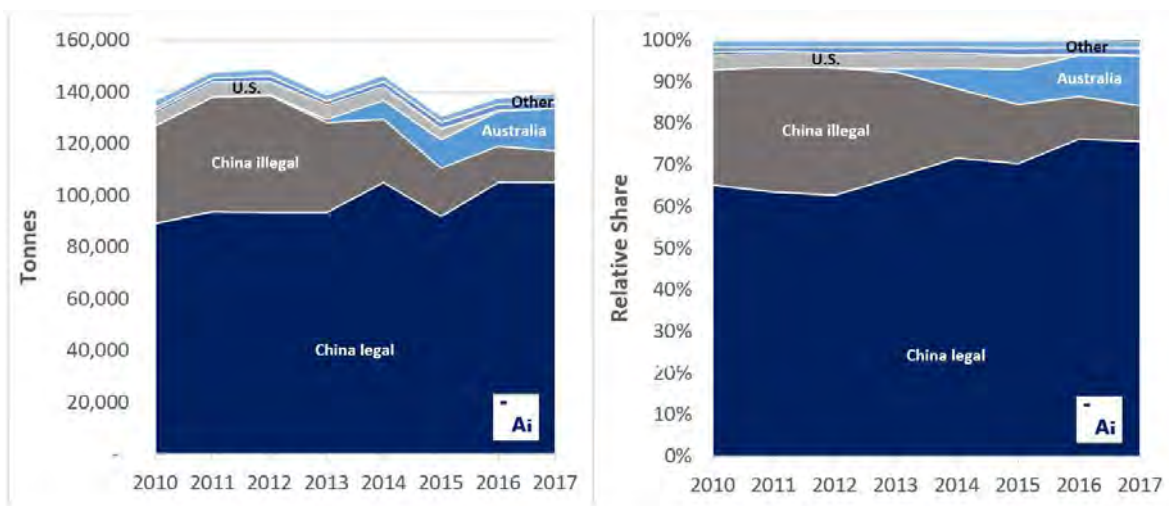
De 2010 à 2017, Adamas Intelligence estime que la Russie a produit approximativement 2 000 tonnes d’OTRT annuellement et que la Malaisie a produit approximativement 250 tonnes d’OTRT annuellement sous la forme de concentré de minéraux de monazite et de xénotime (Figure 19.6).

⁸ Ibid, 10

Finalement, Adamas Intelligence estime que la production d’OTRT combinée de tous les autres pays – notamment le Myanmar, l’Inde, le Brésil et le Burundi – s’élève à approximativement 3 000 tonnes annuellement entre 2010 et 2017 (Figure 19.6).

Considérant les récentes fermetures de mines de terres rares aux É.-U. et au Brésil ainsi que la baisse continue de la production illégale en Chine, qui n’est compensée que par une faible augmentation de sa production légale, Adamas est d’avis qu’il existe une opportunité pour que de nouvelles sources d’approvisionnement soient disponibles étant donné que la demande mondiale continue de croître.

Figure 19.6 – Production minière mondiale d’OTRT par pays de 2010 à 2017⁹



19.7 Production mondiale antérieure d’OTRT par oxydes

Comme mentionné précédemment, de 2010 à 2017, Adamas Intelligence estime que la production mondiale annuelle d’OTRT a augmenté globalement à un TCAC pour ainsi dire négligeable de 0,2 %, passant de 136 617 tonnes à 138 892 tonnes. Soulignons cependant que de 2010 à 2017, Adamas estime que la production mondiale annuelle d’oxydes de terres rares légères (OTR légères – La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd) a augmenté à un TCAC de 1,3 %, alors que la production mondiale annuelle d’oxydes de terres rares lourdes (OTR lourdes – Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Y) a diminué à un TCAC de -7,8 % (Figure 19.7).

Adamas attribue cette tendance au fait que la majorité de la production illégale d’OTRT de la Chine depuis 2010 provient de régions dont la majorité des gisements sont enrichis en OTR lourdes. Par conséquent, la diminution de la production illégale de 2010 à ce jour a entraîné une diminution constante de la production mondiale d’OTR lourdes.

⁹ Ibid, 11

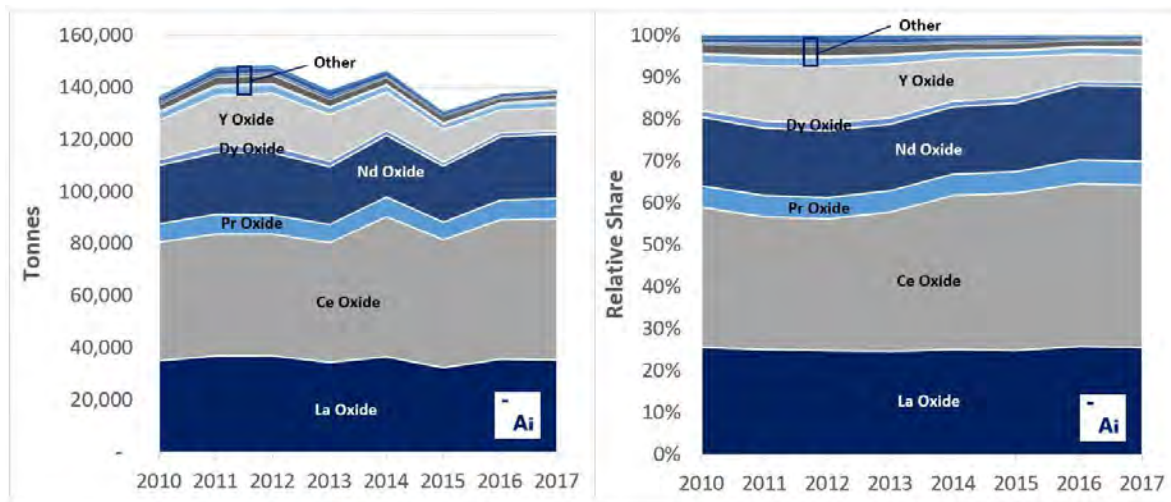
De 2010 à 2017, Adamas Intelligence estime que la production mondiale annuelle d'oxyde de cérium (ou équivalent en oxyde) a augmenté à un TCAC de 2,4 %, passant de 45 616 tonnes à 53 875 tonnes, alors que la production mondiale annuelle d'oxyde de lanthane a augmenté à un TCAC de seulement 0,2 %, passant de 34 923 tonnes à 35 468 tonnes.

Au cours de la même période, Adamas estime que la production mondiale annuelle combinée d'oxyde de néodyme et d'oxyde de praséodyme a augmenté à un TCAC de 1,5 %, passant de 29 536 tonnes à 32 823 tonnes, ce qui est préoccupant étant donné que la consommation mondiale a augmenté parallèlement à un TCAC de 4,2 %.

De 2010 à 2017, Adamas Intelligence estime que la production mondiale annuelle d'oxyde de dysprosium (ou équivalent en oxyde) a diminué à un TCAC de -6,6 %, passant de 2 034 tonnes à 1 263 tonnes, alors que la production d'oxyde de terbium (ou équivalent en oxyde) a diminué à un TCAC de -4,7 % au cours de la même période, passant de 432 tonnes à 308 tonnes (Figure 19.7).

De même, de 2010 à 2017, Adamas estime que la production mondiale annuelle d'oxyde d'yttrium (ou équivalent en oxyde) a diminué à un TCAC de -7,7 %, passant de 15 367 tonnes à 8 760 tonnes. Finalement, Adamas estime que la production mondiale annuelle combinée de tous les autres oxydes de terres rares a diminué globalement à un TCAC de -4,3 % de 2010 à 2017, passant de 8 708 tonnes à 6 394 tonnes (Figure 19.7).

Figure 19.7 – Production minière mondiale en OTRT par oxydes de 2010 à 2017¹⁰



¹⁰ Ibid, 12

19.8 Prix antérieurs des terres rares par oxydes

Contrairement aux métaux de base et à d'autres matières premières, les métaux et oxydes de terres rares ne sont pas négociés sur un marché boursier, mais sont plutôt vendus sous contrat ou au comptant, selon le prix convenu entre les acheteurs et vendeurs consentants.

En tant que premier producteur, négociant et consommateur d'éléments de terre rares de la planète, les prix déclarés sur le marché au comptant de la Chine servent d'étalon pour les prix mondiaux des terres rares.

Comme illustré aux Figures 0.27 et 0.28, le prix moyen annuel des oxydes de terres rares en Chine a augmenté considérablement de 2010 à 2011 à cause des tensions politiques accrues entre la Chine et le Japon, puis les prix ont diminué de manière constante.

En se basant sur les statistiques de prix d'Asian Metal, de l'*Association of China Rare Earth Industry*, du *China Northern Rare Earth Group* et d'autres sources, Adamas Intelligence estime que le prix intérieur annuel moyen de l'**oxyde de lanthane** en Chine a diminué globalement de 4,75 \$ US par kilogramme en 2010 à 2,23 \$ US par kilogramme en 2017, malgré un sommet de 17,01 \$ US par kilogramme atteint en 2011 (Figure 19.8).

De même, Adamas estime que le prix intérieur annuel moyen de l'**oxyde de cérium** en Chine a diminué globalement de 3,93 \$ US par kilogramme en 2010 à 2,00 \$ US par kilogramme en 2017 et a atteint un sommet de 20,54 \$ US par kilogramme en 2011 (Figure 19.8).

De 2010 à 2017, Adamas Intelligence estime que le prix intérieur annuel moyen de l'**oxyde de praséodyme** en Chine a augmenté globalement de 30,37 \$ US par kilogramme à 63,15 \$ US par kilogramme. Le prix a atteint un sommet de 109,02 \$ US par kilogramme en 2011 (Figure 19.8).

De même, Adamas estime que le prix intérieur annuel moyen de l'**oxyde de néodyme** en Chine a augmenté globalement de 32,16 \$ US par kilogramme en 2010 à 49,93 \$ US par kilogramme en 2017 et a atteint un sommet de 137,48 \$ US par kilogramme en 2011 (Figure 19.8).

De 2010 à 2017, Adamas Intelligence estime que le prix intérieur annuel moyen de l'**oxyde de terbium** en Chine a augmenté globalement de 434,08 \$ US par kilogramme à 501,45 \$ US par kilogramme. Le prix a atteint un sommet de 1 695,52 \$ US par kilogramme en 2011 (Figure 19.8).

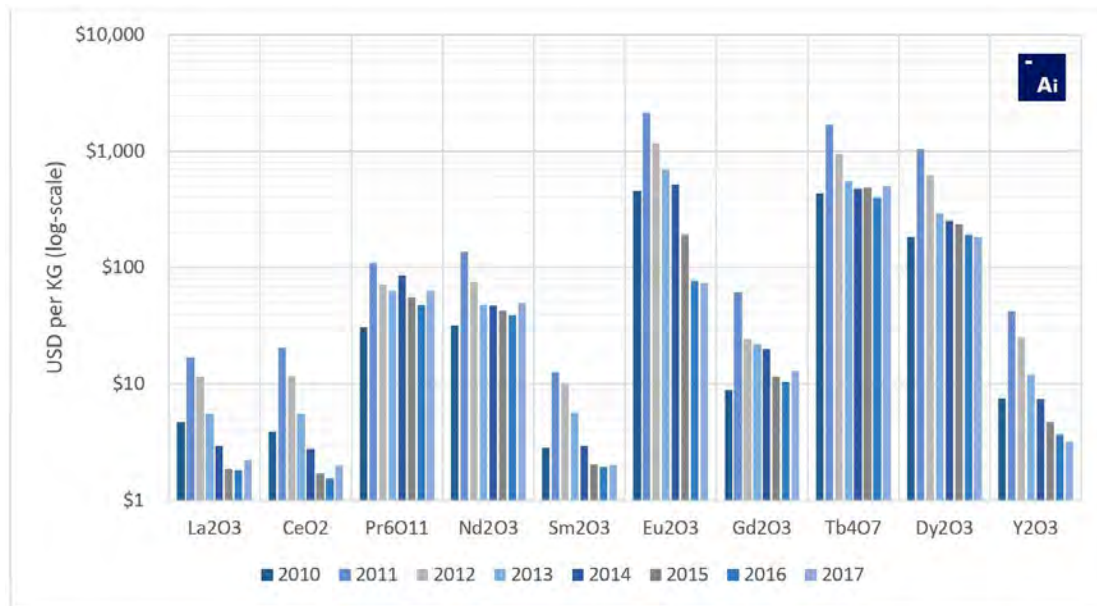
Au cours de la même période, Adamas Intelligence estime que le prix intérieur annuel moyen de l'**oxyde de dysprosium** en Chine a diminué légèrement de 184,51 \$ US par kilogramme en 2010 à 182,65 \$ US par kilogramme en 2017. Le prix a atteint un sommet de 1 043,22 \$ US par kilogramme en 2011 (Figure 19.8).

Finalement, de 2010 à 2017, Adamas Intelligence estime que le prix intérieur annuel moyen de l'**oxyde d'yttrium** en Chine a diminué globalement de 7,57 \$ US par kilogramme à 3,23 \$ US par kilogramme. Le prix a atteint un sommet de 42,24 \$ US par kilogramme en 2011 (Figure 19.8).

La Figure 19.8 présente le prix intérieur annuel moyen de chaque oxyde de terres rares en Chine entre 2010 et 2017.

Pareillement, la Figure 19.9 présente la variation des prix par rapport à l'année précédente de chaque oxyde de terres rares de 2010 à 2017.

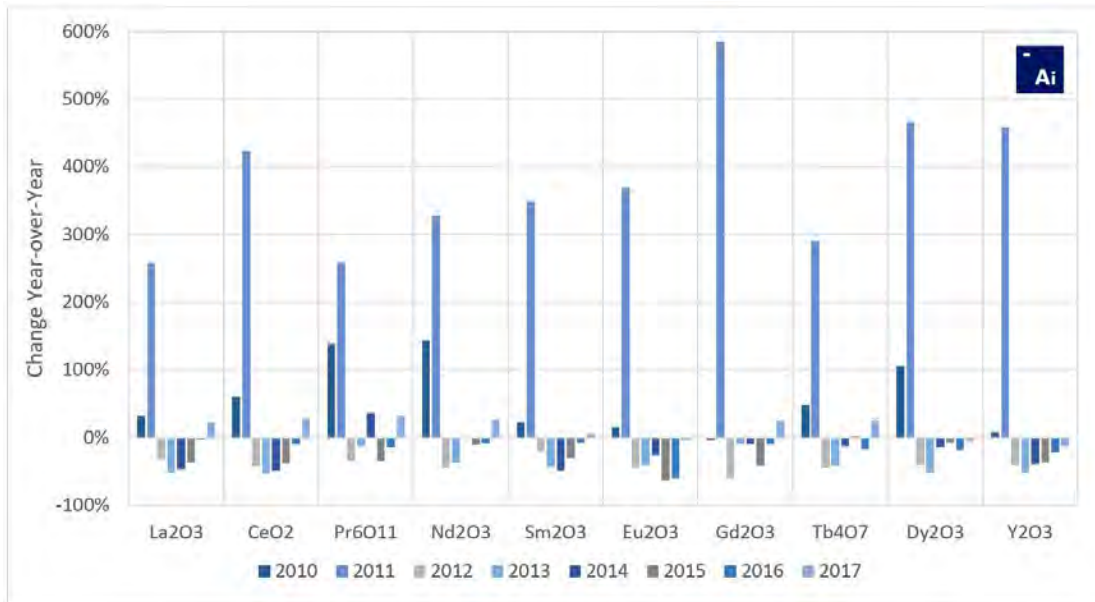
Figure 19.8 – Prix intérieurs annuels moyens des OTR en Chine de 2010 à 2017 ¹¹¹²



¹¹ Ibid, 14

¹² **Remarque** : Les prix intérieurs des OTR en Chine sont généralement estimés en RMB et comprennent une TVA de 17 %. Les prix ci-dessus ont été convertis en dollars américains en utilisant le taux de change annuel moyen (RMB/USD) de chaque année.

Figure 19.9 – Variation annuelle moyenne des prix par rapport à l’année précédente de 2010 à 2017 ¹³



19.9 Demande mondiale en OTRT prévue par catégories d'utilisations finales

De 2018 à 2025, Adamas Intelligence prévoit que la demande mondiale en OTRT augmentera à un TCAC de 5,7 %, passant de 144 120 tonnes à 212 292 tonnes, en raison principalement d'une forte croissance de la demande pour les oxydes de terres rares utilisés dans les aimants permanents et les catalyseurs (Figure 19.10).

Étant donné l'essor des véhicules électriques, de l'automatisation constante des chaînes de montage et de l'adoption continue de sources d'énergie renouvelable Adamas prévoit que la demande mondiale en oxydes de terres rares utilisés dans les aimants permanents, tels le néodyme, le praséodyme, le dysprosium, le terbium et le samarium, augmentera à un TCAC de 8,5 % entre 2018 et 2025, passant de 35 057 tonnes à 62 070 tonnes (Figure 19.10).

De même, du fait de la demande croissante pour des catalyseurs de réduction des émissions et des catalyseurs de craquage catalytique efficaces pour des essences de qualité, Adamas prévoit que la demande mondiale en oxydes de terres rares utilisés dans les catalyseurs, tels le cérium et le lanthane, augmentera à un TCAC de 5,0 % entre 2018 et 2025, passant de 46 606 tonnes à 65 620 tonnes (Figure 19.10).

Au cours de la même période, Adamas Intelligence prévoit que la demande mondiale en oxydes de terres rares utilisés dans les poudres de polissage et les additifs augmentera à un TCAC de 3,4 %, passant de 20 110 tonnes en 2018 à 25 423 tonnes en 2025, en raison de la taille sans

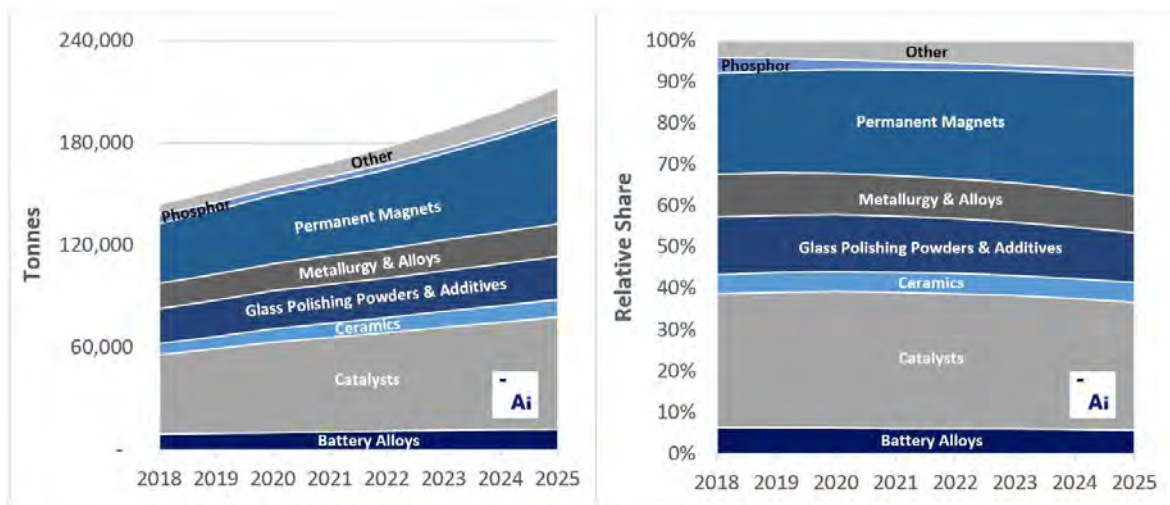
¹³ Ibid, 14

cesse en croissance des écrans de télévision, des écrans d'ordinateur et de tout écran d'affichage généralement traité avec des abrasifs à base de cérium lors de leur fabrication (Figure 19.10).

Adamas Intelligence prévoit que la demande mondiale en oxydes de terres rares utilisés en métallurgie et dans les alliages augmentera à un TCAC modéré de 3,3 % passant de 2018 à 2025, alors que la demande mondiale en oxydes de terres rares utilisés dans les alliages pour batteries augmentera plus rapidement à un TCAC de 4,1 %, en raison principalement d'une forte croissance de la demande mondiale pour les véhicules hybrides, lesquels sont souvent munis de batteries NiMH (Figure 19.10).

Concernant les catégories d'utilisations finales de moindre importance, Adamas prévoit que la demande mondiale en oxydes de terres rares utilisés dans les céramiques et les « autres » applications augmentera à des TCAC de 6,3 % et de 14,9 %, respectivement, alors que la demande pour des oxydes de terres rares utilisés dans les luminophores diminuera à un TCAC de -12,6 % (Figure 19.10).

Figure 19.10 – Demande mondiale annuelle en OTRT prévue par catégories d'utilisations finales de 2018 à 2025 ¹⁴



19.10 Demande mondiale en OTRT prévue par oxydes

Du fait d'une forte croissance de la demande pour les aimants permanents NdFeB dans les années à venir, Adamas Intelligence prévoit que la demande mondiale annuelle d'oxyde de néodyme augmentera à un TCAC de 8,2 % de 2018 à 2025, passant de 31 851 tonnes à 55 277 tonnes, alors que la demande mondiale annuelle d'oxyde de praséodyme augmentera à un TCAC de 7,7 %, passant de 7 881 tonnes à 13 275 tonnes (Figure 19.11).

De même, sous l'effet d'une croissance constante de la demande mondiale pour les catalyseurs de craquage catalytique et les pots catalyseurs, Adamas Intelligence prévoit que la demande

¹⁴ Ibid, 15

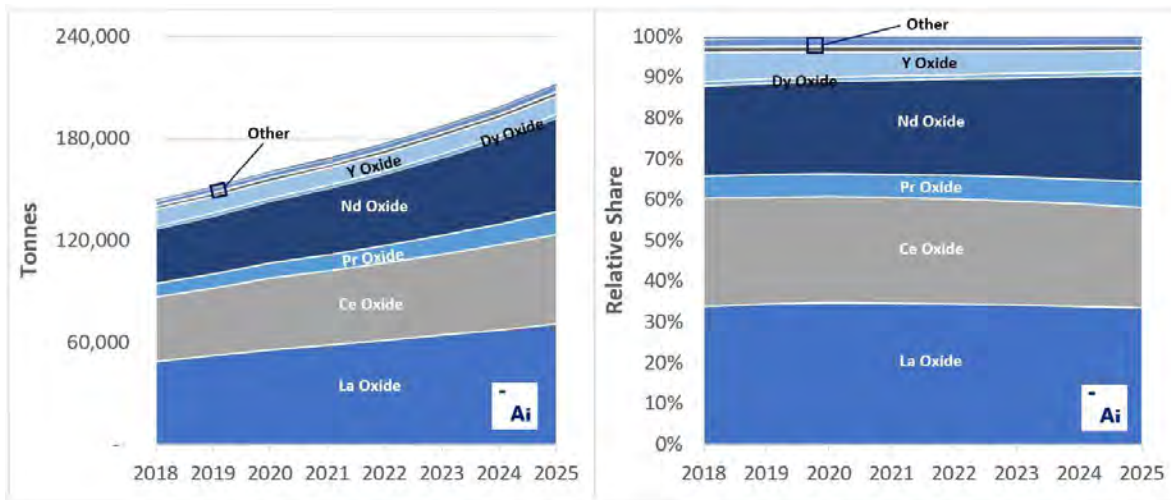
mondiale annuelle d'oxyde de lanthane augmentera à un TCAC de 5,5 % de 2018 à 2025, passant de 48 801 tonnes à 70 966 tonnes, alors que la demande mondiale annuelle d'oxyde de cérium augmentera à un TCAC de 4,7 %, passant de 38 137 tonnes à 52 591 tonnes (Figure 19.11).

Résultant également d'une forte croissance de la demande pour les aimants permanents NdFeB, Adamas prévoit que la demande mondiale annuelle d'oxyde de dysprosium, lequel est ajouté à certaines variétés d'aimants performants à haute température, augmentera à un TCAC de 5,0 %, passant de 1 542 tonnes en 2018 à 2 174 tonnes en 2025 (Figure 19.11).

Comme la demande de luminophores pour les tubes fluorescents va continuer de chuter entre 2018 et 2025, Adamas Intelligence prévoit que la demande mondiale annuelle d'oxyde de terbium diminuera à un TCAC de -23,1 %, passant de 144 tonnes à 23 tonnes (Figure 19.11). Toutefois, après 2025, Adamas prévoit que la demande mondiale annuelle d'oxyde de terbium augmentera de nouveau d'année en année, du fait de l'utilisation croissante de ce matériau dans certaines catégories d'aimants permanents NdFeB.

De même, de 2018 à 2021 Adamas Intelligence prévoit que la demande mondiale annuelle d'oxyde d'yttrium diminuera globalement à un TCAC de -1,1 %, passant de 10 321 tonnes à 9 988 tonnes en raison de la baisse de la demande de luminophores pour les tubes fluorescents. Toutefois, pour la période de 2021 à 2025, Adamas prévoit que la demande mondiale annuelle d'oxyde de yttrium augmentera à un TCAC de 2,0 % en raison de l'utilisation croissante de ce matériau dans les céramiques, les verres optiques, les luminophores pour DEL, ainsi que pour certains types d'alliages (Figure 19.11).

Figure 19.11 – Demande mondiale annuelle en OTRT prévue par oxydes de 2018 à 2025 ¹⁵



¹⁵ Ibid, 16

19.11 Production mondiale d'OTRT prévue par pays

Comme détaillé dans le scénario de base des prévisions de production du rapport approfondi de 825 pages intitulé « *Rare Earth Market Outlook to 2025* », Adamas Intelligence prévoit que la production mondiale d'OTRT de 2018 à 2025 augmentera à un TCAC de 5,9 %, passant de 139 041 tonnes à 208 067 tonnes (Figure 19.12).

Durant cette période, Adamas prévoit que la production légale d'OTRT de la Chine (c.-à-d. la production qui est conforme aux quotas établis par le gouvernement) augmentera à un TCAC modéré de 5,7 %, passant de 105 000 tonnes en 2018 à 155 000 tonnes en 2025, alors que la production illégale d'OTRT du pays (c.-à-d. toute production qui est en dehors des quotas établis par le gouvernement) diminuera constamment à un TCAC de -14,4 %, passant de 10 500 tonnes en 2018 à 3 525 tonnes en 2025 en raison des efforts incessants du gouvernement de résoudre le problème (Figure 19.12).

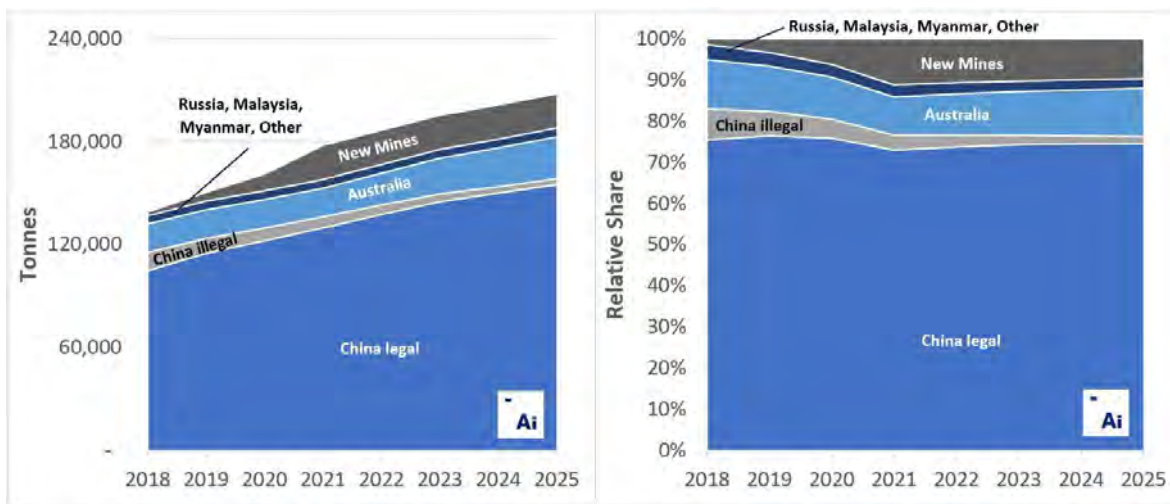
Adamas Intelligence prévoit que la production d'OTRT à la mine Mt Weld de Lynas Corp. Itée. en Australie demeura constante à approximativement 16 500 tonnes par an de 2018 à 2021 et augmentera par après à un TCAC de 10,4 % pour atteindre 24 500 tonnes en 2025, puisque Lynas Corporation va accroître la capacité de production pour tirer profit de la croissance de la demande mondiale en terres rares (Figure 19.12).

Adamas prévoit que la production d'OTRT combinée de tous les autres producteurs existants, notamment les producteurs en Russie, en Malaisie et au Myanmar, demeura constante à approximativement 5 050 tonnes par an de 2018 à 2025 (Figure 19.12).

Finalement, Adamas Intelligence prévoit que la production d'OTRT issue de nouvelles mines de terres rares en dehors de la Chine qui sont actuellement en développement ou en analyse augmentera de 2 000 tonnes en 2018 à 20 000 tonnes en 2021, puis restera à ce niveau jusqu'en 2025 (Figure 19.12).

De 2018 à 2025, Adamas prévoit que la part de la Chine dans la production mondiale totale d'OTRT diminuera de 83 % à 76 %, que la part de l'Australie demeurera la même à approximativement 12 % et que la part de tous les autres producteurs mondiaux (producteurs existants et nouvelles mines) augmentera de 5 % à 12 % (Figure 19.12).

Figure 19.12 – Production mondiale annuelle d’OTRT prévue par pays de 2018 à 2025 ¹⁶



19.12 Production mondiale d’OTRT prévue par oxydes

Comme mentionné précédemment, de 2018 à 2025, Adamas Intelligence prévoit que la production mondiale d’OTRT augmentera à un TCAC de 5,9 %, passant de 139 041 tonnes à 208 067 tonnes (Figure 19.13).

Considérant la combinaison unique d’oxydes de terres rares individuels que chaque pays produit, Adamas a combiné ses prévisions de chaque pays pour chacun des oxydes (décrites à la section précédente) aux prévisions de la production mondiale annuelle totale de chaque oxyde de terres rares, comme illustré à la Figure 19.13.

De 2018 à 2025, Adamas Intelligence prévoit que la production mondiale annuelle d’oxyde de cérium augmentera à un TCAC de 5,9 %, passant de 54 436 tonnes à 81 473 tonnes, alors que la production mondiale annuelle d’oxyde de lanthane augmentera à un TCAC de 5,6 %, passant de 35 476 tonnes à 51 896 tonnes – ensemble, ils représentent approximativement 65 % la production mondiale totale d’OTRT chaque année (Figure 19.13).

Adamas prévoit que la production mondiale annuelle d’oxyde de néodyme augmentera à un TCAC de 5,8 %, passant de 24 967 tonnes en 2018 à 37 168 tonnes en 2025, alors que la production mondiale annuelle d’oxyde de praséodyme augmentera à un TCAC de 5,6 %, passant de 7 896 tonnes à 11 583 tonnes (Figure 19.13).

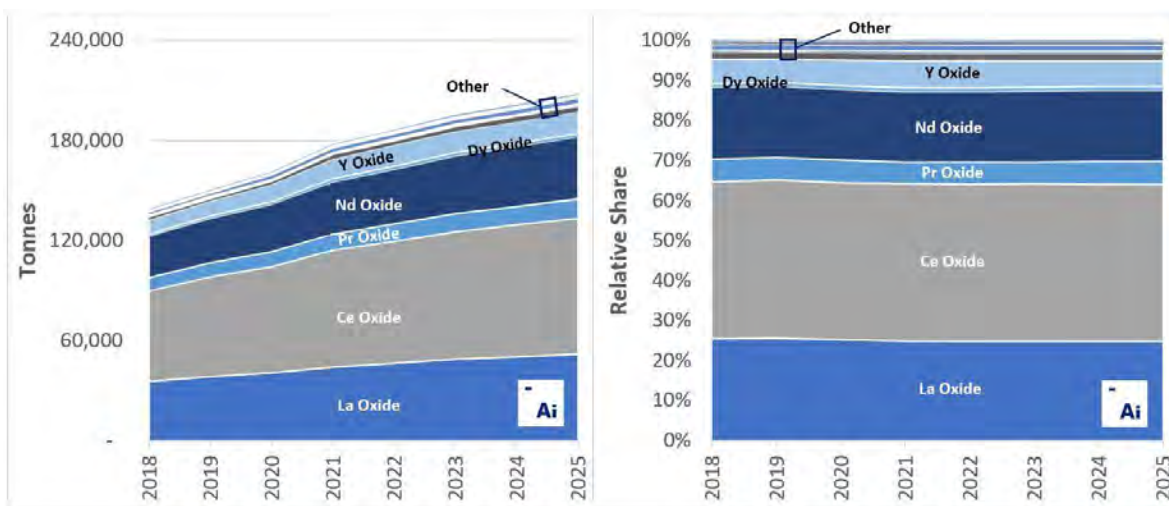
De même, de 2018 à 2025 Adamas Intelligence prévoit que la production mondiale annuelle d’oxyde de dysprosium augmentera à un TCAC de 7,6 %, passant de 1 226 tonnes à 2 047 tonnes et que la production mondiale annuelle d’oxyde de terbium augmentera à un TCAC de 6,5 %, passant de 301 tonnes à 469 tonnes (Figure 19.13).

¹⁶ Ibid, 17

Finalement, de 2018 à 2025 Adamas Intelligence prévoit que la production mondiale annuelle d'oxyde d'yttrium augmentera à un TCAC de 6,8 %, passant de 8 452 tonnes à 13 352 tonnes et que la production mondiale annuelle combinée de tous les autres oxydes de terres rares augmentera à un TCAC de 7,0 %, passant de 6 289 tonnes à 10 080 tonnes (Figure 19.13).

Au total, Adamas Intelligence prévoit que la production mondiale annuelle des ETR légères augmentera à un TCAC de 5,8 % de 2018 à 2025 et que la production mondiale annuelle des ETR lourdes augmentera à un TCAC de 7,0 %.

Figure 19.13 – Production mondiale annuelle d'OTRT prévue par oxydes de 2018 à 2025 ¹⁷



19.13 Équilibre prévu entre la production mondiale et la demande mondiale en OTRT

La Figure 19.14 ci-dessous compare la production et la demande mondiales d'OTR, à partir des prévisions d'Adamas Intelligence pour 2018 à 2025. Au cours de cette période, Adamas prévoit que l'augmentation de la production mondiale annuelle d'OTRT suivra de près l'augmentation de la demande mondiale annuelle en OTRT. Néanmoins, au niveau des différents oxydes de terres rares, Adamas prévoit des quantités significatives de surproduction annuelle pour certains oxydes (comme l'oxyde de cérium) et de sous-production pour d'autres (comme l'oxyde de néodyme et l'oxyde de praséodyme).

En 2018, Adamas prévoit que la somme de l'ensemble des pénuries des différents OTR (c.-à-d. la quantité qui devra provenir des stocks accumulés historiquement pour répondre à la demande) s'élèvera à 23 408 tonnes – principalement sous la forme d'oxyde de néodyme, d'oxyde de praséodyme et d'oxyde de lanthane (Figure 19.14, ligne rouge).

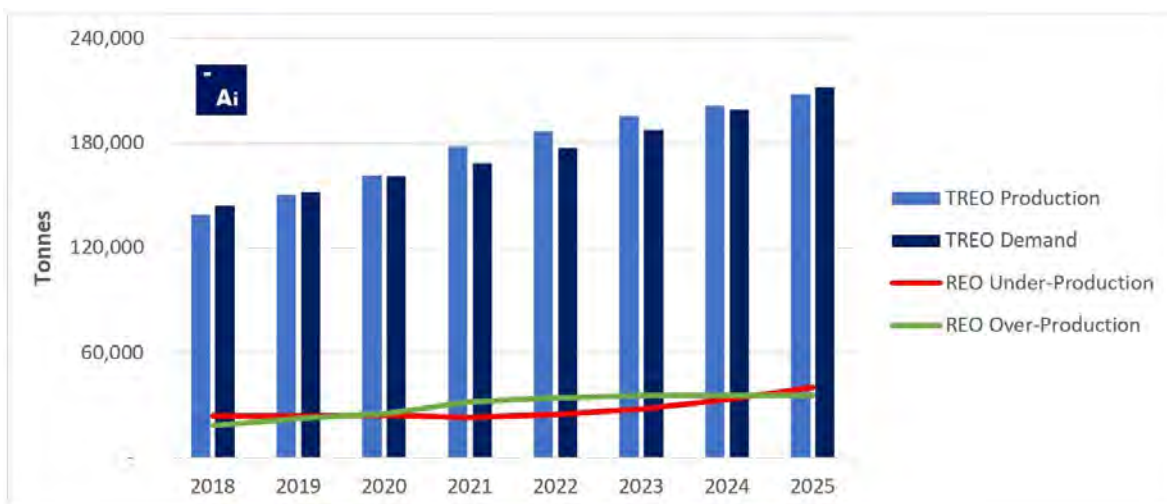
¹⁷ Ibid, 18

Malgré une hausse substantielle de la production légale en Chine, une production accrue en Australie et l'ajout de 20 000 tonnes par année d'une nouvelle capacité de production d'OTRT ailleurs dans le monde, telle que celle du projet Kwijibo au Canada, Adamas prévoit que le marché mondial sera sans cesse en sous-production pour l'oxyde de néodyme, l'oxyde de praséodyme, l'oxyde de lanthane, l'oxyde de dysprosium et certains autres oxydes de terres rares de 2018 à 2025, donnant lieu à l'épuisement des stocks accumulés historiquement et, ultimement, à une pénurie de ces matériaux si la production n'augmente pas davantage.

Au contraire, en 2018, Adamas Intelligence prévoit que la somme des surplus mondiaux des différents OTR (c.-à-d. la quantité qui sera produite en excès par rapport à ce qui sera consommé) s'élèvera à 18 329 tonnes – principalement sous la forme d'oxyde de cérium – et que cette quantité augmentera globalement jusqu'en 2025 puisque les producteurs d'oxydes de terres rares continueront de surproduire de l'oxyde de cérium (et certains autres oxydes de terres rares), conséquence de leurs efforts pour tenir le rythme face à la croissance rapide de la demande en oxyde de néodyme et en oxyde de praséodyme (Figure 19.14, ligne verte).

Adamas remarque que plusieurs travaux de recherche et développement sont en cours en Chine afin de développer et de commercialiser de nouvelles utilisations finales et d'autres applications pour l'oxyde de cérium (p. ex., stabilisant de PVC, pots catalytiques d'émissions stationnaires et l'utilisation du Ce en substitution dans les aimants NdFeB) qui pourraient contribuer à améliorer le déséquilibre du marché dans le futur.

Figure 19.14 – Équilibre prévu entre la production mondiale annuelle d'OTRT et la demande mondiale annuelle en OTRT de 2018 à 2025 ¹⁸



¹⁸ Ibid, 19

19.14 Prix des terres rares prévus par oxydes

En tenant compte des principes fondamentaux des prévisions de l'offre et de la demande pour chaque année de 2018 à 2025, ainsi que de la sensibilité du coût et du prix des principaux producteurs et consommateurs de terres rares, Adamas Intelligence a prévu les prix annuels moyens de chaque oxyde de terres rares, comme illustré à la Figure 19.15.

De 2018 à 2025, Adamas prévoit que le prix intérieur annuel moyen de l'oxyde de lanthane en Chine augmentera à un TCAC de 12,6 %, passant de 2,75 \$ US par kilogramme à 6,30 \$ US par kilogramme, alors que le prix intérieur annuel moyen de l'oxyde de cérium en Chine augmentera à un TCAC de 4,0 %, passant de 2,35 \$ US par kilogramme à 3,10 \$ US par kilogramme (Figure 19.15).

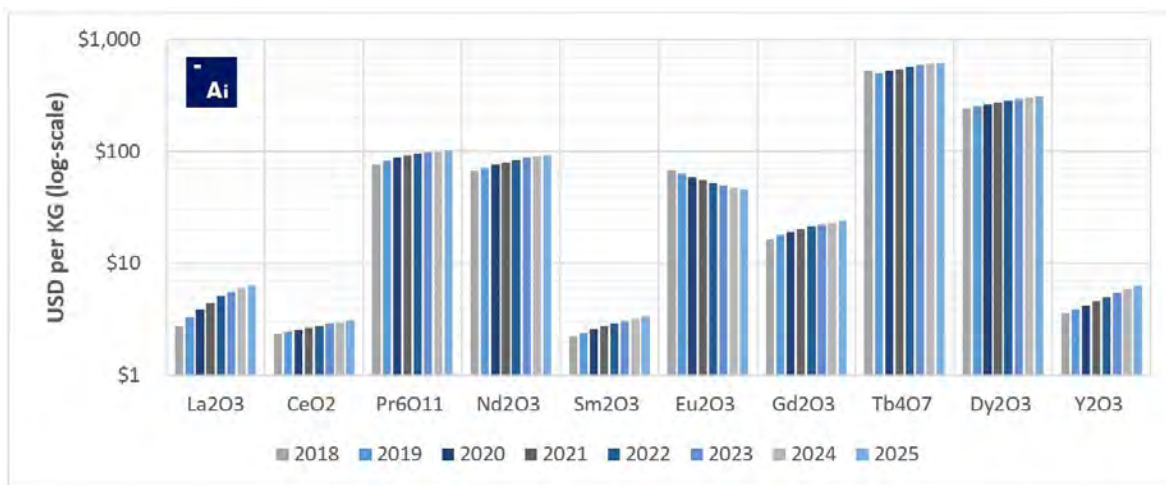
Au cours de la même période, Adamas Intelligence prévoit que le prix intérieur annuel moyen de l'oxyde de néodyme en Chine augmentera à un TCAC de 4,9 %, passant de 66,50 \$ US par kilogramme à 93,00 \$ US par kilogramme, alors que le prix intérieur annuel moyen de l'oxyde de praséodyme en Chine augmentera à un TCAC de 4,3 %, passant de 76,45 \$ US par kilogramme à 102,50 \$ US par kilogramme (Figure 19.15).

De 2018 à 2025, Adamas prévoit que le prix intérieur annuel moyen de l'oxyde de dysprosium en Chine augmentera à un TCAC de 3,8 %, passant de 241,00 \$ US par kilogramme à 312,00 \$ US par kilogramme, alors que le prix intérieur annuel moyen de l'oxyde de terbium en Chine augmentera globalement à un TCAC de 2,5 %, passant de 525,00 \$ US par kilogramme à 624,00 \$ US par kilogramme (Figure 19.15).

Durant la même période, Adamas Intelligence prévoit que le prix intérieur annuel moyen en Chine de l'oxyde d'yttrium augmentera à un TCAC de 8,4 %, passant de 3,60 \$ US par kilogramme à 6,35 \$ US par kilogramme, alors que le prix intérieur annuel moyen de l'oxyde d'europium en Chine diminuera à un TCAC de -5,5 %, passant de 68,15 \$ US par kilogramme à 46,00 \$ US par kilogramme (Figure 19.15).

Finalement, de 2018 à 2025, Adamas prévoit que le prix intérieur annuel moyen de l'oxyde de samarium en Chine augmentera à un TCAC de 5,9 %, passant de 2,25 \$ US par kilogramme à 3,35 \$ US par kilogramme, alors que le prix intérieur annuel moyen de l'oxyde de gadolinium en Chine augmentera globalement à un TCAC de 5,5 %, passant de 16,50 \$ US par kilogramme à 24,00 \$ US par kilogramme (Figure 19.15).

Figure 19.15 – Prix intérieurs annuels moyens des OTR prévus en Chine de 2018 à 2025
 1920



19.15 Valeur prévue de la production de terres rares de Kwjibo

Selon le plan de développement de la mine, le projet Kwjibo entrera en production en 2021 et produira 10 000 tonnes d’OTRT par an. La Figure 19.16 présente l’abondance relative projetée de chaque oxyde de terres rares pour la production prévue (colonne de gauche), ainsi que la valeur relative de la contribution de chaque oxyde à la valeur du panier de la mine en 2021 (colonne de droite).

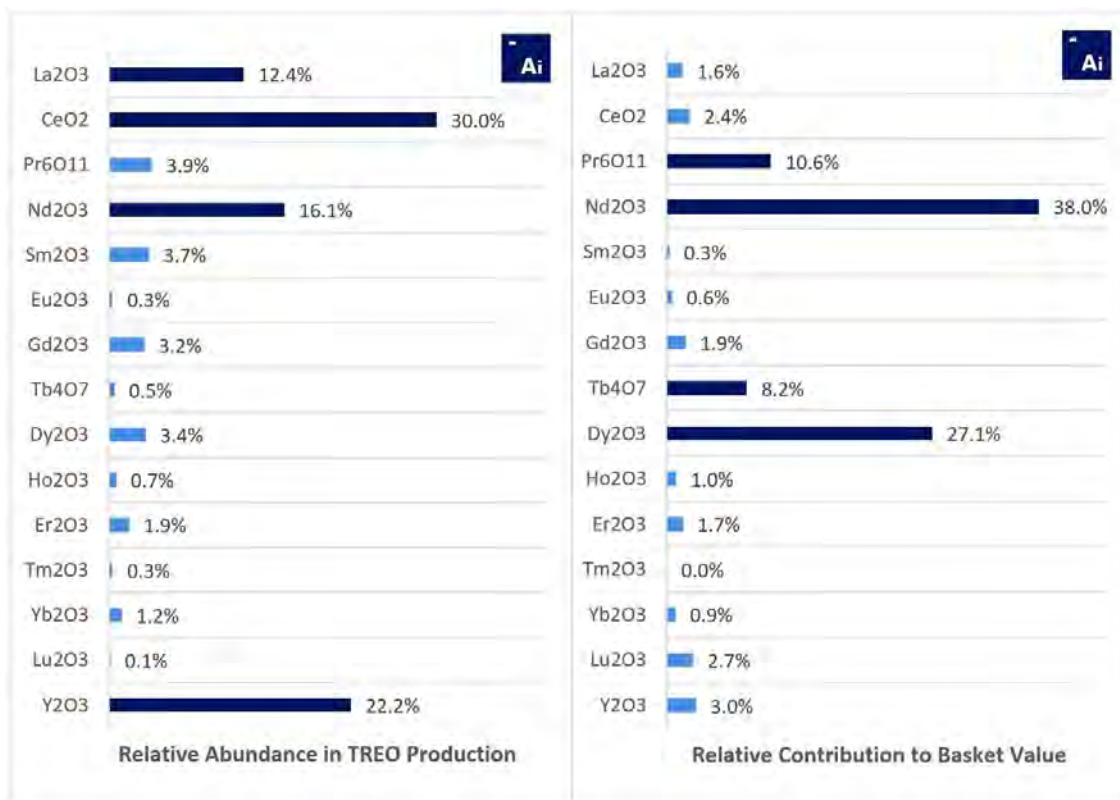
Comme illustré à la colonne de gauche de la Figure 19.16, approximativement 80 % de la production d’OTRT de Kwjibo sera constituée d’oxyde de lanthane, d’oxyde de cérium, d’oxyde de néodyme et d’oxyde d’yttrium.

Toutefois, comme illustré à la colonne de droite de la Figure 19.16, approximativement 85 % de la valeur du produit des OTRT de Kwjibo (c.-à-d. le revenu) proviendra de l’oxyde de néodyme, de l’oxyde de praséodyme, de l’oxyde de dysprosium et de l’oxyde de terbium – Adamas Intelligence se réfère à tous ces éléments en tant qu’éléments de terres rares « critiques » parce qu’ils sont essentiels à des applications dans le secteur de l’énergie propre et celui de la mobilité électrique et qu’il existe un risque élevé de pénuries de l’offre dans les 10 à 15 prochaines années.

¹⁹ Ibid, 20

²⁰ **Remarque** : les prix anticipés sont présentés en dollars 2017 réels et comprennent une TVA de 17 %; taux de change utilisé 1 RMB = 0,15 USD.

Figure 19.16 – Abondance relative et valeur relative en oxydes dans la production potentielle de Kwjijibo ²¹



Du point de vue commercial, logistique et économique, la grande quantité d'éléments de terres rares critiques de valeur dans la production d'OTRT potentielle de Kwjijibo dénote que la future mine pourrait générer près de 85 % de ses revenus seulement par la vente de 24 % de sa production.

Au cours de cette période, 38 % de la valeur du panier de Kwjijibo proviendra de la production d'oxyde de néodyme (ou équivalent en oxyde), plus 10 % provenant de la production d'oxyde de praséodyme (ou équivalent en oxyde) – tous deux, les principaux intrants pour les aimants permanents NdFeB en forte demande (Figure 19.17).

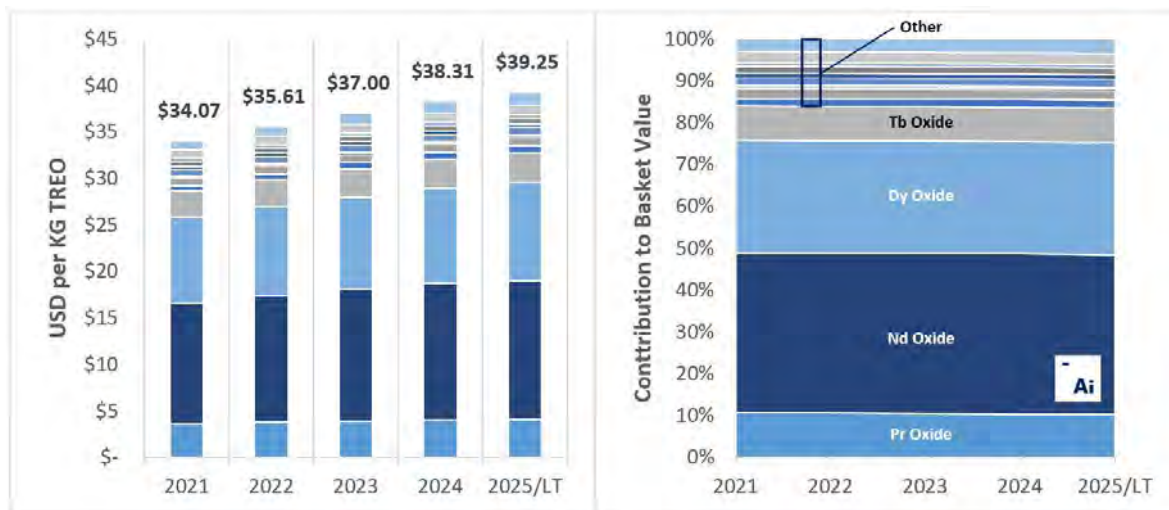
De même, de 2021 à 2025, la production d'oxyde de dysprosium (ou équivalent en oxyde) ajoutera 27 % à la valeur du panier de Kwjijibo et celle d'oxyde de terbium (ou équivalent en oxyde) 8 % – tous deux, des additifs dans les aimants permanents NdFeB de qualité à haute température qui sont utilisés dans les moteurs de traction des véhicules électriques, les génératrices d'éoliennes, les robots industriels et plusieurs autres applications (Figure 19.17).

Par conséquent, le projet Kwjijibo offre une forte exposition économique au secteur des aimants permanents, la catégorie d'utilisations finales qui connaît la croissance la plus rapide et qui a le

²¹ Ibid, 21

plus besoin d'offre supplémentaire en terres rares, selon les prévisions de l'offre et de la demande d'Adamas Intelligence (Figures 0. 29 et 0. 33).

Figure 19.17 – Valeur annuelle moyenne prévue de la production d'OTRT de Kwijibo de 2021 à 2025 ²²



19.16 Points clés et principales conclusions

- Considérant les récentes fermetures de mines de terres rares aux É.-U. et au Brésil ainsi que la baisse continue de la production illégale en Chine, qui n'est compensée que par une faible augmentation de sa production légale, Adamas est d'avis qu'il existe une opportunité pour que de nouvelles sources d'approvisionnement soient disponibles étant donné que la demande mondiale continue de croître.
- De 2012 à 2017, Adamas estime que la production mondiale annuelle d'OTRT a diminué à in TCAC de -1,3 % alors que la consommation mondiale annuelle d'OTRT a augmenté à un TCAC de 3,0 %, entraînant une hausse des risques en matière d'offre pour les utilisateurs finaux d'éléments de terres rares « critiques » en forte demande, tels le néodyme, le praséodyme, le dysprosium et le terbium.
- Malgré une augmentation appréciable de la production mondiale d'OTRT de 2018 à 2025, Adamas prévoit que le marché mondial sera sans cesse en sous-production pour l'oxyde de néodyme, l'oxyde de praséodyme, l'oxyde de lanthane, l'oxyde de dysprosium et certains autres oxydes de terres rares, donnant lieu à l'épuisement des stocks accumulés historiquement et, ultimement, à une pénurie de ces matériaux si la production n'augmente pas davantage.
- Le projet Kwijibo offre une forte exposition économique au secteur des aimants permanents, celui qui connaît la croissance la plus rapide dans la catégorie d'utilisations finales et qui a le

²² Ibid, 22

plus besoin d'une offre supplémentaire en terres rares, selon les prévisions de l'offre et de la demande d'Adamas Intelligence (Figures 0. 29 et 0. 33).

- Du point de vue commercial, logistique et économique, la grande quantité d'éléments de terres rares critiques de valeur dans la production d'OTRT potentielle de Kwyjibo dénote que la future mine pourrait générer près de 85 % de ses revenus seulement par la vente de 24 % de sa production.
- Adamas Intelligence prévoit que la valeur du panier de la production d'OTRT de Kwyjibo totalisera 34,07 \$ US par kilogramme en 2021 et augmentera de manière constante jusqu'à 39,25 \$ US par kilogramme en 2025.

19.17 Contrats

Aucun contrat n'a été mis en place par SOQUEM/Focus Graphite. SOQUEM/Focus Graphite n'a pas couvert ni engagé sa production conformément à un accord commercial (« Off-Take Agreement ») à ce stade préliminaire de projet.

20 ÉTUDES ENVIRONNEMENTALES, PERMIS ET CONSÉQUENCES SOCIALES OU SUR LA COLLECTIVITÉ

20.1 Études environnementales

Dans le cadre de la présente étude, DRA/Met-Chem a réalisé pour SOQUEM/Focus Graphite une revue de l'information disponible permettant de dresser un portrait préliminaire des sites du projet Kwyjibo et des enjeux environnementaux et sociaux qui pourraient leur être associés. L'information provient principalement des documents techniques préparés pour les besoins du projet et de comptes rendus de réunions.

La présente section décrit sommairement l'environnement biophysique et humain du projet, les exigences réglementaires ainsi que les problématiques environnementales et sociales qui pourraient être générées par le projet. L'information présentée concerne principalement les installations minières (mine et usine de traitement de minerai), puisque l'endroit où sera construite l'usine hydrométallurgique n'est pas encore confirmé. Une hypothèse a été prise dans l'étude pour développer des coûts préliminaires seulement.

20.2 Contexte environnemental et social

20.2.1 SOMMAIRE DES ÉTUDES ENVIRONNEMENTALES DE RÉFÉRENCE

En 2011, SOQUEM a amorcé des études de caractérisation environnementale de référence au site du projet Kwyjibo. Cependant, peu de données ont été recueillies jusqu'à maintenant. Le travail sur le terrain visait principalement la caractérisation et le suivi de la qualité de l'eau de surface (Roche, 2012, 2013, 2014 et 2015; Norda Stelo, 2016; Axor, 2017).

Des échantillons d'eau de surface ont donc été prélevés à six endroits. Trois des sites d'échantillonnage sont situés sur des lacs (Kwyjibo, Manitou et un lac témoin à l'extérieur de la zone) et les trois autres sites le long de cours d'eau (2 ruisseaux sans nom et la rivière Manitou). Les paramètres retenus pour le suivi de la qualité des eaux de surface sont conformes à ceux édictés à la Directive 019 sur l'industrie minière du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). De plus, certains éléments chimiques supplémentaires (terres rares : lanthane, cérium; radioactifs : thorium et uranium) ont également été analysés dans des eaux de surface à la demande de SOQUEM.

En ce qui concerne les futures études environnementales de terrain pour documenter les autres éléments du milieu biophysique, elles devront porter sur la caractérisation de la qualité des sols et des eaux souterraines, ainsi que dans la réalisation d'inventaires de la faune et la flore terrestres et aquatiques et des habitats associés. De plus, les conditions hydrologiques et hydrogéologiques à proximité des installations minières proposées devront commencer à être documentées afin de concevoir les aménagements de gestion de l'eau (diversion, contrôle du ruissellement, rejets) et estimer les débits d'infiltration des eaux souterraines dans les excavations minières. Des études géochimiques devront aussi être effectuées sur les matériaux issus de l'exploitation minière pour confirmer leur mode de disposition.

Finalement, peu de données ayant été recueillies pour décrire le milieu humain de la région où se déroulera le projet, il sera nécessaire dans les étapes à venir de rassembler les données requises pour dresser un portrait socio-économique de la région du projet. Les données seront recueillies auprès de sources gouvernementales et dans le cadre d'entretiens dirigés avec les autorités régionales et locales et les parties prenantes concernées. En outre, une étude du potentiel archéologique sera requise, en considérant l'histoire de la région.

20.2.2 CONDITIONS EXISTANTES

20.2.2.1 Site de la mine

Le projet minier Kwyjibo est situé dans la région administrative de la Côte-Nord, à environ 125 km au nord-est de la ville de Sept-Îles et 70 km au nord du golfe du Saint-Laurent. La propriété minière est située dans un secteur isolé, accessible uniquement par voie aérienne (hydravion ou hélicoptère). On trouve à quelques dizaines de kilomètres de la propriété la station Prémio de la ligne Québec North Shore et Labrador Railway (QNSL) et la ligne de transport hydroélectrique de Churchill Falls. D'autres projets miniers sont en exploitation ou en développement dans la région.

La propriété minière se trouve dans la région physiographique du Bouclier canadien, plus précisément dans le massif du lac Magpie du plateau de la Basse-Côte-Nord. La région est caractérisée par plusieurs masses rocheuses entrecoupées de rivières coulant selon un axe nord-sud dans des vallées encaissées. Plusieurs sommets entourant la propriété dépassent 800 m et font partie du socle rocheux composé principalement d'anorthosite et de gabbro. La propriété est située sur le flanc sud de l'un de ces plateaux. La région a connu les épisodes glaciaires du Quaternaire qui ont déposé des tills et moraines sur le socle et des dépôts fluvio-glaciaires dans les vallées.

Le climat de la région est généralement froid et humide et présente une température annuelle moyenne allant de -10°C à $+0,6^{\circ}\text{C}$. Les étés sont relativement doux avec quelques pointes de température au-dessus de 22°C ; et les hivers sont particulièrement rudes avec d'importantes accumulations de neige dans les vallées protégées.

La région du projet est caractérisée par une abondance de lacs et de rivières. Toutefois, il y aurait peu de milieux humides. La propriété minière est traversée à l'extrémité est par la rivière Manitou et se trouve à 10 km au nord du lac du même nom. Selon les échantillonnages effectués sur les cours d'eau de la propriété, les eaux de surface sont limpides et de bonne qualité. Elles sont caractérisées comme étant acides (pH de 4,7 à 6,6) avec une faible capacité tampon. En général, les eaux de surface répondent aux critères provinciaux et fédéraux pour la plupart des paramètres, à l'exception de quelques éléments de façon non systématique (pH, Al, Cu, Fe, Hg, Pb, HP C₁₀-C₅₀). En effet, les nombreuses campagnes d'échantillonnage ont mis en évidence la variabilité spatiale et temporelle de certains de ces paramètres. De faibles concentrations en lanthane et cérium (terres rares), ainsi que celles en thorium et uranium (éléments radioactifs) ont été détectées dans les eaux naturelles.

Quant au milieu biologique, la région est caractérisée par la forêt boréale composée principalement d'épinettes noires et d'épinettes blanches, de bouleaux blancs et de peupliers faux-trembles dans des zones abritées des vents du nord et du nord-ouest. Les plateaux et les sommets sont caractérisés par une végétation alpine-nordique, alors que les sommets dépassant les 800 mètres sont habituellement couverts d'une végétation rabougrie ou complètement dénudée.

Finalement, la région abrite une faune variée. On note la présence d'un troupeau de caribous forestiers. Orignaux, ours noirs et martres ont aussi été observés sur la propriété. Les activités de pêche sont reconnues dans la région. La plupart des lacs sont peuplés d'ombles de fontaine et contiennent des populations de truites grises. On note aussi la présence de rivières à saumon.

La Figure 20.1 présente le couvert végétal type de la région du projet et la rivière Manitou.

Figure 20.1 - Rivière Manitou



20.2.2.2 Usine hydrométallurgique

La localisation du site de l'usine hydrométallurgique qui sera construite pour traiter le minerai extrait de la mine n'est pas encore déterminée. L'information sur les caractéristiques biophysiques du futur site et de l'environnement humain à proximité sera examinée lorsque l'emplacement du site sera connu officiellement.

20.2.3 IDENTIFICATION PRÉLIMINAIRE DES ENJEUX

Le projet est encore à un stade préliminaire de développement. Cependant, il est possible d'identifier les principaux impacts potentiels anticipés sur la base d'observations effectuées sur des projets miniers similaires réalisés dans des conditions semblables.

Ainsi, les impacts potentiels de ce type de projet seront associés en grande partie à l'empreinte des infrastructures du site et de la zone d'exploitation minière. Certains habitats pourraient être grandement affectés par la perte d'une partie des sols, de la végétation et des terres humides, suite à la coupe d'arbres pour les accès et la préparation du site pour la construction des infrastructures minières. Des impacts sont également anticipés sur le régime et la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines attribuables à la construction des infrastructures minières et au drainage du site.

Néanmoins, l'empreinte du projet sera probablement limitée. En effet, SOQUEM et Focus Graphite ont prévu la construction d'une mine souterraine et le comblement progressif en cours de projet des galeries souterraines, dont l'exploitation est terminée, à l'aide des résidus miniers. Cette approche limitera grandement la superficie occupée en surface par les installations minières. Toutefois, l'empreinte associée à la route d'accès pourrait être importante. Des études seront effectuées pour optimiser son tracé et tenir compte des préoccupations environnementales et sociales.

Finalement, de par le bruit et la pollution de l'air ou de l'eau, la présence du site et les activités qui s'y déroulent pourraient gêner l'utilisation actuelle du territoire et certaines activités qui s'y déroulent. Des mesures d'atténuation appropriées seront mises en place.

Quant au site de l'usine, une attention particulière a aussi été apportée dans la conception des installations afin de réduire les impacts environnementaux anticipés. Les produits de traitement seront régénérés afin de limiter l'apport de nouvelles quantités. Le principal enjeu consistera en la disposition des résidus de l'usine qui contiendront entre autres du thorium. Des études seront menées pour choisir la meilleure option environnementale, sociale et technique.

L'évaluation préliminaire des impacts potentiels mentionnés précédemment est qualitative et les impacts seront évalués de façon détaillée lors de la préparation de l'étude d'impact environnemental et social et en fonction des composantes optimisées du projet.

20.3 Caractérisation et gestion du minerai, du concentré et des résidus miniers

Une caractérisation détaillée des propriétés géochimiques du minerai, du concentré et des résidus miniers sera réalisée dans les étapes subséquentes du projet. Des échantillons des différents matériaux miniers seront analysés pour leur contenu en différents éléments chimiques (métaux, soufre, éléments radioactifs), et testés pour leur potentiel de génération acide, ainsi que leur potentiel de lixiviation. Les résultats seront comparés aux critères de la Directive 019 afin de classer les différents matériaux selon leurs caractéristiques géochimiques (faible risque, lixiviables, acidogènes, cyanurés, contaminés avec des composés organiques, radioactifs,

inflammables, risque élevé). Cette classification permettra de déterminer le mode final de gestion et disposition des matériaux miniers.

20.4 Contexte réglementaire et permis

Cette section présente les lois et règlements environnementaux qui pourraient s'appliquer au projet Kwyjibo. Bien que le projet ne soit qu'à un stade préliminaire de conception, les éléments susceptibles de déclencher une procédure d'examen environnemental nécessitant des autorisations spécifiques ou soumises à des normes, critères ou directives ont été identifiés et sont présentés dans la section. Les différentes réglementations ont été examinées pour les installations minières (mine et usine de traitement), ainsi que pour la future usine hydrométallurgique.

20.4.1 GOUVERNEMENT PROVINCIAL

20.4.1.1 *Loi sur les mines*

Le gouvernement du Québec a la responsabilité des activités minières dans la province. Ces activités sont assujetties à la *Loi sur les mines* qui définit la propriété des droits sur les substances minérales (claims, permis d'exploration minière, concessions minières, etc.), et les droits et obligations du titulaire du claim ou d'autres droits miniers accordés par l'État.

En ce qui concerne l'environnement, il convient de noter que le Chapitre IV, section III, de la *Loi sur les mines*, précise que le titulaire des droits miniers a la responsabilité de réhabiliter et restaurer les terres sur lesquelles des activités d'exploration et /ou de développement ont été réalisées. Ce travail doit être réalisé conformément à un plan de restauration préapprouvé par le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN). En vertu de la *Loi sur les mines*, le *Règlement sur les substances minérales autres que le pétrole, le gaz naturel et la saumure* précise également certaines exigences procédurales de la *Loi*, notamment en ce qui concerne les renseignements et documents à fournir au MERN sur les mesures de restauration et les lieux de stockage.

La *Loi* a été considérablement modifiée et modernisée par le projet de loi 70, que l'Assemblée nationale du Québec a adopté en décembre 2013. Dans le contexte du projet Kwyjibo, les modifications suivantes sont pertinentes:

- Dispositions spécifiques aux communautés autochtones et faisant référence à une politique de consultation des communautés autochtones propre au secteur minier (obligation de consulter les communautés autochtones et obligation pour le ministre de consulter les communautés autochtones séparément si les circonstances le justifient);
- Le locataire ou le concessionnaire devra envoyer au ministre à chaque date anniversaire d'un bail minier ou d'une concession minière un rapport indiquant la quantité de minerai extraite au cours de l'année précédente, sa valeur, les droits payés en vertu de la *Loi* sur l'impôt minier et les contributions globales payées;

- Les baux miniers à émettre exigeront l'approbation préalable d'un plan de réhabilitation et de restauration et la délivrance d'un certificat général d'autorisation en vertu de la *Loi sur la qualité de l'environnement* (LQE), à moins que le temps nécessaire pour obtenir un certificat soit déraisonnable.

Par la même occasion, le gouvernement du Québec a adopté des modifications au *Règlement sur les substances minérales autres que le pétrole, le gaz naturel et la saumure* afin d'établir de nouvelles règles concernant les garanties financières requises pour la restauration des sites miniers. Entre autres choses, la garantie financière est passée à 100 % des coûts prévus pour le travail requis dans le cadre du plan de réhabilitation et de restauration. La garantie doit couvrir les coûts de restauration associés aux zones d'accumulation, mais aussi tous les coûts pour l'ensemble du site minier et des infrastructures connexes. Elle doit être payée en trois versements annuels (50 % du montant total de la garantie doit être payé dans les 90 jours suivant la réception de l'approbation du plan; 25 % à la première et deuxième date anniversaire).

D'autres responsabilités incombent également au MERN. Des études de condamnation doivent également être effectuées par le promoteur du projet afin de s'assurer que l'exploitation future d'aucune ressource minérale ne sera négativement affectée par la présence de concasseurs et des sites d'entreposage des matériaux issus de l'exploitation minière.

20.4.1.2 Processus d'évaluation environnementale

Au Québec, les exigences environnementales pour tous projets sont définies dans la *Loi sur la qualité de l'environnement, Q-2* (LQE), qui relève du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte au changement climatique (MDDELCC). Les principaux articles de la LQE relatifs à l'obtention de certificats d'autorisation ou d'autorisations environnementales, notamment pour un projet minier, sont les articles 22 (cas général) et 31.1 (étude d'impact sur l'environnement).

Le projet Kwyjibo serait soumis à la procédure d'évaluation environnementale pour le sud du Québec en vertu de la LQE. L'annexe 1 du *Règlement relatif à l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement* (entrée en vigueur le 23 mars 2018) énumère les activités pouvant être soumises à la procédure et celles possiblement applicables au contexte du projet Kwyjibo sont présentées, ci-après:

22. ACTIVITÉS MINIÈRES

(...)

Les projets suivants sont assujettis à la procédure :

1° l'établissement d'une mine d'uranium ou de terres rares;

(...)

23. TRAITEMENT DE MINERAI

(...)

Les projets suivants sont assujettis à la procédure :

1° la construction d'une usine de traitement de l'une des matières suivantes :

a) de minerai d'uranium;

b) de minerai de terres rares;

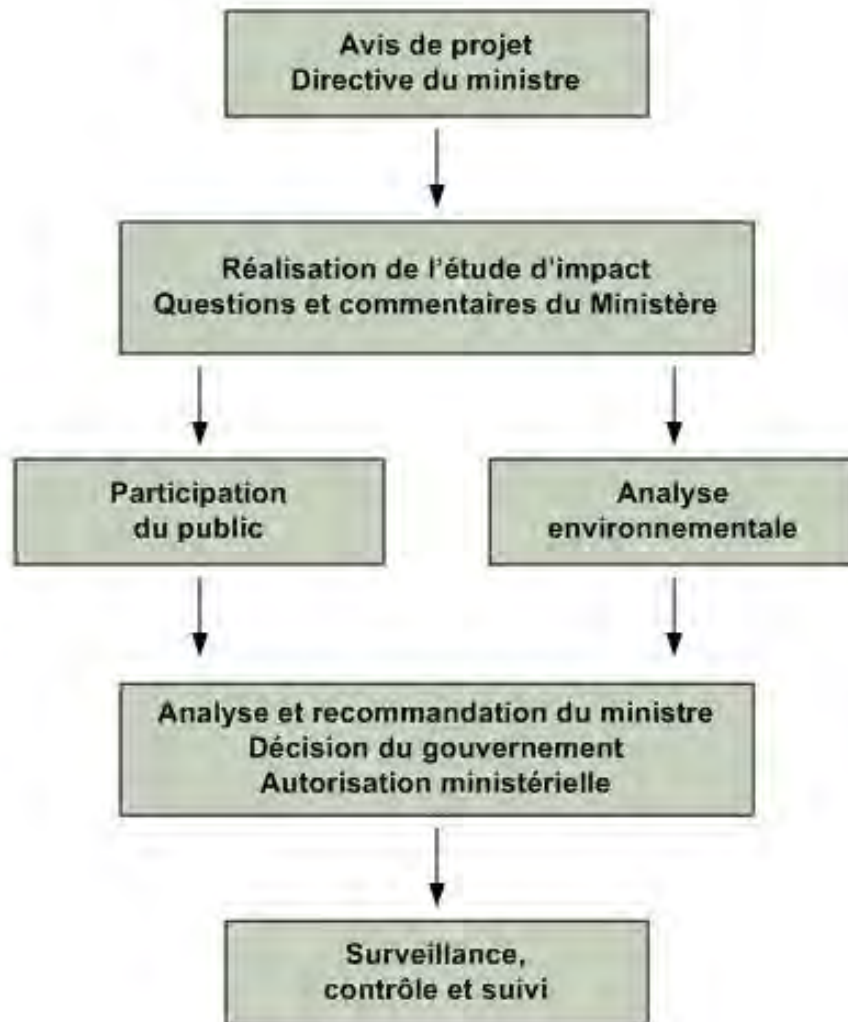
(...)

Par conséquent, la procédure d'évaluation et d'examen des impacts environnementaux s'appliquerait à un projet minier de terres rares, tel que le projet Kwjibo, conformément à l'article 31.1 de la *Loi sur la qualité de l'environnement* (LQE). Ce serait également le cas pour l'usine hydrométallurgique traitant des terres rares.

La Directive 019 (mars 2012) est la référence utilisée par le MDDELCC afin de fournir des lignes directrices aux promoteurs pour la préparation des études environnementales et pour l'évaluation des projets miniers, notamment en ce qui concerne la gestion de l'eau, des résidus et stériles et la protection des eaux de surface et souterraines. Elle présente également les approches pour caractériser les déchets miniers et donne des critères pour tout effluent d'eau rejeté dans l'environnement. De plus, le guide *Radionucléides recommandés pour l'analyse de la radioactivité dans les matrices environnementales* a été publié en 2017 par le MDDELCC pour les projets concernés par ce type d'éléments chimiques.

Les principales étapes du processus d'évaluation environnementale sont présentées dans la figure suivante.

Figure 20.2 – Procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement au Québec méridional ²³



Selon le nouveau *Règlement relatif à l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement*, le processus d'examen par le MDDELCC doit être complété à l'intérieur d'une période de 13 mois. Cette période comprend les audiences publiques, s'il y a lieu, mais n'inclut pas le temps du promoteur pour préparer l'étude d'impact et pour fournir des renseignements supplémentaires conformément aux demandes du MDDELCC. Par conséquent, il est raisonnable de considérer une période d'environ 24 mois entre la préparation de l'avis de projet et l'obtention de l'approbation du gouvernement.

À la suite d'une décision positive du gouvernement, un certificat d'autorisation général devra être obtenu auprès du bureau régional du MDDELCC, conformément à l'article 22 de la *LQE*. La

²³ source : <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/evaluations/procedure.htm>

demande d'autorisation devra inclure les plans et les spécifications du projet, l'emplacement précis et la quantité ou la concentration de contaminants susceptibles d'être émis, déposés, émis ou rejetés dans l'environnement.

De nombreux autres permis et autorisations devront également être obtenus pour les sites de la mine et de l'usine hydrométallurgique, conformément aux divers articles de la LQE. Mentionnons par exemple différentes autorisations qui pourraient être demandées : attestation d'assainissement, prélèvement d'eau de surface ou souterraine, traitement des eaux usées et adduction d'eau, émissions atmosphériques et gestion des déchets solides.

Enfin, selon la *Loi sur les forêts*, nul ne peut mener dans les forêts publiques une activité de développement forestier à moins d'être titulaire d'un permis d'intervention forestière délivré par le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP). Le développement forestier inclut, entre autres, le travail de coupe et de récolte et la mise en œuvre et l'entretien des infrastructures.

Les demandes d'autorisation et le processus d'obtention de permis prennent en principe plusieurs mois. Certaines demandes peuvent être déposées en même temps que les travaux de construction et ne devraient donc pas avoir d'impact sur le développement du projet s'il s'avère positif.

20.4.2 GOUVERNEMENT FÉDÉRAL

20.4.2.1 *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale*

Le gouvernement fédéral a également adopté plusieurs lois et règlements environnementaux qui pourraient concerner les activités associées au projet Kwyjibo. La *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale* (LCÉE), adoptée en 2012, comprend une procédure d'évaluation environnementale. Cette dernière met l'accent sur les effets environnementaux négatifs potentiels qui relèvent de la compétence du gouvernement fédéral, notamment en ce qui concerne :

- les poissons et leur habitat;
- d'autres espèces aquatiques;
- les oiseaux migrateurs;
- le territoire domaniale;
- les effets environnementaux qui franchissent les frontières provinciales ou internationales;
- les effets qui touchent les peuples autochtones, par exemple leur usage des terres et des ressources à des fins traditionnelles;
- les changements environnementaux qui sont directement liés ou nécessairement accessoires à des décisions fédérales concernant un projet.

Les évaluations environnementales en vertu de la LCÉE portent sur des projets proposés qui sont « désignés », soit par règlement, soit par le ministre de l'Environnement. Le *Règlement désignant les activités concrètes* énumère les activités qui constituent un « projet désigné » et qui peuvent

nécessiter une évaluation environnementale en vertu de la LCÉE. Une annexe au *Règlement* décrit les activités concrètes associées à la réalisation de projets.

Parmi les activités concrètes énumérées dans l'annexe, celles pouvant être désignées pour le projet Kwijibo se trouvent à l'article suivant :

- « 16. La construction, l'exploitation, la désaffectation et la fermeture :
- / d'une nouvelle mine métallifère, autre qu'une mine d'éléments des terres rares ou mine d'or, d'une capacité de production de minerai de 3 000 t/jour ou plus;
 - / d'une nouvelle usine métallurgique d'une capacité d'admission de minerai de 4 000 t/jour ou plus;
 - / d'une nouvelle mine d'éléments des terres rares ou d'une nouvelle mine d'or, autre qu'un placer, d'une capacité de production de minerai de 600 t/jour ou plus;
 - / d'une nouvelle mine de charbon d'une capacité de production de charbon de 3 000 t/jour ou plus;
 - / d'une nouvelle mine de diamants d'une capacité de production de minerai de 3 000 t/jour ou plus;
 - / d'une nouvelle mine d'apatite d'une capacité de production de minerai de 3 000 t/jour ou plus;
 - / d'une nouvelle carrière de pierre, de gravier ou de sable d'une capacité de production de 3 500 000 t/an ou plus. »

Ainsi, conformément au *Règlement désignant les activités concrètes*, le processus d'évaluation environnementale de la LCÉE est déclenché en fonction de la capacité de production selon le type de mine et selon la capacité d'admission de minerai pour une nouvelle usine métallurgique. Par conséquent, il est probable que le processus de la LCÉE sera déclenché et qu'une autorisation fédérale serait requise le projet Kwijibo qui a une capacité de production prévue de 1 000 tonnes par jour pour une production annuelle de 10 000 tonnes de terre rares. Néanmoins, le processus concernerait seulement la mine dans ce cas-ci.

De plus, selon l'article 5 de la LCÉE, l'une des conditions suivantes est requise pour l'application de la procédure fédérale:

- / Une autorité fédérale est le promoteur du projet;
- / Une autorité fédérale « administre des terres fédérales et vend, loue ou cède autrement ces terres ou des droits sur ces terres »;
- / Une autorité fédérale fournit un soutien financier;
- / Une autorité fédérale délivre un permis ou une licence, accorde une approbation ou prend toute autre mesure permettant de réaliser le projet en totalité ou en partie.

Parmi ces conditions, la dernière pourrait être un déclencheur potentiel du processus fédéral pour le projet. En effet, une évaluation environnementale fédérale est généralement déclenchée lorsqu'une autorité fédérale détermine qu'elle doit fournir une licence, un permis ou une approbation permettant la réalisation d'un projet (comme une autorisation en vertu de la *Loi sur les pêches*).

En ce qui concerne le projet Kwyjibo, la loi et le règlement les plus pertinents sont la *Loi sur les pêches*. L'article 35 de la *Loi sur les pêches* précise:

Il est interdit d'exploiter un ouvrage ou une entreprise ou d'exercer une activité entraînant des dommages sérieux à tout poisson visé par une pêche commerciale, récréative ou autochtone, ou à tout poisson dont dépend une telle pêche.

Cet article pourrait s'appliquer au site de la mine et à celui de l'usine hydrométallurgique. Il nécessiterait donc une autorisation du gouvernement fédéral. D'autres autorisations pourraient également être exigées.

Ainsi selon la LCÉE, les promoteurs d'un projet désigné doivent soumettre une description du projet désigné à l'Agence canadienne d'évaluation environnementale (ACÉE) afin de déterminer si une évaluation environnementale du projet désigné est nécessaire ou non. Les organismes fédéraux détermineront alors si une évaluation environnementale fédérale est nécessaire. Si un organisme fédéral détermine qu'il doit délivrer un permis ou une approbation pour le projet, les autorités fédérales détermineraient le niveau d'évaluation environnementale à appliquer au projet.

Le niveau d'évaluation environnementale nécessaire pour une exploitation minière en présence d'un déclencheur en vertu de la LCÉE est déterminé par un certain nombre de facteurs. Le niveau de base de l'évaluation est le niveau de dépistage. Le niveau suivant est l'étude approfondie, qui est généralement appliquée à des projets plus vastes et plus complexes. L'évaluation environnementale devra tenir compte d'un vaste ensemble d'éléments qui comprend les effets cumulatifs, les mesures d'atténuation et les commentaires du public.

Par exemple, une mine de métaux dont le taux de production prévu est de 3 000 tonnes par jour ou plus fait l'objet d'une étude approfondie (article 16 de l'annexe du *Règlement sur la liste d'étude approfondie*). Cela signifie que la mine proposée, dont le taux de production prévu est de 1 000 tonnes par jour, ne ferait pas l'objet d'une étude approfondie.

Il est à noter que des changements seront apportés à la procédure d'évaluation environnementale du gouvernement fédéral suite au dépôt de projets de loi en 2018. Les incidences sur le projet seront examinées lorsque l'information sera connue.

20.4.2.2 *Règlement sur les effluents des mines de métaux*

Le projet Kwyjibo devrait aussi se conformer au *Règlement sur les effluents des mines de métaux* (REMM) une fois que la mine sera en production commerciale. Le REMM, administré par Environnement Canada, a été élaboré en vertu de l'article 36 de la *Loi sur les pêches* afin de

réglementer les rejets d'eau dans l'environnement. Le REMM s'applique aux mines existantes et nouvelles.

Le REMM exige l'élaboration d'un programme de surveillance des effets environnementaux et de rapports annuels pour la surveillance du rendement. Il comprend la caractérisation du poisson, du benthos, de l'eau, des sédiments, etc. En réalité, cette information doit être recueillie de toute façon pour la détermination des conditions de référence dans le cadre de la procédure provinciale d'évaluation d'impact. Ainsi, les informations recueillies seront utilisées par les deux paliers de gouvernement.

20.4.3 AUTORITÉ MUNICIPALE

Le projet Kwyjibo est situé sur le territoire de la MRC de Minganie, incorporé au territoire non organisé (TNO) de la municipalité de Lac Jérôme, et touche les limites territoriales de deux communautés innues. Il est probable que des permis seront requis pour les activités de construction sur ces territoires. Des permis similaires seront également requis par les autorités municipales pour la construction de l'usine hydrométallurgique au site qui sera retenu.

20.5 Impact social et sur la communauté

20.5.1 CONSULTATION DES PARTIES PRENANTES

Le projet Kwyjibo est situé dans la MRC de Minganie et est incorporé au territoire non organisé de la municipalité de Lac Jérôme. La propriété chevauche les limites territoriales des communautés innues d'Uashat mak Mani-Utenam à l'ouest et d'Ekuanishit (Mingan) à l'est.

Des activités d'information auprès des Premières nations ont été menées par SOQUEM et Focus Graphite et continueront d'être développées. Par exemple, SOQUEM et Focus Graphite ont organisé en 2011, 2012 et 2013 des rencontres d'information et de consultation à Uashat avec les participants suivants:

- des représentants du Conseil des Innus de Uashat mak Mani-Utenam (ITUM);
- des représentants de la Famille Vollant (utilisateurs traditionnels du territoire concerné par le projet).

Une visite par hélicoptère du site et des emplacements des travaux effectués jusqu'à maintenant (camp, forages d'exploration minière) a aussi été organisée en octobre 2013 par SOQUEM et Focus Graphite avec deux représentants de la Famille Vollant.

Les objectifs des activités menées à ce jour étaient d'informer les Innus de la Première Nation d'Uashat Mak Mani-Utenam (ITUM), en particulier les principaux utilisateurs du territoire, sur les activités du projet effectuées l'année précédente et prévues pour l'année en cours, de prendre note de leurs préoccupations quant à l'impact des travaux sur le territoire ancestral et de documenter leurs commentaires.

Lors des réunions, les échanges étaient cordiaux, mais plusieurs éléments ont fait l'objet de vives discussions.

Entre 2014 et 2018, il y a eu peu d'échange, hormis quelques courriels. Une nouvelle démarche a été mise en place depuis avril 2018 afin de rétablir le dialogue avec la communauté de Uashat mak Mani-Utenam.

20.5.2 PRÉOCCUPATIONS DES COMMUNAUTÉS CONCERNÉES

Lors des différentes rencontres, les préoccupations des parties prenantes concernées ont été discutées et notées. Elles concernent principalement : la préservation du territoire ancestrale de la Famille Vollant; les nuisances possibles (bruit); la contamination de l'eau, notamment du lac Manitou; la radioactivité; la remise en état des lieux, si le projet ne va pas de l'avant; et l'implication possible des membres de la communauté dans le projet.

Depuis 2013, la direction de Focus Graphite s'est engagée comme premier intervenant dans le projet afin de faciliter les contacts avec les représentants du Conseil ITUM et de la Famille Vollant et de développer un lien de confiance.

20.6 Fermeture et réhabilitation du site minier

Comme stipulé dans *la Loi sur les mines* du Québec, un plan de réhabilitation et de restauration devra être préparé pour le projet Kwyjibo. Le plan de réhabilitation et de restauration devra être élaboré en conformité avec les Lignes directrices provinciales pour la préparation d'un plan de réhabilitation des sites miniers (MERN, 2017).

La *Loi sur les mines* du Québec a été mise à jour dans les dernières années et des moyens supplémentaires ont été mis en place pour assurer la restauration des sites miniers. Le montant total des coûts de réhabilitation a été porté à 100 % et le calendrier des paiements de sécurité a été accéléré en trois versements (50 %, 25 % et 25 % des coûts totaux), la moitié des coûts devant être garantie avant le début des opérations.

Le plan de fermeture, qui doit être approuvé avant le début des opérations, devra aborder entre autres les points suivants:

- la sécurisation de la zone minière;
- le démantèlement des infrastructures;
- la stabilisation et la remise en état des zones de gestion et d'élimination des stériles et des résidus;
- la caractérisation et l'élimination des sols contaminés;
- la gestion des eaux usées;
- la préparation d'un plan d'urgence et de suivi.

20.7 Conclusions

En fonction de ces caractéristiques et de la réglementation, le projet Kwyjibo devra suivre le processus d'évaluation environnemental provincial pour le site de la mine et pour le site de l'usine hydrométallurgique, et une évaluation environnementale de dépistage serait requise pour la mine dans le cadre du processus fédéral.

Peu d'études de référence environnementale ont été menées spécifiquement pour soutenir le projet. Après la publication des résultats de l'évaluation économique préliminaire, SOQUEM et Focus Graphite devraient amorcer en 2018 les études environnementales de référence requises, ainsi que la collecte de données sur le contexte socio-économique associé au projet.

Les études environnementales de référence sont généralement menées sur un minimum de 16 à 18 mois consécutifs pour couvrir les quatre saisons. Les études se poursuivent souvent au-delà de la période minimale de 12 mois, en particulier en cas de conditions saisonnières anormales. Le processus d'évaluation de l'impact environnemental du projet peut s'échelonner quant à lui sur 24 mois, tout en englobant le temps de l'étude environnementale de référence.

Finalement, les discussions avec les parties prenantes du projet devront se poursuivre pour assurer une bonne relation entre les promoteurs du projet et les communautés concernées, en particulier les utilisateurs actuels du territoire.

21 COÛTS D'INVESTISSEMENT ET COÛTS OPÉRATIONNELS

La portée de cette estimation consiste en :

- la construction d'une nouvelle installation minière;
- d'une usine de traitement de minerai (concentrateur) d'une capacité de 365 000 tonnes par année de minerai;
- d'une usine d'hydrométallurgique (« **usine hydromet** ») qui traitera environ 174 000 tonnes de minerai enrichi en provenance de l'usine de traitement du minerai (concentrateur) et qui produira 10 000 tonnes d'oxydes de terres rares (« **OTR** »).

Les estimations des coûts d'investissement et coûts opérationnels liées à la mine, au concentrateur et aux installations et infrastructures requises sur le site minier, ainsi que les installations requises pour l'usine hydrométallurgique, ont été développées par DRA/Met-Chem avec l'assistance de SMH Process Innovation pour certains aspects de l'usine hydromet.

Le coût d'investissement et les coûts d'opération sont présentés en dollars canadiens (« \$ »).

21.1 Estimation du coût d'investissement

L'estimation du coût d'investissement (Capital Expenditure « **CAPEX** ») comprend les coûts capitaux directs et indirects ainsi que la contingence et une provision pour le capital de maintien. De plus, les montants pour la fermeture et la réhabilitation des sites ont été estimés. Les fonds de roulement sont discutés dans le chapitre 22.

21.1.1 PORTÉE DE L'ESTIMATION

Le Capex comprend le matériel, les équipements, la main-d'œuvre et le fret requis pour le développement préliminaire de la mine, les installations de traitement de minerai, l'entreposage et la gestion des résidus, ainsi que toutes les infrastructures et services nécessaires pour soutenir l'exploitation.

Les Capex préparées pour cette EEP sont basés sur une estimation de classe 4, selon la pratique recommandée 47R-11 de l'Association for the Advancement of Cost Engineering (« **AACE** ») avec une précision de -35 %. Certains éléments du Capex peuvent ne pas atteindre ce niveau de précision. Cependant, l'estimation globale se situe dans les paramètres de la précision prévue.

La période de référence pour l'estimation des coûts est Q4 2017.

21.1.1.1 Hypothèses principales

Tous les permis pertinents pour le projet seront obtenus en temps opportun pour respecter l'échéancier du projet.

Le Capex reflète une exécution de type Ingénierie, Approvisionnement et Gestion de la Construction (« **IAGC** ») dans laquelle un entrepreneur IAGC exécutera les activités de

conception, d'approvisionnement et de gestion de construction pour le projet. Tous les sous-contrats seront gérés par l'entrepreneur IAGC.

Un camp sera nécessaire pendant la période de construction de la zone de la mine. Cependant pour la zone de l'hydrométallurgique, le logement a été considéré comme disponible et suffisant.

Tous les matériaux de remblayage seront disponibles à partir de gravières ou d'autres sources situées à proximité du site. Les stériles miniers ne conviennent pas pour la construction de routes. Tous les matériaux excavés seront disposés dans les limites du périmètre des installations.

21.1.1.2 Exclusions principales

Les éléments suivants n'ont pas été inclus dans le Capex:

- provision pour inflation, escalades, fluctuations monétaires et intérêts encourus pendant la construction;
- les coûts de financement du projet;
- les droits et taxes ont été exclus du Capex, cependant, sont pris en compte dans l'analyse économique.

21.1.2 RÉSUMÉ DES COÛTS D'INVESTISSEMENTS

Le Tableau 21.1 présente un résumé global du capital initial pour soutenir le projet.

Tableau 21.1 – Résumé des coûts d'investissement ('000 \$)

Description	Mine et Concentrateur	Hydrométallurgie	Total ('000 \$)
Coûts directs	270 380	221 785	492 165
Coûts indirects et du propriétaire	83 380	55 011	142 391
Contingence	51 551	41 520	93 071
Total coûts d'investissement	405 311	318 316	723 627
Coût de fermeture	2 300	4 000	6 300
Coûts de maintien	15 682	3 136	18 818
Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre aux totaux indiqués.			

21.1.3 BASE DE L'ESTIMATION - GÉNÉRALE

Le CAPEX est basé sur les hypothèses suivantes :

- Des semaines de 10 heures par jour, 7 jours par semaine ont été considérées pour la période de construction. Tous les ouvriers seront logés dans un camp près du chantier de construction et aucun camp ne sera fourni pour les installations de l'hydrométallurgie.

21.1.4 DEVISE

La devise de base de l'estimé est le dollar canadien. Les coûts comprennent des éléments soumis en divers devises qu'ont été convertis en dollars canadiens en utilisant les taux de change d'une période de trois (3) mois terminé le 21 décembre 2017. Le Tableau 21.2 présente les taux de change.

Tableau 21.2 – Taux de change

Code de devise	Devise	\$ Canadien
CAD	Dollar Canadien	1.00
USD	Dollar des États-Unis	1.25
EUR	Euro	1.51

21.1.5 DÉVELOPPEMENT DES COÛTS

Les critères généraux pour la préparation du Capex sont basés sur les facteurs appropriés pour ce type de projet. DRA/Met-Chem possède beaucoup d'expérience dans le Nord-du-Québec et a développé les facteurs basés sur des travaux similaires en cours.

L'estimation est basée sur des dessins préliminaires préparés pour soutenir le Capex. Les dessins comprennent une présentation générale de la zone, de l'usine, et des résidus. Deux (2) dessins montrent la disposition de l'usine de traitement de minerai principale, l'usine hydrométallurgique et les installations de traitement de minerai situées aux alentours.

Des listes préliminaires d'équipement ont été préparées à partir des schémas de procédés préliminaires pour les installations du concentrateur et de l'usine hydrométallurgique.

21.1.6 PÉRIODE DE TRAVAUX DE CONSTRUCTION

L'estimation est basée sur l'hypothèse que les contrats de construction seront attribués sur la base d'un processus d'appel d'offres concurrentiel parmi les entrepreneurs qualifiés. Une stratégie pour favoriser l'emploi local sera appliquée afin de s'assurer de trouver les entrepreneurs et les travailleurs qualifiés nécessaires. Un niveau de gestion du site, d'administration des contrats, de contrôle de la qualité et d'exigences de sécurité adéquates seront exigés des entrepreneurs par l'entrepreneur IAGC.

Un calendrier réaliste, une logistique adéquate et une gestion de la construction appropriée sont également attendus, de même que de bonnes conditions sur le site, un nombre limité d'entrepreneurs, des travaux en heures supplémentaires limitées et des interruptions de travail causer par des changements, des interférences ou des retards minimaux.

Des provisions ont été incluses pour couvrir les équipements et les fournitures majeurs de l'entrepreneur, y compris (acheté et loué) l'équipement de construction, les véhicules et autres installations comme les roulottes, les ateliers à outils, les panneaux électriques, les conteneurs, l'entretien des aires, les services de nettoyage, ainsi que la mobilisation et la démobilisation. Des outils d'installation spéciaux, des grues, des échafaudages, le calage (cribbing) et du bois de calage (dunnage) ont été inclus aussi, ainsi qu'une protection contre les intempéries. Le transport des travailleurs sur le site de construction est également inclus.

Les coûts de main-d'œuvre comprennent les taux horaires de base pour l'entrepreneur, les avantages sociaux et la charge de l'employeur, la prime de site industrielle requise, la supervision directe, les petits outils, l'équipement de protection individuelle, les consommables et les bénéfices de l'entrepreneur. La supervision indirecte et l'établissement du site ainsi que la mobilisation / démobilisation de l'entrepreneur sont exclus du taux horaire, mais ils sont inclus dans les coûts indirects de la gestion du site de l'entrepreneur en construction, tel que décrit ci-dessous.

Le calendrier de travail a été défini comme une (1) période de travail de dix (10) heures par jour et de sept (7) jours par semaine pour un total de 70 heures par semaine. Le calendrier comprend trois (3) semaines de travail et une (1) semaine de congé par mois.

Un camp de construction a été prévu pour le site minier et il a été supposé que des logements seraient disponibles dans les zones voisines pendant la construction de l'usine hydrométallurgique.

21.1.7 FRET, DROITS ET TAXES

Sur la base de sondages et d'études récentes, lorsque le fret n'est pas inclus dans le coût, le fret a été comptabilisé en ajoutant un facteur de 10 % de la valeur des marchandises.

Tous les droits et taxes ont été exclus du Capex, mais des facteurs pertinents ont été pris en compte pour l'analyse économique après impôts.

21.2 Estimation – site de la mine

Le Tableau 21.3 présente un résumé des coûts d'investissement directs pour les installations de la mine et du concentrateur, notamment la nouvelle route proposée entre le site minier et la route 138.

Tableau 21.3 – Résumé des coûts directs – installations de la mine et du concentrateur

Description	Coûts initiaux ('000\$)
Mine	58 481
Usine de traitement	56 590
Gestion des résidus et de l'eau	348
Concentré / manutention du produit	4 000
Distribution électrique	12 521
Infrastructures	13 749
Nouvelle route d'accès	117 051
Camp de construction	7 640
Total	270 380

Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre aux totaux indiqués.

21.2.1 MINE

L'exploitation minière a été estimée sur la base d'une phase initiale de développement où un entrepreneur préparera la rampe et les chantiers et développera les travaux préparatoires que les opérations minières puissent commencer l'exploitation immédiatement après la mise en service des installations de concassage.

La phase de développement de la mine sera exécutée par un entrepreneur qui fournira l'équipement, le personnel et l'entretien nécessaires pour exécuter les activités requises pour préparer la mine.

Pendant cette période, l'équipement de la mine sera acheté et préparé pour les opérations. Le personnel d'exploitation du propriétaire sera formé pendant cette période afin que les opérations commencent au début de la production.

Le coût de développement de la mine comprend tout l'équipement de mine et de service nécessaire, la fourniture d'explosifs et le développement des rampes et galeries. Environ 1,2 km de rampes et galeries seront excavées durant la période initiale.

Le coût de développement de la mine attribué à l'entrepreneur tient compte des activités qui seront réalisées au cours de la période de développement de 18 mois afin de préparer la mine pour les opérations. Tout le minerai rencontré durant la phase de développement sera entreposé à proximité du concasseur.

Le Tableau 21.4 présente la répartition des coûts directs pour la mine.

Tableau 21.4 – Coûts directs – mine

WBS	Description	Coût ('000 \$)
110.1	Équipement minier (propriétaire)	19 590
110.2	Développement minier (entrepreneur)	37 058
110.3	Services / Installations minières	1 833
Total		58 481

Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre aux totaux indiqués.

21.2.2 PROCÉDÉ

Les installations de traitement de minerai comprennent le concassage, le concentrateur et la manutention des produits secs ainsi que certaines installations auxiliaires, services et systèmes tels que la préparation et la distribution des réactifs et du floculant, l'air comprimé, l'eau fraîche et les résidus.

Le Tableau 21.5 présente la répartition des coûts directs pour les installations de traitement de minerai.

Tableau 21.5 – Coûts directs – installations de traitement du minerai

WBS	Description	Coût ('000 \$)
120.1	Concassage	8 282
120.2	Stockage de minerai	1 728
120.3	Usine de traitement de minéral	46 580
Total installations de traitement de minerai		56 590

Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre aux totaux indiqués.

21.2.2.1 Bâtiments et installations

L'usine de concassage est le bâtiment qui contient le concasseur primaire et un système d'élimination de poussières. L'usine aura une structure isolée. La salle électrique sera protégée contre les intempéries.

L'entreposage du minerai concassé se composera d'un silo en acier sur une fondation en béton avec des alimentateurs à tablier qui alimenteront les convoyeurs entrant au concentrateur.

Le bâtiment de traitement de minerai comprend la zone du concentrateur, la zone de manutention et d'entreposage des produits, des salles de contrôle et électriques ainsi que le laboratoire, l'atelier mécanique, des bureaux, un vestiaire et une salle à manger.

Le coût des bâtiments de traitement de minerai a été estimé en fonction des facteurs m^2 et m^3 développés pour ce type de travaux dans cette région. Les dimensions globales du bâtiment sont les seules quantités développées dans le cadre de cette étude.

21.2.2.2 *Équipements mécaniques de procédé*

La liste des équipements mécaniques de procédé a été dérivée des schémas de procédé. Pour les équipements importants, basés sur des fiches techniques, des tableaux de données ou des descriptions techniques, les prix budgétaires ont été obtenus auprès de fournisseurs qualifiés. Les prix budgétaires reçus et incorporés dans le Capex représentent environ 60 % de la valeur totale des équipements mécaniques de procédé. Les équipements restants ont été estimés à partir de bases de données de projets similaires récents ou d'estimations de coûts internes.

La main-d'œuvre pour l'installation des équipements mécaniques de procédé a été estimée pour chaque pièce d'équipement en utilisant une base de données interne ou des publications industrielles. Des provisions ont également été ajoutées basé sur des facteurs pour les frais de levage, contrat de sous-traitance ou de matériaux de construction spéciaux.

21.2.2.3 *Tuyauterie*

Le coût de la tuyauterie de traitement de minerai a été établi par factorisation des équipements mécaniques de procédé livrés sur la base de projets similaires récents. Les résidus et les tuyaux de récupération d'eau ont été estimés en fonction du dimensionnement des lignes et des prix unitaires à partir des tableaux d'estimation des coûts industriels récents.

21.2.2.4 *Électrique et instrumentation*

Les coûts et les quantités d'équipement électrique et d'instrumentation ont été calculés en fonction des facteurs du coût des équipements mécaniques de procédé livrés pour les différentes installations.

21.2.3 INSTALLATIONS DE GESTION DES RÉSIDUS

Le concentrateur est conçu pour retourner tous les résidus dans la mine grâce à un système de remblai en pâte. Les coûts de ce système ont été inclus dans le coût du concentrateur. Durant les six (6) premiers mois de production, il faudra une zone pour contenir les résidus. Les résidus seront livrés par camion ou par chargeuse frontale. L'entreposage de résidus secs est une zone de confinement avec un remblai et des fossés pour éviter tout déversement. Les résidus entreposés dans cette zone seront redirigés vers la mine durant les opérations.

Le Tableau 21.6 présente la répartition des coûts direct pour les installations de gestion des résidus.

Tableau 21.6 – Coûts directs – installations de gestion des résidus

WBS	Description	Coût ('000 \$)
130.1	Installation de stockage des résidus	288
130.2	Station de pompage d'eau fraîche	60
Total gestion des résidus		348

Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre aux totaux indiqués.

21.2.4 TRANSPORT DU CONCENTRÉ ET DES PRODUITS

Le transport du concentré vers l'usine hydrométallurgique se fera par dix (10) camions tandem transportant 50 tonnes de concentré. Il est prévu que les camions tandem comprendront deux (2) remorques de 25 tonnes qui emprunteront l'accès à la route 138. La distance du site minier à l'usine hydrométallurgique est d'environ 240 km selon l'hypothèse de localisation actuelle.

21.2.5 DISTRIBUTION ÉLECTRIQUE PRINCIPALE ET AUTOMATISATION

En fonction de la demande d'énergie et de la configuration du site, des critères de conception ont été établis pour la sous-station principale et pour les lignes de distribution électrique du site. Les prix d'équipements et les coûts du matériel et de l'installation ont été établis en fonction des propositions des fournisseurs qualifiés et de la base de données interne de projets similaires récents.

Le Capex est basé sur l'énergie fournie par cinq (5) génératrices, quatre (4) en fonction et une en standby. Les génératrices seront installées à proximité de la sous-station principale située près du concentrateur. Les lignes sur poteaux fourniront l'électricité à la mine souterraine et au concasseur. Un réservoir de carburant à double paroi de 30 000 USG sera fourni pour alimenter les génératrices. Le réservoir de carburant est conçu pour une période d'entreposage de sept (7) jours en fonction d'une opération de 24 heures par jour.

Des critères de conception ont également été établis pour les besoins de communication. Les estimations de coûts pour une tour de communication ont été basées sur des soumissions budgétaires de fournisseurs qualifiés.

Le Tableau 21.7 présente la répartition des coûts directs pour la distribution électrique et les communications.

Tableau 21.7 – Coûts directs – distribution électrique et les communications

WBS	Description	Coût ('000 \$)
150.1	Centrale électrique	8 940
150.2	Distribution électrique sur le site	3 431
150.3	Tour de communication	150
Total distribution électrique et les communications		12 521
Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre aux totaux indiqués.		

21.2.6 INFRASTRUCTURES

La route d'accès au site minier est conçue selon la classification du Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles pour une classe 2, d'environ huit (8) mètres de largeur avec des fossés sur les deux (2) côtés et avec une surface de roulement en gravier.

La route de 137 km sera conçue pour soutenir l'exploitation de camions lourds, car le produit sera transporté par camion avec des charges de 50 tonnes. Cette option, plutôt que l'option moins coûteuse de la route d'accès jusqu'au terminal ferroviaire, a été retenue, car elle offrait une plus grande flexibilité pour le déplacement quotidien des matériaux et du personnel.

Les postes de garde seront des bâtiments préfabriqués avec un (1) bureau et des toilettes. Une (1) porte est prévue pour contrôler l'accès entre les sites. L'aire de stationnement pour les travailleurs et les visiteurs sera située à l'extérieur de l'entrée du site avec accès par un poste de garde.

Le coût de préparation général du site comprend le déboisement et le nivellement du site industriel ainsi que des fossés de drainage et des bassins de collection pour la gestion de l'eau. La zone requise comprend le stationnement des véhicules aussi.

Sous terre à l'entrepôt principal de la mine sera situé à proximité du concentrateur. L'installation sera une structure de conception conventionnelle. Les bureaux et l'entreposage seront situés dans l'installation.

Une structure en forme de dôme supportée sur les conteneurs est prévue pour l'entreposage non-chauffé.

Un ensemble de camionnettes, de véhicules d'urgence, d'autobus, de camions-grues sera acheté.

Un réservoir d'entreposage de carburant pour les véhicules (mines et autres) sera situé à proximité du concasseur. Le réservoir de carburant sera conçu pour une période d'entreposage de sept (7) jours en fonction d'une exploitation minière de 24 heures par jour.

Le système de protection incendie comprend un réservoir d'eau d'incendie et des pompes.

Le camp permanent comprend des installations pour 200 membres permanents du personnel des opérations. Le camp se compose de chambre simple avec une salle de bain, cuisine équipée, et salle de loisirs. Les systèmes d'aqueduc et d'égout seront reliés aux installations générales de l'usine.

Le Tableau 21.8 présente la répartition des coûts directs des infrastructures.

Tableau 21.8 – Coûts directs – infrastructures

WBS	Description	Coût ('000 \$)
160.1	Route d'accès principale	117 051
160.2	Routes du site et postes de garde	564
160.3	Préparation générale du site	736
160.4	Héliport	300
160.5	Garage de la mine et bâtiment d'entretien	7 097
160.6	Entrepôt non chauffé	512
170.0	Services généraux	4 540
180.0	Campement permanent	7 640
Total Infrastructures		138 440

Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre aux totaux indiqués.

21.2.7 COÛTS INDIRECTS

Les coûts indirects sont les coûts du projet qui ne sont pas directement liés aux travaux de construction tels que les coûts d'IAGC, l'énergie et les installations temporaires, les représentants des fournisseurs pendant la mise en service et la formation, les coûts du propriétaire, les coûts de fermeture et les contingences.

Les provisions pour les coûts indirects sont résumées dans le Tableau 21.9.

Tableau 21.9 – Coûts indirects

WBS	Description	Coût ('000 \$)
Ind-1100	Développement du projet	2 665
Ind-1200	Coûts d'IAGC	26 811
Ind-1300	Coûts du propriétaire	32 977
Ind-1400	Logistique du personnel et des entrepreneurs	20 927
Total des coûts indirects et du propriétaire		83 380

Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre aux totaux indiqués.

21.2.7.1 Développement du projet

Une provision est prévue pour la préparation d'études de préfaisabilité et faisabilité, d'études géotechniques et hydrologiques, d'essais métallurgiques, d'études environnementales et de forages de définition et de condamnation.

21.2.7.2 Les services d'IAGC

Les services d'IAGC ont été estimés sur la base d'un facteur du coût direct d'investissement qui tient compte de l'échéancier du projet.

21.2.7.3 Coûts du propriétaire

Les coûts du propriétaire ont été estimés par DRA/Met-Chem.

Les coûts du propriétaire comprennent les éléments suivants :

- pièces de rechange et consommables;
- les représentants des fournisseurs pour la mise en service;
- l'équipe de support IAGC du propriétaire;
- les coûts de sécurité du propriétaire (personnel, équipements et consommables);
- les dépenses du projet du propriétaire sur le site pendant la construction, y compris l'énergie du site, les installations temporaires, QA / QC, la mobilisation et la démobilisation;
- les véhicules du propriétaire pendant la construction;
- acquisitions de terrains;
- les assurances du projet;
- permis environnementaux / approbations gouvernementales;
- formation à la sécurité;
- consultants tiers;
- audit externe du projet et vérifications nécessaires;
- premiers remplissages;
- les formations, et;
- programme de prise en charge des opérations.

21.2.7.4 La logistique du personnel et des entrepreneurs

Les coûts associés au transport du personnel et de ceux des entrepreneurs comprennent les dépenses pour le déplacement au site (21 jours de travail/ 7 jours de congé) et les coûts de mobilisation et de démobilisation des bureaux et de l'équipement.

21.2.8 CONTINGENCES

La contingence est une partie intégrante de l'estimation et peut être décrit comme une provision pour des éléments indéfinis ou des éléments de coûts qui seront engagés et seront dépensés, dans la portée définie du projet, mais qui ne peuvent pas être explicitement prévus en raison d'un manque d'informations précises.

Une analyse de chaque poste d'estimation a été réalisée et le pourcentage global alloué aux contingences est de 15 %, ce qui correspond généralement à ce niveau d'estimation.

21.2.9 COÛTS DE FERMETURE

Les coûts de fermeture du site de la mine sont estimés à 2,3 M \$ et couvrent les activités suivantes :

- la pile d'entreposage des résidus et l'infrastructure associée seront retournées sous terre dans les ouvertures et revégétalisées;
- la zone sera recouverte de mort-terrain et revégétalisées;
- les routes seront scarifiées et revégétalisées;
- tous les bâtiments seront démantelés, vendus ou éliminés conformément aux exigences réglementaires. La surface sera recouverte de mort-terrain et revégétalisée;
- toutes les machines, les équipements, la tuyauterie et les réservoirs seront vendus et retirés du site;
- les lignes électriques, les poteaux, les sous-stations, les transformateurs et l'infrastructure électrique associée seront retirés du site et vendus;
- les stériles encore en surface, si c'est le cas, seront retournés dans la mine souterraine comme remblai.

21.3 Estimation – usine hydrométallurgique

Le Tableau 21.10 présente un résumé global du capital initial pour les installations de l'usine hydrométallurgique. L'hypothèse actuelle assume que l'usine sera située à Pointe-Noire par les fins de l'EEP. Ceci devra être confirmé pour les prochaines études.

Tableau 21.10 – Résumé des coûts directs – usine hydrométallurgique

Description	Coût initial ('000 \$)
Installations de l'usine hydrométallurgique	132 073
Usine de régénération HCL	17 897
Usine d'acide sulfurique	61 305
Gestion des résidus	2 607
Distribution électrique	1 571
Infrastructures	6 333
Coûts directs totaux	221 785

Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre aux totaux indiqués.

Les installations de l'usine hydrométallurgique comprennent la réception du matériel produit par le concentrateur, l'entreposage et les installations de traitement hydrométallurgique pour produire un produit ensaché qui est ensuite entreposé et expédié. Une usine d'acide sulfurique et une usine de régénération HCl sont nécessaires ainsi que des installations de traitement des résidus et des infrastructures de soutien.

21.3.1 USINE HYDROMÉTALLURGIQUE

Les installations de procédé comprennent la réception du concentré, le silo d'entreposage, l'usine de régénération HCl et l'usine d'acide sulfurique ainsi que certaines installations auxiliaires, services et systèmes tels que la préparation et distribution de réactifs et de floculant, systèmes d'air comprimé, d'eau fraîche et de résidus.

Le Tableau 21.11 présente la répartition des coûts directs pour les installations de procédé.

Tableau 21.11 – Coûts directs – installations de procédé

WBS	Description	Coût ('000 \$)
210	Installations de l'usine hydrométallurgique	132 073
220	Usine de régénération HCL	17 897
230	Usine d'acide sulfurique	61 305
Total installations de procédé		211 275

Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre aux totaux indiqués.

21.3.1.1 Bâtiments et les installations

L'installation de réception des camions est un bâtiment où le camion passe à travers. Le camion déverse son chargement dans une zone de transport à travers un bâtiment avec un système de

collection de matériel qui alimente un convoyeur de transfert vers un silo avant l'usine hydrométallurgique.

Le silo d'entreposage consistera d'un silo en acier, supporté sur une fondation en béton avec alimentateurs qui alimentent les convoyeurs à l'usine hydrométallurgique.

Le bâtiment de procédé comprend la zone d'extraction hydrométallurgique, la zone de manutention, d'ensachage et d'entreposage des produits, certaines salles de contrôle et électriques ainsi que le laboratoire, l'atelier mécanique, des bureaux, une installation de séchage et une salle à dîner.

Le coût des bâtiments de procédé a été estimé en fonction des facteurs m^2 and m^3 développés pour ce type de travaux dans cette région. Les dimensions globales du bâtiment sont les seules quantités développées, à ce moment.

Les usines de régénération d'acide sulfurique et de HCl sont des structures autonomes, non fermées, normalement achetées en tant qu'unités complètes.

21.3.1.2 Équipements

La liste des équipements de procédé a été dérivée des schémas de procédés. Pour les équipements importants, basés sur des fiches techniques, des tableaux de données ou des descriptions techniques, les prix budgétaires ont été obtenus par des fournisseurs qualifiés. Les prix budgétaires reçus et incorporés dans le Capex représentent environ 60 % de la valeur totale de l'équipement de procédé. Les équipements restants ont été estimés à partir de bases de données de projets similaires récents ou d'estimations de coûts internes.

La main-d'œuvre pour l'installation de l'équipement de procédé a été estimée pour chaque pièce d'équipement en fonction de la base de données interne ou de la publication industrielle. Des provisions ont été ajoutées par facteur pour les frais de levage, contrat de sous-traitance ou de matériaux de construction spéciaux.

21.3.1.3 Tuyauterie

Le coût de la tuyauterie de procédé a été établi par factorisation sur l'équipement de procédé livré sur la base de projets similaires récents. Les résidus et les tuyaux de récupération d'eau ont été estimés en fonction du dimensionnement des lignes et des prix unitaires à partir des tableaux d'estimation des coûts industriels récents.

21.3.1.4 Électrique et instrumentation

Les coûts et les quantités d'équipement électrique et d'instrumentation ont été calculés en fonction des facteurs du coût de l'équipement livré pour les différentes installations.

21.3.2 INSTALLATIONS DE GESTION DES RÉSIDUS

L'usine hydrométallurgique va produire un résidu qui sera emmagasiné dans un parc adjacent à l'usine. Les résidus seront acheminés par une conduite. Le système de résidus est conçu comme une zone de confinement avec un remblai et des fossés pour éviter tout déversement.

Le Tableau 21.6 présente la répartition des coûts directs pour les installations de gestion des résidus.

Tableau 21.12 – Coûts directs – installations de gestion des résidus

WBS	Description	Coût ('000 \$)
240.1	Stockage des résidus	1 204
240.2	Digues à résidus	1 403
Total gestion des résidus		2 607

Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre aux totaux indiqués.

21.3.3 DISTRIBUTION ÉLECTRIQUE

En fonction de la demande d'énergie et de la configuration du site, des exigences ont été établies pour la sous-station principale et pour les lignes électriques de distribution du site. Les prix de l'équipement et les coûts du matériel et de l'installation ont été établis en fonction de la proposition budgétaire des fournisseurs qualifiés et de la base de données internes de projets similaires récents.

Les lignes de distribution sur poteau fourniront l'énergie aux diverses installations. Le Tableau 21.13 présente le coût direct de la distribution électrique.

Tableau 21.13 – Coût direct – distribution électrique

WBS	Description	Coût ('000 \$)
250.1	Distribution électrique	1 571
Total distribution électrique		1 571

Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre aux totaux indiqués.

21.3.4 INFRASTRUCTURES

Le coût général du site d'usine comprend le déboisement et le nivellement du site industriel ainsi que des fossés de drainage et des bassins de collection pour la gestion de l'eau. La zone requise comprend le stationnement des véhicules aussi.

L'atelier et l'entrepôt seront situés dans l'installation hydrométallurgique.

Un ensemble de camionnettes et de véhicules d'urgence sera acheté pour soutenir le projet.

Les eaux sanitaires seront reliées aux systèmes municipaux de la ville.

Le système de protection contre les incendies comprend un réservoir d'eau d'incendie, des pompes et une boucle d'incendie avec des bornes d'incendie entourant la zone hydrométallurgie.

Le Tableau 21.14 présente la répartition des coûts directs des infrastructures.

Tableau 21.14 – Coûts directs – infrastructures

WBS	Description	Coût ('000 \$)
260.1	Route d'accès	150
260.2	Poste de garde et clôtures	562
260.3	Préparation générale du site	1 146
260.4	Entreposage et distribution de carburant	120
260.5	Eau fraîche et station de pompage	200
260.6	Usine de traitement de déchets sanitaires	200
260.7	Protection incendie	3 381
260.8	Véhicules de service et équipements	574
Total Infrastructures		6 333

Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre aux totaux indiqués.

21.3.5 COÛTS INDIRECTS

Les coûts indirects sont les coûts du projet qui ne sont pas directement liés aux travaux de construction tels que les coûts d'IAGC, l'énergie et les installations temporaires, les représentants des fournisseurs pendant la mise en service et la formation, les coûts du propriétaire, les coûts de fermeture et les contingences. Les provisions pour les coûts indirects sont résumées dans le Tableau 21.15.

Tableau 21.15 – Coûts indirects

WBS	Description	Coût ('000 \$)
Ind-1100	Développement du projet	2 665
Ind-1200	Coûts d'IAGC	22 844
Ind-1300	Coûts du propriétaire	21 092
Ind-1400	Logistique du personnel et des entrepreneurs	8 409
Total des coûts indirects et du propriétaire		55 010

Les chiffres ayant été arrondis, leur somme peut ne pas correspondre aux totaux indiqués.

21.3.5.1 Développement du projet

Une provision est prévue pour la préparation d'études de préfaisabilité et faisabilité, d'études géotechniques et hydrologiques, d'essais métallurgiques et d'études environnementales.

21.3.5.2 Les services d'IAGC

Les services d'IAGC ont été estimés sur la base d'un facteur du coût d'investissement total en tenant compte de l'échéancier du projet.

21.3.5.3 Coûts du propriétaire

Les coûts du propriétaire ont été estimés par DRA/Met-Chem.

Les coûts du propriétaire comprennent les éléments suivants :

- pièces de rechange et consommables;
- les représentants des fournisseurs pour la mise en service;
- l'équipe de support IAGC du propriétaire;
- les coûts de sécurité du propriétaire (personnel, équipements et consommables);
- les dépenses du projet du propriétaire sur le site pendant la construction, y compris l'énergie du site, les installations temporaires, QA / QC, la mobilisation et la démobilisation;
- les véhicules du propriétaire pendant la construction;
- acquisitions de terrains;
- les assurances du projet;
- permis environnementaux / approbations gouvernementales;
- formation à la sécurité;
- consultants tiers;
- audit externe du projet et vérifications nécessaires;
- premiers remplissages;
- les formations, et;
- préparation à l'opération.

21.3.5.4 La logistique du personnel et des entrepreneurs

Les coûts associés au transport du personnel et de ceux des entrepreneurs comprennent les dépenses pour le déplacement en ville (21 jours sur le site/ 7 jours de congé) et les coûts de mobilisation et de démobilisation des bureaux et de l'équipement.

21.3.6 CONTINGENCES

La contingence est une partie intégrante de l'estimation et peut être décrit comme une provision pour des éléments indéfinis ou des éléments de coûts qui seront engagés et seront dépensés, dans la portée définie du projet, mais qui ne peuvent pas être explicitement prévus en raison d'un manque d'informations précises.

Une analyse de chaque poste d'estimation a été réalisée et le pourcentage global alloué aux contingences est de 15 %, ce qui correspond généralement à ce niveau d'estimation.

21.3.7 COÛTS DE FERMETURE

Les coûts de fermeture sont estimés à 4,0 M \$ et couvrent les activités suivantes :

- la pile d'entreposage des résidus et l'infrastructure associée seront revégétalisées;
- la zone de l'usine sera recouverte de mort-terrain et revégétalisées;
- les routes seront scarifiées et revégétalisées;
- tous les bâtiments seront démantelés, vendus ou éliminés conformément aux exigences réglementaires. La surface sera recouverte de mort-terrain et revégétalisée;
- toutes les machines, les équipements, la tuyauterie et les réservoirs seront vendus et retirés du site;
- les lignes électriques, les poteaux, les sous-stations, les transformateurs et l'infrastructure électrique associée seront retirés du site et vendus.

21.4 Coûts d'investissement de maintien

Des provisions de 18 818 000 \$ pour les Coûts d'investissement de maintien sont également incluses, principalement pour l'expansion des mines et les piles de stockage des résidus.

21.5 Coûts opérationnels

Cette section fournit des renseignements sur les coûts opérationnels estimés du projet et le Tableau 21.16 présente le résumé des coûts opérationnels.

Les sources d'information utilisées pour établir les coûts opérationnels comprennent les bases de données internes et les sources externes, en particulier pour les matériaux, les services et les consommables. Tous les montants sont en dollars canadiens (CAD), à moins d'indication contraire.

Tableau 21.16 – Résumé des coûts opérationnels

Description	Coût pour une année typique ¹ (\$/année)	Coût moyen ² (\$/tonne usinée)	Coût moyen ² (\$/tonne OTRT)	Coût moyen ² (%)
Mine	17 333 850	*45,48	1 856*	12,8
Concentrateur	18 113 450	46,80	1 910	13,2
Usine hydrométallurgique	85 572 379	221,12	9 024	62,3
Frais généraux et administratifs	9 486 943	**26,72	1 090**	7,5
Redevances minérales	5 661 571	14,63	597	4,1
Total coût opérationnel	136 168 192	354,74	14 478	100,0

¹ Les années typiques sont années 2 à 9. Ceci représente une production annuelle de 387 000 tonnes usinées ou 9 483 tonnes OTRT.

² Les coûts moyens sont calculés pour la durée de vie de la mine : Années 1 à 10.

* Les coûts de mine varient par année. Pour une année typique, les coûts sont 44,78 \$/tonne usinée et 1 828 \$/tonne OTRT.

** Les frais G&A varient par année. Pour une année typique, les frais sont 24,51 \$/tonne usinée et 949 \$/tonne OTRT.

21.5.1 COÛTS OPÉRATIONNELS DE LA MINE

Les coûts d'opération de la mine incluent tous les coûts d'opération associés à l'exploitation du minerai et stérile (production et développement) sur les niveaux mais excluent les coûts de développement des infrastructures permanentes comme les rampes et galeries, galeries de halage et monteries.

Ces coûts d'opération incluent l'opération et l'entretien des équipements mobiles de la mine, le forage et sautage, les coûts de support de terrain, le transport du minerai et stérile vers la surface, le coût de remblayage, de ventilation, les services d'ingénierie et de supervision de la mine souterraine. Le détail des coûts de la mine basé sur une production annuelle de 387 000 tonnes de minerai est présenté au Tableau 21.17.

Tableau 21.17 – Résumé des coûts opérationnels annuels pour la mine

Description	Coût (\$/année)	Coût (\$/tonne minée)	Coût (%)
Forage	2 530 900	16,64	15 %
Dynamitage	2 719 850	7,14	16 %
Déblayage	2 830 100	7,43	16 %
Support de terrain	1 796 000	4,71	10 %
Services	762 000	2,00	4 %
Entretien	6 041 000	15,85	35 %
Remblayage	654 000	1,72	4 %
Total coût opérationnel	17 333 850	45,48	100,0 %

21.5.1.1 Forage

Le forage inclut les équipements, les taillants et le personnel pour les foreuses de production et les jumbos.

21.5.1.2 Dynamitage

Le dynamitage inclut le coût des explosifs et accessoires ainsi que le personnel.

21.5.1.3 Déblayage

Le coût de déblayage inclut les chargeuses navettes et les camions ainsi que le personnel.

21.5.1.4 Support de terrain

Le support de terrain inclut le matériel, les foreuses et le personnel.

21.5.1.5 Services

Les services incluent les équipements et le personnel de service de la mine.

21.5.1.6 Entretien

Les coûts d'entretien incluent le personnel d'entretien des équipements mobiles ainsi que les frais d'entretien de ces équipements.

21.5.1.7 Remblayage

Le coût de remblayage comprend les coûts d'opération de l'usine ainsi que le ciment pour les chantiers primaires.

21.5.2 COÛTS OPÉRATIONNELS DU CONCENTRATEUR

Pour une année typique de 9 483 t/a de OTRT, les coûts estimés pour l'opération du concentrateur sont divisés en sept (7) parties principales : main-d'œuvre, énergie électrique, médias de broyage et consommation de réactifs, consommation de consommables, manutention, transport de concentrés et pièces de rechange et divers. La répartition de ces coûts est résumée dans le Tableau 21.18 ci-dessous.

Tableau 21.18 – Résumé des coûts opérationnels annuels pour le concentrateur

Description	Coût (\$/année)	Coût (\$/tonne usinée)	Coût (\$/tonne OTRT)	Coût (%)
Main-d'œuvre	4 848 717	12,53	511	26,8 %
Énergie électrique	7 923 085	20,47	836	43,7 %
Médias de broyage et consommation de réactifs	1 094 177	2,83	115	6,0 %
Consommation de consommables	735 360	1,90	78	4,1 %
Manutention	471 784	1,22	50	2,6 %
Transport de concentrés	2 737 500	7,07	289	15,1 %
Pièces de rechange et divers	302 727	0,78	32	1,7 %
Total coût opérationnel	18 113 450	46,80	1 910	100,0 %

1. Sur la base d'une production typique de 9 483 tonnes par an de OTRT
 2. Pièces de rechange, estimées à 1,5 % des coûts en capital total d'équipement.

21.5.2.1 Coûts de main-d'œuvre

Il y aura 50 employés qui comprend le personnel de supervision de l'usine de concassage et du concentrateur, l'opération et l'entretien du concentrateur, ainsi que du personnel mécanique, électrique et instrumentation. Le coût de la main-d'œuvre a été calculé en utilisant les taux de main-d'œuvre tirés des données sur les salaires récents pour le Nord-du-Québec.

21.5.2.2 Coûts de l'énergie électrique

L'énergie électrique est nécessaire pour l'équipement dans le concentrateur tel que: concasseurs, broyeurs, convoyeurs, tamis, séparateurs magnétiques, pompes, agitateurs, services (air comprimé et eau), etc. Le coût unitaire de l'électricité a été établi à 0,250 \$ / kWh basé sur l'utilisation des générateurs.

21.5.2.3 Coûts des médias de broyage et des réactifs

La consommation de produits de broyage a été estimée à partir de l'indice d'abrasion du minerai, la consommation d'énergie et l'expérience.

Seuls deux (2) réactifs sont requis pour le concentrateur. Le floculant est requis pour l'opération d'épaississement et le ciment est requis pour la préparation du remblai en pâte. La consommation est basée sur des valeurs typiques pour des opérations similaires. Les prix des consommables ont été tirés de soumissions récentes de fournisseurs pour des projets similaires.

21.5.2.4 Coûts de carburant

Aucun carburant n'est requis pour le concentrateur. Le carburant pour les équipements mobiles est pris en compte dans les coûts de manutention.

21.5.2.5 Coûts des consommables

La consommation et les coûts des revêtements de concasseur à mâchoires, des panneaux de tamis, des revêtements de broyeurs, des pièces d'usure des pompes, des toiles filtrantes, des pièces d'usure des convoyeurs, etc. ont été obtenus par des fournisseurs d'équipement et d'expériences avec autres opérations similaires. Cela représente 4 % des coûts en capital de l'équipement mécanique.

21.5.2.6 Coûts de manutention des matériaux

Les coûts de manutention comprennent les coûts de location et d'entretien des équipements mobiles dans l'usine de traitement de minerai pour le chargement du concentré et des résidus filtrés.

21.5.2.7 Coûts de transport du concentré

Le transport du concentré du concentrateur à l'usine hydrométallurgique est basé sur des projets similaires et a été estimé à 15 \$ / tonne.

21.5.2.8 Coûts des pièces de rechange et divers

Les pièces de rechange et les coûts divers ont été estimés à 1,5 % des coûts en capital total d'équipement.

21.5.3 COÛTS OPÉRATIONNELS DE L'USINE HYDROMÉTALLURGIQUE

Pour une année typique de 9 483 t/a de OTRT, les coûts d'exploitation estimés de l'usine hydrométallurgique sont divisés en sept (7) parties principales: main d'œuvre, énergie électrique, consommation de réactifs, consommation de consommables, système d'ensachage, manutention et pièces de rechange et divers. La répartition de ces coûts est résumée dans le Tableau 21.19 ci-dessous.

Tableau 21.19 – Résumé des coûts opérationnels annuels pour l'usine hydrométallurgique

Description	Coût (\$/année)	Coût (\$/tonne usinée)	Coût (\$/tonne OTRT)	Coût (%)
Main-d'œuvre	8 563 327	22,13	903	10,0 %
Énergie électrique	27 152 139	70,16	2 863	31,7 %
Médias de broyage et consommation de réactifs	47 472 614	122,67	5 006	55,6 %
Consommation de consommables	538 329	1,39	57	0,6 %
Système d'ensachage	382 180	0,99	40	0,4 %
Manutention	615 370	1,59	65	0,7 %
Pièces de rechange et divers	848 420	2,19	89	1,0 %
Total	85 572 379	212,12	9 024	100,0

1. Sur la base d'une production typique de 9 483 tonnes par an de OTRT
 2. Pièces de rechange, estimées à 1,5 % des coûts en capital total d'équipement.

21.5.3.1 Coûts de main-d'œuvre

Il y aura 90 employés qui comprennent le personnel de supervision de l'usine hydrométallurgique, de l'opération ainsi que du personnel mécanique, électrique et instrumentation. Le coût de la main-d'œuvre a été calculé en utilisant les taux de main-d'œuvre tirés des données sur les salaires récents pour le Nord-du-Québec.

21.5.3.2 Coûts de l'énergie électrique

L'énergie électrique est nécessaire pour l'équipement dans l'usine comme: pompes, agitateurs, filtres, production de vapeur, séchoirs, régénération d'acide, services (air comprimé et eau), etc. Le coût unitaire de l'électricité a été établi à 0,055 \$/kWh basé sur les tarifs disponibles par d'Hydro-Québec.

21.5.3.3 Coûts de la consommation des réactifs

Plusieurs réactifs sont nécessaires pour l'usine hydrométallurgique : l'hydroxyde de sodium, l'oxyde de magnésium, le chlorure de sodium, l'acide sulfurique d'appoint, l'acide oxalique et le fer élémentaire. Floculant est également nécessaire pour l'opération des épaisseurs. Les taux de consommation sont basés sur les résultats d'essais métallurgiques et des ratios stœchiométriques. Les prix ont été tirés de soumissions récentes de fournisseurs.

21.5.3.4 Coûts de carburant

Aucun carburant n'est requis pour le processus. Toute la production de chaleur a été comptabilisée dans l'utilisation électrique. Présentement, il n'y a aucun accès à un gazoduc dans la zone choisie comme l'hypothèse pour l'usine. Le carburant pour les équipements mobiles est pris en compte dans les coûts de manutention.

21.5.3.5 Coûts des consommables

La consommation et les coûts pour les pièces d'usure de la pompe, les pièces d'usure de l'agitateur, les toiles filtrantes, les pièces d'usure du convoyeur pour équipements différents ont été obtenus par des fournisseurs d'équipementiers et d'expériences avec des opérations similaires. Cela représente 1 % des coûts en capital de l'équipement mécanique.

21.5.3.6 Coûts du système d'ensachage

Le système d'ensachage exigera des gros sacs (1 tonne), des petits sacs, des palettes et du film étirable. Les quantités ont été estimées en fonction des exigences typiques et de l'expérience. Les prix ont été tirés de soumissions récentes de fournisseurs.

21.5.3.7 Coûts de manutention des matériaux

Les coûts de manutention comprennent les coûts de location et d'entretien des équipements mobiles dans l'usine hydrométallurgique.

21.5.3.8 Coûts des pièces de rechange et divers

Les coûts des pièces de rechange et divers ont été estimés à 1,5 % des coûts en capital total d'équipement.

21.5.4 COÛTS OPÉRATIONNELS GÉNÉRAUX ET ADMINISTRATIFS

Les coûts opérationnels généraux et administratifs (« **G&A** ») comprennent tous les coûts de matériaux, de services et de personnel associés à l'administration du site et aux services techniques.

Tableau 21.20 – Résumé des coûts G&A

Description	Coût (\$/année)	Coût (\$/tonne usinée)	Coût (\$/tonne OTRT)	Coût (%)
Main-d'œuvre	2 616 843	6,76	261,68	27,6 %
Services généraux	6 870 100	17,75	687,01	72,4 %
Total coût opérationnel	9 486 943	24,51	948,69	100,0 %

21.5.4.1 Coûts de main-d'œuvre

La main-d'œuvre comprend le siège social et le personnel au site, ainsi que les services du site. Il faudra un total de 44 employés, dont 27 employés administratifs et 17 employés pour les services du site.

21.5.4.2 Coûts de services généraux

Des coûts ont été estimés pour différents services de gestion, d'administration, d'achat / d'entreposage, de ressources humaines, de services techniques / de site, et des contrats. Les principaux coûts sont attribués aux coûts de transport des employés, à l'hébergement (camp), à l'équipement de sécurité et aux contrats de chantier (sécurité, médical, conciergerie, etc.).

21.5.5 REDEVANCES MINÉRALES

Le projet Kwyjibo inclut une redevance égale à un et demi pour cent (1,5 %) du revenu net de la fonderie. Le revenu net a été calculé en tenant compte des réductions suivantes (si applicables) : les coûts de traitement et d'affinage, les pénalités, les coûts de transport et de manutention du minerai, des métaux ou des concentrés à l'affinerie ou autre acheteur, les coûts d'assurance de tous ces minerais et ces métaux ou concentrés, les droits de douanes et les taxes à la production entre autres.

21.6 Exclusions

Les exclusions comprennent les éléments suivants :

- les fluctuations des taux de change;
- dispute industriel ou temps perdu à cause d'actions industrielles;
- toutes les taxes et droits;
- l'escalade;
- les coûts de financement du projet et les intérêts pendant la construction;
- aucune allocation n'est prévue pour l'accélération ou la décélération de l'échéancier du projet.

22 ANALYSE ÉCONOMIQUE

Le Tableau 22.1 résume les résultats économiques pour le scénario de base du projet Kwijibo. L'évaluation a été réalisée sur la base d'une équité de 100 %.

Tableau 22.1 – Résultats financiers pour le scénario de base

Résultats financiers	Unité	Avant impôts	Après impôts
VAN @ 8 %	M CAD	564,0	373,9
TRI	%	21,2	17,8
Période de remboursement	Année	3,4	3,6

Les sections ci-dessous expliquent les hypothèses utilisées pour la préparation de l'analyse économique. De plus, une analyse détaillée des résultats financiers et une analyse de sensibilité sont incluses dans les chapitres 22.2 et 22.3, respectivement.

22.1 Hypothèses

22.1.1 HYPOTHÈSES MACRO-ÉCONOMIQUES

Les hypothèses macro-économiques principales utilisées pour le scénario de base sont énumérées au Tableau 22.2.

Tableau 22.2 – Hypothèses macro-économiques pour le scénario de base

Article	Unité	Valeur (scénario de base)
Prix moyen du concentré OTRT	USD / tonne	34 070
Taux de change	CAD / USD	1,25
Taux d'actualisation	%	8

22.1.1.1 Prix du concentré

La prévision de prix pour le concentré OTRT a été estimée par Adamas Intelligence selon les provisions de marchés en 2021 et constants sur la durée de vie de la mine.

Les détails sur les prévisions de prix sont donnés dans le chapitre 19 du rapport.

22.1.1.2 Taux de change

Un taux de change de 1,25 CAD par USD (0,80 USD par CAD) a été utilisé pour convertir les projections de prix USD en CAD. Ce calcul est basé sur le taux de change moyen du 4^e quart de 2017.

22.1.1.3 Taux d'actualisation

L'évaluation a été effectuée sur la base d'une équité de 100 %. Un taux d'actualisation de 8 % a été utilisé pour représenter le coût d'équité du projet.

22.1.2 RÉGIME D'IMPOSITION

Le bureau de Ressources Naturelles du Canada classe les oxydes des terres rares comme étant des minéraux industriels. Cela veut dire que le projet de Kwyjibo serait sujet au régime d'imposition régulier au lieu du régime applicable aux ressources minérales. Cependant Kwyjibo est un gisement de roche dure qui sera exploité par une mine souterraine. Il serait possible de certifier ce projet comme étant une ressource minérale vu qu'il existe un précédent avec le projet de Kipawa. Ceci permettrait certains avantages fiscaux.

Pour cette étude, le régime fiscal canadien applicable au revenu des ressources minérales a été utilisé pour évaluer les obligations fiscales annuelles du projet. Cela comprend les impôts fédéraux et provinciaux ainsi que les impôts miniers provinciaux.

Deux (2) systèmes d'imposition ont été utilisés pour évaluer les obligations fiscales annuelles du projet. La mine et le concentrateur ont été analysés en utilisant le système canadien actuel applicable au revenu des ressources minérales. L'usine hydrométallurgique a été analysée en utilisant le régime d'impôts corporatifs du Canada applicable aux installations de traitement secondaire.

L'impôt sur le revenu des ressources minérales comprend les impôts corporatifs provinciaux et fédéraux ainsi que les impôts miniers provinciaux. L'impôt sur le revenu des installations de traitement secondaire comprend uniquement les impôts corporatifs provinciaux et fédéraux.

Les taux d'imposition corporatif provinciaux et fédéraux utilisés étaient 15 % et 11,5 % du revenu imposable, respectivement. Les taux d'imposition applicables en vertu de la réglementation fiscale minière du Québec sont 16 %, 22 % et 28 % (selon l'article 29.1 de la Loi sur l'impôt minier) du revenu imposable et ils sont dépendants de la marge bénéficiaire obtenue au cours de l'année. Une allocation de traitement de 10 % a été supposée.

22.1.3 HYPOTHÈSES TECHNIQUES

Le Tableau 22.3 ci-dessous montre les hypothèses techniques principales utilisées dans l'analyse économique.

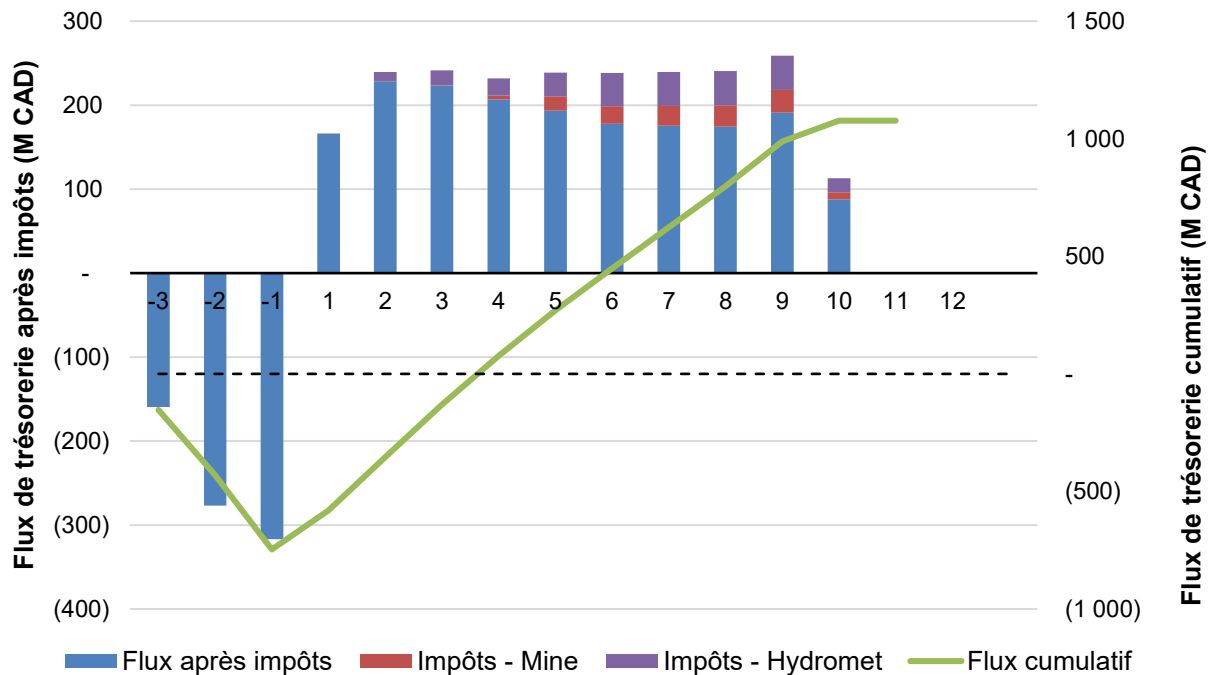
Tableau 22.3 – Hypothèses Techniques

	Unités	Valeur
Ressource minée	M tonnes métriques	3,55
Teneur moyenne d'alimentation du minerai traité	% OTRT	3,29
Tonnage de la conception de production minière	Tonne / année	387 000
Durée de vie de la mine	Année	10
Récupération de l'usine de traitement de minerai	%	74,5
Taux de traitement de minerai tout-venant (excluant l'Année 1 de production)	Tonne / année	387 000
Coûts moyens pour l'extraction minière	CAD / tonne usinée	45,48
Coûts moyens de traitement de minerai (y compris le transport du concentré)	CAD / tonne usinée	46,80
Coûts moyens de traitement hydrométallurgique	CAD / tonne usinée	221,12
Coûts moyens des services généraux et administratifs	CAD / tonne usinée	26,72

22.2 Modèle financier et résultats

La Figure 22.1 ci-dessous montre le flux de trésorerie après impôt et les profils de flux de trésorerie cumulatif du projet pour les conditions de base. La période de remboursement a été calculée à 3,6 ans et elle est indiquée dans la figure comme étant le point où la courbe de flux de trésorerie cumulatif après impôt croise la ligne pointillée.

Figure 22.1 – Flux de trésorerie après impôts et profils de flux de trésorerie cumulatif



Le Tableau 22.4 résume l'analyse économique et le Tableau 22.5 montre les flux de trésorerie du projet en détail. Les coûts en capital totaux de production préliminaire ont été évalués à 723,6 M \$. Étant donné que la durée de vie de la mine est moins de 10 ans, les besoins en capital d'investissement de maintien ont été estimés 18,8 M \$. Les coûts de fermeture de la mine, sous la forme de paiements dans un fonds fiduciaire au début du projet, ont été estimés à 6,3 M \$.

Le total des revenus pour la durée du projet a été estimé à 3,5 milliards de dollars, soit une moyenne de 975 dollars par tonne usinée. Les coûts opérationnels totaux ont été estimés à 1,3 milliard de dollars, soit une moyenne de 355 dollars par tonne usinée.

Les résultats financiers indiquent une valeur actualisée nette calculée avant impôts (« **VAN** ») de 564.0 M \$ à un taux d'actualisation de 8 %. Le taux de rentabilité interne (« **TRI** ») est 21,2 % et la période de remboursement est 3,4 ans.

La VAN après impôts est 373,9 M \$ à un taux d'actualisation de 8 %. Le TRI après impôts est 17.8 % et la période de remboursement est 3,6 ans.

Tableau 22.4 – Résumé de l'analyse économique du projet

Alimentation d'usine ^a	tpa	387,000
Production OTRT	tpa	9,483
Revenu total	'000 CAD	3,463,348
Investissement total	'000 CAD	723,627
Mine & concentrateur	'000 CAD	405,311
Usine hydromet	'000 CAD	318,316
Coût d'opération ^b	'000 CAD	1,259,752
Coût d'opération	CAD/t usinée	355
Coût d'opération	CAD/t OTRT	14,478
Avant impôt		
VAN (taux d'intérêt = 8 %)	'000 CAD	564,023
TRI	%	21.2 %
Période de recouvrement	ans	3.5
Après impôt		
VAN (taux d'intérêt = 8 %)	'000 CAD	373,857
TRI	%	17.8 %
Période de recouvrement	ans	3.7

^a Alimentation d'usine à partir de la 2^e année

^b Les coûts opérationnels incluent les redevances, les coûts de la mine, de procédés et de transports et les taxes municipales (le cas échéant)

Tableau 22.5 – Tableau de flux de trésorerie – scénario de base

Item	FY2018	FY2019	FY2020	FY2021	FY2022	FY2023	FY2024	FY2025	FY2026	FY2027	FY2028	FY2029	FY2030	FY2031	FY2032	FY2033	TOTAL
Revenus nets des ventes	-	-	-	283,079	377,438	377,438	377,438	377,438	377,438	377,438	377,438	377,438	160,765	-	-	-	3,463,348
Royautés	-	-	-	(4,246)	(5,662)	(5,662)	(5,662)	(5,662)	(5,662)	(5,662)	(5,662)	(5,662)	(2,411)	-	-	-	(51,950)
Revenus bruts	-	-	-	278,832	371,776	371,776	371,776	371,776	371,776	371,776	371,776	371,776	158,354	-	-	-	3,411,398
Coûts d'opération	-	-	-	(104,585)	(130,507)	(130,507)	(130,507)	(130,507)	(130,507)	(130,507)	(130,507)	(130,507)	(59,164)	-	-	-	(1,207,802)
EBITDA	-	-	-	174,247	241,270	241,270	241,270	241,270	241,270	241,270	241,270	241,270	99,190	-	-	-	2,203,596
			#DIV/0!	62%	64%	64%	64%	64%	64%	64%	64%	64%	62%	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
Autres coûts	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sous-total	-	-	-	174,247	241,270	241,270	241,270	241,270	241,270	241,270	241,270	241,270	99,190	-	-	-	2,203,596
Dépenses en capital de la mine pré-production																	
Développement de la mine	-	(13,489)	(23,570)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(37,059)
Équipement minier	-	(16,827)	(16,827)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(33,653)
Infrastructure - site de la mine	(159,458)	(38,850)	(38,850)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(237,158)
Concasseur	-	(6,536)	(6,536)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(13,071)
Concentrateur	-	(38,122)	(38,122)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(76,244)
Coûts de participation à l'avance	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gestion d'eau et des résidus	-	(631)	(1,180)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(1,812)
Autres	-	(3,157)	(3,157)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(6,313)
Dépenses en capital de l'usine hydrometallurgique																	
Procédés	-	(125,843)	(125,843)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(251,685)
Bâtiments	-	(25,772)	(25,772)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(51,544)
Infrastructure	-	(7,544)	(7,544)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(15,087)
Option de rachat des royautés	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dépenses en capital totales	(159,458)	(276,770)	(287,399)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(723,627)
Financement par dette	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Portion de financement par équité	(159,458)	(276,770)	(287,399)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(723,627)
Résidu																	
Changement du fond de roulement (Opérationnel)	-	-	(26,146)	(6,480)	-	-	-	-	-	-	-	17,836	14,791	-	-	-	-
Changement du fond de roulement (Initial)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dépense en capital de maintien																	
Développement de la mine - Fosse	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Développement de la mine - Mine souterraine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Équipement minier souterrain & infrastructure	-	-	-	-	-	-	(8,897)	(2,628)	(2,252)	(1,904)	-	-	-	-	-	-	-
Équipement minier	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gestion d'eau et des résidus	-	-	-	-	(363)	-	(495)	-	(627)	-	(759)	-	(891)	-	-	-	-
Concentrateur	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Autres secteurs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total des dépenses en capital de maintien	-	-	-	-	(363)	-	(9,393)	(2,628)	(2,880)	(1,904)	(759)	-	(891)	-	-	-	(18,818)
Mise de fond pour les coûts de réhabilitation	-	-	(3,150)	(1,575)	(1,575)	-	-	-	-	-	-	-	6,300	-	-	-	-
Coûts de fermeture	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(6,300)	-	-	-	(6,300)
Remboursement de la dette	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Flux avant impôts	(159,458)	(276,770)	(316,696)	166,192	239,332	241,270	231,877	238,642	238,390	239,366	240,511	259,106	113,090	-	-	-	1,454,851
Flux cumulatif	(159,458)	(436,228)	(752,923)	(586,732)	(347,400)	(106,130)	125,747	364,389	602,779	842,145	1,082,656	1,341,761	1,454,851	1,454,851	1,454,851	1,454,851	
Calculs de fractions	n/m	n/m	n/m	n/m	n/m	n/m	0.46	0.53	1.53	2.52	3.50	4.18	11.86	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
Ajustement de mi-année	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Facteur d'actualisation	0.962	0.891	0.825	0.764	0.707	0.655	0.606	0.561	0.520	0.481	0.446	0.413	0.382	0.354	0.328	0.303	
Flux de trésorerie actualisés	(153,439)	(246,594)	(261,266)	126,948	169,275	158,006	140,606	133,989	123,933	115,222	107,198	106,931	43,214	-	-	-	
Taxe fédérale sur le revenu	-	-	-	-	(10,659)	(17,941)	(22,852)	(28,572)	(30,063)	(31,091)	(31,837)	(32,403)	(12,757)	-	-	-	(218,175)
Taxe provinciale sur le revenu	-	-	-	-	-	-	(1,864)	(11,740)	(23,048)	(23,837)	(24,408)	(24,843)	(9,781)	-	-	-	(119,520)
Impôt minier du Québec	-	-	-	(356)	(377)	(377)	(438)	(5,088)	(7,366)	(8,818)	(9,889)	(10,675)	(2,886)	-	-	-	(46,271)
Flux après impôts	(159,458)	(276,770)	(316,696)	165,835	228,295	222,952	206,722	193,242	177,914	175,620	174,376	191,185	87,666	-	-	-	1,070,884
Flux cumulatif	(159,458)	(436,228)	(752,923)	(587,088)	(358,793)	(135,841)	70,881	264,123	442,037	617,658	792,034	983,219	1,070,884	1,070,884	1,070,884	1,070,884	
Calculs de fractions	n/m	n/m	n/m	n/m	n/m	n/m	0.66	0.37	1.48	2.52	3.54	4.14	11.22	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
Flux de trésorerie actualisés	(153,439)	(246,594)	(261,266)	126,676	161,469	146,009	125,352	108,499	92,493	84,537	77,721	78,901	33,499	-	-	-	

22.3 Analyse de sensibilité

Une analyse de sensibilité a été réalisée pour évaluer l'impact des variations sur les coûts d'investissement (« **CAPEX** »), les coûts opérationnels (« **OPEX** »), les revenus de la vente des produits (« **Prix** ») et la variation du taux de change CAD / USD (« **Taux** ») sur la VAN du projet à 8 % (le scénario de base) et le TRI. Chaque variable a été examinée une à la fois. Un intervalle de ± 30 % avec des incréments de 10 % a été appliqué aux CAPEX, OPEX et Prix. Pour le taux de change CAD / USD des valeurs de 0,70 à 1,00 (des variations relatives de -12,5 % à 25 %) ont été utilisés. Le contenu en USD associé avec l'estimation des coûts a été utilisé pour ajuster les estimés de chaque hypothèse de taux de change.

L'analyse de sensibilité avant impôts est illustrée dans la Figure 22.2. La VAN et le TRI sont plus sensibles aux changements dans le Prix et le taux de change qu'aux changements dans le CAPEX ou OPEX. Si le prix moyen du concentré de OTRT baisse de 29,6 % (approximativement à 24 100 \$ USD / tonne), la VAN à 8 % est égale à zéro (0). Ceci est confirmé par une baisse du TRI jusqu'à la ligne pointillée qui représente un taux de rentabilité de 8 %.

En outre, si le CAPEX augmente de 30 % (variation relative de 30 %), le TRI tombe approximativement à 15 % et le VAN baisse à 373 M \$ CAD.

Les mêmes conclusions peuvent être tirées des résultats après impôts de l'analyse de sensibilité, comme montré à la Figure 22.3. Cependant, les points de seuil de rentabilité sont plus bas. Une baisse du prix moyen du concentré OTRT de 25,3 % (25 600 \$ USD / tonne) entraîne une VAN égale à zéro (0). De plus, une augmentation du taux de change de 25 % (1,0 CAD / USD) entraîne une VAN de 98,3 M \$ CAD. L'analyse TRI confirme ces résultats.

Figure 22.2 – Sensibilité de la VAN et du TRI avant impôts à des changements en : CAPEX, OPEX, Prix et Taux

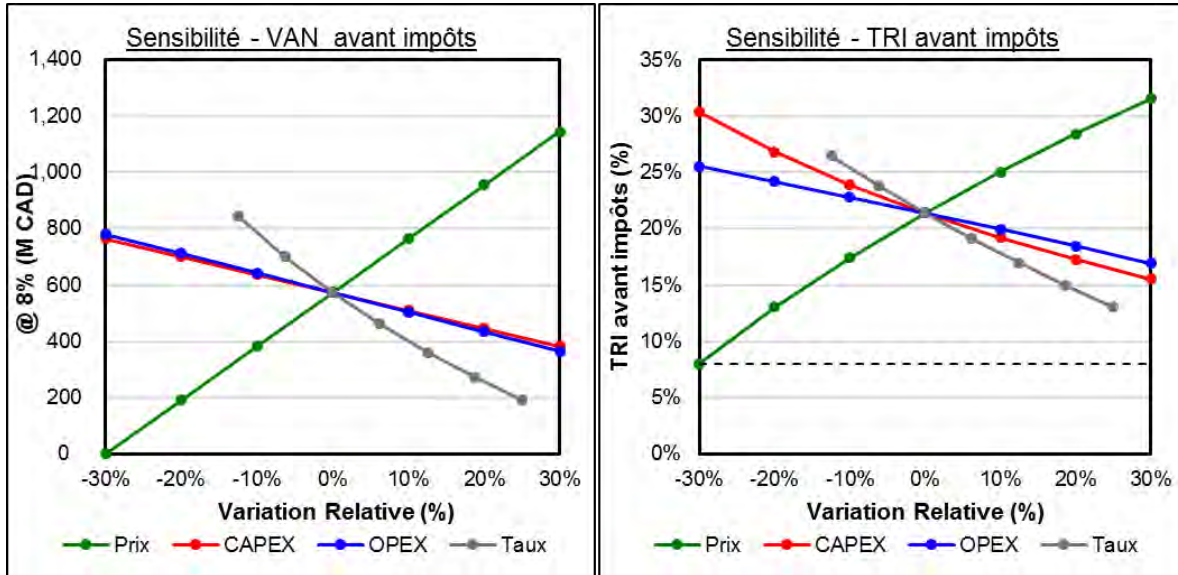
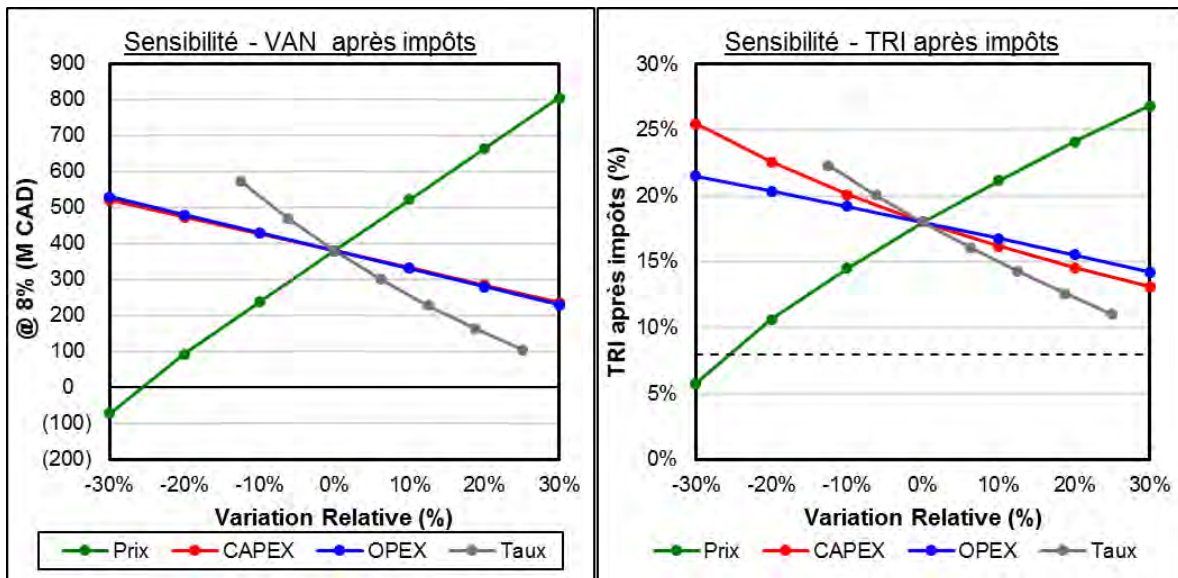


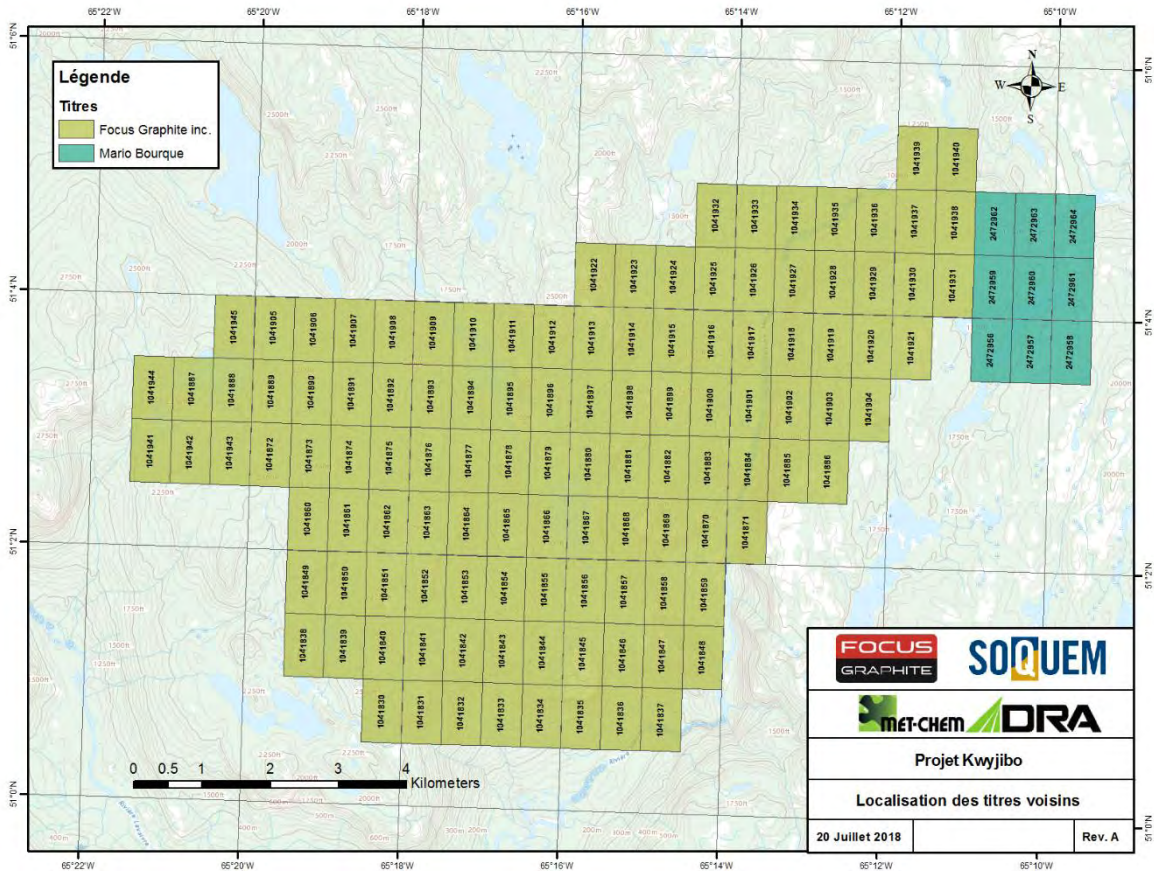
Figure 22.3 – Sensibilité de la VAN et du TRI après impôts à des changements en : CAPEX, OPEX, Prix et Taux



23 TERRAINS ADJACENTS

Une couronne de terrains non jalonnés entoure la propriété Kwjijbo, à l'exception d'un bloc de neuf (9) claims contigus détenus par M. Mario Bourque qui prolongent la propriété vers l'est (Figure 23.1). La validité de ces claims s'étend jusqu'en janvier 2019.

Figure 23.1 – Localisation des terrains adjacents à la Propriété Kwjijbo

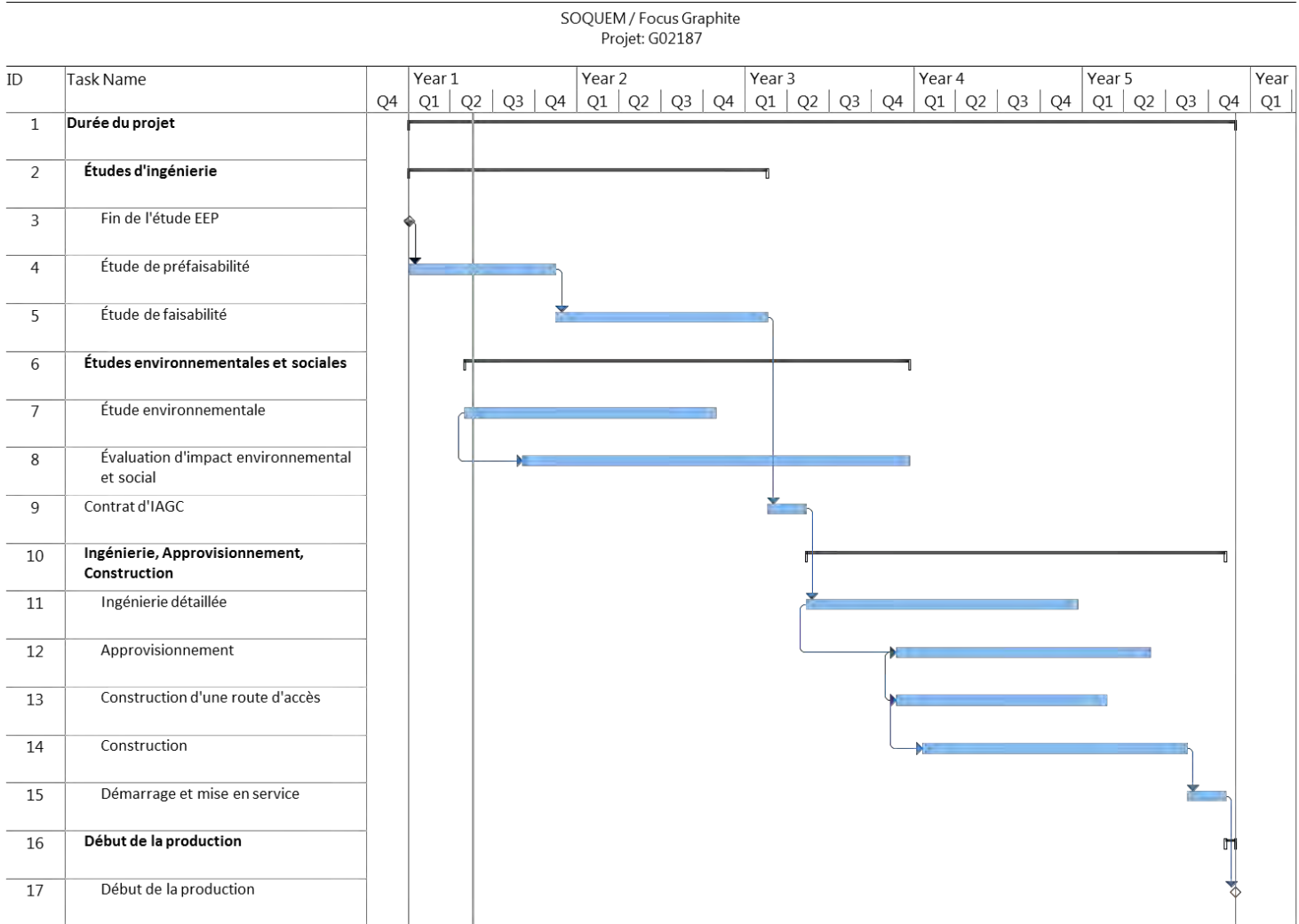


Cette information provient de la consultation du système de gestion des titres miniers du MERN (Gestim Plus) le 20 juillet 2018. DRA/Met-Chem n'a pas fait de vérifications concernant les questions légales associées à ces claims adjacents. Les renseignements concernant ces claims n'ont pas été vérifiés et quels qu'ils soient, ils n'indiquent pas nécessairement une indication de la minéralisation sur la propriété Kwjijbo.

24 AUTRES DONNÉES ET RENSEIGNEMENTS PERTINENTS

L'échéancier de projet a été élaboré pour donner un aperçu de haut niveau de toutes les principales activités à la réalisation du projet. Le plan d'exécution du projet est résumé à la Figure 24.1

Figure 24.1 – Échéancier préliminaire



Selon les prévisions, les délais requis pour réaliser les diverses étapes préalables à la mise en service du projet Kwjibo sont estimés à 5 ans si tout se passe bien. Alors le projet pourrait être opérationnel au plus tôt en 2023.

25 INTERPRÉTATION ET CONCLUSIONS

Le projet de Terres Rares Kwyjibo concerne le développement d'une mine souterraine située à 125 km au nord-est de Sept-Îles ainsi qu'une usine hydrométallurgique pour l'extraction des terres rares contenues dans le gisement.

25.1 Conclusions

Les résultats de l'ÉÉP démontrent un potentiel intéressant pour le dépôt de terres rares de l'Horizon Josette sur la propriété Kwyjibo avec un TRI de 21.2 % avant impôt en considérant seulement la portion de magnétite de la zone Josette Nord-Est. Les coûts d'investissement en capital pour la mise en place di projet sont de 723 M\$ avec un coût opérationnel total de 14 478 CAD/t OTRT contre une valeur moyenne de 34 250 USD/t OTRT.

25.1.1 GÉOLOGIE

- La minéralisation du dépôt de terres rares de l'Horizon Josette sur la propriété Kwyjibo a été bien identifiée dès la découverte comme étant de type IOCG et ce modèle a toujours guidé les travaux d'exploration de SOQUEM;
- La description de carotte, l'échantillonnage et les analyses ont été faits selon les bonnes pratiques de l'industrie; les mêmes codes lithologiques, la même méthode d'échantillonnage et les mêmes méthodes d'analyses ont été appliqués lors de toutes les campagnes de forage; ceci assure une bonne homogénéité des données utilisées pour l'estimation des ressources;
- Les données de forage de 1994-1998 ont été vérifiées et validées; toutes les zones minéralisées importantes ont été réanalysées;
- La carotte de toutes les campagnes de forage et les pulpes et rejets sont bien conservés; certains rejets et pulpes provenant d'Accurassay manquent, en raison de la fermeture du laboratoire, mais la carotte originale reste disponible;
- La maille de forage serrée fournit une bonne définition de la continuité de la structure et des teneurs du dépôt Josette NE et SO;
- Un grand effort de validation a été fait par Accurassay, à la demande de SOQUEM, pour certifier le standard Josette et valider la performance des laboratoires;
- Une quantité impressionnante de déterminations de la densité a été faite, en utilisant la méthode d'immersion qui fournit la densité in-situ;
- Les analyses de terres rares sont affectées d'une certaine variabilité, démontrée par les travaux de vérification d'Accurassay, ce que DRA/Met-Chem a confirmé par l'examen des échantillons de contrôle introduits par SOQUEM et par les échantillons de vérification de la Personne Qualifiée;

- La variabilité des résultats d'analyses s'explique principalement par les multiples calibrations lors des analyses des échantillons par différents laboratoires, et par la difficulté à obtenir un bilan de masse proche de 100 % pour certains échantillons;
- Malgré tout, la variabilité dans les analyses et le biais observé localement ne sont pas importants et, autant Accurassay que DRA/Met-Chem sont arrivés à la conclusion que les risques et incertitudes reliés à l'échantillonnage et aux analyses ne semblent pas être susceptibles d'avoir une incidence sur la fiabilité des résultats utilisés dans l'estimation des ressources;

25.1.2 ESTIMATIONS DES RESSOURCES MINÉRALES

Ce rapport présente les premières estimations de ressources minérales sur le projet Kwyjibo et a uniquement porté sur la zone à magnétite de l'indice Josette qui fournissait le meilleur potentiel mis à ce jour sur le permis. Des deux (2) zones considérées, la zone Nord-Est est celle qui offre le plus de potentiel économique de par ses plus fortes teneurs en terres rares totales et en P_2O_5 . La zone de la brèche inférieure, plus pauvre en terres rares et en P_2O_5 , a été abandonnée en cours de développement du modèle de ressources, mais demeure toujours une zone pouvant présenter un intérêt à court terme en fonction de l'évolution des prix des terres rares et du P_2O_5 sur le marché international.

Le travail effectué a permis de mettre en évidence une zone d'enrichissement en terres rares en profondeur sur la zone Nord-Est qui a malheureusement été testée par un seul trou de forage. Cette zone semble indiquer un plongement en profondeur vers l'extrémité de la zone Nord-Est. Elle offre un potentiel qui devrait être testé lors des travaux d'exploration subséquents.

25.1.3 MÉTHODE D'EXPLOITATION

Le dépôt de terres rares de l'Horizon Josette sur la propriété Kwyjibo est exploitable par méthode souterraine pendant 10 ans à un taux journalier de 1 000 tonnes pour les chantiers (365 000 tonnes par an) en plus de tonnes de minerai reliées au développement. La teneur moyenne de OTRT sur les 10 années est estimée à 3.29 %.

Les possibilités de rallonger la vie de l'exploitation sont nombreuses, car le gisement est ouvert en profondeur et latéralement. L'EEP a aussi seulement étudié l'exploitation de la magnétite de l'horizon Josette Nord-Est, les autres étant peu développés pour l'instant, mais pourront être investigués dans le futur si des résultats de forage, d'essais métallurgiques et de marché le justifie.

25.1.4 TRAITEMENT DES MINÉRAIS ET HYDROMÉTALLURGIE

Les programmes d'études effectués chez COREM et Hazen Research ont permis de développer un concentrateur simple qui comprend des étapes de concassage et broyage avant une séparation magnétique à basse intensité. Les produits sont épaissis et filtrés et le concentré est transporté vers l'usine hydrométallurgique. La récupération poids anticipée du concentré non-magnétique du concentrateur est de 45 % pour une récupération de terres rares de 95.5 %.

Les essais hydrométallurgiques chez Hazen Research ont évalué l'efficacité d'extraction possibles pour la lixiviation des concentrés en variant le type d'acide, la concentration et la température. Ils ont aussi permis de développer un procédé complet pour l'extraction des terres rares. Suite à ces programmes d'essais, l'évaluation des résultats a permis d'établir que la récupération économique des terres rares contenues dans le concentré non-magnétique de Kwijibo est possible. Le procédé développé montre qu'il est possible et potentiellement économique d'extraire les terres rares de la Propriété Kwijibo. Les récupérations respectives des secteurs de l'usine hydrométallurgique sont les suivantes :

Tableau 25.1 – Récupération des Terres Rares par secteur

Unité d'opération	ETRT + Y (%)	Terres rares lourdes (%)
Lixiviation	98	96
Neutralisation	>99	>99
Re lixiviation	*98	*98
Re neutralisation	99	>99
Métathèse	>99	>99
Lixiviation finale	82	81
Extraction par Solvant	>99	>99
Récupération Cumulative	**77,97	**80,4

* Hypothèse d'expert et calcul en fonction des essais initiaux effectués par HAZEN Research. Extraction optimisée après une deuxième étape de lixiviation. Autres tests requis pour confirmer l'extraction optimale après une deuxième étape de lixiviation.

** Représente la récupération cumulative d'ETRT + Y et Terres rares lourdes dans le concentré non magnétique

Une récupération cumulative de 77,97 % des terres rares totales et de l'yttrium est obtenue à l'usine hydrométallurgique. Une récupération de 80,4 % est obtenue pour les terres rares lourdes (Eu + Gd + Tb + Dy + Ho + Er + Tm + Yb + Lu + Y).

Les réactifs requis dans l'usine hydrométallurgique sont résumés ici :

Tableau 25.2 – Sommaire de réactifs de l'usine hydrométallurgique

Unité d'Opération	Consommation (kg/t de concentré)			
	HCl	CaCO ₃	MgO	50 % NaOH
Lixiviation	504	s.o.	s.o.	s.o.
Neutralisation	s.o.	322	20	s.o.
Re lixiviation	42	s.o.	s.o.	s.o.
Re neutralisation	s.o.	s.o.	267	s.o.
Métathèse	s.o.	s.o.	s.o.	30
Lixiviation finale	33	s.o.	s.o.	s.o.
Extraction par solvant	s.o.	s.o.	s.o.	59

s.o. = sans objet

25.1.5 ÉTUDES DE MARCHÉ

Les perspectives de marché pour les terres rares sont favorables selon l'étude de marché réalisée par Adamas Intelligence. La projection de prix de la production du Projet Kwyjibo est estimée à 34 250 USD par tonne de produit. Adamas Intelligence prévoit une augmentation des prix à long terme, mais l'EEP considère la valeur des produits constante sur la vie de la mine.

25.1.6 ENVIRONNEMENT

La majorité des études de caractérisation environnementale et sociale requises n'ont pas été amorcées pour documenter les conditions initiales et identifier tous les enjeux dans les zones pouvant être influencées par le projet. L'information disponible actuellement est plutôt limitée. Néanmoins, malgré le peu d'information environnementale recueillie, il est possible de conclure que:

- l'empreinte du projet sera limitée avec 0.21 km² puisqu'il est prévu de construire une mine souterraine et de combler de façon progressive les chantiers souterrains exploités à l'aide de stériles et de résidus du concentrateur;
- les impacts potentiels anticipés au site de la mine concerneront principalement les écosystèmes, les ressources en eau et les utilisateurs du territoire;
- la gestion des résidus au site de l'usine hydrométallurgique constituera un enjeu environnemental important à adresser pour l'acceptation du projet;
- les problématiques environnementales identifiées pourront être gérées de façon adéquate à l'aide de mesures d'atténuation appropriées mises en place pour limiter les impacts potentiels;
- compte tenu du type de projet et du contexte, les préoccupations des parties prenantes du projet sont des éléments majeurs à intégrer dans l'évaluation environnementale et sociale du projet.

L'évaluation des impacts potentiels mentionnés précédemment sera effectuée de façon détaillée lors de la préparation de l'étude d'impact environnemental et social et en fonction des composantes optimisées du projet.

25.1.7 COÛTS D'INVESTISSEMENT ET OPÉRATIONNELS

Le CAPEX préparé pour cette EEP est basé sur une estimation de classe 4, selon la pratique recommandée 47R-11 de l'Association for the Advancement of Cost Engineering (« **AACE** ») avec une précision de 35 %.

L'information qui supporte l'estimation des coûts a été suffisamment développée pour permettre de faire le dimensionnement des équipements et autres afin d'évaluer les coûts avec la précision requise.

25.1.8 ANALYSE ÉCONOMIQUE

Les résultats de l'analyse économique du projet Kwijibo démontrent un potentiel économique intéressant à cette étape de projet. Le tableau suivant résume les résultats de l'analyse réalisée :

Tableau 25.3 –Sommaire des résultats de l'analyse économique

Alimentation d'usine ^a	tpa	387,000
Production OTRT	tpa	9,483
Revenu total	'000 CAD	3,463,348
Investissement total	'000 CAD	723,627
Mine & concentrateur	'000 CAD	405,311
Usine hydromet	'000 CAD	318,316
Coût d'opération ^b	'000 CAD	1,259,752
Coût d'opération	CAD/t usinée	355
Coût d'opération	CAD/t OTRT	14,478
Avant impôt		
VAN (taux d'intérêt = 8 %)	'000 CAD	564,023
TRI	%	21.2 %
Période de recouvrement	ans	3.5
Après impôt		
VAN (taux d'intérêt = 8 %)	'000 CAD	373,857
TRI	%	17.8 %
Période de recouvrement	ans	3.7

^a Alimentation d'usine à partir de la 2^e année

^b Les coûts opérationnels incluent les redevances, les coûts de la mine, de procédés et de transports et les taxes municipales (le cas échéant)

25.2 Évaluation des risques

Plusieurs risques économiques sont hors de contrôle des promoteurs du projet. Les prix de marché des terres rares et les taux de change en vigueur pendant la construction et l'opération du projet en font partie.

La nature préliminaire des coûts développés dans cette étude fait en sorte qu'on ne peut qualifier les ressources comme des réserves. Ceci doit faire l'objet d'une étude plus détaillée.

25.2.1 MINE SOUTERRAINE ET CONCENTRATEUR

Les risques associés aux installations du site de la mine sont liés à la nature préliminaire des informations et aux hypothèses utilisées dans l'estimation des coûts d'investissement. Des

travaux d'investigation géotechniques seront requis pour concevoir adéquatement les fondations des bâtiments et des équipements. Une meilleure compréhension de l'hydrologie et de l'hydrogéologie va permettre de faire une planification plus précise des besoins de gestion des eaux et des sources d'approvisionnement des installations.

Le dimensionnement des équipements du concentrateur n'est pas supporté par des essais adéquats dans le cas de plusieurs équipements importants comme les épaisseurs et les filtres. Les essais qui supportent le dimensionnement des équipements de concassage et broyage doivent également être bonifiés pour s'assurer de leur adéquation avec les besoins d'usinage. Pour minimiser ces risques, des hypothèses conservatrices ont été utilisées dans une certaine mesure sur la base de l'expérience de DRA/Met-Chem.

25.2.2 USINE HYDROMÉTALLURGIQUE

Les risques associés à l'usine hydrométallurgique sont de deux (2) types :

- l'étendue limitée des travaux, quoiqu'amplement suffisante pour cette étape de projet, comporte certaines incertitudes face aux valeurs de récupérations obtenues. Certaines hypothèses ont été utilisées lors de l'évaluation des résultats ce qui comporte un certain risque;
- l'échelle utilisée (bancs d'essais en laboratoire) n'est pas suffisante pour évaluer l'opérabilité des équipements à l'échelle commerciale.

Les essais appropriés doivent être réalisés dans les prochaines étapes du projet pour diminuer ces risques.

25.3 Opportunités

Malgré la durée de vie limitée de la mine, les résultats économiques de l'EEP sont favorables. Afin d'améliorer ces résultats, l'augmentation des ressources permettrait d'augmenter la rentabilité de l'investissement. Le gisement semble se poursuivre en profondeur et les possibilités de trouver des ressources supplémentaires du même type que celles qui ont été considérées dans cette étude sont élevées.

Le minerai de la brèche située au-dessus de la magnétite contient des terres rares également. Sa teneur est plus faible, mais il est possible d'augmenter le taux de concentration en ajoutant un système de flottation. Pour ce faire, il faudrait faire des essais de développement afin d'obtenir des récupérations et des teneurs adéquates tout en gardant les coûts d'opération acceptables.

De même, la zone Josette Sud-Ouest pour être concentrée davantage avec une mise à niveau du concentrateur. Ces modifications pourraient être mises en place plus tard dans la vie du projet afin de maximiser le retour sur l'investissement et réduire les risques.

26 RECOMMANDATIONS

Sur la base des résultats économique préliminaires du projet, il est recommandé de procéder aux étapes de définition du projet suivantes soit une étude plus précise du potentiel du projet (étude de préfaisabilité) et d'initier certaines des études environnementales sectorielles requises, ainsi que la collecte de données sur le contexte socio-économiques associé au projet.

Les coûts associés à l'étude de préfaisabilité et aux activités associées sont estimés à \$2.2 millions. Ceci inclut les essais métallurgiques supplémentaires pour raffiner le procédé de l'usine hydrométallurgique et dimensionner les équipements des deux (2) sites et des travaux géotechniques et hydrogéologiques.

Les coûts associés aux études environnementales requises sont estimés à \$1.0 million. Les détails sont fournis plus bas dans les sections spécifiques.

26.1 Mine souterraine et concentrateur

26.1.1 GÉOLOGIE

Les changements suivants concernent l'information des données concernant la géologie et sont recommandés lors de campagnes de forage futures:

- Préparer un jeu de procédures écrites pour les travaux d'exploration et de forage pouvant aisément être consultées par toute personne concernée;
- Prendre des photos de la carotte, avant sciage;
- Utiliser plusieurs standards commerciaux à différentes valeurs en ETR et éléments d'importance pour le projet; l'utilisation de standards à teneurs proches des teneurs de coupure du dépôt et du mode, entre autres, sont les plus utiles;
- Utiliser des blancs certifiés propres à déceler des cas possibles de contamination;
- Tenter de déterminer la source de la difficulté pour certains échantillons à obtenir un bilan de masse dans les limites acceptables;
- Idéalement, utiliser un seul laboratoire principal et un laboratoire tiers pour les vérifications; les données analytiques disponibles en ce moment proviennent de six laboratoires différents, ce qui complique l'interprétation des résultats pour le suivi de la précision et de l'exactitude des résultats.

26.1.2 ESTIMATIONS DES RESSOURCES MINÉRALES

Des travaux d'exploration subséquents son recommandés pour tester l'extension en profondeur de secteur d'enrichissement en terres rares et en P_2O_5 sur la zone Nord-Est. Ces travaux devront consister en du forage pour métrage estimé de 2 000 m repartit sur 4 à 5 forages de profondeur variant de 450 m à 500 m. Ces coûts additionnels d'exploration sont estimés à \$800,000 mais

n'ont pas été inclus dans le budget puisque ces travaux ne sont pas nécessaires pour rendre le projet viable.

26.1.3 MÉTHODE D'EXPLOITATION

Pour la partie minière, DRA/Met-Chem recommande dans les études subséquentes de procéder à des études hydrogéologiques afin de déterminer s'il y a des venues d'eau importantes dans le massif rocheux ainsi que des études géotechniques pour valider les besoins en soutènement et optimiser la taille des chantiers.

26.1.4 TRAITEMENT DES MINÉRAIS

Afin de confirmer la sélection des équipements du concentrateur, des essais de broyage supplémentaires seront requis. Le matériel utilisé lors de ces essais peut par la suite être repris dans d'autres essais minéralurgiques qui serviront à concevoir ou caractériser les produits.

Les résidus seront utilisés pour remblayer les chantiers souterrains. Il sera important de comprendre leur chimie et leur comportement mécanique pour concevoir l'usine de remblais et préciser les coûts d'opération associés. Ceci demandera un programme d'essais préliminaire pour l'étape de préfaisabilité. Les échantillons de résidus seront également utilisés pour faire des essais de sédimentation et de filtration pour valider les choix de l'étude actuelle ou choisir une technologie différente au besoin.

Pour le concentré, des essais de sédimentation et filtration seront également nécessaires. De plus, le concentré produit servira à alimenter des tests hydrométallurgiques supplémentaires.

Un inventaire complet des essais à compléter dans la prochaine étape du projet devra être fait pour estimer la quantité de matériel à utiliser pour produire suffisamment de concentré et de résidus pour réaliser les essais nécessaires au développement des informations désirées.

26.1.5 ENVIRONNEMENT

En fonction des résultats de l'évaluation économique préliminaire, SOQUEM et Focus devraient amorcer en 2018 certaines des études environnementales sectorielles requises, ainsi que la collecte de données sur le contexte socio-économiques associé au projet. De plus dans le contexte du projet, les activités de terrain les moins invasives devraient être privilégiées à court terme.

Les activités suggérées consistent en :

- la poursuite des activités d'échantillonnage des eaux de surface, ainsi que la prise de mesures de débit de certains cours d'eau;
- le début des activités d'inventaire de la faune et la flore dans la zone du projet;
- la mesure de la profondeur de l'eau souterraine, son échantillonnage ainsi que la réalisation d'essais de perméabilité dans certains forages miniers existants;

- le début de la recherche documentaire des données socio-économiques associées à la zone du projet;
- la poursuite des activités de consultation et d'engagement des parties prenantes.

Finalement pour la poursuite des activités, la direction de SOQUEM et Focus devrait renouveler son engagement comme premier intervenant dans le projet afin de faciliter les contacts avec les représentants des parties prenantes et pour assurer un lien de confiance.

26.2 Usine hydrométallurgique

26.2.1 LOCALISATION DE L'USINE HYDROMÉTALLURGIQUE

Dans cette étude, DRA/Met-Chem a pris pour hypothèse que l'usine hydrométallurgique serait située à la Pointe-Noire près de Sept-Îles. DRA/Met-Chem recommande d'évaluer les différentes localisations possibles de l'usine hydrométallurgique afin de faire le meilleur choix pour le projet. Divers facteurs comme les aspects économiques ainsi que les aspects sociaux doivent être pris en compte.

26.2.2 HYDROMÉTALLURGIE

Il est recommandé d'inclure les actions suivantes lors des prochaines étapes d'études hydrométallurgiques :

- des travaux d'optimisation supplémentaires sont suggérés afin d'augmenter la récupération des terres rares dans les étapes de métathèse et de re-lixiviation après métathèse;
- poursuivre et améliorer l'enlèvement du calcium dans une étape précédant la métathèse afin de limiter la compétition du calcium envers les terres rares;
- évaluer l'utilisation d'un réactif autre que le CaCO_3 qui augmente la quantité de calcium contenu lors de la neutralisation;
- évaluer l'utilisation d'un réactif autre que le MgO qui représente un coût supplémentaire lors de la neutralisation.

26.2.3 RÉSIDUS

Il est recommandé d'évaluer la possibilité de récupérer le sulfate provenant du gypse afin de potentiellement réduire la quantité d'acide sulfurique requise.

26.2.4 ENVIRONNEMENT

Une fois le site de l'usine hydrométallurgique choisi, certaines études et travaux de caractérisation seront sans doute requis. Certains de ces derniers pourraient alors être amorcés.

27 RÉFÉRENCES

27.1 Géologie

Abitibi Géophysique inc., novembre 2012, Levé TDEM (In-Loop) de surface, Projet Kwyjibo (11008888--55), Côte-Nord, Québec, Canada, Rapport Logistique 12N036A.

Accurassay, January 7, 2014; Internal Reference Material, 2013 Project Summary Follow-up Report; (document interne, non publié)

Accurassay, July 31, 2014; SOQUEM, Kwyjibo Project, Historical Data Validation/Lab Umpire Management, 2014 Kwyjibo Re-Assay Project Summary Follow-up Report; (document interne non publié)

Barton, MD., 2014. Iron Oxide (-Cu-Au-REE-P-Ag-U-Co) Systems. In: Holland, H. and Turkian, K., (Eds.), Treatise in Geochemistry, 2nd Edition, Volume 13, Geochemistry of Mineral Deposits, pp. 515-541.

Beaumier, M., 1989 a. Géochimie des sédiments de lac – région de Havre-Saint-Pierre.

Ministère des Ressources naturelles du Québec; MB 89-19, 57 pages.

Beaumier, M., 1989 b. Cartes géochimiques des sédiments de lac, région de Havre-Saint-Pierre. Ministère des Ressources naturelles du Québec; MB 89-46, 44 cartes.

Boileau, P., 1998. Levés pulse-EM en forage, projet Kwyjibo. Ministère des Ressources naturelles, Québec, GM 58047, 9 pages, 17 plans.

Cayer, A. 2001. Caractérisation minéralogique des lithologies, des altérations et des minéralisations d'oxydes de fer, de cuivre et terres rares de la propriété « Kwyjibo », Côte-Nord (Québec), province géologique de Grenville. Mémoire de Maîtrise, Université du Québec à Montréal, Qué., 71 p.

Thèse de maîtrise, A. Cayer (Cayer, 1998)

Chakridi, R., 1993. Levé EM-MAG héliporté, projet Nipissis (1088). Ministère des Ressources naturelles du Québec, GM 54884, 30 pages et 38 plans.

Chevé, S., Gobeil, A., Clark, T. & Togola, N., 2001. Géologie de la rivière Baune (22P/02) et des lacs à l'Aigle (22P/03) et Canatiche (22P/04). Ministère des Ressources naturelles du Québec; RG 2001-03, 60 pages et 3 cartes.

Clark, T., 2003. Métallogénie des métaux usuels et précieux, des éléments radioactifs et des éléments des terres rares, région de la Moyenne Côte-Nord. Dans Géologie et ressources minérales de la partie est de la Province de Grenville, D. Brisebois et T. Clark, coordonnateurs. Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs du Québec; DV 2002-03, pp. 269 à 326.

- Clark T., Gobeil A. and David J., 1 December 2005; Iron oxide – copper – gold-type and Related Deposits in the Manitou Lake Area, Eastern Grenville Province, Quebec: Variations in Setting, Composition, and Style; Published on the NRC Research Press Web site at <http://cjcs.nrc.ca> on.
- Clark, T., Gobeil, A. & Chevé, S., 2010. Alteration in IOCG-type and related deposits in the Manitou Lake area, Eastern Grenville Province, Quebec. Dans Exploring for Iron Oxide Copper-Gold Deposits : Canada and Global Analogues; Louise Corriveau and Hamid Humin, éditeurs. Association géologique du Canada, note de cours intensifs No 20, pages 127 à 146.
- Corriveau, L., 2007. Iron oxide-copper-gold deposits : A Canadian perspective. Dans Mineral Deposits of Canada, W.D. Goodfellow, éditeur. Association géologique du Canada, Division des gîtes minéraux, publication spéciale No 5, pages 307 à 328.
- Énergie et Ressources naturelles, Québec; Gestim Plus (Gestion des titres miniers); gestim.mines.gouv.qc.ca/)
- Franconi, A. et Sharma, K.N.M., 1975. Région des rivières Magpie, Saint-Jean et Romaine (Grenville 1970). Ministère des Ressources naturelles, Québec; RG 163, 73 pages et 4 plans.
- Gauthier, M., Chartrand, F., Cayer, A. & David, J., 2004. The Kwyjibo Cu-REE-U-Au-Mo-F Property, Quebec: A Mesoproterozoic Polymetallic Iron Oxide Deposit in the Northeastern Grenville Province. *Economic Geology*, Vol. 99, pp. 1177–1196.
- Gobeil A., Chevé, S., Clark, T., Corriveau, L., Nabil, H., Togola, N., St-Germain, P., 2000; Géologie de la région des lacs Brézel et Cacaoni (22I/11 et 22I/12). Ministère des Ressources naturelles, Québec; RG-98-19, 60 pages.
- Gobeil A., Chevé, S., Clark, T., Corriveau, L., Perreault, S., Dion, D.J., Nabil, H., 1999; Géologie de la région du lac Nipisso (22I/13). Ministère des Ressources naturelles, Québec; RG-99-09, 45 pages.
- Gobeil, A., Brisebois, D., Clark, T., Verpaelst, P., Madore, L., Wodicka, N. & Chevé, S., 2003. Géologie de la Moyenne Côte-Nord. Dans Géologie et ressources minérales de la partie est de la Province de Grenville, D. Brisebois et T. Clark, coordonnateurs. Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs du Québec; DV 2002-03, pp. 9 à 58.
- David I. Groves, D.I., Bierlein, F.P., Meinert, Hitzman, M.W.; 2010; Iron Oxide Copper-Gold (IOCG) Deposits through Earth History: Implications for Origin, Lithospheric Setting, and Distinction from Other Epigenetic Iron Oxide Deposits; in *Society of Economic Geologists, Inc., Economic Geology*, v. 105, pp. 641–654.
- IOC; 22 octobre 1997; Lettre confirmant la cession à SOQUEM de l'intérêt de soixante-cinq pour-cent (65 %) qu'elle détient dans la Propriété Manitou contre redevance d'un et demi pour-cent (1,5 %) du revenu net de la fonderie.

- Jenkins, J.T., 1956; Rapport préliminaire sur la région de la rivière Manitou, district électoral de Saguenay; Ministère des Mines, Québec; RP-326
- Jenkins, J.T., 1956; Région de la rivière Manitou, comté de Saguenay, MER, RP-326, 8p.
- Jenkins, J.T., 1957; Région de la rivière Manitou, comté de Saguenay, MER, RP-349, 8p.
- Perreault, S., Artinian, B., Décembre 2012; Rapport technique sur les travaux d'exploration de 2010 et de la campagne de forage de 2011, Projet Kwyjibo (1088-5); GM 67330; 790 pages, 16 cartes.
- Perreault, S., 2015; Rapport d'exploration des campagnes de terrain de 2012 et 2013 et sommaire des résultats des essais métallurgiques de 2013 et 2014, Propriété Kwyjibo (1088-5), SNRC 22P03; GM 69518; 4569 pages; autres données numériques.
- Perreault, S. and Lafrance, B. 2015; Kwyjibo, a REE-enriched iron oxides-copper-gold (IOCG) deposit, Grenville Province, Québec. In: Simandl, G.J. and Neetz, M., (Eds.), Symposium on Strategic and Critical Materials Proceedings, November 13-14, 2015, Victoria, British Columbia. British Columbia Ministry of Energy and Mines, British Columbia Geological Survey Paper 2015-3, pp.139-145.
- Perry, C., Décembre 1995; Projet Nipissis/Propriété Manitou, 1088-1; Rapport des travaux menés en 1994 sur la partie est de la propriété, Volume 1 de 4, Rapport géologique; GM 54187.
- Perry, C., and Raymond, D., 1996. Le projet Nipissis de SOQUEM-IOC : Un nouveau type de minéralisation cuprifère sur la Côte-Nord. In : Vers de nouvelles découvertes; Séminaire d'information sur la recherche géologique, programme et résumés. Ministère des Ressources naturelles du Québec, DV 96-02, p. 16.
- Perry, C., Roy, I., mai 1997; Propriété Manitou, Rapport sur les travaux menés en 1995, Volume 1 de 5; MRN Géoinformation, 1997, GM 55005.
- Ressources Naturelles et Faune, Québec; Géofiche, DV-2009-04
- Roy, I., février 1999; Projet Kwyjibo 1088-2, Rapport sur les travaux d'exploration, Campagne 1998, Volume 1 de 2; MRN-GÉOINFORMATION 2000, GM 58046
- Saint-Germain, P., 2002; Caractérisation magmatique et géochimique du complexe de gabbronorite et de monzonite de Matamec, Région de Sept-Îles, Grenville Oriental, Québec; Mémoire présenté pour l'obtention du grade de Maître ès Sciences; 2002; Université du Québec, INRS.
- Sharma, K. N.M., 1996; Légende générale de la carte géologique, Édition revue et augmentée; Direction de la géologie, Ministère des Ressources naturelles, Québec; MB 96-28, 89 pages.
- SIMARD, M, DION, C., 2009; cahier de géofiche; cahier contenant 100 Géofiches; DV 2009-04.

SOQUEM, Projet Kwijibo (10885), non daté; 3 cartes datées de janvier 2014; Fiche technique; Propriétaires : SOQUEM inc. 50%, Focus Graphite inc. 50%,).

27.2 Essais métallurgiques

COREM, "Production de concentrés/lixiviation de terres rares, cuivre, magnétite, molybdénite, apatite et fluorite", Rapport final, projet T1475, 15 janvier 2014,

COREM, "Production de concentrés et lixiviation d'apatites/terres rares Phase 2", Rapport final révision 2, projet T1544, 13 août 2015

Hazen Research Inc., "Hydrometallurgical work for Kwijibo project, preparation and leaching of rare earth concentrates", 12182, 18 août 2016

Hazen Research Inc., "Hydrometallurgical work for Kwijibo project, purification of leach liquor for recovery of rare earth elements", Rapport intérimaire, 12322, 24 avril 2017

Hazen Research Inc., "Hydrometallurgical work for Kwijibo project, purification of leach liquor for recovery of rare earth elements – Revision 1", 12322, 23 janvier 2018

27.3 Étude de marché

Adamas Intelligence, *Rare earth market study for Kwijibo preliminary economic assessment*, 23 février 2018.

28 LISTE DES ABBRÉVIATIONS

Abréviation	Description
AACE	<i>Association for the Advancement of Cost Engineering</i>
AAS	Analyse par spectrométrie d'absorption atomique
ACÉE	Agence canadienne d'évaluation environnementale
Ai	Indice d'abrasion Bond
AQ/CQ	Assurance de la qualité / contrôle de la qualité
Au	Or
B	Bore
BR	Zone de brèches
BR1	Zone de brèches, Josette région nord-est
BR2	Zone de brèches, Josette région sud-ouest
BWI	Indice de Bond pour broyeur à boulets
C	Carbone
Capex	Coût d'investissement
CDC	Claims désignés sur carte
Ce	Cérium
Cl	Chlore
Co	Cobalt
COREM	Consortium de recherche appliquée en traitement et transformation des substances minérale
Cu	Cuivre
DEL	Diode électroluminescente
Dy	Dysprosium
ÉÉP	Étude économique préliminaire
EM	Électro-magnétique
Er	Erbium
ETR	Éléments des terres rares
Eu	Europium
F	Fluor
Fe	Fer
Focus	Focus Graphite inc.
G&A	Généraux et administratifs

Abréviation	Description
Gd	Gadolinium
H	Hydrogène
H ₂ SO ₄	Acide sulfurique
Hazen	Hazen Research
HCl	Acide chlorhydrique
Ho	Holmium
IAGC	Ingénierie, Approvisionnement et Gestion de Construction
ICP-AES	Analyse par plasma par couplage inductif et spectrométrie d'émission atomique
ICP-MS	Analyse par plasma par couplage inductif et spectrométrie de masse
ICP-OES	Analyse par plasma par couplage inductif et spectrométrie d'émission optique
INAA	Méthode instrumentale d'activation neutronique
IOC	Compagnie minière IOC inc.
IOCG	Iron oxide-copper-gold
ISE	Analyse par électrode ionique sélective
ITUM	Innus de Uashat mak Mani-Utenam
La	Lanthane
LCÉE	Loi canadienne sur l'évaluation environnementale
LiDAR	<i>Light Detection and Ranging</i>
LQE	Loi sur la qualité de l'environnement, Q-2
Lu	Lutécium
MAG	Magnétométrie
MDDELCC	Ministère du développement durable, de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques
MERN	Ministère de l'Énergie et des Ressources Naturelles
MFFP	Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs
MM	Zone magnétite massive
MM1	Zone magnétite massive, Josette région nord-est
MM2	Zone magnétite massive, Josette région sud-ouest
Mo	Molybdène
Nd	Néodyme
Ni	Nickel

Abréviation	Description
NSR	Revenu net de la fonderie
O	Oxygène
OPEX	Coûts opérationnels
OTR	Oxyde de terres rares
OTR légères	Oxyde de terres rares légères (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd)
OTR lourdes	Oxyde de terres rares lourdes (Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Y)
OTRT	Oxyde de terres rares totales
P	Phosphore
PAF	Perte au feu
Pb	Plomb
PQ	Personnes Qualifiées
Pr	Praséodyme
Propriété	Propriété Kwijibo
QNS&L	<i>Quebec North Shore and Labrador Railway</i>
REMM	Règlement sur les effluents des mines de métaux
RQD	Récupération de carotte
RWI	Indice de Bond pour broyeur à barre
S	Soufre
SEDEX	Sédimentaire-exhalatif
Sm	Samarium
SMBI	"Séparateur magnétique de basse intensité mieux connu sous l'appellation <i>Low Intensity Magnetic Separator (LIMS)</i> "
SNRC	Système national de référence cartographique
Tb	Terbium
TCAC	Taux de Croissance Annuel Composé
TDEM	Transient Domain EM
Th	Thorium
Tm	Thulium
TNO	Territoire non organisé
TRI	Taux de rentabilité interne
U	Uranium
VAN	Aaleur actualisée nette

Abréviatiion	Description
XRF	Analyse par fluorescence X
Y	Yttrium
Yb	Ytterbium
Zn	Zinc

Unités	Description
%	pour cent
%w/w	pour cent par poids
cm	centimètre
g	gramme
G	champ magnétique, gauss
km	kilomètre
kWh	kilowatt-heure
kWh/t	kilowatt-heure par tonne
m	mètre
m ³	mètre cube
m ³ /d	mètre cube par jour
mm	millimètre
P ₈₀	80% passant
ppm	partie par million
t	tonne
t/a	tonne par année
t/d	tonne par jour
µm	micromètre

29 ATTESTATION DE LA PERSONNE QUALIFIÉE

Annexe A – SOQUEM, Propriété Kwijibo, Liste des claims et description

N° de titre	Superficie (ha)	Date d'expiration	Excédents de travaux (\$)	Travaux requis (\$)	Droits requis (\$)
1041830	54,21	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041831	54,21	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041832	54,21	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041833	54,21	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041834	54,21	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041835	54,21	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041836	54,21	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041837	54,21	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041838	54,20	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041839	54,20	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041840	54,20	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041841	54,20	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041842	54,20	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041843	54,20	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041844	54,20	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041845	54,20	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041846	54,20	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041847	54,20	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041848	54,20	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041849	54,19	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041850	54,19	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041851	54,19	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041852	54,19	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041853	54,19	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041854	54,19	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041855	54,19	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041856	54,19	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041857	54,19	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041858	54,19	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041859	54,19	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09

N° de titre	Superficie (ha)	Date d'expiration	Excédents de travaux (\$)	Travaux requis (\$)	Droits requis (\$)
1041860	54,18	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041861	54,18	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041862	54,18	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041863	54,18	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041864	54,18	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041865	54,18	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041866	54,18	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041867	54,18	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041868	54,18	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041869	54,18	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041870	54,18	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041871	54,18	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041872	54,17	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041873	54,17	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041874	54,17	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041875	54,17	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041876	54,17	2019-12-11	2 603,28	1 625,00	64,09
1041877	54,17	2019-12-11	4 066,85	1 625,00	64,09
1041878	54,17	2019-12-11	31 949,07	1 625,00	64,09
1041879	54,17	2019-12-11	2 403 768,94	1 625,00	64,09
1041880	54,17	2019-12-11	526 240,30	1 625,00	64,09
1041881	54,17	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041882	54,17	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041883	54,17	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041884	54,17	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041885	54,17	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041886	54,17	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041887	54,16	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041888	54,16	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041889	54,16	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041890	54,16	2019-12-11	13 166,86	1 625,00	64,09

N° de titre	Superficie (ha)	Date d'expiration	Excédents de travaux (\$)	Travaux requis (\$)	Droits requis (\$)
1041891	54,16	2019-12-11	5 132,64	1 625,00	64,09
1041892	54,16	2019-12-11	11 569,77	1 625,00	64,09
1041893	54,16	2019-12-11	5 132,64	1 625,00	64,09
1041894	54,16	2019-12-11	21 040,23	1 625,00	64,09
1041895	54,16	2019-12-11	53 973,99	1 625,00	64,09
1041896	54,16	2019-12-11	972 513,37	1 625,00	64,09
1041897	54,16	2019-12-11	3 166 785,59	1 625,00	64,09
1041898	54,16	2019-12-11	52 579,94	1 625,00	64,09
1041899	54,16	2019-12-11	40 903,38	1 625,00	64,09
1041900	54,16	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041901	54,16	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041902	54,16	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041903	54,16	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041904	54,16	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041905	54,15	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041906	54,15	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041907	54,15	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041908	54,15	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041909	54,15	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041910	54,15	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041911	54,15	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041912	54,15	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041913	54,15	2019-12-11	108 650,39	1 625,00	64,09
1041914	54,15	2019-12-11	72 064,90	1 625,00	64,09
1041915	54,15	2019-12-11	14 061,88	1 625,00	64,09
1041916	54,15	2019-12-11	136 605,04	1 625,00	64,09
1041917	54,15	2019-12-11	24 617,59	1 625,00	64,09
1041918	54,15	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041919	54,15	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041920	54,15	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041921	54,15	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09

N° de titre	Superficie (ha)	Date d'expiration	Excédents de travaux (\$)	Travaux requis (\$)	Droits requis (\$)
1041922	54,14	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041923	54,14	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041924	54,14	2019-12-11	5 128,01	1 625,00	64,09
1041925	54,14	2019-12-11	24 615,27	1 625,00	64,09
1041926	54,14	2019-12-11	151 180,29	1 625,00	64,09
1041927	54,14	2019-12-11	51 28,01	1 625,00	64,09
1041928	54,14	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041929	54,14	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041930	54,14	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041931	54,14	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041932	54,13	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041933	54,13	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041934	54,13	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041935	54,13	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041936	54,13	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041937	54,13	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041938	54,13	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041939	54,12	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041940	54,12	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041941	54,17	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041942	54,17	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041943	54,17	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041944	54,16	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
1041945	54,15	2019-12-11	0,00	1 625,00	64,09
TOTAL	6 283,48		7 853 478,23	188 500,00	7 434,44