

## **VOLUME 2**

### **ORIGINE, NATURE ET GRAVITE DE LA POLLUTION**

---

#### ***CHAPITRE 12***

#### ***JUSTIFICATION DES ALTERNATIVES DU PROJET***

## SOMMAIRE DU CHAPITRE

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>FACTEURS CONSIDERES DANS L'EVALUATION DES ALTERNATIVES</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>Facteurs environnementaux</b>	<b>3</b>
<b>2.2</b>	<b>Facteurs techniques</b>	<b>4</b>
<b>2.3</b>	<b>Facteurs économiques</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>METHODE D'EXPLOITATION</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>STOCKAGE DES RESIDUS</b>	<b>7</b>
<b>4.1</b>	<b>Alternatives pour le stockage ou l'élimination des résidus</b>	<b>7</b>
4.1.1	Rejet à la mer	7
4.1.2	Stockage dans la fosse de la mine	7
4.1.3	Stockage en surface à l'extérieur de la fosse de la mine	7
<b>4.2</b>	<b>Méthode retenue pour le stockage des résidus</b>	<b>9</b>
<b>4.3</b>	<b>Exigences des installations</b>	<b>9</b>
4.3.1	Options étudiées	11
4.3.2	Résidus en pulpe	11
4.3.3	Résidus épaissis	13
<b>5</b>	<b>APPROVISIONNEMENT EN EAU</b>	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>EMPLACEMENT DU SITE INDUSTRIEL</b>	<b>16</b>
<b>7</b>	<b>PRODUCTION D'ELECTRICITE</b>	<b>18</b>
<b>8</b>	<b>APPROVISIONNEMENT EN ACIDE SULFURIQUE</b>	<b>19</b>
<b>9</b>	<b>ÉLIMINATION DE L'EFFLUENT DE L'USINE DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS</b>	<b>20</b>
<b>10</b>	<b>NEUTRALISATION REDUITE</b>	<b>21</b>

---

JUSTIFICATION DES ALTERNATIVES DU PROJET

## 1 INTRODUCTION

Depuis la découverte du gisement de nickel de Goro, la planification du projet a surtout porté sur l'évaluation des réserves de minerai, sur la faisabilité d'aménager une mine et un complexe de traitement au site de Goro et sur les préoccupations environnementales liées au projet. Pour déterminer la meilleure manière de mettre en œuvre le projet, diverses possibilités d'opérations et de choix de sites ont été évalués. La viabilité environnementale, technique et économique de chaque scénario a été analysée en fonction des restrictions inhérentes à la nature et à la localisation du projet.

- Une analyse des alternatives a été faite pour huit grandes composantes du projet :
- la méthode d'exploitation minière,
- l'élimination des résidus, le choix de l'emplacement du bassin de rétention des résidus, du stockage du mort-terrain et du réservoir d'eau,
- l'approvisionnement en eau,
- le site de l'usine de traitement,
- la production d'électricité,
- l'approvisionnement en acide sulfurique,
- l'élimination du surnageant,
- la neutralisation réduite.

Ce section donne un aperçu des principales considérations d'analyses, prises en compte pour l'évaluation de ces alternatives.

## 2 FACTEURS CONSIDERES DANS L'EVALUATION DES ALTERNATIVES

### 2.1 FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX

L'objectif environnemental du projet est de planifier, concevoir, exploiter et fermer le site du projet d'une manière :

- conforme aux conditions et aux normes imposées par la réglementation en vigueur;
- conforme aux bonnes pratiques de l'industrie;

- respectueuse des besoins des générations futures, sans les compromettre.

Goro Nickel s'est fixé trois grands objectifs pour réaliser une bonne planification environnementale du projet :

- limiter l'importance et l'étendue des nuisances physiques;
- minimiser les rejets dans le milieu récepteur; et
- tenir compte des considérations environnementales dans la conception et la construction des ouvrages physiques.

## 2.2 FACTEURS TECHNIQUES

Plusieurs facteurs techniques ont été considérés et intégrés dans l'analyse des alternatives afin d'assurer :

- la faisabilité de la construction,
- des objectifs de production réalisables,
- un risque d'exploitation minimum,
- un minimum d'interruptions des opérations,
- des volumes optimum pour la production de nickel et cobalt,
- une fermeture et restauration efficaces du site.

Les facteurs techniques comprennent également les facteurs logistiques. En raison de l'isolement du site, les installations et le personnel sur place doivent pouvoir donner un rendement régulier pour soutenir l'utilisation de l'équipement. Le besoin de compétences spécialisées en entretien hors site doit également être considéré.

## 2.3 FACTEURS ECONOMIQUES

Les facteurs économiques du projet dépendent de plusieurs facteurs, dont certains sont indépendants de la volonté de Goro Nickel. Les facteurs primaires comprennent la quantité et la teneur éventuelle des réserves de minerai, les prix de revient du nickel et du cobalt, les coûts d'équipement et d'exploitation, les taux de change et d'intérêts, la taxation, le moment de la mise en service de la mine et le temps nécessaire pour atteindre le plein rendement de l'usine.

Les coûts d'équipement et d'exploitation sont les principaux facteurs économiques utilisés pour l'analyse des alternatives.

### 3 METHODE D'EXPLOITATION

Le développement d'une mine est soumis à deux grandes contraintes : l'emplacement de la mine à ciel ouvert et la méthode d'exploitation de base. Dans le cas de Goro, l'emplacement de la mine est fixe en raison de l'emplacement des gisements de minerai, et l'exploitation à ciel ouvert est la seule méthode d'exploitation viable. La ressource ne se prête pas à d'autres méthodes d'exploitation, par exemple l'exploitation souterraine, parce que la zone de minerai est peu profonde et que l'exploitation souterraine est très coûteuse. D'autres méthodes d'exploitation, par exemple la lixiviation *in situ*, ne sont ni éprouvées ni applicables à l'extraction du nickel.

Plusieurs scénarios de planification de la mine ont été étudiés pour évaluer les calendriers d'exploitation des alternatives, diverses méthodes d'exploitation, divers scénarios de développement de la mine et divers taux d'extraction. Toutes les études ont tenu compte de la nécessité pour la mine de Goro de respecter les critères suivants :

- production de métal cible de 54 000 tonnes/an de nickel,
- maximisation du stockage du mort-terrain dans la fosse de la mine,
- minimisation du gel de la ressource,
- maximisation de la production de métal dès le début de l'exploitation.

La modélisation de la répartition des teneurs de minerai montre une concentration de minerai assez forte et de qualité supérieure à la moyenne dans la partie sud-ouest du gisement. Cette répartition permet d'envisager diverses options relatives à l'aménagement de la mine et au calendrier des travaux, chacune ayant des conséquences bien différentes sur la production de métal. Certaines configurations de la mine et certains calendriers des opérations donneront très tôt de meilleures quantités de métal. Toutefois, dans tous les cas, il faudra pratiquer une extraction sélective et établir avec soin le calendrier des travaux pour répondre aux critères de conception susmentionnés. En outre, la modélisation des ressources suggère que, bien que la qualité moyenne de l'alimentation de l'usine puisse être uniforme d'un mois à l'autre, il pourrait exister de grands écarts d'un jour à l'autre. Il faudra donc un contrôle de la teneur et un stockage quotidien du minerai d'alimentation pour assurer un mélange uniforme.

Après l'extraction de pré-production et le développement initial de la mine, l'exploitation commencera le long de la limite sud-ouest du gisement et se déplacera vers l'est, avant de tourner vers le nord. La planification de la mine tiendra compte du besoin de maximiser le stockage du mort-terrain et des résidus dans fosse de la mine.

L'exploitation du gisement de Goro comporte plusieurs difficultés opérationnelles au plan de la manutention du matériau. La limonite a une faible stabilité sous le poids des engins de la mine. Pour s'assurer que les engins de la mine peuvent se déplacer en sécurité, une couche de roulement composée d'un mélange de cuirasse de fer, de grenailles de fer et de rebuts concassés sera posée sur les voies d'accès et les gradins. L'essentiel des frais d'exploitation minière devrait donc être lié à la nécessité de poser cette couche de roulement.

Les cinq méthodes d'exploitation à ciel ouvert suivantes ont été évaluées pour déterminer laquelle est la plus adaptée :

- camions et excavatrices
- systèmes de pelles à benne traînante
- convoyeur dans la mine
- l'abattage hydraulique
- la collecte de la pulpe dans la mine au moyen d'équipement appelé Slurry-Trak

Selon les recherches effectuées, la façon la plus efficace et la plus économique d'exploiter le gisement serait d'utiliser des camions-benne de 50 et de 100 tonnes avec des excavatrices hydrauliques au gazole. Cette méthode assure la plus grande souplesse dans des conditions difficiles et elle nécessite moins d'investissements que les autres alternatives. Le tableau 12-1 présente les cinq méthodes d'exploitation qui ont été étudiées.

**Tableau 12-1. Classement des méthodes d'exploitation étudiées.**

Méthode d'exploitation	Équipement	Frais d'exploitation (main-d'œuvre comprise)	Fiabilité	Souplesse	Méthode éprouvée	Cote (points)
Excavatrices hydrauliques et camions-benne	(4)	moyens-faibles (4)	Élevée (3)	Très souple (5)	Oui (3)	1 (19)
Pelles à benne traînante, excavatrices et camions-benne	(3)	moyens-faibles (4)	Élevée (3)	Souple (4)	Oui (3)	2 (17)
Convoyeurs à courroie dans la mine	(1)	moyens-faibles (4)	Moyenne (2)	Pas souple (1)	Oui (3)	5 (11)
Équipement SlurryTrak	(5)	faibles (5)	Faible (1)	Pas souple (1)	Non (0)	4 (12)
Abattage hydraulique	(2)	faibles (5)	Faible (1)	Pas souple (1)	Oui (3)	3 (12)

## **4 STOCKAGE DES RESIDUS**

Environ 90 millions de tonnes de résidus seront produites à partir du traitement de 85 millions de tonnes de minerai. Diverses méthodes de stockage des résidus ont été considérées dans l'étude de faisabilité, notamment l'évacuation sous-marine, le stockage dans la mine et le stockage à l'extérieur de la mine.

Lors de l'étude de faisabilité, le stockage des résidus en pulpe a été considéré l'alternative la plus viable. La possibilité de stocker les résidus sous une forme épaissie dans la fosse de la mine avait également été étudiée mais a été considérée comme économiquement moins avantageuse.

Un second procédé d'épaississement et de réduction de l'eau au sein des résidus a été étudié par la suite. Ce procédé est maintenant considéré comme le plus économiquement viable et le plus environnemental parmi toutes les alternatives étudiées.

### **4.1 ALTERNATIVES POUR LE STOCKAGE OU L'ELIMINATION DES RESIDUS**

#### **4.1.1 Rejet à la mer**

Le site étant proche de l'océan, il est techniquement possible de stocker les résidus en mer dans des fosses marines. Toutefois, il a été décidé dès le début de la planification de ne pas utiliser cette méthode en raison des préoccupations du public vis à vis de cette méthode.

#### **4.1.2 Stockage dans la fosse de la mine**

Le stockage des résidus en pulpe ou épaissis dans la fosse de la mine ne serait pas possible au début de l'exploitation minière. Compte tenu de la nécessité d'exploiter le gisement de la manière la plus économique possible, la configuration actuelle de la mine permettrait de stocker des résidus épaissis à partir de la 6<sup>e</sup> année du projet ou des résidus en pulpe à partir de la 14<sup>e</sup> année du projet. Les résidus seraient déposés dans une zone créée au Sud et Sud-ouest de la mine à l'aide de talus de rétention.

#### **4.1.3 Stockage en surface à l'extérieur de la fosse de la mine**

Une aire de stockage des résidus en surface pourrait recevoir tous les résidus solides produits pendant les cinq premières années du projet. Vu le volume des résidus, la proximité de l'usine de traitement et la topographie de la vallée de la haute Rivière Kwé, le dépôt dans la vallée est la solution de rechange la plus logique et la plus économique pour le stockage des résidus. Des bermes seront construites pour retenir les résidus.

Les avantages et les inconvénients des diverses méthodes évaluées sont résumés dans le tableau 12-2.

**Tableau 12-2. Méthodes de stockage des résidus.**

Méthode	Avantages	Désavantages
<i>Rejet à la mer</i>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réduit les problèmes potentiels liés à la poussière et au suintement de l'eau pendant les opérations.</li> <li>• Élimine le besoin d'aménager des barrages et installations coûteux.</li> <li>• Évite la stérilisation du minerai.</li> <li>• Avantageuse sur le plan des frais d'équipement et des coûts d'exploitation.</li> <li>• Capacité de stockage illimitée.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Répercussions sur l'environnement marin.</li> <li>• Difficile à mettre en place.</li> </ul>
<i>Stockage dans la fosse de la mine</i>		
Résidus non épaissis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Évite la stérilisation du minerai.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ne peut pas être utilisée seulement dans la fosse.</li> <li>• Nécessite un aménagement continu des barrages.</li> <li>• La rupture des barrages peut menacer la sécurité des travailleurs et les opérations d'extraction de la mine.</li> <li>• Capacité de stockage limitée à la fosse de la mine.</li> <li>• Effets sur l'environnement liés à la perturbation de surface.</li> </ul>
Résidus épaissis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moins d'effets sur l'environnement liés à la perturbation de surface.</li> <li>• Évite la stérilisation du minerai.</li> <li>• Volume de stockage requis est moindre.</li> <li>• Relativement facile à mettre en œuvre.</li> <li>• Réduction du surnageant</li> <li>• Élimine les canaux de diversions majeurs</li> <li>• Disposition dans la fosse de la mine à partir de l'année 5</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ne peut pas être utilisée seulement dans la fosse de la mine.</li> <li>• Nécessite un aménagement continu d'ouvrage de retenu et de canalisation de l'eau.</li> <li>• Coûts additionnels pour épaissir les résidus.</li> </ul>
<i>Stockage de surface à l'extérieur de la mine</i>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moins de risque pour l'exploitation de la mine.</li> <li>• Capacité de stockage peut être augmentée.</li> <li>• Coûts d'exploitation plutôt faibles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Augmente l'empreinte du projet et de la zone perturbée.</li> <li>• Augmente le risque de stérilisation du minerai.</li> </ul>



## 4.2 METHODE RETENUE POUR LE STOCKAGE DES RESIDUS

La méthode qui a été retenue pour l'élimination des résidus est une combinaison des méthodes de stockage en surface et de stockage de résidus épaissis dans la fosse de la mine. Les résidus produits pendant les cinq premières années seraient stockés dans une aire de stockage ceinturée de bermes de confinement. Les résidus produits à partir de la sixième année et pour le reste du projet seraient stockés dans des cellules de stockage construites dans la fosse de la mine à ciel ouvert. Cette solution maximise ainsi l'utilisation de l'espace de stockage en surface tout en minimisant les frais de construction des bermes de confinement.

## 4.3 EXIGENCES DES INSTALLATIONS

Ces installations ont certaines exigences opérationnelles et environnementales en commun, et le choix de leur emplacement a été fait simultanément.

Ces exigences sont:

- de minimiser les empreintes des installations en utilisant des ouvrages d'endiguement communs, en remplissant la mine à ciel ouvert et en utilisant d'autres moyens pour limiter les surface de terrain perturbé par le projet.
- de regrouper les installations dans un seul bassin versant.
- d'éviter les forêts et les réserves botaniques et s'inspirer d'études de caractérisation des milieux pour préserver les écotypes les plus fragiles lorsque cela est possible.
- de minimiser la stérilisation du minerai en évitant les zones reposant sur les réserves de minerai ou d'autres ressources potentielles.
- de minimiser les frais d'équipement, de construction, d'exploitation et de fermeture.
- de minimiser les frais de construction en maximisant le rapport entre le volume de stockage.
- d'utiliser les caractéristiques topographiques existantes dans la mesure du possible pour faciliter la fermeture et la restauration du site et pour minimiser le besoin de construire des talus.
- de minimiser les volumes des remblais.
- de prévoir la fermeture progressive des composantes de la mine.
- de prévoir une certaine souplesse d'exploitation et un prolongement possible des opérations au-delà d'une durée de vie de 20 ans.

- 
- de fournir un profil de fermeture stable qui minimisera les effets environnementaux à long terme.
  - En plus des objectifs et des critères énumérés ci-dessus, les exigences suivantes s'appliquent au choix de l'emplacement de l'aire de stockage des résidus:
  - de prévoir une capacité de stockage de 110 mt de résidus.
  - de minimiser la longueur et la capacité des canaux de détournement qu'il faudra peut-être aménager.
  - de prévoir les débits et la qualité des eaux de suintement et minimiser le suintement non contrôlé dans la mesure du possible; prévoir aussi la collecte de l'eau d'infiltration et la surveillance du suintement selon les besoins.

Critères propres à l'installation de stockage du mort-terrain :

- de prévoir une capacité de  $118 \text{ M m}^3$  de mort-terrain produit à un taux moyen de  $5,9 \text{ Mm}^3/\text{an}$  sur 20 ans.
- de maximiser le remplissage de la mine à ciel ouvert dans la mesure du possible tout en tenant compte de la sécurité et de la nécessité de gérer la teneur du minerai d'alimentation de l'usine.
- de minimiser la zone d'écoulement en amont et ainsi réduire la longueur et la capacité des canaux de détournement qu'il faudra peut-être construire.
- de minimiser autant que possible la distance de la mine ainsi que la hauteur topographique de celle-ci de sorte à réduire le besoin de transporter le mort-terrain sur de longues distances et sur pente.

Le réservoir d'eau doit se conformer aux critères suivants :

- de maximiser le bassin de captage en amont.
- d'avoir une capacité d'environ  $10 \text{ Mm}^3$  d'eau.
- de permettre la possibilité d'un débit environnemental dans le bas de la Rivière Kwé.
- de fournir un profil de fermeture stable.

### 4.3.1 Options étudiées

Diverses options pour le stockage des résidus ont été étudiées dans le cadre du présent projet,. Dans l'étude de faisabilité de mars 2001, l'option combinant un stockage des résidus sous forme de pulpe dans la fosse de la mine et en surface à l'extérieur de la mine avait été retenue. Une série d'études additionnelles ont permis de conclure que l'option d'épaissir les résidus avant de procéder à leur stockage constituait finalement une option plus avantageuse d'un point de vue économique et environnemental.

La présente section présente le scénario pour le stockage des résidus en pulpe qui avait été retenu dans l'étude d'impact et l'option de stockage des résidus épaissis retenue dans le cadre du projet.

Le tableau 12-3 présente les principales caractéristiques des deux options de stockage des résidus.

**Tableau 12-3. Comparaison des options pour le stockage des résidus en pulpe et épaissis à l'égard de l'aire de stockage du mort-terrain et du réservoir d'eau.**

Facteur	Scénario résidus en pulpe	Scénario résidus épaissis
Grandeur de la zone perturbée (km <sup>2</sup> )	5,8	3,4
Rapport/stockage dans le bassin de rétention et remplissage des talus	12,1	
Zone de minerai stérilisé (km <sup>2</sup> )	0,25	0,25
Zone de captage du réservoir (km <sup>2</sup> )	17,1	17,1
Nuisance générale dans le bassin versant de la Rivière Kwé	Oui	Oui
Ecarter des réserves forestières	Oui	Oui

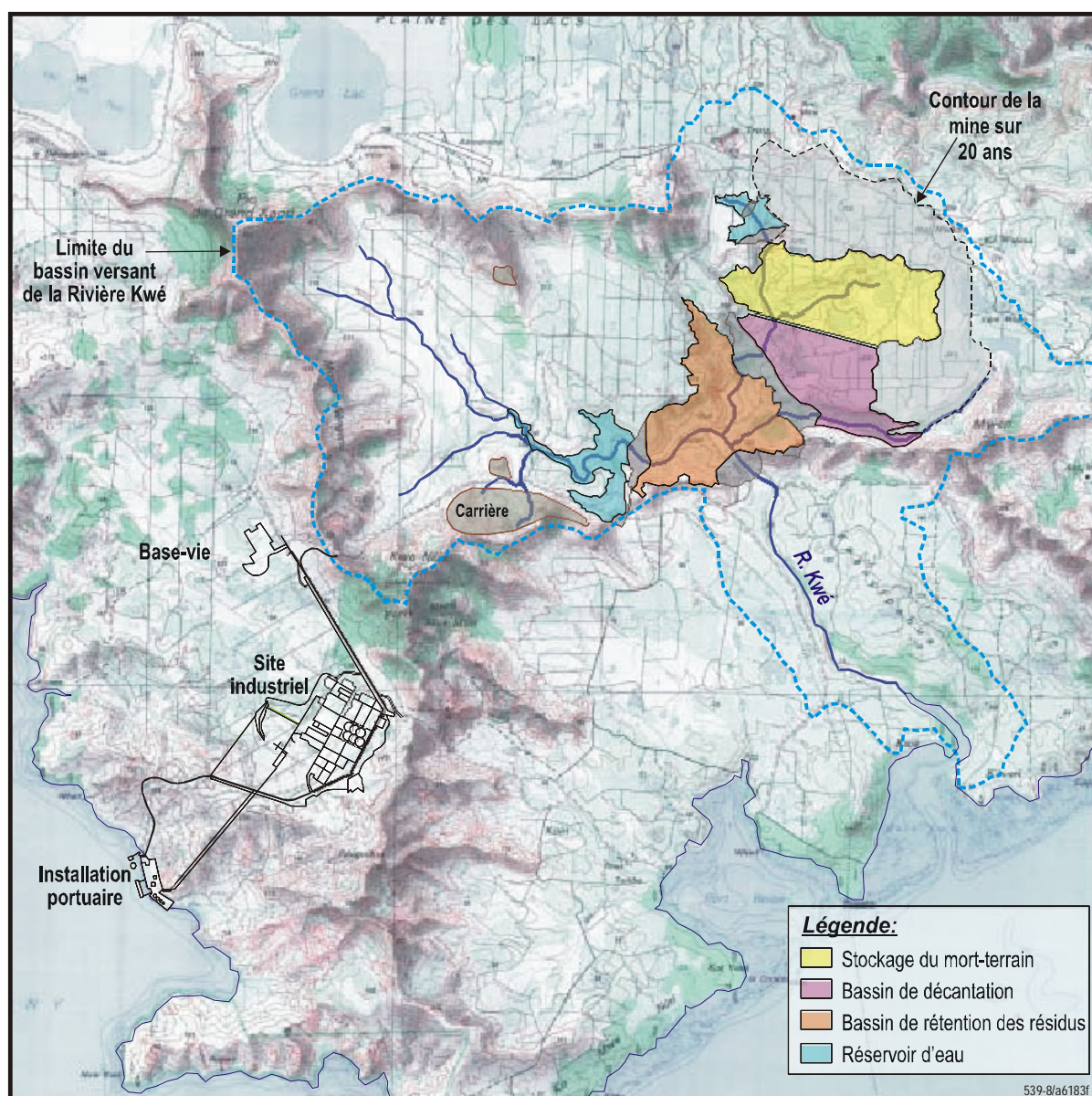
### 4.3.2 Résidus en pulpe

Dans le cadre de l'étude de faisabilité pour l'utilisation de résidus sous forme de pulpe, le scénario retenu avait été élaboré en modifiant le plan de la mine pour permettre le remplissage de la mine pendant les travaux d'extraction. La figure 12-1 montre la configuration qui était proposée par ce scénario. Le fond de la mine à ciel ouvert devait être creusé en terrasses en suivant le contour de la roche mère pour fournir ainsi assez d'espace pour le confinement des matériaux de remplissage à mesure que la mine s'agrandirait. Le mort-terrain devait être stocké dans le bassin de rétention des résidus de la Rivière Kwé pendant les cinq premières années de l'exploitation, jusqu'à ce que la fosse de la mine présente un espace suffisant. Le dépôt du mort-terrain dans la mine et les activités d'extraction devaient se faire ensuite simultanément pour le reste de la durée du projet.

Pour maximiser la superficie disponible pour le stockage, un talus devait être construit dans le périmètre sud-ouest de la mine pour permettre l'accumulation de mort-terrain jusqu'au niveau du sol environnant. Le stockage à la fois des résidus et du mort-terrain dans la mine à ciel ouvert aurait commencé vers la 14<sup>e</sup> année du projet au moment où le bassin de rétention des résidus n'aurait plus assez d'espace pour le stockage des résidus.

Le réservoir d'eau aurait été situé dans le bassin de la Kwé Ouest et aurait partagé un talus avec la partie ouest du bassin de rétention des résidus.

Ce scénario a été abandonné en faveur du stockage de résidus épaissis.



**Figure 12-1. Scénario non-retenu pour les résidus en pulpe – Option de l'étude de faisabilité, mars 2001.**

### 4.3.3 Résidus épaissis

Ce scénario a été élaboré afin de minimiser la superficie de l'aire de stockage des résidus et d'accélérer le début du stockage des résidus épaissis dans la fosse de la mine. Le figure 12-2 montre les différents sites étudiés pour la localisation du stockage des résidus épaissis. Les caractéristiques des sites sont données dans le tableau 12-4. Le site Kwé-est a été sélectionné pour le stockage des résidus épaissis essentiellement pour sa proximité à la mine. Son volume et sa durée de vie correspondent aux besoins de stockage avant l'utilisation de la mine épuisée de son minerai pour le stockage des résidus épaissis.

**Tableau 12-4. Caractéristiques des sites étudiés pour le stockage des résidus épaissis**

Site de stockage des Résidus Épaissis	Caractéristiques
EKTA (Kwé est)	Volume/durée de vie – 25 Mm <sup>3</sup> /4,6 ans Surface – 70 ha Hauteur/Longueur – 80m/1,5 km
WKTA (Kwé ouest)	Volume/durée de vie – 58 Mm <sup>3</sup> /8,8 ans Surface – 160 ha Hauteur/Longueur – 57m/1,1 km
NWKTA (Kwé nord-ouest)	Volume/durée de vie – 58 Mm <sup>3</sup> /8,2 ans Surface – 200 ha Hauteur/Longueur – 37m/1,7 km
NKTA (Kwé nord)	Volume/durée de vie – 14 Mm <sup>3</sup> /3 ans Surface – 85 ha Hauteur/Longueur – 40 – 60 m/2,3 km (total)
Creek de la Baie Nord	Volume/durée de vie – 25 Mm <sup>3</sup> /4,6 ans Surface – 80 ha Hauteur/Longueur – 80m/0,7 km

Le dessin DMR-37 (TOME 5, Dossier plans) montre la configuration proposée pour le stockage des résidus épaissis dans la mine à l'emplacement choisi de la Kwé-Est (EKTA)>

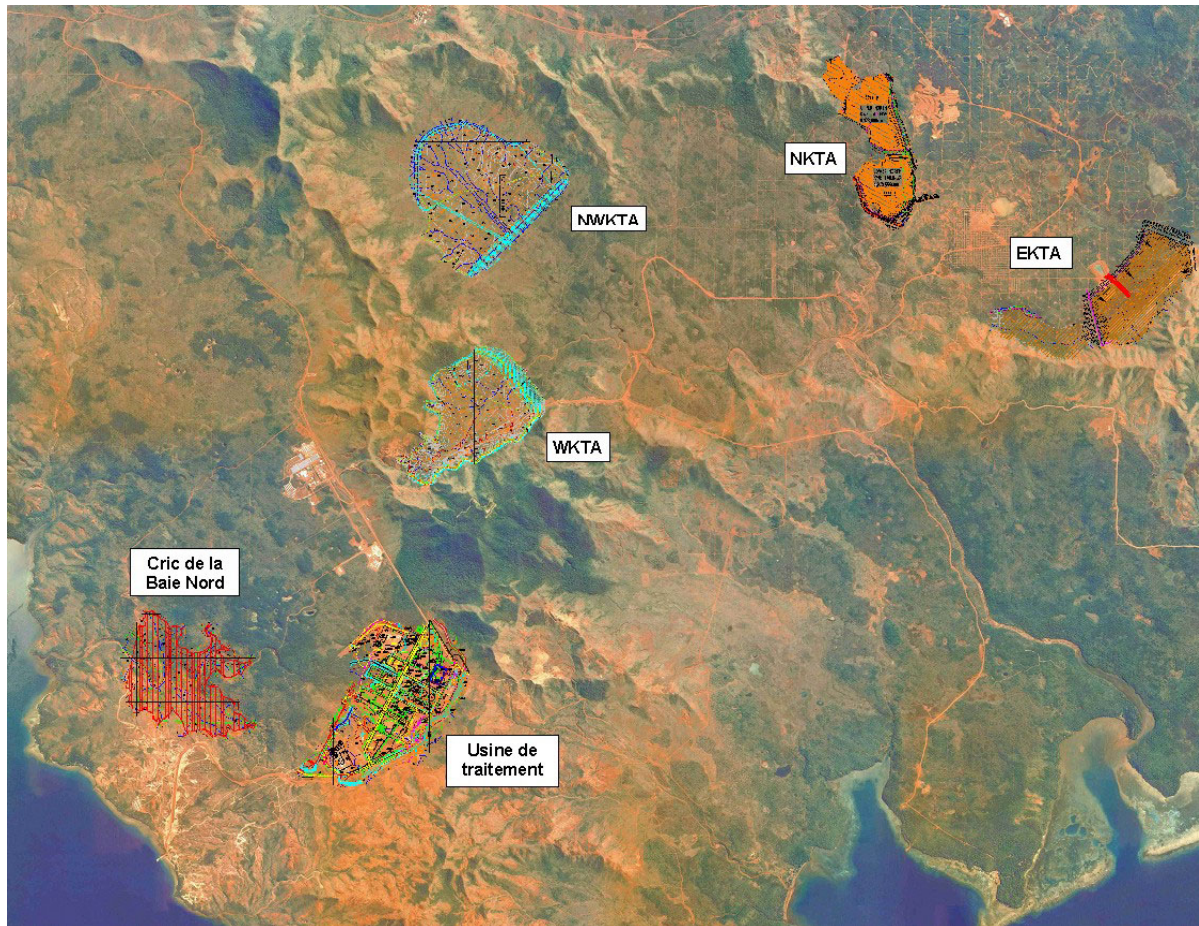
Comme pour l'option des résidus en pulpe, le fond de la mine à ciel ouvert sera creusé en terrasses en suivant le contour de la roche mère et fournira ainsi assez d'espace pour le confinement des matériaux de remplissage à mesure que la mine s'agrandira.

Durant les cinq premières années du projet, le mort-terrain sera stocké dans deux dépôts, localisés au sud-ouest et au sud-est de la mine. Avec l'usage des résidus épaissis, la superficie de l'aire de stockage des résidus est réduite au minimum, couvrant une superficie de 0,8 km<sup>2</sup>.

Le bassin de la Kwé est sera entièrement rempli par des résidus épaissis et par le dépôt est de mort-terrain.



Le réservoir d'eau sera situé dans le bassin de la Kwé Ouest et partagera un talus avec la partie ouest du dépôt de rétention du mort-terrain. Avec l'option des résidus épaissis et la disposition des ouvrages de rétention, il y aura création d'une large zone tampon entre les résidus et le réservoir d'eau fraîche, réduisant les risques de contamination.



**Figure 12-2. Sites étudiés pour la localisation du stockage des résidus épaissis.**

## 5 APPROVISIONNEMENT EN EAU

La quantité et la qualité de l'eau douce nécessaire au fonctionnement de l'usine de traitement dépendent principalement de la méthode de traitement du minerai. Des études précédentes effectuées par Goro Nickel montrent que la lixiviation à acide sous pression (LAP), combinée à l'extraction par solvant pour le nickel et le cobalt, est la méthode la plus efficace et la plus économique.

L'approvisionnement en eau doit être suffisant pour répondre aux besoins continus de l'usine de traitement, avec une interruption maximale d'un mois pendant une sécheresse à récurrence de 100 ans. Pour répondre à ce besoin, il faut prévoir un réservoir d'eau douce. En outre, l'eau doit être d'une qualité suffisante pour permettre à l'usine de fonctionner comme prévu.

Six sources d'approvisionnement en eau ont été évaluées, d'une part, pour comparer le coût, la disponibilité, la qualité de l'eau et les contraintes environnementales et logistiques et, d'autre part, pour déterminer la capacité de chaque source, seule ou en groupe, de fournir le volume d'eau nécessaire au projet. Les sources d'approvisionnement en eau étudiées sont :

- le bassin versant de la Rivière Kuébini,
- la Plaine des Lacs,
- le réservoir de Yaté,
- le bassin versant de la Rivière Trou Bleu,
- le bassin versant du Creek de la Baie Nord, qui s'écoule dans la Baie du Prony,
- le bassin versant de la Rivière Kwé.

Les possibilités de recycler les eaux traitées de l'usine de traitement des effluents ou d'utiliser l'eau de mer dessalée comme sources d'eau potentielles ont aussi été considérées.

Les résultats de l'évaluation sont résumés au tableau 12-5.

**Tableau 12-5. Sources possibles d'approvisionnement en eau douce.**

Source	Avantages	Désavantages
<i>Eau de surface</i>		
Haut de la Rivière Kwé Kwé Nord Kwé Est Kwé Ouest	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Près du projet</li> <li>• Facilement utilisable</li> <li>• Bonne qualité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Effets sur les usagers en aval et sur l'habitat de la rivière</li> </ul>
Rivière Kuébini	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilement utilisable</li> <li>• Bonne qualité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Effets potentiels sur la quantité d'eau et pour les usagers en aval</li> <li>• Coûts de pompage</li> </ul>
Plaine des Lac ou le Réservoir de Yaté	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bonne qualité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interférences avec l'usage actuel pour la production d'hydroélectricité</li> <li>• Coûts de pompage</li> </ul>
Fossés de détournement, bassins de décantation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilement utilisable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nécessité de retirer les sédiments au préalable</li> </ul>
<i>Autres sources</i>		
Eaux traitées de l'usine de traitement des effluents	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réduit les besoins en eau du projet.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incertitude par rapport aux méthodes et aux coûts de traitement</li> </ul>
Eau de mer dessalée	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantité illimitée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frais d'exploitation élevés</li> </ul>

La Kuébini est la rivière la plus proche du site du projet et par conséquent, l'étude s'est surtout attardée à cette source d'eau. Prélever de l'eau du débit de la Kuébini serait une solution techniquement faisable pendant les crues. Toutefois, cette source d'eau seule ne suffirait pas, car les débits ne seront sans doute pas suffisants pendant les étiages (saison sèche et sécheresses).

Le débit d'eau pourrait être dérivé du réservoir de Yaté, qui est un grand réservoir de stockage construit pour la production d'hydroélectricité. À cette fin, il faudrait prendre des dispositions avec le service local d'électricité. En supposant qu'un tarif raisonnable puisse être négocié, le réservoir de Yaté semble être une solution indépendante techniquement faisable pour approvisionner le site en eau.

Les bassins versants de la Rivière Trou Bleu et du Creek de la Baie Nord n'ont pas un débit suffisant pour le projet.

Une évaluation préliminaire de l'hydrologie du bassin versant du haut de la Rivière Kwé a montré que, en captant le maximum du débit, la Kwé peut répondre aux besoins moyens du site. L'eau captée dans le bassin versant serait transférée à un réservoir central. Lorsque le réservoir serait plein, l'eau excédentaire serait dirigée vers le bas de la Rivière Kwé au moyen d'un déversoir d'excédent et un canal de détournement en aval.

Le dessalement de l'eau de mer est un procédé reconnu. Cette option semble possible techniquement. Toutefois c'est un procédé consommateur d'énergie et qui produit des rejets salins. Par rapport aux frais d'équipement et de fonctionnement, la viabilité de cette option n'est pas envisageable car elle mettrait en cause la rentabilité du projet.

Selon l'analyse des différentes sources possibles d'approvisionnement en eau, le bassin versant de la Rivière Kwé semble l'option qui convient le mieux au projet, car elle prévient l'empiétement du projet sur un autre bassin versant et minimise les frais d'équipement et d'exploitation. La concentration des composantes du projet dans le bassin versant de la Kwé réduit considérablement les effets adverses du projet sur les autres bassins versants. Toutefois l'option d'utiliser l'eau de la plaine des lacs ne devrait pas être complètement écartée car son implémentation éviterait l'inondation du bassin versant de la Kwé.

## 6 EMPLACEMENT DU SITE INDUSTRIEL

Une étude d'évaluation des sites possibles pour la localisation du site industriel a été effectuée. Le choix de l'emplacement du site industriel est soumis aux contraintes suivantes:

- Proximité du port – L'emplacement du port dans la Baie du Prony est fixe, car il répond au besoin de disposer d'eaux assez profondes près de la côte.
- Proximité de la mine à ciel ouvert – Le site de la mine est fixe en raison de l'emplacement du gisement de minerai.

À la lumière de ces considérations, il n'existe que deux endroits possibles où construire l'usine :



- le site de Goro, situé dans le bassin du haut de la Rivière Kwé au nord et à l'ouest du bassin de rétention des résidus et du réservoir d'eau ;
- le site de Prony, situé dans une plaine assez unie dans le bassin versant du Creek de la Baie Nord, qui s'écoule dans la Baie du Prony.

Pour choisir entre ces deux sites, les coûts d'équipements et d'exploitation et les effets potentiels sur l'environnement ont été pris en compte. L'analyse s'est surtout concentrée sur ces facteurs et sur les équipements qui seront sans doute différents pour les deux sites. Les points jugés les plus importants sont :

- le transport des matériaux en vrac comme la chaux, le soufre, le fuel lourd, le gazole et l'acide chlorhydrique, par camion ou par pipeline, du port à l'usine de traitement;
- les réseaux de pipelines pour l'alimentation de l'usine à partir de l'usine de préparation du minerai, la surverse du décanteur, le stockage des résidus et l'approvisionnement en eau;
- les aspects environnementaux, notamment les émissions de dioxyde de soufre, les effets visuels et la gestion des eaux de ruissellement;
- les besoins d'entretien des installations, les fondations de l'usine, le transport des matériaux de construction et d'autres infrastructures;
- la stérilisation du minerai;
- le régime foncier.

Les frais de construction et d'exploitation pour chaque site possible ont été estimés en fonction du volume prévu de minerai à traiter. Le site de Goro, étant plus près de la mine, nécessiterait des dépenses moins élevées que le site de Prony en ce qui concerne la construction d'un système de canalisation pour le transport du minerai à l'usine de traitement et des résidus au bassin de rétention des résidus. Cependant, le site de Goro, plus éloigné du port, entraînerait des frais d'exploitation annuels considérablement plus élevés pour le transport des matières premières à l'usine de traitement.

Quant aux aspects chiffrables du projet, une faible préférence est accordée au site de Prony en raison de la période de recouvrement et de l'analyse du coût net actuel. Il serait moins coûteux de construire l'usine sur le plateau de Goro que sur le site de Prony, mais il est estimé que les frais de fonctionnement seraient beaucoup moins élevés au site de Prony en raison de la proximité du port. Ainsi, le site de Prony a été retenu pour l'aménagement de l'usine de traitement.

## 7 PRODUCTION D'ELECTRICITE

Une centrale électrique située sur le site industriel alimentera le projet en électricité.

Quatre technologies de production d'énergie ont été évaluées :

- turbogénérateur à vapeur au fuel lourd
- turbogénérateur à vapeur au charbon alimentant le site industriel et le réseau 150 kV de la Nouvelle-Calédonie,
- moteur alternatif au fuel lourd,
- turbine à cycle combiné au fuel léger.

Deux procédés hybrides ont également été étudiés :

- turbogénérateur à vapeur combiné à des moteurs alternatifs,
- turbogénérateur à vapeur combiné à une turbine à cycle combiné.

Selon l'état de fonctionnement de l'usine de traitement, la charge électrique variera entre 36 et 47 MW, avec une pointe entre 52 et 59 MW. Six états de fonctionnement ont été déterminés, depuis une production maximale de l'usine d'acide avec trois autoclaves en service jusqu'à seulement deux autoclaves en service pendant les périodes d'arrêt de l'usine d'acide. Les coûts de la centrale électrique ont été établis à partir des devis de fournisseurs, et ils ont été pondérés au besoin pour refléter d'autres configurations possibles. Les frais du combustible s'appuient sur les prix prévus du combustible pour le projet. Pour leur part, les coûts d'exploitation et d'entretien sont basés sur les coûts en cours dans l'industrie.

Un coût annualisé a été calculé pour chaque technologie de production d'énergie selon les divers états de fonctionnement possibles de l'usine de traitement. Le coût annualisé tient compte du combustible, de l'exploitation, de l'entretien et des intérêts sur le capital. Les calculs ont permis de déterminer que le turbogénérateur à vapeur et le procédé hybride du turbogénérateur à vapeur combiné à des moteurs alternatifs sont les alternatives les plus viables. Les moteurs alternatifs donnent en général un meilleur rendement énergétique qu'une centrale à vapeur classique, mais coûtent plus cher à entretenir. Pour l'ensemble des possibilités étudiées, les coûts prévus du fonctionnement du turbogénérateur à vapeur sont les mieux connus et les plus fiables.

Le turbogénérateur à vapeur au charbon est considéré comme la meilleure solution du point de vue économique et technique. Ce procédé maximisera l'utilisation de la vapeur produite par l'usine d'acide, ce qui minimisera les coûts globaux. Les avantages de cette technologie sont:

- capacité de faire fonctionner deux unités de 50 MW en même temps, minimisant ainsi les interruptions à l'usine de traitement dues aux pannes imprévues d'une seule unité;
- grande plage de fonctionnement qui présente la plus faible diminution d'efficacité de production;
- production d'énergie utilisant une seule technologie, ce qui réduit les besoins en formation du personnel et en pièces de rechange;
- inertie électrique maximale pour minimiser les fluctuations de fréquence pendant le démarrage de grandes unités comme les souffleries de l'usine d'acide.

La possibilité d'utiliser l'excédent de vapeur de l'usine d'acide permet de réduire la taille de la chaudière de la centrale électrique comparativement à une usine autonome similaire.

PRONY Energies à effectuer une étude qui justifie les choix de technologies à utiliser dans la centrale de production d'énergie. Cette étude tient compte des meilleurs techniques disponibles techniquement viables et économiquement acceptables pour la préservation de l'environnement. Le rapport d'étude se trouve à l'Annexe 12, du présent volume.

## 8 APPROVISIONNEMENT EN ACIDE SULFURIQUE

La lixiviation sous pression nécessite environ 1,3 Mt/an d'acide sulfurique à 98,5 %. L'acide peut être soit produit sur place à partir de soufre élémentaire, par l'intermédiaire de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) obtenu par combustion de ce soufre, soit acheté à l'extérieur et acheminé au site par bateau.

Aux fins de comparaison, il faut d'abord déterminer quelle est la configuration la plus économique pour l'usine de production d'acide sulfurique. Il a été établi qu'une usine avec une seule ligne de production d'acide sulfurique à 98,5 %, accompagnée d'une grande capacité de stockage d'acide pour maintenir l'alimentation de l'usine métallurgique en cas d'arrêt momentané de production, était plus économique qu'une usine à deux lignes ayant la même capacité globale.

Par conséquent, la comparaison se fait entre une usine d'acide à une seule ligne de production et l'achat d'acide. Le tableau 12-6 résume cette comparaison.

**Tableau 12-6. Sources possibles d'approvisionnement en acide sulfurique.**

Possibilité	Avantages	Désavantages
Production sur site	<ul style="list-style-type: none"> <li>Production de vapeur pouvant servir à la centrale électrique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Émissions atmosphériques de dioxyde de soufre</li> <li>Coûts importants d'équipement</li> </ul>
Achat d'acide	<ul style="list-style-type: none"> <li>Coûts d'investissement moins élevés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Risques pour l'environnement en raison du potentiel de déversements</li> <li>Peu de fournisseurs connus pour les quantités requises</li> </ul>

Compte tenu du risque élevé pour l'environnement que représentent le transport de l'acide sulfurique et les considérations économiques, des deux alternatives étudiées, la production d'acide sur site dans une usine à une ligne de production, est l'option retenue pour l'approvisionnement en acide sulfurique.

## 9 ÉLIMINATION DE L'EFFLUENT DE L'USINE DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS

Dans le cadre des opérations de la mine, l'usine de traitement des effluents produira jusqu'à 3050 m<sup>3</sup>/h d'effluent traité avec un débit horaire moyen de 1 500 m<sup>3</sup>/h et un débit horaire maximal de 2 310 m<sup>3</sup>/h.

Dans l'évaluation des diverses façons d'éliminer cet effluent traité, la priorité a été accordée d'abord à la possibilité de le recycler afin de réduire les besoins en eau du procédé. Cependant, même si cette approche aurait réduit la demande d'eau du projet, la réutilisation de l'effluent est limitée par la nature et les quantités d'éléments qui y sont dissous. Pour respecter les exigences strictes sur la qualité de l'eau requise au site industriel, il faudrait retirer des eaux traitées le calcium, le magnésium, les sulfates et les traces de métaux. L'eau de procédé doit contenir moins de 20 mg/l de calcium et moins de 70 mg/l de sulfates.

Une série de méthodes de traitement avaient été étudiée dans le cadre de l'étude de faisabilité pour l'effluent. Ces études avaient établi qu'aucun de ces traitements ne permettait d'atteindre les normes de qualité de l'eau en une seule étape, et un traitement répété, même s'il donnait une eau de qualité suffisante, était trop coûteux. De plus, l'incertitude relative à la capacité de chacun de ces procédés de traiter de façon fiable le volume d'eau nécessaire à l'usine constituait une grande préoccupation.

Le rapport détaillé de l'étude d'évaluation des options de traitement pour les effluents de procédés est présenté dans l'Annexe 4 du présent volume.

Une étude a été faite pour localiser les points de rejet possibles à l'extérieur de la Baie de Goro, à l'embouchure de la Rivière Kwé et à l'extérieur de la Baie Kwé et à la Baie du Prony. Au vu des considérations environnementales et économiques, le Canal de la Havannah (au large de la Baie Kwé) est le site préféré.

Le tableau 12-7 présente le classement des options étudiées.

**Tableau 12-7. Classement des alternatives liées à l'emplacement du pipeline de rejet des effluents.**

Critère d'évaluation	Classement - du dernier choix (1) au premier choix (4)			
	Option 1 Extérieur Baie de Goro	Option 2 Embouchu- re Rivière Kwé	Option 3 Extérieur Baie Kwé (Canal de la Havannah)	Option 4 Baie du Prony
<u>Environnement</u>				
Sensibilité écologique/ biologique	2	1	4	3
Ressources marines (p. ex. loisirs, pêche)	2	1	4	2
Régime foncier	3	1	3	4
Classement général - environnement	7	3	11	9
<u>Ingénierie</u>				
Dilution et dispersion des effluents	2	1	4	2
Coûts de construction du pipeline	1	4	3	2
Facilité d'entretien du pipeline/coûts d'exploitation	1	4	3	2
Sécurité du pipeline sous-marin (p. ex. accès, amarrage des navires)	2	4	3	3
Classement général - ingénierie	6	13	13	9
Classement général avec pondération	13	16	24	18

## 10 NEUTRALISATION REDUITE

Initialement la conception de l'usine de traitement commerciale visait un taux de manganèse inférieur à 1mg/l dans les effluents rejetés. Pour atteindre ce niveau, il faudrait élever le pH des effluents à 9,5, ce qui nécessiterait environ 500 000t/an de chaux supplémentaire. La construction et l'exploitation d'une usine de calcaire et de chaux ont une grande incidence sur la viabilité économique du projet. Selon une étude technique effectuée dans le cadre de l'étude de faisabilité, le fait d'amener le pH des effluents à 7,5 au lieu de 9,5 permettrait :

- de réduire de 45 millions de dollars l'ensemble des coût d'investissement du projet;
- de réduire les frais d'exploitation annuels de 13,9 millions de dollars (8,5 millions en coûts directs d'exploitation et 5,4 millions en coût d'intérêt), ce qui permettrait d'abaisser le coût de production de 0,115 dollars par livre de nickel;
- de faire des compromis en matière d'environnement pour ce qui est des effets physiques et atmosphériques de la production et de la consommation de chaux (réduction de CO<sub>2</sub>) en regard des effets d'une augmentation de concentration de manganèse dans les effluents, avec une incidence minime prévue sur le milieu récepteur.

Pour évaluer le compromis en matière d'environnement, il a fallu étudier les effets de la réduction des émissions des multiples polluants pour déterminer les liens entre les effets environnementaux de la réduction d'émissions d'un polluant en regard d'un autre. Par exemple, il est possible de réduire les émissions atmosphériques de SO<sub>2</sub>, de gaz à effet de serre et de particules de Ni, de Cu, de Pb et de Co, mais d'autres éléments, comme le manganèse, augmenteraient dans le milieu récepteur. Une étude sur la réduction des flux de manganèse est présentée dans l'annexe 3 du Volume 2 de la Tome 3 (Etude d'Impact).

Les avantages d'une neutralisation réduite pour l'environnement seraient :

- une réduction de 280 000 t/an d'émission de CO<sub>2</sub> grâce à une consommation moindre de combustible et de calcaire;
- une réduction de la production des résidus d'environ 900 000 t/an, ce qui permettrait de restreindre considérablement la taille du bassin de rétention des résidus.

Par contre, avec la réduction du pH des effluents à 7,5 les hydroxydes métalliques pourraient redevenir solubles dans le bassin de rétention des résidus ou ne pas être complètement précipités lors de la neutralisation de l'effluent de l'usine.