



VALE Nouvelle-Calédonie

Demande de permis de construire

Projet Lucy – phase 2



Livret D – Volet D4
Raisons pour lesquelles le projet a été retenu



Demande de permis de construire

Raisons pour lesquelles le projet a été retenu

**Commune de Yaté
Nouvelle-Calédonie**

| | | |
|---------------------|-------------------------|------------|
| REDACTION | Artelia | [Redacted] |
| VERIFICATION | Artelia | [Redacted] |
| APPROBATION | Vale Nouvelle-Calédonie | [Redacted] |
| APPROBATION | Vale Nouvelle-Calédonie | [Redacted] |

SOMMAIRE

| | |
|---|-----------|
| 1 PREAMBULE | 1 |
| 2 CONTEXTE | 2 |
| 2.1. Enjeux et Option « Sans projet » | 2 |
| 2.2. Principe | 2 |
| 3 METHODOLOGIE | 4 |
| 3.1. Objectifs de l'amc | 4 |
| 3.2. Vocabulaire et définitions..... | 5 |
| 3.3. Méthodologie suivie pour le projet Lucy | 6 |
| 3.3.1. Principes | 6 |
| 3.3.2. Notation des critères..... | 9 |
| 3.3.3. Facteurs de pondération..... | 9 |
| 3.3.4. Limites | 11 |
| 4 AMC DE NIVEAU 1 | 12 |
| 4.1. Présentation des variantes considérées pour l'AMC n°1..... | 12 |
| 4.1.1. Introduction et notion d' « option de base » ou « de référence » | 12 |
| 4.1.2. Stockage conventionnel de résidus humides (option similaire au parc à résidus de la KO2) | 13 |
| 4.1.3. Stockage de résidus épaisse..... | 15 |
| 4.1.4. Stockage de résidus asséchés..... | 17 |
| 4.1.5. Stockage de résidus au sein de la fosse minière de Goro..... | 20 |
| 4.1.6. Stockage des résidus en mer (profondeur > 1000 m)..... | 25 |
| 4.1.7. Recyclage / valorisation des résidus | 29 |
| 4.1.8. Stockage en dehors des installations de VNC | 31 |
| 4.2. AMC niveau 1 – Résultats et discussion | 33 |
| 4.3. Les options écartées..... | 40 |
| 4.3.1. Stockage en cellules humides..... | 40 |
| 4.3.2. Dissolution du gypse en mer | 41 |
| 5 AMC DE NIVEAU 2 | 42 |
| 5.1. Présentation des variantes considérées pour l'AMC n°2..... | 42 |
| 5.1.1. Centrifugeuse | 42 |
| 5.1.2. Filtre presse | 43 |
| 5.1.3. Sécheur rotatif | 45 |
| 5.2. AMC niveau 2 – Résultats et discussion | 46 |
| 6 AMC DE NIVEAU 3 | 49 |
| 6.1. Localisation du stockage de résidus asséchés – AMC- 3.1..... | 49 |
| 6.2. AMC niveau 3.1 – Résultats et discussion | 49 |
| 6.3. Zones concernées par l'extension de la durée de vie du parc à résidus de la KO2 | 52 |
| 6.3.1. Choix des zones d'extension..... | 52 |
| 6.3.2. Configuration de la zone d'extension amont | 53 |

| | |
|---|----|
| 6.4. Localisation de l'usine d'asséchement de résidus – AMC-3.2 | 57 |
| 6.5. AMC niveau 3.2 – Résultats et discussion | 62 |
| 6.6. Mode de transport des résidus – AMC – 3.3 | 64 |
| 6.6.1. Transport par camions..... | 65 |
| 6.6.2. Option Mixte convoyeurs / camions | 65 |
| 6.6.3. Transport par convoyeurs | 66 |
| 6.7. AMC niveau 3.3 – Résultats et discussion | 67 |

FIGURES

| | | |
|-------------------|---|-----------|
| <i>Figure 1.</i> | <i>Localisation de certaines alternatives de l'AMC n°1</i> | <i>13</i> |
| <i>Figure 2.</i> | <i>Vue en coupe d'une option de stockage conventionnel des résidus</i> | <i>14</i> |
| <i>Figure 3.</i> | <i>Vue en coupe d'une option de stockage de résidus épaisse Vallée KO4</i> | <i>16</i> |
| <i>Figure 4.</i> | <i>Exemple de stockage de résidus asséchés</i> | <i>19</i> |
| <i>Figure 5.</i> | <i>Présentation de différentes variantes d'aménagement de stockage de résidus au sein de la fosse minière</i> | <i>21</i> |
| <i>Figure 6.</i> | <i>Principe du stockage des résidus en eau profonde</i> | <i>26</i> |
| <i>Figure 7.</i> | <i>Carte bathymétrique de la Nouvelle-Calédonie</i> | <i>28</i> |
| <i>Figure 8.</i> | <i>Trajets potentiels pour un transport routier</i> | <i>31</i> |
| <i>Figure 9.</i> | <i>Concept de stockage en cellules humides</i> | <i>41</i> |
| <i>Figure 10.</i> | <i>Exemple de centrifugeuse</i> | <i>43</i> |
| <i>Figure 11.</i> | <i>Exemple de filtre presse</i> | <i>44</i> |
| <i>Figure 12.</i> | <i>Exemple de d'usine d'assèchement utilisant un four rotatif</i> | <i>45</i> |
| <i>Figure 13.</i> | <i>Variante de l'option n°4</i> | <i>55</i> |
| <i>Figure 14.</i> | <i>Configuration du stockage de résidus asséchés retenu</i> | <i>56</i> |
| <i>Figure 15.</i> | <i>Simulation d'évitement de la forêt S2</i> | <i>56</i> |
| <i>Figure 16.</i> | <i>Localisation des sites envisagés pour l'usine DWP2</i> | <i>58</i> |

TABLEAUX

| | | |
|--------------------|--|-----------|
| <i>Tableau 1.</i> | <i>Organisation des livrets du dossier de demande de permis de construire</i> | <i>1</i> |
| <i>Tableau 2.</i> | <i>Critères et indicateurs de l'AMC</i> | <i>8</i> |
| <i>Tableau 3.</i> | <i>Echelle de notation de l'AMC</i> | <i>9</i> |
| <i>Tableau 4.</i> | <i>Facteurs de pondération de l'AMC</i> | <i>10</i> |
| <i>Tableau 5.</i> | <i>Résultats de l'AMC de niveau 1</i> | <i>35</i> |
| <i>Tableau 6.</i> | <i>Résultats de l'AMC de niveau 2</i> | <i>47</i> |
| <i>Tableau 7.</i> | <i>AMC 3.1 – Localisation du stockage de résidus asséchés</i> | <i>49</i> |
| <i>Tableau 8.</i> | <i>Présentation des variantes de localisation de l'usine d'assèchement des résidus</i> | <i>59</i> |
| <i>Tableau 9.</i> | <i>AMC 3.2 – Localisation de l'usine d'assèchement</i> | <i>62</i> |
| <i>Tableau 10.</i> | <i>AMC 3.3 – Modes de transport des résidus</i> | <i>68</i> |

ABREVIATIONS et ACRONYMES

| | |
|---------|---|
| aH : bV | Caractéristiques d'une pente : (rapport du coefficient horizontal a sur le coefficient vertical b) |
| AMC | Analyse Multicritères |
| DAEM | Demande d'Autorisation d'Exploiter la Mine |
| DWP | Usine d'asséchement des résidus – <i>DeWatering Plant</i> |
| DWP1 | Usine de démonstration d'asséchement des résidus |
| DWP2 | Future usine d'asséchement des résidus |
| EIP | Ecosystème d'Intérêt Patrimonial |
| GES | Gaz à Effet de Serre |
| H&S | Hygiène et Sécurité |
| IFC | Société Financière Internationale / <i>International Finance Corporation</i> |
| ISD | Installation de Stockage des Déchets |
| KO2 | Kwé Ouest 2 (bassin versant) |
| KO4 | Kwé Ouest 4 (bassin versant) |
| LLDPE | Polyéthylène linéaire basse densité - <i>Linear Low Density Polyethylene</i> |
| MTD | Meilleures Technologies Disponibles |
| SRS | Pile de résidus solidifiés - <i>Solidified Residue Stack</i> |
| UNESCO | Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture - <i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i> |
| VNC | Vale Nouvelle Calédonie S.A.S. |

Bibliographie

- Ademe. (s.d.). Consulté le 09 07, 2016, sur Bilans GES: <http://www.bilans-ges.ademe.fr/fr/accueil/documentation-gene>
- Ademe. (2010). *Guide des facteurs d'émissions version 6.1 Chapitre 2 Facteurs liés à la consommation directe d'énergie.*
- Alteo Environnement. (s.d.). Consulté le 08 07, 2016, sur Alteo: <http://www.alteo-environnement-gardanne.fr/>
- District, S. C. (2015, Janvier). *Off-Road - Model Mobile Source Emission Factors.* Récupéré sur South Coast AQMD: <http://www.aqmd.gov/home/regulations/ceqa/air-quality-analysis-handbook/off-road-mobile-source-emission-factors>
- Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'énergie. (2012). *Information CO2 des prestations de transport Guide méthodologique.*
- UNEP, I. . (May 2013). *International Assessment of Marine and Riverine Disposal of Mine Tailings.* IMO - UNEP.
- Union Européene. (s.d.). *DEVCO - Coopération et développement international - Unité Evaluation.* Consulté le Janvier 2015, sur capacity4dev.ec.europa.eu: http://capacity4dev.ec.europa.eu/evaluation_guidelines/minisite/fr-bases-methodologiques-et-approche/outils-dvaluation/analyse-multicritre/outil-dtaill%C3%A9
- ZoNéCo - A. Vega, P. M. (Septembre 2006). *Atlas hydrodynamique de la ZEE de la Nouvelle Calédonie.* Nouméa: IRD.

1 PREAMBULE

Le présent dossier constitue **le livret D4** de la demande de permis de construire relatif au projet de développement de l'usine d'assèchement des résidus issus du procédé hydrométallurgique et de leurs stockages sur le parc de la Kwé Ouest 2 (KO2).

Tableau 1. Organisation des livrets du dossier de demande de permis de construire

| Dossier de demande de permis de construire | |
|--|---|
| A | Courrier d'accompagnement et présentation générale |
| B | Formulaire, attestations et récépissés |
| C | Notice décrivant le projet |
| D | Etude d'impact environnementale : D1 - Résumé non technique D2 - Etat initial du site du projet et de son environnement D3 - Analyse des effets du projet sur l'environnement et mesures proposées D4 – Raisons pour lesquelles le projet a été retenu D5 - Méthodologies utilisées pour évaluer et suivre les effets du projet sur l'environnement |
| E | Dossier de plans |

2 CONTEXTE

Le présent volet expose la justification du choix du projet d'extension de la durée de vie du parc à résidus de la Kwé Ouest 2 (KO2) consistant à développer un procédé d'assèchement des résidus issus du procédé de traitement hydrométallurgique et de leur stockage à l'intérieur dans le parc à résidus de la KO2. Ce projet est appelé le « projet Lucy ».

2.1. ENJEUX ET OPTION « SANS PROJET »

Le stockage des résidus est un enjeu crucial pour la pérennité de l'opération de Vale Nouvelle Calédonie S.A.S. (VNC). Selon les estimations actuelles, le parc à résidus de la KO2 atteindra sa capacité maximale en 2021, en conservant la densité actuelle de stockage et de consolidation des résidus humides aujourd'hui produits. Cependant, la réserve déclarée sur le plateau de Goro permet d'envisager une exploitation de la mine jusqu'en 2044. Pour exploiter le plateau de Goro jusqu'à ce terme, il est nécessaire de développer une nouvelle capacité de stockage pour évacuer les résidus issus du procédé hydrométallurgique du site minier de façon continue et pérenne.

Les options possibles pour concevoir cette nouvelle capacité de stockage doivent impérativement être dimensionnées pour accueillir le volume total de résidus produits par l'exploitation du gisement global de Goro jusqu'en 2044 ; il ne s'agit pas en effet d'étudier des solutions qui répondraient à une partie de l'enjeu (par exemple pour la seule durée des autorisations d'exploiter successives, à renouveler réglementairement en plusieurs temps d'ici 2044) : une approche séquencée, basée par exemple sur les échéances des autorisations réglementaires d'exploiter successives, ne permettrait pas d'optimiser la gestion globale de l'enjeu sur la durée de l'exploitation, et conduirait à une situation post-exploitation insuffisamment anticipée. L'ambition du projet Lucy est bien en effet de proposer une solution globale, intégrée et inscrite dans le long terme. C'est cet objectif qui a été fixé par VNC aux concepteurs techniques du projet.

En l'absence de projet d'un nouveau parc à résidus ou d'extension de la capacité du parc à résidus actuel, VNC sera obligé d'arrêter son exploitation de minerai de nickel. L'option « sans projet » (maintien de la situation actuelle) ne permet pas de répondre aux objectifs de pérennité de l'exploitation de la mine de Goro jusqu'en 2044.

Le projet Lucy, tel qu'il est présenté dans le présent dossier de demande d'autorisation d'exploiter, est l'option retenue pour répondre à ces objectifs indispensables à atteindre. Le présent volet décrit le cheminement des réflexions progressives ayant conduit à ce choix.

2.2. PRINCIPE

Ce volet expose une analyse des différentes options de projet envisagées au regard des aspects liés au développement durable de l'activité, c'est-à-dire en intégrant les facteurs environnementaux et sociaux mais également des aspects économiques et techniques. Ce volet vise à présenter et justifier les différents choix effectués au cours des phases successives de conception du projet depuis les premières réflexions initiées en 2002. Il explique le projet d'extension de la durée de vie du parc à résidus de la KO2 sur la base de sa conception et son développement actuel.

Une analyse multicritères (AMC) a été utilisée pour comparer les différentes options de projet (mode de gestion des résidus issus du procédé hydrométallurgique, choix des technologies employées, localisation du projet et des infrastructures associées, intégration des contraintes et atouts environnementaux et sociaux).

La méthodologie employée est présentée dans le chapitre 3 ci-après. Les résultats de l'analyse multicritères sont présentés dans les chapitres suivants.

3 METHODOLOGIE

3.1. OBJECTIFS DE L'AMC

L'Union Européenne (UE, 2015) donne la définition suivante des AMC :

« *L'analyse multicritères est une méthode qui permet d'orienter un choix sur la base de plusieurs critères communs. Cette méthode est essentiellement destinée à la compréhension et à la résolution de problèmes de décision. Elle est utilisée pour porter un jugement comparatif entre des projets ou des mesures hétérogènes. De ce fait, elle peut être utilisée en évaluation.*

Ainsi, sur la base de plusieurs critères, les décideurs sont en mesure d'intégrer, dans un cadre prospectif ou rétrospectif, la diversité des opinions concernant les projets, pour formuler un jugement.

Cette méthode implique la participation des acteurs (exemple : décideurs, techniciens, bénéficiaires) et aboutit à des conseils opérationnels et à des recommandations. Son but est d'aboutir à une solution par la simplification du problème, tout en respectant les préférences des acteurs. »

Source (Union Européene, s.d.)

Il s'agit d'une méthode à laquelle différentes typologies d'outils peuvent être appliquées (AMC sans compensation, à agrégation locale, partielle ou totale). La méthode doit permettre d'aboutir à la comparaison des options possibles répondant aux objectifs du projet, en traduisant de manière simple, lisible et aussi objective que possible une problématique complexe.

La méthode, quels que soient les outils pour la décliner, doit répondre à l'enjeu majeur suivant : permettre une prise de décision éclairée entre plusieurs options possibles en simplifiant l'information sans la biaiser au-delà de l'acceptable et en générant un rendu exploitable dans un contexte de prise de décision.

Ces objectifs peuvent être exposés à travers les principes suivants :

- recherche de l'exhaustivité des points de vue concernés ;
- recherche de l'objectivité dans l'analyse des données ;
- identification et si possible caractérisation des limites (incertitudes et biais) et des facteurs subjectifs ;
- transparence de la méthodologie et de ses limites ;
- si besoin, tests de sensibilité pour mesurer les biais et marges de subjectivité ;
- rendu particulièrement lisible pour permettre une prise de décision éclairée.

L'AMC doit enfin être comprise comme un support d'aide à la décision.

Elle n'a pas vocation à définir ***la*** meilleure option mais à permettre **une comparaison** entre plusieurs options présentant des avantages et des inconvénients différents, en fonction de critères préétablis (c'est-à-dire définis en amont en fonction du contexte et des priorités du projet). Elle permet ensuite d'**étayer la décision à prendre par les porteurs du projet**, et peut éventuellement être valorisée pour expliquer les choix effectués auprès de parties prenantes.

3.2. VOCABULAIRE ET DEFINITIONS

Les définitions ci-dessous permettent de partager une compréhension commune des termes utilisés dans la suite de l'AMC.

- **Analyse multicritères (AMC)** : méthode et outil de comparaison de variantes ou de scénarios entre eux selon une règle du jeu définie en amont (généralement via l'utilisation de critères préétablis en concertation et pondérés en fonction du contexte et des priorités du projet).
- **Critère** : composante représentative d'un projet, la notion de critère pouvant être à géométrie variable selon la complexité de l'AMC. Pour des AMC simples, les critères sont généralement confondus avec les indicateurs (par exemple pour une analyse comparative d'offres d'entreprises de travaux, les notes de « prix », « technique » et « environnement »). Pour des analyses plus complexes, les critères peuvent reposer sur des sous-critères correspondant au niveau des indicateurs (par exemple, le critère « biodiversité » peut être dissocié en sous-critères, tels que : écosystèmes naturels patrimoniaux sur la zone de projet, continuités écologiques concernées, nouveaux espaces naturels créés).
- **Indicateurs** : ils sont associés aux critères ou sous-critères. Ils visent à mesurer les performances des options à comparer selon ces critères ou sous-critères, et peuvent être « quantifiables » (relevant par exemple de mesures concrètes et chiffrables) ou « qualifiables » (par exemple : relevant plutôt de dires d'expert, de synthèse d'enquêtes publiques ou d'études, d'ateliers de concertation multidisciplinaires).
- **Données** : ce sont les informations de base qui alimentent le calcul / l'évaluation des indicateurs. Un indicateur « quantifiable » peut être composé d'une seule donnée (par exemple : coût d'investissement, nombre d'hectares de milieu patrimonial dégradé), mais il peut s'agir d'un ratio impliquant plusieurs données (exemple : kilomètre carré de milieu patrimonial dégradé par kilomètre de route). Un indicateur « qualifiable » est plutôt évalué avec l'appui d'experts, à partir de la synthèse des données rassemblées et des études menées pour qualifier les performances des différentes options.
- **Note** : valeur associée à un indicateur pour représenter la performance d'une option de projet vis-à-vis du critère associé. Une note peut résulter directement d'un calcul mathématique à partir d'indicateurs quantifiables (par exemple: traduction proportionnelle d'un coût sous la forme d'une note via une formule linéaire). Elle est plus souvent attribuée selon des principes de notation définis à l'avance, permettant aux parties prenantes de prendre en compte la dimension humaine de nombreux critères difficiles à quantifier ou plus subjectifs. La notation des différentes options à comparer est généralement relative (il s'agit de départager les options envisagées entre elles, pas de placer le projet sur une échelle absolue des valeurs).
- **Poids** : le poids d'un critère ou sous-critère traduit l'importance relative de ce critère par rapport aux autres. Il permet de prendre en compte l'importance relative des critères entre eux à valeur égale d'indicateur. Par exemple, pour un projet situé dans une région naturelle peu fréquentée, les critères « sociaux » peuvent être affectés de poids inférieurs à ceux donnés aux critères « environnementaux », l'inverse étant généralement pratiqué pour des projets en contexte urbain.
- **Pondération** : démarche consistant à donner des poids aux critères ou aux sous-critères.

3.3. METHODOLOGIE SUIVIE POUR LE PROJET LUCY

3.3.1. Principles

Plusieurs principes de base ont été retenus pour mener à bien l'approche d'aide à la décision ayant abouti à retenir le projet Lucy sous la forme présentée dans le présent dossier :

- **Implication de l'ensemble des services de VNC et de leurs conseils.** Depuis les toutes premières réflexions initiées en 2002 mais surtout lors des études de faisabilité et de projet plus récentes menées en 2015 et 2016, l'ensemble des compétences transversales des services de VNC ont été progressivement mobilisées pour prendre en compte l'ensemble des thématiques concernées par le projet.

Les spécialistes techniques, économiques, environnementaux, juridiques, et les responsables en relation avec les diverses parties prenantes externes ont ainsi été progressivement impliqués dans la conception de la méthode, puis dans son application lors d'ateliers de travail via l'utilisation d'un outil d'AMC adapté au projet étudié.

- **Type d'analyse multicritères retenu.** La mise en place d'un outil d'AMC a été considérée comme indispensable pour étayer les prises de décision complexes reposant sur un ensemble de paramètres variés et difficilement comparables entre eux.

La volonté de disposer d'un outil d'analyse clair, facilement compréhensible et pouvant constituer un support aux échanges, a conduit à privilégier une méthode simple d'agrégation totale des critères, du type « somme de notes pondérées ». Les différents enjeux constituant les critères à prendre en compte n'ont en effet pas la même importance (et donc le même « poids ») dans les décisions à prendre. Par rapport à d'autres méthodes d'agrégation partielle de critères ou utilisant des logiciels d'aide à la décision, une telle méthode permet :

- de dégager une hiérarchie claire des options envisageables (classées de la moins durable à la plus durable), la décision finale restant toutefois du ressort des porteurs du projet ;
- à chacun de comprendre aisément la justification de cette hiérarchie par la simple somme de notes pondérées affectées en toute transparence.
- **Conception en amont de l'outil d'AMC.** Sans préjuger des options techniques à comparer, l'outil d'AMC a été bâti en concertation par les spécialistes de VNC et leurs conseils mobilisés lors d'ateliers. Ces travaux ont permis de :
- Définir les quatre domaines de faisabilité à retenir pour déterminer la solution la plus durable, et décider de leur attribuer un poids équivalent (chaque domaine comptant pour un quart de la décision): soit les domaines « technique », « économique », « environnemental » et « social ».
- Identifier et définir les critères principaux (correspondant aux enjeux et objectifs du projet), valider leur exhaustivité et leur caractère discriminant (entre les options à comparer), et les ranger selon les quatre domaines précédents.
- Affecter en concertation des poids relatifs à ces critères au sein de chacun des quatre domaines. Ce travail a nécessité le plus d'échanges et d'itérations pour aboutir à l'outil présenté ci-après. Cette étape a été cruciale pour chaque spécialiste voulant valoir l'importance des critères qui le concernaient en premier lieu tout en relativisant par rapport aux autres enjeux à prendre en compte.

- **Approche progressive par étapes :** la recherche d'une solution pour le stockage, jusqu'en 2044, des résidus issus du procédé hydrométallurgique du site minier de Goro a été conduite en plusieurs étapes par les équipes de VNC et ses conseils.

Par exemple, il a d'abord fallu déterminer, parmi les différents modes de gestion possibles des résidus issus du procédé hydrométallurgique actuels, celui qui pouvait être le plus adapté au contexte du site et garantir une solution pérenne, faisable sur les plans technique et économique et durable du point de vue environnemental ou social. Cette première réflexion a conclu que le principe d'assèchement des résidus humides actuels et de leur stockage sous une forme asséchée répondait le mieux aux objectifs fixés par les porteurs du projet.

Il a fallu ensuite choisir la technologie d'assèchement la plus pertinente, puis la localisation du projet parmi plusieurs options envisageables. Chaque stade de décision a fait l'objet d'une AMC dédiée pour appuyer les choix sur un examen détaillé des critères à prendre en compte.

Cette approche progressive a été préférée à une comparaison d'emblée de toutes les options et de leurs variantes en termes de technologie ou d'entreprise. Une AMC de toutes ces options regroupées aurait été compliquée et surtout peu lisible. De plus, une approche progressive permet d'affiner progressivement la définition des options à comparer en rassemblant les données nécessaires à l'analyse.

Ainsi, il a été proposé de réaliser l'analyse des différentes options selon une approche sectorisée en considérant plusieurs niveaux d'analyse multicritères. La sectorisation retenue dans le cadre du projet est la suivante :

- **AMC niveau 1 :** comparaison de différents modes de gestion des résidus issus du procédé hydrométallurgique ;
- **AMC niveau 2 :** comparaison des différentes technologies d'assèchement des résidus envisagées ;
- **AMC de niveau 3 :** comparaison des différentes localisations envisagées.

Pour la réalisation des AMC, chaque option est décrite selon les quatre domaines considérés à savoir : technique, économique, environnemental et social. Les options sont ensuite évaluées (notées) lors d'ateliers rassemblant les compétences multidisciplinaires mobilisées.

A noter qu'en fonction du niveau de l'AMC, les options peuvent être décrites avec des niveaux de précision différents, adaptés au stade de la décision à prendre. Par ailleurs les caractéristiques des options présentées peuvent évoluer d'une étape à une autre, les études menées pour les évaluer permettant de les affiner et de les préciser progressivement.

Le niveau de détail dans l'AMC est ainsi variable en fonction de son niveau (1, 2 ou 3), mais la structure des domaines, critères et indicateurs associés, présentée dans le tableau en page suivante, a été définie et conservée pour l'ensemble de la démarche, afin de conserver une cohérence tout au long de son déroulement.

Tableau 2. Critères et indicateurs de l'AMC

| Domaine | Critère | Indicateurs (exemples) |
|--|---|--|
| Environnement naturel et physique | Biodiversité | <ul style="list-style-type: none"> • Surface totale à défricher • Surface d'emprise en zone protégée / zone EIP (Ecosystème d'Intérêt Patrimonial) • Zone d'influence • Présence d'espèces/spécimen protégés |
| | Ressources en eau | <ul style="list-style-type: none"> • Vulnérabilité de la nappe phréatique /des cours d'eau dans la zone d'influence • Ecoulement potentiel vers zone sensible/protégée |
| | Atmosphère (pollution de l'air, gaz à effet de serre) | <ul style="list-style-type: none"> • Niveau des émissions atmosphériques • Circulation des engins (nombre et longueur de trajets) – émission de CO₂équ • Puissance électrique |
| Environnement humain et social | Nuisances pour les riverains (bruit, qualité de l'air, qualité de l'eau) | <ul style="list-style-type: none"> • Distances des zones habitées / volume d'émission de poussière – niveau de bruit – volume de trafic • Risque de modification de la qualité de l'eau servant à l'alimentation en eau potable ou de puits |
| | Changement de l'activité économique | <ul style="list-style-type: none"> • Perturbations apportées à l'activité par l'utilisation d'espaces potentiellement exploitables (exemple : forestiers, agricole, tourisme), volume du trafic routier, • Gel des ressources minières • Création d'emploi à l'échelle provinciale, régional, national. |
| | Patrimoine socio-culturel et paysage | <ul style="list-style-type: none"> • Atteinte à un élément du patrimoine culturel et archéologique |
| | Maitrise des risques et conditions de travail pour le personnel et les sous-traitants | <ul style="list-style-type: none"> • Niveau de maîtrise de la sécurité ou la santé • Utilisation de produits dangereux • Présence de dangers naturels particuliers |
| Economique | Coûts d'investissement | <ul style="list-style-type: none"> • Niveau de coûts |
| | Coûts de fonctionnement | |
| | Capacité de financement VNC | <ul style="list-style-type: none"> • Phasage possible |
| Technique | Faisabilité/Performance/Efficacité | <ul style="list-style-type: none"> • Choix des meilleures techniques disponibles • Niveau de performance attendu/qualité • Degré d'incertitude sur l'efficacité • Calendrier d'exécution et contraintes de temps |
| | Pérennité | <ul style="list-style-type: none"> • Fréquence des interventions en maintenance /entretien • Durée de vie de l'installation • Flexibilité au changement |
| | Méthodologie de construction | <ul style="list-style-type: none"> • Facilité de construction • Interface et co-activité • Facilité de réhabilitation |
| | Méthodologie d'exploitation | <ul style="list-style-type: none"> • Facilité d'exploitation • Flexibilité opérationnelle |

3.3.2. Notation des critères

Pour chaque critère retenu dans le tableau précédent, une notation de chaque option étudiée doit être effectuée dans les différentes AMC menées à chaque stade de décision. Comme décrit ci-dessus, cette notation a été établie sur la base d'indicateurs. L'échelle de notation considérée est présentée dans la grille ci-dessous. Elle a été définie ainsi pour :

- afficher de manière claire les avantages et inconvénients relatifs de chaque option comparée, avec des notes positives ou négatives,
- favoriser une discrimination des options à départager.

Tableau 3. Echelle de notation de l'AMC

| Couleur | Note | Niveau du critère | |
|---------|------|-------------------|--|
| | -2 | Très défavorable | Variante nettement moins favorable que les autres sur ce critère |
| | -1 | Défavorable | Variante moins favorable que les autres sur ce critère |
| | 0 | Neutre | Variante dans la moyenne ou non quantifiable |
| | +1 | Favorable | Variante plus favorable que les autres sur ce critère |
| | +2 | Très favorable | Variante nettement plus favorable que les autres sur ce critère |

3.3.3. Facteurs de pondération

Comme évoqué ci-dessus, il a été choisi d'appliquer pour chacun des quatre domaines une pondération équivalente.

Par souci de simplification et de clarté, un total de 100 poids a été réparti, avec donc 25 poids pour chaque domaine (technique, économique, environnemental et social).

Ensuite, au sein de chaque domaine, les échanges et itérations successives lors de l'élaboration de l'outil AMC ont fini par aboutir à la répartition des poids exposée dans le tableau en page suivante, résultat du consensus trouvé pour prendre en compte à sa juste mesure relative chaque critère. Cette proposition reste bien sûr sujette à débat, et c'est pourquoi la sensibilité des résultats obtenus avec cette répartition des poids est discutée lors de l'exposé des conclusions qui ont été tirées des exercices AMC effectués.

Globalement, les règles suivantes ont été suivies pour aboutir à ce consensus équilibré :

- le poids d'un critère ne peut dépasser 10 (au risque d'écraser les autres aspects de l'analyse) ;
- le poids d'un critère ne peut être inférieur à 5 (un poids inférieur rendant le critère négligeable pour contribuer à la décision finale à prendre).

Tableau 4. Facteurs de pondération de l'AMC

| Domaine | Critère | Valeur de pondération | Justification |
|--|---|-----------------------|---|
| Environnement naturel et physique | Biodiversité | 10 | Enjeu considéré comme le plus fort en raison de la présence d'endémismes et de micro-endémismes au niveau de la zone VNC. |
| | Ressources en eau | 8 | Deuxième enjeu le plus fort. Point de vigilance important au niveau des parties prenantes. |
| | Atmosphère (pollution de l'air, gaz à effet de serre) | 7 | Enjeu de niveau planétaire (gaz à effets de serre, changement climatique), mais plus relatif au niveau local par rapport aux deux précédents. |
| | | 25 | |
| Environnement humain et social | Nuisances pour les riverains (niveau de bruit, qualité de l'air, qualité de l'eau) | 8 | Les nuisances potentielles pour les riverains ont été considérées comme l'enjeu le plus fort pour l'environnement humain et social dans le processus d'évaluation des options. |
| | Changement de l'activité économique | 7 | L'activité économique et l'emploi est considérée comme un enjeu fort en province Sud. Ce critère est pondéré à un niveau quasi similaire à celui des nuisances pour les riverains. |
| | Patrimoine socio-culturel et paysage | 5 | Ce critère a été considéré comme moins prépondérant par rapport aux deux critères précédents. Les enjeux de la zone de projet pour ce critère sont plus retreints, même s'ils ne sont pas négligés. |
| | Maitrise des risques et conditions de travail pour le personnel VNC et les sous-traitants | 5 | Ce critère a été considéré comme moins prépondérant pour l'évaluation d'une option et plus facilement maitrisable en interne par VNC. Ce n'est en effet pas le niveau de qualité de l'hygiène et de la sécurité pour les salariés qui est évalué ici, mais seulement l'effort à déployer par VNC pour le garantir selon l'option choisie. |
| | | 25 | |
| Economique | Coûts d'investissement | 10 | Les coûts d'investissement et de fonctionnement sont les principaux déterminants de l'analyse économique d'une option. Ils ont été pondérés à un niveau équivalent. |
| | Coûts de fonctionnement | 10 | |
| | Capacité de financement VNC | 5 | Ce critère a été considéré comme moins prépondérant par VNC, même s'il n'est donc pas négligé. |
| | | 25 | |
| Technique | Faisabilité/Performance/Efficacité | 8 | La faisabilité technique du projet, son degré de performance (MTD) et sa compatibilité avec le planning général de VNC ont été considérés comme les critères prépondérants. |
| | Pérennité/Flexibilité au changement | 7 | Une durée de vie du projet compatible avec les objectifs de VNC et la flexibilité au changement du projet (devant s'étaler sur plusieurs dizaines d'années) ont été considérés comme le deuxième facteur prépondérant. |

| Domaine | Critère | Valeur de pondération | Justification |
|--------------|------------------------------|-----------------------|---|
| | Méthodologie de construction | 5 | Ce critère n'a pas été considéré comme prépondérant comparé aux deux critères précédents. Il permet de prendre en compte la complexité de la mutation du mode de stockage actuel, des interfaces, de la co-activité, mais ces questions peuvent être réglées sur le plan technique. |
| | Méthodologie d'exploitation | 5 | Ce critère n'a pas été considéré comme prépondérant comparé aux deux critères précédents. Il permet de prendre en compte la complexité et la flexibilité des opérations d'exploitation, de maintenance et de suivi, mais ces questions peuvent être réglées sur les plans techniques et organisationnels. |
| | | 25 | |
| TOTAL | | 100 | |

Valeur de pondération variant de 5 à 10

Ainsi au cours de l'AMC, chaque option considérée est notée sur une échelle de valeur allant de +200 (note pondérée maximum possible) à -200 (note pondérée minimum possible).

Le classement des différentes options met alors en avant celles répondant le mieux aux critères de sélection et de durabilité retenus.

Enfin, au-delà de la hiérarchie « mathématique » dégagée par cet exercice, l'interprétation des résultats repose également sur les justifications littérales des notes attribuées (avantages et inconvénients des options décrits sous forme synthétique) : la prise de décision finale exploite ainsi à la fois le classement des notes pondérées et l'argumentaire.

3.3.4. Limites

Ce rapport fait la synthèse des précédentes études sur le stockage des résidus pour l'ensemble de la durée de vie de la mine. Ceci peut conduire à certaines variations ou disparités dans les chiffres présentés dans ce rapport ainsi que des disparités entre les chiffres de ce rapport et ceux présentés dans la description du projet final. Il s'agit en effet de présenter le déroulement des réflexions tel qu'il a été mené, sans retoucher a posteriori les données prises en compte à chaque stade de décision.

4 AMC DE NIVEAU 1

4.1. PRESENTATION DES VARIANTES CONSIDERÉES POUR L'AMC N°1

4.1.1. Introduction et notion d' « option de base » ou « de référence »

Les paragraphes suivants présentent, pour l'ensemble des options de gestion des résidus issus du procédé hydrométallurgique ayant été envisagées :

- (i) une description technique sommaire,
- (ii) les aspects économiques associés,
- (iii) une description des aspects sociaux et,
- (iv) environnementaux notables au sein et à proximité de la zone de projet.

Cette évaluation étant réalisée à ce stade sans considération précise de localisation, les aspects environnementaux et sociaux sont appréciés de manière générique. Il s'agit ici de mettre en avant les caractéristiques communes associées à chaque option de gestion en particulier.

Le panel d'options suivant a été défini et est décrit dans les paragraphes suivants :

- Stockage conventionnel de résidu humide (option similaire au parc à résidus de la KO2 tel qu'actuellement exploité) ;
- Stockage de résidus épaisseur ;
- Stockage de résidus asséchés ;
- Stockage de résidus (humides, voire asséchés) au sein de la fosse minière de Goro ;
- Stockage des résidus en dehors de l'exploitation minière ;
- Stockage des résidus en mer (profondeur > 1 000 m) ;
- Recyclage / valorisation des résidus.

Toutefois, pour faciliter la compréhension de l'analyse, une « option de base » est considérée au sein de ce chapitre. Elle repose sur le même principe que l'option de gestion des résidus actuellement pratiqué sur le site, à savoir le stockage de résidus humides de la KO2. Chaque option est cependant imaginée à ce stade sur un nouveau site afin de faciliter la comparaison (i.e. il n'est pas envisagé à ce stade d'appliquer les options proposées au niveau du stockage existant). L'objectif est en effet de sélectionner le meilleur mode de gestion des résidus sans tenir compte à ce stade de contingences dépendant trop du site de stockage actuel.

Pour cela, une partie des options considérées dans l'AMC concerne les localisations suivantes : la vallée KO4, la vallée Kwé Binyi et au sein de la fosse minière (« mine pit »). Ces lieux sont présentés sur la figure suivante.

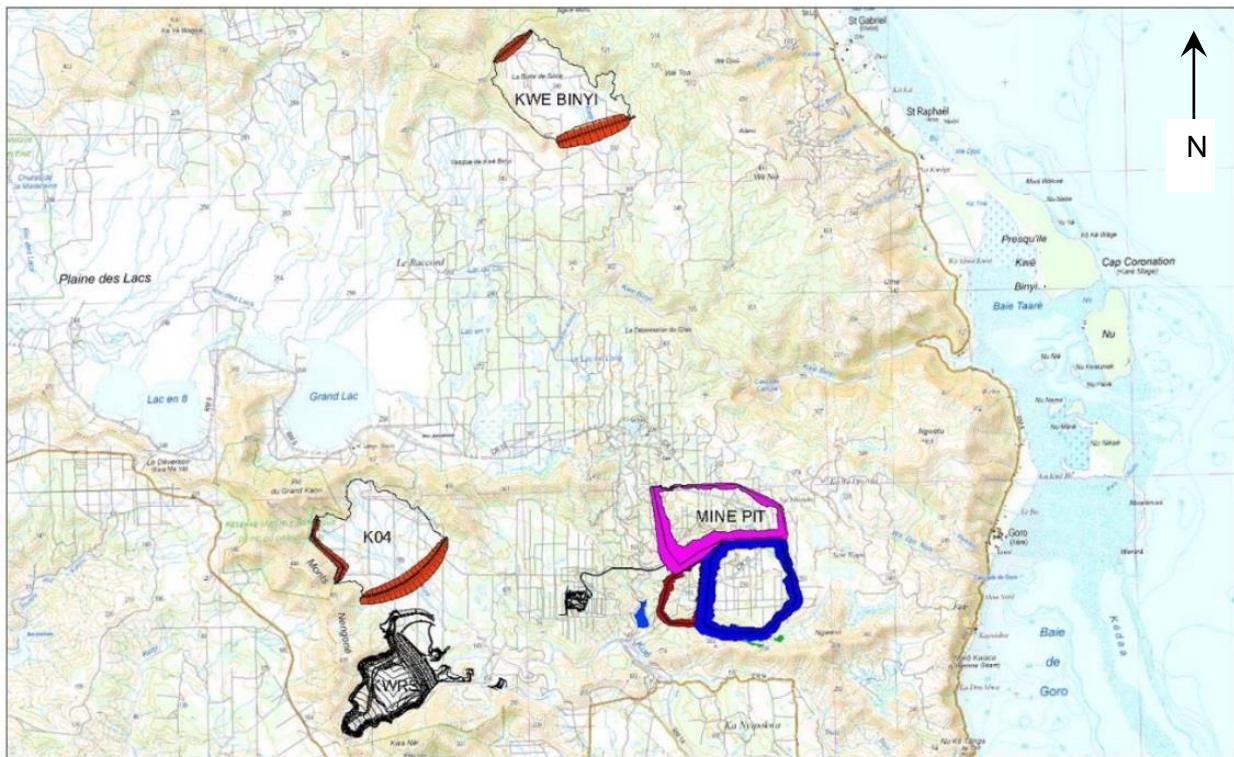


Figure 1. Localisation de certaines alternatives de l'AMC n°1

4.1.2. Stockage conventionnel de résidus humides (option similaire au parc à résidus de la KO2)

4.1.2.1. Description technique

Cette option de stockage est celle actuellement utilisée au niveau du parc à résidus de la KO2 et constitue l'option conventionnelle. Il s'agit de créer un parc à résidus au sein d'une vallée en construisant une ou plusieurs bermes constituée(s) pour la partie amont de limonite (stériles miniers) et en partie aval d'enrochement selon une pente 2,5H : 1V. Des drains filtrants entre ces deux couches de matériaux sont prévus.

Les résidus considérés sont humides et issus de l'usine de traitement du minerai. Ils sont constitués d'environ 10 à 30% de solides en poids. Les phases de développement de cette infrastructure impliqueraient :

- Défrichement et terrassement de la zone de stockage ;
- Mise en place d'un réseau de drainage des eaux souterraines, les eaux souterraines captées étant analysées et rejetées dans le milieu naturel lorsque leur qualité le permet ;
- Mise en place d'une géo-membrane sur l'ensemble de la surface de la zone concernée ainsi que sur les faces intérieures du bassin et lestage afin d'éviter les problèmes de soulèvement liés à la pression hydrostatique.

La pente de 1% minimum permet l'évacuation des eaux pluviales ayant été en contact avec les résidus. Ces eaux seraient regroupées puis traitées au sein de l'unité de traitement des effluents du site de Goro (Unité 285) avant un rejet dans le milieu marin via l'émissaire existant.

Les eaux provenant du ruissellement en dehors de l'empreinte de l'infrastructure sont déviées par la mise en place de fossés de dérivation sur l'ensemble des pentes naturelles présentes en périphérie du parc.

Un évacuateur de crue est implanté sur la berme afin de gérer les épisodes pluvieux importants.

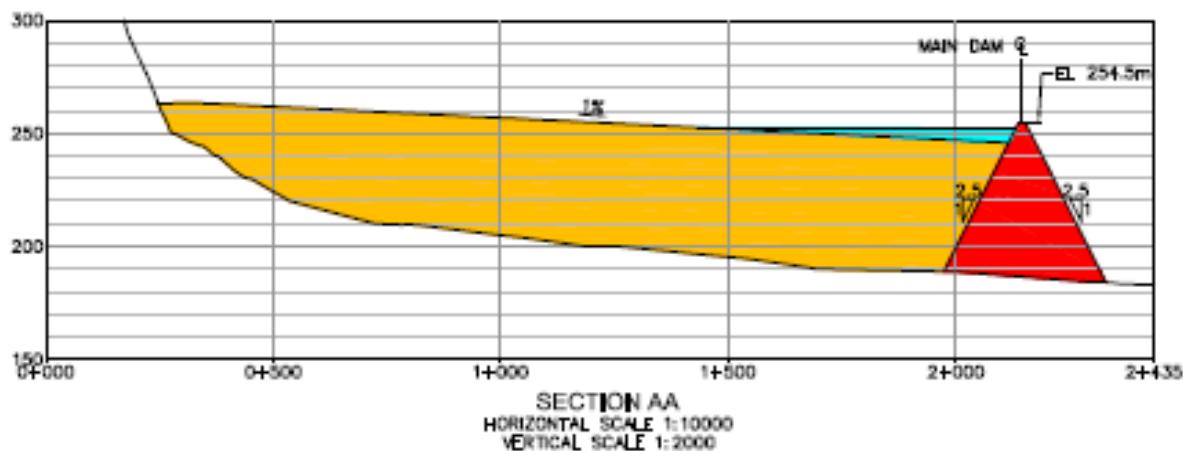


Figure 2. Vue en coupe d'une option de stockage conventionnel des résidus

4.1.2.2. Composante financière

Le budget de cette option est apprécié sur la base de deux variantes :

- Estimation d'investissement pour une option de stockage conventionnelle au sein de la vallée KO4 : 1,59 milliard USD ;
- Estimation d'investissement pour une option de stockage conventionnelle au sein de la vallée Kwé Binyi : 1,42 milliard USD.

Il est considéré dans l'AMC un coût moyen de cette option de 1,5 milliard USD.

4.1.2.3. Composante environnementale

Les aspects environnementaux considérés sont :

- L'estimation des surfaces au sol considérée pour ce type d'option : environ 286 ha au sol pour KO4 et 300 ha pour Kwé Binyi.
- La gestion des eaux concerne les eaux pluviales extérieures au bassin de stockage des résidus, les eaux de contact et les eaux du réseau de sous drainage. La quantité d'eau à gérer n'ayant pas été estimée précisément au stade de sélection des modes de gestion des résidus, il est considéré ici que le volume d'eau à traiter pour cette option est un volume de base. L'appréciation des autres options sera faite par comparaison avec ce volume de base.
- La construction des installations implique de nombreux engins. Les émissions atmosphériques induites par cette option découlent de leur utilisation.

4.1.2.4. Composante sociale

Les aspects sociaux considérés sont :

- Le niveau de nuisances sur les riverains (qualité de l'air, niveau de bruit, qualité des eaux) est considéré comme le niveau de base. L'appréciation des autres options sera faite par comparaison avec ce niveau de base.
- L'effet sur l'activité économique est traité de manière similaire : le stockage conventionnel constitue un niveau de base et l'appréciation des autres options sera faite par comparaison avec ce niveau.
- Les conséquences sur le patrimoine culturel sont difficilement appréciables au stade de l'AMC niveau 1 car la localisation géographique n'est pas considérée à ce stade.
- L'aspect paysager est considéré sur la base de la présence de nouvelles installations. Dans le cas présent, il s'agit ici de considérer la présence d'une installation de stockage de résidus et la présence de carrières nécessaires à la construction de l'installation (limonite et enrochement).

4.1.3. Stockage de résidus épaisse

4.1.3.1. Description technique

Les résidus considérés ici sont de type épaisse ou solidifiés avec une composition de 55% environ de solide en poids. La technique de stockage est similaire à l'option décrite ci-dessus (cf. § 4.1.2). Seuls les matériaux constituant la berme sont différents. Cette option permet de limiter le volume de résidus stocké dans son ensemble :

- d'une part le volume de résidus épaisse à stocker est plus faible ;
- d'autre part, l'ajout de 5 à 7% de ciment dans un résidu épaisse et solidifié permet l'utilisation de ces résidus pour la construction de la berme (« Solidified Residue Stack » - SRS) ;
- cette option a donc une double fonction : stockage de résidus et barrage de stockage pour les résidus épaisse. Les pentes appliquées pour ce type de berme est de 3,5H : 1V (rapport du coefficient horizontal sur le coefficient vertical) pour l'amont et 6H : 1V pour l'aval. Le volume de la berme est donc significativement plus grand que l'option de base. La construction de la berme nécessite l'installation d'une centrale à béton. Il est considéré que cette option pourrait s'avérer moins facile à mettre en œuvre par temps de pluie.

Cette option implique généralement la mise en place d'un bassin de stockage des eaux de contacts à l'aval de la berme principale ce qui augmente, par rapport à l'option de base, la surface nécessaire pour les infrastructures périphériques aux installations.

Plusieurs méthodes d'obtention d'une boue épaisse ont été testées à un stade expérimental :

- épaisseissement mécanique (floculation, filtration, cyclone, épaisseur lamellaire) ;
- épaisseissement par ajout de cendres issues de la centrale thermique de Prony ou ajout de ciment.

Ces techniques ont été étudiées à un stade de préfaisabilité sur le site de Goro et doivent faire l'objet de développements plus approfondis avant qu'il soit envisageable de les appliquer à une échelle industrielle. Notamment, les études réalisées pointent une incertitude sur la

quantité de béton nécessaire à l'obtention d'une boue épaisse et solidifiée avec des caractéristiques adéquates pour la mise en œuvre d'un SRS. Un besoin en béton de l'ordre de 2,5 Mt est estimé. La qualité des cendres produites par la centrale thermique de Prony est problématique à cause des quantités importantes d'imbrûlés. Le recyclage des cendres de la centrale thermique de Prony n'est donc pas envisageable. Ceci sans compter tous les problèmes liés au mélange de deux déchets industriels de natures différentes produits par deux opérateurs différents.

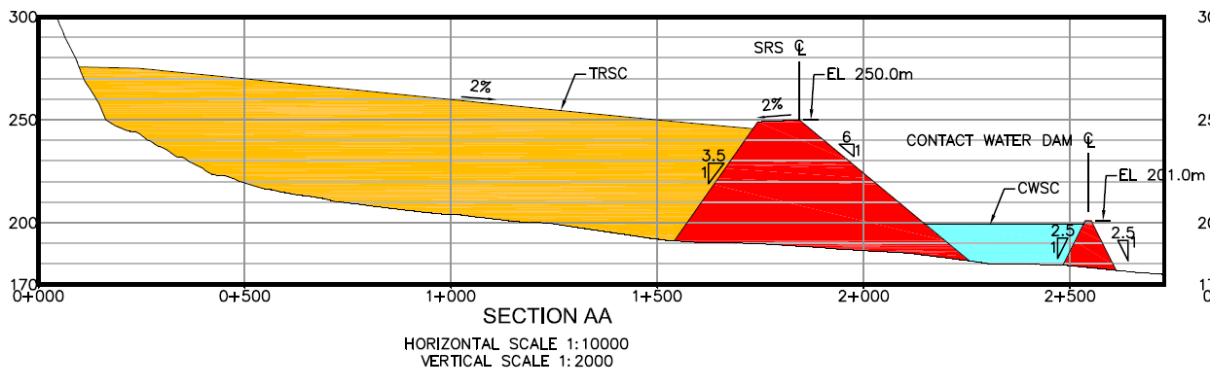


Figure 3. Vue en coupe d'une option de stockage de résidus épaisse – Vallée KO4

4.1.3.2. Composante financière

Dans le cadre de cette étude, le budget de cette option est appréciée sur la base de deux variantes ayant été chiffrées :

- Estimation d'investissement pour une option de stockage de résidus épaisse au sein de la vallée KO4 : 1,47 milliard USD ;
- Estimation d'investissement pour une option de stockage de résidus épaisse au sein de la vallée Kwé Biny : 1,44 milliard USD.

Dans l'AMC, un coût moyen de cette option de 1,45 milliard USD est considéré soit au stade d'étude où ce chiffrage a été réalisé, un montant d'investissement globalement similaire à l'option de base de la section 4.1.2.

Une incertitude existe quant à la quantité de béton nécessaire pour obtenir les propriétés géotechniques requises à la construction de la berme en résidus (SRS) et, par voie de conséquence, sur le prix de l'option.

4.1.3.3. Composante environnementale

Les aspects environnementaux considérés sont :

- Estimation des surfaces au sol considérées pour ce type d'option : environ 366 ha dans le cas de KO4 et 380 ha dans le cas de la Kwé Biny (28 et 25% de surface requise en plus par rapport à l'option de base). Cela s'explique par une berme plus large et un stockage d'eau de contact créé au pied de la berme.

- La gestion des eaux pluviales de ruissellement hors emprise de l'infrastructure, des eaux de contact et des eaux du réseau de sous drainage est considérée comme similaire au cas de base.
- Le nombre d'engins nécessaires pour la construction de la berme SRS, est considéré comme bien plus important que celui nécessaire pour l'option de base (le volume de berme à construire est plus important au vue des faibles pentes appliquées : exemple pour KO4 le volume de la berme de base est de 27,8 Mm³, pour l'option SRS le volume de la berme est de 50,7 Mm³ soit une augmentation de volume de 80%). Une centrale à béton de taille importante est nécessaire pour la mise en œuvre de la SRS. Une carrière est également nécessaire pour la création du réseau de drainage. Néanmoins la quantité de matériaux requis est considérée comme étant beaucoup plus faible (création du massif filtrant en fond de bassin uniquement).

4.1.3.4. Composante sociale

Les aspects sociaux considérés sont :

- Le niveau de nuisances sur les riverains (poussières, bruit, qualité de l'eau) est considéré comme un peu plus important que le niveau de base. La centrale à béton pourrait générer localement une augmentation du niveau sonore et des poussières. En revanche, les nuisances générées par l'exploitation d'une carrière (limonite et enrochement) seront plus limitées, les besoins étant limités à la création de la couche drainante et la couche de latérite sous la géomembrane.
- Le gel de la ressource minière est similaire à l'option de base une fois le bassin de gestion des eaux de contact réhabilité.
- L'incidence de cette option sur le paysage est similaire à l'option de base. En revanche, il est considéré que la construction de la berme SRS réduit les besoins en enrochement du chantier et donc de carrière associée. L'effet sur le paysage est considéré comme réduit par rapport à l'option de base.
- En termes de gestion des risques, les résidus épaisse sont considérés comme moins mobiles en cas de rupture de berme.

4.1.4. Stockage de résidus asséchés

4.1.4.1. Description technique

Cette option vise à stocker les résidus sous forme « asséchée », proche de l'état d'un sol, sur une surface ne nécessitant pas de capacité de rétention (barrage). Pour cela, les résidus humides produits (10 à 30% de solide en poids) sont acheminés comme à l'heure actuelle par une conduite jusqu'à une usine spécifique d'asséchement située préférentiellement à proximité du site de stockage sélectionné. Les résidus subissent un éventuel prétraitement (bassin de sédimentation ou épaisseur). Une deuxième étape d'assèchement est réalisée (filtre presse, centrifugeuse ou sécheur rotatif). Une fois asséchés jusqu'à environ 75% de solide en poids, les résidus sont repris par un système combiné de convoyeur et de camions miniers pour être ensuite stockés et compactés. Ce dépôt pourrait faire une taille de 60 m de haut et comporter des pentes de l'ordre de 1H : 5V. La zone de réception est équipée d'une géo-membrane de type polyéthylène linéaire basse densité (LLDPE) ou équivalent, pour prévenir l'infiltration des lixiviats dans le sous-sol. Un système de drainage sous la géo-membrane est aussi mis en place.

La gestion de l'eau pour cette option comporte quatre volets : la gestion de l'eau issue du procédé d'assèchement, la gestion de l'eau pluviale en contact avec les résidus, la gestion des eaux pluviales de ruissellement hors zone d'emprise (extérieures au bassin de stockage) et la gestion des eaux du réseau de sous-drainage. Comme pour l'option « résidus épaisse », celle-ci implique généralement la mise en place de bassins de gestion des eaux de contacts à l'aval de la berme principale ce qui augmente, par rapport à l'option de base, la surface nécessaire pour les infrastructures périphériques aux installations.

Cette option est associée aux modalités suivantes de gestion des eaux :

- Les eaux du procédé d'assèchement sont envoyées par une conduite jusqu'à l'usine existante et autorisée de traitement des eaux.
- Les eaux de contact sont canalisées vers un ou plusieurs bassin(s) de stockage étanche(s) pour être rejetées dans l'environnement lorsque la qualité de l'eau le permet. Sinon, elles sont pompées puis traitées au sein de l'unité 285. Après fermeture d'une section du stockage asséché, les eaux seront redirigées vers le réseau d'eau de ruissellement. Une fois le stockage terminé et réhabilité entièrement, les fossés des eaux de contact et les bassins associés peuvent également être réhabilités.
- La gestion des eaux de ruissellement implique la mise en place de fossés de dérivation périphérique, à la base des pentes du stockage.

La réhabilitation de la zone peut être engagée progressivement au fur et à mesure de l'avancée des opérations. Un programme d'étude a été engagé au sein de VNC pour tester les possibilités de réhabilitation sur les résidus asséchés.

Plusieurs dispositifs techniques peuvent être envisagés pour réaliser l'assèchement des résidus : filtres-presses, procédé centrifuge, filtration sous vide. Des tests préliminaires ont été réalisés pour les résidus en provenance du site de Goro en utilisant une combinaison d'épaisseurs et de filtres presses. Des tests plus détaillés à l'échelle préindustrielle ont confirmé les caractéristiques géotechniques adéquates des résidus asséchés et la faisabilité de cette option.

La manipulation et la compaction des résidus asséchés ne sont pas optimums par temps de pluie. Des difficultés similaires ont été constatées lors des travaux de construction de la berme du parc à résidus de la KO2 pour la mise en place des limonites. Pour pallier ces difficultés, il est prévu de mettre en place un stockage temporaire de résidus asséchés au sein duquel les résidus seraient entreposés par temps secs et repris par la suite.

La figure suivante présente, à titre d'exemple, un schéma conceptuel préliminaire d'aménagement d'un stockage de résidus asséchés au sein de la vallée KO4.

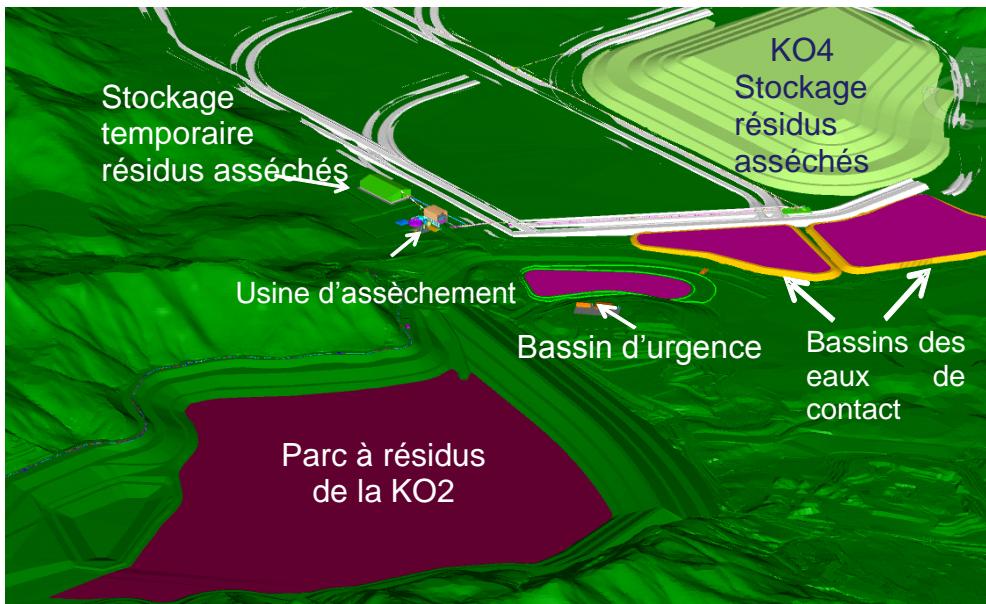


Figure 4. Exemple de stockage de résidus asséchés

4.1.4.2. Composante financière

Dans le cadre de cette étude, le budget de cette option est appréciée sur la base de deux variantes ayant été chiffrées :

- Estimation d'investissement pour une option de stockage de résidus asséchés au sein de la vallée KO4 : 0,85 milliard USD ;
- Estimation d'investissement pour une option de stockage de résidus asséchés au sein de la vallée Kwé Binyi : 0,91 milliard USD.

Le coût d'investissement moyen considéré est de 0,9 milliard USD.

Les coûts d'exploitation sont jugés au moins deux fois plus importants que l'option de base, l'utilisation de main-d'œuvre, d'énergie et d'engins ayant lieu sur l'ensemble de la durée de vie de l'exploitation.

4.1.4.3. Composante environnementale

Les aspects environnementaux considérés sont :

- Estimation des surfaces au sol considérées pour ce type d'option : 285 ha environ soit environ 25% de moins que l'option de base.
- La quantité d'eau de contact à traiter pour cette option est considérée comme significativement réduite par rapport à l'option de base. Le compactage des résidus asséchés limite l'infiltration des eaux de pluie au sein de la verre. La réhabilitation progressive de l'installation permet de réduire également la quantité d'eau de contact à traiter.
- Du point de vue des émissions atmosphériques, cette option est considérée comme globalement supérieure à l'option de base. En effet, l'absence d'utilisation d'engins pour la construction d'une berme pendant une durée approximative de 10 ans est largement compensée par l'utilisation d'engins pour la mise en place et le compactage des résidus asséchés sur l'ensemble de la durée de vie du parc à résidus (25 ans).

4.1.4.4. Composante sociale

Les aspects sociaux considérés sont :

- Le niveau de poussières considéré est plus élevé que celui de l'option de base du fait de l'utilisation d'engins de chantier sur l'ensemble de la durée de vie de l'installation.
- En termes d'activité économique, les emplois induits par cette technique sont globalement similaires à l'option de base en nombre mais sur une durée plus importante.
- Le gel des ressources induit est par contre restreint considérant la surface au sol occupée par l'installation de stockage.
- L'incidence de cette option sur le paysage est considérée comme similaire à l'option de base : la surface au sol et le volume de résidus stockés sont plus faibles. La mise en œuvre de cette option n'implique pas d'utilisation d'enrochement pour la berme mais nécessite une carrière d'importance au moins équivalente pour la création de la couche de drainage sous la géo-membrane ainsi que pour les drains implantés en périphérie de la verve.
- En termes de risques, le stockage de résidus asséchés ne nécessite pas de construction de berme, et par conséquent élimine le risque associé à une rupture de barrage. Les conséquences associées à un effondrement de la verve sont considérées comme moins significatives.

4.1.5. Stockage de résidus au sein de la fosse minière de Goro

4.1.5.1. Description technique

Cette option a été envisagée lors des premiers développements de la mine sur le plateau de Goro. Elle diffère de celles décrites précédemment par le fait que le stockage des résidus est réalisé directement au sein de la fosse minière. Ainsi, l'activité de stockage ne générera pas d'emprise au sol supplémentaire à l'extérieur de la fosse minière excepté pour les installations de gestion des eaux.

Le stockage au sein de la fosse minière pourrait être réalisé indistinctement pour un stockage conventionnel de résidus humides, de résidus épaisse ou de résidus asséchés. Différents projets de stockage de résidus au sein de la fosse minière ont été étudiés par VNC au cours des dernières années. Ces études ont notamment porté sur le nombre de cellules de stockage (une à cinq cellules), la configuration, les techniques employées. La figure suivante présente, de façon non exhaustive, différentes variantes ayant été envisagées au cours des dernières années (ici pour le cas de résidus humides).

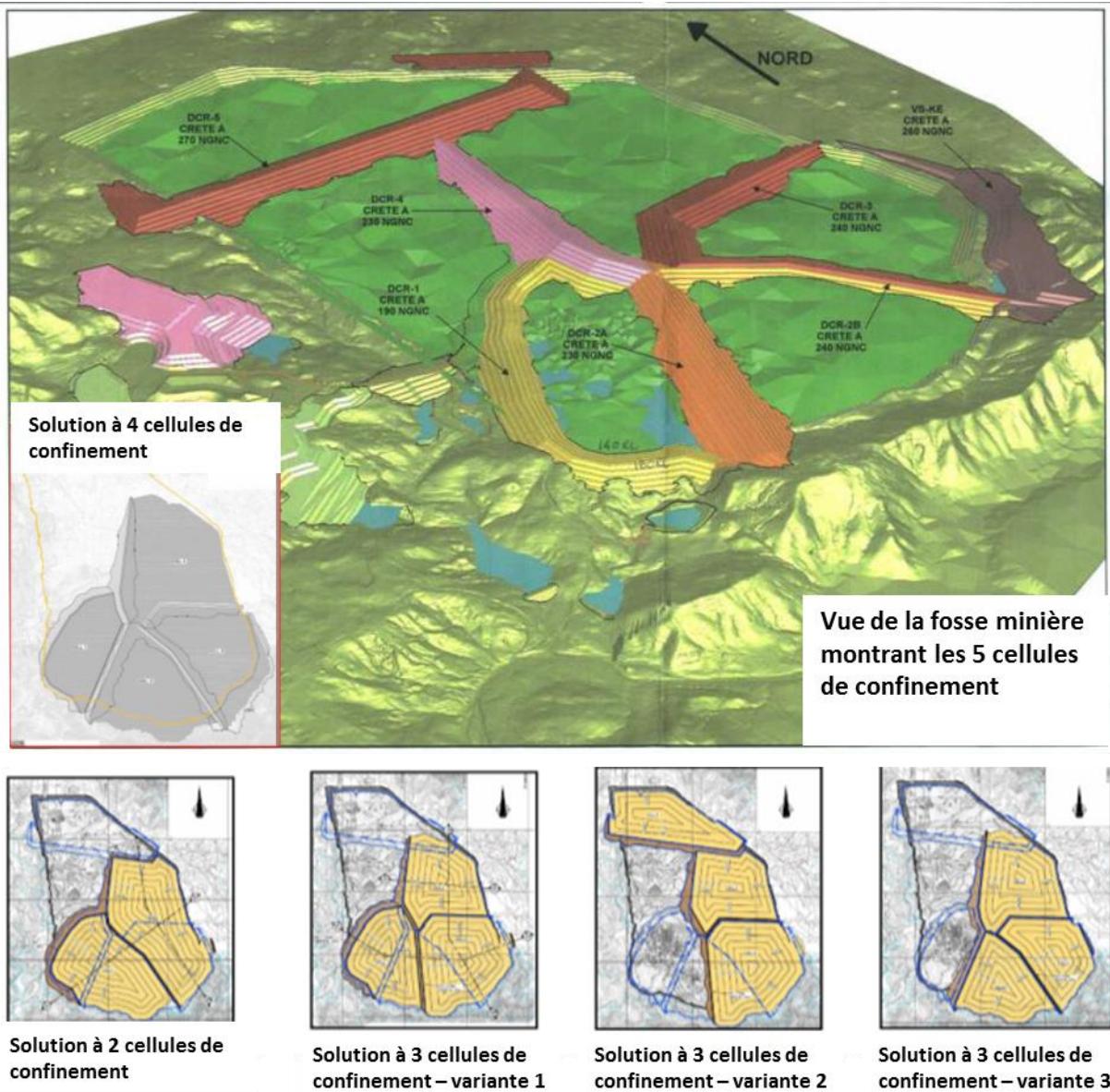


Figure 5. Présentation de différentes variantes d'aménagement de stockage de résidus au sein de la fosse minière

Des contraintes fortes, **applicables à l'ensemble des variantes de stockage de résidus au sein de la fosse minière**, ont été identifiées :

- **Contraintes de co-activité et difficultés de gestion du planning** entre activité d'extraction minière, travaux préparatoires pour le dépôt des résidus et activité de stockage proprement dite.

En effet, le planning de remplissage du parc à résidus actuel de la KO2 est limité. Avec les conditions d'exploitation actuelles, il est estimé que la capacité de stockage de l'ouvrage sera atteinte en fin d'année 2021, ceci en considérant un rythme d'extraction proche de celui en cours. La compatibilité avec le planning des activités minières et le temps nécessaire à la création des installations de stockage des résidus n'est techniquement pas garantie :

- Envisager ce type d'option induirait une nécessité d'augmenter le rythme d'extraction minière pour créer suffisamment d'espace au sein de la fosse afin de permettre la préparation de la première cellule de stockage.
- Un effet induit découlerait de la nécessité de stocker de grandes quantités de minerai en attente de traitement comparé à l'option de base. La faisabilité de cette augmentation de l'extraction du minerai n'est pas établie aujourd'hui.

Or sans accélérer le rythme d'extraction minière, la fosse minière sera difficilement prête à recevoir des résidus rapidement alors qu'une solution est à trouver dès 2021.

– Coactivité avec le stockage des stériles.

Il est envisagé à partir de 2019, de déposer les stériles de l'activité minière en verse en complément des parties de la fosse de Goro déjà exploitées et ce jusqu'à la fin du projet. Dans ce cas, il y aurait un manque de place disponible au sein de la fosse pour le stockage à la fois des stériles de la mine et des résidus. Le niveau d'étude actuel concernant le stockage des stériles dans la fosse n'est pas suffisant pour garantir le stockage de l'intégralité des stériles en fond de fosse sans qu'il y ait besoin d'une autre verse (une verse optionnelle fut intégrée pour cette raison dans la demande d'autorisation d'exploiter la mine - DAEM).

VNC ne peut donc pas garantir aujourd'hui la faisabilité d'un stockage à la fois des stériles et des résidus dans la fosse.

Par ailleurs, dédier la fosse minière au stockage des résidus nécessiterait pour les stériles la création de nouvelle(s) verse(s) dans d'autres secteurs du site, ce qui créerait d'autres enjeux environnementaux, sociaux, techniques et économiques et ne ferait que déplacer le problème.

– Contraintes pour l'exploitation minière.

Au sein de la fosse minière, les gisements de minerais possèdent un degré variable de teneur en nickel en fonction de leurs localisations. Le procédé de traitement du minerai de VNC a besoin, pour fonctionner efficacement, d'un taux relativement stable de nickel au sein de la pulpe qu'il traite (environ 1,43%). Ceci rend nécessaire l'utilisation de minerais de différentes qualités provenant de plusieurs localisations au sein de la fosse et donc à une progression non linéaire des extractions. Dans cette configuration, la création d'une installation de stockage au sein de la fosse minière peut conduire à geler des ressources.

D'autres contraintes importantes, **applicables aux variantes possibles de cette option selon la nature « humide » ou « asséchée » des résidus** sont ensuite identifiées en page suivante.

Résidus humides

Le stockage de résidus humides au sein de la fosse minière est la variante principale qui a été étudiée, dans la mesure où cette solution ne demande pas la construction d'une usine d'assèchement et pourrait le cas échéant être mise en place plus rapidement que la variante « résidus asséchés ».

Cependant, elle comporte plusieurs contraintes de réalisation propres :

- La variante « stockage de résidus humides au sein de la fosse minière » suppose, comme pour les autres options de stockage de cette forme de résidus, la création de berme(s) et la mise en place d'une géo-membrane sur la partie amont de la ou des bermes ainsi que sur l'ensemble des cellules de stockage. Les travaux impliquent une

préparation du sol du fonds de la fosse minière, et l'installation d'un drainage et d'une couche de limonite. Comme pour les options précédentes, une gestion des eaux de contact, des eaux du réseau de sous drainage et des eaux de ruissellement devrait être mise en place.

La construction de plusieurs cellules permettrait d'envisager une réhabilitation progressive des installations au cours du temps. Mais elle exigerait un niveau de complexité supérieur pour la conception de l'articulation des cellules de stockage et la maîtrise de leur étanchéité.

- Les volumes de remblais nécessaires à la construction des bermes au sein de la fosse minière sont considérables au regard des capacités de stockage créées. Par exemple, pour la première cellule à créer (voir **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** en page suivante), le besoin en matériaux de remblais est de 16 Mm³ pour une capacité de stockage de seulement 12 Mm³ soit pour une durée de 2,2 ans. Or, dans l'option de base étudiée, l'utilisation de 15 Mm³ de remblais conduit à la création d'une capacité de stockage pour l'ensemble de la période d'exploitation de la mine, soit plus de 20 ans. Il en ressort des besoins de construction accrus impliquant plus de machines et d'employés, des risques liés à la co-activité et des coûts plus importants.
- La variante « résidus humides » pourrait, en théorie, être mise en place plus rapidement que la variante « résidus asséchés » (dès 2019 en théorie).

Malgré cela, ne pas accélérer le rythme d'extraction minière pourrait également conduire à une impasse, non pas pour le démarrage du stockage de résidus dans la fosse, mais au bout de quelques années.

Ainsi, si la cellule de stockage n°1 était prête pour accueillir des résidus humides en 2019, pour une durée de vie de 2,2 ans, la construction de la cellule n°2 devrait être achevée dans le courant de l'année 2021 avec une capacité de seulement 1,2 année. Pendant la période d'exploitation de la seconde cellule, l'avancée du front minier selon le rythme actuel ne serait pas suffisante pour permettre la construction d'une troisième cellule dans la fosse qui devrait rentrer en exploitation en 2022. Et VNC serait toujours confronté aux contraintes décrites en page précédente.

- Par rapport à l'option de base de stockage des résidus humides, la gestion des eaux de contact et pluviales serait plus complexe au sein de la fosse minière. Il faudrait en effet gérer la co-activité entre les activités minières et celles de stockage des résidus en assurant la séparation des différents flux. Il en ressort la mise en place de circuits plus complexes, impliquant plus de bassins de stockages, de pompes de relevage et des dimensionnements d'équipements plus importants.
- La mise en place d'une géo-membrane au fond de la fosse minière risque enfin d'être plus problématique qu'au sein d'une option à l'extérieur de la fosse minière. Les débits de l'aquifère contenu au sein des limonites superficielles sont en effet plus faibles qu'au sein du socle rocheux où des structures karstiques existent. Les risques de flottaison de la géo-membrane rencontrés lors de la construction du bassin du parc à résidus de la KO2 risquent d'être beaucoup plus grands pour l'option au sein de la fosse minière. Un dimensionnement nettement plus important du réseau de sous-drainage pour la gestion des surpressions serait à considérer.

Résidus asséchés

La variante de stockage de résidus asséchés au sein de la fosse minière serait moins confrontée aux contraintes listées ci-dessus et propres au stockage des résidus humides (bermes et pertes de volume de stockage, géomembrane, surpressions, gestion des eaux).

Demandant la construction d'une usine d'assèchement, elle ne pourrait cependant être mise en place que plus tardivement, et est plus sensible aux contraintes d'ordre général exposées en préalable (co-activité avec l'exploitation minière et le stockage des stériles).

Sa faisabilité technique est même techniquement remise en cause en termes de phasage général de l'exploitation minière.

Elle ne serait éventuellement viable qu'au sein d'une combinaison de solutions associant par exemple l'option de stockage de résidus asséchés (voir 4.1.4) avec la possibilité de stocker une partie des résidus asséchés produits par l'usine au sein de la fosse minière.

Cependant, une fois l'option principale installée, l'usine d'assèchement construite à proximité de la zone de stockage principale aménagée, le coût marginal de continuer à tout stocker au même endroit est beaucoup plus bas que d'aller ouvrir une nouvelle zone de stockage partiel dans la fosse. Des contraintes environnementales (en termes d'émission de GES notamment) et techniques (en particulier pour l'acheminement des résidus de l'usine jusqu'à la fosse, même avec convoyeurs) seraient additionnées dans ce cas.

Que ce soit avec des résidus humides ou des résidus asséchés, l'option de stockage au sein de la fosse minière présente des atouts et des contraintes similaires, évalués plus loin dans leur globalité.

4.1.5.2. Composante financière

Dans le cadre des études menées par VNC pour la variante la plus étudiée en détails (celle reposant sur les résidus humides actuels, car pouvant en théorie être mise en pratique dès 2019), le budget de cette option est apprécié sur la base d'un chiffrage réalisé pour l'option « In-pit » (dans la fosse) avec trois cellules, et le coût estimé est de 2,2 milliards USD.

Dans ce cas, il est estimé que l'investissement nécessaire à la construction des bermes au sein de la fosse minière conjugué aux investissements nécessaires à l'augmentation du rythme d'extraction minière est limité par les capacités de financement de VNC.

Une incertitude existe concernant le chiffrage de la variante « résidus asséchés », compte tenu des contraintes de faisabilité technique importantes pour la concilier avec le calendrier de l'exploitation minière ; son coût serait quoi qu'il en soit nettement supérieur à celui de l'option « stockage de résidus asséchés » au sein des vallées KO2 ou KO4.

4.1.5.3. Composante environnementale

Les aspects environnementaux considérés sont :

- La gestion optimisée de l'espace disponible, cette option n'impliquant pas de nouvelle emprise au sol pour le stockage des résidus. Néanmoins l'augmentation du rythme minier impliquerait de stocker de manière temporaire du minerai et de créer de nouvelles verses à stériles externes à la fosse minière ;
- La gestion des eaux de ruissellement, des eaux du réseau de sous drainage et des eaux de contact est considérée comme plus complexe pour cette option ;
- La modification du gradient hydraulique et donc des flux des eaux de surface et des eaux souterraines (modification temporaire) ;
- Le risque de tassements différentiels dû aux irrégularités de consistance des sols en fond de fosse conduisant au percement de la géo-membrane (cas de résidus humides) et à la modification de la qualité des eaux souterraines par les résidus ;
- La baisse potentielle du niveau d'eau dans les lacs environnants et les dolines ;

- Le nombre d'engins devant être utilisé sera plus important que pour l'option de base car :
 - le volume de remblais pour la construction des bermes (cas de résidus humides) est plus important ($40,2 \text{ Mm}^3$ nécessaires à la construction des trois cellules de stockage) ;
 - l'accélération du rythme d'extraction minière (particulièrement demandée par la variante « résidus asséchés ») impliquera également plus d'engins.

4.1.5.4. Composante sociale

Les aspects sociaux considérés sont :

- Le niveau de nuisance sur les riverains (poussières, bruit) est considéré comme plus important que le niveau de base (exemple : volumes de matériaux à mettre en œuvre, nombre d'engins, stocks de matériaux) ;
- Dans la mesure où le phasage des opérations d'extraction et de comblement par des résidus est jugé faisable, cette option n'impliquerait pas de gel de la ressource comme les deux options précédentes (elle consiste en effet à stocker les résidus sur des zones déjà exploitées pour les besoins de l'activité de la mine, et non sur des secteurs rendus inexploitables car dédiés au stockage de résidus). Le nombre d'emplois créés et le paiement de redevances liées aux possibles extensions de l'activité minière sur d'autres gisements sont considérés comme plus importants ;
- L'incidence de cette option sur le paysage est d'un côté réduite car le stockage est fait au sein même de la fosse minière. Néanmoins, l'option implique beaucoup de remblais et donc plus de carrières ainsi que des stocks temporaires de minerai. Au final, les conséquences paysagères sont considérées comme supérieures à celles de l'option de base.

4.1.6. Stockage des résidus en mer (profondeur > 1000 m)

 Les informations présentées dans ce chapitre sont majoritairement extraites du dossier (*International Assessment of Marine and Riverine Disposal of Mine Tailings, May 2013*).

4.1.6.1. Description technique

Une des options ayant été envisagées pour le stockage des résidus issus du procédé hydrométallurgique consiste en leur rejet en mer dans une zone profonde, même si ce type d'option donne très souvent lieu à de vives controverses. La technique consiste à envoyer les résidus en mer par grande profondeur (>1 000 m) par l'intermédiaire d'un pipeline. Le flux ne doit pas être dispersé et doit sédimenter sur le fond marin en profondeur. Ceci implique généralement la nécessité de mélanger l'effluent avec de l'eau de mer afin d'augmenter sa densité pour favoriser sa descente vers le fond marin. Il est également envisageable d'utiliser des floculants pour obtenir le même résultat.

Les pentes présentes doivent être suffisamment fortes pour éviter toute accumulation de résidus au niveau même de l'émissaire marin. La zone sélectionnée ne doit pas être sujette à des phénomènes d'*upwelling*¹ afin d'éviter tout risque de migration des résidus et notamment de dépôt au sein de la zone épipélagique ou côtière. Aucun courant saisonnier ne doit venir

¹ En océanographie, remontée d'eaux froides profondes sur un littoral. Source : www.universalis.fr

dispenser le flux de résidus. Ceci implique la réalisation d'une longue étude de faisabilité comprenant une analyse environnementale fine et une modélisation du dépôt des résidus.

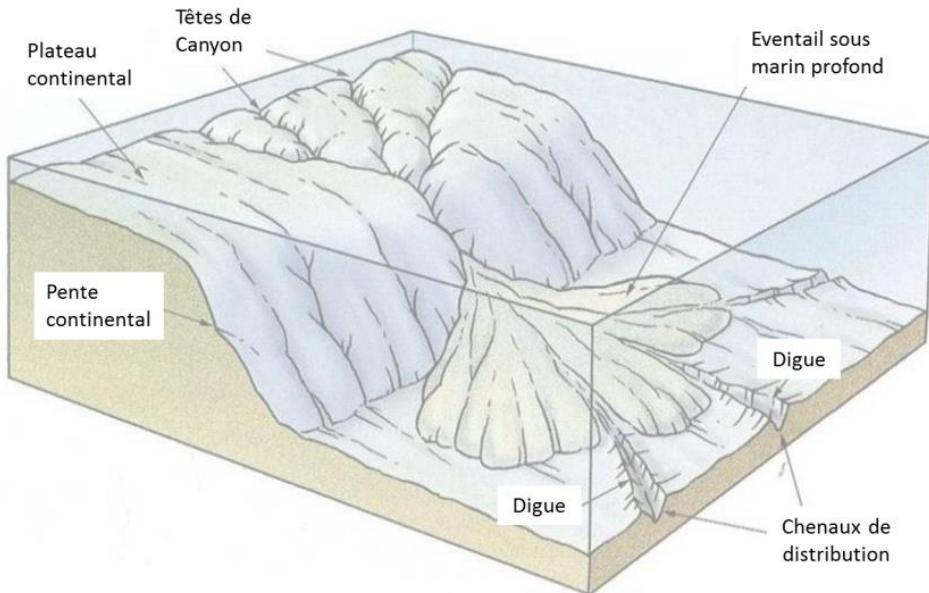


Figure 6. Principe du stockage des résidus en eau profonde

La gestion de ce type d'installation est globalement plus simple que la construction d'un bassin de stockage des résidus impliquant entre autres une gestion des eaux pluviales et des eaux de contact ainsi que la présence d'installations de traitement des eaux de contact. En outre cette option consomme très peu d'énergie et n'a pas particulièrement d'emprise au sol à terre.

Le protocole de Londres (1996), sur la prévention de la pollution des mers résultant de l'immersion des déchets, dont la France est signataire, interdit l'immersion des déchets et des matières autres que celles prévue dans une annexe et au rang desquelles figurent les matières géologiques inertes et inorganiques. Préalablement à la prise en considération de cette option, il faut donc qu'une caractérisation poussée des résidus soit réalisée. Par ailleurs, le risque de modification de la composition chimique du résidu au sein d'un milieu à caractère réducteur comme le milieu marin doit être également analysé (risque de réactions d'oxydo-réduction modifiant la forme des composés chimiques stabilisés au sein des résidus issus du procédé hydrométallurgique).

Il convient de noter que la Société Financière Internationale (IFC, 2007) préconise que « *l'immersion en mer à grande profondeur des résidus ne peut être une option qu'en l'absence de toute possibilité de dépôt des résidus sur terre d'une manière viable sur le plan environnemental et social, et sur base d'une évaluation scientifique indépendante de son impact. Cette option ne peut être envisagée qu'à l'issue d'une étude de faisabilité et d'une évaluation de l'impact social et environnemental détaillées de toutes les options possibles de gestion des résidus issus du procédé hydrométallurgique, et seulement si l'étude d'impact établit clairement que le rejet des résidus n'aura probablement pas d'effet négatif important sur les ressources marines et côtières, ou sur les populations locales* ». Une étude réalisée par la Banque mondiale en 2003 (Banque Mondiale, 2003) recommande par ailleurs d'éviter le stockage marin de résidus au sein du Pacifique et notamment près des îles.

La mise en œuvre de cette option implique donc la réalisation d'études poussées de recherche de sites potentiels de dépôt, d'études de leurs conditions environnementales (notamment hydrologiques) et sociales.

4.1.6.2. Composante financière

L'utilisation d'un stockage sous-marin des résidus réduit les coûts d'exploitation et les coûts de fermeture comparée à une installation à terre. Il est estimé que le coût de construction d'un émissaire marin est 100 fois moins important qu'une option à terre.

Les coûts d'une étude de faisabilité pour ce type de stockage sont, en revanche, très importants.

Les suivis environnementaux à réaliser sont, en effet, plus difficiles et donc plus coûteux au vu du milieu considéré.

Au final, cette option s'avère plus économique par rapport à une option de stockage à terre, tant au niveau de l'investissement que de l'exploitation.

4.1.6.3. Composante environnementale

Cette technique présente plusieurs avantages par rapport à l'option de base mais entraîne également des risques non négligeables discutés au sein des chapitres ci-dessous.

L'avantage principal du rejet en mer des résidus issus du procédé hydrométallurgique est la diminution des pressions apportées par l'activité minière sur l'occupation au sol du projet et par conséquent sur les milieux naturels terrestres environnants. L'absence de bassin de stockage des résidus réduit, pour l'ensemble de la durée de vie des installations, la pression sur plusieurs centaines d'hectares pour un projet d'importance comme celui de VNC. La perte de qualité ou les modifications de qualité des eaux de surfaces et souterraines, ainsi que la modification de la composante paysagère associées à ce type d'installation sont supprimées.

Cela induit également une diminution du risque de rupture de la berme et de dissémination des résidus à une large échelle lors de ce type d'évènements accidentels.

Il convient de relever que cette option est peu mise en œuvre. Sur approximativement 2 500 sites miniers en activité dans le monde, 99,4% ont mis en place un stockage à terre. Les autres options adoptées au niveau mondial sont le déversement en rivière (quatre installations) et le déversement en mer à différentes profondeurs (quatorze installations).

Les enjeux environnementaux associés à ce type de stockage sont les suivants :

- Asphyxie du benthos sous-marins profond et altération du milieu : étouffement direct du benthos et disparition d'une partie de la faune et de la flore dépendant du benthos profond pour sa survie. Effet locaux sur les organismes utilisant la bio luminescence.
- Baisse de la diversité des espèces sous-marines profondes dans la zone considérée : une recolonisation du milieu par une faune et une flore identiques à celles existantes avant les dépôts est peu probable car elle se heurte à des problématiques d'abondance et de diversité sur le long terme.
- Toxicité directe associée aux éléments traces métalliques présents dans les résidus ;
- Baisse de l'activité photosynthétique au sein de la colonne d'eau ;
- Risque de bioaccumulation des métaux au sein de la chaîne trophique jusqu'au poisson consommé par l'homme.

Un risque environnemental significatif existe en cas de mauvaise appréciation des conditions environnementales associées à la zone de rejet ou à une mauvaise appréciation des conditions de dépôts associées (exemple : zone de dépôt plus étendue que prévue,

conséquences non souhaitables en zone épipélagique comprenant les herbiers, récifs coralliens, poissons pélagiques).

Le processus de sélection d'un site de dépôt profond doit éviter toute zone importante pour la pêche, les zones de reproduction et les zones corallieennes.

La localisation du site VNC au sein du Grand Sud, dont le lagon est classé au patrimoine mondiale de l'UNESCO (Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture), pose un risque de conséquences inacceptables sur la qualité du lagon en cas de fuite de l'émissaire de rejet. En effet, une fuite sous-marine pourrait directement réduire la qualité du milieu marin du lagon (exemple : récifs coralliens, herbiers, faune marine) et poserait des problèmes significatifs pour la mise en œuvre d'options de dépollution.

La pose d'une conduite depuis la terre jusqu'à l'extérieur du lagon peut avoir des répercussions au niveau de la barrière de corail ou des passes. Une analyse fine doit être réalisée pour vérifier la faisabilité de cette opération et les enjeux environnementaux constatés dans des situations similaires.

Il est noté l'existence de phénomènes d'upwelling pour les régions sud-ouest et corne sud de la Nouvelle Calédonie au cours de la saison chaude². Ce phénomène disparaît durant la saison froide. Les zones maritimes profondes situées à l'ouest et au sud du site ne sont pas propices à l'implantation d'un rejet en mer des résidus issus du procédé hydrométallurgique.

A environ 50 km des côtes est de la grande terre, sont trouvées des zones de profondeur supérieure à 1 000 m. Les caractéristiques environnementales de ces zones ne sont pas suffisamment connues pour apprécier les risques environnementaux.

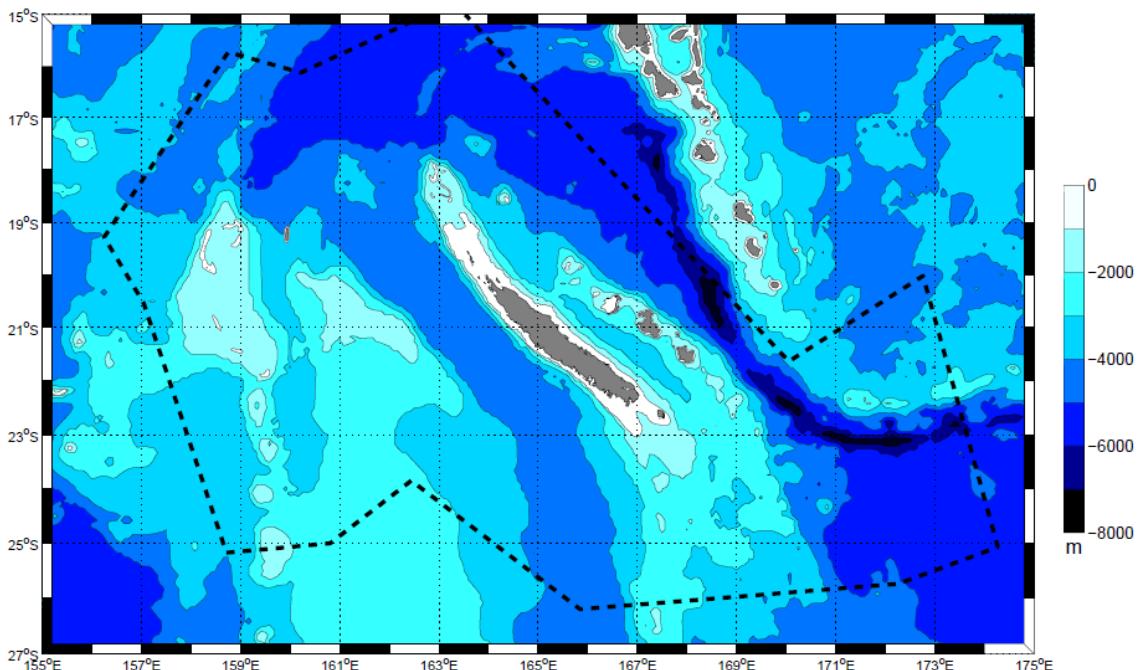


Figure 7. Carte bathymétrique de la Nouvelle-Calédonie

² (Atlas hydrodynamique de la ZEE de la Nouvelle Calédonie, Septembre 2006)

4.1.6.4. Composante sociale

Les aspects sociaux considérés sont les suivants :

- Un risque de contamination de la chaîne trophique par les résidus peut poser potentiellement des problèmes sanitaires pour la population.
- Cette option n'est pas génératrice d'emploi.
- Elle ne conduit pas au gel de ressources minières.
- Cette option n'implique pas de risque particulier pour le personnel et les sous-traitants.

4.1.7. Recyclage / valorisation des résidus

4.1.7.1. Description technique

Plusieurs options de valorisation des résidus ont été étudiées ces dernières années par VNC :

- Valorisation du minerai de fer ;
- Valorisation du gypse pour la fabrication de ciment ;
- Valorisation du gypse pour la construction de plaques de plâtre.

La valorisation du minerai de fer au sein des résidus produits par le site de VNC pourrait être envisagée car les taux de fer au sein de la fraction solide des résidus oscillent entre 30 et 35% (45% hématite) selon les dernières analyses réalisées. Les taux de fer des gisements communément exploités de par le monde varient toutefois de 50 à 70% environ (par exemple : gisements australiens ou brésiliens). Les résidus issus du procédé hydrométallurgique du site correspondent donc à un gisement de minerais pauvre, non rentable économiquement.

Par ailleurs, les résidus issus du procédé hydrométallurgique produits par le site contiennent d'autres composés compliquant l'utilisation de ces résidus en tant que matière première : présence de silice et de quartz, de composés soufrés et de chrome à des taux dépassant les limites d'exploitation communément admises.

Les deux autres options de recyclage étudiées consistent dans la valorisation du gypse contenu au sein des résidus. Le gypse est formé par réaction entre l'acide sulfurique utilisé dans le procédé hydrométallurgique pour la récupération des métaux et le calcaire servant à la neutralisation des boues. Une production de 4,2 Mt/an de nickel équivaut à la production de 1,26 Mt/an de gypse. Le gypse issu de la neutralisation partielle des résidus est actuellement mélangé aux boues issues de la sédimentation. L'option porte donc sur la récupération et la valorisation de ce gypse disponible sous forme d'un solide humide (80% solide en poids).

Des analyses préliminaires ont été effectuées pour étudier la faisabilité de la réutilisation du gypse contenu au sein des résidus dans une usine de production de ciment (cimenterie de Numbo appartenant maintenant au groupe Tokuyama). Les tests se sont avérés concluants pour une intégration de 4,5% de gypse. Néanmoins, cette usine a une capacité de production maximale d'approximativement 200 000 t/an. La quantité de gypse nécessaire est en conséquence de 9 000 t/an ce qui ne représente que 0,7% de la production annuelle de VNC. L'intégration de l'ensemble du gypse produit par VNC dans la production de ciment équivaut à produire 28 Mt de ciment soit 30% de la production annuelle des Etats Unis.

Il a également été envisagé d'utiliser le gypse pour la production de panneaux de plâtre. L'intégration de l'ensemble du gypse contenu dans les résidus permettrait la production de 123 Mm³ de plaques de plâtre de 12 mm soit 1,5% de la production mondiale. Ceci dépasse

largement les besoins locaux en plaques de plâtre de la Nouvelle Calédonie. Par ailleurs, aucun test n'a été effectué pour évaluer l'absence d'interférences avec les impuretés présentes.

L'exportation du gypse nécessiterait la mise en place d'une installation d'asséchement des résidus avant envoi vers un producteur étranger.

4.1.7.2. Composante financière

La valorisation du gypse contenu dans les résidus impliquerait le transport de ces matériaux vers l'étranger, la quantité produite dépassant largement les besoins locaux.

Le coût de transport pour des résidus asséchés se situerait entre 40 et 100USD/t. Le transport de résidus humides augmente de manière importante les coûts de transport et comporte des risques associés à des carènes liquides. Une installation d'asséchement des résidus serait donc nécessaire. Comparativement, les coûts de stockage des résidus dans un bassin similaire au bassin du parc à résidus de la KO2 sont de l'ordre de 15USD/t. Le coût de vente du gypse en vrac sur les marchés internationaux étant compris entre 10 et 20USD/t, il apparaît peu probable de dégager une rentabilité économique convenable pour une opération de valorisation.

4.1.7.3. Composante environnementale

Les aspects environnementaux considérés sont les suivants :

- La valorisation des résidus permet de réduire significativement les répercussions sur la biodiversité, en comparaison à l'option de base. Il reste néanmoins nécessaire pour cette option de construire de nouvelles installations pour l'asséchement des résidus, des installations de stockage temporaire et des installations de chargement.
- La gestion de l'eau associée à cette option est réduite par rapport aux autres options considérées. Seule l'eau contenue dans les résidus nécessite un traitement (pas d'eau de contact, pas ou peu d'eau de ruissellement à gérer).
- Du point de vue des émissions atmosphériques, cette option est largement défavorable par rapport aux autres en raison de la nécessité de transporter les résidus à l'étranger.

4.1.7.4. Composante sociale

Les aspects sociaux considérés sont :

- Mise en place d'un transport maritime important et régulier. Ceci peut induire une perturbation du trafic maritime déjà existant dans la zone. Il pourrait également être nécessaire de mettre en place un transport terrestre pouvant créer des nuisances sur le trafic routier. Les opérations de chargement et de déchargement seraient génératrices de poussières.
- L'option n'implique pas de gel de la ressource. Un nombre d'emplois restreint pourrait être créé au niveau local et dans une moindre mesure à un niveau international au sein des installations qui assureraient la valorisation.
- Du point de vue des risques pour le personnel et les sous-traitants il est considéré que cette option comporte des risques limités associés aux opérations de chargement. Ceux-ci sont considérés comme moins importants que ceux induits par l'option de base. Cette option n'implique pas de risque d'ampleur tel que la rupture de barrage.

4.1.8. Stockage en dehors des installations de VNC

4.1.8.1. Description technique

Cette option consiste à stocker tout ou partie des résidus à l'extérieur des concessions minières de VNC. L'idée est de tirer bénéfice des différentes conditions climatiques existantes entre le sud de la Nouvelle Calédonie et la côte ouest, sur laquelle les précipitations sont significativement plus faibles (entre 800 et 1 200 mm/an sur la côte ouest et entre 3 000 et 4 000 mm/an pour le sud) réduisant ainsi les contraintes liées à la gestion des eaux de contact et les risques. Le premier site identifié comme pertinent se trouve au niveau de la commune de Païta, à environ 100 km du site de Goro. Le stockage pourrait être l'ISD (Installation de Stockage des Déchets) de Gadji ou une nouvelle zone à aménager. A ce stade, aucune identification d'un nouveau site n'a été engagée.

Cette option est applicable pour les résidus humides tels qu'ils sont actuellement stockés au sein du parc à résidus de la KO2, pour des résidus asséchés ou pour le gypse formé par l'unité de neutralisation partielle.

Le transport des résidus pourrait être envisagé de différentes manières : par conduite pour les résidus humides et par transport routier ou une option intermédiaire entre transport maritime et transport routier pour les résidus humides ou asséchés.

- ***Option par conduite***

L'option considérée comprend une conduite d'un diamètre de 450 mm et d'une longueur d'environ 112 km. La longueur de cette canalisation implique la mise en place de plusieurs stations de pompage pour compenser les pertes de charges. La quantité de résidus devant être transportée est de l'ordre de 50 000 t/j.

- ***Option de transport routier ou mix transport maritime/route***

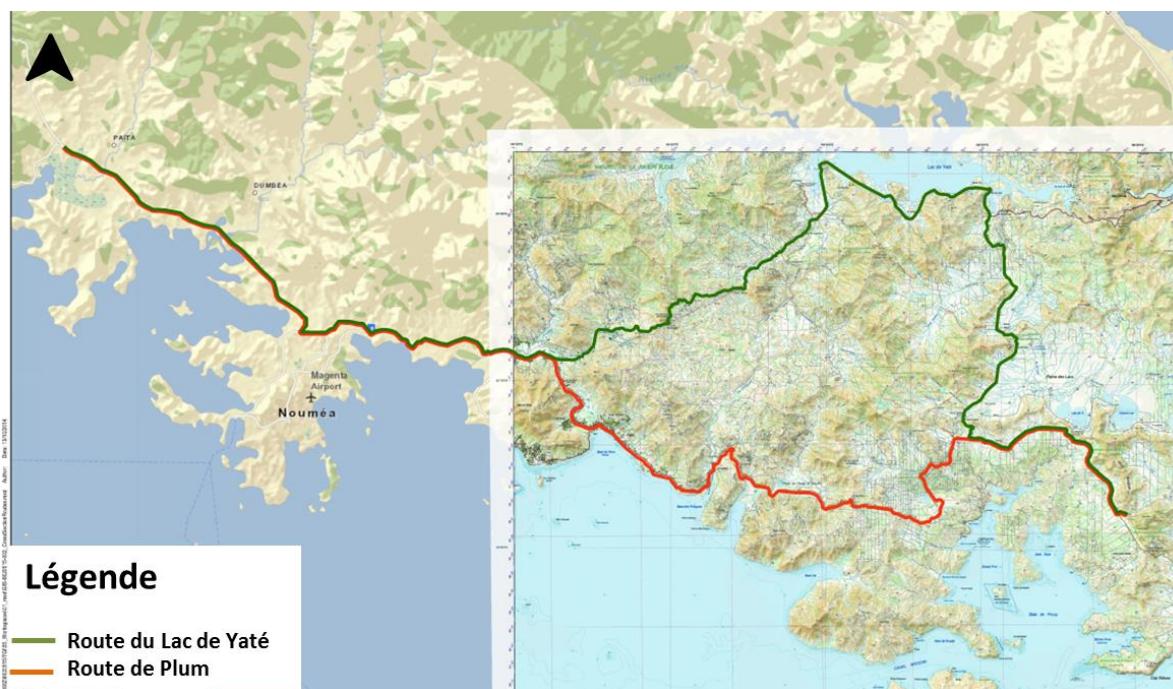


Figure 8. Trajets potentiels pour un transport routier

L'option considérée pour le transport routier comprend l'utilisation des routes publiques passant soit par le lac de Yaté soit par Plum. Ces routes sont en mauvaise état, la mise en œuvre de cette option nécessiterait donc une réhabilitation des routes pour permettre leur utilisation soutenue puis un entretien régulier. Il est estimé que le transport routier nécessiterait le mouvement de 1 042 camions par jour pour les résidus humides et 391 pour des résidus asséchés (capacité des camions considérée de 48 t). Pour le transport par barge le nombre de mouvements considérés serait de cinq barges pour les résidus humides et deux pour les résidus asséchés (capacité des barges considérée de 10 000 t).

Il convient de relever que dans le cas du transport maritime, l'utilisation de camions reste nécessaire pour emmener les résidus depuis l'installation de déchargement jusqu'au site de stockage.

En termes de maîtrise foncière, cette option pose des problèmes importants en dehors de la zone d'activité de VNC quelle que soit l'option considérée. Il en résulte un risque important de décalage du planning de mise en œuvre nécessairement plus long pour ce type d'option. Cette option est également considérée comme moins flexible, certains modes de transport étant limités par la forme humide des résidus.

L'exploitation est considérée comme plus compliquée pour cette option du fait du transport et de l'éloignement entre les installations principales de VNC et le site de stockage.

4.1.8.2. Composante financière

L'investissement associé à cette option comprend d'une part la mise en place de moyens de transport mais aussi de stockage. Pour le stockage les couts considérés à ce stade sont similaires à ceux considérés pour l'option de base.

Les options de transports présentées ci-dessus ne sont pas chiffrées à ce stade de développement.

Une estimation grossière donnerait les valeurs suivantes :

- 400 Millions USD pour la conduite en considérant un cout moyen au km de 3,5 Millions US\$ au km.
- 240 Millions USD pour la route en considérant un coût moyen de 220 USD au km pour une route de 10 m de large.

Les coûts de fonctionnement de cette option sont plus importants que l'option de base du fait du transport et de l'asséchement potentiel des résidus.

4.1.8.3. Composante environnementale

Les aspects environnementaux considérés pour cette option sont les suivants:

- L'emprise au sol induite est supérieure à l'option de base, une installation similaire à celle de base devant être créée sur le nouveau lieu de stockage mais aussi l'ensemble des nouvelles installations logistiques sur site. Cette option augmente également l'emprise au sol des activités de VNC au niveau du territoire en implantant de nouvelles installations en dehors de sa zone d'influence actuelle.
- Risque de déversement accru au cours du transport y compris au sein du lagon classé au patrimoine mondial de l'UNESCO pour l'option de transport par barge ;
- Possibilité d'intervention réduite en cas de déversement du fait de la distance entre les équipes VNC et le lieu potentiel de déversement.

- L'avantage environnemental associé à ces options consiste en une incidence plus faible sur la qualité des eaux de surface, la quantité d'eau de contact à gérer étant réduite au sein d'une zone dans laquelle les précipitations sont moins importantes par rapport au cas de base.
- Contribution au réchauffement climatique. Une estimation des gaz à effet de serre produit par le transport par route de boues donne une production journalière de 322,5 t de CO₂ par jour (Facteur d'émission 75kg de CO₂/h³ pour 1 042 camions pendant 4 h) soit environ 113 000 t de CO₂ par an.

4.1.8.4. Composante sociale

Les aspects sociaux considérés sont :

- Le niveau de nuisances sur les riverains est considéré comme plus important que le niveau de base compte tenu de l'augmentation du trafic et donc des risques d'accidents routiers. Les émissions de poussières et de bruit sont ainsi augmentées en dehors de la zone d'emprise actuelle de VNC.
- Le gel de ressources minières associé à cette option est difficilement quantifiable en l'absence d'un choix de site précis. Il est considéré comme a minima similaire à l'option de base.
- Cette option créerait plus d'emploi que les autres options et notamment dans le domaine logistique.
- L'incidence de cette option sur le paysage peut être similaire à l'option de base pour l'installation de stockage. Néanmoins, plusieurs installations de logistiques supplémentaires sont nécessaires (exemple : pipeline, port, route élargie). Les modifications paysagères sont donc considérées comme supérieures à l'option de base.
- Le risque d'accident majeur du type rupture de barrage est réduit en raison de la localisation du stockage au sein d'une zone dans laquelle les précipitations sont moins importantes. Par contre le risque d'accident est plus important pour le transport routier et maritime.

4.2. AMC NIVEAU 1 – RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats de l'AMC de niveau 1 sont présentés au sein du Tableau 5 en page suivante.

Celui-ci rappelle :

- Les quatre domaines,
- Les critères utilisés,
- Les poids affectés,
- Les notes attribuées pour évaluer les performances de chaque option relativement à chaque critère,
- Les notes pondérées correspondantes (produits des notes et des poids),

³ (Off-Road - Model Mobile Source Emission Factors, 2015)

- Les principaux arguments expliquant la notation, exprimés sous forme littérale synthétique.

La dernière ligne du tableau présente la somme des notes pondérées et permet de dégager un classement des options ainsi analysées.

Tableau 5. Résultats de l'AMC de niveau 1

| DOMAINES | CRITERES | POIDS | Solution de base | Boues épaissies | Résidus asséchés | Fosse minière | Stockage en mer | Valorisation | Transport hors installation VNC |
|-----------------------------------|-------------------|-------|---|--|--|--|---|--|---|
| Environnement naturel et physique | Biodiversité | 10 | 0 0 Emprise au sol de base | -1 -10 Emprise au sol plus importante d'environ 25% | 1 10 Emprise 25% plus faible que la solution de base | 1 10 Pas d'emprise supplémentaire directe mais le besoin d'accélération du rythme d'extraction minière pour mettre en œuvre cette solution va nécessiter le stockage de grandes quantités de minéraux en dehors de la fosse | -2 -20 Pas d'emprise au sol et à terre mais risque d'atteinte à la biodiversité de large ampleur en cas de mauvais dimensionnement | 1 10 Pas de bassin de stockage définitif mais nécessite la création de nouvelles installations pour la transformation, le stockage temporaire, le chargement... | -2 -20 L'emprise au sol est supérieure, une installation de stockage devant être créée ainsi que des installations logistiques. La zone d'influence de VNC est augmentée en dehors de son périmètre actuel. Le risque de déversement est accru au cours du transport y compris au sein du lagon. |
| | Ressources en eau | 8 | 0 0 Cas de base: comporte la gestion des eaux pluviales et des eaux de contact | 0 0 Similaire au cas de base | 1 8 Moins d'eaux de contact. La réhabilitation progressive permet de réduire la quantité d'eau à gérer dans le temps. | -1 -8 Gestion des eaux pluviales et de contact plus complexe à mettre en œuvre. Risque de modification temporaire des flux des eaux de surfaces et souterraines. Risque de baisse du niveau des lacs environnant la fosse minière. Risque de percement du liner et de contamination des eaux souterraines dû aux tassements différentiels | -2 -16 Risque de modification de la qualité des eaux du lagon classé au patrimoine mondial de l'UNESCO | 2 16 Gestion uniquement de l'eau présente au sein des résidus. Pas de gestion des eaux pluviales ou des eaux de contact supplémentaires | 1 8 Réduction significative de la quantité d'eau de contact. |

Raisons pour lesquelles le projet a été retenu

| DOMAINES | CRITERES | POIDS | | Solution de base | Boues épaissees | | Résidus asséchés | | Fosse minière | | Stockage en mer | | Valorisation | | Transport hors installation VNC | | | | | | | |
|--------------------------------|--|-------|---|--|-----------------|----|---|----|---------------|--|-----------------|----|--|----|---------------------------------|--|----|-----|--|----|-----|--|
| Environnement humain et social | Atmosphère (pollution de l'air, gaz à effet de serre) | 7 | 0 | Cas de base : comporte l'utilisation de nombreux engins pour la construction de la berme | -1 | -7 | Utilisation d'un nombre d'engins plus important. Une centrale à béton est également nécessaire. | -1 | -7 | Utilisation d'engins sur l'ensemble de la période d'exploitation pour la mise en place des résidus (utilisation plus longue que la solution de base) | -1 | -7 | Le volume de berme devant être créé est beaucoup plus important pour cette solution / extraction minière accélérée impliquant également plus d'engins. | 2 | 14 | Cette solution consomme très peu d'énergie | -2 | -14 | Nécessite la mise en place d'un transport international des résidus. Consommation induite très importante. | -1 | -7 | Trajet important et très réguliers. Emission de gaz à effet de serre (GES) importante pour le transport par route. |
| | Nuisances pour les riverains (bruit, qualité de l'air, qualité de l'eau) | 8 | 0 | Solution de base | -1 | -8 | Un peu plus fort que la solution de base: effets de la centrale à béton en phase travaux. Le risque d'envol de poussières est un peu plus fort. | -1 | -8 | Utilisation d'engins sur l'ensemble de la période d'exploitation pour la mise en place des résidus (utilisation plus longue que la solution de base) | -1 | -8 | Le stockage au sein de la fosse minière implique la mise en œuvre de volume de berme plus important, un stockage de minéraux temporaire et donc des émissions de poussières plus fortes que la solution de base. Plus d'engins sont utilisés. Le risque de contamination des eaux souterraines est important | -2 | -16 | Risque de contamination de la chaîne trophique par les résidus - Conséquence sanitaire | -2 | -16 | Transport maritime important complété potentiellement par un transport terrestre / émission de poussières lors du chargement | -2 | -16 | Risque d'accident plus important. Nuisances (bruit, poussières) plus importantes et à l'extérieur de la zone d'entreprise actuelle. |
| | Changement de l'activité économique | 7 | 0 | Gel de ressources minières de base | 0 | 0 | Gel de ressources minières globalement similaire une fois enlèvement du bassin de gestion des eaux | 1 | 7 | Gel moins important | 2 | 14 | Pas de gel de ressources minières / emploi plus important | 0 | 0 | Pas de gel de ressources minières / pas d'emploi créé | 1 | 7 | Pas de gel de ressources minières / emploi direct faible / emploi indirect faible à l'étranger | 2 | 14 | Gel de ressources minières similaire / génération d'emploi potentiellement plus importante que les autres solutions pour la logistique |

Raisons pour lesquelles le projet a été retenu

| DOMAINES | CRITERES | POIDS | Solution de base | | Boues épaissees | | Résidus asséchés | | Fosse minière | | Stockage en mer | | Valorisation | | Transport hors installation VNC | | | | | | | | |
|------------|---|-------|------------------|---|----------------------------|----|------------------|---|---------------|-----|--|----|--------------|--|---------------------------------|-----|--|----|-----|--|----|-----|---|
| | Patrimoine socio-culturel et paysage | 5 | 0 | 0 | Atteinte au paysage | 1 | 5 | La SRS réduit la demande en enrochement sur le site (besoins uniquement pour le drainage sous le liner) / besoin en carrière réduit | 0 | 0 | Les résidus sont autoportants et le volume stocké réduit : le besoin d'enrochement est réduit en l'absence de berme / incidence sur le paysage réduite | -1 | -5 | Atteinte au paysage réduite par l'absence de nouveau espace pour le parc à résidus / installation temporaire de stockage de minéraux / besoins en carrière plus importants | -2 | -10 | Risque de dégradation au sein du lagon classé au patrimoine mondial de l'UNESCO | 2 | 10 | Stockage uniquement temporaire de taille réduite | -1 | -5 | Atteinte au paysage similaire pour le stockage mais accru pour les installations logistiques |
| | Maitrise des risques et conditions de travail pour le personnel et les sous-traitants | 5 | 0 | 0 | | 1 | 5 | Les résidus sont moins mobiles en cas de rupture de berme (diminution des risques) | 2 | 10 | Pas de risque de rupture de berme. | 0 | 0 | | 1 | 5 | Pas de risque particulier pour les travailleurs et les sous-traitants | 1 | 5 | Pas de risque de rupture de barrage. Risque limité associé aux opérations de chargement | -1 | -5 | Le risque d'accident majeur est diminué mais les risques logistiques sont accrus pour le transport routier et/ou maritime |
| Economique | Coûts d'investissement | 10 | 0 | 0 | Prix de base env. 1,5 MUSD | -1 | -10 | Coûts équivalents ou légèrement inférieurs / Incertitude sur la quantité de béton nécessaire | 1 | 10 | Coûts estimés à 0,9 MUSD | -2 | -20 | Coûts plus importants (2,2 MUSD à minima) / incertitude liée à l'aménagement du fond de fosse | 2 | 20 | Coûts inférieurs d'un facteur 100 environ | 2 | 20 | Coûts d'investissement non évalués mais faibles (installation de séchage et d'export uniquement) | -2 | -20 | Coûts plus importants que la solution de base pour les aspects logistiques |
| | Coûts de fonctionnement | 10 | 0 | 0 | Solution de base | 0 | 0 | Idem solution de base | -1 | -10 | Coûts de fonctionnement deux fois plus importants | 0 | 0 | Idem solution de base | 2 | 20 | Coûts de fonctionnement très faibles | -2 | -20 | Nécessité de transporter et de sécher les résidus. A minima coûts trois fois plus importants | -1 | -10 | Coûts de fonctionnement plus importants sur les aspects logistiques. |
| | Capacité de financement VNC | 5 | 0 | 0 | Solution de base | 0 | 0 | Idem solution de base | 0 | 0 | Idem solution de base | -1 | -5 | Cette solution implique des dépenses importantes et simultanées et est donc moins favorable en termes de capacité de financement | 1 | 5 | Coûts d'analyse préliminaire importants / coûts de mise en place faibles par rapport à la solution de base | 1 | 5 | Coûts d'investissement non évalués mais faibles (installation de séchage et d'export uniquement) | -1 | -5 | Solution demandant un investissement plus important avec une possibilité de phasage réduite. |

Raisons pour lesquelles le projet a été retenu

| DOMAINES | CRITERES | POIDS | Solution de base | | Boues épaissees | | Résidus asséchés | | Fosse minière | | Stockage en mer | | Valorisation | | Transport hors installation VNC | | | | | | | | |
|-----------|--------------------------------------|-------|------------------|---|--|----|------------------|--|---------------|----|---|----|--------------|--|---------------------------------|-----|---|----|-----|---|----|-----|--|
| Technique | Faisabilité /Performance /Efficacité | 8 | 0 | 0 | Solution faisable / efficacité comparable au parc à résidus de la KO2 | -1 | -8 | Incertitude sur la quantité de béton nécessaire à la construction de la SRS | 0 | 0 | Test la technologie de séchage des résidus a été testé à une échelle préindustrielle via l'usine pilote | -2 | -16 | Risque important sur la faisabilité de la pose d'un liner (flottaison) / Contrainte forte de calendrier (nécessité d'accélérer le rythme de l'activité minière) | -2 | -16 | La faisabilité de cette solution n'est pas établie, des études environnementales poussées seraient à réaliser si cette solution était encore envisagée | -2 | -16 | Solution difficile à mettre en œuvre au vu des volumes à valoriser / faisabilité non démontrée / Influence négative sur l'activité du site en cas de non disponibilité de la solution | -2 | -16 | Problème de faisabilité liée à la maîtrise foncière / risque d'allongement du planning |
| | Pérennité /Flexibilité au changement | 7 | 0 | 0 | Solution flexible permettant de passer à la technique boue épaisse ou résidus asséchés en cours d'exploitation | 0 | 0 | Flexibilité similaire à la solution de base | -1 | -7 | Cette solution n'accepte pas de changement de type de résidus. Néanmoins un bassin tampon permet l'accueil temporaire de résidus en cas de défaillance de l'installation de séchage | 0 | 0 | Idem solution de base | -2 | -14 | Cette solution n'est pas flexible, une fois mise en œuvre il n'est pas possible de changer de mode de gestion des résidus. Cette solution n'est pas considérée comme une « Meilleure Technologie Disponible » - MTD par l'Union européenne ou l'IFC | -2 | -14 | Solution entièrement dépendante des entreprises potentiellement intéressées par la récupération des résidus | -1 | -7 | Le mode de transport sélectionné impose un maintien du type de résidu transporté. |
| | Méthodologie de construction | 5 | 0 | 0 | Solution de base | -1 | -5 | Solution moins facile à construire, l'ensemble de la berme étant construit en résidus solidifiés: risque de problème opérationnel par temps de pluie | 0 | 0 | Réhabilitation par tranche possible / Difficultés liées à la mise en œuvre des matériaux séchés par temps pluvieux | -2 | -10 | Co-activité stockage de résidus opération minière importante / Difficulté de construction / réhabilitation par tranche envisageable mais moins facilement que pour le stockage de résidus asséchés | 2 | 10 | Pas de réhabilitation nécessaire | -1 | -5 | Pas de réhabilitation / interface avec la production pouvant s'avérer complexe | 0 | 0 | Idem solution de base |

Raisons pour lesquelles le projet a été retenu

| DOMAINES | CRITERES | POIDS | Solution de base | | Boues épaissees | | Résidus asséchés | | Fosse minière | | Stockage en mer | | Valorisation | | Transport hors installation VNC | | | | | | | | |
|--------------|-----------------------------|-------|------------------|---|------------------|---|------------------|---------------------------------|---------------|----|--|----|--------------|--|---------------------------------|------------|-------------------------|------------|----|---|----|----|--|
| | Méthodologie d'exploitation | 5 | 0 | 0 | Solution de base | 0 | 0 | Similaire à la solution de base | -1 | -5 | Difficultés liées à la mise en œuvre des matériaux séchés par temps pluvieux | -2 | -10 | Planning de mise en œuvre très tendu / taille de bassin faible donnant peu ou pas de flexibilité opérationnelle / tension sur le rythme d'exploitation du minérais | 1 | 5 | Très facile à exploiter | -1 | -5 | Solution dépendante des conditions de transport / volume important en jeu | -1 | -5 | Exploitation compliquée par la distance entre les installations principales de VNC et le site de stockage. |
| TOTAL | | | 0 | | -38 | | | 8 | | | -65 | | | -13 | | -17 | | -94 | | | | | |

Classement
2
5
1
6
3
4
7

Les deux options apparaissant comme les plus favorables sont :

- **Le stockage de résidus asséchés : cette option ressort comme la plus favorable au vu des critères retenus pour l'analyse.** Les actions de recherche et développement initiées par VNC pour adapter le procédé d'asséchement des résidus aux spécificités des résidus latéritiques de nickel et aux conditions du site de Goro rendent possible le développement d'un parc à résidus basé sur ce procédé, reconnu mondialement et appliqué dans d'autres secteurs miniers. Malgré son coût global (investissement + fonctionnement) plus important que celui de l'option de base, cette option de niveau 1 est retenue pour faire l'objet du développement et des AMC suivantes destinées à affiner le projet (niveaux 2 et 3).
- **Le stockage conventionnel de résidus (option de base) apparaît ensuite comme la deuxième option la plus favorable.** Le coût d'investissement, les risques associés (rupture de berme) ainsi que les conséquences potentielles sur l'environnement plus importantes par rapport au stockage de résidus asséchés conduisent à ne pas privilégier cette option par rapport à celle reposant sur l'assèchement des résidus.

Un faible écart relatif entre les sommes des notes pondérées départage ces deux options, et les porteurs du projet VNC de stockage de résidus ont examiné à nouveau soigneusement les avantages et inconvénients présentés avant de valider la hiérarchie dégagée par cette analyse.

Après ce travail de synthèse, la décision de privilégier **la solution reposant sur le principe de l'assèchement des résidus** a été actée.

En effet, au-delà du gain en termes de technologie, le passage à une technologie de verse élimine une grande partie des risques de sécurité et de pérennité dans le temps liés au barrage, et pourra marquer la fin du stockage de boues, plus difficile également à maîtriser sur le plan environnemental.

Les autres options envisagées n'apparaissent clairement pas favorables vis-à-vis des critères retenus.

4.3. LES OPTIONS ECARTEES

Deux autres options ont également été envisagées à un stade préliminaire par VNC sans pour autant donner lieu à des études suffisamment approfondies pour être prises en compte dans le cadre de cette AMC du fait des contraintes significatives évidentes qu'elles présentaient. Ces options sont néanmoins succinctement présentées ci-dessous.

4.3.1. Stockage en cellules humides

Les résidus sont, dans le cadre de cette option, asséchés jusqu'à 65% de solide en poids. L'installation se compose de différentes cellules de taille unitaire contenant les résidus et empilées les unes sur les autres. Les parois des cellules pourraient être construites en enrochement ou à base de résidus stabilisés au ciment comme pour l'option SRS présentée au chapitre 4.1.3.

L'option comprend, comme pour les autres options, la mise en place d'une géo-membrane, de drains de dérivation des eaux de ruissellement, de canaux de collecte des eaux de contact et d'un réseau de sous-drainage. Cette option possède une capacité de stockage limitée et son utilisation comme option de stockage des résidus jusqu'à la fin de l'exploitation de la mine n'est pas prouvée. Des incertitudes concernant la stabilité de l'ensemble et notamment à long terme ont été mises à jour.

La figure ci-dessous présente l'option de manière conceptuelle.



Figure 9. Concept de stockage en cellules humides

4.3.2. Dissolution du gypse en mer

La dissolution du gypse produit par une nouvelle unité de stabilisation partielle en mer a été envisagée. Le gypse est plus soluble dans l'eau de mer que dans l'eau douce ($3,8 \text{ kg/m}^3$ contre $2,5 \text{ kg/m}^3$). Il a été estimé qu'il faudrait environ un million de mètres cube d'eau de mer pour dissoudre la production quotidienne de l'usine.

Néanmoins la présence d'impuretés métalliques dans le gypse créerait des risques de contamination du milieu marin.

Une telle solution n'est pas envisageable dans le contexte étudié.

5 AMC DE NIVEAU 2

5.1. PRESENTATION DES VARIANTES CONSIDERÉES POUR L'AMC N°2

L'AMC de niveau 2 présente les technologies ayant été évaluées dans le cadre de la sélection du **procédé d'asséchement des résidus** :

- (i) centrifugeuse,
- (ii) filtre presse et,
- (iii) sécheur rotatif.

Comme pour le chapitre précédent, chaque option est décrite selon ses caractéristiques technique, financière, environnementale et sociale. Les technologies sélectionnées permettent l'obtention de résidus asséchés à une teneur en solide comprise entre 70 et 80% environ.

5.1.1. Centrifugeuse

5.1.1.1. Description technique

Les procédés de centrifugation sont des procédés couramment utilisés dans l'industrie y compris pour l'asséchement des résidus issus du procédé hydrométallurgique. Les centrifugeuses à disque sont utilisées pour ce type de tâche.

Le principe de fonctionnement est relativement simple et repose sur des mécanismes similaires à un bac de décantation. Schématiquement une centrifugeuse est un bac de décantation dont la base est enroulée autour d'un axe central, la vitesse de rotation venant se substituer à la gravité.

Avant d'être traités par centrifugation, les résidus subissent un traitement préalable visant à les concentrer à une teneur en solide comprise en 50 et 60%:

- décantation préalable au sein d'un bassin, d'où les résidus sont ensuite extraits à l'aide d'une drague ;
- passage au sein d'un épaisseur.

L'alimentation de la centrifugeuse est effectuée en partie centrale et le fluide accélère progressivement. Sous l'effet de la force centrifuge, les particules solides (plus denses) se trouvent plaquées contre la paroi du bol et progressent le long de la paroi grâce à une vis sans fin. La phase liquide clarifiée (moins dense) se retrouve concentrée au niveau de l'axe du rotor. Un des avantages principaux de cette technique est qu'elle permet l'évacuation en continu des phases liquides et solides.

Les teneurs en solide obtenues par centrifugation peuvent être insuffisantes (70% de solide en masse maximum) et il est courant d'ajouter du floculant en entrée de système afin d'améliorer ses performances. Les premières estimations effectuées vis-à-vis des résidus produits par VNC estiment à 2% minimum le volume d'additifs nécessaires.

La figure suivante présente un exemple de centrifugeuse pouvant servir pour ce type d'utilisation.

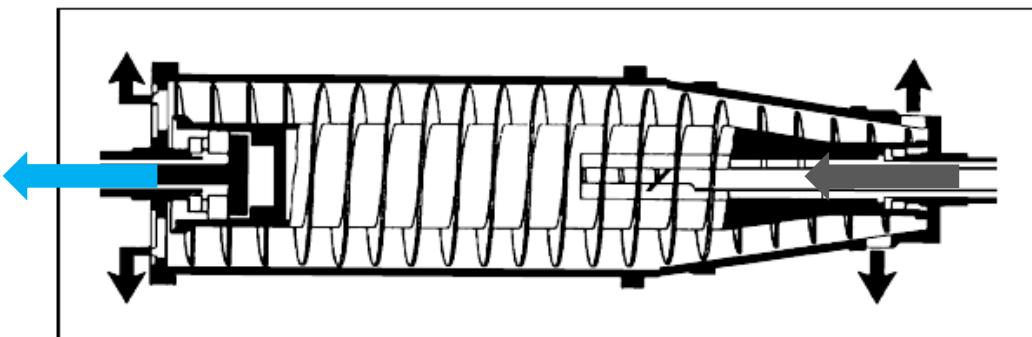


Figure 10. Exemple de centrifugeuse

Les centrifugeuses tournent à des vitesses importantes (de l'ordre de 2 000 tours/min), ce qui en fait des équipements complexes nécessitant des opérateurs qualifiés. La disponibilité opérationnelle de l'équipement est en moyenne de 75%.

5.1.1.2. Composante financière

Estimation des coûts d'investissement pour un traitement de l'ensemble des résidus produits par le site : 176 Millions USD

Estimation des coûts opérationnels annuels : 20,8 Millions USD.

5.1.1.3. Composante environnementale

Les aspects environnementaux considérés sont :

- Cette option produit des effluents composés des eaux extraites des résidus devant être ensuite traités au sein de l'unité de traitement des effluents du site de Goro. Le taux de particules en suspension résiduelles dans les effluents est considéré comme moyen.
- Cette option induit des équipements fonctionnant à l'énergie électrique et n'implique donc pas d'émission atmosphérique directe.
- La consommation électrique du procédé est importante.

5.1.1.4. Composante sociale

Une machine tournant à grande vitesse telle qu'une centrifugeuse est bruyante et peut représenter des risques pour la santé et la sécurité des travailleurs (risques mécaniques).

5.1.2. Filtre presse

5.1.2.1. Description technique

Les filtres presses sont des procédés couramment utilisés dans l'industrie y compris pour l'asséchement des résidus issus du procédé hydrométallurgique. Les résidus peuvent être

asséchés par filtres presses directement ou conjointement avec un traitement préalable de type décantation naturelle ou épaisseur.

Un filtre presse est un équipement fonctionnant de manière cyclique.

Le filtre est formé d'une batterie de plaques évidées verticales munies de membranes et dotées de toiles filtrantes serrées sous l'action d'un vérin. Ces plaques forment alors des chambres de filtration. Le résidu est injecté dans ces chambres et de l'air comprimé est appliqué au niveau des membranes, permettant ainsi la compression des filtres-tissus responsables de la séparation solide-liquide. Le filtrat est recueilli dans des cannelures et évacué par des conduites. Une fois la séquence de filtration terminée, le filtre est ouvert pour permettre le décrochage des gâteaux de filtration (résidus asséchés).

La photo suivante présente un exemple de filtre presse.



Figure 11. Exemple de filtre presse

Les filtres presse sont des équipements robustes possédant une bonne disponibilité (85%).

5.1.2.2. Composante financière

Estimation des coûts d'investissement pour un traitement de l'ensemble des résidus produits par le site : 151 Millions USD.

Estimation des coûts opérationnels annuels : 13,1 Millions USD.

5.1.2.3. Composante environnementale

Les aspects environnementaux considérés sont :

- Cette option produit des effluents composés de filtrats extraits des résidus devant être ensuite traités au sein de l'unité de traitement des effluents du site de Goro. Le taux de particules résiduelles en suspension dans les effluents est considéré comme bon par rapport aux autres procédés.

- Cette option induit des équipements fonctionnant à l'énergie électrique et n'implique donc pas d'émissions atmosphériques directes.
- La consommation électrique du procédé est moins importante que pour une option de centrifugation.

5.1.2.4. Composante sociale

Le filtre presse est un équipement relativement peu bruyant bien que son fonctionnement implique de puissant compresseurs. Les équipements sous pression induisent des risques pour la sécurité des employés.

5.1.3. Sécheur rotatif

5.1.3.1. Description technique

Le procédé d'assèchement rotatif est mis en œuvre sur des résidus préalablement épaissis par décantation naturelle ou dans un épaississeur.

Pour réaliser l'assèchement en continu des résidus, il est envisagé deux fours rotatifs de 65 m de long et de 6 m de diamètre. Les résidus sont brassés dans un flux d'air chaud et descendant progressivement le long de la paroi du four. Les températures de fonctionnement de ce type d'équipement avoisinent les 1 000°C. Le temps de séjour nécessaire à l'assèchement est estimé à environ une demi-heure.

Les gaz extraits du four sont envoyés dans une série de cyclones permettant la récupération des particules de poussières issues de l'agitation des résidus au sein du four. Les gaz sont ensuite relâchés à l'atmosphère. Les particules les plus fines sont récupérées et traitées comme déchets, celles-ci présentant un risque d'envol important.

La figure suivante présente une configuration possible pour l'usine d'assèchement.



Figure 12. Exemple de d'usine d'assèchement utilisant un four rotatif

Plusieurs sources d'énergie peuvent être utilisées pour ce type d'équipement (gaz, fuel ou charbon). Dans le cadre du projet de VNC l'utilisation de charbon serait envisagée pour des raisons de coûts et de disponibilité.

Le taux de disponibilité de l'équipement est estimé à 80%.

5.1.3.2. *Composante financière*

Estimation des coûts d'investissement pour un traitement de l'ensemble des résidus produits par le site : 88,9 Millions USD.

Estimation des coûts opérationnels annuels : 28,9 Millions USD.

Par ailleurs, 50% des coûts opérationnels sont constitués des coûts d'approvisionnement énergétique. Le cours du charbon, étant très fluctuant, les coûts opérationnels pourraient devenir beaucoup plus importants à l'avenir, sans forcément disposer de solutions alternatives.

5.1.3.3. *Composante environnementale*

Les aspects environnementaux considérés sont :

- L'émission de poussières et de gaz à effet de serre issus du procédé d'assèchement ;
- Une production d'effluents plus limités que les autres options, l'eau interstitielle étant évaporée ;
- La consommation électrique du procédé est limitée.

5.1.3.4. *Composante sociale*

Un four de séchage est une machine moyennement bruyante. Les risques pour l'hygiène et la sécurité des travailleurs sont limités au contact avec les parties chaudes du procédé. La vitesse de rotation de l'équipement ne représente pas de danger particulier car elle est faible (2 à 5 tours par minute).

5.2. AMC NIVEAU 2 – RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats de l'AMC de niveau 2 sont présentés au sein du tableau ci-dessous.

Tableau 6. Résultats de l'AMC de niveau 2

| CRITERES | POIDS | Centrifugeuse | | | Filtre presse | | | Sécheur rotatif | | |
|---|-------|---------------|-----|---|---------------|----|--|-----------------|-----|---|
| Biodiversité | 10 | 0 | 0 | Emprise au sol similaire pour toutes les options | 0 | 0 | Emprise au sol similaire pour toutes les options | 0 | 0 | Emprise au sol similaire pour toutes les options |
| Ressources en eau | 8 | -1 | -8 | La qualité des effluents produits est moyenne. | 1 | 0 | La qualité des effluents produits est légèrement meilleure que pour une centrifugeuse. | 1 | 8 | Cette solution produit moins d'effluents en raison de l'évaporation d'une partie des eaux contenues dans les résidus. La qualité des effluents est légèrement meilleure que pour une centrifugeuse. |
| Atmosphère (pollution de l'air, gaz à effet de serre) | 7 | -1 | -7 | Ce procédé n'induit pas d'émissions atmosphériques directes. La consommation électrique est importante. | 1 | 7 | Ce procédé n'induit pas d'émission atmosphérique directe. La consommation électrique est moyenne | -2 | -14 | Le sécheur rotatif induit la production de poussières et de gaz à effet de serre. La consommation électrique du procédé est moyenne |
| Nuisances pour les riverains (bruit, qualité de l'air, qualité de l'eau) | 8 | -1 | -8 | Machine très bruyante | 1 | 8 | Machine relativement peu bruyante | 0 | 0 | Machine bruyante |
| Changement de l'activité économique | 7 | 0 | 0 | Modification de l'activité similaire pour toutes les options | 0 | 0 | Modification de l'activité similaire pour toutes les options | 0 | 0 | Modification de l'activité similaire pour toutes les options |
| Patrimoine socio-culturel et paysage | 5 | 0 | 0 | Atteinte du paysage similaire pour toutes les options | | 0 | Atteinte du paysage similaire pour toutes les options | 0 | 0 | Atteinte du paysage similaire pour toutes les options |
| Maitrise des risques et conditions de travail pour le personnel et les sous-traitants | 5 | -1 | -5 | Une machine tournante à grande vitesse présente un risque d'accident important | -1 | -5 | Un filtre presse présente un risque d'accident important | 0 | 0 | Un sécheur rotatif présente des risques d'accident plus limité (brûlure) |
| Coûts d'investissement | 10 | -1 | -10 | Coûts estimés à 176 MUSD | 0 | 0 | Coûts estimés à 141 MUSD | 1 | 10 | Coûts estimés à 88,9 MUSD |
| Coûts de fonctionnement | 10 | -1 | -10 | Coûts estimés à 20,8 MUSD | 0 | 0 | Coûts estimés à 13,1 MUSD | -2 | -20 | Coûts estimés à 28,9 MUSD dont 50% pour l'approvisionnement énergétique (marché versatile) |

| CRITERES | POIDS | Centrifugeuse | | | Filtre presse | | | Sécheur rotatif | | |
|--------------------------------------|-------|---------------|-----|--|---------------|----|--|-----------------|-----|---|
| Capacité de financement VNC | 5 | 0 | 0 | | 0 | 0 | | 1 | 5 | Les coûts d'investissement sont moins importants et donc plus à même de rentrer dans la capacité de financement de VNC. |
| Faisabilité /Performance /Efficacité | 8 | -1 | -8 | Plusieurs incertitudes existent sur la capacité pour ce procédé à atteindre un taux de séchage suffisant pour permettre le stockage et la compaction des résidus | 0 | 0 | Incertitude réduite sur l'applicabilité du procédé aux résidus latéritiques de Vale NC | 0 | 0 | Incertitude réduite sur l'applicabilité du procédé aux résidus latéritiques de VNC |
| Pérennité /Flexibilité au changement | 7 | | 0 | Durée de vie des différentes installations globalement similaires | | 0 | Durée de vie des différentes installations globalement similaires | | 0 | Durée de vie des différentes installations globalement similaires |
| Méthodologie de construction | 5 | -2 | -10 | Durée de mise en livraison + installation longue (120 semaines) | 0 | 0 | Durée de mise en livraison + installation moyenne (64 semaines) | 0 | 0 | Durée de mise en livraison + installation moyenne (57 semaines) |
| Méthodologie d'exploitation | 5 | -1 | -5 | Temps de maintenance pouvant être important. Machine complexe | 1 | 5 | Temps de maintenance réduit par rapport aux autres solutions | -2 | -10 | Solution demandant une quantité d'intrants importante. |
| | | | -71 | | | 15 | | | -21 | |
| | | | 3 | | | 1 | | | 2 | |

L'option utilisant des filtres presses seuls ou conjointement avec un ou des épaisseurs apparaît clairement comme la plus pertinente vis-à-vis des critères considérés. Cette option a été retenue pour développer le projet de stockage des résidus asséchés du site VNC, et étudier, via l'AMC de niveau 3 présentée ci-après, les options de localisation possibles.

6 AMC DE NIVEAU 3

6.1. LOCALISATION DU STOCKAGE DE RESIDUS ASSECHES – AMC- 3.1

La sélection du site de stockage des résidus pour l'ensemble de la durée de vie de la mine à fait l'objet d'études depuis le lancement de l'activité à Goro. Parmi celles-ci, deux options pour le stockage des résidus asséchés ont été particulièrement étudiées ces dernières années :

- la création d'un nouveau site de stockage des résidus au sein de la vallée KO4 ;
- l'extension de la durée de vie du parc à résidus de la KO2.

Ces deux options s'inscrivent dans le processus de recherche lancé par VNC sur l'asséchement des résidus, qui permet de réduire significativement leur volume et de réduire ainsi les emprises au sol du projet. Le paragraphe suivant présente sous forme tabulaire les résultats de l'AMC effectuée pour départager ces deux options de localisation du projet.

Il convient de se reporter au chapitre 4.1.4 du présent rapport pour la description du projet de stockage de résidus asséchés au sein de la vallée KO4.

6.2. AMC NIVEAU 3.1 – RESULTATS ET DISCUSSION

Tableau 7. AMC 3.1 – Localisation du stockage de résidus asséchés

| DOMAINES | CRITERES | POIDS | KO4 | | KO2 | |
|-----------------------------------|-------------------|-------|-----|-----|--|-----|
| Environnement naturel et physique | Biodiversité | 10 | -2 | -20 | Ce projet implique le défrichage d'une zone naturelle d'environ 330 ha relativement peu anthropisée et comportant des espaces naturelles sensibles (zones humides et boisées). | 0 0 |
| | Ressources en eau | 8 | -2 | -16 | La réalisation du projet impliquerait l'imperméabilisation de 330 ha. | 0 0 |

| DOMAINES | CRITERES | POIDS | | KO4 | | KO2 | |
|--------------------------------|---|-------|----|------------|--|-----|-----------|
| Environnement humain et social | Atmosphère (pollution de l'air, gaz à effet de serre) | 7 | 0 | 0 | Quel que soit le projet considéré, l'influence de l'option sur la qualité de l'air est jugée globalement similaire | 0 | 0 |
| | Nuisances pour les riverains (bruit, qualité de l'air, qualité de l'eau) | 8 | 0 | 0 | Les riverains étant localisés à plus de 5km du site les nuisances entre les variantes sont globalement similaires | 0 | 0 |
| | Changement de l'activité économique | 7 | -1 | -7 | Cette solution conduit au gel des ressources minières existantes au sein de la vallée KO4. | 0 | 0 |
| | Patrimoine socio-culturel et paysage | 5 | -2 | -10 | Cette solution implique une incidence sur le paysage conséquente. | -1 | -5 |
| | Maitrise des risques et conditions de travail pour le personnel et les sous-traitants | 5 | 0 | 0 | Cette solution comporte moins de risque pour la sécurité des travailleurs, l'ensemble des installations étant conçues spécifiquement pour le stockage de résidus asséchés sous forme de verre. | -1 | -5 |

| DOMAINES | CRITERES | POIDS | KO4 | | | KO2 | | |
|------------|--------------------------------------|-------|-----|-----|---|-----|----|--|
| Economique | Coûts d'investissement | 10 | -1 | -10 | Cette solution est plus coûteuse car nécessitant l'aménagement d'une vaste surface | 1 | 10 | Coûts inférieurs |
| | Coûts de fonctionnement | 10 | 0 | 0 | Coûts de fonctionnement globalement similaires entre les deux solutions | 0 | 0 | Coûts de fonctionnement globalement similaires entre les deux solutions |
| | Capacité de financement VNC | 5 | -1 | -5 | Solution nécessitant des investissements rapides pour lancer les premiers travaux d'aménagement de la zone | 1 | 5 | Cette solution est jugée plus favorable car elle permet de décaler dans le temps une partie des investissements |
| Technique | Faisabilité /Performance /Efficacité | 8 | 0 | 0 | Solution faisable | -1 | -8 | Existence d'incertitudes sur le comportement des installations existantes face aux nouvelles contraintes d'exploitation, présence d'installations à déplacer |
| | Pérennité /Flexibilité au changement | 7 | 2 | 14 | Cette solution possède une pérennité importante, les surfaces disponibles permettant d'envisager dans le futur une extension de la capacité de stockage du site | 1 | 7 | Cette solution possède une certaine flexibilité pour les phases de lancement en permettant facilement un stockage de résidus asséchés et de résidus humides sans travaux important |
| | Méthodologie de construction | 5 | -1 | -5 | Cette solution nécessite des travaux importants sur de très larges surfaces en phase préparatoire (défrichement, création de route d'accès) | 1 | 5 | Cette solution implique peu de défrichement et est très facile d'accès. |
| | Méthodologie d'exploitation | 5 | 0 | 0 | | -1 | -5 | Pour cette solution, l'exploitation du stockage de résidus asséchés est rendue dans une première phase plus difficile par la présence des résidus humides historiques. |

| DOMAINES | CRITERES | POIDS | KO4 | | KO2 | |
|-------------------|----------|-------|----------------|--|----------|----------|
| TOTAL | | | - 59 | | | 4 |
| Classement | | | 2 | | 1 | |

Le projet d'extension du parc à résidus KO2 présente des avantages très nets par rapport à l'option de création d'un parc à résidus au sein de la vallée KO4.

La réalisation du projet d'extension de la durée de vie du parc à résidus KO2 constitue en particulier une importante mesure d'évitement des conséquences environnementales associées à l'option de stockage des résidus dans la vallée KO4 : optimisation des espaces déjà anthropisés sur KO2, limitation des besoins de défrichement et des conséquences pour la biodiversité ainsi que pour les ressources en eau notamment.

6.3. ZONES CONCERNEES PAR L'EXTENSION DE LA DUREE DE VIE DU PARC A RESIDUS DE LA KO2

6.3.1. Choix des zones d'extension

Une fois les conclusions de l'AMC précédente actées, le projet d'extension de la durée de vie du parc à résidus de la KO2 a fait l'objet d'un développement par étapes, visant tout d'abord à repousser le plus longtemps possible la création d'un nouveau parc à résidus voire, si cela est possible, à éviter la création d'un nouveau parc.

Différentes options ont été évaluées en ce sens :

- A - dépôt des résidus asséchés dans les limites actuelles du parc à résidus de la KO2 (stockage des résidus jusqu'à l'élévation 230 m) ;
- B - dépôt des résidus asséchés dans les limites actuelles du parc à résidus de la KO2 (stockage des résidus jusqu'à l'élévation 230 m) et dans la zone en aval de la berme ;
- C - dépôt des résidus dans l'emprise actuelle du parc à résidus de la KO2 en augmentant la hauteur du stockage en s'appuyant sur les flancs de la vallée (stockage au-dessus de 230 m) ;
- D - dépôt des résidus dans l'emprise actuelle du parc à résidus de la KO2 en augmentant la hauteur du stockage en s'appuyant sur les flancs de la vallée (stockage au-dessus de 230 m) et dans la zone en aval de la berme.

Ces options ont été évaluées de manière semi-quantitative avant de pousser plus avant le développement du projet.

Il apparaît que l'extension du stockage à l'aval de la berme (options B et D) offre un aménagement plus simple que les autres. La zone possède des pentes douces et une capacité de stockage importante surtout si elle est combinée avec une des options de stockage amont (option D). L'extension du stockage en aval entraîne également un renforcement de la berme du parc à résidus de la KO2 en créant une masse de contrefort importante et un confinement de cet ouvrage, offrant la possibilité de stocker dans la zone amont une grande quantité de matériaux sans risquer de le déstabiliser.

En d'autres termes, ce renforcement de la berme est bénéfique car il vient renforcer la stabilité du stockage. Le développement de la zone aval est donc important si l'on souhaite développer un stockage étendu sur la partie amont.

Ainsi seule l'option D envisageant une extension de la capacité de stockage du parc à résidus de la KO2 à l'amont et à l'aval de la berme a été prise en compte pour le développement du projet, cette option étant la seule à offrir la possibilité d'étendre la durée de vie du parc à résidus sur l'ensemble de la durée de vie de la mine avec des conditions de stabilité satisfaisantes.

A noter que la zone aval de stockage interfère avec un abri sous roche aménagé, utilisé autrefois comme refuge temporaire lors des déplacements de Kanaks entre la région de Goro et la baie de Prony⁴.

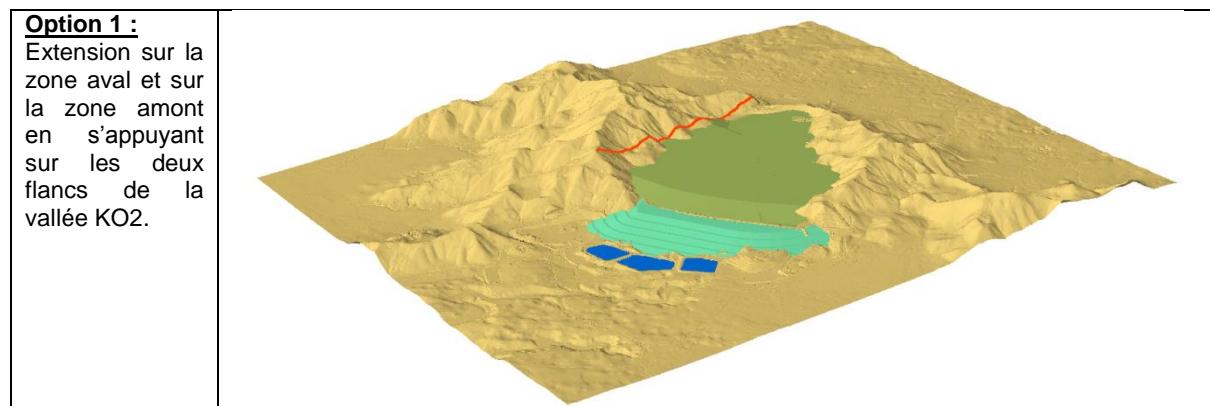
Des simulations ont été réalisées pour estimer s'il était techniquement faisable d'éviter cet abri sous roche. Les conséquences identifiées sont de :

- déconfiner une partie de la berme et donc de créer une zone de faiblesse potentielle ;
- réduire le volume de stockage d'environ 12 Mm³, soit trois années de stockage ;
- compliquer la gestion des eaux et l'accès au talus.

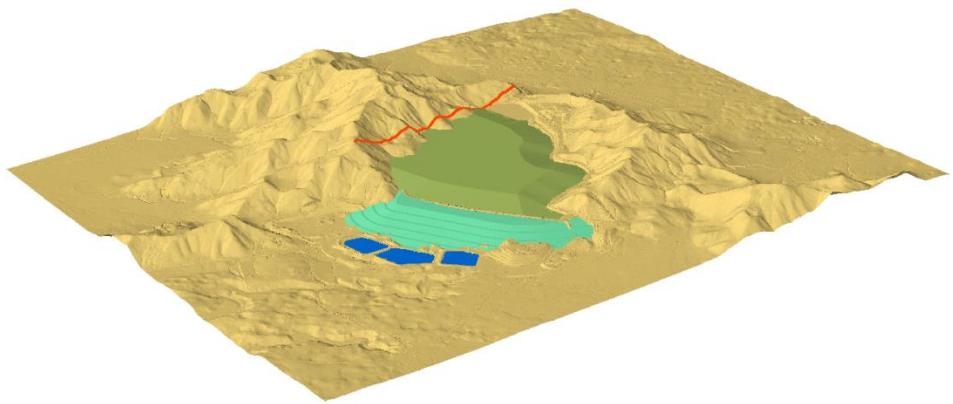
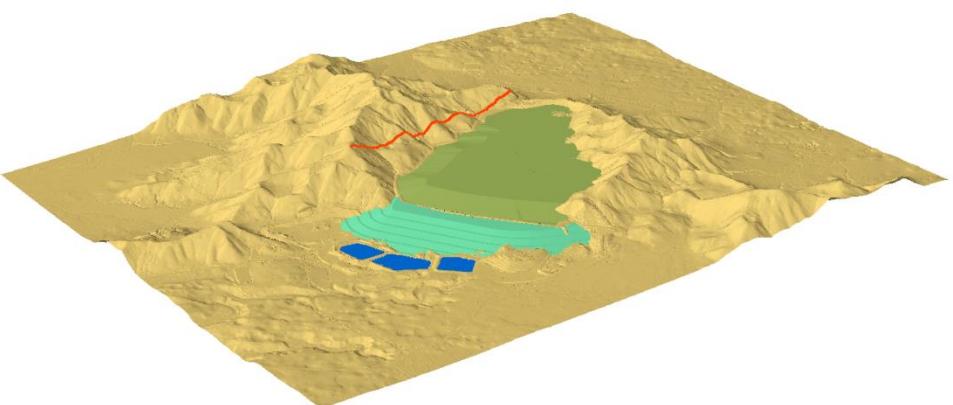
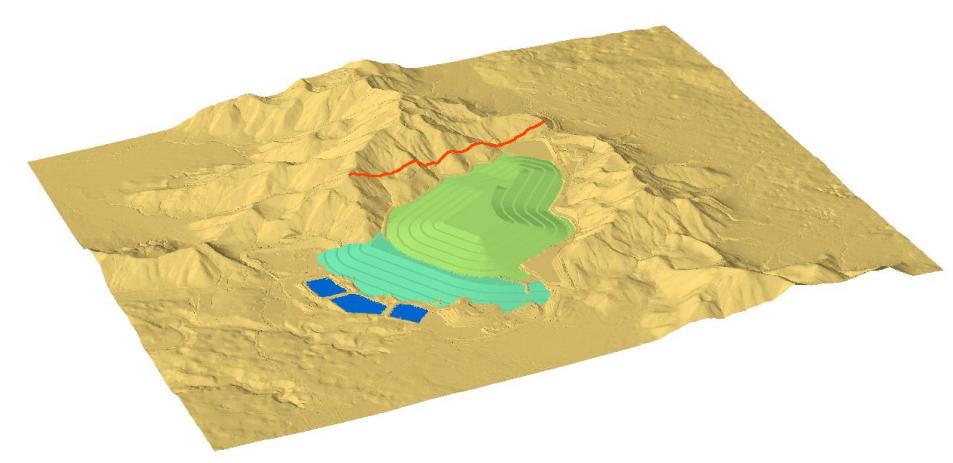
Pour l'ensemble de ces raisons, l'évitement de l'abri sous roche ne peut donc être envisagé. La prise en compte de ce vestige archéologique a néanmoins été considérée dans l'AMC du chapitre ci-dessus.

6.3.2. Configuration de la zone d'extension amont

A ce stade du développement et sur la base des premières conclusions exposées au paragraphe précédent, quatre nouvelles options principales (variantes de l'option D ci-avant) ont été considérées et sont représentées en page suivante.



⁴ Rapport « Relevé d'un abri sous roche sur l'emprise du chantier de Goro Nickel » - Département Archéologie de la Direction des Affaires Culturelles et Coutumières de Nouvelle Calédonie pour le compte de la Province Sud – C. Sand, F. Barp, D. Baret et B. Gony - Mai 2007

| | |
|--|--|
| <u>Option 2 :</u> Extension sur la zone aval et sur la zone amont en s'appuyant uniquement sur le flanc sud de la vallée KO2. |  |
| <u>Option 3 :</u> Extension sur la zone aval et sur la zone amont en s'appuyant uniquement sur le flanc nord de la vallée KO2. |  |
| <u>Option 4 :</u> Extension sur la zone aval et sur la zone amont en ne s'appuyant sur aucun flanc de la vallée KO2. |  |

L'option 1 possède potentiellement la plus forte capacité de stockage comparée aux autres options considérées. Néanmoins, les talus abrupts du flanc sud et la proximité avec la réserve naturelle de la Forêt Nord (limite représentée par un trait rouge sur les schémas ci-dessus) limitent l'expansion finale jusqu'à l'élévation 264 m.

Par ailleurs, quatre individus d'une espèce végétale protégée (*Planchonella Latihila*) sont présents sur le flanc sud immédiatement au-dessus de la limite actuelle du parc à résidus de la KO2 un peu à l'amont de l'appui actuel de la berme. Sur le flanc nord, bien que des sensibilités environnementales existent (forêt S2), les possibilités d'extension sont beaucoup plus importantes. Une extension sur les deux flancs induirait également un plan de gestion des eaux de surface relativement complexe, impliquant de mettre en place des fossés de dérivation des eaux périphériques de capacité importante dans de fortes pentes.

Pour l'ensemble de ces raisons, le développement d'un stockage s'appuyant sur les deux flancs de la vallée KO2 n'a pas été considéré plus avant.

Dans la mesure où la zone de stockage contre le flanc sud possède une capacité presque deux fois plus faible que la zone de stockage contre le flanc nord et s'expose à des contraintes environnementales plus importantes, l'option n°2 a également été écartée.

L'option n°4, présente la particularité de voir la surface de travail diminuée progressivement jusqu'à atteindre une taille relativement faible (10,8 ha dans la configuration étudiée). Cela implique, outre des difficultés de manœuvres pour les engins de transport et de compaction, que la hauteur du stockage devrait croître de plus en plus vite, sur une surface de plus en plus réduite, pour permettre la mise en place des résidus produits quotidiennement. Dans la configuration proposée, le stockage devrait croître de 13 m/an, ce qui induirait des problèmes de stabilité sur la partie amont du stockage. Cette option, ne permettant pas d'atteindre une capacité de stockage suffisante dans des conditions d'exploitation acceptables, elle n'a pas été retenue.

Limiter en hauteur un stock non contraint par les flancs nord et sud de manière à ce que la vitesse de croissance du stock reste acceptable d'un point de vue géotechnique a été étudiée. La hauteur du stock serait limitée par la taille de la plateforme sommitale qui ne devrait pas dépasser 70 ha de superficie afin de maintenir une vitesse de rehausse inférieure à 7,5 m/an (vitesse de croissance de la solution présentée dans le Livret B). L'altitude du stockage serait alors de 260 m, soit 45 mètres de moins que l'option 3. La perte de capacité de stockage serait de 50,5 Mm³, soit plus de 9 ans. Tout comme pour l'option n°4 étudiée ci-dessus, les talus du stockage le long de la limite nord, non confinés, présenteraient des risques d'instabilité. Cette option, n'a pas été retenue pour les mêmes raisons que l'option n°4.

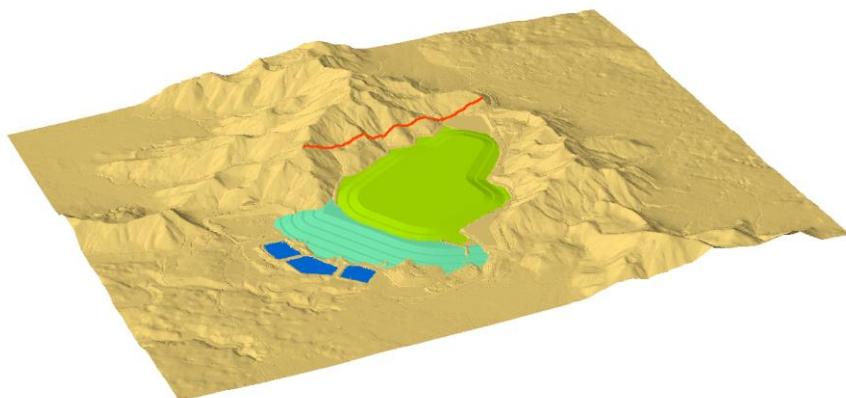


Figure 13. Variante de l'option n°4

L'option n°3, proposant une extension de la partie amont du parc à résidus sur le flanc nord de la vallée KO2, apparait ainsi comme la plus favorable pour permettre une extension de la durée de vie du parc à résidus. Ses pentes moins abruptes que celles du flanc sud, sa plus grande capacité et ses contraintes environnementales plus réduites comparées à celles du flanc sud (présence de la Forêt Nord et de *Planchonella Latihila*), permettent d'envisager une optimisation du design préliminaire ci-dessus pour contenir les résidus sur l'ensemble de la durée de vie de la mine.

L'option retenue pour le projet est donc l'option n°3.

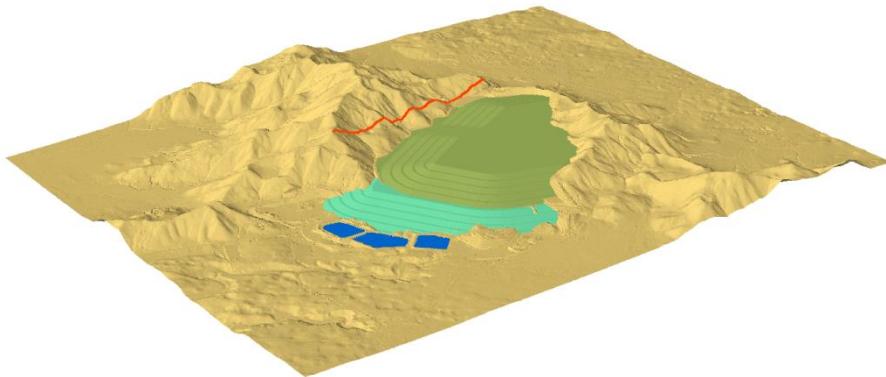


Figure 14. Configuration du stockage de résidus asséchés retenu

Des simulations ont par ailleurs été réalisées pour estimer s'il était techniquement faisable d'éviter de toucher la forêt S2 présente sur le flanc nord du parc à résidus de la KO2, celle-ci étant impliquée par le périmètre de l'option n°3. Le résultat de l'évitement de cette zone est présenté dans la figure ci-dessous.

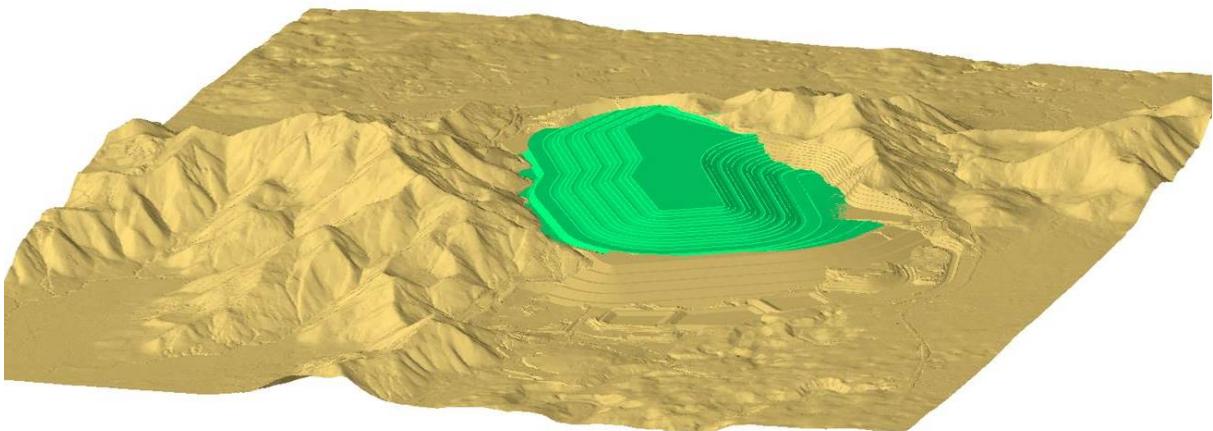


Figure 15. Simulation d'évitement de la forêt S2

Les conséquences identifiées pour que le projet évite totalement de toucher la forêt S2 sont :

- de réduire le volume de stockage d'environ 17 Mm³, soit environ quatre années de stockage en moins,
- de réduire la surface du stockage, ce qui influence négativement le taux de placement et implique de limiter la hauteur du stockage,
- de réduire la stabilité du stockage, celui-ci n'étant appuyé sur le flanc nord que sur une partie réduite,
- de compliquer la gestion des eaux et l'accès au talus.

Face à ces contraintes fortes, la solution de combiner la présente option avec un stockage partiel des résidus asséchés ailleurs (typiquement dans la fosse minière) a été étudié.

Toutefois, comme explicité au paragraphe 4.1.5, une fois l'option principale installée, l'usine d'assèchement construite à proximité de la zone de stockage principale aménagée, le cout marginal de continuer à tout stocker au même endroit est beaucoup plus faible que d'aller ouvrir une nouvelle zone de stockage partiel dans la fosse. Des contraintes environnementales (en termes d'émission de GES notamment) et techniques (en particulier pour l'acheminement des résidus de l'usine jusqu'à la fosse, même avec convoyeurs) seraient additionnées dans

ce cas, sans rappeler toutes les contraintes évoquées pour l'option de stockage dans la fosse minière.

Pour l'ensemble de ces raisons, l'évitement total de la forêt S2 n'a pas pu être envisagé dans le développement du projet. La zone touchée est bien sûr étudiée au sein de l'étude d'impact environnemental.

6.4. LOCALISATION DE L'USINE D'ASSECHEMENT DE RESIDUS – AMC-3.2

Sept localisations potentielles du site de la future usine d'assèchement des résidus DWP2 (en tenant compte de ses utilités connexes, notamment la zone de stockage temporaire des résidus asséchés en temps de pluie) ont été identifiées autour du parc à résidus de la KO2 au cours des études de conception du projet Lucy. Elles sont localisées sur la Figure 16 fournie en page suivante :

- Site A : option de base, la plus centrale, à l'ouest en amont immédiat du parc KO2
- Site B : option « verre de roche », au nord du parc KO2
- Site C : option proche de « l'évacuateur de crue », variante de l'option B à l'ouest
- Site D : option « variante KO4 », variante de l'option B au nord-ouest
- Site E : option proche de la « carrière de limonite sud » au sud-est du parc KO2
- Site F : option proche de la « zone Wagner » au sud-ouest du parc KO2
- Site G : option proche du « col de l'antenne », au sud immédiat de l'option de base.

Une présentation des avantages (« Pour ») et inconvénients (« Contre ») liés à chacune de ces options est fournie dans les tableaux ci-après.

Lorsque, pour des raisons de proximité géographique (options B, C et D) les sites présentent des caractéristiques semblables, seules les différences notables (« Diff ») sont décrites explicitement.

Des commentaires importants en matière d'environnement sont enfin exprimés le cas échéant (« Env. »).



Figure 16. Localisation des sites envisagés pour l'usine DWP2

Tableau 8. Présentation des variantes de localisation de l'usine d'assèchement des résidus

| Site | Avantages/inconvénients | | |
|---|-------------------------|---|--|
| A <i>(option de base pour la plateforme Lucy)</i> | Pour | <ul style="list-style-type: none"> – Les eaux de contact peuvent être rejetées dans le bassin KO2. – Proche du barycentre de KO2. – Zone localisée derrière la crête permettant une réduction des effets liés au bruit, à la poussière et au paysage. – Zone nécessitant peu de défrichement. – Bon accès pour les véhicules. | |
| | Contre | <ul style="list-style-type: none"> – La zone est finalement située à l'intérieur de l'emprise finale du parc à résidus. – Les conditions géotechniques sont variables (roche ou limonite). – La zone d'implantation est contrainte par les futures zones de stockage ainsi que l'usine DWP1 (disponibilité de zones temporaires de construction et de stockage). – Niveau de terrassement requis moyen. – Les roches de la zone sont connues pour contenir potentiellement de l'amiante (contrainte forte pour les opérations de dynamitage). – Les vents dominants pourraient transporter la poussière et le bruit dans la direction du camp. | |
| | Env. | <ul style="list-style-type: none"> – Environ 95% de la plateforme est dégradée. – Aucune espèce d'intérêt n'a été identifiée au sein des maquis herbacé résiduels. | |
| B <i>(verse de roche)</i> | Pour | <ul style="list-style-type: none"> – Potentiellement de bonnes conditions géotechniques bien que variables à cause du dénivélé. – Zone proche de l'aval de KO2. – Proximité avec la future route minière. – Eloignée du camp et de la route publique. – Etude environnementale préliminaire de la zone disponible. – Zone située en dehors de l'emprise maximum du parc à résidus étendu. – Proche des utilités et services nécessaires à son fonctionnement (réseaux). – Place disponible pour les installations temporaires de chantier et de dépôt. | |
| | Contre | <ul style="list-style-type: none"> – Niveau de terrassement moyen. – Zone relativement éloignée du barycentre de KO2. – Nécessite une installation complexe de transport des résidus pour la majorité des placements (convoyeur complexe). – Système de retour des effluents à l'unité 285 complexe à mettre en œuvre. – Zone en dehors de l'emprise du parc à résidus actuel – nécessite l'aménagement d'installations spécifiques de traitement des eaux de ruissellement de l'usine. – Nécessite un besoin logistique plus important en phase construction. – Risque d'interférence avec les activités de carrière à proximité (dynamitage). – Besoin potentiel d'un stockage d'urgence des résidus pour les cas d'impossibilité de mise en œuvre ou de panne. | |

| Site | Avantages/inconvénients | |
|--|-------------------------|---|
| | Env. | <ul style="list-style-type: none"> – Zone déjà anthropisée sans enjeu prépondérant en termes de biodiversité (pas de forêt humide ou de zone paraforestière). – Zone dégradée à 100%. – Pas d'écosystème d'intérêt patrimonial identifié par les inventaires dans la zone. |
| C (évacuateur de crue) | Diff. | <ul style="list-style-type: none"> – La localisation du site interfère potentiellement avec la future route d'accès à la mine et le corridor de service actuel et s'avère un peu plus coûteuse que l'option B. |
| | Env. | <ul style="list-style-type: none"> – Zone moyennement dégradée (66%). – Deux espèces d'orchidées protégées ont été identifiées dans la zone (<i>Dendrobium odontochilum</i> et <i>Dendrobium verruciferum</i>). |
| D (variante KO4) | Diff. | <ul style="list-style-type: none"> – Cette zone est plus escarpée que celle de l'option B et nécessite par conséquent des aménagements (terrassement) plus importants. |
| | Env. | <ul style="list-style-type: none"> – La zone est très peu dégradée (8%). – Une espèce endémique a été identifiée dans la zone (<i>Medicosma leratii</i> pas de statut en Province Sud, protégée en Province Nord). – Cette zone présente la plus grande diversité de maquis des zones considérées (six sortes de maquis répertoriées) dont 38% sont composés de maquis hydromorphe (écosystème d'intérêt). |
| E (carrière de limonite sud) | Pour | <ul style="list-style-type: none"> – Site proche du bassin actuel de capture et de traitement des eaux de ruissellement en aval du parc KO2. – Zone de taille importante sans contraintes de limitation. – Absence de besoins de défrichage. – Travaux de terrassement mineurs. – Site éloigné de la route publique et du campement (incidence minimum en termes de bruit, de poussières et de paysage). |
| | Contre | <ul style="list-style-type: none"> – Zone éloignée des services et des utilités nécessaires à son fonctionnement. – Long trajet nécessaire pour l'accès des véhicules. – Zone éloignée du barycentre de KO2. – Zone située dans un point bas nécessitant des travaux importants de détournement des eaux de surfaces pour prévenir tout risque d'inondation. – Placement des résidus rendu complexe par l'accès contraint le long de la culée sud (présence de <i>Planchonella latihila</i>). – Système de retour des effluents complexe. – Besoin potentiel d'un stockage d'urgence des résidus pour les cas d'impossibilité de mise en œuvre ou de pannes. – Le stockage en aval du barrage va couper les voies d'accès au site. Besoin de recréer des accès le long du pied de stockage ou des banquettes. |
| | Env. | <ul style="list-style-type: none"> – Zone dégradée par les activités précédentes de carrière sur la quasi-totalité de sa surface. – Aucune espèce d'intérêt n'a été identifiée au sein des maquis herbacés résiduels. – La zone est située à environ 1km du site de la Forêt Nord. |

| Site | Avantages/inconvénients | |
|--------------------------------|-------------------------|--|
| F (zone Wagner) | Pour | <ul style="list-style-type: none"> – Seul un terrassement minimum est requis pour l'aménagement du site. – Zone proche des services et utilités nécessaire à son fonctionnement. – Zone proche de l'usine. – Zone située en dehors de la zone de stockage prévisionnelle. – Défrichement extrêmement réduit. – Zone disponible à proximité pour les installations temporaires de chantier et de stockage. – Accès aisés pour les véhicules. |
| | Contre | <ul style="list-style-type: none"> – Mauvaise conditions géotechniques supposées (sur la base de la topographie du site et de l'expérience). – Zone visible depuis la route publique. – Emplacement le plus éloigné de la zone de stockage des résidus : contraintes accrues de flexibilité et de construction des infrastructures de transport et de stockage temporaire des résidus en temps de pluie. – Cette option impose que le convoyeur traverse la route publique : contrainte technique et de sécurité. – Les vents dominants pourraient transporter la poussière et le bruit dans la direction du camp. – Besoin potentiel d'un stockage d'urgence des résidus pour les cas d'impossibilité de mise en œuvre ou de pannes. – Besoin de recréer une installation de traitement des eaux de surface de la zone. – Zone éloignée du barycentre de KO2. |
| | Env. | <ul style="list-style-type: none"> – Quasiment 96% de la surface de la zone est dégradée. – Aucune espèce d'intérêt identifiée. – La plupart de la flore résiduelle est composée de maquis dense et de maquis arbustif semi-ouvert. – Présence de dolines à proximité du site. – Cet emplacement ne pourrait accueillir la zone de stockage temporaire sans un défrichement complémentaire. |
| G (col de l'antenne) | Pour | <ul style="list-style-type: none"> – Bonnes conditions géotechniques présumées. – Les matériaux excavés pourront être réutilisés dans le cadre du projet. – Proche du barycentre de KO2. – Accès aisés pour les véhicules. – Localisée à proximité des utilités et services nécessaires au fonctionnement des installations. – Les eaux de contact pourront être envoyées au sein de KO2. – La zone est située en dehors de l'emprise finale de KO2. – La zone présente la configuration la plus favorable pour l'implantation du convoyeur et du système de distribution des résidus. – Défrichement réduit. |

| Site | Avantages/inconvénients | | | | | | | | | | | |
|--------|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Contre | <ul style="list-style-type: none"> – Volume de terrassement important. – L'emprise de la zone est contrainte topographiquement. – Emplacement visible depuis la route publique et les baies environnantes. – La réalisation de la plateforme implique l'arasement d'une ligne de crête (risque de modification locale du régime hydrogéologique). – Les vents dominants pourraient transporter la poussière et le bruit dans la direction du camp. – Les roches de la zone sont connues pour contenir potentiellement de l'amianté (contrainte forte pour les opérations de dynamitage). – Difficultés d'accès en phase chantier dues à la taille réduite de la zone de développement initiale. – Risque d'interaction négative sur l'activité de DWP1 en phase construction. | | | | | | | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> – Environ 91% de la plateforme du col de l'antenne est dégradée. – Les habitats résiduels sont composés d'un maquis ligno-herbacé pouvant servir de corridor écologique avec la zone de la Forêt Nord à proximité. | | | | | | | | | | | |

6.5. AMC NIVEAU 3.2 – RESULTATS ET DISCUSSION

L'AMC a été réalisée en prenant comme option de base le site le plus central envisagé initialement pour le développement du projet, à savoir en amont immédiat du parc actuel KO2. Par convention et pour faciliter l'analyse, l'ensemble des scénarios considérés ont été comparés à cette option de base.

Les résultats de l'analyse sont présentés dans le tableau de synthèse fourni en page suivante.

Tableau 9. AMC 3.2 – Localisation de l'usine d'assèchement

| DOMAINES | CRITERES | POIDS | A | B | C | D | E | F | G |
|-----------------------------------|--|-------|---|---|----|-----|----|-----|-----|
| Environnement naturel et physique | Biodiversité | 10 | 0 | 0 | -2 | -20 | -2 | -20 | -10 |
| | Ressources en eau | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1 | -8 |
| | Atmosphère (pollution de l'air, gaz à effet de serre) | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Environnement humain et social | Nuisances pour les riverains (niveau de bruit, qualité de l'air, qualité de l'eau) | 8 | 0 | 2 | 16 | 2 | 16 | -1 | -2 |
| | Changement de l'activité économique | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| DOMAINES | CRITERES | POIDS | A | B | C | D | E | F | G |
|-------------------|---|-------|----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | Patrimoine socio-culturel et paysage | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1 | -5 | -10 |
| | Maitrise des risques et conditions de travail pour le personnel et les sous-traitants | 5 | 0 | 0 | -1 | -5 | -1 | -5 | 0 |
| Economique | Coûts d'investissement | 10 | 0 | 0 | -2 | -20 | -2 | -20 | 10 |
| | Coûts de fonctionnement | 10 | 0 | 0 | -1 | -10 | -1 | -10 | 0 |
| | Capacité de financement VNC | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Technique | Faisabilité /Performance /Efficacité | 8 | 0 | 0 | 1 | 8 | 1 | 8 | 8 |
| | Pérennité /Flexibilité au changement | 7 | 0 | 0 | 2 | 14 | 2 | 14 | 7 |
| | Méthodologie de construction | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -5 | 0 |
| | Méthodologie d'exploitation | 5 | 0 | 0 | -1 | -5 | -1 | -5 | 0 |
| TOTAL | | | 0 | -2 | -22 | -12 | -35 | -14 | -19 |
| Classement | | | 1 | 2 | 6 | 3 | 7 | 4 | 5 |

Les résultats de l'AMC montrent que l'option de base (site **A**) récolte le meilleur classement, et que son positionnement représente le meilleur compromis, comme pressenti lors de sa définition au démarrage des réflexions sur le positionnement du site de la future usine d'assèchement des résidus. Néanmoins, l'option de base n'a pas finalement été considérée comme viable, son emplacement impliquant une perte importante de capacité de stockage (critère non pris en compte dans l'AMC). Les études de conception ont en effet progressivement montré que cette position, trop proche de l'emprise de l'aire de stockage, en limitait trop les capacités d'extension vers l'amont, indispensables pour accueillir l'ensemble des résidus produits jusqu'en 2044.

Le site **E** (*carrière de limonite sud*) est classé comme étant le moins favorable, principalement du fait de son éloignement des utilités, de contraintes d'accès et de son éloignement du barycentre de KO2.

Bien que proche des sites B et D, le site **C** (*évacuateur de crue*) est classé avant-dernier en raison de sa localisation dans une pente plus marquée, de son influence sur la future route minière et le corridor technique et de sa proximité avec la future zone d'emprunt du projet.

Le site **G** (*col de l'antenne*), proche du site de l'option de base, fait également l'objet d'une note basse, principalement à cause des effets sociaux et environnementaux associés.

Enfin, le site **B** (*verse de roche*), classé second à l'issue de l'AMC, se trouve finalement trop proche de la zone que les études de conception ont progressivement dédiée à la gestion des

stockages provisoires des résidus en temps de pluie. Cette donnée, non prise en compte au démarrage de l'AMC, a conduit à écarter cette option, finalement non réalisable.

Les sites D (variante KO4), classé troisième, et F (zone Wagner), classé quatrième avec un faible écart entre les notes globales pondérées (2 points), sont donc au final retenus comme étant les mieux classés parmi les options envisagées et faisables pour accueillir l'usine d'assèchement des résidus et à proximité ses utilités connexes (ses relations en particulier avec la zone de stockage temporaire en temps de pluie).

Comme en fin d'AMC de niveau 1, où un faible écart relatif entre les sommes des notes pondérées départageait les deux options en balance, les porteurs du projet VNC de stockage de résidus ont examiné à nouveau soigneusement les avantages et inconvénients présentés avant de valider la hiérarchie dégagée par l'analyse.

Le site F possède effectivement un avantage certain en phase opérationnelle grâce à sa proximité avec l'usine hydrométallurgique. Par contre, les problématiques géotechniques, le risque de nuisances difficiles à maîtriser au niveau du camp et surtout l'éloignement du barycentre de l'aire de stockage KO2, conduisant notamment à devoir faire passer le système de convoyeurs au-dessus de la route publique, ont été des contraintes fortes associées à ce site et mises en avant dans les discussions.

Le site D (variante KO4), bien que présentant un coût global supérieur, a finalement été confirmé comme préféré au site F pour accueillir l'usine d'assèchement des résidus. Ses avantages sont particulièrement marqués dans le domaine de l'environnement humain et social, et son implantation génère moins de contraintes techniques et sécuritaires fortes.

Le cheminement des réflexions décrit ci-dessus illustre l'utilisation de l'outil AMC comme support d'aide à la réflexion et à la décision ; même s'il n'a pas permis de départager de manière évidente les deux options « finalistes », l'examen détaillé de leurs avantages et inconvénients et leur confrontation avec des questions jugées rédhibitoires (notamment la perte de capacité de stockage générée ou la sécurité) a donc conduit à la décision finale de retenir le site D.

6.6. MODE DE TRANSPORT DES RESIDUS – AMC – 3.3

Trois options ont été étudiées concernant le transport et le dépôt des résidus asséchés de l'usine d'assèchement jusqu'à leur lieux de stockage :

- le transport par camions de l'usine d'assèchement des résidus (DWP2) jusqu'au lieu de stockage ;
- le transport par convoyeur de DWP2 jusqu'au lieu de stockage ;
- une option intermédiaire comprenant du transport par convoyeur de DWP2 jusqu'à KO2 et du transport par camions de KO2 jusqu'au lieu de stockage.

Les options sont comparées pour leurs capacités à répondre aux contraintes opérationnelles selon les différentes phases du projet à savoir : une première phase de remplissage estimée à 8ans pendant laquelle les résidus seront déposés majoritairement à l'aval de la berme mais aussi au sein du parc à résidus et dans un deuxième temps une phase de remplissage du parc à résidus uniquement.

6.6.1. Transport par camions

6.6.1.1. Description technique

Cette option contient un convoyeur court permettant l'évacuation des résidus asséchés de l'usine DWP2 vers un système de trémies de chargement d'une capacité équivalente à 30 min de production de quantité de résidus chacune. Les trémies sont situées à proximité immédiate de DWP2. Les camions sont chargés à partir des trémies puis rejoignent le lieu de stockage définitif.

Une flotte de 8 à 14 camions de type CAT-740 est anticipée pour réaliser cette opération (en prenant en compte les temps de maintenance et autres indisponibilités).

Cette option est techniquement flexible car elle permet une adaptation en temps réel aux contraintes opérationnelles. La trémie de remplissage des camions est située à environ 650m du barycentre de la partie en aval de la berme KO2 et à 1,9 km du barycentre du parc à résidus.

6.6.1.2. Composante financière

- Estimation des coûts d'investissement initiaux : 16,5 Millions USD
- Estimation des coûts d'investissement de maintien: 48,4 Millions USD
- Estimation des coûts opérationnels annuels - années 1 à 5: 6,4 Millions USD
- Estimation des coûts opérationnels annuels - années 5 à 20: 7,3 Millions USD.

6.6.1.3. Composante environnementale

Cette option est celle qui utilise le plus de véhicules et par conséquent celle ayant le plus de conséquences sur l'atmosphère et la qualité de l'air (gaz à effet de serre, particules en suspension).

6.6.1.4. Composante sociale

Cette option est celle présentant le plus de risque d'accident de la circulation mais c'est également celle la plus génératrice d'emplois locaux.

6.6.2. Option Mixte convoyeurs / camions

6.6.2.1. Description technique

Cette option est relativement similaire à la précédente à la différence qu'un jeu de convoyeurs relie l'usine DWP2 au système de trémies localisé au sein de l'enceinte du parc à résidus KO2 et non au niveau de l'usine DWP2.

La trémie de remplissage des camions est située à environ 300 m du barycentre de l'aval de la berme KO2 et à 500 m du barycentre du parc à résidus.

Cette option, en raccourcissant la distance entre le lieu de chargement et le barycentre du parc permet de réduire la flotte de véhicules de transport à seulement 5 à 9 camions.

6.6.2.2. Composante financière

- Estimation des coûts d'investissement initiaux : 24,3 Millions USD ;
- Estimation des coûts d'investissement de maintien : 39,2 Millions USD ;
- Estimation des coûts opérationnels annuels : 5,9 Millions USD.

6.6.2.3. Composante environnementale

Cette option, en limitant les mouvements de véhicules aura des conséquences plus limitées que la précédente sur l'atmosphère et la qualité de l'air (gaz à effet de serre, particules en suspension).

6.6.2.4. Composante sociale

Cette option présente des risques d'accident moins importants que la précédente, le risque étant par ailleurs confiné à la zone de stockage des résidus asséchés, ce qui réduit les interactions avec les autres véhicules en opérations sur le site.

Le potentiel de création d'emplois locaux est plus restreint.

6.6.3. Transport par convoyeurs

6.6.3.1. Description technique

Cette option contient une série de convoyeurs pour le transport ainsi qu'une empileuse radiale pour le dépôt des résidus directement sur leurs lieux de stockage. Cette option n'utilise aucun camion. Le dépôt en couche de 500 mm à partir de l'empileuse pourrait néanmoins s'avérer complexe à partir de ce type d'équipement.

Cette option permet plus facilement l'évacuation des matériaux du stockage temporaire en cas de pluie.

Néanmoins une partie des convoyeurs et l'empileuse radiale doivent être déplacées très régulièrement pour permettre le travail des engins de compaction ce qui nécessite une bonne coordination.

6.6.3.2. Composante financière

- Estimation des coûts d'investissement initiaux : 45 Millions USD ;
- Estimation des coûts d'investissement de maintien : 20,6 Millions USD ;
- Estimation des coûts opérationnels annuels - années 1 à 5 : 5,7 Millions USD ;
- Estimation des coûts opérationnels annuels - années 5 à 20 : 4,9 Millions USD.

6.6.3.3. Composante environnementale

Cette option est celle qui utilise le moins de véhicules. Il est ainsi considéré que l'effet sur la qualité de l'air en termes de gaz à effet de serre et de particules en suspension sera plus réduit que pour les options précédentes.

6.6.3.4. Composante sociale

Cette option réduit de manière importante les mouvements de véhicules lourds sur le site mais nécessite néanmoins une bonne coordination entre les engins de poussage / compaction et l'empileuse radiale.

6.7. AMC NIVEAU 3.3 – RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats de l'AMC de niveau 3.3 sont présentés au sein du Tableau 10 en page suivante.

Tableau 10. AMC 3.3 – Modes de transport des résidus

| DOMAINES | CRITERES | POIDS | Camions | | | Mixte Convoyeur / Camions | | | Convoyeurs | | |
|-----------------------------------|---|-------|---------|-----|---|---------------------------|----|---|------------|----|--|
| Environnement naturel et physique | Biodiversité | 10 | 0 | 0 | Pas de différence notable sur ce critère. | 0 | 0 | Pas de différence notable sur ce critère. | 0 | 0 | Pas de différence notable sur ce critère. |
| | Ressources en eau | 8 | 0 | 0 | Pas de différence notable sur ce critère. | 0 | 0 | Pas de différence notable sur ce critère. | 0 | 0 | Pas de différence notable sur ce critère. |
| | Atmosphère (pollution de l'air, gaz à effet de serre) | 7 | -2 | -14 | Cette solution est celle qui emploie le plus de camions. Les distances parcourues sont les plus importantes (production GES). La production de poussières attendue est la plus importante (circulation sur les pistes / chargement déchargement). | -1 | -7 | Cette solution implique l'utilisation de moins de véhicules. Les distances parcourues sont réduites (GES) et la mobilisation de poussières aussi. | 0 | 0 | Cette solution n'implique pas de véhicules pour le transport des matériaux ce qui réduit grandement la production de GES. La production de poussières associée au transport par convoyeur est plus faible et localisée principalement au niveau des extrémités des convoyeurs. |
| Environnement humain et social | Nuisances pour les riverains (bruit, qualité de l'air, qualité de l'eau) | 8 | 0 | 0 | Les riverains étant localisés à plus de 5 km du site les nuisances entre les variantes sont globalement similaires. | 0 | 0 | Les riverains étant localisés à plus de 5 km du site les nuisances entre les variantes sont globalement similaires. | 0 | 0 | Les riverains étant localisés à plus de 5 km du site les nuisances entre les variantes sont globalement similaires. |
| | Changement de l'activité économique | 7 | 1 | 7 | Cette solution est sûrement la plus génératrice d'emplois au niveau local (roulage). | 0 | 0 | Cette solution générerait environ deux fois moins d'emplois que l'option transport uniquement par camions. | -1 | -7 | Cette solution ne générerait pratiquement pas d'emplois locaux. |
| | Patrimoine socio-culturel et paysage | 5 | 0 | 0 | Niveau d'atteinte au paysage similaire pour toutes les options. | 0 | 0 | Niveau d'atteinte au paysage similaire pour toutes les options. | 0 | 0 | Niveau d'atteinte au paysage similaire pour toutes les options. |
| | Maitrise des risques et conditions de travail pour le personnel et les sous-traitants | 5 | -2 | -10 | La circulation accrue induite par cette solution présente un risque d'accident important. | -1 | -5 | La circulation est réduite et confinée à la zone de stockage. | 0 | 0 | Cette solution n'implique pas ou peu de risque d'accident lors du transport. Néanmoins des risques d'interactions négatives entre l'empileuse radiale et le matériel de compaction existent. |

| DOMAINES | CRITERES | POIDS | Camions | | | Mixte Convoyeur / Camions | | | Convoyeurs | | |
|-------------------|--------------------------------------|-------|---------|-----------|---|---------------------------|----------|---|------------|------------|---|
| Economique | Coûts d'investissement | 10 | 0 | 0 | Coûts d'investissement estimés à 64,9 MUSD | 0 | 0 | Coûts d'investissement estimés à 63,5 MUSD | 0 | 0 | Coûts d'investissement estimés à 65,6 MUSD |
| | Coûts de fonctionnement | 10 | -1 | -10 | Coûts de fonctionnement estimés à 214,6 MUSD | 0 | 0 | Coûts de fonctionnement estimés à 177,7 MUSD | 1 | 10 | Coûts de fonctionnement estimés à 149,7 MUSD |
| | Capacité de financement VNC | 5 | 0 | 0 | Critère non discriminant | 0 | 0 | Critère non discriminant | 0 | 0 | Critère non discriminant |
| Technique | Faisabilité /Performance /Efficacité | 8 | 1 | 8 | Solution faisable impliquant du matériel dont le fonctionnement est maîtrisé sur site | 1 | 8 | Solution faisable impliquant du matériel dont le fonctionnement est maîtrisé sur site | -1 | -8 | La création d'une couche de 500 mm à l'aide de l'empileuse radiale peut être un défi. |
| | Pérennité /Flexibilité au changement | 7 | 1 | 7 | Solution flexible | 1 | 7 | Solution flexible | -1 | -7 | Cette solution est moins flexible |
| | Méthodologie de construction | 5 | 1 | 5 | Installation construite une fois pour toute | 0 | 0 | Cette installation devra être démontée à plusieurs reprises au cours de la première phase d'activité (stockage dans la partie aval de la berme) | -1 | -5 | Cette installation devra être démontée régulièrement pendant toute la phase d'exploitation. |
| | Méthodologie d'exploitation | 5 | 0 | 0 | Méthodologie d'exploitation maîtrisée | 0 | 0 | Méthodologie d'exploitation maîtrisée | -1 | -5 | Cette solution demande une bonne coordination et une planification accrue des opérations |
| TOTAL | | | | -7 | | | 3 | | | -22 | |
| Classement | | | | 2 | | | 1 | | | 3 | |

L'option mixte convoyeurs / camions est considérée comme la plus favorable au regard des critères considérés.

Le transport des résidus sera effectué via une série de convoyeurs permettant le transfert de l'usine d'assèchement DWP2 jusqu'à deux trémies de chargement des camions qui assureront le transport du résidu jusqu'à son lieu de stockage final⁵.

Comme développé au sein des Livrets C et D :

- dans un premier temps (phase 1 du projet Lucy), du lancement de l'exploitation de l'usine DWP2 jusqu'à 8 ans de fonctionnement (2026), le point de départ des camions de transport sera situé au pied de la berme à proximité de l'évacuateur de crues du parc à résidus de la KO2.
- De l'année 2026 à l'année 2044 (phase 2 du projet Lucy), le point de départ des camions sera situé au sein du parc à résidus, au niveau du flanc sud.

Cette approche vise à réduire la distance parcourue en plaçant les trémies de chargement des camions le plus près possible du barycentre des zones de stockage, l'année 2026 correspondant à la fin du remplissage de la zone de stockage aval du parc à résidus de la KO2.

La combinaison de ces deux modes de transport (convoyeurs et camions) a ainsi démontré, lors des études de conception affinées du projet, qu'elle permet un gain de flexibilité ; elle aura également l'avantage de permettre l'acquisition d'une expérience profitable pendant le lancement du projet (phase 1).

⁵ Source : H350607-4000-240-208-0001- Materials Handling Delivery System Functional Description-rev0